

Vestlandsforskningsrapport nr. 13/2011

Trender og drivere for energibruk i norske husholdninger

Rapport til NVE

John Hille, Morten Simonsen, Carlo Aall

Vestlandsforskning rapport

Tittel Trender og drivere for energibruk i norske husholdninger. Rapport til NVE	Rapportnummer 13/2001 Dato 13.12.2011 Gradering Åpen
Prosjekttittel Modellering av trender og drivere for energibruk i husholdningene	Tal sider 110 Prosjektnr 6230
Forskere John Hille, Morten Simonsen, Carlo Aall	Prosjektansvarlig Carlo Aall
Oppdragsgiver Norges vassdrags og energidirektorat (NVE)	Emneord Energibruk, husholdninger
ISBN: 978-82-428-0313-9	Pris: 100 kroner

Forord

Rapporten er gjort på oppdrag fra Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) som svar på et utlyst oppdrag våren 2011. John Hille (frittstående konsulent) er leid inn av Vestlandsforskning og har stått for innsamling og analyse av datagrunnlaget, mens Morten Simonsen (Vestlandsforskning) har laget regnemodellen og lagt inn datamaterialet. Carlo Aall (Vestlandsforskning) har utformet og ledet prosjektet.

Takk til ansatte i NVE for meget nyttige innspill og en spennende faglig dialog underveis i prosjektet.

Sogndal, 18.02.2012

Carlo Aall

Prosjektleder

Innhold

TABELLER OG FIGURER	5
SAMMENDRAG.....	9
SUMMARY	15
1 INNLEDNING	22
1.1 BAKGRUNN.....	22
1.2 TEORETISK TILNÆRMING TIL OPPDRAGET	22
1.3 VALG AV MODELL FOR GJENNOMFØRING AV OPPDRAGET	23
2 ENERGIBRUKEN I NORSKE HUSHOLDNINGER	26
3 DIREKTE DRIVERE FOR ENERGIBRUKEN I HUSHOLDNINGER.....	28
3.1 INNLEDNING	28
3.2 BOLIGAREAL	29
3.3 KLIMASKALLENES TILSTAND.....	37
3.4 INNETEMPERATUR	42
3.5 ENERGIBRUK TIL VARMT VANN	42
3.6 ENERGIBRUK TIL BELYSNING OG ELEKTRISKE APPARAT	45
3.7 OPPVARMINGSSYSTEM	57
3.8 SAMLET FORMÅLSFORDELING AV ENERGIBRUKEN I <u>HELÅRS</u> BOLIGER OG MULIGE FORKLARINGER PÅ UTVIKLINGA 1990-2009.....	61
3.9 ENERGIBRUK I <u>FRTIDS</u> BOLIGER.....	68
4 INDIREKTE DRIVERE FOR ENERGIBRUKEN I HUSHOLDNINGER.....	72
4.1 INNLEDNING	72
4.2 DEMOGRAFISKE DRIVERE OG UTVIKLINGA 1990-2009	73
4.3 ØKONOMISKE DRIVERE OG UTVIKLINGA 1990-2009.....	76
4.4 TEKNOLOGISKE DRIVERE OG UTVIKLINGA 1990-2009.....	81
4.5 KUNNSKAPER, HOLDNINGER OG PREFERANSER	81
4.6 POLITISKE VEDTAK OG VIRKEMIDDEL.....	83
5 EN SCENARIOMODELL FOR UTVIKLINGEN FRAM MOT 2030	87
5.1 HVOR GODT KLARTE VI Å SPÅ UTVIKLINGEN SOM SKULLE KOMME?	87
5.2 HVA KAN BETY MEST FRAMOVER?	88
5.3 UTARBEIDING AV SCENARIOER FOR HUSHOLDNINGENES ENERGIBRUK.....	92
6 REFERANSER.....	93
7 VEDLEGG: DOKUMENTASJON AV BEREGNINGSMODELLEN.....	95
7.1 INNLEDNING	95
7.2 OM BRUK AV EXCEL SOM APPLIKASJONSVERKTØY.....	95
7.3 HOVEDMENY	95
7.4 METAMODELLEN	97
7.5 DE DIREKTE DRIVERNE	98
7.6 LYS.....	98
7.7 HVITEVARER	99
7.8 ELEKTRONIKK OG SMÅAPPARAT	100
7.9 TEKNISK DRIFT	101
7.10 VANNOPPVARMING.....	102
7.11 BEREDERTAP	103
7.12 BRUTTO VARMEBEHOV	104
7.13 NETTO VARMEBEHOV	105

7.14	ROMOPPVARMING.....	106
7.15	FORMÅLSFORDELING	107
7.16	SIMULERING AV ALTERNATIVE FORKLARINGER FOR DEN HISTORISKE UTVIKLINGEN.....	108
7.17	SCENARIO-MODELLEN	113

Tabeller og figurer

FIGUR 1	OVERORDNET ANALYSEMODELL MED TRE KATEGORIER AV DRIVERE	23
FIGUR 2	PRINSIPPSKISSE FOR SYSTEMDYNAMISK MODELLERING	25
FIGUR 3	FAKTISK OG TEMPERATURKORRIGERT ENERGIBRUK I NORSKE HUSHOLDNINGER. TWh/ÅR. KILDE: SSB, NVE OG EGNE BEREGNINGER	26
FIGUR 4	TEMPERATURKORRIGERT ENERGIBRUK I HUSHOLDNINGER REGNET PER HUSHOLDNING OG PER PERSON, 1950-2009. KILDE FOR ENERGIBRUK 1950-70 ER BARTLETT (1993), FOR SEINERE ÅR NVE. TALL PÅ PERSONER OG HUSHOLDNINGER FRA SSB. ...	27
FIGUR 5	EN DETALJERT ANALYSEMODELL SOM VISER DE INDIREKTE DRIVERE (GULE), DIREKTE DRIVERE (BLÅ) SOM STYRER ENERGIBRUKEN (RØDT) I NORSKE HUSHOLDNINGER	28
FIGUR 6	BRUKSAREAL TIL BOLIG FULLFØRT I FEMÅRSPERIODER 1960-2009, OG FULLFØRT AREAL PER PERSON I MIDDELFOLKEMENGDEN FOR PERIODEN. KILDE: SSB, BYGGEAREALSTATISTIKK OG HISTORISK STATISTIKK. AREALTALL FRAM TIL 1982 OMREGNET TIL BRUKSAREAL VED Å MULTIPLISERE MED 1,56.	30
FIGUR 7	UTVIKLING I AREAL PER BOLIG, BOLIGAREAL PER PERSON OG TOTALT BOLIGAREAL I NORGE 1950-2009. SERIE (1) GJELDER OPPVARMET AREAL, SERIE (2) GJELDER BRUKSAREAL. INDEKSTALL, 1990 (1) = 100.	35
FIGUR 8	UTVIKLING I MAKSIMALT TILLATTE U-VERDIER FOR ULIKE BYGNINGSDELER (GJELDER SMÅHUS AV TRE I OSLOKLIMA FOR 1949 OG 1969; KRAVENE TIL ANDRE BYGG I SAMME KLIMA VAR DA SVAKERE). KILDE: MULTIKONSULT 2006.	38
FIGUR 9	SPESIFIKK ENERGIBRUK (2004-2009) I BOLIGER AV FORSKJELLIG TYPE ETTER BYGGEÅR. KILDE: BAKGRUNNSTALL FRA SSBs UNDERSØKELSER AV ENERGIBRUK I HUSHOLDNINGENE.	39
FIGUR 10	VEKST I FOLKETALLET OG ANTALL HUSHOLDNINGER (=BOLIGER) I NORGE 1950-2009. INDEKSTALL, 1990=100. KILDE: SSB. BOLIGTALL VED FOLKETELLINGENE 1950-2001, ANTALL HUSHOLDNINGER ETTER STATISTIKKEN OVER PRIVATHUSHOLDNINGER 2009.....	73
FIGUR 11	REALPRIS PÅ BOLIGER I NORGE. INDEKSTALL, 1970=100. KILDE: NORGES BANKS BOLIGPRISINDEKS, DEFLATERT MED KONSUMPRISINDEKSEN.	77
FIGUR 12	REALPRISER PÅ ELEKTRISITET, FAST OG FLYTENDE BRENSSEL SAMT FLYTENDE BRENSELS ANDEL AV ENERGIBRUKEN I HUSHOLDNINGENE. INDEKSTALL, 1990=100. KILDE TIL PRISER: SSB, KONSUMPRISINDEKSEN. ENERGIBRUK: SSB, ENERGIREGNSKAPET OG BARTLETT (1993).	80
FIGUR 13	REDUKSJON I SAMLET ENERGIBRUK PER ÅR SOM FØLGE AV TILTAK OVERFOR EKSISTERENDE ELLER NY BOLIGMASSE TIL 2030, TWh/ÅR	91
FIGUR 14	SCENARIO FOR MULIG UTVIKLING I ENERGIBRUK FRA 2010 TIL 2030 FORDELT PÅ ULIKE BOLIGTYPER, TWh/ÅR	92
FIGUR 15	OPPSTARTMODUL	96
FIGUR 16	AKTIVERING AV MAKROER	96
FIGUR 17	METAMODELL SLIK DEN VISES I REGNEARKET	97
FIGUR 18	BEREGNET ENERGIBRUK LYS.....	99
FIGUR 19	BEREGNET ENERGIBRUK HVITEVARER.....	100
FIGUR 20	BEREGNET ENERGIBRUK ELEKTRONIKK OG SMÅAPPARAT	101
FIGUR 21	BEREGNING AV ENERGIBRUK FELLESEFUNKSJONER	102
FIGUR 22	BEREGNING VANNOPPVARMING.....	103
FIGUR 23	BEREGNET BEREDERTAP	104
FIGUR 24	BEREGNING AV BRUTTO VARMEBEHOV	105
FIGUR 25	BEREGNING NETTO VARMEBEHOV	106
FIGUR 26	BEREGNING ROMOPPVARMING.....	107
FIGUR 27	BEREGNET ENERGIBRUK PER FORMÅL	108
FIGUR 28	SIMULERING.....	110
FIGUR 29	RESULTAT AV SIMULERING AV ENERGIBRUK TIL LYS.....	110

FIGUR 30 SIMULERING AV LYS	111
FIGUR 31 RESULTAT SIMULERING VANNOPPVARMING	112
FIGUR 32 RESULTAT AV SIMULERING 50 % MER OMGIVELSESVARME I 2009	112
FIGUR 33 OPPSTART FRAMSKRIVING	118
FIGUR 34 SPESIFISERING AV ENDRINGSRATER	118
FIGUR 35 UTDRAG AV RESULTAT AV FRAMSKRIVING FOR ALLE BOLIGTYPER	119
FIGUR 36 RESULTAT FRAMSKRIVING ENEBOLIG	119
FIGUR 37 RESULTAT FRAMSKRIVING BRUTTO OG NETTO VARMEBEHOV MED FORDELING AV ENERGIBÆRERE FOR EKSISTERENDE BOLIGER FRA 2009.....	120
TABELL 1 METODIKK FOR STRUKTURERING AV KONKRETE DRIVERE SOM KAN PÅVIRKE ENERGIBRUKEN I BOLIGER (MED INNLAGTE EKSEMPLER PÅ KONKRETE DRIVERE)	24
TABELL 2 UTVIKLING I BOLIGMASSEN OG ENERGIBRUKEN (TEMPERATURKORRIGERT) 1950-1990, ETTER BARTLETT (1993) OG BOLIGTALL FRA FOLKE- OG BOLIGTELLINGENE (FoB).....	29
TABELL 3 BOLIGER FORDELT PÅ STØRRELSESKLASSE ETTER FOLKE- OG BOLIGTELLINGENE 1990 OG 2001 OG SSBs REGISTERBASERTE BOLIGSTATISTIKK (ÅRSSKIFTET 2009/2010).....	31
TABELL 4 GJENNOMSnittlig STØRRELSE PÅ BOLIGENE I HVER STØRRELSESKLASSE I SSBs UNDERSØKELSE AV ENERGIBRUK I HUSHOLDNINGENE 2009.....	31
TABELL 5 ANSLÅTT GJENNOMSnittlig STØRRELSE FOR BOLIGENE I HVER STØRRELSESKLASSE I FOLKE- OG BOLIGTELLINGENE 1990 OG 2001 OG I SSBs REGISTERBASERTE BOLIGSTATISTIKK.	32
TABELL 6 UTVIKLING I BOLIGAREALET 1990-2009 BASERT PÅ TALL FRA TABELL 3 OG TABELL 5	33
TABELL 7 JUSTERT ANSLAG FOR UTVIKLINGA I BOLIGAREALET 1990-2009. KILDE: SE TEKSTEN.	34
TABELL 8 UTVIKLING I ENERGIBRUKEN I HELÅRSBOLIGER, ABSOLUTT OG PER M ² , 1990-2009. TALL FOR BOLIGAREAL GJELDER HER MIDT I ÅRET.....	35
TABELL 9 BOLIGENES FORDELING PÅ BYGNINGSTYPE. PROSENT. KILDE: SSB, FOLKE- OG BOLIGTELLINGER SAMT REGISTERBASERT BOLIGSTATISTIKK FOR 2009.	36
TABELL 10 BOLIGAREALETS FORDELING PÅ BYGNINGSTYPE. PROSENT. KILDE FOR 2001 OG 2009: DATA FRA FoB 2001 OG REGISTERBASERT BOLIGSTATISTIKK FOR 2009, KOMBINERT MED ANSLAG I TABELL 4. ANSLAG FOR 1990 FORUTSETTER SAMME FORHOLD MELLOM GJENNOMSnittlig STØRRELSE FOR BOLIGTYPENE SOM I 2001.	36
TABELL 11 GJENNOMSnittlig SPESIFIKK ENERGIBRUK (2004-2009) I BOLIGER FRA 1971-86, 1987-96 SAMT 1997 OG SEINERE, OG PROSENTVISE FORSKJELLER. KILDE: SSB, BAKGRUNNSTALL FRA UNDERSØKELSENE AV ENERGIBRUK I HUSHOLDNINGENE 2004, 2006 OG 2009.	40
TABELL 12 ANSLAG FOR ENDRINGER I BOLIGAREALET FORDELT PÅ BYGNINGSTYPE, 1990-2009. MILL. M ² (JFR. TABELL 8). KILDE TIL NYBYGGING: SSB, BYGGEAREALSTATISTIKK*. AREAL I 1990 OG 2009 FORDELT ETTER TABELL 10.	41
TABELL 13 ANSLAG FOR <u>PROSENTVISE</u> BIDRAG TIL REDUSERT ENERGIBRUK PER M ² <u>AV HELE BOLIGMASSEN</u> FRA NYBYGDE BOLIGER 1990-2009. KILDE: BEREGNET FRA TABELL 11 OG TABELL 12.	41
TABELL 14 MULIG UTVIKLING I ENERGIBRUK TIL VANNOPPVARMING, kWh/ÅR.....	44
TABELL 15 ANTALL LYSKILDER AV ULIKE TYPER OG DERES GJENNOMSnittlige EFFEKT, BLANT HUSHOLDNINGER SOM INNGIKK I DEN NORSKE REMODECE-UNDERSØKELSEN (2006-2007).	45
TABELL 16 EGNE ANSLAG FOR STRØMFORBRUK TIL BELYSNING, PER KVADRATMETER OG PER BOLIG.....	47
TABELL 17 ANDEL AV HUSHOLDNINGER MED VISSE HVITEVARER. PROSENT. KILDE: SSB, FORBRUKSUNDERSØKELSER.	47
TABELL 18 ANSLÅTT DEKNINGSPROSENT (AV HUSHOLDNINGENE) FOR HVITEVARER 1970-2009.	48
TABELL 19 ENERGIBRUK PER APPARAT OG ÅR FOR ULIKE HVITEVARER, IFØLGE SKANDINAVISKE UNDERSØKELSER, kWh.	49
TABELL 20 SALG AV KJØLE- OG FRYSEAPPARAT FORDELT ETTER ENERGIKLASSE I DANMARK (2006) OG NORGE (2008)	50
TABELL 21 FORDELING PÅ STØRRELSESKLASSE AV KJØLE- OG FRYSEAPPARAT I NORGE IFØLGE REMODECE-UNDERSØKELSEN (2006-7), OG GJENNOMSnittlige STØRRELSER I DANMARK IFØLGE ELMODEL-BOLIG.	50
TABELL 22 ÅRLIG STRØMFORBRUK PER APPARAT TIL VASKEMASKINER, TØRKETROMLER OG OPPVASKEMASKINER, IFØLGE SKANDINAVISKE UNDERSØKELSER (kWh/ÅR)	51
TABELL 23 DEKNINGSPROSENT OG ANSLÅTT STRØMFORBRUK PER APPARAT OG PER HUSHOLDNING I NORGE TIL HVITEVARER, 1970-2009	52
TABELL 24 FORMÅLSFORDELING AV STRØMFORBRUKET I DANSKE HUSHOLDNINGER IFØLGE ELMODEL-BOLIG, GJENGITT I RØPKE M.FL. (2009)	53
TABELL 25 STRØMFORBRUK PER HUSHOLDNING TIL AV- OG IKT-UTSTYR, IFØLGE SKANDINAVISKE UNDERSØKELSER, kWh/ÅR	53
TABELL 26 MULIGE SCENARIOER FOR UTVIKLINGA I STRØMFORBRUKET TIL ELEKTRONIKK OG SMÅAPPARAT I NORGE 1990-2009, kWh/ÅR	55

TABELL 27 MULIG UTVIKLING I DET EL-SPEISIFIKKE STRØMFORBRUKET PER M ² OG PER HUSHOLDNING, 1990-2009.....	55
TABELL 28 STRØMFORBRUK TIL FELLEFSKJØNEN I TYPISKE BLOKKER AV ULIK ALDER I SVERIGE. KILDE: REPAB FAKTA (2006), GJENGITT I NILSSON (2007).	56
TABELL 29 TEMPERATURKORRIGERT FORBRUK AV BRENSSEL OG FJERNVARME I HELÅRSBOLIGER. GWh. KILDE: SSB, ENERGIREGNSKAPET (MED EGNE FRADRAK FOR FORBRUK I FRITIDSBOLIGER). TALL FOR 1970 ETTER BARTLETT (1993).....	58
TABELL 30 VIRKNINGSGRADER FOR ENERGIBÆRERE OG –TEKNOLOGIER I BOLIGER	58
TABELL 31 FORUTSATTE VIRKNINGSGRADER FOR BRENSSEL OG FJERNVARME VED VIDERE BEREGNINGER	59
TABELL 32 ANSLÅTTE ENERGITAP VED OPPVARMING. GWh TOTALT OG kWh PER M ² BOLIGAREAL. KILDE: TABELL 29 OG TABELL 31.	59
TABELL 33 PROSENTDEL AV BOLIGENE SOM HADDE VARMEPUMPE IFØLGE SSBs UNDERSØKELSER AV ENERGIBRUK I HUSHOLDNINGENE 2001-2009.....	60
TABELL 34 MULIGE ANDELER AV DET TOTALE ROMOPPVARMINGSBEHOVET I NORSKE BOLIGER SOM BLE DEKT AV VARMEPUMPER I 2009. KILDE: SE TEKSTEN.	61
TABELL 35 OPPSUMMERING AV ANSLAGENE GJORT SÅ LANGT I RAPPORTEN OVER TEMPERATURKORRIGERT ENERGIBRUK I HELÅRSBOLIGER, kWh/M ²	61
TABELL 36 MULIG OPPVARMINGSBIDRAG FRA VARMEPUMPER. SPESIFIKKE TALL PER M ² AV HELE BOLIGMASSEN.	62
TABELL 37 ANSLÅTTE NYTTIGE TILSKUDD AV SPILLVARME OG PERSONVARME, kWh/M ² . KILDE: TABELL 14, TABELL 27 OG REFERANSENE VIST I TEKSTEN OVER.	63
TABELL 38 SAMLET SPESIFIKT VARMEBEHOV I BOLIGENE. MODERAT ALTERNATIV FOR STRØMFORBRUK TIL BELYSNING, MIDLERE ALTERNATIV FOR BIDRAG FRA VARMEPUMPER I 2009, kWh/M ²	64
TABELL 39 VALG AV FORUTSETNINGER FOR ULIKE SAMMENSTILLINGER AV DET SPESIFIKKE SAMLEDE VARMEBEHOVET	64
TABELL 40 SAMLET SPESIFIKT VARMEBEHOV UNDER ULIKE FORUTSETNINGER OM STRØMFORBRUK TIL LYS OG OM ANDELEN AV OPPVARMINGSBEHOVET I BOLIGER MED VARMEPUMPE SOM DEKKES AV VAREPUMPA. FORUTSATT SAMME FORBRUK AV VARMT VANN PER PERSON I 1990 OG 2009, kWh/M ² /ÅR.	64
TABELL 41 SAMLET SPESIFIKT VARMEBEHOV UNDER ULIKE FORUTSETNINGER OM STRØMFORBRUK TIL LYS OG OM ANDELEN AV OPPVARMINGSBEHOVET I BOLIGER MED VARMEPUMPE SOM DEKKES AV VAREPUMPA. FORUTSATT 23,5 % HØYERE FORBRUK AV VARMT VANN PER PERSON I 1990 ENN I 2009. kWh/M ² /ÅR.	64
TABELL 42 MULIGE BIDRAG TIL REDUKSJON I DET SPESIFIKKE VARMEBEHOVET I BOLIGMASSEN FRA 1990-2009. kWh/M ² /ÅR, UTLIGNET PÅ HELE BOLIGMASSEN AV 2009. AVRUNDEDE TALL. KILDE: SE TEKSTEN.	66
TABELL 43 SPESIFIKK ENERGIBRUK IFØLGE SSBs ENERGIUNDERSØKELSER 1990 OG 2009. EGNE TEMPERATURKORREKSJONER (TK). kWh/M ²	66
TABELL 44 MULIGE BIDRAG TIL ENDRING I DEN TEMPERATURKORRIGERTE SPESIFIKKE ENERGIBRUKEN I HELE BOLIGMASSEN 1990-2009	67
TABELL 45 GJENNOMSNTLIG AVVIK MELLOM TEMPERATURKORRIGERT OG FAKTISK ENERGIBRUK I HUSHOLDNINGENE, TIÅRSPERIODER 1980-2009. TWh/ÅR OG PROSENT AV FAKTISK ENERGIBRUK.	68
TABELL 46 ANTALL FRITIDSBOLIGER I NORGE, 2000 OG 2009. KILDE: SSB.....	69
TABELL 47 ANTALL OG AREAL AV FULLFØRTE NYE FRITIDSBOLIGER, 1983-2009. KILDE: SSB.	69
TABELL 48 MULIG UTVIKLING I ANTALL OG AREAL AV FRITIDSBOLIGER I BESTANDEN, 1990-2009.	69
TABELL 49 FORBRUK AV ELEKTRISITET I FRITIDSBOLIGER, 1990-2009. GWh. KILDE: SSB.....	70
TABELL 50 ÅRLIG ØKNING I FOLKETALL, ANTALL HUSHOLDNINGER OG BOLIGAREAL 1950-2009. PROSENT. KILDE TIL FOLKETALL OG HUSHOLDNINGER: SSB. BOLIGAREAL: TABELL 2 (1950-1990) OG TABELL 7 (1990-2009).	74
TABELL 51 PERSONER PER BOLIG/PRIVATHUSHOLDNING I NORGE	74
TABELL 52 PERSONER MED NORSK BAKGRUNN OG MED IKKE-VESTLIG INNVANDRINGSBAKGRUNN ETTER BOLIGSTØRRELSE I 2001. PROSENT. KILDE: SSB, FOLKE- OG BOLIGTELLINGEN 2001.	75
TABELL 53 UTVIKLING I FORBRUK PER PERSON (FASTE KRONER) OG BOLIGAREAL PER PERSON. KILDE: TABELL 50 OG TABELL 8 SAMT SSB, FORBRUKSUNDERSØKELSER OG KONSUMPRISINDEKSEN.....	77
TABELL 54 BOUTGIFTER SOM ANDEL AV TOTALT FORBRUK, I GJENNOMSITT FOR ALLE HUSHOLDNINGER. PROSENT. EKSKLUSIVE UTGIFTER TIL ELEKTRISITET OG BRENSSEL. KILDE: SSB, FORBRUKSUNDERSØKELSER.	78
TABELL 55 SPREDNING I STRØMFORBRUK BLANT LEILIGHETER AV SAMME STØRRELSE OG I SAMME BORETTSLAG I TRONDHEIM. KILDE: ENERGI-DATA FRA TRONDHEIM OG OMEGN BOLIGBYGGELAG.	82
TABELL 56 SCENARIOER FOR NYBYGD BOLIGAREAL 2010 T.O.M. 2030 OG ENERGIBRUK I DE NYE BOLIGENE I 2030*	89
TABELL 57 METAMODELL FOR FORDELING AV PARAMETERVERDIER MELLOM ENEBOLIGER, REKKEHUS OG BLOKK.....	97
TABELL 58 BEREGNINGSPRINSIPP MODUL LYS	98
TABELL 59 BEREGNINGSPRINSIPP MODUL HVITEVARER	99
TABELL 60 BEREGNINGSPRINSIPP ELEKTRONIKK OG SMÅVARER.....	100
TABELL 61 BEREGNINGSPRINSIPP TEKNISKE FUNKSJONER.....	101

<i>TABELL 62 BEREGNINGSPRINSIPP VANNOPPVARMING</i>	<i>102</i>
<i>TABELL 63 BEREGNINGSPRINSIPP BEREDERTAP</i>	<i>103</i>
<i>TABELL 64 BEREGNINGSPRINSIPP BRUTTO VARMEBEHOV</i>	<i>104</i>
<i>TABELL 65 BEREGNINGSPRINSIPP NETTO VARMEBEHOV</i>	<i>105</i>
<i>TABELL 66 BEREGNINGSPRINSIPP ROMOPPVARMING.....</i>	<i>106</i>
<i>TABELL 67 BEREGNINGSPRINSIPP FORMÅLSFORDELING</i>	<i>107</i>
<i>TABELL 68 INPUT FOR SIMULERING</i>	<i>108</i>
<i>TABELL 69 OVERSIKT OVER MAKROER BRUKT I REGNEARKET</i>	<i>113</i>
<i>TABELL 70 INPUT-PARAMETRE TIL FRAMSKRIVINGSMODELLEN</i>	<i>114</i>
<i>TABELL 71 UTGANGSVERDIER FOR FRAMSKRIVINGEN</i>	<i>116</i>
<i>TABELL 72 EKSEMPEL PÅ FRAMSKRIVING AV BRUTTO VARMEBEHOV FOR NYE OG EKSISTERENDE BOLIGER PER BOLIGTYPE, kWh/m² ..</i>	<i>117</i>

Sammendrag

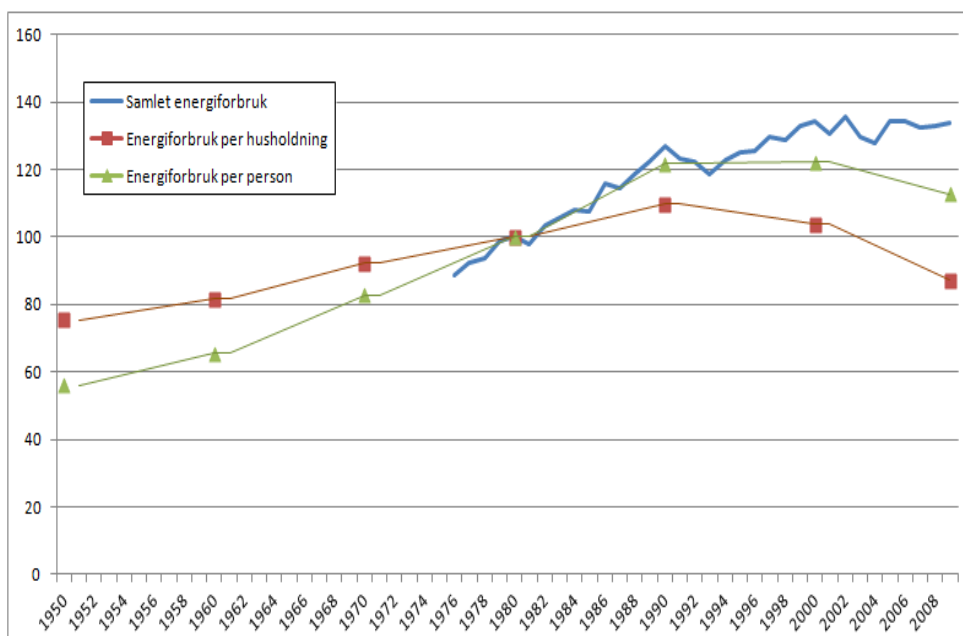
Oppdrag og hovedfunn

På oppdrag fra Norges vassdrags- og energiverk (NVE) har Vestlandsforskning (1) sammenstilt tilgjengelig kunnskap for å belyse utviklingen i den stasjonære energibruken i norske husholdninger, (2) analysert mulige årsaker til at energibruken i norske husholdninger har flatet ut og holdt seg omtrent stabil siden 1990, og (3) utviklet en regnemetode for (a) å fremstille et historisk datasett for fordelingen av husholdningenes energibruk på ulike bruksområder, og (b) å lage scenarier for hvordan energibruken i norske husholdninger kan utvikle seg de neste 20 årene. I analysene har vi skilt mellom fire typer boliger: Eneboliger, blokker, rekkehus og fritidsboliger. *Hovedresultatene* fra prosjektet kan oppsummeres som følger: (1) Avdekket kunnskapshull om driverne bak energibruken i norske husholdninger; (2) Gitt ny innsikt om sannsynlige årsaker til endringer av energibruk i norske husholdninger; (3) Gitt nye vurderinger av sammensetningen av el-bruk i norske husholdninger; og (4) Utviklet en scenariomodell for informering av drøftinger omkring framtidig energibruk i norske husholdninger.

Bakgrunn for oppdraget

Utgangspunktet for studien var en *overraskende* utvikling i norske husholdningers energibruk de siste 20 åra. I 1990 forventet de aller fleste at energibruken i husholdningene ville fortsette å øke, som den hadde gjort siden 1945. Så seint som i 1998 presenterte et offentlig utvalg, i NOU 1998:11 "Energi- og kraftbalansen mot år 2020", et hovedscenarier der husholdningenes forbruk av elektrisitet kom til å øke med 9 TWh/år (25 %) fra 1996 til 2010, samtidig som også forbruket av ved kom til å øke noe og forbruket av fyringsolje kom til å holde seg noenlunde stabilt oppe. I virkeligheten lå husholdningenes energibruk *flatt* fra 1996-2009, til tross for at ikke bare befolkningsveksten, men også velstandsveksten, har vært noe *høyere* enn forutsatt i scenarieret "Stø kurs" i NOU 1998:11.

Det konkrete utgangspunktet for oppdraget er framstilt i figur (i), som viser utviklingen av energibruken for norske husholdninger. Det er særlig "knekket" som oppsto rundt 1990 i den samlede energibruken (den blå streken i figuren under) som NVE ønsket å få forklart hvorfor har oppstått; i tillegg til at de ønsket å få utviklet en regnemetode for å anslå mulige videre utviklingsbaner i energibruken.



Figur i: Den relative utviklingen av den temperaturkorrigerede stasjonære energibruken i norske husholdninger 1950-2009 (Indeks der energibruken i 1980 = 100)

Kunnskapshull

Prosjektet har avdekket flere *kunnskapshull* når det gjelder energibruken i norske husholdninger. Når det gjelder de forholdene som direkte påvirker energibruken har prosjektet avdekket følgende:

- Det finnes ingen nøyaktige tall for det samlede boligarealet i dag

- Rivings- og rehabiliteringsrate for boliger er ikke kjent
- Det finnes ingen tall for den faktiske innetemperaturen
- Det finnes ikke tall for det faktiske forbruket av varmt vann
- Bruktid for det meste av elektrisk utstyr er ukjent
- Det er svært begrenset kunnskap om sammensetningen av energibruken i fritidsboliger

For de bakenforliggende faktorene som styrer energibruken er kunnskapsmangelen enda mer tydelig. Det største kunnskapshullet gjelder hva som styrer forbrukeradferden. Gitt de til dels store usikkerhetene har vi ikke klart å komme opp med én samlet forklaring, men presenterer isteden noen mulige *delforklaringer* for utflatingen i energibruken siden 1990. For fritidsboliger er kunnskapsgrunnlaget så svakt at vi bare har kunnet gjøre noen helt overordnede vurderinger.

Generelt er kunnskapshullene større for norske forhold enn det vi ser i våre naboland Sverige og Danmark. En grunn til dette *kan* være den langvarige forskjellen mellom Norge og våre naboland når det gjelder energipriser, der Norge har hatt lavere energipriser til forbruker og derfor et lavere fokus på spørsmålet om å spare på energibruken, som igjen kan ha gjort at det også har vært mindre oppmerksomhet om å framskaffe detaljert informasjon om sammensetningen av og faktorer som påvirker husholdningenes energibruk.

Modell

Sentralt i arbeidet har vært å utvikle en *kausalmmodell* som viser hvordan energibruken påvirkes av fysiske forhold (direkte drivere) og bakenforliggende samfunnsmessige forhold (indirekte drivere). Følgende *direkte* drivere er identifisert og tallfestet:

- Boligareal
- Boligenes og boligarealets fordeling etter bygningstype
- Klimaskallenes tilstand
- Innetemperatur
- Energibruk til varmt vann
- Energibruk til belysning og elektriske apparat
- Valg av oppvarmingssystem
- Varmepumper

Følgende *indirekte* drivere er identifisert, drøftet og i noen grad tallfestet:

- Endringer i ytre miljøforhold (i hovedsak utetemperatur)
- Demografiske endringer
- Økonomiske forhold
- Teknologisk utvikling
- Endringer i kunnskaper, holdninger og preferanser
- Politiske virkemiddel

Formålsfordeling av energibruken

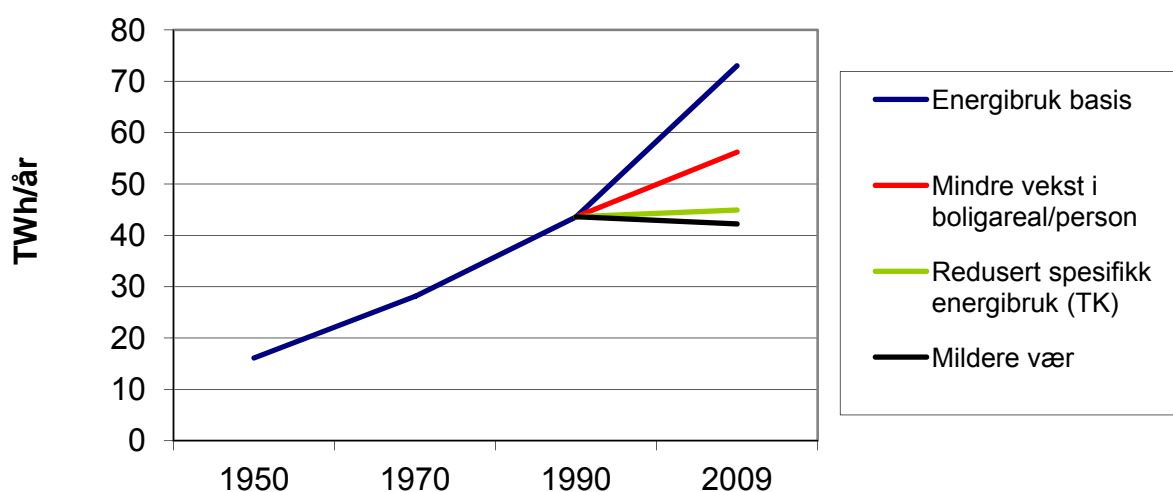
Våre analyser har konkludert med en noe annerledes formålsfordeling enn tidligere analyser. I tabell (i) har vi vist hvordan den samlede energibruken fordeler seg på de ulike hovedformålene, og hvordan dette varierer mellom våre fire hovedkategorier av boliger. For fritidshus har vi ikke hatt grunnlag til å fordele energibruken, og alt er derfor fordelt på romoppvarming (av den grunn har vi bare summert helårsboliger i sumkolonnen).

Tabell i: Egne analyser av formålsfordeling av energibruk per bolig

Energibruk	Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	Sum helårsboliger
Lys	4 %	5 %	5 %	0 %	5 %
Hvitevarer	6 %	9 %	14 %	0 %	8 %
Elektronikk og småapparater	5 %	7 %	12 %	0 %	7 %
Teknisk drift	0 %	0 %	16 %	0 %	3 %
Vannoppvarming	11 %	16 %	25 %	0 %	16 %
Beredertap	4 %	3 %	5 %	0 %	4 %
Romoppvarming	70 %	60 %	23 %	100 %	57 %

De direkte forklaringene på utflating av energibruken fra 1990 til 2009

Våre analyser viser at den samlede temperaturkorrigererte energibruken i norske helårsboliger økte med 3 % fra 1990 til 2009 (fra 42,2 til 44,9 TWh), mens energibruken økte med 55 % i den foregående 20-årsperioden (1970-1990). Hvis energibruken hadde økt like mye i perioden 1990-2009 som den foregående 20-årsperioden ville energibruken i 2009 vært 73 TWh. Figur (ii) oppsummerer hovedfunnene når det gjelder å forklare forskjellen mellom trendframskriving og faktisk energibruk i 2009. Litt over halvparten (55 %) av reduksjonen fra 73 TWh til 42,2 TWh skyldes en mindre vekst i boligarealet per person etter 1990 enn før 1990. Den *nest* viktigste faktoren er økt energieffektivitet i form av lavere energibruk per m² (står for 37 % av reduksjonen). Den *tredje* viktigste faktoren er et mildere klima i perioden 1980-2010; en faktor som har bidratt i størrelsesorden like mye som den store overgangen til bruk av varmepumper i norske husholdninger i samme tidsrom (9 % reduksjon i forhold til trendalternativet).



Figur ii: Hovedforklaringer til den observerte utflatingen av energibruk i norske husholdninger fra 1990 til 2009, her vist som endringer i den spesifikke energibruken

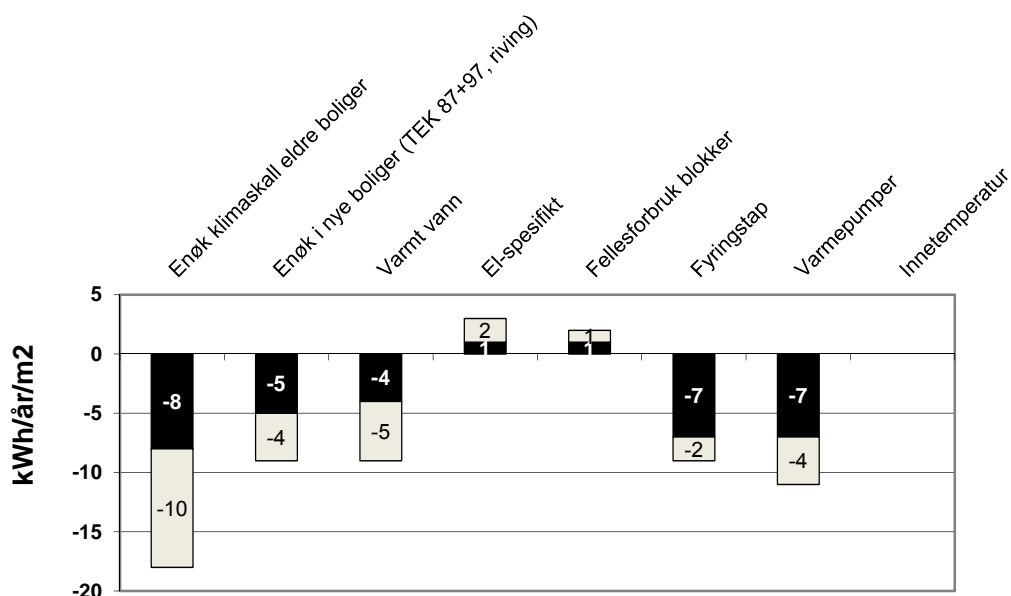
Våre analyser dokumenterer en *mye langsommere veksten i boligareal per person i perioden etter 1990 enn i tiåra før*. Hadde boligarealet per person mellom 1990-2009 vokst i samme tempo som fra 1970-1990, så hadde det samlede boligarealet i 2009 vært på 350 millioner m², eller 36 % større enn den faktiske situasjonen. Selv om de nybygde boligene også da hadde vært noe mer energieffektive enn de eldre, så måtte vi ha regnet med at energibruken i husholdningene hadde ligget om lag en fjerdedel høyere enn det faktiske nivået i 2009. Den *langsommere veksten i boligareal per person er derfor den viktigste av alle faktorer som har trukket kurven for energibruk i husholdningene nedover*.

Den *andre* forklaringen er *endringer i energiforbruket per m²*. Figur (iii) på neste side viser hvordan endringer for ulike energibruksområder har endret seg i perioden 1990-2009, der disse i sum har bidratt til en reduksjon tilsvarende 41 kWh/m²/år. Det grå feltet i figuren angir usikkerhetsområdet i våre beregninger, og viser at det er flere kombinasjonsmuligheter som kan tenkes for å gi den nøyaktige – og faktiske – forklaringen.

Den klart *viktigste* bidragsyteren er *inkrementelle enøk-tiltak* (til forskjell fra total renovering) som gjelder forbedring i klimaskallet i *eldre* boliger. Dette er særlig interessant fordi dette er tiltak som har hatt relativt liten oppmerksomhet fra myndighetene. Der har oppmerksomheten de siste årene for det første vært rettet mot offentlige bygg og næringsbygg; for det andre – i den grad oppmerksomheten har vært rettet mot privatboliger når det gjelder denne typen enøk-tiltak – har det vært i forhold til nye boliger, og da gjennom å endre byggeforskriftene. Det siste ser vi av figuren har bidratt om lag halvparten så mye som inkrementelle tiltak i eldre boliger. På *delt andreplass* kommer bidrag som skyldes innføring av *varmepumper* og reduksjon i fyringstap på grunn av mer effektiv fyring (i hovedsak utfasing av oljefyrer). Dernest kommer som allerede omtalt innføring av nye byggeforskrifter med virkning for nybygging og endringer i oppvarming av vann; nemlig innføring av sparedusjer og overgang fra håndoppvask til maskinoppvask (gir mer effektiv vannoppvarming). Faktorer som har ført til en økning i den spesifikke energibruken er et økende antall elektriske apparater og en økende grad av energikrevende fellesfunksjoner i blokker (heiser, ventilasjonssystem).

Vi har ikke grunnlag for å si noe om hvorvidt *innetemperaturen* har endret seg over tid. Det er noen indikasjoner fra utenlandske undersøkelser på at det kan ha vært en viss økning; noe som i tilfelle vil bety at flere av postene i

figuren over må ha bidratt noe *mer* for å kompensere for økningen i energibruk som følge av høyere innetemperatur.



Figur iii: Øvre (grått) og nedre (sort) anslag for bidrag til den samlede observerte reduksjonen på 41 kWh/m²/år fra 1990 til 2009 i den spesifikke energibruken i norske husholdninger

Våre analyser viser videre at fra 1980-tallet til 2000-tallet har den spesifikke energibruken falt 6-7 % mer enn den temperaturkorrigerede. Dette forholdet gjelder ikke når vi ser på reduksjonen mellom enkeltåra 1990 og 2009, ettersom 1990 var et eksepsjonelt mildt år. Men om utgangspunktet er en 30-årskurve over faktisk energibruk i husholdningene, er det viktig å være oppmerksom på at en del av utfallet en ser er en effekt av høyere temperaturer. Seks prosent av den spesifikke energibruken i norske helårsboliger i 2009 utgjør 10 kWh/m², som er en effekt av samme størrelsesorden som utbredelsen av varmpumper og endringer i fyringsvaner ellers hver for seg har hatt i perioden etter 1990.

Når det gjelder utviklingen i energibruk for *fritidsboliger*, viser våre analyser for det første at vi har lite kunnskap om denne utviklingen. I den grad vi *kan* si noe mer presist, så viser våre tall at i motsetning til hva som gjelder for helårsboliger, har det vært en markert *økning* i både den samlede og spesifikke energibruken for fritidsboliger. Mens den samlede ikke-temperaturkorrigerede energibruken i helårsboliger økte med 5 % fra 1990 til 2009, var økningen for fritidsboliger hele 70 % (vi hadde ikke grunnlag for å tallfeste den temperaturkorrigerede energibruken for fritidsboliger). For strømførbuket var forskjellen enda større; + 17 % for helårsboliger mot + 142 % for fritidsboliger. Energibruken per år og m² var i 2009 hele 107 kWh for fritidsboliger mot 178 kWh for helårsboliger sett under ett; altså bare 40 % lavere – noe som er oppsiktsvekkende tatt i betraktning den relativt korte tiden folk oppholder seg på hytta (i størrelsesorden 20-40 dager/år). I 2009 utgjorde energibruk i fritidsboliger fortsatt bare 6 % av husholdningenes energibruk, men gitt den langt sterkere veksttakten i fritidsboligenes energibruk kan dette bli en ikke uvesentlig post i det framtidige samlede energiregnskapet.

De bakenforliggende forklaringene på utfallet av energibruken fra 1990 til 2009

Den viktigste årsaken til at energibruken har flatet ut siden 1990 var som vi alt har påpekt en nedgang i økningen av størrelsen på boligene. Befolkningsveksten har vært *sterk*, særlig på 2000-tallet, og skulle derfor isolert sett trukket veksten i boligareal oppover i forhold til situasjonen fra 1970 til 1990. Husholdningsstørrelsen synker langsommere, dermed øker antall husholdninger litt fortere enn folketallet. Den "ikke-vestlige" innvandrerbefolkningen hadde i 2001 ca. 1/3 mindre boligareal per person enn dem med norsk bakgrunn. Antall personer i innvandrerbefolkningen fra det som før ble klassifisert som ikke-vestlige land økte fra 99.000 ved utgangen av 1990 til 415.000 ved utgangen av 2009. Det vil si at 52 % av befolkningsveksten fra 1990-2009, og hele 61 % av tilveksten fra 2001-2009, kom i denne gruppa. Dette kan derfor være en vesentlig delforklaring på at boligarealet per person har økt vesentlig langsommere etter 1990, og særlig etter 2001, enn det gjorde tidligere. En annen viktig forklaring er at *boligprisene* og *realrenta* har begge økt sterkt. Det koster nå mye mer enn før å etterspørre en ekstra m². Vi bodde på ca. 2/3 større areal hver i 2009 enn i 1973, men betalte 7 ganger mer for

det (i faste kroner). Det kan neppe være tvil om at kostnadene ved å bygge og bo har dempet veksten i boligareal i perioden etter 1990. *Hvor mye* denne effekten har betydd i forhold til demografiske faktorer som har trukket i samme retning, og mulige endringer i preferanser, er det derimot neppe mulig å avgjøre entydig.

Hva ligger så bak nedgangen i den *spesifikke* energibruken? Tidligere studier har fokusert mye på betydningen av *priser* som styrende for energibruken. *Prisene på elektrisitet og oljeprodukt* var tilnærmet stabile gjennom det meste av 1990-tallet, men har steget på 2000-tallet i en grad som nok har overrasket de fleste, inkludert utvalget bak NOU 2008:11, som i "Stø kurs" så for seg en nesten uendret strømpris fram til 2020. Økende realpriser *både* på olje og elektrisitet har nok betydd mye - de har både stimulert til bygningsmessig enøk, til avvikling av oljefyring og dermed reduserte fyringstap, og til innføring av varmepumper. Storparten av realprisøkningen skyldes markedskrefter og overordnet lovgivning, snarere enn forbruksavgifter på energivarene. Økonomiske *støttetiltak* har knapt betydd noe – med ett mulig unntak. Det er gitt lite støtte til enøk i husholdninger i Norge, men støtten til luft/luft varmepumper i 2003 kan ha spilt en viktig rolle.

Tilgang på bedre *teknologi* har betydd noe. Til de teknologiene som forelå i 1990 hørte bl.a. sparepærer, sparedusjer, varmepumper, solfangere og kjøleapparat som allerede var parate til å merkes i energiklasse A da merkeordningen ble innført seinere på 1990-tallet. Deres forskjellige skjebner i de påfølgende 20 åra forteller noe om hvor vanskelig det er å generalisere om forholdet mellom kjente muligheter og kommende realiteter:

- Kjøle- og fryseapparat i energiklasse A og høyere hadde nådd en markedsandel på 84 % i Norge i 2008
- Sparedusjer fantes i ca. 50 % av boligene i 2009
- Varmepumper – den av disse teknologiene som trolig har bidratt mest til å dempe energibruken – hadde neglisjerbar utbredelse helt til 2001, men fantes i 18,5 % av boligene i 2009
- Sparepærer utgjorde ennå i 2006/7 bare 13 % av lyskildene i norske boliger
- Solfangere har fortsatt helt neglisjerbar utbredelse

Reguleringer har betydd *en del*. Regulering av kravene til nye bygg forklarer kanskje 10-15 % av den reduksjonen i spesifikk energibruk i hele boligmassen som har skjedd siden 1990. Reguleringer som gjelder energibruken til utstyr i bygget har hittil betydd mye mindre, men vil trolig bety noe mer etter 2009.

Effekten av endringer i *atferd* vet vi nesten ingenting om, i den forstand at vi ikke vet om eller hvordan adferd *samlet* sett har påvirket utviklingen. Det vi likevel vet er at adferdsforskjeller på individnivå kan slå ut veldig mye. For energibruk til enkelte kategorier av elektriske apparater kan det være opp mot faktor 20 forskjeller mellom ellers like husholdninger, og det kan være forskjeller i energibruk til oppvarming i størrelsesorden faktor 3. I det første tilfellet er det først og fremst omfang av bruk som forklarer forskjellene; i det andre tilfellet skyldes forskjellen først og fremst valg av innetemperatur.

Vår analyse av utviklinga i perioden 1990-2009 viste at *politiske vedtak med sikte på å redusere energibruken* – altså summen av reviderte byggeforskrifter i 1987 og 1997, andre reguleringer, avgifter, subsidier og informasjonstiltak - sannsynligvis bare forklarer en *mindre* del av den reduksjonen i spesifikk energibruk i boligene som skjedde i perioden. Svært mye har skjedd på *folks eget initiativ*, uavhengig av lovkrav og uten økonomisk støtte. Det gjelder bl.a. den nokså omfattende utbedringen av klimaskall i eldre boliger – spesielt eneboliger, utskiftingen av varmtvannsberedere og installeringen av sparedusjer og det meste av skiftet i valg av energibærere og teknologier til oppvarming. Politiske vedtak kan ha hatt nokså stor betydning for den sterkt reduserte veksten i *boligareal* per etter 1990, men det har i så fall hovedsakelig vært en ikke-intendert konsekvens av vedtak med andre formål enn å endre energibruken (for eksempel innvandringspolitikk og rentepolitikk).

Hva kan bety mest framover?

Det er klart at *veksttakten i boligarealet* også i de kommende to tiåra vil være en viktig faktor i å bestemme husholdningenes energibruk. *Dersom* vi får en så sterk vekst i folketallet fram til 2030 som SSB beregner i sitt seineste, midlere framskrivingsalternativ (+27 % fra 2009-2030) og *dersom* veksten i boligareal per person blir 0,5 % per år, som den var fra 1990-2009, så vil det si at *boligarealet i perioden øker med 40 %*. Gitt en rivningsrate på 0,1 % per år og at alle nye boliger følger allerede vedtatte byggeforskrifter og mulig kommende innstramminger, vil den samlede energibruken kunne øke med 10 TWh. Får vi en dobbelt så høy økning i boligarealet per person (1,0 %) vil den samlede økningen i energibruken bli om lag 50 % større enn dette; altså 15 TWh. Klarer vi å unngå en økning i boligarealet per person etter 2009, vil den samlede energibruken bli om lag 30 % mindre; altså ca 7 TWh. Det å fryse den gjennomsnittlige størrelsen i boligareal per person på 2009-nivå vil ha samme effekt som om vi innførte det som i Norsk Standard defineres som passivhusnivå (68 kWh/m²) for alle nye bygg etter 2009 i dette regneeksempelet over.

Fra 1990-2009 falt som vi har sett den spesifikke energibruken i helårsboligene med 19 %, hvorav en nokså liten del skyldtes nybygging i perioden. Er det mulig å redusere energibruken i den eksisterende boligmassen med en ny fjerdedel eller mer fram til 2030, og i så fall hvordan? Den pågående overgangen til sparepærer vil kunne bidra *lite* (1-2 %), og potensialet som gjelder reduksjon i fyringstap er trolig på det nærmeste *brukt opp* fordi det er svært lite oljefyring igjen – og det er lite trolig at vedfyringen vil reduseres. De endringene som fortsatt kan bidra *mye* er:

- Endring i *vannvarming* (overgang til skumisolerte beredere, at den siste halvparten av befolkningen anskaffer sparedusj, installering av solfangere og varmegjenvinning på avløpsvannet): - 10 %.
- En fortsatt overgang til *varmepumpe*: - 25 % (I så fall ville også mye av vedfyringen og tilhørende fyringstap måtte erstattes av varmepumpe).
- En fortsatt oppgradering av *klimaskall*: - 12-20 %
- Overgang til mer energieffektive *elektriske apparater* (trolig størst potensial for kjøle- og fryseapparat og for elektronikk) - 3 %.

Eiere av eksisterende boliger har gjennom de siste 20 åra gjennomført mange tiltak, i hovedsak uten tvang men også uten støtte, for å redusere energibruken. En mulig slutning av det er at den positive utviklinga går av seg selv, og at det ikke er behov for særlig sterke virkemiddel. En annen mulig slutning er nærmest motsatt – nemlig at når interessen finnes, så har støtteiltak - økonomiske, i form av rådgivning eller en kombinasjon av begge og eventuelt flere deler – et stort potensiale. I alle fall er det sannsynlig at etter som en beveger seg fra enklere og billigere til dyrere og mer komplekse tiltak – fra sparedusj til solfanger (som ekstremt eksempel), fra luft/luft varmepumpe til typer som krever vannbåret oppvarmingssystem, fra de billigste til dyrere tiltak på klimaskallet, så kan både rådgivningstilbud og støtteordninger bli mer avgjørende for at effektiviseringen fortsetter. Det vil i så fall si ordninger av større omfang enn dagens begrensede støtte til varmepumper og solfangere, som i alle fall fram til 2010 hovedsakelig synes å ha truffet en gruppe som var interesserte nok til at de ville ha investert også uten støtte.

Scenariomodellen

Vår regnemodell tar utgangspunkt i SSBs prognoser for folketallsutviklingen frem mot 2030. Modellen inneholder en rekke forutsetninger der brukeren kan velge utviklingsraten (prosent endring) og utviklingsform (lineær, eksponentiell eller trinnvis endring). Endringene gjelder i hovedsak areal (samlet areal, areal per boligtype eller fordeling av areal mellom ulike boligtyper) og energibruk (kWh/m²). Brukeren kan gjøre endringer i forutsetninger for den fremtidige utviklingen for følgende faktorer:

- Boliger (areal, personer og antall samlet og fordelt per boligtype)
- Spesifikk energibruk, spillvarme og teknologisk utvikling for hvitevarer, lys, teknisk drift, vannoppvarming, elektronikk og vannoppvarming.
- Omgivelsesvarme (fordeling mellom boligtype og teknologisk utvikling)
- Valg av energibærer til oppvarming
- Brutto varmebehov (fordeling mellom boligtype og teknologisk utvikling)

Det er viktig å være klar over at man i prinsippet kan lage to ulike framskrivinger eller scenarioer:

- En-faktor analyser
- Flere-faktor analyser

I det første tilfellet er poenget å vise hvordan endringer i én forutsetning kan påvirke den samlede energibruken. I det andre tilfellet kan man vise hvordan endringer i *flere* forutsetninger kan påvirke den samlede energibruken. Denne siste tilnærmingen kan også brukes til å framstille det som brukeren måtte mene er den mest sannsynlige utviklingen, og slik i prinsippet brukes til å lage en *prognose*, eller framstille hvordan for eksempel ulike politikkinntreninger kan tenkes å slå ut - den tilnærmingen som normalt assosieres med å lage *scenarioer* i offentlig politikktutvikling og planlegging.

Summary

Commission and main findings

In a research project commissioned by the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE), Vestlandsforskning has (1) compiled available knowledge to shed light on changes in stationary energy use among Norwegian households; (2) analyzed possible causes for the leveling out of energy use among Norwegian households since 1990, and (3) developed a mathematical model to (a) generate a historical, utilization based data set on the distribution of energy spent within the households, and (b) to create scenarios regarding the development of energy use in Norwegian households over the next 20 years. In the analyses, we have divided housing into four categories: Detached houses, blocks of flats, semi-detached houses, and cottages. The main findings of the project can be summarized as follows: (1) Sources of data on the drivers behind energy use in Norwegian households has been found to be unsatisfactory; (2) New insights into plausible causes for changes in energy use among Norwegian households have been gained; (3) New assessments of the distribution of electricity use for different purposes in Norwegian households have been made; and (4) A scenario model has been developed as a reference for debates on future energy use in Norwegian households.

Background of commission

The study was initiated as a response to an unsuspected development in the use of energy among Norwegian households over the last 20 years. In 1990, it was generally assumed that the increase seen since 1945 would continue. As recently as 1998, in the report 'Energi- og kraftbalansen mot år 2020' ('The power balance toward 2020'; NOU 1998:11), a public committee presented an expected scenario where the increase in electricity use among the households would arrive at 9 Twh/year (25%) from 1996 to 2009, compounded by a slight increase in the use of firewood and a fairly level use of heating oil. In reality, the level of energy use among households remained flat from 1996 to 2009, despite the fact that population growth rate and consumer spending had seen a somewhat higher increase than predicted in the scenario 'Stø kurs' ('Unchanged direction'; NOU 1008:11). The hands-on point of departure for the project is represented in the figure below, depicting developments in energy use among Norwegian households. Of particular interest to the NVE is the dip in total energy use (the blue graph) showing up near 1990. The NVE has also requested the development of a mathematical model capable of suggesting future changes in energy use.

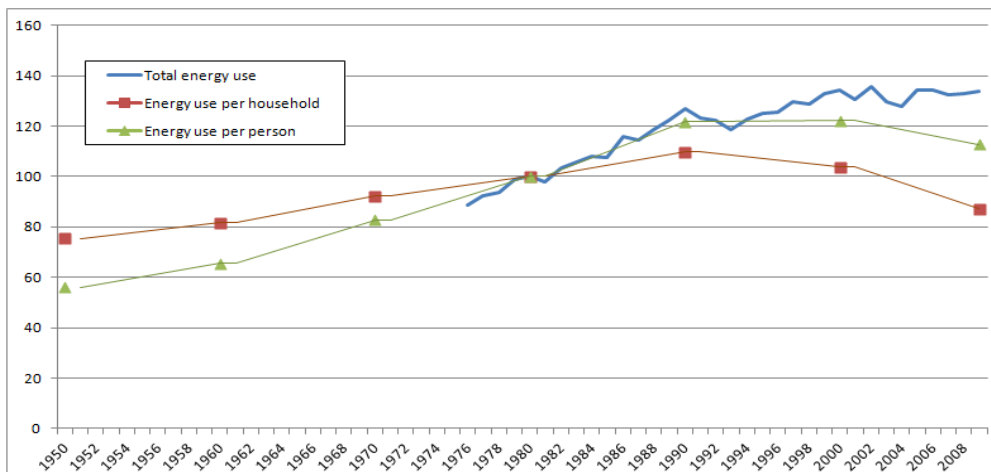


Figure 1: The relative development of temperature adjusted stationary energy use in Norwegian households 1950-2009 (Index with 1980 = 100)

Knowledge deficiency

The project has uncovered a substantial knowledge deficiency relating to the use of energy in Norwegian households. As to the conditions directly influencing energy use, the project has revealed as follows:

- At present, there is no exact data by which to measure the total living area
- The rate at which dwellings are demolished or renovated is not known

- There is no exact data on indoor temperature
- There is no exact data on hot water consumption
- For a majority of electrical equipment, the frequency of use is unknown
- The knowledge of how energy use is distributed for different purposes in cottages is limited

The lack of knowledge is even more evident when considering the underlying factors deciding energy use, among which consumer behavior mechanisms constitute the largest knowledge deficiency. As a consequence of these uncertainties, we have not been able to come up with an overall explanation for the leveling out of energy use after 1990; instead we are presenting suggested partial explanations. For cottages, the information basis is too weak to engender anything but general assessments. Overall, the knowledge deficiency relating to Norway is more severe than seems to be the case in Denmark and Sweden, our neighboring countries. One reason for this could be a sustained difference in energy price levels, where Norway has benefited from low cost energy and consequently had a more relaxed focus on energy conservation. This in turn may have resulted in a lack of motivation when it comes to producing detailed data on the utilization of energy within households, as well as factors influencing the households' energy use.

Model

Central to the effort has been the development of a causal model demonstrating how energy use is influenced by physical conditions (direct drivers) and underlying social factors (indirect drivers).

The following *direct* drivers have been identified and measured:

- Living area
- The distribution of dwellings and living area according to types of building
- The condition of the building envelope
- Indoor temperature
- Water heating specific energy consumption
- Energy consumption relating to lighting and electrical equipment
- Choice of heating system
- Heat pumps

The following *indirect* drivers have been identified, discussed and, to some degree, measured:

- Changes in environmental conditions (mainly outdoor temperature)
- Demographic change
- Economic considerations
- Technological development
- Changes as to knowledge, attitude and preference
- Political measures

End-use segmentation

The end-use segmentation indicated by our analyses differs somewhat from those of earlier efforts. In the table below we have shown how total energy use is distributed among main end-use categories, and how this varies among our four main categories of housing. As for cottages, we have not had sufficient data to distinguish between end-uses, and all electricity use has been entered as 'heating'. For this reason, we have only considered year-round residences when summing up the columns.

Table I: Separate analyses of energy end-use segmentation according to residence

Energy use	Detached house	Semi-detached house	Block of flats	Cottage	Sum year-round residences
Lighting	4 %	5 %	5 %	0 %	5 %
Major appliances	6 %	9 %	14 %	0 %	8 %
Electronic devices and small appliances	5 %	7 %	12 %	0 %	7 %
Technical operations (ventilation, lifts etc)	0 %	0 %	16 %	0 %	3 %
Water heating	11 %	16 %	25 %	0 %	16 %
Hot water tank heat loss	4 %	3 %	5 %	0 %	4 %
Space heating	70 %	60 %	23 %	100 %	57 %

Direct explanations to the leveling out of energy use from 1990 to 2009

Our analyses show that the total, temperature adjusted energy use in Norwegian year-round residences increased by 3 % during 1990-2009 from 42,2 to 44,9 TWh, while the energy use during the previous 20 year period (1970-1990) increased by 55 %. If the development in energy use for the period 1990-2009 had followed the trend of 1970-1990, the energy use in 2009 should have been 73 TWh. Thus, we need to explain the reasons why we have experienced a reduction by 30,8 TWh (42 %) in relation to the expected trend in energy use. The figure below sums up the main findings relating to the explanation of this change; namely: (1) A slower increase in per capita living area relating to 55 % of the total reduction from 73 TWh to 42,2 TWh; (2) reduced energy use per m² (relating to 37 % of this reduction); and (3) a milder climate since 1980 (relating to 9 % of the reduction; a contributing factor comparable to the significant transition to heat pumps occurring in Norwegian households at the same period).

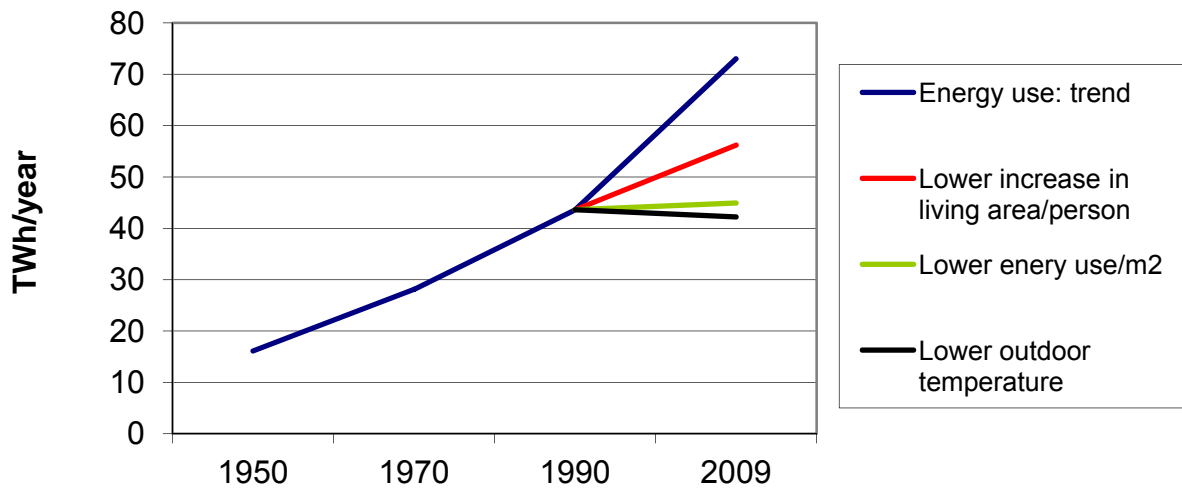


Figure II: The main explanations for the difference between observed and trend in total stationary energy use in Norwegian households in 2009

The *first* explanation involves changes in per capita living area. Our analyses document a markedly slower increase in per capita living area in the years following 1990, compared to the previous decade. If per capita living area in 1990-2009 had seen a growth rate similar to 1970-1990, the total living area in 2009 would have ended up at 350 million m², or 36 % larger than it actually is. Even considering the higher energy efficiency of newly built houses, the estimated energy use in the households would have been 25 % higher than de facto 2009 figures. Thus the slower increase in per-capita living area is the most significant of all the factors contributing to the leveling out of the graph representing energy use in the households.

The *second* explanation involves changes in energy use per m². The figure below shows how changes within a selection of energy end-use areas have occurred during 1990-2009. These areas, when added up, constitute a reduction equivalent to 41 kWh/m²/year. The gray section of the graphs represents the margin of uncertainty in our estimates, indicating the possibility that data may be combined in several ways to reach an accurate explanation.

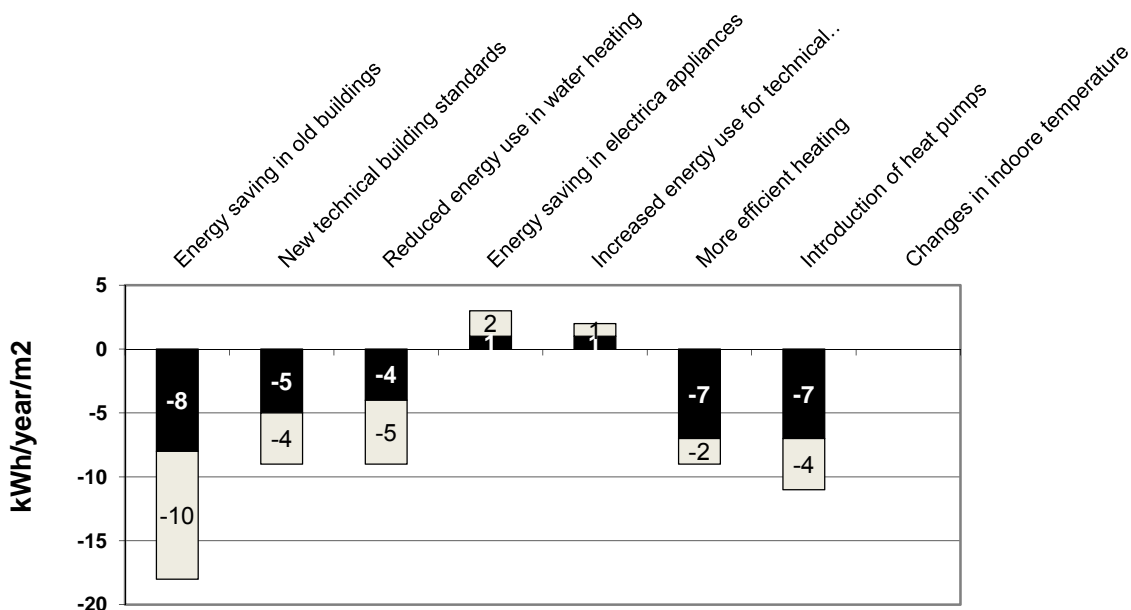


Figure III: Upper (gray) and lower (black) range for estimated contributions in total reduction of energy use of 41 kWh/year/ m² from 1990 to 2009 in Norwegian households

The most critical factor is incremental energy saving measures (as opposed to complete renovation) relating to improvements in the building envelope of older residences. This is of particular interest as they are measures which have received limited attention of authorities, whose focus in recent years has been on public and commercial buildings. Moreover, to the degree attention has been directed towards private residential housing for this type of energy saving measures, it has been to the benefit of newer houses, through amendments to building regulations. As indicated in the figure, this has contributed to approximately half as much as incremental measures in older houses. On a shared second place are contributions from the implementation of heat pumps and a reduction in heat loss as a result of increased heating efficiency (mainly due to the phasing out of household furnaces). These are followed by the amended building regulations mentioned earlier, affecting new building projects and changes in water heating such as the introduction of water saving shower heads and a transition from manual dish-washing to the use of dishwashers (which heat water more efficiently). As for factors contributing to an increase in specific energy use, there is the issue of the growing number of electrical appliances, and an increased amount of energy-demanding technical operations in blocks of flats (elevators and ventilation systems).

We do not have sufficient data to determine whether indoor temperature has changed over time. Surveys abroad suggest an increase; if this turns out to be the case, several of the entries in the figure above would need somewhat higher values in order to compensate for the increased energy use that higher indoor temperatures would generate

Furthermore, our analyses show that there has been a decrease in specific energy use of 6-7 % compared to temperature adjusted energy use for the 1980's through 2000's period. This does not apply when considering the reduction between the specific years 1990 and 2009, as 1990 was an exceptionally mild year. It is important to note, however, when the starting point is a graph representing 30 years of actual energy use in households, that part of the leveling out is a result of increased outdoor temperatures. Six per cent of the specific energy use in Norwegian year-round residences corresponds to 10 kWh/m², an effect proportional to what heat pump implementation and changes in heating habits have had respectively since 1990.

When it comes to energy use in cottages, our analyses show that we have scant knowledge of the development. To the extent that anything specific can be said, our figures show that, contrary to what is the case with year-round housing, a marked increase has occurred in both overall and specific energy use. While in year-round residences the overall energy use not adjusted for temperature increased by 5 % from 1990 to 2009, the corresponding increase for cottages was 70 % (we did not have the data needed to provide numbers for the temperature adjusted energy use in cottages). The difference in electricity use was even greater; + 17 % for year-round residences, compared to + 142 % in the case of cottages. In 2009, energy use per year and m² was as high as 107 kWh for cottages, while it was 178 kWh for year-round residences within all categories; that is, merely 40 % lower, which is remarkable considering the comparably short amount of time one spends in cottages

(somewhere in the range of 20-40 days per year). In 2009 energy use in cottages still only amounted to 6 % of the energy use of households; however, with the much higher growth rate for the energy use in cottages, this may become a substantial component in the energy balance of the future.

The underlying explanations to the leveling out of energy use from 1990 to 2009

As pointed out earlier, the most significant reason for the leveling out of energy use since 1990 is a slower increase in building size. Population growth has been substantial, particularly in the 2000's, and would, all other factors alike, have produced a higher increase in living area compared to the state of affairs from 1970 to 1990. The decrease in household size, however, is slower; i.e. the number of households does not increase at a significantly higher rate than the population. In 2001, the 'non-Western' immigrant population had access to a per capita living area which was 1/3 smaller than that of other Norwegians. The number of individuals belonging to immigrant groups from what used to be defined as non-Western countries increased from 99.000 by the end of 1990 to 415.000 by the end of 2009, constituting 52 % of population growth from 1990-2009, and as much as 61 % from 2001-2009. Consequently, this may be an essential partial explanation as to why per capita living area has had a markedly slower increase since 1990, and particularly since 2001, compared to earlier periods.

Also, the considerable increase in real estate prices and real interest rates contribute strongly as an explanation. Opting for that extra m² now comes at a much higher price than it did previously. In 2009 we inhabited an area per capita that was 2/3 larger than in 1973, but had to pay 7 times more for it (in constant currency). There is not much doubt that the expenses attached to residences has slowed down the increase in living area since 1990, although the importance of this influence, compared to demographic factors pointing in the same direction, and possible preference changes, can hardly be decided with certainty.

What then is the reason behind the decrease in specific energy use? The focus of previous studies is on the importance of prices as determining factors of energy use. The prices of electricity and oil were fairly stable throughout most of the 1990's, but have increased in the 2000's to a degree that will have taken many by surprise, including the committee behind NOU 2008:11, who in 'Stø kurs' ('Unchanged direction') conjectured that the price of electricity would remain unchanged until 2020. Increasing real prices on both oil and electricity will have been of some importance – stimulating energy efficient buildings, the phasing out of household furnaces, and the implementation of heat pumps. The increase in real prices is largely due to market forces and legislation priorities, rather than consumer taxes on energy goods. Financial support has barely had an effect – with one possible exception: While energy saving measures aimed at Norwegian households have been modest, a 2003 support initiative for air source heat pumps may have played an important role.

Access to improved technology has been of some importance. The relevant technologies in 1990 included energy saving light bulbs, water saving shower heads, heat pumps, solar water heating, and refrigeration devices which would have been eligible to receive a class A energy efficiency classification when the labeling system was introduced later in the 1990's. What became of these technologies in the subsequent 20 years speaks of the difficulties in making general statements regarding what we know is possible versus what will be implemented:

- In 2008, refrigerators and freezers of energy efficiency class A and higher had a market share of 84 %
- In 2009, there were water saving shower heads in 50 % of residences
- Heat pumps – the technology probably contributing the most to reducing energy use – had a negligible distribution up to 2001, but had been installed in 18,5 % of residences by 2009
- In 2006/2007, energy saving light bulbs still constituted a modest 13 % of light sources in Norwegian residences
- Solar water heating still has a negligible distribution

Regulations have contributed in some measure. New building requirements could explain 10-15 % of the reduction in specific energy use for all residences since 1990. Regulations to do with equipment inside the building have so far been of less importance, but are likely to contribute more following 2009.

We know rather little about the effect of changes in behavior, in the sense that we do not know the extent to which behavior has influenced development as a whole. What we do know, is that behavioral differences may have a great impact on an individual level. Energy use for certain categories of electrical equipment may see differences by a factor of 20 among otherwise equal households, and there may be differences in energy use for heating by a factor of 3. In the former case, the differences are explained primarily as extent of use; in the latter, primarily as a choice of room temperature.

Our analysis of the development in the 1990-2009 period indicated a probability that political decisions aiming to reduce energy use – i.e. the sum of revised building regulations in 1987 and 1997, other regulations, taxes,

subsidies and information campaigns – provide an explanation only to a smaller part of the reduction in specific energy use occurring in the period. A great deal has been accomplished as a result of private initiatives, independent of regulations and without financial support. This includes the rather extensive number of renovations of older building envelopes - particularly those of detached houses; the replacing of hot water tanks; the installation of water saving shower heads, and a majority of changes involving a choice of energy carriers and heating solutions. Political decisions, too, may have had an effect on the greatly reduced increase rate for per capita living area since 1990. If this is the case, it would largely be as a non-intended consequence of decisions relating to topics other than changes in energy use (e.g. immigration politics and interest rate policy).

Which are the more important contributors ahead?

It is clear that the growth rate for living area will remain a significant factor when determining the energy use of households in the next couple of decades. If the population is to increase as much towards 2030 as the SSB (Statistics Norway) estimates in its current, average projection (+27 % in the 2009-2030 period), and if the increase in per capita living area remains at 0,5 % per year, as it was in 1990-2009, it would entail an increase in living area by 40 %. Assuming a demolition rate of 0,1 % per year, and a strict adherence for new housing to existing building regulations as well as any future tightening of the same, total energy use could increase by 10 Twh. With an increase in per capita living area twice as high (1, 0 %), the total increase in energy use will be approximately 50 % higher. If we can avoid an increase in per capita living area altogether following 2009, total energy use will be approximately 30 % less. Freezing the average per capita living area so that it remains on a 2009 level would have an effect equal to introducing, as defined by Norsk Standard (Standards Norway), a passive house level energy efficiency (68 kWh/m²) for all new buildings after 2009, according to the calculations above.

As we have seen, specific energy use in year-round residences was reduced by 19 % from 1990 to 2009, a rather small part of which came as a result of new houses being built in the period. Is another one-quarter reduction of energy use towards 2030 viable for existing buildings, and if so, how? The ongoing transition to energy saving light bulbs will only contribute in a small way (1-2 %), and the potential for heat loss reductions is probably minimal as there is almost no remaining use of heating oil – and a reduction in the use of firewood is unlikely. The changes that may still contribute substantially are:

- Changes to water heating (transition to foam insulated hot water tanks, implementation of water saving shower heads among the remaining half of the population, installation of solar water heating, and heat recovery from drain water): - 10 %
- Continued transition to heat pumps: - 25 % (In which case much wood burning and adjacent heat loss would be replaced by heat pumps.)
- A continued upgrading of building envelopes: - 12-20 %
- Transition to more energy efficient electrical equipment (the largest potential probably lies with refrigeration devices and electronics): - 3 %

Throughout the last 20 years, owners of existing residences have carried out several efforts, voluntarily and without any support, to minimize energy use. One could infer from this that the positive development has its own momentum, with no need to implement particularly strong measures. On the other hand one could argue that as long as there is an interest among the public, supportive measures – economical, advisory, a combination of both of these, and possibly others – have great potential. In any case there is a probability that moving from the simple and inexpensive to the costly and more complex – from water saving shower heads to solar water heaters (to use an extreme example), from air source heat pumps to alternatives requiring a water based heating system, from economically viable efforts aimed at the building envelope to the rather more expensive; both advisory assistance and financial support could play a more decisive role in maintaining a heightened energy efficiency. This would require more comprehensive arrangements than the limited support available today for heat pumps and solar water heaters, which at least up to 2010 mainly seem to have found resonance with a group of people who are already interested enough to make the investment without any support.

The scenario model

Our mathematical model is based on SSB's prognoses for population change towards 2030. The model incorporates a range of requirements enabling the user to select development rate (per cent change) and development type (linear, exponential or stepwise change). The changes apply mainly to area (total area, area by residence type or distribution of area among different residence types) and energy use (kWh/m²). The user can modify requirements for future development relative to the following factors:

- Housing (area, residents, and numbers – overall, and distributed among types of residence)
- Specific energy use, waste heat and technological development of major appliances, lighting, technical operations, electronic devices and water heating
- Ambient heat (distribution between type of residence and technological development)
- Choice of energy carrier for heating
- Gross heat demand (distribution between type of residence and technological development)

It is important to notice that it is possible, in principle, to generate two different projections or scenarios:

- Single factor analyses
- Multiple factor analyses

In the former case, the intention has been to demonstrate how changes to one requirement can affect overall energy use. In the latter case it is possible to demonstrate how changes to several requirements can affect overall energy use. The latter approach can also be utilized to generate what the user would regard as the most likely development, and thus in principle to generate a prognosis, or to depict, for instance, how different political measures may turn out – an approach normally associated with creating scenarios in public political development and planning.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) lyste våren 2011 ut et anbud der de ønsket bedre kunnskap om hva som kan tenkes å styre energibruken framover i norske husholdninger. NVE pekte i anbudsdocumentet på at energibruken i norske husholdninger har flatet ut siden slutten av 1990-tallet og frem til i dag. Videre påpekte NVE at dette har skjedd til tross for en stadig økende befolkning, en tilhørende økning i antall husholdninger og boliger, og en betydelig vekst i privat konsum. I tråd med anbudsdocumentet fra NVE har den foreliggende rapporten belyst følgende forhold:

- Kartlegge og analysere drivere for energibruksendring i husholdningene.
- Identifisere og fastsette omfanget på de viktigste driverne
- Lage en modell for beregning av fremtidig utvikling energibruken i husholdningene

Vi har lagt hovedvekt på energibruk i helårsboliger, men har også gjort noen mer overordnede vurderinger av energibruken i fritidsboliger.

1.2 Teoretisk tilnærming til oppdraget

I studier av endringer i energibruk kan vi skille mellom tre *hovedmekanismer*, som er både preskriptive (dvs kan betegne innretningen av virkemiddelbruk som er ønskelig ut fra gitte energipolitiske mål) og deskriptive (dvs kan betegne endringer som faktisk skjer):

- *Effektivisere*: Man beholder funksjon for å møte et gitt behov, men gjennomfører teknologiske tiltak innen den samme funksjonen (eks behovet for varme i huset dekkes gjennom funksjonen oppvarming, men man bytter ut oppvarmingsteknologien fra panelovn til varmpumpe).
- *Substituere*: Man endrer funksjon for å møte et gitt behov (eks man sikrer behovet for varme i huset ved å substituere oljefyr med panelovn).
- *Redusere*: Man endrer behovet (eks man reduserer kravet til komfortvarme i huset).

Typologien er imidlertid ikke et tilstrekkelig teoretisk utgangspunkt for de analysene som skal gjennomføres av drivere for endringer i energibruken i boliger. Vi vil supplere listen over med en kategori mekanisme som virker på tvers av de tre hovedmekanismene; nemlig tilbakeslagseffekt (engelsk: rebound effekter). Dette er en mekanisme som gjør at gitte tiltak (for eksempel energieffektivisering) ikke alltid fører til en teoretisk basert forventet reduksjonen i energiforbruk. Tilbakeslagseffekter kan med andre ord være med å *moderere* de øvrige tre hovedmekanismene som er omtalt over.

Analyser av tilbakeslagseffekter har hatt en sentral plass i analyse av tiltak for energieffektivisering. Et avgjørende forhold er å påvise at det er en eller annen form for og grad av årsak-virkning *mekanisme* involvert og at vi ikke bare har å gjøre med samvariasjon. Det er ulike former for tilbakeslagseffekter som omfatter ulike endringer. Tre slike former er omtalt her:

- Endring i sluttbruk av energi: Endringer i én type energibruk i husholdningen påvirker direkte andre former for energibruk i husholdningen (for eksempel at installering av varmpumpe reduserer energibruken til oppvarming, men introduserer muligheten til også å kjøle om sommeren – og dermed øker energibruken til et annet formål).
- Endring i energikjeder: Endringer i én type energibruk i husholdningen påvirker energibruk i andre deler i energikjeden; en mekanisme som skjer ved skifte av energikilde (for eksempel overgang fra eldre vedovn til pelletsbasert oppvarming) som også innebærer et skifte i energikjede. I praksis kan dette medføre at andelen energibruk forskyves i energikjeden, slik at en innsparing i energibruk i husholdningen kan medføre en økning av energibruken i andre ledd i energikjeden.
- Økonomiske endringer: Penger som eventuelt spares på reduksjon i direkte energibruk i boliger kan brukes på andre formål som også krever energi (for eksempel flere sydenturer med fly). Omfanget av denne effekten er begrenset ved at energi står for 3-4 % av det gjennomsnittlige husholdningsbudsjettet i Norge.

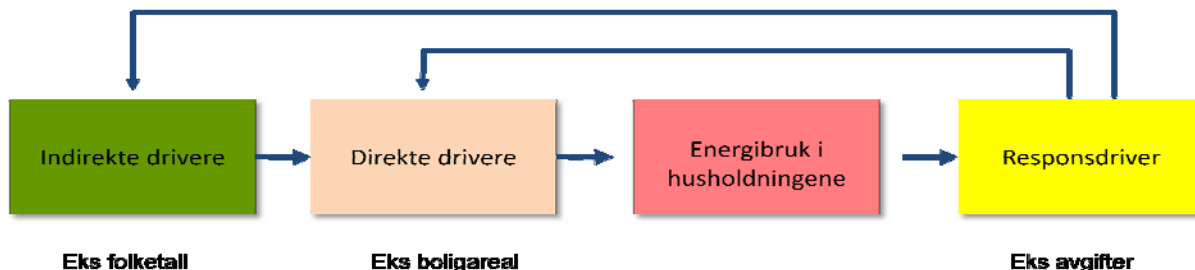
Man kunne for eksempel tenke seg at en dramatisk økning i prisen på fossil drivstoff vil føre til at folk bruker mindre fritid på utenlands flyreiser og tilsvarende mer fritid i og rundt boligen, og at dette kan utløse en økt energibruk i boligen. Eventuelt kunne man tenke seg at en stans i den planlagte satsingen på industrielt prosessert bioenergi ut fra hensynet til biologisk mangfold kan få konsekvenser for energibruken i boligen. Det sentrale her er å få fram i hvilken grad drivere endrer netto energiforbruk i boligen, i hvilken grad det også er snakk om å flytte energiforbruket i energiverdikjeden eller eventuelt i hvilken grad det også er snakk om at endret energibruk i boligen også utløser endringer i andre former for miljøbelastning i andre deler av samfunnet. Til de to siste spørsmålene er det i tillegg et spørsmål om hvorvidt dette er mekanismer som virker begge veier i samspillet mellom bolig og omverden.

1.3 Valg av modell for gjennomføring av oppdraget

Vi skiller mellom modell for hvordan vi skal analysere drivere og mulige mekanismer som påvirkere energibruken i boliger (analysemodell), og modell for hvordan vi skal presentere resultatene av denne analysen (resultatmodell).

Analysemodell

Anbudsdokumentet gir følgende definisjon av drivere: "Med drivere menes faktorer som påvirker energibruken slik at den endres". Dette er en generell definisjon av drivere, og det kan derfor være behov for en presisering av hvordan vi velger å operasjonalisere begrepet "drivere". OECD opererer med en årsak-virkning basert indikatormodell som kan være relevant i denne sammenhengen, der de skiller mellom driver, påvirkning, status og respons (DPSR-modellen). "Status" kan for eksempel være "energiforbruk i boliger". "Påvirkning" er faktorer som direkte påvirker energiforbruk i boliger (for eksempel størrelsen på boligen). "Drivere" i OECD sin terminologi er faktorer som indirekte påvirker energiforbruk i boliger (for eksempel ved å påvirke størrelsen på boligen). "Respons" er tiltak som blir iverksatt for å påvirke energiforbruket i boligen direkte (for eksempel tekniske forskrifter) eller indirekte (ved å påvirke drivere). Poenget i vår sammenheng er at vi velger å inkludere "påvirkning", "respons" og "drivere" som de faktorene anbudsdokumentet opererer med i sin definisjon av drivere. Dette gir også en kobling til vår drøfting av tilbakeslagseffekter, ved at OECD sin kategori for drivere også vil inkludere faktorer som virker gjennom til det vi over har omtalt som indirekte og direkte tilbakeslagseffekter.



Figur 1 Overordnet analysemodell med tre kategorier av drivere

Det går et hovedskille mellom "direkte drivere" og de øvrige to hovedkategoriene av drivere ("indirekte drivere" og "responsdrivere") i figuren over. Den første kategorien omfatter drivere av fysisk og teknisk karakter, mens de to øvrige er drivere av sosial, juridisk og/eller økonomisk karakter. Ulike drivere virker gjerne i samspill; et samspill som ofte kan være komplisert å beskrive – ikke minst å tallfeste. Det er for eksempel ikke gitt at økte strømpriser alene fører til endret energibruken. De kan derimot utløse hvilke som helst av følgende fysisk/tekniske endringer (alene eller i kombinasjon):

- investeringer i bedre klimaskall i bygningen
- investeringer i strømsparende teknologi, for eksempel varmepumpe eller sparepærer
- bruk av andre energibærere til oppvarming, for eksempel overgang fra olje til ved
- at folk senker innetemperaturen, slukker lys, i større grad fyller vaskemaskinen før de starter den osv.
- at folk velger små hus framfor store (mindre sannsynlig som tilpasning til energipris enn de fire ovenfor, men selvsagt teoretisk mulig)

En praktisk tilnærming til å analysere disse ofte komplekse sammenhengene er at man *først* beskriver hvilke fysisk/tekniske endringer som har skjedd over tid (for eksempel antall m² fordelt på boligtyper, klimaskallenes tilstand, oppvarmingsutstyr og apparatbestand, innetemperatur og brukstid for apparatene) for *dernest* å sannsynliggjøre hvilke sosiale, juridiske og/eller økonomiske drivere som har utløst disse fysisk/tekniske endringene, anslå hvordan mekanismene har vært og - så langt mulig - gi kvantitative anslag for disse

sammenhengene. Det siste er selvsagt ikke enkelt. Hvor mye av forbedringen i klimaskall skyldes lov- eller plankrav, hvor mye skyldes økte energipriser og hvor mye skyldes økende velstand og komfortkrav? Hvor mange anskaffelser av luft-luftvarmepumpe skyldes økte strømpriser, hvor mange skyldes teknologiforbedring eller prisfall på apparatene, og hvor mange skyldes at den sosiale innovasjonsspredningen har nådd en "kritisk masse"? Hva har de ulike faktorene inntektsnivå, apparatpriser, strømpriser og informasjon (inkludert energimerking) hatt å si for valget av mer eller mindre energieffektive hvite- og brunevarer? Hvor mye har lov- og plankrav, inntektsnivå, byggekostnader, flyttemønster, skilsmissefrekvens og fødselsrate påvirket antall m² og fordeling på boligtyper?

Ved å kombinere vår teoretiske modell (skillet mellom fire hovedmekanismer) og vår analysemodell (jf figur 1 utledet av OECD sin DPSR-modell) har vi en metode for å systematisere aktuelle konkrete drivere. Dette er illustrert i tabell 1 under, med innlagte eksempler på konkrete drivere. Det er viktig å være klar over at en konkret driver kan være relevant i flere sammenhenger. For eksempel vil energipriser kunne spille inn både ifht effektivisering, substituering av reduksjon.

Tabell 1 Metodikk for strukturering av konkrete drivere som kan påvirke energibruken i boliger (med innlagte eksempler på konkrete drivere)

Type endring i energibruk	Indirekte drivere	Direkte drivere	Responsdrivere knyttet til offentlig virkemiddelbruk
Effektivisering	Teknologisk utvikling	Teknisk standard på boliger	Tekniske forskrifter for boliger
Substitusjon	Livsstil og adferd	Utforming av boliger	Offentlige støtteordninger
Reduksjon	Folketall	Størrelse på boliger	Energiavgifter

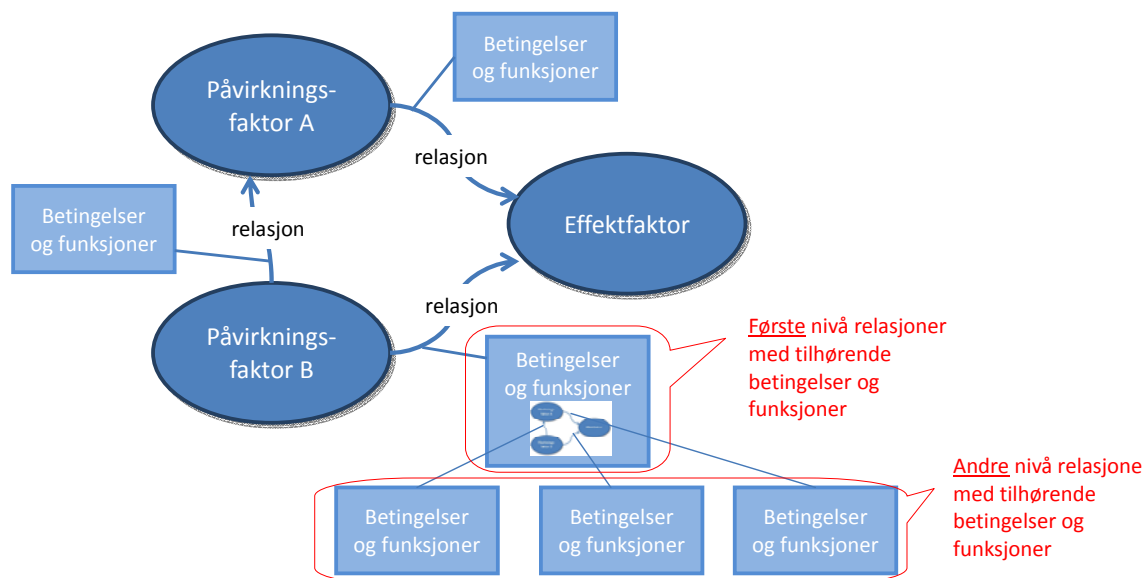
Resultatmodell

Vi vil bruke *systemdynamiske modellering* for å framstille resultatene av våre analyser. Denne formen for modellering er godt egnet for å få fram dynamikken i komplekse systemer. Et særlig viktig poeng i denne sammenhengen er at et fokus i systemdynamikk er på feedback eller tilbakekobling i systemene og hvordan dette kan bryte med intuitive oppfatninger av mekanismer og sammenhenger. Figur 2 viser hovedkomponentene i systemdynamiske modeller; nemlig:

- Et antall *faktorer*. I vårt tilfelle skiller vi mellom drivere på den ene siden (påvirkningsfaktorer) og energibruk i husholdninger på den andre siden (effektforaktorer).
- Et antall *relasjoner* mellom de ulike faktorene. I vårt tilfelle hvordan drivere påvirker energibruken, og (bl.a. viktig for å forstå eventuelle tilbakeslagseffekter) hvordan drivere gjensidig kan påvirke hverandre. Disse relasjonene kan gå begge veier, de kan være positive (føre til en økning av "verdien" for mottakerfaktoren) eller negative (føre til en reduksjon av "verdien" for mottakerfaktoren), og de kan være kvalitative (eks "ja" eller "nei") eller kvantitative.
- Ett (eller flere) lag av *betingelser* og *funksjoner* bak hver relasjon. Hver relasjon må beskrives kvalitativt og/eller kvantitativt, og dette gjøres gjennom etablering av ett (eller flere) betingelser og funksjoner. I prinsippet kan disse inneholde en systemdynamisk modell i seg selv, med ulike faktorer og relasjoner, der det igjen kan knyttes ulike betingelser og funksjoner bak hver relasjon, slik at vi kan ha ulike *nivå* med relasjoner og tilhørende betingelser og funksjoner (jf figur 2).

Den kompleksiteten vi har vist til over er krevende å modellere formelt i en regnemodell. Utfordringen består i første omgang å sette systemgrenser. Dette skjer langs to dimensjoner (jf figur 2): Først i "flaten" som gjelder hvor mange faktorer skal man ta med, og dernest i "dybden" som gjelder hvor mange lag eller nivå relasjoner og tilhørende betingelser og funksjoner man skal ta med.

Enhver modell av den typen vi opererer med – der et utfall (i vårt tilfelle "energibruk") blir forsøkt forklart ut fra noen antatte påvirkningsfaktorer (i vårt tilfelle "drivere") må operere med et hovedskille mellom avhengige og uavhengige variabler.



Figur 2 Prinsippskisse for systemdynamisk modellering

Den *avhengige* variabelen er den samlede stasjonære energibruken i husholdningene. Dette stiller oss umiddelbart ovenfor en utfordring: Hvilke husholdninger? Hvordan er sammensetningen av husholdningene? Hva er enheten i modellen? Vi vil modellere energibruken for en enkelthusholdning og aggreger opp over alle husholdninger med bruk av aggregeringsfaktorer som gjenspeiler sammensetning av ulike husholdningstyper.

Neste spørsmål angår detaljeringsnivået for den *avhengige* variabelen. Er det samlet energibruk i husholdningen? Eller skal vi beregne effekten for ulike typer utstyr/apparater som inngår i husholdningene? Eksempler på utstyr kan være oppvarmingsutstyr, elektriske apparater (brunevarer, hvitevarer osv). Vi vil gjøre analyser på utstyrsnivå for å fange opp endringer i effektivisering, substitusjon og reduksjon. Vi definerer da en relasjon mellom et sett med uavhengige variable (forklaringsvariable) og energibruken for en gitt utstyrstype. Slike relasjoner defineres for et sett med utstyrstyper som inngår i husholdningene.

De uavhengige variablene kan ha ulike relasjoner (f.eks. en lineær sammenheng eller en ikke-lineær sammenheng) til ulike typer utstyr. I tillegg kan de uavhengige variablene (for eksempel boligstørrelse, boligtype eller demografi) ha en direkte effekt på den samlede energibruken. Disse variablene har derfor en direkte effekt på samlet forbruk og en indirekte effekt via utstyrstyper som inngår i husholdningene. Dette tilsvarer skillet mellom "plan" og "dybde" i figur 2.

En dynamisk systemmodell kan estimeres i Excel – noe vi har valgt å gjøre. Statistisk sentralbyrå har gjort dette i en tidligere arbeid¹. Selve Excel-modellen inneholder multiplikasjoner og addisjoner for ett gitt sett med likninger. Til slutt aggregeres resultatene fra likningssettene for å anslå verdien på den samlede avhengige variabelen. Verdiene i SSB's modell er hentet fra en økonometrisk beregning av en etterspørselsfunksjon og regresjonskoeffisientene. Vår tilnærming er den systemdynamiske hvor vi bruker ekspertvurderinger eller litteraturstudier til å anslå verdien på disse parametrene. Utfordringen i prosjektet ligger i å gjøre kvalifiserte anslag for disse verdiene.

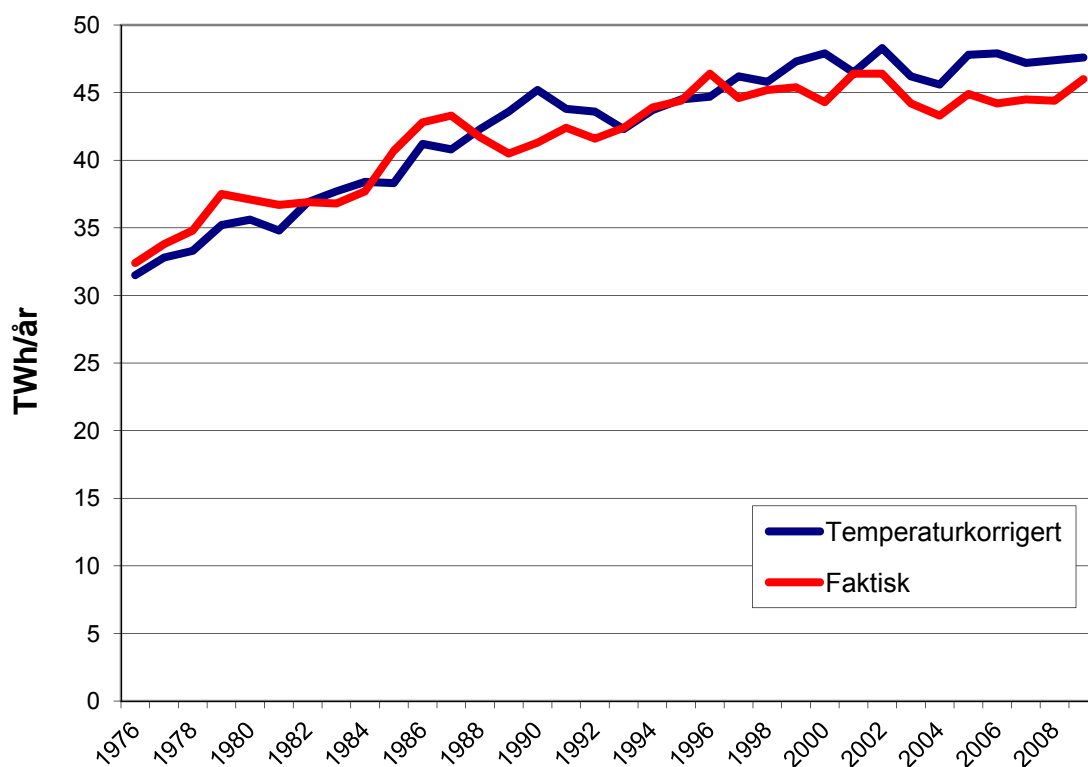
Disponering av rapporten

I det videre gir vi først en oppsummering av den faktiske utviklingen av energibruk i norske husholdninger. Dette er "fasiten" som den første delen av oppdraget vårt går ut på å forklare; altså hvorfor utviklingen har blitt som den har blitt. Det neste hovedkapittelet drøfter de direkte driverne bak utviklingen av energibruk i norske husholdninger. Avslutningsvis i kapittelet som gjelder de direkte driverne drøfter vi hvilke av de direkte driverne som kan forklare utflatingen av energibruken fra 1990 til 2009. Neste hovedkapittel gjelder de indirekte driverne – herunder inkludert responsdriverne – der vi diskuterer de bakenforliggende drivkreftene; altså hvordan de indirekte driverne har påvirket energibruken gjennom de direkte driverne. Avslutningsvis presenterer vi scenariomodellen og redegjør for hvordan denne kan brukes for å analysere mulige framtidige utviklingsbaner for energibruken i norske husholdninger. I vedlegget gir vi en nærmere dokumentasjon av scenariomodellen.

¹ Halvorsen, B. (2007): *Brukerveiledning for SHE-AR-modellen. En regnearkmodell for simulering av husholdningenes aggregerte elektrisitetsetterspørsel*. Notat 2007/15. Oslo: Statistisk sentralbyrå.

2 Energibruken i norske husholdninger

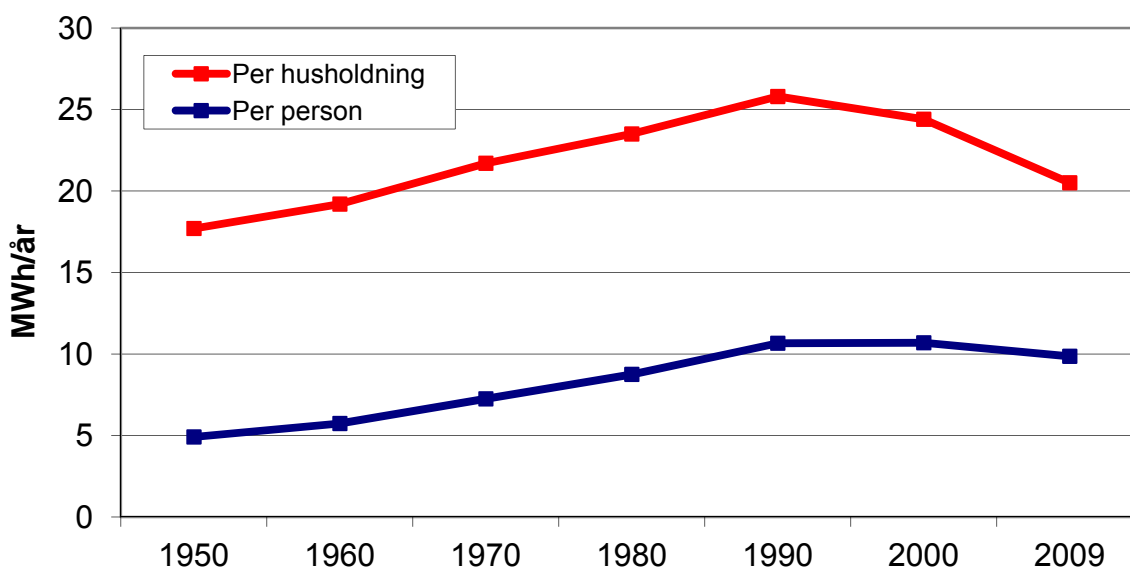
Gjennom hele etterkrigstida og fram til midten av 1990-tallet var energibruken i norske husholdninger stigende. Etter 1996 har det ikke vært noen videre økning. Figuren nedenfor viser utviklinga i energibruken fra 1976 til 2009. Den viser også den temperaturkorrigerte energibruken, som er et anslag for hvordan utviklinga hadde blitt dersom temperaturrene i alle år hadde vært normale. Denne kurven forteller to ting. Den *første* er at dersom de fleste av vintrene på 2000-tallet ikke hadde vært mildere enn normalt, så hadde energibruken ligget *litt* høyere enn på 1990-tallet. Det *andre* er at den *tilnærmede* utflatinga vi likevel ser også i temperaturkorrigert forbruk, går helt tilbake til 1990.



Figur 3 Faktisk og temperaturkorrigert energibruk i norske husholdninger. TWh/år. Kilde: SSB, NVE og egne beregninger

Merk at temperaturkorreksjonene i figuren over bygger på at 65 % av energibruken går til romoppvarming og dermed er temperaturavhengig. Det er nær det sannsynlige gjennomsnittet for perioden figuren dekker, ifølge beregninger som gjøres i denne rapporten. Det er derimot høyere enn anslag som ellers har vært benyttet av NVE til temperaturkorrigeringer (55 %).

Den temperaturkorrigerte energibruken i husholdninger i 2009 var bare 5 % høyere enn i 1990. Etersom folketallet økte med 14 % i samme periode vil det si at den temperaturkorrigerte energibruken per person falt med 8 %. Tallet på husholdninger økte enda mer enn folketallet, nemlig med en tredjedel fra 1990-2009, hvilket betyr at den temperaturkorrigerte energibruken *per husholdning* falt med hele 20 %. Som figur 4 på neste side viser, var den *relative* økningen i energibruk per husholdning fram til 1990 mindre enn økningen per person, liksom det *relative fallet* etter 1990 har vært brattere. Det skyldes at husholdningene har blitt stadig mindre i gjennomsnitt.



Figur 4 Temperaturkorrigert energibruk i husholdninger regnet per husholdning og per person, 1950-2009. Kilde for energibruk 1950-70 er Bartlett (1993), for seinere år NVE. Tall på personer og husholdninger fra SSB.

Det kan tenkes en rekke mulige forklaringer på trendbruddet som vises i figurene over. Én er at *boligarealet* har vokst langsommere, både prosentvis og særlig sett i forhold til befolkningsveksten, etter 1990 enn i tiåra før. Dette er et kjent forhold, selv om det å avgjøre *akkurat hvor mye* boligarealet har vokst etter 1990 ikke er enkelt. Likevel er det klart – som vi skal vise i neste kapittel - at også boligarealet i denne perioden har økt med betydelig mer enn seks prosent. Vi står med andre ord også overfor en reduksjon i energibruken per kvadratmeter boligareal.

Det er flere faktorer som påvirker forholdet mellom boligmassens størrelse og energibruken i den samme boligmassen. De inkluderer:

- egenskaper ved selve boligene – hvilke bygningstyper det gjelder og hvor godt de holder på varmen
- hvilke energibærere som brukes til oppvarming og virkningsgradene til oppvarmingsteknologiene
- hvilken innetemperatur som velges
- forbruk av varmt vann og teknologien som brukes til å varme vannet
- bestanden av elektriske apparat, deres tekniske egenskaper og hvordan de brukes

I tillegg vil utetemperaturen påvirke den faktiske energibruken, men ikke den temperaturkorrigerte, om temperaturkorreksjonen er riktig utført.

Felles for de fleste av faktorene etter kulepunktene er at vi ikke har presis og fullstendig kunnskap om hvordan de har utviklet seg. I noen tilfeller er tvert imot *mangelen* på data nesten fullstendig. Det gjelder særlig de atferdsmessige faktorene som innetemperatur, forbruk av varmt vann og brukstider for det meste av elektrisk utstyr. Derfor er det ikke mulig å komme fram til noe tilnærmet entydig fasitsvar på hvor mye de enkelte faktorene har trukket energibruken opp- eller nedover. Vi kan sannsynliggjøre at noen har trukket oppover, at andre har trukket nedover og kanskje at noen har gitt lite utslag i energibruken per kvadratmeter etter 1990. I noen fall kan vi også gjøre begrunnede anslag på hvor stort et positivt eller negativt utslag har vært, men i andre fall kan vi knapt gjøre mer enn å vise mulige forløp, der til og med fortegnet med hensyn på energibruken kan være usikkert. Det blir nødvendigvis flere mulige kombinasjoner av forklaringer på utviklinga.

Flere aspekt ved husholdningenes energibruk har vært gjenstand for flere eller mer omfattende undersøkelser i Sverige og/eller Danmark enn i Norge. Resultat fra undersøkelser i nabolanda blir derfor trukket inn i drøftingene en rekke steder. Slike resultat kan ikke uten videre overføres til norske forhold, men kan ofte være til støtte for vurderingene i tilfeller der det empiriske norske materialet er skrint.

Energibruken i husholdninger inkluderer den i fritidsboliger så vel som i helårsboliger. Den tilgjengelige kunnskapen om energibruken i fritidsboliger er imidlertid så begrenset at vi ikke engang forsøksvis kan dekomponere utviklinga i den, slik vi kan for helårsboliger. Det meste av drøftingene i denne rapporten gjelder derfor utviklinga i helårsboliger alene. Utviklinga i arealet av fritidsboliger og energibruken i disse drøftes særskilt i et eget kapittel.

3 Direkte drivere for energibruken i husholdninger

3.1 Innledning

Figur 5 under viser en videreutvikling av den overordnede analysemodellen vist i Figur 1. I figuren under har vi lagt inn de ulike driverne vi mener er sentrale for å forklare utviklingen av energibruken i norske husholdninger. I figuren under er de direkte driverne markert i blått, de indirekte i gult og energibruken rødt.

Figur 5 En detaljert analysemodell som viser de indirekte drivere (gule), direkte drivere (blå) som styrer energibruken (rødt) i norske husholdninger

I det videre har vi beregnet følgende direkte drivere:

- Boligareal
- Boligenes og boligarealets fordeling etter bygningstype
- Klimaskallenes tilstand
- Innetemperatur
- Energibruk til varmt vann
- Energibruk til belysning og elektriske apparat
- Valg av oppvarmingssystem

De faktorene som direkte er med på å bestemme energibruken i boligene er selvfølgelig ikke sine egne årsaker. Bak så vel de volummessige endringene (for eksempel i boligareal og apparatbestand), de tekniske (i boligens og utstyrets egenskaper) og de atferdsmessige, ligger det andre drivere – det vi har kalt *indirekte* drivere. Til disse hører den demografiske, økonomiske og teknologiske utviklinga så vel som endringer i kunnskaper og holdninger. I varierende grad kan alle disse igjen påvirkes av politiske beslutninger og virkemiddel, som dessuten kan påvirke valg av teknologi i boligene mer direkte, når de tar form av påbud, forbud eller standarder. Disse gjennomgår vi i det påfølgende hovedkapittelet. Under gjennomgår vi imidlertid først de direkte driverne.

3.2 Boligareal

Samlet boareal

Vi kjenner ikke nøyaktig utviklinga i arealet av bebodde helårsboliger i Norge, verken i tiåra før 1990 eller i perioden deretter. Hva gjelder tida før 1990 gir de tiårlege Folke- og boligtellningene (FoB) oppgaver over tallet på boliger og antall rom i boligene, men ikke før i 1990 oppgaver over boligareal, og da bare ved å inndele boligene i brede klasser for antall kvadratmeter. Statistikk over arealet av *nybygde* boliger finnes for hele etterkrigstida, men det finnes noen brudd i tidsserien og det kan stilles spørsmål ved nøyaktigheten, også ut fra de til hver tid gjeldende definisjonene. Statistikk over riving av boliger eksisterer fortsatt ikke i Norge, hvilket betyr at den må estimeres, dersom byggearealstatistikken ellers skal brukes til å beregne veksten i boligmassen.

Bartlett (1993) forsøkte likevel, som ledd i en mer omfattende analyse av utviklinga i norsk energibruk, å beregne utviklinga i areal per bolig og dermed det samlede boligarealet (ved hjelp av bolig tall fra FoB) samt boligarealet per innbygger for perioden 1950-1991. Vi støtter oss her til hennes beregninger – som gjelder "oppvarmet areal" når det gjelder vekstraten fram til 1990. (Fordi seinere statistikk gjelder bruksareal, dvs. alt areal med måleverdig etasjehøyde innenfor boligens omsluttende vegger, må vi innføre en mindre nivåkorleksjon for å få en tidsserie som kan henge sammen. Dette kommer vi tilbake til.)

Det å bygge på Bartletts beregninger innebærer å gjøre et valg, for det er visse avvik mellom de tallene for totalt boligareal som hun oppgir i én tabell, og de som framkommer ved å multiplisere (a) hennes tall for areal per bolig med antallet bebodde boliger, som er kjent for åra med FoB, eller (b) hennes tall for areal per innbygger med folketallet, som er kjent for alle år. Metodene (a) og (b) gir tilnærmet like resultat, og vi forutsetter at det er disse som gir det riktige bildet av utviklinga, hvilket impliserer at det er feil i den oppgitte tallserien for totalt boligareal.

Tabell 2 under viser Bartletts tall for utviklinga i areal per bolig og per innbygger, samt det totale boligarealet som framkommer ved å multiplisere areal per bolig med antall boliger fra Folke- og boligtellningene. Videre vises hennes tall for utviklinga i total temperaturkorrigert energibruk i boligene, og energibruken per m² som framkommer ved å dele total energibruk på beregnet totalt boligareal. Endelig vises Bartletts egne indekstall for energibruk per m². Denne serien har hun bare ført tilbake til 1962. Vi ser at trenden fra 1970-90 her avviker fra den som er beregnet i kolonnen t.v. Forskjellen er likevel ikke dramatisk – det er tale om enten et svakt fall eller en nesten ubetydelig økning.

Tabell 2 Utvikling i boligmassen og energibruken (temperaturkorrigert) 1950-1990, etter Bartlett (1993) og bolig tall fra Folke- og boligtellningene (FoB)²

År	Oppvarmet areal per bolig, m ² (Bartlett)	m ² per innbygger (Bartlett)	Antall boliger (1000) (FoB)	Oppvarmet areal i alt, mill. m ² (beregnet)	Energi- bruk, TWh (Bartlett)	Spesifikk energibruk kWh/m ² (beregnet)	Indeks for spesifikk energibruk (Bartlett)
1950	75,0	21,1	911	68,3	16,1	236	100,0
1960	78,0	23,2	1075	83,9	20,6	245	103,8
1970	86,9	28,8	1296	112,6	28,1	249	105,5
1980	98,0	36,4	1524	149,4	35,8	240	101,7
1990	110,3	45,1	1751	193,1	45,0	233	98,7

Hovedbildet som framtrer i nest siste kolonne er at den spesifikke energibruken var svært stabil, med andre ord at den samlede energibruken økte nesten direkte proporsjonalt med boligarealet over hele perioden 1950-90.

Usikkerhetene i tallene er for store til at vi kan begrunne noen mer presis påstand enn at boligareal og energibruk vokste tilnærmet parallelt. En overflatisk betraktning kunne dermed være at det egentlig bare var behov for én forklaring på veksten i energibruk per person gjennom denne perioden – nemlig at boligarealet per person økte. I virkeligheten kan vi være nokså sikre på at den parallelle utviklinga er nettoresultatet av at andre en rekke andre drivere, med forskjellige fortegn, omtrent har opphevd hverandre. For eksempel har det mellom 1950 og 1990 vært en meget betydelig økning i tettheten av elektriske apparat (Bartlett estimerer noe over en faktor 3 økning i energibruken per m² til elektriske apparat, utenom komfyre, mellom 1950 og 1990). Det har nokså sikkert også vært en økning i gjennomsnittlige innetemperaturer i fyringssesongen. Derimot har både nye og mange eldre

² Beregningen av oppvarmet areal i alt (4. datakolonne) er gjort ved å multiplisere tallene fra 1. og 3. kolonne. Spesifikk energibruk (6. kolonne) framkommer ved å dele tallene i kolonne 5 på dem i kolonne 4.

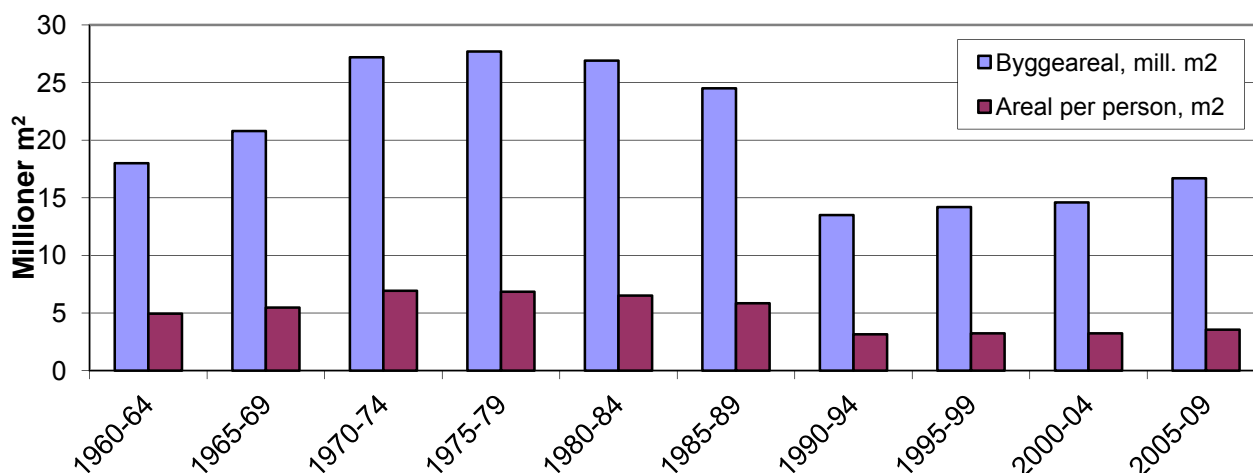
boliger blitt bedre isolert, og det har skjedd en sterk overgang fra kull, ved og seinere olje til elektrisitet, ikke bare til oppvarming men også til matlaging.

Tross det siste, gjør den nesten parallelle utviklinga i boligareal og energibruk fra 1950-1990 det naturlig først å spørre om noe av reduksjonen i energibruk per person etter 1990 kan skyldes en annen utvikling i boligareal per person i den siste perioden.

Dessverre er dataproblemene betydelige også når det gjelder utviklinga i boligarealet etter 1990. Det som finnes av statistikk som kan belyse utviklinga er

- Tall fra Folke- og boligtellene i 1990 og 2001, som viser antallet bebodde boliger på disse tidspunktene og hvordan de fordelte seg på størrelsesklasser (8 klasser i 1990, 12 klasser i 2001).
- Registerbasert statistikk over boligbestanden f.o.m. 2006, der boligene er inndelt i 14 klasser etter bruksareal. Denne statistikken er likevel ikke direkte sammenlignbar med tallene fra FoB 1990 og 2001, idet tallene fra 2006 og framover inkluderer *ubebodde* boliger.
- Årlig byggearealstatistikk, som i prinsippet viser bruttotilveksten i boligareal, men som må kombineres med antakelser om avgangen (rivingsraten) om den skal brukes til å estimere nettotilveksten.

Figur 6 under viser utviklinga i byggeareal relativt til folkemengden for 5-årsperioder fra 1960 fram til 2009. Disse tallene gjelder bruksareal, som er det byggearealstatistikken viser fra og med 1983. Før 1983 var byggearealstatistikken basert på "boligflate" – også kalt "leieareal" - en betydelig snevrere definisjon av boligarealet enn bruksareal. SSB beregnet ved overgangen hvilke utslag den ga for et utvalg på 2.500 boliger, og anbefaler på det grunnlaget en omregningsfaktor på 1,56 fra leie- til bruksareal. Den er benyttet for åra før 1983 i figuren.



Figur 6 Bruksareal til bolig fullført i femårsperioder 1960-2009, og fullført areal per person i middelfolkemengden for perioden. Kilde: SSB, Byggearealstatistikk og Historisk statistikk. Areal tall fram til 1982 omregnet til bruksareal ved å multiplisere med 1,56.

Som vi ser har nybygginga vært mye lavere etter 1990 enn før. Det gjelder i enda høyere grad om vi relaterer nybygginga til folketallet. Relaterer vi den til *befolkningstilveksten*, der den årlige raten siden 1990 har vært 2/3 høyere enn mellom 1970-89, blir forskjellen enda mer frapperende. Det ble bygd tre ganger mer per ny innbygger mellom 1970-89 enn i den neste 20-årsperioden.

Vi forlater nå foreløpig byggearealstatistikken, som i den grad den er korrekt gir en øvre grense for hvor mye boligarealet (inkludert ubebodde boliger) kan ha vokst. Vi skal se på hva enkelte punkttellinger av boligareal i og etter 1990 kan fortelle.

Tabell 3 viser antallet bebodde boliger per størrelsesklasse ifølge Folke- og boligtellene (FoB) i 3.11. 1990 og 3.11.2001, samt tallene for bebodde pluss ubebodde boliger ved årsskiftet 2010/2011 ifølge SSBs registerbaserte statistikk. De siste er merket 2009 her selv om SSB oppgir dem som tall for 2010. Dette fordi de viser situasjonen ved utgangen av 2009, liksom FoB-tallene gjelder situasjonen mot slutten av sine år. Vi bruker 2009 som siste referanseår ettersom det ennå ikke foreligger fullstendig statistikk over husholdningenes energibruk i 2010. Det skal straks påpekes at tallene for 1990 ikke er fullt ut sammenlignbare med dem for 2001 og 2009. De sistnevnte

gjelder bruksareal, mens det i FoB 1990 ble spurt etter areal i "rom innredet til boligformål". Det siste innebærer ifølge SSBs forklaring til statistikken at "boder, oppbevaringsrom, vaskerom, fyrrom o.l. ikke ble tatt med i FoB90." Konsekvensen av dette – altså at tallene fra 1990 er noe «for lave» sammenlignet med de seinere - trekkes nedenfor.

Tabell 3 Boliger fordelt på størrelsesklasser etter Folke- og boligtellingsene 1990 og 2001 og SSBs registerbaserte boligstatistikk (årsskiftet 2009/2010)

FoB 1990		FoB 2001		Registertall 2009	
Areal	Antall boliger	Areal	Antall boliger	Areal	Antall boliger
< 50 m ²	159 173	< 30 m ²	57 677	< 30 m ²	62 514
		30-39 m ²	39 294	30-39 m ²	53 719
		40-49 m ²	69 003	40-49 m ²	85 463
50-59 m ²	147 644	50-59 m ²	125 006	50-59 m ²	139 645
60-79 m ²	298 363	60-79 m ²	305 363	60-79 m ²	342 919
80-99 m ²	350 141	80-99 m ²	310 659	80-99 m ²	300 354
100-129 m ²	381 902	100-119 m ²	254 186	100-119 m ²	254 383
130-149 m ²	148 033	120-139 m ²	202 861	120-139 m ²	215 673
		140-159 m ²	146 755	140-159 m ²	170 302
150-199 m ²	165 967	160-199 m ²	209 455	160-199 m ²	270 233
≥200 m ²	100 140	200-249 m ²	143 081	200-249 m ²	182 436
		≥250 m ²	98 208	250-299 m ²	77 048
				300-349 m ²	19 829
				>350 m ²	13 496
Ukjent	135 731				
-	1 751 363	-	1 961 548	-	2 323 935

For å komme fra disse tallene til estimat for det samlede boligarealet må vi først estimere gjennomsnittsstørrelsen på boligene i hver størrelsesklasse. Det framgår tydelig av tallene for 2001 og 2009 at fordelingen etter størrelse ligner en positivt skjev normalfordeling, der antall boliger i hver nye klasse, når vi også korrigerer for den ulike bredden i intervallene, øker inntil vi nærmer oss medianstørrelsen (i begge disse åra like over 100 m²) og avtar når vi passerer denne. Unntaket i 2009 er at det er litt flere boliger i klassen 60-79 m² enn i klassen 80-99 m². Dette gjør det sannsynlig at gjennomsnittsarealet innenfor hver klasse ligger litt over midtpunktet i de minste klassene, og noe under midtpunktet i de største. I de midtre klassene 60-119 m² ligger gjennomsnittet trolig nær midtpunktet. Hypotesen bestyrkes delvis av tall som viser gjennomsnittsarealet innenfor hvert av de brede intervallene som ble brukt i SSBs undersøkelse av energibruk i husholdningene i 2009 (tabellten under). Definisjonen av boligareal i disse undersøkelsene likner for øvrig på den som ble brukt i FoB 1990. Her ligger altså gjennomsnittet i den minste klassen betydelig over midtpunktet, i den neste nær midtpunktet, og i den tredje under midtpunktet. Den aller største klassen har intet midtpunkt.

Tabell 4 Gjennomsnittlig størrelse på boligene i hver størrelsesklasse i SSBs undersøkelse av energibruk i husholdningene 2009

Intervall, m ²	Gjennomsnitt, m ²
< 60	41
60-99	78
100-149	120
≥150	199

For nå å vende tilbake til *Tabell 3*, så ser vi at det i 2009 var litt flere boliger i klassen 60-79 m² enn i klassen 80-89 m², slik at et gjennomsnitt på 78 m² er nøyaktig det vi får ved å anta at gjennomsnittet innenfor hver av disse klassene lå ved midtpunktet (69,5 hhv. 89,5 m²). I klassen <60 m² er gjennomsnittet på 41 m² forenlig med at gjennomsnittet innenfor hvert av de smalere intervallene i den registerbaserte statistikken lå ved midtpunktet

(motsatt hypotesen ovenfor), men her er tallene relativt små. Det er i alle fall lite rimelig å tro at gjennomsnittet for boliger <30 m² lå ved midtpunktet, siden det finnes få boliger på <10 m². I klassen 100-149 m² krever sammenlikningen at vi skjønnsmessig splitter antallet boliger på 140-159 m² i den registerbaserte statistikken. Det er mest sannsynlig at det var litt flere boliger på 140-149 m² enn på 150-159 m². Når det gjelder klassene ≥160 m² tvinges vi faktisk til å anta at gjennomsnittene lå svært langt (~10-12 m² i hvert tilfelle) under midtpunktene, om gjennomsnittet for alle boliger ≥ 150 m² ikke skulle bli mer enn 199 m². Dette selv om gjennomsnittet for den åpne klassen ≥ 350 m² ikke var større enn 380 m² (den klassen er likevel så vidt liten at det har liten betydning om en setter inn 360 eller 400 m²). Avvik på så mye som 20-25 % av intervallbredden mellom gjennomsnitt og midtpunkt kan synes litt for store til å være sannsynlige, men i de fire øverste lukkede klassene fra 2009 faller antallet boliger så sterkt for hver klasse oppover at meget store avvik er sannsynlige.

Ut fra disse betraktningene framstår det som rimelig å gjøre de anslagene for gjennomsnittsarealet av boliger i hver av størrelsesklassene i 2009 som vises i tabell 4. Anslagene for 2001 er de samme innenfor hver størrelsesklasse, unntatt klassen ≥ 250 m² der gjennomsnittet framkommer ved å vekte gjennomsnittene for de tre øverste klassene fra 2009 etter antall boliger i det året. Anslagene for 1990 i den nederste og de to øverste klassene framkommer ved tilsvarende vektning av 2001-tall, der klassen 140-159 m² er splittet 55:45 mellom boliger på 140-149 m² og boliger på 150-159 m², med gjennomsnittene satt til hhv. 143,5 og 153,5 m².

Tabell 5 Anslått gjennomsnittlig størrelse for boligene i hver størrelsesklasse i Folke- og boligtellingsene 1990 og 2001 og i SSBs registerbaserte boligstatistikk.

FoB 1990		FoB 2001		Registertall 2009	
Intervall for areal, m ²	Gjennomsnitt, m ²	Intervall for areal, m ²	Gjennomsnitt, m ²	Intervall for areal, m ²	Gjennomsnitt, m ²
< 50	33,9	< 30	20	< 30	20
		30-39	35	30-39	35
		40-49	45	40-49	45
50-59	55	50-59	55	50-59	55
60-79	69,5	60-79	69,5	60-79	69,5
80-99	79,5	80-99	89,5	80-99	89,5
100-129	114	100-119	109	100-119	109
130-149	138	120-139	128	120-139	127
		140-159	148	140-159	146
150-199	167,6	160-199	172	160-199	172
>200	244,7	200-249	215	200-249	215
		>250	288	250-299	265
				300-349	315
				>350	380

Det er som en forstår en viss usikkerhet i anslagene for gjennomsnittlig areal innenfor hver klasse i 2009, men den er neppe særlig stor (ikke over 2-4 %), med mulig unntak for den øverste og nederste klassen. Mer vesentlig er at anslagene er konsistente på tvers av år. Det er utviklinga i boligarealet – mer enn de absolutte tallene – som særlig interesserer oss, og usikkerheten i denne mellom 2001 og 2009 bør være mindre enn i de absolutte tallene. Tallene for 1990 avviker definisjonsmessig som før nevnt.

Vi kan altså nå kombinere *Tabell 3* og *Tabell 5* for å beregne det totale arealet av bebodde boliger i 1990 og 2001 (ut fra arealdefinisjonene som gjaldt i hvert av åra) og av bebodde + ubebodde boliger i 2009 (der areabegrepet er det samme som i 2001). For 2009 må det riktignok innføres en ny antakelse, som gjelder arealet av de boligene som var registret med ukjent areal det året (6 % av alle). I fravær av andre opplysninger er den mest rimelige antakelsen at disse hadde samme gjennomsnittsareal som andre boliger samme år.

For å gjøre registertallene fra 2009 mest mulig sammenlignbare med FoB-tallene fra 2001, må vi også forsøke å korrigere registertallene for ubebodde boliger. Antallet bebodde boliger bør være likt antallet privathusholdninger. SSB definerer nemlig en slik husholdning som de menneskene som har felles bolig. Ved årsskiftet 2009/2010 var

antallet privathusholdninger ifølge SSB 2.170.893³, dvs. 6,6 % mindre enn tallet på boliger ifølge tabell 3. Den andelen av boligene må altså ha vært ubebodde, om tallene ellers stemmer. I Danmark finnes en registerstatistikk som skiller mellom bebodde og ubebodde boliger⁴. I 2010 var 6,2 % ubebodde, så andelen vi finner ved å sammenholde to ulike statistikkilder for Norge virker plausibel nok ut fra sammenligningen med et naboland. De ubebodde boligene kan i gjennomsnitt ha vært større eller mindre enn de bebodde. Den danske statistikken viser at sannsynligheten for at små boliger står ubebodde er betydelig større enn for store boliger (det gjaldt 19 % av boliger <50 m², men bare 4 % av boliger >150 m²). I fravær av opplysninger om dette i Norge vil vi likevel som utgangspunkt anta at gjennomsnittsarealet for bebodde og ubebodde boliger var det samme.

Med de siste forutsetningene gir tallene fra *Tabell 3* og *Tabell 5* de tallene for totalt boligareal, areal per bolig og areal per innbygger som er vist i tabell 6 under.

Tabell 6 Utvikling i boligarealet 1990-2009 basert på tall fra *Tabell 3* og *Tabell 5*

År	Totalt boligareal, mill. m ²	Areal per bolig, m ²	Areal per innbygger, m ²
1990	181,9	103,9	42,9
2001	232,0	118,3	51,3
2009	261,3	120,4	53,8

Som vi ser i tabellen over blir gjennomsnittstørrelsen på boligene i 1990, når vi bygger på oppgavene fra Folke- og boligtellingsen det året, betydelig mindre enn i 2001 og 2009. Den er også noe mindre enn tallet Bartlett (1993) beregnet for "oppvarmet areal" per bolig i 1990 (110,3 m²). At det er avvik er noe vi må forvente, ettersom både Bartletts arealbegrep og det som ble anvendt i FoB 1990 er snevrere enn begrepet bruksareal som ligger til grunn for tallene for 2001 og 2009.

For å få et estimat for utviklinga i *bruksareal* mellom 1990-2001, er det mest naturlig å ty til Byggearealstatistikken, som for denne perioden også bygger på bruksareal. Arealet av nybygg (inkludert påbygg og tilbygg) angir i prinsippet en øvre grense for tilveksten i bruksareal i hele boligmassen i perioden. Fra denne må det gjøres et fradrag for avgang eller riving av boliger. Det må dessuten gjøres en antakelse om hvorvidt den *ubebodde* andelen av boligmassen har økt, vært uendret eller minsket. Ifølge Byggearealstatistikken ble det f.o.m. 1991 t.o.m. 2001 fullført 30,1 mill. m² bruksareal til bolig. F.o.m. 2002 t.o.m. 2009 ble det fullført 25,8 mill. m² bruksareal, noe som ikke fullt ut kan forklare veksten som tabell 6 over indikerer fra 2001-2009 (28,3 mill. m²), selv om vi skulle anta at rivingsraten var 0⁵.

Når det gjelder *rivingsraten* har så vel Lavutslippsutvalget (2006) som Rosenberg og Espegren (2009), Havskjold m.fl. (2009) og KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg (2010) forutsatt at denne har ligget og/eller kommer til å ligge på 0,6 % årlig. Tallet er imidlertid ikke særlig grundig underbygd i noen av disse kildene. Var tallet riktig, skulle det ha blitt revet omkring 1,2 mill. m² i 1990 (husk at vi må justere tallet for boligbestanden i det året litt opp fra tallet i *Tabell 6*), og nærmere 1,6 mill. m² i 2010. I alt burde ca. 28 millioner m² bolig ha blitt revet fra 1990 t.o.m. 2010, eller 14-15 % av alle boliger som fantes i 1990. Det er etter vårt syn åpenbart – ut fra alminnelig observasjon - at langt færre enn hver sjuende av de boligene som sto i Norge i 1990 seinere er revet. *Rivingsraten må med andre ord ha vært betydelig mindre enn 0,6 %.*

Det svenske Boverket (2010) regner i en utredning om energibruk i boligene med en normal rivingsrate på 0,1 %. I Sverige estimerer også Statistiska centralbyrån årlig rivingen, basert på direkte oppgaver om riving av flerbolighus som rommer vel halvparten av de svenske boligene, og andre metoder hva gjelder småhus. Det finnes en tidsserie tilbake til 1990 over antall boliger i landet, der utviklinga fra år til år bygger på differansen mellom fullførte nye boliger og den beregnede avgangen⁶. Fra 1990 til 2010 økte antall boliger med 463.395. Antall nye boliger som ble fullført f.o.m. 1991 t.o.m. 2010 var 494.238. Den beregnede avgangen var altså på 30.000 boliger, eller 1.500 per år, som gir en rivingsrate på mellom 0,03 og 0,04 %. Nå har det meste av 1990- og 2000-tallet i Sverige vært en periode med lav nybygging, og kanskje dermed færre tilfeller av riving for å gi plass til nybygg enn normalt, hvilket kan være grunnen til at den faktiske rivingsraten i denne perioden har vært lavere enn den Boverket har benyttet til framskrivinger.

³ <http://www.ssb.no/familie/arkiv/tab-2010-04-08-02.html>

⁴ <http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1024>

⁵ Kilde til tall for fullført byggeareal til boliger: SSB, Statistikkbanken, tabell 01751 og 05940. Av hensyn til tidspunktet for FoB 1990 og 2001 er 1/6 av det nybygde arealet i 1990 inkludert i tallet for nybygging 1991 t.o.m. 2001, og 1/6 av nybyggingen i 2001 inkludert i tallet for 2002 t.o.m. 2009.

⁶ http://www.scb.se/Pages/Product_87465.aspx

Kanskje har den faktiske rivingsraten i Norge, med et nesten dobbelt så høyt nybyggingstempo etter 1990 (i forhold til bestanden i det året) som Sverige, også vært noe høyere enn den svenske i samme periode. At den har vært vesentlig høyere enn 0,1 % forekommer likevel usannsynlig. Legger vi 0,1 % til grunn, så er det likevel revet ca. 4,5 millioner m² f.o.m. 1991 t.o.m. 2009. Trekker vi denne rivingen fra nybyggingen som Byggearealstatistikken viser, får vi en netto tilvekst på i størrelsesordenen 28 millioner m² i perioden 1990-2001 og ca. 23 millioner m² 2001-2009.

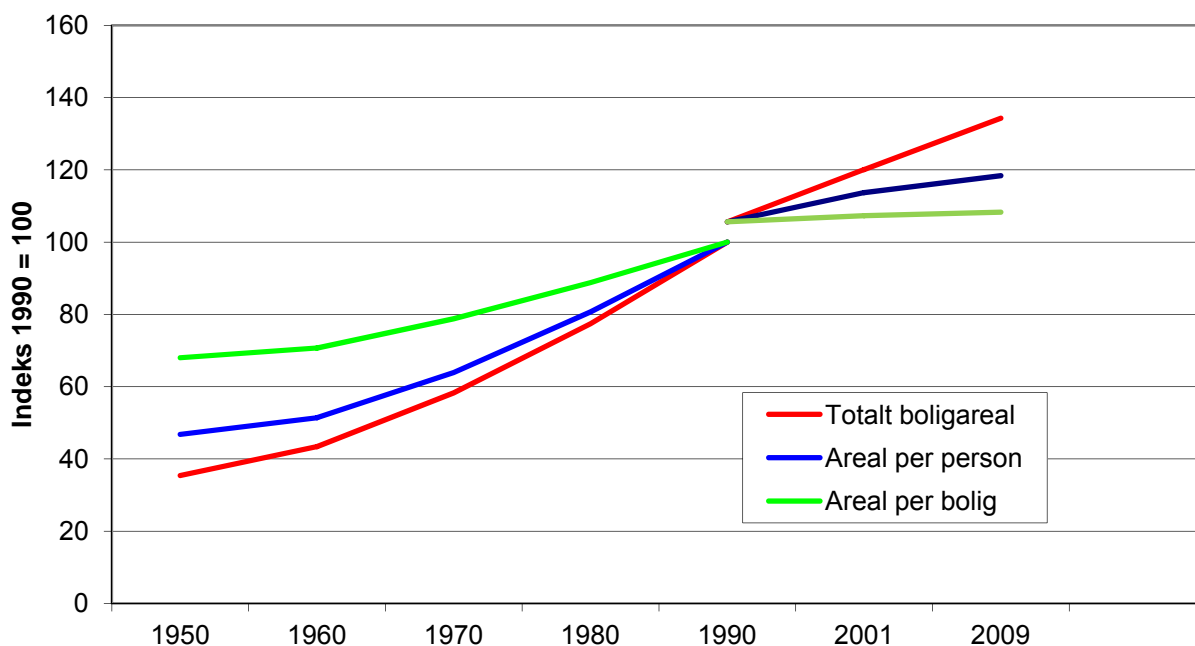
Vi kan nå gjøre et nytt anslag for boligarealet ved folketellingstidspunktet i 1990. Trekker vi 28 millioner m² fra boligmassen ved tilsvarende tidspunkt i 2001 (jfr. *Tabell 6*) blir det 204 millioner m² i 1990. Bruker vi samme metode på perioden 2001-2009, får vi et lite avvik fra tallet for 2009 i tabell 5. Ved å legge 23 millioner m² til tallet for 2001, får vi 255 millioner m² i 2009, ikke 261,3 millioner.

Da har vi imidlertid ennå ikke tatt hensyn til en tredje faktor som kan ha påvirket arealet av bebodde boliger, nemlig endringer i andelen av boligene som var ubebodde. 2000-tallet har vært en periode med meget høyt og stigende press i boligmarkedet, noe som vises av prisnivået og prisutviklinga for boliger, som vi kommer tilbake til senere. Dette gjør det nokså sannsynlig at andelen ubebodde boliger har falt. Presset i boligmarkedet var stigende også mot slutten av 1990-tallet, men det var ikke noe nær så sterkt om vi ser på perioden 1990-2001 under ett, som det har vært fra 2001-2009. Det er større grunn til å anta at andelen ubebodde boliger kan ha falt i den andre perioden enn i den første. Vi bygger nedenfor på den antakelsen at arealet av *ubebodde* boliger ikke endret seg mellom 1990-2001, men at det falt mellom 2001-2009, og bidro til en tilsvarende økning i arealet av bebodde boliger. Nærmere bestemt vil vi som utgangspunkt legge til grunn at denne faktoren forklarer 70 % av avviket mellom 255,0 og 261,3 millioner m². Vi kommer seinere tilbake til konsekvensene av å justere anslaget for boligareal i 2009 noe opp- eller nedover.

Tabell 7 Justert anslag for utviklinga i boligarealet 1990-2009. Kilde: se teksten.

År	Totalt boligareal, mill. m ²	Areal per bolig, m ²	Areal per innbygger, m ²
1990 (1.11.)	204,0	116,5	48,0
2001 (1.11.)	232,0	118,3	51,3
2009 (31.12.)	259,4	119,5	53,4

Selv om tallene ikke kan bli helt nøyaktige, er det åpenbart når en sammenlikner dem ovenfor med tallene i *Tabell 2* at vi har å gjøre med en meget sterk reduksjon i veksttakten i boligarealet per person etter 1990. På 1970- og 1980-tallet var vekstraten i areal per person over 2,3 % årlig. Etter 1990 har den vært på bare litt over 0,5 % per år, og snarest lavere mot slutten av perioden. *Dette er den første og trolig aller viktigste delforklaringa på at veksten i energibruk per person har snudd til nedgang.* Figur 7 på neste side illustrerer dette poenget ved å vise utviklinga fra 1950-2009 grafisk. Det er et brudd i 1990 mellom tidsserien basert på Bartlett (1993) som gjelder oppvarmet areal, og vår egen som gjelder bruksareal og gir 5,6 % høyere tall i 1990. Selv om det er et slikt brudd, forstyrres ikke hovedbudskapet som figuren kan formidle. Mer enn en delforklaring på utviklinga i energibruken etter 1990 kan dette likevel ikke være. Boligarealet per person har tross alt ikke falt, slik energibruken per person har gjort. Også energibruken per m² har gått ned, mens den fra 1950-1990 var nokså stabil.



Figur 7 Utvikling i areal per bolig, boligareal per person og totalt boligareal i Norge 1950-2009. Serie (1) gjelder oppvarmet areal, serie (2) gjelder bruksareal. Indekstall, 1990 (1) = 100⁷.

Basert på tallene fra siste tabell og utviklinga i energibruken *Figur 3* får vi den utviklinga i energibruk per m² boligareal etter 1990 som er vist i tabell 8 under. Tallene for boligareal her er korrigert svakt nedover fra dem i tabell 7 over (som representerer situasjonen ved eller nær utgangen av åra) for bedre å representere middelerverdier i de samme åra. Tallene for energibruk avviker fra Energiregnskapets tall for energibruk i husholdningene ved at anslag for forbruk i fritidsboliger er trukket fra. Fradraget i faktisk forbruk utgjør 1,6 TWh i 1990, 2,2 TWh i 2001 og 2,7 TWh i 2009. SSB oppgir tall for bruken av elektrisitet i fritidsboliger fra og med 1990 og for ved fra og med 2006. Fradraget for ved i 1990 og 2001 samt for gass og oljeprodukt i alle år bygger på egne anslag, jfr. bolken om fritidsboliger nedenfor.

Tabell 8 Utvikling i energibruken i helårsboliger, absolutt og per m², 1990-2009. Tall for boligareal gjelder her midt i året

År	Boligareal, mill. m ²	Energibruk, TWh		Energibruk, kWh/m ²	
		Faktisk	Temperatur-korrigert	Faktisk	Temperatur-korrigert
1990	202,5	39,7	43,6	196	215
2001	230,5	44,2	44,2	192	192
2009	258,0	43,3	44,9	168	174

Vi har altså å gjøre med en årlig reduksjon i den temperaturkorrigerte energibruken per kvadratmeter på like over én prosent per år gjennom denne perioden. Reduksjonen i den faktiske energibruken framstår her som noe mindre enn i den temperaturkorrigerte, hvilket er motsatt det en skulle vente når en vet at åra på 2000-tallet fram til 2009 i gjennomsnitt var mildere enn på 1990-tallet. Selve året 1990 var imidlertid eksepsjonelt mildt, mens 2001 hadde helt normal temperatur og 2009 var bare litt mildere enn normalt.

Det vesentlige er imidlertid at vi har å gjøre med en betydelig reduksjon i energibruken per kvadratmeter, som bryter med den tilnærmede stabiliteten som kunne observeres i tidligere tiår, og som ikke bare skyldes klima

⁷ Kilde til kurvene 1950-1990 (1) er Bartlett (1993). Kurvene fra 1990-2009 (2) bygger på våre egne beregninger.

endringer, ettersom den temperaturkorrigerede energibruken også har falt betydelig. Vi kan oversette spørsmålet om hvordan *andre* direkte drivere har påvirket energibruken per person, til et spørsmål om hvordan de har påvirket energibruken per kvadratmeter boligareal.

Boligenes og boligarealets fordeling etter bygningstype

Boligmassens fordeling på bygningstype (eneboliger, rekkehus og andre sammenbygde boliger og blokker og lignende) påvirker under ellers like forhold energibehovet til oppvarming. Det blir størst i eneboliger og minst i blokkleiligheter fordi de første har hele omslutningsarealet eksponert mot luft eller mot bakken, de siste bare en mindre del. Virkningen på energibruken per kvadratmeter boligareal er likevel ikke entydig, fordi det i blokker dels finnes fellesareal som også krever energi – til belysning om ikke annet – og energibruk til funksjoner som sjeldnere forekommer i småhus, for eksempel mekanisk ventilasjon og heiser.

Fordelingen av *boligtallet* på bygningstyper er kjent fra folke- og boligtellinger, og for de seineste åra fra registerstatistikk. Data om *areal krysset med bygningstype* har vi bare fra FoB 2001 og fra registerstatistikken. Det er data på samme intervallnivå som for boliger under ett, hvilket vil si at gjennomsnittet innenfor hvert intervall må estimeres. Tabellene under viser hvordan andelen av boliger i ulike bygningstyper har utviklet seg fra 1960 til i 2009, og estimat for hvordan arealet fordelte seg i 2001 og 2009.

Tabell 9 *Boligenes fordeling på bygningstype. Prosent. Kilde: SSB, Folke- og boligtellinger samt registerbasert boligstatistikk for 2009.*

Bygningstype	Prosent av alle boliger					
	1960	1970	1980	1990	2001	2009
Enebolig, inkl. våningshus	46,2	54,7	59,1	58,1	57,1	52,7
Rekkehus, 2- og 4 mannsboliger m.v.	32,3	24,7	20,6	21,7	21,2	20,6
Leiligheter i blokk, næringsbygg m.v.	21,4	20,6	20,4	20,2	21,8	26,7

I tabell 10 under – for perioden 1990-2009 - er samme gjennomsnittsareal som i *Tabell 6* for boliger innenfor hvert størrelsesintervall benyttet både for eneboliger, rekkehus m.v. og blokker i 2001 og 2009.

Tabell 10 *Boligarealets fordeling på bygningstype. Prosent. Kilde for 2001 og 2009: Data fra FoB 2001 og registerbasert boligstatistikk for 2009, kombinert med anslag i tabell 4. Anslag for 1990 forutsetter samme forhold mellom gjennomsnittlig størrelse for boligtypene som i 2001.*

Bygningstype	Prosent av boligarealet		
	1990	2001	2009
Enebolig, inkl. våningshus	68,9	68,1	65,8
Rekkehus, 2- og 4-mannsboliger m.v.	18,7	18,4	18,7
Leiligheter i blokk, næringsbygg m.v.	12,4	13,5	15,5

Vi ser av de to tabellene over at andelen blokkleiligheter m.v. var svært stabil helt fra 1960 til 1990-tallet. Mellom 1960 og 1980 falt derimot andelen sammenbygde småhus til fordel for eneboliger. Det kan ha bidratt til å trekke energibruken oppover i den perioden, selv om effekten neppe har vært stor. Etter 1990, men først og fremst etter 2001, ser vi derimot at andelen eneboliger faller, mens andelen blokkleiligheter øker. Ser vi på publiserte tall fra SSBs undersøkelser av husholdningenes energibruk i 2004, 2006 og 2009, så skulle det siste tale for at endringen i boligmassens sammensetning har bidratt til å trekke energibruken *nedover*. Gjennomsnittlig energibruk i eneboliger var i 2004-2009 194 kWh/m²/år, i rekkehus m.v. 182 kWh/m²/år og i blokker 170 kWh/m²/år. Effekten av endringene fra 1990-2009 ut fra disse tallene blir likevel helt marginal: når blokker økte sin andel av boligarealet med tre prosentpoeng på bekostning av småhus, skulle det ha redusert energibruken per m² med mellom 0,3-0,4 % i perioden. Selv dette blir imidlertid tvilsomt om vi går lenger ned i materialet fra SSBs undersøkelser, og krysser data om energibruk per boligtype med data om boligens alder⁸. Det viser seg nemlig at energibruken i blokkleiligheter bygd etter 1997 var *høyere* enn i eneboliger fra samme periode (177 mot 167 kWh/m²). Det er dermed ikke klart at det at blokkleiligheter har økt sin andel av nybyggingen kraftig i denne perioden, overhodet har bidratt til nedgang i energibruken. En mulig forklaring på den ulike utviklinga for

⁸ Krysstabeller fra energiundersøkelsene i 2004, 2006 og 2009 er oversendt av Ann Christin Bøeng, SSB.

eneboliger og blokker kan være at strengere krav til klimaskall har fått større betydning for de førstnevnte, mens økt strømforbruk til vifter, pumper og andre fellesfunksjoner har trukket oppover for de sistnevnte. Disse spørsmålene kommer vi nærmere tilbake til nedenfor.

Det må legges til at forskjellene i energibruk per m² mellom eneboliger og blokker, eldre som nyere, heller ikke fullt ut gjenspeiler forskjellen i varmetekniske egenskaper, heller ikke om vi korrigerer for effekten av vifter og pumper m.v. i blokker. Folk bor noe tettere i blokkleiligheter – i 2001 bodde 15,8 % av folket i slike, mot 63,8 % i eneboliger. Sammenholdt med tallene i tabell 9 vil det si at det var 25 % flere personer på gitt areal i blokk som i enebolig. Fordi noe av energibruken – særlig av varmt vann, men også til en del elektriske apparat – er mer avhengig av antall personer enn boligens størrelse, trekker dette energibruken per m² i blokkleiligheter oppover. Effekten skal likevel ikke overdrives. Som vi skal se seinere, er om lag tre fjerdedeler av energibruken mer avhengig av boligens areal enn antall personer. 25 % forskjell i persontetthet burde da ikke gjøre større utslag enn ca. 6 % i energibruken per kvadratmeter. Vi tvinges til å lete videre etter vesentlige årsaker til at energibruken har gått ned.

3.3 Klimaskallenes tilstand

Den spesifikke energibruken til romoppvarming i hver bygningstype vil, om både ute- og innetemperatur er gitt, variere etter hvor godt isolerte og hvor tette bygningene er og etter omfanget av luftutskifting ved styrt ventilasjon. Varmetapet ved ventilasjon vil også avhenge av om noe av varmen i avtrekksluft gjenvinnes. Varmegjenvinning har likevel vært et unntak før 2009.

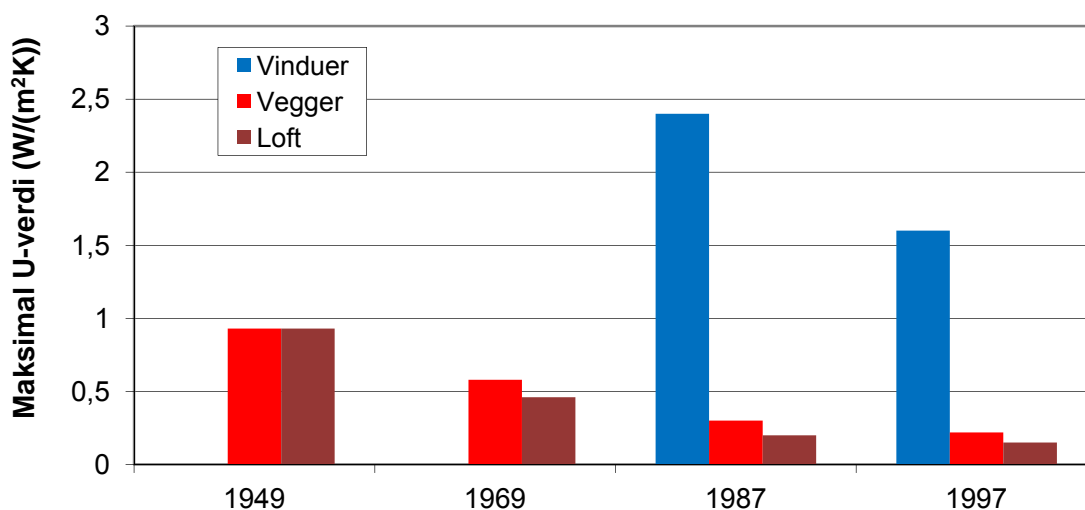
Varmetapet fra *nybygde* boliger er forsøkt regulert siden 1949, først gjennom forskrifter til Bygningslova av det året og seinere ved forskrifter til Plan- og bygningslova, som kom i første utgave i 1965. Suksessive nye bestemmelser har strammet til kravene, først til isolering (maksimalt transmisjonstap), seinere også men i mindre grad til tetthet. Endringene etter 1949 har kommet ved forskrifter av:

- 1969
- nye forskrifter av 1985 (revidert 1987)
- 1997
- 2007 (revidert 2010)

Etter hvert av disse årstalla (eller få år seinere avhengig av ikrafttredelsesdato og overgangsbestemmelser) bør på papiret de nye husa som ble oppført ha blitt mer energieffektive enn dem som ble oppført tidligere. Riving av deler av den eldste bestanden bør også ha bidratt til å øke den gjennomsnittlige energieffektiviteten.

Vi kan likevel ikke gå ut fra at de prosentvise reduksjonene i varmetap fra nye hus har vært identiske med dem som hadde fulgt av at de til enhver tid ble bygd nøyaktig etter forskriftenes minstekrav. På den ene sida kan feil ved prosjektering eller utførelse ha ført til at kravene ikke ble oppfylt. På den andre sida har det alltid vært lov å overoppfylle kravene. Det siste har nok skjedd i betydelig utstrekning i de første tiåra etter at energikrav ble innført. Kravene til veggens isolasjonsevne i Bygningslova av 1949 var for eksempel ikke strengere enn at de kunne oppfylles av uisolerte vegger i reisverk eller grovt bindingsverk (Multiconsult 2006). Kravene til loft kunne oppfylles med god margin av stubbloftsisolasjon med leire. Isolasjon med mineralull eller andre materialer ble imidlertid utbredt allerede fra 1950-tallet. 10 cm mineralull i veggene overoppfylte kravene som gjaldt på 1950- og 60-tallet med vid margin og var tilstrekkelig til å oppfylle kravene helt fram til 1985. Fra siste halvdel av 1970-ara ble det likevel vanlig med noe tykkere isolasjon. En betydelig del av bygningsmassen fra perioden 1950-1985 har nok allerede ved oppføringen vært bedre isolert enn reglene krevde.

Figuren nedenfor viser hvordan kravene til maksimale *varmegjennomgangskoeffisienter* (U-verdier) for forskjellige bygningsdeler i småhus ble strammet til fra 1949-97. Forskriftene av 1949 og 1969 satte noe forskjellige krav avhengig av klimasone, og dessuten strammere krav til trehus enn hus av betong- eller steinmateriale. Tallene for disse åra gjelder trehus i Oslo klima. Kravene til isolering av golv mot det fri har fra 1969 vært de samme som for loft. Forskriftene av 1949 stilte ingen egne krav til disse bygningsdelene (samme krav gjaldt for vegger, loft og golv under ett). Heller ikke forskriftene av 1969 stilte krav til vinduer. Forskriftene av 1987 og 1997 inneholdt åpning for å fravike kravene til noen bygningsdeler dersom dette ble kompensert ved å overoppfylle kravene til andre.



Figur 8 Utvikling i maksimalt tillatte U-verdier for ulike bygningsdeler (gjelder småhus av tre i Oslo klima for 1949 og 1969; kravene til andre bygg i samme klima var da svakere). Kilde: Multikonsult 2006.

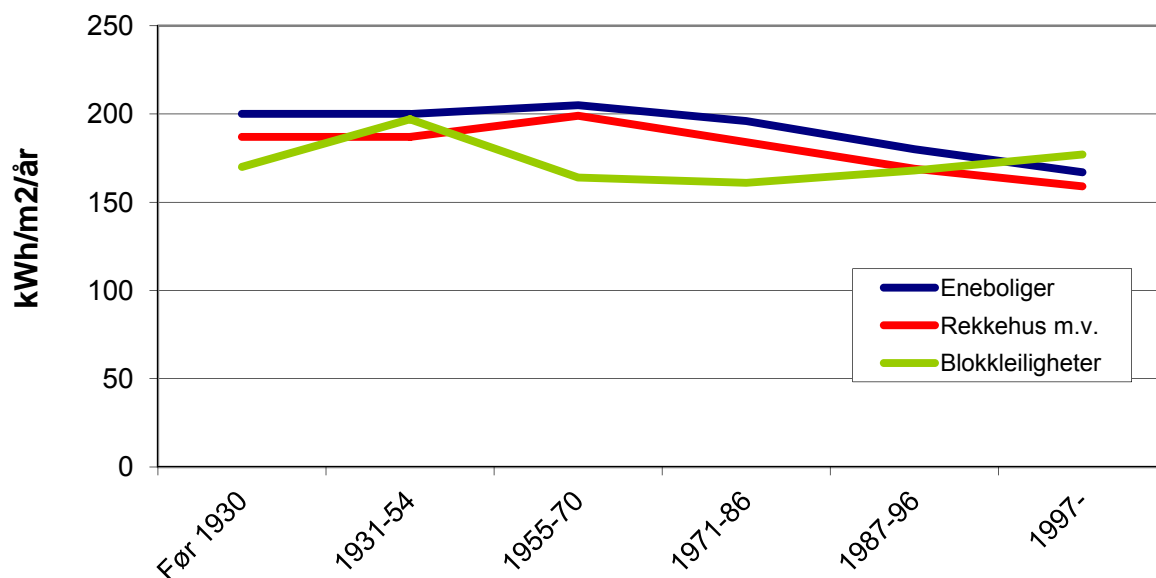
For utviklinga i energibruken etter 1990 har forskriftsendringene i 1985-87 og 1997 særlig interesse. Endringene av 2007 ble ikke gjort ubetinget gjeldende før i 2009 og har liten betydning for utviklinga 1990-2009. Dersom eldre boliger bare så vidt hadde oppfylt byggeforskriftene, ville forskriftsendringene av 1985-87 ha medført at varmetapet per m² fra bygninger fra etter denne tida ble drastisk redusert i forhold til det som fantes i den eldre boligmassen. Forskriftsendringene av 1997, inkludert kravene til tetting, skulle igjen ha medført at varmetapet i boliger fra etter dette året ble redusert med om lag en fjerdedel i forhold til det fra boliger bygd mellom 1987-1996. Varmetapet kan på papiret styre det meste av energibruken i norske boliger. Ikke bare den direkte energibruken til oppvarming, men også den delen av energibruken til elektriske apparat som utgjør nyttig spillvarme i fyringssesongen, bidrar til å dekke varmetapet. Til sammen utgjør energibruk til oppvarming og spillvarme om lag tre fjerdedeler av energibruken – noe vi kommer tilbake til.

Dersom alle dagens boliger hadde klimaskall som bare så vidt oppfylte kravene i forskrifter fra den tida da de ble oppført (og boligene fra før 1949 var enda dårligere enn dem fra den nærmeste tida etter), så skulle energibruken i boliger fra etter 1990 allerede av denne grunnen ha vært under halvparten av gjennomsnittet for den eldre bestanden. Slik er det imidlertid ikke, og det skyldes ikke bare at en del av de eldre boligene allerede på oppføringstidspunktet var bedre enn forskriftene krevde.

Den gjennomsnittlige energieffektiviteten påvirkes også av rehabiliteringer og inkrementelle bygningsmessige enøk-tiltak i den eksisterende boligbestanden. Når det gjelder blokker kan vi nok anta som hovedregel at rehabilitering av et omfang som gjør at den må oppfylle krav i de til hver tid gjeldende byggeforskriftene skjer med visse mellomrom, gjerne 25-40 år. Når det gjelder småhus er derimot totalrehabiliteringer sjeldnere. Oppgraderinger skjer oftest i form av inkrementelle enøk-tiltak (Kommunal- og regionaldepartementets arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg 2010). Vi har ingen direkte opplysninger om omfanget av slike, og heller ingen tidsserie med representative data som kan vise hvordan U-verdiene eller tettheten til forskjellige bygningsdeler i den eldre boligbestanden har endret seg over tid.

SSBs undersøkelser av energibruk i husholdningene viser hvordan energibruken per m² i undersøkelsesåret varierte mellom boliger av forskjellig alder og type. Figuren nedenfor er basert på bakgrunnstall fra undersøkelsene i 2004, 2006 og 2009, der kjennemerkene alder og boligtype er krysset, og resultatene fra de tre åra slått sammen for å få et mer robust utvalg. Resultatene er sikrest for eneboliger, der N (antall respondenter)=2.181 og varierer mellom 220 og 676 for de enkelte aldersklassene. For rekkehus m.v. (N=649) og blokkleiligheter (N=402) er usikkerheten noe større. I SSBs undersøkelser av energibruk i husholdningene spørres det ikke etter boligens bruksareal men etter "netto boligflate", uten oppbevaringsrom og lignende. Det gjør at tallene for spesifikk energibruk blir litt høyere enn dem vi får ved å dele energibruken på bruksareal. I gjennomsnitt for alle boliger i 2009-undersøkelsen er den spesifikke energibruken beregnet til 181 kWh/m², mens tallet vi fikk for hele boligmassen samme år, med bruksarealet som nevner, lå 7 % lavere (168 kWh/m², jf Tabell 8).

Det er tenkbart at den avvikende nevneren i undersøkelsene gir forskjellig utslag for boliger av forskjellig alder, men det gjennomsnittlige utslaget er såpass lite at mulige forskjeller neppe påvirker sammenligningen vesentlig.



Figur 9 Spesifikk energibruk (2004-2009) i boliger av forskjellig type⁹ etter byggeår. Kilde: Bakgrunnstall fra SSBs undersøkelser av energibruk i husholdningene.

Inndelingen i aldersklasser i figuren over er slik at vi skal kunne se den mulige resteffekten av forskriftsendringene i 1969, 1985-87 og 1997. Det er ikke lenger mulig å se noen vesentlig effekt av endringene i 1969. Husholdninger i eneboliger og rekkehus fra 1971-86 bruker riktignok litt mindre energi per m² enn dem i tilsvarende boliger fra perioden nærmest før, men ikke mindre enn dem som bor i enda eldre boliger. For blokkleiligheter er det omvendt – den spesifikke energibruken i dem fra 1971-86 er nesten identisk med den i blokkleiligheter fra 1955-70, men noe mindre enn i enda eldre leiligheter. Forholdet er desto mer overraskende når vi vet at elektrisk oppvarming er mer dominerende i boligene fra etter 1970 enn i de eldre, hvilket også skulle trekke energibruken nedover (mindre energitap fra ved- og oljefyring pga. ny og bedre teknologi).

Dersom det ikke er store forskjeller i bestanden av eller bruken av elektriske apparat og varmt vann mellom boligene fra før og etter 1970, står vi igjen med to mulige hovedforklaringer på at effekten av tilstrømmingen i byggeforskriftene fra 1969 knapt er synlig i dag. Den *ene* er at boligene fra 1970 og tidligere *i dag* har klimaskall som er like gode som i boligene fra 1971-86. Det kan enten fordi være fordi byggeforskriftene (om de overhodet fantes) ble overoppfylt i eldre boliger allerede ved oppføringstidspunktet, eller fordi det seinere er gjennomført bygningsmessige enøk-tiltak. Den *andre* mulige forklaringa er at folk som bor i eldre boliger delvis kompensere for dårligere klimaskall ved å holde lavere innetemperatur. Den muligheten kommer vi tilbake til senere, men det kan allerede her sies at vi vet nokså lite om forholdet. Det virker likevel usannsynlig ut fra figuren over at forskjellene i klimaskallenes tilstand mellom boliger i de ulike aldersklassene fra før 1987 innbyrdes kan være svært store i dag.

Virkningene av forskriftsendringene i 1987 og 1997 er lettere å se, vel å merke når det gjelder småhus. Det gjelder ikke for blokker (se tabell 11). Tallene i tredje siste kolonne i tabell 11 kan gi et noe for svakt inntrykk av hvordan forskriftsendringene i 1985-87 virket på den standarden småhus fikk ved oppføringen. Om det seinere er utført bygningsmessige enøk-tiltak på mange av boligene fra 1970-åra, så har disse i dag en høyere standard enn de hadde ved oppføringen. Om det (ennå) ikke er utført nye tiltak på mange av boligene fra etter 1987, så må vi derimot vente at deres standard ligger nærmere minimumskravet da de ble oppført. Men om det siste er riktig, dvs. at verken boligene fra 1987-96 eller de fra 1997 ennå er særlig påvirket av oppgraderinger, så bør tallene i *nest siste* kolonne gi et bedre uttrykk for virkingen av forskriftsendringene *i 1997*. Det forutsetter at det ikke er

⁹ Eneboliger inkluderer våningshus, rekkehus m.v. inkluderer 2- og 4-mannsboliger og andre sammenbygde småhus, blokkleiligheter inkluderer leiligheter i bygårder og næringsbygg.

store atferdsbestemte forskjeller i energibruk mellom dem som bor i boliger fra 1987-96 og i boliger fra 1997 og seinere. Om disse forutsetningene holder, så må det sies å være overraskende *liten* forskjell mellom energibruken i småhusa fra før og etter 1997. På papiret burde forskriftsendringene det året ha redusert den *samlede* energibruken i nye småhus med 15-20 % i forhold til småhus fra perioden før, avhengig av hva vi tror om andelen av energibruken som går til elektriske apparat og varmt vann og om andelen av spillvarmen fra denne energibruken som gir et nyttig oppvarmingsbidrag. Den observerte reduksjonen er altså langt mindre.

Tabell 11 Gjennomsnittlig spesifikk energibruk (2004-2009) i boliger fra 1971-86, 1987-96 samt 1997 og seinere, og prosentvise forskjeller. Kilde: SSB, bakgrunnstall fra undersøkelsene av energibruk i husholdningene 2004, 2006 og 2009.

Bygningstype	Energibruk, kWh/m ² /år i boliger			Prosentvis forskjell		
	1971-86	1987-96	1997-	1987-96 vs. 1971-86	1997- vs. 1987-96	1997- vs. 1971-86
Eneboliger	196	180	167	-8 %	-8 %	-15 %
Rekkehus m.v.	184	169	159	-8 %	-6 %	-14 %
Blokker	161	168	177	+5 %	+5 %	+10 %

Viktige spørsmål i forhold til det bildet som framkommer av tabellen over er: Holdes det høyere innetemperatur i husa fra etter 1997? Er antakelsen om at det ennå ikke er gjort bygningsmessig enøk-tiltak på mange av boligene fra 1987-96 feil? Er byggeforskriftenes krav, i gjennomsnitt for alle nye boliger, overopplyst mellom 1987-96 og/eller ikke oppfylt etter 1997? (Det siste er tenkbart, selv om SINTEF har funnet at den observerte energibruken i småhus fra etter 1997 stemmer godt med teoretiske beregninger ut fra TEK-97 (Wigenstad og Thyholt 2005)). Det kan nemlig tenkes at energibruken til elektriske apparat og varmt vann er mindre i virkeligheten enn det beregningene i samsvar med NS 3031 legger til grunn (noe vi kommer tilbake til senere). I så fall blir energibruken til oppvarming større. Dessverre har vi ikke data som gjør det mulig å avgjøre spørsmålene ovenfor direkte. Vi må holde flere muligheter åpne, og kommer tilbake til disse senere.

Når det gjelder blokker er energibruken ifølge SSBs undersøkelser *høyere* i de yngste aldersklassene enn i blokker fra 1971-86. Her er observasjonene særlig få (N=30) for perioden 1987-96, da det ble bygd få nye blokker i Norge, men vi har N=102 for blokker bygd mellom 1971-86 og N=78 for blokker bygd i 1997 og seinere. Energibruken i blokker fra 1997 og seinere ligger også betydelig over den som er beregnet av Wigenstad og Thyholt (2005) for blokker bygd i henhold til TEK-97, nemlig 149 kWh/m²/år. Igjen er flere delforklaringer tenkbare, men i dette tilfellet kan det være særlig nærliggende å mistenke at forbruk til vifter, pumper og andre fellesfunksjoner er høyere i de nyeste blokkene. Dette kommer vi tilbake til senere.

Vi kan grovt beregne den partielle virkningen som nybygging etter 1990 har hatt på den gjennomsnittlige energibruken per m² i hele boligmassen, ut fra tallene i *Tabell 11* kombinert med tall fra kapitlet om arealtall og fra Byggearealstatistikken til SSB. Som det framgår av *Figur 8*, avviker energibruken per m² i boliger bygd mellom 1971-86 lite fra den i et gjennomsnitt av alle boliger fra før 1986. Effekten av nybygging etter 1987 på den gjennomsnittlige energibruken i hele boligmassen er derfor nesten lik den vi får ved å la perioden 1971-86 representere hele den eldre boligmassen. Det er ifølge SSBs Byggearealstatistikk fullført knapt 56 millioner m² nytt boligareal i åra 1991-2009. Dette er 22 % av det bebodde boligarealet som fantes ved utgangen av 2009, om vi for enkelthets skyld antar at alle de nyeste boligene var bebodd. SSBs tall for nybygging kan omtrentlig, men ikke nøyaktig, fordeles mellom eneboliger, rekkehus m.v. og blokker. At de ikke kan fordeles nøyaktig skyldes dels at SSB grupperer boligtyper noe annerledes f.o.m. 2000 enn tidligere, og dels at SSBs tall fra før 2000 inkluderer en egen kategori for tilbygginger, som ikke er fordelt på boligtype, samt en liten men uspesifisert gruppe "andre boliger".

Tabell 12 på neste side gir anslag på hvordan nybyggingen har fordelt seg på perioder og boligtyper. Her er halve nybyggingen i 1990 inkludert i perioden 1990-96 og halve nybyggingen i 2009 er inkludert i perioden 1997-2009. Dette fordi nivåtallene for 1990 og 2009 gjelder midt i året. Grunnet avrundingsfeil summerer de fire første tallene i siste rad bare til 257,8. Spørsmålsteget i 4. tallkolonne indikerer at de tallene vi får ved å trekke tallene i de tre første kolonnene fra tallet i femte, ikke nødvendigvis er sannsynlige nettoresultat av riving og overganger mellom kategoriene bebodde og ubebodde boliger. Det er mindre usikkerheter både i arealets fordeling på boligtyper i 1990 og i fordelingen av byggearealet mellom 1990-1999. Disse er likevel for små til å ha vesentlig betydning for drøftingen som følger.

Tabell 12 Anslag for endringer i boligarealet fordelt på bygningstype, 1990-2009. Mill. m² (jfr. Tabell 8). Kilde til nybygging: SSB, Byggearealstatistikk*. Areal i 1990 og 2009 fordelt etter Tabell 10.

Boligtype	Areal 1990	Bygd 1990-96	Bygd 1997-2009	Netto andre endringer** 1990-2009	Areal 2009
Eneboliger	139,5	10,9	19,9	?	169,8
Rekkehus m.v.	37,9	3,8	7,6	?	48,2
Blokker	25,1	2,0	11,2	?	40,0
SUM	202,5	16,7	38,7	-0,1	258,0

* Til- og påbygg og "andre boliger" i statistikken fram til 1999 er proporsjonalfordelt. ** Vi har før anslått riving i perioden til 4,5 mill. m² og netto tilgang av boliger som endret status fra ubebodde til bebodde til 4,4 mill. m².

Fra Tabell 11 har vi tall som viser hvordan den spesifikke energibruken i boliger bygd mellom 1987-96 og etter 1997 avviker fra den i den eldre boligmassen. Kombinerer vi disse tallene med dem i tabellen over, kan vi anslå hvor mye nybyggingen siden 1990 har bidratt til å redusere den spesifikke energibruken. For eksempel utgjorde eneboliger bygd fra 1990-96 ifølge tabellen 6,4 % av hele massen av eneboliger i 2009, og brukte 8 % mindre energi per m² enn den eldre massen av eneboliger. De trakk da den spesifikke energibruken i hele massen av eneboliger ned med 0,51 %, i forhold til situasjonen om de ikke hadde vært mer energieffektive enn boliger fra før 1987.

Tabell 13 Anslag for prosentvise bidrag til redusert energibruk per m² av hele boligmassen fra nybygde boliger 1990-2009. Kilde: Beregnet fra Tabell 11 og Tabell 12.

Boligtype	Boliger bygd 1990-96	Boliger bygd 1997-2009	Sum
Eneboliger	0,51	1,76	2,27
Rekkehus m.v.	0,63	2,21	2,84
Blokker	-0,25	-2,80	-3,05
Gjennomsnitt (vektet*)			1,55

* Vektet etter bygningstypenes andeler av boligmassen i 2009.

Dersom tallene i Tabell 11 skulle ha gjenspeilet virkeligheten, så måtte nybyggingen ha bidratt forholdsvis beskjedent til reduksjonen i spesifikk energibruk etter 1990. Tallene i Tabell 12 inneholder som nevnt noen usikkerheter, men de er størst for fordelingen av byggearealet mellom 1990-96, som påvirker resultatet minst. Usikkerheten for summen av nybygd areal bør være liten. Om nybyggingen etter 1990 har trukket den gjennomsnittlige spesifikke energibruken i hele boligmassen ned med 1,55 % i forhold til nivået det ellers hadde hatt i 2009, blir utslaget på mindre enn 3 kWh/m². At det ikke er større – i alle fall ikke vesentlig større – er et kombinert resultat av at det bare er vel en femtedel av boligmassen som er bygd etter 1990, og det Figur 9 og Tabell 11 viser. Selv om nye tekniske forskrifter i 1987 og 1997 medførte langt strammere energikrav enn tidligere forskrifter, synes forbedringen i forhold til den eldre boligmassenes nåværende energitilstand å være mindre. Riving kan ut fra vårt anslag ha bidratt enda mindre til å redusere den spesifikke energibruken. Selv om de boligene som er revet hadde en spesifikk energibruk som lå 25 % høyere enn gjennomsnittet av boliger anno 1990 ifølge Tabell 8, så har det å fjerne dem fra boligmassen bare redusert den gjennomsnittlige spesifikke energibruken med knapt 0,5 % eller under 1 kWh/m²/år. I virkeligheten vet vi ikke noe om nivået på energibruken i hus som er revet. En del av rivingen skyldes brann, andre ulykker eller ekspropriasjon i forbindelse med utbyggingsprosjekt, årsaker slett ikke bare rammer de eldste eller dårligste boligene.

Det er mulig – for ikke å si direkte sannsynlig – at oppgradering av eksisterende boliger har bidratt mer til å redusere den spesifikke energibruken etter 1990 enn summen av nybygging og riving. I denne sammenhengen er det neppe totalrehabiliteringer i blokkbebyggelse som har betydd mest. Blokker eldre enn 1990 utgjorde ca. 10 % av boligmassen i 2009. Om halvparten av disse er rehabilitert i perioden utgjør det 5 %. Men når Tabell 11 indikerer at de nyeste blokkene har en høyere spesifikk energibruk enn dem fra tidligere perioder, må vi også sette spørsmålsteget ved resultatet ved rehabiliteringer. Trekker nye tekniske installasjoner i slike tilfeller mye av den energien en sparer ved bedre tetting og isolasjon?

Det største bidraget til forbedring av klimaskallenes gjennomsnittlige tilstand etter 1990 kan ha kommet fra inkrementelle enøk-tiltak i småhus. Om omfanget av disse har vi altså ingen presise data. Effekten av slike

utbedringer må behandles som en mulig restforkaring på endringene i spesifikk energibruk til oppvarming. Dette kommer vi tilbake til i den avsluttende drøftingen av resultatene.

3.4 Innetemperatur

Vi vet *lite* om hvordan temperaturene i norske boliger har utviklet seg siden 1990. SSBs Energiundersøkelse 1990 (Ljones m.fl. 1992) inneholdt spørsmål om hvilken temperatur folk hadde i oppholdsrom, på soverom og på bad, men resultatene er ikke gjengitt i rapporten. Bartlett (1993), som må ha hatt tilgang til bakgrunns materialet, opplyser derimot at den gjennomsnittlige rapporterte temperaturen i oppholdsrom var 21,5° C. Det forteller imidlertid ikke noe om hvor mange som bare varmet opp ett rom til slik temperatur og hvor mange som hadde den temperaturen i hele huset.

Et vel så interessant funn hos Ljones m.fl. (1992) var at den forventede negative samvariasjonen mellom isolasjonsstandard og energibruk per m² var svak eller fraværende. De som hadde isolasjon både i vegger, golv og tak (N=702) brukte i gjennomsnitt 219 kWh/m²; de som hadde isolasjon bare på 2, 1 eller 0 av disse stedene (N=317) brukte 240 kWh/m². De som brukte desidert minst energi per m² var samtidig 0-gruppen, altså de som verken hadde isolasjon i golv, vegger eller tak (N=18, 131 kWh/m²). Det kan bare tolkes – som forfatterne også gjør – slik at folk i dårlig isolerte hus varmet opp til lavere temperatur, eller varmet opp færre rom, enn folk i velisolerte hus. Samme tendens er funnet i svenske undersøkelser fra 1991/92 og 2007/08 som omfattet direkte målinger av temperaturen i boligene, selv om den ikke var særlig sterk i det svenske materialet (Boverket 2010). Det var en differanse på 1,1° C mellom de eldste og de nyeste småhusa i den siste svenske undersøkelsen. Betydningen av funnet til Ljones m.fl. (1992) er imidlertid at vi må anta at det ennå i 1990 fantes et latent potensial for temperaturheving i eldre boliger dersom de ble bedre isolert, som mange av dem utvilsomt seinere har blitt. Den gjennomsnittlige isolasjonsstandarden for boligmassen som helhet er dessuten økt ved de nye boligene som har kommet til i perioden.

At et potensial for temperaturheving ikke bare fantes i 1990, men ennå fantes i 2009, indikerer resultatene fra SSBs undersøkelse om energibruk i husholdningene det året. Der svarte 25 % av dem som hadde installert varmepumpe at de derpå hadde økt innetemperaturen, og 33 % at de varmet opp flere rom enn før. Gruppene overlapper, men det blir en meget betydelig andel som hadde gjort det ene og/eller det andre og dermed økt den *gjennomsnittlige* innetemperaturen.

Flere holdepunkter for utviklinga i innetemperatur har vi ikke funnet. Det er likevel sannsynlig at den i gjennomsnitt har økt noe og ikke falt etter 1990. Det betyr i så fall at vår utfordring med å forklare fallet i energibruk per kvadratmeter blir større. Sagt på en annen måte, så kan den blå kurven i figur 3 tenkes å nærme seg den røde om vi korrigerer både for inne- og utetemperatur. Har begge økt like mye, er vi akkurat like langt; da må andre faktorer enn temperaturendring forklare hele nedgangen i energibruk. Har innetemperaturen i fyringssesongen bare økt med 1° C, så tilsvarer det hele avviket mellom normal og faktisk utetemperatur i 2009.

Om innetemperaturen har fortsatt å øke etter 1990, betyr det paradoksalt nok likevel ikke at utviklinga i denne perioden ikke kan ha bidratt til at husholdningenes energibruk har tatt en ny vending. Det kan være at den har økt *i langsommere takt* enn på 1960-, 70- og 80-tallet, altså at det er tendenser til metning selv om metning ennå ikke er nådd. Også dette kan bare bli spekulasjon. Det er aldri foretatt temperaturmålinger i et representativt utvalg av norske boliger, og forsømmelsen er uopprettelig, ettersom ingen lenger kan reise tilbake til 1990 eller 1960 med termometre i hånd.

3.5 Energibruk til varmt vann

Energibruken til vannoppvarming ble av Ljones m.fl. (2002) anslått til 18 % av husholdningenes totale energibruk i 2000. Magnussen m.fl. (2011) anslår det til ca. 10-15 % i 2009, uten at dette framstilles som uttrykk for noen oppfatning om faktisk endring siden 2000. 10-15 % av gjennomsnittshusholdningens årlige energibruk i boligen vil si 2.000-3.000 kWh/år. NS 3031 (2007) setter 30 kWh/m²/år som norm for energibruk til vannoppvarming i nye hus, en norm som er uendret fra den av 1997. Med en gjennomsnittlig boligstørrelse på 120 m² tilsvarer det 3.600 kWh/år.

Målinger som ble foretatt i Norge i 2006-7 som ledd i det europeiske REMODECE-prosjektet (Grinden og Feilberg 2009) viste en gjennomsnittlig energibruk på 2.612 kWh til varmtvannsberederen i husholdninger på 1-2 personer som hadde slike, og 3.947 kWh i husholdninger med flere enn to personer. Veid etter antall husholdninger i hver

av gruppene i totalbefolkningen i 2007 blir det 3.066 kWh¹⁰. De som ikke hadde bereder må i all hovedsak antas å være husholdninger i blokk med felles varmtvannsforsyning, som naturligvis også krevde energi.

Vi har ingen egentlige empiriske holdepunkt utenom målingene i REMODECE, som for varmtvannsberederes del bare omfattet 26 husholdninger. Vi legger her til grunn at gjennomsnittshusholdningen på slutten av perioden vi betrakter (2009) brukte 3000 kWh, eller 24 kWh/m², årlig på vannoppvarming. Zimmermann (2009) fant riktignok et noe lavere tall i Sverige (2.269 kWh/år for husholdninger i enebolig; intet gjennomsnitt er oppgitt for leiligheter, der de fleste i Sverige har fjernvarme).

For å vurdere om og hvordan energibruken til varmt vann kan ha endret seg over tid, er det først viktig å dekomponere det. Energibruken til vannoppvarming i boligene består av (a) varmetap fra berederne til luft, og (b) den energien som faktisk blir igjen i vannet som forlater berederen. (a) avhenger mest av tekniske forhold, fremst av hvor godt isolert berederen er, men også av hvor den plasseres, samt av temperaturinnstillingen. (b) styres i all hovedsak av hvor mye og hvor varmt vann husholdningen bruker, selv om et teknisk forhold spiller en viss rolle også her, nemlig hvor lange og hvor godt isolerte rørene er. Er varmetapet i rørene stort, må mer varmt vann forlate berederen for at blandebatteriet skal avgi en gitt mengde vann ved ønsket temperatur. (Systemets effektivitet kan ellers økes betraktelig ved å installere varmegjenvinner på avløpsrøret, men den teknologien har ennå neglisjerbar utbredelse i Norge og har følgelig ikke påvirket energibruken til nå.)

Her må vi forenkle og fokusere på de to forholdene som teller mest, nemlig beredernes effektivitet som styrende for varmetapet til luft, og forbruket av varmt vann.

Vi kan med god tilnærming regne med at hver husholdning, bortsett fra noen av dem i blokk, i perioden etter 1990 har én og bare én bereder. Vi gjør her ikke særskilte beregninger for husholdninger med felles bereder, men antar at utviklinga for deres del har fulgt den for øvrige husholdninger. Tallet på beredere følger da tallet på boliger. Det kan tenkes at mindre husholdninger i gjennomsnitt har mindre beredere enn store husholdninger, men tendensen er neppe sterk. Selv om små beredere har mindre varmetap enn store, er tapet heller ikke proporsjonalt mindre. Vi gjør derfor den forenklingen å anta at hver husholdning etter 1990 har hatt én 200 l bereder. Varmetapet per m² boligareal har i så fall sunket ettersom det gjennomsnittlige arealet per bolig har økt (en nokså svak effekt etter 1990) og ellers vært avhengig av utviklinga i beredernes energieffektivitet.

Ifølge opplysning fra Oso Hotwater¹¹ hadde 200 l-berederne som de produserte omkring 1990 et varmetap på ca. 3,3 kWh/dag (1200 kWh/år) dersom alt vannet de inneholdt var varmt. Dette varmetapet var ikke vesentlig endret siden tidlig på 1970-tallet, da isolasjonstykkelsen ble økt. I 2004 introduserte Oso beredere med skumisolasjon i stedet for mineralull. Den markedsledende 200 l-berederen i dag har et varmetap på 1,9 kWh/dag (694 kWh/år). Den andre store produsenten av beredere i Norge, Høiax, oppgir tapet fra sine 200 l-beredere i dag til <70 W (høyst 1,68 kWh/dag eller 613 kWh/år). Høiax introduserte skumisolerte beredere av denne størrelsen i 2004-2005, altså samtidig med Oso. Før dette opplyser foretaket at tapet hadde ligget stort sett uendret på 110 ± 10 W (963 ± 96 kWh/år) siden ca. 1970, da berederne fikk nytt isolasjonsmateriale og doblet isolasjonstykkelse¹². Det er altså i store trekk en parallell utvikling de to foretakene melder om, selv om Høiax oppgir litt lavere tap både før og etter 2004 enn Oso.

Ennå i 2009 kan bare en mindre del av boligene ha hatt skumisolerte beredere. Alene hadde disse neppe rullet å redusere det gjennomsnittlige varmetapet i bestanden av beredere med mer enn 10 %. På den andre sida har bestanden av beredere i 1990 ennå inkludert en del modeller fra tidlig 1970-tall og eldre, hvorav de fleste må antas å ha blitt skiftet ut innen 2009.

Det faktiske varmetapet vil være noe mindre enn oppgitt i spesifikasjonene når berederne er i bruk, og etterfylles med kaldt vann. Vi anslår her at det faktiske varmetapet per 200 l-bereder i 1990 var ca. 1000 kWh/år, og at tallet kan ha blitt redusert med 20 % fram til 2009. Det blir i så fall en reduksjon i varmetap per enhet boligareal fra 8,6 til 6,7 kWh/m²/år.

Viktigere enn beredernes effektivitet er altså forbruket av varmt vann. Om varmetapet per bereder er 800 kWh/år og berederne krever 3.000 kWh/år i alt vil det si at 2.200 kWh/år av forbruket finnes igjen i det varme vannet som tappes. Dette må antas å variere ikke primært med antall husholdninger, men med antall personer. Det er personer enkeltvis som dusjer eller vasker seg, sjelden hele familien under samme vannstråle. Der oppvasken gjøres manuelt med vann fra berederen, øker trolig også antall kopper noenlunde proporsjonalt med antall

¹⁰ Grinden og Feilberg får ved egen stratifisering et gjennomsnitt på 2.987 kWh/husholdning, men tallet blir litt høyere om en legger forholdet mellom husholdninger på 1-2 og 3+ personer i SSBs statistikk over husholdninger i 2007 til grunn.

¹¹ Bjørn Flata, Oso Hotwater (pers. medd.)

¹² Per Juliussen, Høiax (pers. medd.)

personer. Det var 2,24 personer i en gjennomsnittlig norsk husholdning i 2009, så den personavhengige delen av energibruken til vannoppvarming var ut fra våre anslag svært nær 1.000 kWh/år.

Dersom hver person har brukt like mye varmt vann i hele perioden etter 1990, så vil dette i seg selv ifølge tallene for boligareal per person i tabell 7 ha ført til at energibruken til egentlig vannoppvarming *per m² boligareal* har falt med 10 % fra 1990-2009.

Det større spørsmålet er om forbruket av varmt vann per person har endret seg vesentlig etter 1990. Det vet vi ikke. Vi kan være nokså sikre på at det økte betydelig i perioden fra 1960 til 1990, og at dette bidro til økningen i husholdningenes energibruk i den perioden. Ennå i 1960 var det bare 47 % av folket som bodde i boliger med eget bad, ifølge Folke- og boligtellingsen for det året. Ifølge FoB 1990 bodde over 97 % av befolkningen da i boliger med eget bad og/eller dusj. (Dusj er ikke spesifisert i FoB 1960, men antas å være medregnet som bad i den grad det fantes husholdninger med dusj uten badekar. Det var sjeldnere på dette tidspunktet.) Sannsynligvis skjedde også mellom 1960-90 en endring i hygienevaner som innebar at folk kom til å bade/dusje hyppigere (selv om de fra før hadde eget bad), men også en overgang fra karbad til dusj. Nettoeffekten av de siste tendensene kan vi ikke være sikre på, men effekten av at andelen med eget bad ble fordoblet er utvilsom. Som tallene viser, var den effekten oppbrukt omkring 1990, noe som isolert sett har bidratt til utflating i varmtvannsforbruket per person.

Om det også etter 1990 har skjedd vesentlige endringer i hyppigheten av bading eller frekvensen av karbad vs. dusj vet vi ikke. Derimot er det to andre forhold som kan ha bidratt til å *redusere* forbruket av varmt vann etter 1990. Den første er økende utbredelse av oppvaskmaskiner, som varmer opp vannet selv. Ifølge SSBs Forbruksundersøkelser økte andelen av husholdninger med oppvaskmaskin fra 6 % i 1974-76 til 37 % i 1989-91 og 75 % i 2007-2009¹³. Dette er altså en effekt som har gjort seg noenlunde like sterkt gjeldende fra 1970-90 som fra 1990-2009, og bidrar altså ikke til å forklare noe trendbrudd mellom de to periodene, men kanskje til å forklare en netto reduksjon i varmtvannsforbruket per person etter 1990. Det andre og trolig viktigere forholdet er utbredelsen av sparedusjer. Disse begynte å få betydning nettopp omkring 1990. Ifølge en undersøkelse utført for Enova i 2008 hadde 50 % av husholdningene da installert sparedusj¹⁴. Dersom 60 % av varmtvannsforbruket omkring 1990 gikk med til dusjing – et usikkert men ikke usannsynlig anslag – og sparedusjene har halvert varmtvannsforbruket per dusj, hvilket er realistisk dersom de ikke fører til at det brukes lengre tid per dusj, så kan dette alene ha redusert varmtvannsforbruket per person med 15 % ($60\% \cdot 0,5 \cdot 0,5$). - Om 10 % av varmtvannsforbruket i husholdninger som utfører oppvasken manuelt går med til dette (et enda mer hypotetisk tall) bør den økte utbredelsen av oppvaskmaskiner mellom 1990 og 2009 ha redusert varmtvannsforbruket per person i hele befolkningen med nærmere 4 %.

Skulle disse tallene stemme, og bruken av varmtvann per person til andre formål (vask i servant, karbad, reingjøring, matlaging) ha vært konstant, ville det bety at varmtvannsforbruket per person i 2009 var 81 % av det i 1990. Ifølge tabell 6 ville et konstant forbruk per person bety 12 % mindre forbruk per kvadratmeter bolig i 2009 enn i 1990. blir forbruket per kvadratmeter i 2009 som andel av det i 1990 da lik $0,81 \cdot 0,9 = 0,73$. Tabell 14 under viser hvilket resultat vi får om vi forutsetter en slik reduksjon i varmtvannsforbruket per person (høyt alternativ for 1990) og om vi forutsetter at dette forbruket har vært konstant (lavt alternativ for 1990). Tallene illustrerer at redusert forbruk til varmtvannsberedere *kan* være en viktig del av forklaringen på at den spesifikke energibruken i norske boliger har falt etter 1990. Med utgangspunkt i det høye alternativet for 1990 blir reduksjonen i energibruk $8,9 \text{ kWh/m}^2$, hvilket er vel en femtedel av den reduksjonen vi har å forklare.

Tabell 14 Mulig utvikling i energibruk til vannoppvarming, kWh/år

År	Beredertap, per husholdning	Beredertap, per m ²	Energi i oppvarmet vann		Energi i oppvarmet vann, per m ²	Sum per m ²
			Per person	Per husholdning		
1990, høyt	1 000	8,6	1 235	2 960	25,4	34,0
1990, lavt	1 000	8,6	1 000	2 400	20,6	29,2
2009	800	6,7	1 000	2 200	18,4	25,1

¹³ SSB, Stistatistikbanken, tabell 05066,

http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?Productid=05.02&PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tllside=selecttable/MenuSelP.asp&SubjectCode=05

¹⁴ <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3545>

3.6 Energibruk til belysning og elektriske apparat

Den el-spesifikke energibruken i boligene kan hensiktsmessig deles i fire: belysning, hvitevarer, elektronikk og diverse småapparat; og strøm til tekniske driftsfunksjoner som ventilasjon, sirkulasjonspumper og heiser.

Forholdene som driver energibruken til hver av disse kategoriene er noe forskjellige. Vår kunnskap om disse forholdene og vår mulighet til å anslå hvordan energibruken kan ha utviklet seg etter 1990 er ellers bedre når det gjelder a) og b) enn når det gjelder c), som er et langt mer uoversiktlig felt, i stadig og hurtig endring. I tillegg til de tre første kategoriene kommer strøm til tekniske driftsfunksjoner som ventilasjon, sirkulasjonspumper og heiser, noe som hovedsakelig men ikke utelukkende gjelder blokker.

Belysning

Den årlige energibruken til belysning kan dekomponeres som: Antall lyskilder x gjennomsnittlig effekt per lyskilde x gjennomsnittlig brukstid. Det er rimelig å tro at antallet lyskilder først og fremst varierer med boligarealet.

Dersom den gjennomsnittlige brukstida for disse lyskildene er konstant, vil energibruken til belysning ellers være avhengig av effekten per lyskilde, som langt på veg kan oversettes til et spørsmål om teknologi. Nå er det ikke sikkert at brukstida per lyskilde er konstant – det kan for eksempel tenkes at den synker med synkende persontetthet i boligene, slik at det i en bolig av gitt størrelse der det bare bor én person, vil være en mindre andel av lampene som er tent enn i en like stor bolig der det bor flere. I så fall kan energibruken til belysning være mer avhengig av antall personer enn antall kvadratmeter. Hvorvidt en slik effekt faktisk gjør seg gjeldende under norske forhold vet vi imidlertid ikke noe om, og vil derfor ikke regne med den.

Så vidt vites er bestanden av lyskilder i norske boliger kartlagt bare gjennom to utvalgsundersøkelser. Den første var en tilleggsundersøkelse til Statistisk sentralbyrås Forbruksundersøkelse 2001, som viste et gjennomsnitt på 34,1 lyskilder per bolig. Den andre var den norske delen av det europeiske REMODECE-prosjektet (Grinden og Feilberg 2009), som viste et gjennomsnitt på 33,9 lyskilder i 2006-7. Det er altså god overensstemmelse mellom de to kildene. Går vi ut fra et gjennomsnitt på 34 lyskilder i 2009 blir det 0,28 per m² boligareal. I REMODECE-prosjektet ble også lyskildenes effekt kartlagt. Den er vist i tabell 15 under.

Tabell 15 Antall lyskilder av ulike typer og deres gjennomsnittlige effekt, blant husholdninger som inngikk i den norske REMODECE-undersøkelsen (2006-2007).

Lyskilder	Antall lyskilder	Snitt effekt (W)	Sum effekt (W)
I oppholdsrom:			
Glødepærer	5,5	51	280,5
Halogen, lav effekt	3,4	21	71,4
Halogen, høy effekt	0,3	255	76,5
Lysrør	0,2	18	3,6
Sparepærer	1	13	13
I andre rom:			
Glødepærer	8,6	52	447,2
Halogen, lav effekt	7,2	34	244,8
Halogen, høy effekt	0,2	160	32
Lysrør	4	35	140
Sparepærer	3,5	11	38,5
Sum alle lyskilder	33,9	39,8	1 347,5

Resultatene kan sammenlignes med dem fra en nesten samtidig svensk undersøkelse (Zimmermann 2009).

Denne viste en gjennomsnittlig installert belysningseffekt på 829 W i blokkleiligheter og 1618 W i småhus, hvilket – veidd etter forholdet mellom blokkleilighet og småhus i Norge – hadde gitt et gjennomsnitt på ca. 1.450 W. Det er altså nokså likt.

Dersom det er riktig at norske husholdninger i 2009 hadde 0,28 lyskilder/m² og om disse hadde en gjennomsnittlig effekt på 39 W (vi antar at det var en svak økning i utbredelsen av sparepærer mellom 2006/7 og 2009), tilsvarer det en installert effekt på 11 W/m². Det er sannsynlig at den gjennomsnittlige effekten per lyskilde har falt noe i tida etter 1990, ettersom både halogen- og sparepærer har blitt vanligere på bekostning av glødepærer. Fra og med 2010 har denne utviklinga gått svært fort ettersom glødepærer med suksessivt lavere wattstyrke er blitt forbudt. Første utfasingstrinn kom 1.9.2009 og rammet bare pærer på 100 W og mer, så det har

ikke hatt vesentlig brydning for forbruket i 2009. Gitt at langt de fleste av lyskildene utenom lysrør var glødepærer i 1990, er det ikke usannsynlig at gjennomsnittseffekten per lyskilde da var ca. 25 % høyere enn i 2009, eller ~48 W.

Om brukstida for lyskildene er det så vidt vites bare én kilde som gir en empirisk basert opplysning, nemlig Grinden og Feilberg (2009). Basert på målinger i 72 boliger anslår de det gjennomsnittlige strømforbruket per husholdning til 1000 kWh/år. Om den installerte effekten i boligene der det ble målt tilsvarte gjennomsnittet for alle boligene i samme studie innebærer det at lyskildene (i effektveid gjennomsnitt) var tent 8,5 % av tida eller 2,03 timer per dag. Et forbruk på 1000 kWh/år tilsvarer 8,3 kWh/m²/år ved den gjennomsnittlige boligstørrelsen i 2009. Grinden og Feilberg (2009) framhever imidlertid at det er betydelig usikkerhet knyttet til deres beregninger for strømforbruk til belysning, der målingene fremst er foretatt på lyskilder i oppholdsrom og på få i hvert hus. Svenske og særlig danske undersøkelser tyder på at brukstid og/eller strømforbruk i nabolanda er betydelig lavere enn dette. Zimmermann (2009) fant at gjennomsnittlig brukstid for lyskilder i husholdninger av gjennomsnittlig størrelse i Sverige (to voksne personer) var 1,49 timer i småhus og 1,17 timer i leiligheter. Tettheten av lyskilder var litt større enn i Norge (42 per bolig) men effekten per lyskilde litt mindre. Strømforbruket i småhus ble i gjennomsnitt 880 kWh/år og i leiligheter 353 kWh/år. Veid etter forholdet mellom blokkleiligheter og småhus i Norge i 2009 ville det gitt en gjennomsnittlig energibruk på ca. 770 kWh/år. Kofod (2005) fant ved målinger i 100 boliger i Odense i Danmark et gjennomsnittlig strømforbruk til belysning på 452 kWh/år. Kofods utvalg var noe skjevt ved overrepresentasjon av småhus i forhold til leiligheter og av større husholdninger. Resultatene gjør det rimelig å anta at forbruket til belysning i gjennomsnitt for alle danske husholdninger ligger omkring 400 kWh/år, noe som også er godt i samsvar med beregninger for 2006 i den danske ELMODEL-bolig (IT Energy 2008 jfr. Røpke m.fl. 2009).

Strømforbruket til belysning i danske boliger – før forbudet mot glødepærer - lå altså omkring 400 kWh/år, og i svenske boliger mellom 7-800 kWh/år når de svenske resultatene transponeres til det norske forholdet mellom småhus (langt flere i Norge enn i Sverige) og blokkleiligheter. På den bakgrunnen er det ikke særlig overraskende om forbruket i norske boliger lå på 1000 kWh/år i snitt slik Grinden og Feilberg (2009) fant på usikkert grunnlag. Det er ikke bare reint anekdotisk belagt at dansker er mer påpasselige med å slå av lys enn nordmenn. Det at folk i Norge er mindre påpasselige med dette enn andre kom også fram i det europeiske BARENERGY-prosjektet (Emmert m.fl. 2011) der ekspertpaneler og fokusgrupper i seks land uttalte seg om energivaner. Wilhite og Lutzenhiser (1999) hevder også, bl.a. på bakgrunn av etnografiske studier i Oslo, at det finnes en særskilt kulturell preferanse for mange samtidig tente lys i Norge. Det er nok også relevant at belysning var det helt dominerende bruksområdet for elektrisitet i boligelektrisitetens første 80 år (ca. 1880-1960) og at ulike nasjonale holdninger til belysning, i sterkere grad enn holdninger til annet strømforbruk, har fått tid til å utvikle seg og gro seg faste. Allerede i den lange perioden – mellom to og tre generasjoner – da strøm i hovedsak var lik belysning, var strømmen billigere i Norge enn i de fleste andre land, og incentivet til å spare på lys dermed svakere.

Det finnes også anslag for strømforbruket til belysning i norske boliger som langt overgår det til Grinden og Feilberg (2009). Ljones m.fl. (2002) anslo at belysning sto for 11 % av strømforbruket i husholdningene i 2000, hvilket da tilsvarte nesten 2.000 kWh per husholdning. Omtrent det samme forutsettes i normene for beregning av energirammer som er knyttet til de tekniske byggeforskriftene fra 2007 (NS 3031). Her er energibruken til belysning stipulert til 17 kWh/m², hvilket ved et gjennomsnittlig boligareal på 120 m² gir 2.040 kWh/år/bolig. Enda noe høyere ligger anslagene som flere kraftselskap har lagt ut i sin forbrukerinformasjon (Hafslund oppgir 2.800 kWh/år som normalt¹⁵) og for eksempel Miljøverndepartementets nettside "Klimaløftet"¹⁶, som oppgir det typiske forbruket til belysning i en bolig på 120 m² til 2.500 kWh/år.

Tallet på 1.000 kWh/år fra REMODECE-prosjektet er nok usikkert, men det bygger tross alt på en faktisk inventering av lyskilder og faktiske målinger på et utvalg av disse. I lys av studier fra Danmark og Sverige forekommer det også mer troverdig enn tall i spennet fra 2.000-2.800 kWh/år. Det er tenkbart at norske husholdninger før forbudet mot glødepærer brukte 2,5 ganger mer energi til belysning enn danske og 1,3 ganger mer enn svenske. At de brukte 5-7 ganger mer enn danske husholdninger og 3-4 ganger mer enn svenske forekommer derimot mindre sannsynlig.

Fordi det er betydelig usikkerhet om tallene fra REMODECE, vil vi likevel benytte to alternativ for forbruket til belysning i Norge i videre beregninger. Det ene bygger på resultatene fra REMODECE og det andre ligger 50 % høyere. I det første (moderate) alternativet legger vi til grunn at strømforbruket til belysning i 2009 var 8

¹⁵ http://www.hafslund.no/privat/artikler/les_artikkel.asp?artikkelid=652

¹⁶ <http://www.klimalofet.no/Klimatips/Utlisting/Bolig/Lys/?position=3+>

kWh/m²/år (som vil si 956 kWh/m²/år/bolig – svakt under resultatet fra REMODECE ettersom det nok har foregått en viss teknisk effektivisering av lyskilder også mellom 2006/7 og 2009). I 1990 anslår vi i dette alternativet vi at forbruket var 25 % høyere, altså 10 kWh/m². Forskjellen tilskrives teknisk effektivisering. For begge år ligger altså det høye alternativet 50 % høyere enn det moderate. Ettersom vi ikke har holdepunkt for å anta at tettheten av lyskilder eller den gjennomsnittlige brukstida endret seg, forutsetter vi ingen endring på disse områdene. De antatte endringene mellom 1990-2009 skyldes utelukkende ny teknologi, nærmere bestemt at en del av glødepærene i denne perioden er skiftet ut med sparepærer eller laveffekt halogenpærer.

Tabell 16 Egne anslag for strømforbruk til belysning, per kvadratmeter og per bolig

Alternativ	Moderat		Høyt	
	1990	2009	1990	2009
Forbruk per m ² , kWh/år	10,0	8,0	15,0	12,0
Areal per bolig, m ²	116,5	119,5	116,5	119,5
Forbruk per bolig, kWh/år	1 165	956	1 748	1 434

Hvitevarer

Mens vi antok at bestanden av lyskilder var mest avhengig av boligens areal, kan det synes mer nærliggende å knytte bestanden av hvitevarer til boligens antall. De fleste vil ha én vaskemaskin, én fryseboks (alternativt fryseskap) og én komfyr (eller kombinasjon av separat steikeovn og kokeplater) i boligen; nokså få ser behov for mer enn én av hver.

Betrakter vi andre hvitevarer enn disse, så innser vi imidlertid fort at det ikke, selv i kort historisk perspektiv, er noen tilnærmet proporsjonalitet mellom tallet på apparat og tallet på husholdninger. For noen hvitevarer er det ennå slik at en vesentlig andel av husholdninger ikke har dem og at andelen til det siste har vært stigende. Dette gjelder særlig tørketromler og oppvaskmaskiner. For én type, nemlig kjøleskap (her inkludert kombiskap) er det tvert imot slik at en betydelig andel av husholdningene har mer enn én, og den andelen kan fortsatt være stigende. Det gjelder ellers også for fryserer og vaskemaskiner at vi ikke trenger å gå langt bakover i tid fra 1990 før vi finner at en betydelig andel av husholdningene ennå ikke hadde dem. For fire hvitevarer gir SSBs Forbruksundersøkelser data om hvordan andelen av husholdningene som eide dem har utviklet seg.

Tabell 17 Andel av husholdninger med visse hvitevarer. Prosent. Kilde: SSB, Forbruksundersøkelser.

Type hvitevare	1970 (ca.)*	1989-91	2000-2002	2007-2009
Fyseboks/fryseskap	46	92	92	92
Vaskemaskin	71	89	89	89
Tørketrommel/-skap	:	32	40	45
Oppvaskmaskin	2	37	61	75

* Tallene for 1970 er aritmetiske gjennomsnitt av dem som ble funnet ved Forbruksundersøkelsene i 1967 og 1973. Disse var hhv. 34 % og 57 % for fryserer, 70 % og 72 % for vaskemaskiner og 1 % og 3 % for oppvaskmaskiner.

Vi ser at andelene med fryseboks eller –skap og med vaskemaskin økte fram til omkring 1990, men siden i begge tilfellene har ligget helt flatt. Metning synes å være nådd. For vaskemaskinenes del gjelder det trolig at en del husholdninger har tilgang til fellesvaskeri og er fornøyd med den løsningen. For disse to hvitevarene gjelder det altså at dekningsprosenten fram til 1990 var en faktor som bidro til å øke energibruken, mens det ikke har vært tilfellet etter 1990.

For oppvaskmaskiner er utviklinga en annen. Her økte dekningsprosenten omtrent like fort fra 1990-2009 som fra 1970-1990. For tørketromler og –skap går ikke dataserien lenger tilbake enn til 1986-88, da dekningsprosenten var 26 %. Ifølge Bartlett (1993) var den også sterkt stigende innenfor denne perioden, fra 22 % i 1986 til 28 % i 1988. Dekningsprosenten omkring 1970 var nok minimal (få prosent, helst med tørkeskap), hvilket i så fall betyr at den økte noe sterkere fram til 1990 enn den har gjort seinere.

Når det gjelder komfyrer kan vi regne med at dekningsprosenten har ligget nært oppunder 100 % lenge, og at overgangen fra ved, kull og bygass til elektrisitet nesten var fullført omkring 1970. Etter det har økt utbredelse av elektriske komfyrer blant husholdningene neppe påvirket strømforbruket vesentlig. Før 1970 har derimot overgang fra andre energibærere til elektrisk matlaging vesentlig betydning, jfr. Bartlett (1993).

Når det gjelder kjøleskap/kombiskap ble tilnærmet 100 % dekning nådd i løpet av 1970-tallet. Dette har SSB tatt følgen av ved ikke lenger å stille spørsmål om eierskap til kjøleskap i sine Forbruksundersøkelser. Spørsmålet ble

derimot stilt i Forbruksundersøkelsen av 1967, da 70 % hadde kjøleskap (det ble da ikke spurt særskilt etter kombiskap) i 1973, da 79 % hadde kjøleskap og 10 % kombiskap, og i 1977-79 da det var hhv. 77 % og 18 %, altså 95 % til sammen om ikke det var overlapping. Fra da av kan vi regne med at nesten alle husholdninger har hatt et kjøleapparat. Men i dette tilfellet stopper ikke utviklinga der, fordi det kan se ut til at et økende antall husholdninger har *mer* enn ett kjøleskap/kombiskap i drift. Grinden og Feilberg (2009) oppgir andelen av husholdninger med kjøleskap i 2007 til 52 % og med kombiskap til 66 %. Det ser ut fra påfølgende beregninger i kilden ut til at tallene egentlig representerer antallet apparat i drift som andel av husholdningene, dvs. at de ikke "dekker over" husholdninger med to eller flere kjøleskap eller to eller flere kombiskap. I så fall var antallet apparat av de to typene til sammen 118 % av tallet på husholdninger i utvalget. Tabell 18 under gir anslag for utviklinga i antall apparat av ulike slag fra 1970 til 2009. Strømforbruket til disse apparatene er selvfølgelig en funksjon av brukstid og gjennomsnittlig effektforbruk under brukstida. Vi har imidlertid knapt noen empiriske kilder som kan fortelle noe om utviklinga i brukstid eller bruksfrekvens gjennom tida.

Tabell 18 Anslått dekningsprosent (av husholdningene) for hvitevarer 1970-2009.

Apparat	1970	1990	2001	2009
Kjøleskap	60	60	50	53
Kombiskap	10	40	60	67
Frysere	46	92	92	92
Vaskemaskiner	71	89	89	89
Tørketromler/skap	5	32	40	45
Oppvaskmaskiner	1	37	61	75
Elektriske komfyrer	98	98	98	98

Begrepene har ellers forskjellig betydning for de forskjellige apparatene. Når det gjelder kjøle- og fryseapparatene kan vi gå ut fra at de står tilkoplest året rundt, mens kompressorenes gangtid som andel av året i hovedsak er teknologisk bestemt, altså en egenskap ved apparatene. Den vil også være noe påvirket av brukeratferd, for eksempel av hvor apparatene plasseres og hvor ofte varm mat settes inn, men vi har ingen kunnskap om mulige endringer i slike forhold. Når det gjelder komfyrer kan effekten under brukstida variere mellom 0,1-0,2 og opp til 6-8 kW, men vi har heller ingen kunnskap om mulige endringer her, for eksempel om hvor mange plater som har stått på hvilken wattstyrke under hvilken del av tilberedningen av en gjennomsnittlig middag. Det kan kanskje gjettes på synkende tendenser med økt bruk av (halv-)ferdige retter, men det er ikke empirisk belagt i Norge. Når det gjelder vaskemaskinene finnes det også mange mulige programvalg, som bestemmer strømforbruket per brukstilfelle, men igjen kan vi bare gjette om mulige trender i brukeratferd.

Fordi vi har så få direkte opplysninger om brukstid eller brukeratferd, vil vi ikke forutsette noen endringer på disse områdene, men begrense oss til å drøfte hvordan teknologisk effektivisering har påvirket strømforbruket. Tabell 19 på neste side viser resultat av spørreundersøkelser og beregninger i Danmark, og av direkte målinger både i Danmark, i Sverige og Norge, når det gjelder ulike hvitevarers årlige strømforbruk. Merk at de danske tallene fra ELMODEL-Bolig (IT Energy 2008) gjelder det strømforbruket gjennomsnittet av solgte nye apparat i respektive år ville fått, om brukeratferden i alle åra var slik den ifølge en spørreundersøkelse var i 2006. Det er altså en tidsserie der mulige endringer i atferd ikke påvirker sammenligningen, og gir uttrykk for hvordan tekniske forbedringer har slått ut i nye apparat som faktisk ble solgt. Forbruket i *bestanden* anno 2006 lå for de fleste apparatene trolig nærmere det som indikeres av markedssnittet per 1995 enn av markedssnittet i 2006. Midlere alder for bestanden kan variere fra 6-7 år opp til 12-15 år, alt etter hvilken type apparat det er tale om.

De øvrige danske, svenske og norske tallene gjelder derimot resultat av målinger på utvalg av *bestanden* av apparat i ulike år på 2000-tallet. De danske tallene gjelder målinger i 100 husholdninger i Odense. Utvalget er noe skjevt ved at større husholdninger er overrepresentert, uten at det er korrigert for dette. Tallene for flere apparat i Odense-undersøkelsen må derfor antas å ligge litt i overkant av dansk gjennomsnitt; dessuten er denne undersøkelsen noe eldre enn de svenske og norske. De svenske målingene omfattet 400 husstander og resultatene er gitt for undergrupper av utvalget. Tallene i tabellen gjelder husstander av nær gjennomsnittlig størrelse (2 personer, nærmere bestemt to voksne mellom 26-64 år), slik at tallet t.v. for skråstreken gjelder husstander bosatt i leiligheter og dem t.h. gjelder husstander i småhus (svenske husholdninger fordeler seg tilnærmet likt mellom de to boformene). De norske tallene bygger på målinger i 100 husholdninger totalt, men antall målinger for hvert enkelt apparat er mindre. Disse resultatene er korrigert (av Grinden og Feilberg) for

skjevheter i utvalget mht. husholdningsstørrelse. I det videre kommenterer vi nærmere de ulike underkategoriene av hvitevarer.

Tabell 19 Energibruk per apparat og år for ulike hvitevarer, ifølge skandinaviske undersøkelser, kWh.

Apparat	Danmark			Sverige	Norge	
	ELMODEL-Bolig, atferd av 2006 og effektivitet som snitt av nye apparat i åra			Zimmer-mann 2009, målt forbruk	Grinden og Feilberg 2009, målt forbruk*	
	1980	1995	2006	2000	2005-2008	2006-2007
Komfyr	320	275	315	320	218/281	280
Mikrobølgeovn	-	55	35	-	29/38	30
Kombiskap	670	470	345	389	497/413	374
Kjøleskap uten (med) fryseboks	320 (430)	245 (325)	170 (225)		260/231	307
Fryseboks	680	385	245	420	Få obs.	631
Fryseskap	565	425	265	522	435/444	
Vaskemaskin	410	300	210	291	95/151	209
Tørketrommel	535	315	340	349	Få obs/95	267
Oppvaskmaskin	525	330	260	349	154/137	206

* Forbrukstallene fra målinger hos Grinden og Feilberg er korrigert av forfatterne for skjevhet i utvalget mht. husholdningsstørrelse.

Komfyrer og mikrobølgeovner

Komfyrer omfatter her også kombinasjoner av separate steikeovner og topper. Tallene for strømforbruk til komfyrer i Norge, i Danmark (alle år) og i svenske småhus (småhus er den vanligste boformen både i Norge og Danmark) er svært like i tabellen ovenfor. Vi ser også av de danske tallene fra ELMODEL-Bolig at det der ikke har vært noen tendens til forbedring i komfyrenes energieffektivitet. Det er ingenting ved de andre nordiske undersøkelsene som gir grunn til å anta annet enn at tallene fra den norske REMODECE-undersøkelsen er noenlunde representative. Det er heller ingen indikasjon på at egenskaper ved apparatene har påvirket strømforbruket vesentlig etter 1990.

Ifølge Bartlett (1993) hadde 37 % av husholdningene i Norge *mikrobølgeovn* i 1990. Grinden og Feilberg (2009) oppgir en dekningsprosent på bare 10 i 2007, men det kan neppe være representativt. Vi anslår her strømforbruket til mikrobølgeovner til 20 kWh/husholdning både i 1990 og 2009. Det antas at dekningsprosenten har økt, men at apparatene samtidig har blitt mer energieffektive.

Kjøle- og fryseapparat

De norske tallene for fryserer (N=51 i den norske undersøkelsen av disse apparatene) ligger tydelig over både de danske og de svenske. Det gjelder også tallene for kjøleskap (N=34 i Norge), dersom vi her for Danmarks del tar utgangspunkt i 1995-årgangen, og enda mer så om vi tar hensyn til at gjennomsnittsalderen for kjøleskap i bestanden anno 2006 nok var mindre enn 11 år. For kombiskap ser vi ikke samme utslag – snarere tvert imot – men her er N=11 i den norske undersøkelsen.

Andre opplysninger gjør det sannsynlig at det faktisk er en forskjell i energieffektiviteten til kjøle- og fryseapparat, i alle fall mellom Norge og Danmark, og da på den måten at dansker er mer tilbøyelige til å velge mer effektive apparat. Det finnes også rimelige forklaringer på at det skulle være slik. Høyere strømpriser i Danmark gir et sterkere økonomisk incentiv til å velge en mer energieffektiv modell, og det har i Danmark blitt investert vesentlig mer i kampanjer for å få folk til å velge de mest energieffektive apparatene (særlig gjennom Elsparefonden – nå GoEnergi). Dessuten er det nok på tvers av land en høyere bevissthet om at valg av kjøle/fryseapparat kan ha betydning for energibruken, enn at valg av for eksempel vaskemaskin kan ha det. Kjøle- og fryseapparat har fått mer publisitet i denne sammenhengen enn andre apparat.

Tabell 20 viser hvordan salget av kjøle- og fryseapparat fordelte seg på energiklasser i Danmark i 2006 (samme år som de siste tallene fra ELMODEL-Bolig i tabellen over gjelder for), og hvordan det fordelte seg i Norge to år seinere, altså i 2008.

Tabell 20 Salg av kjøle- og fryseapparat fordelt etter energiklasser i Danmark (2006) og Norge (2008)¹⁷

Energi klasse	Danmark (2006)	Norge (2008)
A++	1 %	0,1 %
A+	40 %	21,3 %
A	51 %	62,8 %
B	4 %	7,7 %
C	4 %	8,0 %
SUM	100 %	99,9 %

Vi ser at vesentlig flere dansker valgte apparat i klasser høyere enn A allerede i 2006 enn hva nordmenn gjorde selv to år seinere, og bare halvparten så mange valgte apparat i klasser lavere enn A. En sammenlikning for ett og samme år hadde nok vist enda noe større avstand. Vi har ingen data som gjør det mulig å projisere denne sammenlikningen bakover i tid.

Det er derimot neppe rimelig å tro, som tallene fra REMODECE-studien skulle indikere, at bestanden av norske fryser og kjøleskap (utenom kombiskap) i 2006/7 ikke skulle være stort mer effektive enn gjennomsnittet av dem som ble solgt i Danmark anno 1980. En mulig forklaring kunne være at de norske apparatene var større enn de danske. Tabell 21 under viser fordelingen på størrelsesklasser av kjøleapparatene i Norge ifølge spørreskjemaundersøkelsen i REMODECE (som omfattet 500 husholdninger, til forskjell fra målingene som omfattet langt færre) og gjennomsnittlige størrelser i *bestanden* i Danmark i 1990 og 2006 ifølge ELMODEL-Bolig. (Størrelsesfordelingen blant *nye apparat* i Danmark i 1980 (jfr. tallene for energibruk i Tabell 15) har trolig ikke vært radikalt forskjellig fra den i bestanden ti år seinere).

Tabell 21 Fordeling på størrelsesklasser av kjøle- og fryseapparat i Norge ifølge REMODECE-undersøkelsen (2006-7), og gjennomsnittlige størrelser i Danmark ifølge ELMODEL-Bolig.

Apparat	Norge, størrelsesfordeling, liter (prosent)			Danmark, gjennomsnitt, liter	
	<150	150-250	>250	1990	2006
Kjøleskap	38,1	34,3	27,6	191 (165)*	200 (159)*
Kombiskap	45,8	38,1	16,1	257	256
Fryseboks				282	
Fryseskap	27,2	29,6	43,2	185	203

* Tall i parentes: Kjøleskap med innvendig fryseboks

Tallene gjør det usannsynlig at norske kjøleskap i 2006/7 var *mye* større i gjennomsnitt enn dem som utgjorde den danske bestanden i 1990. (Kjøleskap uten innvendig fryseboks er de vanligste.) For kombiskap ser det snarest ut til å være omvendt, dvs. at de danske var større. Størrelsen på disse apparatene i Danmark endret seg lite mellom 1990 og 2006. For fryser er det heller ingen indikasjon på at de norske av 2006/7 er større enn de danske av 1990, men de var kanskje *litt* større enn de danske av 2006. Tabellen hjelper oss ikke til å forklare at REMODECE-studien fant et strømforbruk per kjøleskap og per fryser i Norge som var nesten på høyde med markedssnittet i Danmark i 1980. Om de skulle hjelpe til å forklare noe, måtte det være at strømforbruket til kombiskap i Norge ifølge REMODECE lå relativt lavt – men der var målingene uansett få.

Dessverre er ikke størrelsesfordelingen blant de 51 fryserne og 34 kjøleskapene som det ble utført målinger på i REMODECE oppgitt av Grinden og Feilberg (2009). Disse kan ha vært større i gjennomsnitt enn apparatene som resten av de 500 husholdningene som inngikk i deres spørreundersøkelse hadde. *Det er faktisk trolig*, ettersom store husholdningene var overrepresentert blant dem der målinger ble foretatt. De var også overrepresentert blant de 500, men dataene om størrelsesfordeling i tabellen er korrigert for å ta hensyn til dette.

Det er altså sannsynlig at både kjøleskap uten fryseboks og fryser - i gjennomsnitt for alle husholdninger som hadde dem - brukte litt mindre strøm i 2009 enn det som ble funnet i REMODECE-målingene. Forbruket til alle typer kjøleapparat må være synkende etter som gamle skiftes ut med nye.

¹⁷ Kilde for Danmark: Ea Energianalyse, http://www.ea-energianalyse.dk/reports/815/815_b7_apparatmaerking_og_normer_dec08.pdf. For Norge: Salgstall fra Norske elektroleverandørers landsforening, oversendt av NVE.

For videre beregninger vil vi legge til grunn at forbruket per kjøleskap og per fryser i 2009 var ca. 12 % mindre enn det som ble funnet i REMODECE, og forbruket per kombiskap 4 % mindre – dvs. at nivåene i 2009 var hhv. 270, 550 og 360 kWh/år.

Spørsmålet er så hvor mye disse tallene er redusert siden 1970 og 1990. Når det gjelder energieffektiviteten til apparat som ble solgt i 1970- og 80-åra og var i bruk i 1990, for ikke å nevne energieffektiviteten til dem som ble solgt i 1950- og 60-åra og var i bruk i 1970, har vi ingen norske undersøkelser å støtte oss til. De danske dataene i ELMODEL-Bolig går derimot tilbake til 1970. På denne tida – før den første oljekrisen – var oppmerksomheten om hvitevarers strømforbruk liten og informasjonen til forbrukerne nesten fraværende. Ifølge ELMODEL-Bolig var det gjennomsnittlige årlige strømforbruket for nye kjøleskap i 1970 ca. 370 kWh, for kombiskap 790 kWh og for frysebokser og –skap (her veid i forholdet 2:1) 720 kWh.

Vi vet ikke om disse tallene også var representative for *bestanden* av apparat i 1970. Det kan være at strømforbruket per kjøleskap *økte* fra de første etterkrigsåra, da det var vanlig at apparatene hadde liten kapasitet men tykke vegger (mer isolasjon) og fram til 1970. Hjemmefrysere fikk først større utbredelse på 1960-tallet, så i dette tilfellet er vi på tryggere grunn ved å anta at det neppe var stor teknologisk avstand mellom bestandsgjennomsnittet og markedsgjennomsnittet i 1970.

Antar vi likevel at *bestanden* av alle kjøleapparat i Norge i 1970 hadde et strømforbruk som lignet på det samtidige danske markedssnittet, så innebærer våre anslag at strømforbruket per kombiskap er godt og vel halvert i perioden, mens det per kjøleskap og per fryser er redusert med hhv. noe over og noe under en fjerdedel. Det er rimelig at reduksjonen har vært minst for frysere, ettersom utskiftingstakten er betydelig langsommere enn for de andre apparatene. Det er mulig at forholdet mellom kjøleskap og kombiskap er påvirket av at de første kan være litt mindre, de andre noe større i gjennomsnitt i Danmark enn i Norge. I tabell 18 nedenfor legger vi til grunn at strømforbruket til *bestanden* av kombiskap er redusert med 45 %, av kjøleskap med 30 % og av frysere med 24 % siden 1970, samt at halve reduksjonen i hvert av tilfellene har skjedd før 1990 og halvparten etter. Det vil si at vi antar en litt sterkere årlig prosentvis forbedring i *bestanden* etter 1990 enn før.

Vaskemaskiner, tørketromler og oppvaskmaskiner

For alle disse apparatene indikerer de norske resultatene i REMODECE (Grinden og Feilberg 2009) et noe høyere strømforbruk enn det som ble funnet i Sverige av Zimmermann (2009), men et noe lavere forbruk enn de danske undersøkelsene i ELMODEL-Bolig kan indikere (jfr. tabell 19). Det siste hadde vært tilfellet selv om vi skulle trodd at den danske *bestanden* av vaske- og tørkeapparat i 2006 var like effektive som *markedssnittet* i 2006; det blir enda tydeligere om vi antar, som rimelig er, at *bestanden* lå noe nærmere markedssnittet i 1995. Også Kofod (2005) fikk ved sin undersøkelse med direkte målinger i danske boliger resultat som ligger tydelig høyere enn dem fra Norge og Sverige. For disse apparatene er strømforbruket avhengig av bruksfrekvens, så en mulig forklaring kunne være at denne var forskjellig i Norge, Sverige og Danmark. Tabell 22 under viser bruksfrekvensene som er funnet i hvert av landa. For Sverige gjelder tallene t.v. for skråstreken husholdninger i leiligheter, de t.v. husholdninger i småhus.

Forskjellene i bruksfrekvens kan forklare *en del* av forskjellen mellom Norge og Sverige når det gjelder vaskemaskin og tørketrommel (ca. 80 % av de svenske husholdningene med tørketrommel bodde i småhus, så den gjennomsnittlige bruksfrekvensen for alle tørketromlene i Sverige var ca. 115 ganger/år). *Hele* forskjellen i strømforbruk mellom Norge og Sverige ifølge kan likevel bruksfrekvensen ikke forklare. Og den kan slett ikke forklare noe av forskjellen mellom Norge og Sverige når det gjelder målt strømforbruk til oppvaskmaskin, og heller ikke av forskjellene mellom Norge og Danmark når det gjelder vaskemaskin og tørketrommel – som har motsatt fortegn.

Tabell 22 Årlig strømforbruk per apparat til vaskemaskiner, tørketromler og oppvaskmaskiner, ifølge skandinaviske undersøkelser (kWh/år)

Apparat	Danmark (ELMODEL-Bolig 2006, fra IT Energy 2008)	Sverige (Zimmermann 2009, tall for 2005-8)	Norge (Grinden og Feilberg 2009)
Vaskemaskin	256	150/230	270
Tørketrommel	163	166/103	174
Oppvaskmaskin	210	232/200	174

Det kunne også være at forskjeller i *programvalg* ved hvert brukstilfelle førte til forskjellig strømforbruk i de tre nordiske landa. Dessverre har vi ingen norske eller svenske data om dette. Derimot finnes danske data som alene indikerer at det neppe er noen særegen dansk tilbøyelighet til å velge de mest energikrevende programmene som kan forklare at ELMODEL-Bolig kommer ut med høyere tall for forbruket til vaske- og oppvaskmaskiner enn de norske og svenske undersøkelsene. Ifølge ELMODEL-Bolig vasket danskene i 2006 i 56 % av tilfellene ved lav temperatur (40°) og bare i 16 % av tilfellene ved 90°. Når det gjaldt oppvaskmaskiner var valgene mellom høytemperaturprogram, standardprogram og økonomiprogram fordelt nesten likt med 1/3 på hvert.

De norske måledataene fra REMODECE (Grinden og Feilberg 2009) bygger på et utvalg som er noe skjevt i retning av større husholdninger enn gjennomsnittet i Norge. Det er i prinsippet korrigert for dette ved stratifisering av utvalget, men selve utvalget er lite. En tilleggsundersøkelse til SSBs Forbruksundersøkelse 2001, med et mye større utvalg, viste en bruksfrekvens for vaskemaskiner på 216 ganger/år og for tørketromler på 120 ganger/år, som er klart lavere enn hos Grinden og Feilberg (2009), men en litt høyere bruksfrekvens for oppvaskmaskin (192 ganger/år). Er de bruksfrekvensene som ble funnet av SSB mer representative enn dem fra REMODECE, blir strømforbruket til de tre apparatslagene til sammen litt lavere enn det som ble funnet i den siste undersøkelsen.

Vi står uansett igjen med visse avvik mellom de norske tallene og på den ene sida de danske beregningene, som indikerer et noe høyere strømforbruk per brukstilfelle, og på den andre sida de svenske målingene, som indikerer et noe lavere forbruk. Vi legger her de norske tallene til grunn for forbruket i 2009, men med korreksjoner nedover for å ta hensyn til sannsynlig lavere bruksfrekvens for vaskemaskiner og tørketromler i gjennomsnittet av husholdninger enn i REMODECE-målingene, og en fortsatt teknologisk effektivisering mellom 2006 og 2009. Forbruket per apparat og år antas halvert fra 1970 til 2009 (dette svarer ifølge ELMODEL-Bolig nokså nært til den relative reduksjonen mellom det danske markedssnittet i 1970 og i 2002 for alle de tre apparattypene).

Oppsummering av forbruket til hvitevarer

Tabell 23 under gir anslag for utviklinga i strømforbruket til større hvitevarer per apparat og per husholdning og kvadratmeter fra 1970 til 2009. Regnet per kvadratmeter boligareal har endringene i energibruk til hvitevarer vært små.

Tabell 23 dekningsprosent og anslått strømforbruk per apparat og per husholdning i Norge til hvitevarer, 1970-2009

Apparat	Dekningsprosent			Strømforbruk per apparat, kWh/år			Strømforbruk per husholdning, kWh/år		
	1970	1990	2009	1970	1990	2009	1970	1990	2009
Kjøleskap	60	60	53	350	310	270	210	186	143
Kombiskap	10	40	67	520	440	360	52	176	241
Frysere	46	92	92	720	635	550	331	584	506
Vaskemaskiner	71	89	89	340	255	170	241	227	151
Tørketromler/skap	5	32	45	360	270	180	18	86	81
Oppvaskmaskiner	2	37	75	400	300	200	8	111	150
El. komfyrer	98	98	98	280	280	280	274	274	274
Mikrobølgeovner							0	20	20
SUM							1 135	1 665	1 567
SUM per m²							12,4*	14,3	13,1

* Tallet på kvadratmeter "oppvarmet areal" per bolig i 1970 (fra *Tabell 2*) er ved denne utregningen økt med 5,6 %. Det tilsvarer avviket mellom Bartletts (1993) tall for "oppvarmet areal" i 1990 og vårt tall for bruksareal i samme år.

Elektronikk og småapparat

Strømforbruket til informasjons-, kommunikasjons- og underholdningsutstyr, samt de mange små elektriske apparatene husholdningene kan eie (støvsugere, strykejern, diverse kjøkkenmaskiner, apparat til personlig pleie, elektrisk leketøy, elektroverktøy, akvarier osv.) er den minst overskuelige delen av energibruken til husholdningene. Vi har enda mindre av norske data å bygge på enn når det gjelder belysning og hvitevarer. Grinden og Feilberg (2009) målte strømforbruket til IKT- og AV-utstyr i utvalgte husholdninger, men for de fleste av apparattypene i disse kategoriene var utvalgene svært små (N <10). Av småapparat omfattet målingene bare

én eneste type (vannkokere) De svenske målingene som presenteres i Zimmermann (2009) omfatter i prinsippet alle typer IKT- og AV-utstyr, men også har var det få målinger på de fleste typene, utenom fjernsynsapparat og datamaskiner. Målingene på småapparat var også få, og for disse har Zimmermann (2009) ikke beregnet dekningsprosent eller gjennomsnittlig forbruk per husholdning. Den danske ELMODEL-Bolig inneholder derimot data om dekningsprosent og estimat for strømforbruket til et stort antall småapparat i tillegg til IKT- og AV-apparat. Brukstidene eller –frekvensene som ligger til grunn for det beregnede strømforbruket til disse apparatene er nok likevel usikre. Røpke m.fl. (2009) har på basis av data fra ELMODEL-Bolig fordelt strømforbruket til danske husholdninger slik tabell 24 under viser.

Tabell 24 Formålsfordeling av strømforbruket i danske husholdninger ifølge ELMODEL-Bolig, gjengitt i Røpke m.fl. (2009)

Formål	Samlet			Per hushold, kWh*	Per person, kWh*
	1970	1990	2006	2006	2006
Belysning	27 %	18 %	11 %	411	193
Vann- og romoppvarming**	20 %	23 %	18 %	672	316
Matlaging	6 %	8 %	8 %	299	141
Kjøling (kjøleskap, fryser m.v.)	30 %	24 %	18 %	672	316
Vask og tørking	9 %	13 %	15 %	560	264
Underholdningsutstyr (AV)	6 %	10 %	12 %	448	211
IKT-utstyr	0 %	1 %	8 %	299	141
Diverse	1 %	3 %	10 %	374	176
SUM	99 %	100 %	100 %	3 735	1 758
Sum eksklusive oppvarming	79 %	77 %	82 %	3 063	1 442
Strømforbruk i alt, GWh	3 341	8 841	9 401		

*Disse kolonnene er lagt til av oss. ** Inkl. sirkulasjonspumper m.v.

Vi ser at forbruket til elektronikk og "diverse" småapparater i Danmark har økt dramatisk – fra 7 % av strømforbruket i 1970 til 30 % av et forbruk som var to og en halv gang så stort per person i 2006, altså en absolutt tidobling per person. I den originale framstillingen av 2006-resultat fra ELMODEL-Bolig (IT Energy 2008) figurerer "småapparater" med et forbruk på 700 kWh/husholdning/år, men om lag 1/3 av dette gjelder apparat som er klassifisert som underholdningselektronikk i tabellen ovenfor. En like stor andel gjelder apparat med tilknytning til kjøkkenet, hvorav noen nok er klassifisert under "Matlaging" i tabellen ovenfor, men som vi må regne med under småapparat. Eksklusive alt AV-utstyr, men inklusive alle småapparat knyttet til kjøkkenet, sto småapparat i Danmark for ca. 12 % av strømforbruket ifølge ELMODEL-Bolig i 2006, eller ca. 450 kWh/husholdning/år. Den vesle usikkerheten om disse tallene skyldes at ELMODEL-Bolig mangler tall for dekningsprosenten av enkelte apparat i året 2006. De småapparatene som sto for størst del av strømforbruket i Danmark var kjøkkenvifter (79 kWh/husholdning/år), kaffetraktere (58 kWh), vannkokere (56 kWh), hårføner (51 kWh) og støvsugere (37 kWh). Disse fem sto altså for nær 2/3 av strømforbruket til småapparat utenom AV og IKT.

Når det gjelder AV- og IKT-utstyr kan de danske beregningene i ELMODEL-Bolig sammenliknes med norske, danske og svenske måleresultat. Alle disse, men i særlig grad de norske, gjelder forholdsvis små utvalg av husholdninger.

Tabell 25 Strømforbruk per husholdning til AV- og IKT-utstyr, ifølge skandinaviske undersøkelser, kWh/år

Apparat	Danmark 2006 (ELMODEL-Bolig)	Danmark 2000 (Kofod, 2005)*	Sverige 2005-2008 (Zimmermann, 2009)	Norge 2006-2007 (Grinden og Feilberg, 2009)
AV-utstyr	448	405	455/311	545
IKT-utstyr	299	248	374/434	286
SUM	747	653	829/745	831

* Kofod skiller ut standby-forbruk som egen hovedkategori av strømforbruket. Det framgår imidlertid at av et totalt strømforbruk til standby på 308 kWh/husholdning, var 63 % knyttet til AV-utstyr og minst 28 %, høyst 31 % knyttet til IT og telefoni. 63 % av standby-forbruket er i tabellen lagt til AV-utstyr, og 28 % til IKT-utstyr.

Resultatene fra ca 2006 i de tre landa er svært like. At Kofod fikk et litt lavere resultat i 2000 er ellers som vi skulle vente, gitt den meget sterke veksten i denne delen av strømforbruket i Danmark. Det er fjernsyn og datamaskiner, nå i begge tilfellene med perifert utstyr, som står for størst del av strømforbruket i alle tre land, kanskje med en viss konkurranse fra musikkanlegg. Både utbredelsen av disse apparatene og miksen av varianter som selges har i grove trekk utviklet seg nokså parallelt¹⁸. Da er det heller ikke overraskende om strømforbruket er nokså likt. Det kunne selvsagt være forskjeller i atferd. Om disse var betinget av forskjellige strømpriser var det kanskje mest nærliggende å vente seg forskjeller i standby-forbruk, slik at tilbøyeligheten til å bryte strømtilførselen helt når apparatene ikke var i bruk var størst i Danmark og minst i Norge. Undersøkelsene som ligger til grunn for ELMODEL-Bolig indikerer imidlertid at det å trekke ut støpselet er sjelden atferd også i Danmark. Per 2006 forutsattes det derfor i modellen at datamaskiner og skjermer var enten i drift eller i standby 100 % av årets timer, at husstandens første fjernsynsapparat var det i 80 % av timene og apparat nummer to i 70 % av timene – i Danmark. Selv om ingen noensinne brøt strømtilførselen til slike apparat i Norge hadde det altså ikke gjort stor forskjell.

Det synes derfor rimelig å anta at strømforbruket til elektronikk faktisk var omtrent likt i Danmark, Sverige og Norge i 2006 og fortsatt var det i 2009, men da kanskje på et litt høyere nivå. Bak den generelt stigende trenden i forbruket har det ligget minst to trender som har trukket oppover – økende antall apparat av stadig flere typer, og økende kapasitet/volum per eksemplar av noen av de viktigste, som datamaskiner og fjernsynsskjermer. For noen apparat har nok også den daglige brukstida økt etter 1990 (eller siden de ble introdusert). Samtidig har teknologisk effektivisering, både i form av synlige teknologiskift (fra stasjonære PC'er til en høy andel bærbare, fra billedrør til LCD-skjerm også i fjernsynsapparat) og stadige inkrementelle forbedringer. Fram til nettopp 2009 kan vi gjette på at trendene som trakk oppover fortsatt hadde overtaket. Etter 2009 kan det være omvendt. Et EU-direktiv med virkning fra 2010 setter tak på strømforbruket til nye fjernsynsapparat (både i drift og i standby) med varsel om at det vil komme enda strengere krav fra 2012 og utover. Undersøkelser som er utført 1-2 ganger årlig fra 2008 for den svenske Energimyndigheten viser allerede en dramatisk reduksjon i det gjennomsnittlige forbruket til de nye, store flatskjermene som er testet¹⁹. Mens testede 40" LCD-fjernsyn i 2008 hadde et beregnet strømforbruk på 315-331 kWh/år, lå LCD- og LED-LCD-fjernsyn på 52-55" i 2010 på 109-229 kWh/år. Det er tale om apparat med 1,6-1,7 ganger større skjermareal. Det var forutsatt at apparatene sto på i fem timer daglig. Om de testede modellene var representative for markedet er det snakk om en effektivisering med faktor 2-4 på to år. Den svenske Konsumentenergirådgivningens forbrukskalkulator opererer fortsatt med 10 W som default-verdi for standbyeffekten til fjernsyn. Ingen av apparatene Energimyndigheten testet i 2010 – heller ikke plasmaapparat - dro mer enn 0,3 W.

Når det gjelder småapparat har vi overhodet ingen norske tall å bygge på, og her må nok også det danske tallene betraktes som særlig usikre. I den svenske målekampanjen fra 2005-8 (Zimmermann 2009) ble det utført målinger på en rekke typer småapparat, men det gjaldt i hovedsak apparat som bare et lite mindretall av husholdninger har, eller så få målinger (bare én hårføner for eksempel) at resultatene ikke kan vektlegges. For to av de fem apparatene som teller mest i ELMODEL-Bolig ble det likevel gjort mange målinger i Sverige – 255 på kjøkkenvifter og godt over 100 på vannkokere. De viste et gjennomsnittlig årsforbruk på 25 kWh til kjøkkenvifter i de husholdningene som hadde dem - noe som er under en tredjedel av det som er beregnet for *alle husholdninger* i Danmark i ELMODEL-Bolig. For vannkokere er forbruket beregnet som gjennomsnitt for alle husholdninger også i det svenske materialet, der det vises som 48 kWh, som er svakt under det danske tallet. Når det gjelder småapparat kan vi bare snakke om *mulige* nivå på forbruket i Norge, knapt engang om sannsynligheter.

Én slik mulighet er at forbruket til elektronikk og småapparat i Norge i 2009 til sammen lå på 1.300 kWh/år/husholdning (svakt over nivået i Danmark 2006 ifølge ELMODEL-Bolig) og ble litt mer enn doblet fra 1990-2009, i tråd med trenden som er beregnet for Danmark 1990-2006. Tabell 26 viser hvordan dette scenarioet og noen alternative slår ut for energibruken per kvadratmeter til elektronikk og småapparat, gitt den utviklinga i areal per bolig som *Tabell 7* viser.

¹⁸ Ifølge Gram-Hansen m.fl. (2009) fantes det 1,9 fjernsynsapparat/husholdning i Danmark i 2007. Zimmermann (2009) fant et gjennomsnitt på 1,7 i Sverige og Grinden og Feilberg (2009) fant også 1,7 i Norge. Billedrørapparat utgjorde ennå en større andel av bestanden i Danmark enn i Norge (ca. 70 % mot 40 % i 2007), men salget av slike apparat var allerede nær 0 også i Danmark. De nyeste og trolig mest brukte apparatene var hovedsakelig LCD. I Danmark var det ifølge Gram-Hansen m.fl. (2009) 1,6 PC'er per husholdning, i Norge ifølge Grinden og Feilberg (2009) 1,42. I Danmark var det fortsatt en liten overvekt av stasjonære, i Norge 50/50 stasjonære og bærbare. Tall for bestanden i Sverige er ikke funnet, men dekningsprosenten (andelen av husholdninger som hadde minst én datamaskin) var i 2007 identisk i Sverige og Danmark: 87 %.

¹⁹ <http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Testerresultat/Testresultat/>

Tabell 26 Mulige scenarioer for utviklinga i strømforbruket til elektronikk og småapparat i Norge 1990-2009, kWh/år

Scenario	Per husholdning		Per m ²		
	1990	2009	1990	2009	Forskjell
Utgangsscenario E ₂₀₀₉ =1.300, ΔE=117 %	600	1 300	5,2	10,8	+ 5,6
Høyere nivå 2009, samme veksttakt E ₂₀₀₉ =1.600, ΔE=117 %	737	1 600	6,3	13,3	+ 7,0
Lavere nivå 2009, samme veksttakt E ₂₀₀₉ =1.000, ΔE=117 %	461	1 000	4,0	8,3	+ 4,3
Samme nivå 2009, høyere vekst E ₂₀₀₉ =1.300, ΔE=167 %	487	1 300	4,2	10,8	+ 6,6
Samme nivå 2009, lavere vekst E ₂₀₀₉ =1.300, ΔE=67 %	778	1 300	6,7	10,8	+ 4,1

E₂₀₀₉ = strømforbruk per husholdning per år (kWh) til elektronikk og småapparat i 2009

ΔE = endring i strømforbruk per husholdning per år til elektronikk og småapparat (1990-2009)

Kombinerer vi *utgangsscenarioet* ovenfor med anslagene for strømforbruk til belysning og til hvitevarer fra *Tabell 12* og *Tabell 19* får vi den utviklinga i strømforbruk per husholdning til el-spesifikke formål som er vist i tabell 27 under.

Tabell 27 Mulig utvikling i det el-spesifikke strømforbruket per m² og per husholdning, 1990-2009

Type forbruk	1990 (kWh/år)	2009 (kWh/år)	Endring
Forbruk per m²	29,5-34,5	32,0-36,0	+8 (4) %
- lys	10,0-15,0	8,0-12,0	- 20 %
- hvitevarer	14,3	13,1	-8 %
- elektronikk og småapparat	5,2	10,9	+108 %
Forbruk per bolig	3 430-4 013	3 823-4 301	+12 (8) %
- lys (moderat/høyt)	1 165-1 748	956-1 434	-18 %
- hvitevarer	1 665	1 567	-6 %
- elektronikk og småapparat	600	1 300	+117 %

Ved å sette inn andre av tallene fra *Tabell 26* for elektronikk og småapparat, men holde oss til det moderate alternativet for belysning, kan vi få alt fra 3 % endring i forbruket per m² i perioden opp til 13 % (3,9 kWh/m²/år). Med det høye alternativet for belysning og lav vekst for elektronikk og småapparat kan vi få en marginal nedgang. Den helt store endringen blir det uansett ikke, sett i forhold til den samlede energibruken i husholdninger. Et *lite* bidrag til det observerte trendbruddet i husholdningenes energibruk per m² omkring 1990 kan det el-spesifikke forbruket likevel ha gitt. I perioden 1970-1990 er det rimelig å anta at det var liten endring i forbruket per m² til belysning, en svak stigning i forbruket per m² til hvitevarer, og nokså sikkert en tydelig stigning i forbruket per m² til elektronikk og småapparat. I sum økte trolig det spesifikke forbruket til el-spesifikke formål raskere i tiåra nærmest før 1990 enn det har gjort seinere.

Tallene for samlet el-spesifikt forbruk per husholdning i tabellen over er vesentlig lavere enn hva flere andre norske kilder har anslått. Tallet med moderat alternativ for belysning er derimot 25 % høyere enn det beregnede gjennomsnittet av el-spesifikt forbruk for Danmark i 2006. Tallet med høyt alternativ for belysning ligger 40 % over det danske. Tallene er også høyere enn dem som ble funnet for Sverige av Zimmermann (2009). Der var det gjennomsnittlige el-spesifikke forbruket for alle husholdninger i småhus 3.585 kWh/år og for alle i leiligheter 2.568 kWh/år. Veidd etter forholdet mellom disse boligtypene i Sverige ble det 3.036 kWh/husholdning/år. Dette er nesten likt med det beregnede gjennomsnittet for Danmark, men da mangler en del småapparat i de svenske summene; disse hadde et beregnet forbruk på 3-400 kWh i Danmark. Tallet i tabellen ovenfor kan altså implisere et el-spesifikt forbruk per husholdning i Norge anno 2009 som er 12-15 % høyere enn i Sverige med det moderate alternativet for belysning, og 25-28 % over i det høye alternativet for belysning.

Utslagene for ulike realistiske alternativ når det gjelder strømforbruket til elektronikk og småapparat er ikke større enn at vi vil nøye oss med å legge utgangsscenarioet til grunn ved videre beregninger av endringene i den

spesifikke, formålsfordelte energibruken i husholdninger. Derimot vil vi gjøre alternative beregninger for moderat og høyt forbruk til belysning.

Vifter, pumper og fellesfunksjoner i flerbolighus

I blokkbebyggelse brukes en varierende, men i noen tilfeller trolig betydelig andel av energien til fellesfunksjoner. Disse kan inkludere mekanisk ventilasjon, sirkulasjonspumper der det er fjernvarme eller sentralfyr, belysning av fellesareal, heiser og diverse andre formål som finnes i enkelte blokker, for eksempel motorvarmere i garasjer. De inkluderer ofte også felles vannoppvarming og i noen tilfeller felles vaskeri, men energibruken til disse – som erstatter egne varmtvannsberedere eller vaskemaskiner i boligene – anses dekt av tidligere anslag for energibruk til varmtvann og vaskemaskiner.

Også i noen småhus finnes mekanisk ventilasjon og/eller sirkulasjonspumper. Disse hører likevel til unntakene. I 2009 hadde ifølge SSBs undersøkelse av energibruk i husholdningene 14 % av eneboligene og 11 % av rekkehusa sentralfyr, varmpumpe av annen type enn luft/luft eller fjernvarme. Mekanisk ventilasjon finnes i en del småhus fra 1990- og 2000-tallet, men er sjelden i den eldre bestanden.

Så vidt vites er verken forbruket av strøm til fellesfunksjoner i blokker eller forbruket til vifter og pumper i småhus systematisk undersøkt i Norge. Det første har nokså sikkert størst betydning for den samlede energibruken. Vi har noen data om strømforbruk til fellesfunksjoner i borettslag som forvaltes av Trondheim og omegn boligbyggelag (TOBB), som refereres nedenfor. I Sverige er det derimot gjort nasjonale beregninger av strømforbruket til fellesfunksjoner i blokker. I SOU 2008:25 estimeres dette forbruket ("fastighetsel") til 8 TWh/år i perioden 2001-2005. Fordelt på et boligareal på 165.000 m² i disse blokkene utgjorde dette 48 kWh/m². Tallet kan imidlertid inkludere strøm til næringslokaler i de samme byggene. En utredning av Chalmers Energicentrum for Elforsk (Dalenbäck m.fl. 2006) gir noe lavere tall for Sverige. Her oppgis forbruket av "fastighetsel" til ca. 5 TWh i 2003 (avlest fra figur). Da er "driftel" (ca. 2 TWh), som synes å gjelde strøm til næringslokaler, holdt utenfor. Næringslokaler oppgis å utgjøre 16 mill. m² av et totalt bruksareal (netto for trapperom osv.) på 180 mill. m² i svenske blokker. Boligarealet i blokkene er m.a.o. omtrent likt med det som oppgis i SOU 2008:25. Dalenbäck m.fl. viser også forbruket til ventilasjonsvifter i blokker spesifikt som ca. 2 TWh/år. Andre komponenter av fellesforbruket er dessverre ikke spesifisert, eller de er ikke skilt ut fra strømforbruk til de samme formålene, for eksempel belysning, i selve leilighetene eller i næringslokaler. Beregninger fra Statens Energimyndighet, som også vises av Dalenbäck m.fl. (2006), viser en klart stigende trend i det spesifikke forbruket av "fastighetsel", fra ca. 27 kWh/m² i 1983 til 40 kWh/m² i 2003. Referert et totalt areal på 180 mill. m² utgjør det siste 7,2 TWh/år, som da antas å inkludere strøm til næringslokaler. Sto egentlige fellesfunksjoner for 5 TWh utgjorde det 28 kWh/m² i 2003. Nilsson (2007) gjengir tall for det spesifikke forbruket til fellesfunksjoner i typiske blokker av ulik alder. Disse underbygger at det nok er en stigende trend, selv om de kunne indikere et litt lavere gjennomsnittlig nivå i bestanden av blokker på 2000-tallet enn det Dalenbäck m.fl. (2006) oppgir.

Tabell 28 *Strømforbruk til fellesfunksjoner i typiske blokker av ulik alder i Sverige. Kilde: Repab fakta (2006), gjengitt i Nilsson (2007).*

Type forbruk	Lavt forbruk (før 1960)	Normalt forbruk (1960-tallet)	Høyt forbruk (1980-tallet)
Ventilasjon	Naturlig	Mekanisk til/fra	Mekanisk til/fra med varmegjenvinning
Heis	Nei	Ja	Ja
Beboere	Mange eldre	Lik del barnefamilier og eldre	Høy andel barnefamilier
Strømforbruk til fellesfunksjoner,	7 kWh/m ² /år	16 kWh/m ² /år	30 kWh/m ² /år

Boligarealet i blokker i Norge i 2009 utgjorde en knapp fjerdedel av det svenske boligarealet i blokker i 2003. Det er samtidig én grunn til å anta at det *spesifikke* strømforbruket til fellesfunksjoner kan være lavere i Norge enn i Sverige, nemlig at færre av blokkene i Norge har vannbåren varme og tilhørende strømforbruk til sirkulasjonspumper. I Sverige hadde bare 4 % av blokkene i 2003 elektrisitet som eneste oppvarmingskilde (Dalenbäck m.fl. 2006). I Norge var det ifølge SSBs undersøkelse av energibruk i husholdningene i 2009 bare 21 % av husholdningene i blokk som oppga å ha fjernvarme eller sentralfyr. Forbruk til fellesvaskerier inngår også i de svenske tallene, mens vi her vil holde det utenfor. Det kan på den andre sida tenkes – selv om dette må bli

spesifikke forbruket til belysning av fellesareal, liksom til belysning i i boligene, er noe høyere i Norge enn i Sverige. Det kan ha vært et større fokus på behovsstyring og effektive lyskilder i Sverige.

At det spesifikke forbruket til ventilasjon og heiser er større i nyere enn i eldre blokker er nokså sikkert tilfellet i Norge liksom i Sverige. Eldre bygårder mangler ofte både heis og mekanisk ventilasjon. Som før antydnet er et økende forbruk til fellesfunksjoner en nærliggende delforklaring på at den spesifikke energibruken også synes å ligge litt høyere i de aller yngste blokkene enn i blokker av mellomgenerasjonen fra 1955-86 (jfr. figur 3).

Fra TOBB har vi data om boareal og strømforbruk til fellesfunksjoner i 81 borettslag i Trondheimsområdet, hvorav 46 består helt eller hovedsakelig av blokkbebyggelse. Gjennomsnittlig strømforbruk til fellesfunksjoner i de sistnevnte i 2009 var 17,5 kWh/m². Tallet samsvarer brukbart med svenske estimat når vi tar i betraktning at 93 % av arealet i de 46 borettslagene i Trondheim er bygd i 1972 eller tidligere, det aller meste i perioden 1952-72. Bare 8 av de 46 har heis. Gjennomsnittlig strømforbruk til fellesfunksjoner i disse 8 er 33,9 kWh/m², men trekkes sterkt opp av to nyere borettslag. Vi kan med rimelig grunn anta at nyere norsk blokkbebyggelse, med heis og mekanisk ventilasjon som standardutrustning, har et strømforbruk til fellesfunksjoner som ligger betydelig over gjennomsnittet hos TOBB, som forvalter blokkbebyggelse hovedsakelig fra 1950- og 1960-tallet.

I mangel på mer omfattende og representative norske undersøkelser kan vi bare gjøre et grovt anslag på forbruket til fellesfunksjoner i blokker. Vi setter dette til 25 kWh/m² i 2009 og en fjerdedel mindre, 19 kWh/m², i 1990. I absolutte tall utgjør det ca. 0,5 TWh i 1990 og 1,0 TWh i 2009, gitt at boligarealet i blokk i begge åra var som vist i tabell 11. Delt på hele boligmassen blir det 2,5 kWh/m² i 1990 og 3,9 kWh/m² i 2009.

Ved siden av strømforbruket til fellesfunksjoner i blokker, har i en annen post som oftest er uoppgjort i beregninger av energibruken i husholdninger, nemlig forbruket til sirkulasjonspumper og ventilasjonsvifter i småhus. Det var i 2009 ca. 13 % av småhusa i Norge som hadde vannbåren oppvarming. Det spesifikke strømforbruket til sirkulasjonspumper i disse boligene i 2009 kan ha vært i størrelsesordenen 3 kWh/m²/år. Anslaget bygger på danske beregninger av gjennomsnittlig årlig strømforbruk til nye sirkulasjonspumper (IT Energy 2008) som viser at det falt fra 560 kWh/år for pumper produsert i 1970 til 245 kWh/år for pumper produsert i 2006. Ligger det gjennomsnittlige forbruket til dagens norske bestand av sirkulasjonspumper på 400 kWh/år (som tilsvarer det danske markedssnittet for pumper fra perioden 1995-2000) så utgjør det 3 kWh/år for småhus av gjennomsnittlig størrelse i Norge som har vannbåren oppvarming. Utlignet på hele boligmassen i Norge blir dette likevel mindre enn 0,4 kWh/m²/år. Vi ser bort fra forbruket til sirkulasjonspumper i videre beregninger, hvilket i praksis betyr at vi lar dem gå inn i samme sekkepost som direkte bruk av elektrisitet til oppvarming. Forbruket til mekanisk ventilasjon i småhus er utvilsomt økende, men foreløpig lite. Også denne posten ser vi bort fra i videre beregninger vedrørende den historiske utviklinga.

3.7 Oppvarmingssystem

Samlet forbruk og valg av forutsetninger om virkningsgrader og energitap

Hvor mye energi som må benyttes for å oppnå en viss ønsket innetemperatur avhenger, når husets egenskaper og utstyr ellers er gitt, av hvilke energibærere som velges til oppvarming og hvilke teknologier som brukes for å utnytte dem. Om dette gir energistatistikken delvis opplysning. Vi har tall for forbrukte mengder av ulike brensel i husholdningene, og kan i perioden 1990-2009 gå ut fra at disse praktisk talt i sin helhet ble brukt til romoppvarming. Den siste forutsetningen holder også med god tilnærming tilbake til 1970. Om miksen av forbrenningsteknologier og deres virkningsgrader til enhver tid har vi litt mer omtrentlig kunnskap. - Vi har også statistikk over husholdningenes bruk av fjernvarme, som må splittes skjønnsmessig mellom vann- og romoppvarming.

De store usikkerhetene gjelder bruken av direktevirkende elektrisitet og av varmepumper til oppvarming. Her kan ikke statistikk over energileveranser fortelle oss noe, ettersom den ikke skjelder mellom strøm som gikk til direkte romoppvarming, til varmepumper, til varmtvannsberedere og til el-spesifikke formål. Summen av strømforbruk til direkte romoppvarming og varmepumper blir en residual, etter at forbruket til varmtvannsberedere og el-spesifikke formål er anslått, noe vi gjort i de foregående kapitelen. (Det gjenstår å fordele forbruket til varmtvann på fjernvarme og strøm). Usikkerheten om bruk av elektrisitet til oppvarming har ikke stor betydning for muligheten til å beregne hvordan *energitap* gjennom oppvarmingssystemene har utviklet seg. Tapene er knyttet til bruk av brensel og fjernvarme. Det som derimot har vesentlig betydning i 2009, og som er omgitt av større usikkerhet, er strømforbruket til og varmebidraget fra varmepumper.

Tabell 29 viser forbruket av brensel og fjernvarme i boligene fra 1970-2009. Tallene for 1970 er fra Bartlett (1993). De for seinere år er fra Energiregnskapet med fradrag for forbruk i fritidsboliger. Forbruket av ved i fritidsboliger er

oppgitt av SSB til 0,96 TWh i 2009, tilsvarende 1,01 TWh temperaturkorrigert. Det er her anslått til 0,75 TWh i 1990 og 0,9 TWh i 2001 (temperaturkorrigert). Forbruket av oljeprodukt i fritidsboliger er reint skjønnsmessig anslått til 0,2 TWh i 1970 og 1990, 0,15 TWh i 2001 og 0,1 TWh i 2009. Forbruk av gass i fritidsboliger er neglisjert. 20 % av fjernvarmeforbruket er tilskrevet oppvarming av tappevann og holdt utenfor temperaturkorrigeringer. For øvrig er temperaturkorreksjonene gjort mekanisk på basis av avvik mellom normalt (1961-90) og faktisk graddagstall i de enkelte åra, uten hensyn til at vekslinger mellom kalde og milde år kan gi forskjellige utslag for forskjellige energibærere til oppvarming.

Tabell 29 Temperaturkorrigert forbruk av brensel og fjernvarme i *helårsboliger*. GWh. Kilde: SSB, Energiregnskapet (med egne fradrag for forbruk i fritidsboliger). Tall for 1970 etter Bartlett (1993).

Energibærere	1970	1990	2001	2009
Trebrensel	4 100	5 748	6 019	6 498
Kull og koks		80	19	4
Fyringsolje og tungdestillat	9 700	3 371	1 611	948
Fyringsparafin		2 100	1 362	542
LPG og tungolje		49	85	161
Naturgass	30*	0	24	42
Fjernvarme	-	319	327	783
SUM	13 830	11 667	9 447	8 978
Sum per m² boligareal	117,1**	57,6	41,0	34,8

* Gjelder bygass. ** * Tallet på kvadratmeter "oppvarmet areal" per bolig i 1970 (fra tabell 1) er ved denne utregningen økt med 5,6 %. Det tilsvarer avviket mellom Bartletts (1993) tall for "oppvarmet areal" i 1990 og vårt tall for bruksareal i samme år.

Hvor store energitap skjuler det seg i disse tallene? Det avhenger av konverteringsteknologiene, som ikke har vært konstante. Det avhenger også av brukernes atferd, særlig ved vedfyring, men vi har intet grunnlag for å anta annet enn at denne faktoren har vært konstant. Tabell 30 under viser anslag for virkningsgraden til forskjellige fyringsteknologier fra Magnussen m.fl. (2009) og ifølge NS 3031. NS 3031 inkluderer tall for systemvirkningsgrad som ikke bare tar hensyn til tap via pipe og fra eventuelt fordelingsystem, men også til "reguleringstap", altså til varme som tilføres oppvarmede rom men der noe av den oppleves som unyttig fordi det i perioder kommer mer enn ønskelig eller fordi varmen ikke fordeles optimalt i den delen av boligen utstyret er beregnet på å varme opp. Alle tall i NS 3031 gjelder nytt utstyr. Systemvirkningsgrader etter reguleringstap er satt i parentes. Vi har også tatt med de virkningsgradene SSB regnet med i 1990.

Tabell 30 Virkningsgrader for energibærere og -teknologier i boliger

Energibærere	Magnussen m.fl. (2011)	NS 3031 (2007)	SSB (1990)
Naturgass og LPG	0,95	0,90 (0,77-0,86)	0,95
Parafin	0,75	0,85 (0,77)	0,75
Fyringsolje	0,80		0,70 (0,55 før 1986)
Ved i peis	0,15	0,60 (0,39)	0,65
Ved i gammel ovn	0,50	-	
Ved i ny ovn	0,75	0,80 (0,64)	
Pellets, briketter	0,85	0,85 (0,73-0,77)	-
Kull og koks	-	-	0,60
Fjernvarme	0,85	0,93 (0,84)	-

Her vil vi legge til grunn de virkningsgradene som er vist i tabell 31 på neste side. De tar ikke hensyn til reguleringstap, som er med på å heve innetemperaturen selv om det måtte være på uønsket vis. Ifølge SSB hadde 44 % av vedovnene i 2009 "ny teknologi"²⁰. I tabell 31 er det lagt til grunn at ovner med gammel teknologi har noe lavere virkningsgrad enn Magnussen m.fl. (2011) forutsetter, men høyere enn hva SSB har regnet med.

²⁰ <http://www.ssb.no/vis/magasinet/miljo/art-2010-06-28-01.html>

Tabell 31 Forutsatte virkningsgrader for brensel og fjernvarme ved videre beregninger

Energibærer	1970	1990	2001	2009
Trebrensel, kull og koks	0,55	0,60	0,63	0,66
Fyringsolje og tungdestillat	0,65	0,75	0,80	0,80
Fyringsparafin		0,75	0,75	0,75
LPG og tungolje	-	0,90	0,90	0,90
Naturgass	-	0,90	0,90	0,90
Fjernvarme	-	0,90	0,90	0,90

Med virkningsgradene i tabellen ovenfor blir energitapet ved bruk av brensel og fjernvarme som vist i tabell 32 under, der totalene også er omregnet til tap per m² boligareal.

Tabell 32 Anslåtte energitap ved oppvarming. GWh totalt og kWh per m² boligareal. Kilde: Tabell 29 og Tabell 31.

Energibærer	1970	1990	2001	2009
Trebrensel	1 845	2 299	2 227	2 209
Kull og koks		32	7	1
Fyringsolje og tungdestillat	3 395	758	322	190
Fyringsparafin		480	341	136
LPG og tungolje		5	9	16
Naturgass	-*	0	2	4
Fjernvarme	-	32	33	78
SUM	5 240	3 732	2 940	2 634
SUM, kWh per m² boligareal	44,4**	18,4	12,8	10,2

* Bygass, som mest ble brukt til matlaging, neglisjeres. ** Tallet på kvadratmeter "oppvarmet areal" per bolig i 1970 (fra tabell 1) er ved denne utregningen økt med 5,6 %. Det tilsvarer avviket mellom Bartletts (1993) tall for "oppvarmet areal" i 1990 og vårt tall for bruksareal i samme år.

Endringene i fyringsvaner – så langt - forklarer definitivt ikke *trendbruddet omkring 1990* i husholdningenes energibruk. Tvert imot var reduksjonen i energitap per m² større, ikke bare absolutt men også prosentvis, fra 1970-1990 enn fra 1990-2009. Det resultatet står seg selv om det skulle være betydelige feil i våre anslag for utviklinga i virkningsgrader. Den skyldes en storstilt overgang fra oljebasert til elektrisk oppvarming mellom 1970 og 1990. Likevel kan fortsatt reduserte tap fra fyring tenkes å forklare en betydelig del av reduksjonen i energibruk per m² mellom 1990 og 2009. Stemmer tallene i tabellen ovenfor, så forklarer de 8,2 kWh/m²/år eller nøyaktig en femtedel av den samlede reduksjonen på 41 kWh/m²/år i denne perioden. En stor del av denne reduksjonen er sikker, og skyldes den fortsatte nedgangen i oljefyring. Det vesentlige usikkerhetsmomentet er hvor mye den gjennomsnittlige virkningsgraden ved fyring med trebrensel er forbedret. Dersom denne i 2009 var 63 % eller 69 % snarere enn 66 %, og virkningsgraden i 1990 fortsatt var 60 %, så blir reduksjonen i energitap fra 1990-2009 større eller mindre med nesten 1 kWh/m²/år.

Varmepumper

Mens utfasing av oljefyring og bedre teknologi ved fyring med trebrensel nok har bidratt til å redusere energitap, kan innfasing av varmepumper ha medført en *energigevinst* ved at en del av oppvarmingsbehovet blir dekket av energi som høstes fra omgivelsene uten å bli registrert i noen statistikk.

Vi har heller ingen statistikk som kan fortelle hvor mye strøm som går med til å drive varmepumper. Etter som aktiv solvarme ennå spiller en helt neglisjerbar rolle i Norge, kan vi legge til grunn at all romoppvarming som ikke skjedde med brensel eller fjernvarme skjer *enten* med direktevirkende elektrisitet *eller* med elektrisitet via varmepumpe. Det er først på 2000-tallet at varmepumper har fått merkbar betydning i den norske boligmassen. Fra 1990-1996 lå antallet solgte varmepumper på ca. 1.100 per år, for så å øke til mellom 2-3.000 fram til 1999 og noe flere i 2000 og 2001 (Grorud m.fl. 2007). Gjennombruddet kom likevel først i 2002, da salget økte til over 20.000, og 2003 da det kom opp i 55.000. Fra 2006 til 2009 lå det årlige salget enda høyere, på ca. 76.000 årlig i

gjennomsnitt. Norsk varmepumpeforening (NOVAP) anslo ved utgangen av 2009 bestanden av varmepumper til 500.000. Ifølge SSBs undersøkelse av energibruk i husholdningene i 2009 hadde da 18,5 % av boligene varmepumpe, hvilket tilsvarer 430.000 boliger.

Tabell 33 Prosentdel av boligene som hadde varmepumpe ifølge SSBs undersøkelser av energibruk i husholdningene 2001-2009

Type varmepumpe	Alle boliger				2009		
	2001	2004	2006	2009	Eneboliger*	Rekkehus m.v.	Blokker
Luft/luft VP	..	3	7	16,8	29	8	1
Andre VP	0,1	0,8	1	1,8	2	1	1
I alt	..	4	8	18,5	31	8	2
<i>Memo: andel av boligarealet i 2009</i>					65,8	18,7	15,5

* Inkludert våningshus

De aller fleste av varmepumpene i 2009 fantes altså i eneboliger. Fordi disse er større enn andre boliger, var 22,2 % av boligarealet berørt av varmepumpe i 2009, dersom vi antar at eneboligene, rekkehusene og blokkleilighetene med varmepumpe hver for seg var like store som dem uten varmepumpe. Fordi eneboliger forutsetningsvis har noe høyere energibehov per m² til romoppvarming enn andre boliger, vil vi anslå at 24 % av oppvarmingsbehovet befant seg i boliger med varmepumpe.

Det skal legges til at tallene i tabellen ovenfor gjelder boliger som hadde *egen* varmepumpe. 6 % av rekkehusene og 15 % av blokkene i 2009 hadde felles sentralfyr (utenom fjernvarme) og mindre men ukjente andeler av disse igjen hadde sentrale varmepumper. Disse varmepumpene har neppe berørt mer enn én prosent av det totale boligarealet og enda mindre av oppvarmingsbehovet, og neglisjeres i de neste avsnittene.

Spørsmålet om bruttotilskuddet fra varmepumper til oppvarming kan formuleres som et spørsmål om hvilken andel av oppvarmingsbehovet de dekker der de finnes. Dette begrenses av to forhold. For det første er varmepumpene sjelden dimensjonert til å dekke hele oppvarmingsbehovet på de kaldeste dagene i boligene der de finnes. For det andre vil luft/luftvarmepumper, som utgjør 90 % av alle, ofte ikke kunne varme opp hele boligen. Det avhenger av boligens størrelse og utforming og hvordan varmepumpa er plassert. Enova anslår at en luft/luftvarmepumpe typisk kan dekke 60 % av oppvarmingsbehovet på årsbasis, men at dette forutsetter åpen planløsning.²¹ Noen andre anslag ligger litt høyere. Andelen vil ellers ligge noe høyere for varmepumper knyttet til et vannbåret fordelingssystem, men disse er altså få. Dersom vi antar at det var 50 % av oppvarmingsbehovet i boliger med varmepumpe som ble dekt av disse i 2009, ble det ca. 12 % av det totale oppvarmingsbehovet i boligene. Klarte varmepumpene så mye som 70 % av behovet i boligene der de fantes, ble andelen av det totale oppvarmingsbehovet nærmere 17 %.

Forholdet mellom strømforbruket til varmepumpene og deres brutto oppvarmingsbidrag avhenger av den gjennomsnittlige varmefaktoren. For luft/luftvarmepumper vil denne variere etter klimasone og varmefaktoren fra dag til dag vil variere med været. Gjennom fyringssesongen og på tvers av norske klimasoner er det kanskje realistisk å regne med en gjennomsnittlig varmefaktor på 2,4. For andre typer varmepumper kan virkningsgraden være noe høyere, men for disse må det også regnes med et visst distribusjonstap i det vannbårne varmefordelingssystemet. Varmepumper kan imidlertid også benyttes til kjøling. I SSBs undersøkelse av energibruk i husholdningene i 2009 rapporterte 25 % av dem som hadde varmepumpe at de også brukte den til kjøling om sommeren. En tidligere undersøkelse (Nord-Trøndelagsforskning 2005, sitert i Grorud m.fl. 2007) viste en andel på 37 % blant dem som fikk tilskudd til å installere luft/luftvarmepumpe i 2003. Energibruken til kjøling vil vi her gjøre regning med som et fradrag i den gjennomsnittlige årsvarmefaktoren. Denne er sannsynligvis ikke særlig stor. Kjøleperioden i norsk klima – blant det mindretallet av varmepumpeeiere som overhodet benytter kjøling – er nok kort. Varmepumpenes effekt i kjøledrift er gjerne 10-20 % mindre enn i varmedrift. Er kjøleperioden til sammen én måned (fordelt på sommermånedene) og fyringsperioden typisk sju måneder, og er det én tredjedel av dem med varmepumpe som benytter kjøling, har vi ivaretatt denne energibruken ved å forutsette en *gjennomsnittlig årsvarmefaktor på 2,3*. En årsvarmefaktor på 2,3 vil si at omgivelsesvarme utgjør 57 % av brutto oppvarmingsbidraget fra varmepumper.

²¹ <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3253>

Tabell 34 Mulige andeler av det totale romoppvarmingsbehovet i norske boliger som ble dekt av varmepumper i 2009. Kilde: se teksten.

Alternativ	Del av den samlede boligmassens oppvarmingsbehov som finnes i boliger med VP	Del av oppvarmingsbehovet i boliger med VP som faktisk dekkes av VP	Del av den samlede boligmassens oppvarmingsbehov som dekkes av VP	Effektiv årsvarmefaktor	Del av den samlede boligmassens oppvarmingsbehov som dekkes av omgivelsesvarme
Lavt	24 %	50 %	12,0 %	2,3	6,8 %
Moderat	24 %	60 %	14,4 %	2,3	8,2 %
Høyt	24 %	70 %	16,8 %	2,3	9,6 %

Vi får altså at omgivelsesvarme via varmepumper i 2009 kan ha dekt fra litt i underkant av 7 til nesten 10 % av oppvarmingsbehovet i den samlede norske boligmassen. Teoretisk kan varmepumpene ha redusert den gjennomsnittlige spesifikke energibruken til romoppvarming tilsvarende, i forhold til nivået det hadde ligget på uten varmepumper. I praksis har reduksjonen neppe vært helt netto. Som vi så har sett tidligere rapporterer en stor andel av husholdningene med varmepumpe at de har økt den gjennomsnittlige innetemperaturen etter at de skaffet den. For å beregne det *absolutte* oppvarmingsbidraget fra varmepumper, og dessuten det direkte og indirekte forbruket av strøm til oppvarming, må vi først beregne hele oppvarmingsbehovet i boligene. Det krever igjen at vi oppsummerer resultatene fra flere tidligere kapittel (se under).

3.8 Samlet formålsfordeling av energibruken i helårsboliger og mulige forklaringer på utviklinga 1990-2009

Innledningsvis anslo vi at den spesifikke, temperaturkorrigerede energibruken i norske helårsboliger fra 1990 til 2009 var redusert med 19 % (eller 41 kWh/m²/år), fra 215 til 174 kWh/m²/år. I det påfølgende kapitlet har vi anslått hvor mye ulike formål kan ha bidratt til energibruken i 1990 og 2009 - og hvor mye ulike forhold kan ha bidratt til, eller tvert imot motvirket, den samlede reduksjonen. I enkelte fall er den absolutte usikkerheten liten, som regel fordi vi kan slå fast at bidraget til energibruken eller til endringen har vært lite. I de fleste fall er usikkerheten betydelig og i enkelte fall har vi så få selvstendige holdepunkt at ingen anslag er gjort. Det siste vil si at energibruken eller endringsbidraget inngår i en residual. Energibruken til direkte og indirekte elektrisk oppvarming er en slik residual. Det samme er bidragene til endring i den spesifikke energibruken fra oppgradering av klimaskallene i den eldre boligmassen, samt fra endringer i innetemperaturen.

Tabell 35 Oppsummering av anslagene gjort så langt i rapporten over temperaturkorrigert energibruk i helårsboliger, kWh/m²

Poster	1990	2009	Endring
Samlet energiforbruk			
Temperaturkorrigert energibruk (fra Tabell 8)	215,0	174,0	-41,0
(1) Herav brensel og fjernvarme* (fra Tabell 29)	57,6	34,8	-22,8
Herav elektrisitet (rest)	157,4	139,2	-18,2
Fordeling av strømforbruket			
Varmtvann er tilskrevet (fra Tabell 14)	29,2-34,0	25,1	-4,1 > -8,9
(2) Fradrag for fjernvarme til varmt vann	-0,2	-0,6	
El-spesifikke formål er tilskrevet (fra Tabell 27)	29,5-34,5	32,0-36,0	+2,5 > +1,5
Energibruk til fellesfunksjoner	2,5	3,9	+1,4
(3) Rest: elektrisitet til romoppvarming, direkte eller indirekte	96,4-86,6	78,8-74,8	-17,6 > -11,8
(1)+(2)+(3) Sum energi til romoppvarming	153,8-144,0	113,6-109,6	-40,2 > -34,4

* Inkludert fjernvarme til oppvarming av vann (0,2 kWh i 1990, 0,6 kWh i 2009).

I det videre skal vi først forsøke å løse opp den samlede energibruken i helårsboliger på formål, og dernest drøfte mulige kombinasjoner av forklaringer på endringene i spesifikk energibruk mellom 1990-2009.

Ifølge tallene i tabellen over sto romoppvarming totalt for 67-72 % av energibruken i boligene i 1990, og for 62-65 % i 2009. Det siste er en noe lavere andel av en betydelig lavere sum, og kunne ved første blick tale for at

varmebehovet per m² i boligene var nokså sterkt redusert, kanskje ved at klimaskallene var forbedret. Før vi trekker en slik konklusjon må vi imidlertid se på to forhold.

Det første forholdet er hvor mye energi som faktisk ble *nyttiggjort* til oppvarming. Når det gjelder brensel og fjernvarme, må vi trekke tallene i *Tabell 32* fra dem i tabellen ovenfor for å finne den nyttiggjorte energien. Elektrisitet brukt i panelovner blir utnyttet 100 %. Når det gjelder elektrisitet brukt i kjeler har vi et distribusjonstap, men denne størrelsen er så liten i absolutt forstand at vi neglisjerer den. Derimot må vi anslå hvor mye av elektrisiteten som i 2009 ble brukt i varmepumper, og hvor mye omgivelsesvarme som dermed ble nyttiggjort.

Netto for tap anslår vi at brensel og fjernvarme ga 24,6 kWh/m² nyttiggjort til romoppvarming i 2009. Medregnet elektrisiteten hadde vi fått 99,4-103,4 kWh/m² nyttiggjort til romoppvarming dersom all strømmen var brukt i panelovner. Men i tabell 34 har vi beregnet bidraget fra omgivelsesvarme til mellom 6,8-9,6 % av (netto) oppvarmingsbehovet i 2009. Setter vi inn de laveste tallene i begge tilfellene, får vi et totalt spesifikt oppvarmingsbehov på: $99,4/(1-0,068) = 106,7$ (kWh/m²/år). Det spesifikke bidraget fra omgivelsesvarme blir da 7,3 kWh/m²/år og brutto spesifikt oppvarmingsbidrag fra varmepumper, med en effektiv årsvarmefaktor på 2,3, blir 12,8 kWh/m²/år.

Tabell 36 under viser hvilke resultat vi får med andre forutsetninger om hvor mye av oppvarmingsbehovet varmepumper i gjennomsnitt dekker i boligene der de finnes. Første tall i hver kolonne gjelder ved det lavere anslaget for elektrisitet brukt direkte og indirekte til oppvarming, andre tall det høyere.

Tabell 36 Mulig oppvarmingsbidrag fra varmepumper. Spesifikke tall per m² av hele boligmassen.

Andel av oppvarmingsbehov som dekkes av VP der de finnes*	Oppvarmingsbehov i alt, kWh/m ² /år	Andel dekt av omgivelsesvarme	Omgivelsesvarme, kWh/m ² /år	Brutto varme fra VP, kWh/m ² /år
50 %	106,7-110,9	6,8 %	7,3-7,5	12,8-13,3
60 %	108,3-112,6	8,2 %	8,9-9,2	15,7-16,3
70 %	110,0-114,4	9,6 %	10,6-11,0	18,7-19,4

*Jf Tabell 34.

Tallene i tabellen over impliserer at mellom 5,5-8,4 kWh/m²/år i form av elektrisitet brukes til å drive varmepumper – jfr. drøftinga i forrige kapitel - der den gjennomsnittlige effektive varmefaktoren på årsbasis ble satt til 2,3.

Resten av elektrisiteten til oppvarming brukes direkte (eller via kjeler, som vi her neglisjerer). Bidraget fra omgivelsesvarme – på mellom 7,3-11,0 kWh/m²/år – er en delforklaring på at den spesifikke energibruken i boligene har falt siden 1990. I 1990 var varmepumpene i norske boliger så få at bidraget var neglisjerbart.

Brutto oppvarmingsbehovet, forstått som det ulike energibærere settes inn for å dekke, er nå anslått i siste linje i *Tabell 35*. Det utgjør likevel ikke selve *varmebehovet* i boligene. Dette definerer vi her som *summen av de varmetilskuddene, utenom gratis og passiv solvarme, som trengs for å oppnå ønsket innetemperatur*. Dette er det *andre* forholdet vi må se nærmere på før vi konkluderer med hva som kan være årsaken til at varmebehovet per m² i boligene ble redusert i perioden 1990 til 2009. For å beregne denne summen må vi først trekke fra den delen av energien i form av brensel og fjernvarme (2. linje i *Tabell 35*) som settes inn men ikke kommer til nytte. Delen som ikke kommer til nytte er beregnet i *Tabell 32*. Dernest må vi gjøre flere tillegg. Foruten av passiv solvarme - som her utelates fra regnestykket - dekkes noe av varmebehovet i boliger av varme beboerne selv avgir, noe av spillvarme fra elektriske apparat (inkludert lys og varmtvannsberedere), og noe av den omgivelsesvarmen via varmepumper som er beregnet i *Tabell 36*.

Både det spesifikke tilskuddet av personvarme og tilskuddet av spillvarme er dynamiske faktorer – de kan altså endre seg med tida. Tilskuddet av personvarme per m² vil under ellers like forhold synke når boligarealet per person øker. Potensielt større betydning har endringer i bidraget fra spillvarme. Disse virker til å dempe effekten av endringer i strømforbruket til elektriske apparat. Sagt på en annen måte, så vil en økning i spillvarmebidraget kunne være en delforklaring på at det spesifikke behovet for energi til romoppvarming har falt. Har derimot *både* spillvarmebidraget og det synlige oppvarmingsbehovet blitt redusert, betyr det tvert imot at endringer i andre faktorer, og da i første rekke klimaskallenes tilstand samt valg av innetemperatur, får mer å svare for.

NS 3031 legger til grunn at 100 % av energien til belysning og 60 % av den til elektriske apparat ellers, men ingenting av energien til varmtvannsberedere kan komme til nytte som varmetilskudd. Det kan den nødvendigvis bare gjøre iden delen av året der det ville ha foreligget et behov for oppvarming i fravær av spillvarme. Den potensielle fyringsperioden varierer selvfølgelig med sted, boligtype, boligens klimaskall og beboernes foretrukne innetemperatur, og kan i Norge spenne fra få måneder til alle 12. Her vil vi anslå den til 8 måneder i gjennomsnitt.

I denne 8-månedersperioden kan forutsetningen om at 100 % av energien til belysning kommer til nytte i prinsippet være *tilnærmet* korrekt. Utebelysning gjør det ikke. Men nytten av varme som genereres fra lamper oppunder taket avhenger også av at den ikke ventileres ut før den påvirker temperaturen i resten av luftvolumet inne. For belysning gjelder det samtidig under norske forhold at strømforbruket må antas å være størst i de månedene da det er behov for oppvarming. Dette er analysert på grunnlag av målinger i Sverige (Zimmermann 2009) som fant at ca. 78 % av forbruket til belysning fant sted i månedene september-april. Her vil vi legge til grunn at 60 % av strømmen til belysning kommer til nytte som spillvarme.

Forutsetningen i NS 3031 om at bare 60 % av strømmen til elektriske apparat ellers (utenom beredere) kan komme til nytte bygger på en antakelse om at energien som benyttes til vaskemaskiner, tørketromler og oppvaskmaskiner enten forsvinner i avløpet eller luftes ut. Etter våre tidligere anslag står imidlertid de nevnte apparatene bare for 26 % av det samlede strømforbruket til hvitevarer, og 15 % av strømforbruket til hvitevarer, elektronikk og småapparat under ett. Dessuten avgir de noe varme til lufta innendørs. På den andre sida kan elektriske apparat stå slik plassert at varmen som avgis til luft ikke kommer til nytte. Her anslår vi at 75 % av spillvarmen i 2/3 av året, altså 50 % på årsbasis, kommer til nytte i tilfellet hvitevarer, og 60 % på årsbasis i tilfellet elektronikk og småapparat.

Forutsetningen i NS 3031 om at beredere ikke bidrar med nyttig spillvarme bygger på at det oppvarmede vannet forsvinner i avløpet uten å ha bidratt til romoppvarming. Dette er nok tilnærmet riktig under dagens forhold. Beredernes varmetap til luft vil derimot bidra til oppvarming, dersom de står i en oppvarmet del av huset. Antar vi at dette gjelder for halvparten av beredere blir 1/3 av beredertapet til nyttig spillvarme. Vi kan ellers gjette på at andelen av beredere som står i oppvarmet areal er økende, i alle fall i småhus, ettersom det har blitt mindre vanlig å utstyre nye boliger med kjeller. I mangel på data om plassering av beredere vil vi legge til grunn at 1/3 av beredertapet har kommet til nytte både i 1990 og 2009. Vi beregner her ikke noe oppvarmingstilskudd fra fellesfunksjoner i blokker.

Tabell 37 viser de verdiene vi får for spillvarme i 1990 og 2009 ved å legge forutsetningene ovenfor til grunn. For personvarme er verdien fra NS 3031 lagt til grunn for 2009, men ganget med 2/3, dvs. at også denne varmen antas nyttig i 8 måneder. Tallet for 1990 er det vi får ved å ta utgangspunkt i tallet for 2009 og ta hensyn til den synkende persontettheten per m² som følger av *Tabell 7*.

Tabell 37 Anslåtte nyttige tilskudd av spillvarme og personvarme, kWh/m². Kilde: *Tabell 14, Tabell 27 og referansene vist i teksten over.*

Varmetilskudd	Moderat forbruk til belysning		Høyt forbruk til belysning	
	1990	2009	1990	2009
Spillvarme lys	6,0	4,8	9,0	7,2
Spillvarme hvitevarer	7,2	6,6	7,2	6,6
Spillvarme elektronikk m.v.	3,1	6,6	3,1	6,6
Spillvarme beredere	2,9	2,2	2,9	2,2
Personvarme	8,6	7,7	8,7	7,7
SUM	27,8	27,9	30,9	30,3
Endring i perioden		+0,1		-0,6

Etter anslagene vist i tabell 37 bidrar ikke tilskuddene av spillvarme og personvarme til å forklare en reduksjon i energibehovet til oppvarming. Sammenlagt er de nesten uendret. Vi kan nå betrakte det *samlede spesifikke* varmebehovet (ved den innetemperaturen folk faktisk har valgt).

Tabell 38 viser det spesifikke varmebehovet for alternativet med moderat strømforbruk til belysning og for mellomalternativet (60 %) for delen av oppvarmingsbehovet i boliger med varmepumpe som dekkes av varmepumpe og gitt lavt forbruk av vann per person.

Tabell 38 Samlet spesifikt varmebehov i boligene. Moderat alternativ for strømforbruk til belysning, midlere alternativ for bidrag fra varmpumper i 2009, kWh/m²

Poster	1990	2009
Bidrag fra brensel og fjernvarme, netto for tap (Tabell 35)	39,2	24,6
- bruk av fjernvarme til vannvarming (Tabell 35)	-0,2	-0,6
Nyttig spillvarme og personvarme (Tabell 37)	27,8	27,9
Direkte bruk av elektrisitet til romoppvarming (Tabell 35)	91,6-96,4*	71,7
Elektrisitet til drift av varmpumper (Tabell 36)	0,0	7,1
Netto bidrag av omgivelsesvarme fra varmpumper (Tabell 36)	0,0	9,2
SUM = brutto varmebehov	158,4-163,2	139,9

* Avhengig av forutsetninger om forbruk av varmt vann i 1990.

Beregningene vist over kan vi gjøre ut fra ulike forutsetninger. I det følgende vil vi variere forutsetningene langs tre akser (jf tabell 39 under): Del bidrag fra varmpumpe, andel strøm til belysning og forbruk av varmtvann per person.

Tabell 39 Valg av forutsetninger for ulike sammenstillinger av det spesifikke samlede varmebehovet

Andel av oppvarmingsbehov som dekkes av varmpumpe der de finnes**	Forbruk av varmt vann per person*			
	Lavt (samme i 2009 som i 1990)		Høyt (+23,5 % i 2009 i forhold til 1990)	
	Moderat strømforbruk til belysning (8 kWh/person/år i 2009) ***	Høyt strømforbruk til belysning (12 kWh/person/år i 2009) ***	Moderat strømforbruk til belysning (8 kWh/person/år i 2009) ***	Høyt strømforbruk til belysning (12 kWh/person/år i 2009) ***
Lavt (50 %)	Se Tabell 40	Se Tabell 40	Se Tabell 41	Se Tabell 41
Moderat (60 %)	Se Tabell 40	Se Tabell 40	Se Tabell 41	Se Tabell 41
Høyt (70 %)	Se Tabell 40	Se Tabell 40	Se Tabell 41	Se Tabell 41

*Jf Tabell 14. **Jf Tabell 34. Jf.*** Jf Tabell 16.

Med ulike forutsetninger om strømforbruk til belysning og bidrag fra varmpumper får vi de resultatene som er vist nedenfor; først med forutsetning om lavt forbruk av varmt vann (som tilsvarer likt forbruk i 1990 og 2009).

Tabell 40 Samlet spesifikt varmebehov under ulike forutsetninger om strømforbruk til lys og om andelen av oppvarmingsbehovet i boliger med varmpumpe som dekkes av varepumpa. Forutsatt samme forbruk av varmt vann per person i 1990 og 2009, kWh/m²/år.

Andel av oppvarming dekket av varmpumpe *	Moderat forbruk til lys				Høyt forbruk til lys			
	1990	2009	Endring	Prosent	1990	2009	Endring	Prosent
Lavt (50 %)	163,2	138,2	-25,0	-18 %	161,2	136,6	-24,6	-18 %
Moderat (60 %)	163,2	139,9	-23,3	-17 %	161,2	138,3	-22,9	-17 %
Høyt (70 %)	163,2	141,7	-21,5	-15 %	161,2	140,1	-21,1	-15 %

Tabell 41 under viser tallene hvis vi forutsetter alternativet med høyt vannforbruk per person (som tilsvarer 23,5 % høyere vannforbruk i 2009 sammenlignet med 1990).

Tabell 41 Samlet spesifikt varmebehov under ulike forutsetninger om strømforbruk til lys og om andelen av oppvarmingsbehovet i boliger med varmpumpe som dekkes av varepumpa. Forutsatt 23,5 % høyere forbruk av varmt vann per person i 1990 enn i 2009. kWh/m²/år.

Andel av oppvarming dekket av varmpumpe *	Moderat forbruk til lys				Høyt forbruk til lys			
	1990	2009	Endring	Prosent	1990	2009	Endring	Prosent
Lavt (50 %)	158,4	138,2	-20,2	-15 %	156,4	136,6	-19,8	-14 %
Moderat (60 %)	158,4	139,9	-18,5	-13 %	156,4	138,3	-18,1	-13 %
Høyt (70 %)	158,4	141,7	-16,7	-12 %	156,4	140,1	-16,3	-12 %

Tabellene over viser at valg av ulike forutsetninger om strømforbruket til belysning har *liten* betydning for det beregnede brutto varmebehovet eller for endringen i dette. Det henger sammen med at storparten av strømforbruket til lys forutsettes å bidra til å dekke varmebehovet. Noe større betydning har det å variere forutsetningene om hvor mye varme varmpumper bidro med i 2009, men heller ikke her er utslagene dramatiske. Det å sette inn ulike, plausible antakelser om hvorvidt og hvor mye forbruket av varmt vann har endret seg kan gi vel så store utslag. Når den samlede energibruken er kjent, er beregninger av andelen som bidrar til romoppvarming mer følsomme for ulike antakelser om forbruk av varmt vann enn de er for ulike antakelser om det el-spesifikke forbruket. Dette er fordi det varme vannet forsvinner i avløpet, mens det el-spesifikke forbruket gir nyttig spillvarme. *Det mest vesentlige som tabellene over forteller oss er at redusert spesifikt varmebehov i boligene minst kan forklare 40 prosent av reduksjonen i spesifikk energibruk mellom 1990 og 2009, og kanskje så mye som 60 prosent.*

Reduksjonen i totalt (temperaturkorrigert) varmebehov er resultat av endringer i (a) innetemperaturer og (b) fysiske egenskaper ved boligene, først og fremst klimaskallenes tilstand. Har innetemperaturene vært konstante, må hele endringen i varmebehov tilskrives den siste faktoren.

Dersom innetemperaturene ikke har vært konstante men *steget*, hvilket ifølge kapitel 5 virker nokså sannsynlig, så må endringer i boligens tilstand forklare *mer* enn de endringene som er vist i tabellene over. En økning på 1° C i innetemperaturen tilsvarer å øke graddagstallet med ca. 240, eller med nærmere 5,5 % når utgangspunktet er et befolkningsveid landsgjennomsnitt på 4.385 graddager. 5,5 % økning i netto oppvarmingsbehov utgjør ca. 7 kWh/m². Så mye mer må altså bygningsmessige forbedringer ha trukket varmebehovet nedover, dersom vi tror at folk i gjennomsnitt økte temperaturen med én grad mellom 1990 og 2009.

Siden vi ikke vet om eller hvor mye den gjennomsnittlige innetemperaturen har steget, vil vi ikke spekulere videre om det, men foreløpig legge til grunn at den har vært konstant og se noe nærmere på den meget store forbedringen i klimaskallenes tilstand som må ha skjedd, *selv om* innetemperaturene ikke har økt. Fordi dette framstår som den sannsynligvis viktigste delforklaringen på at spesifikk energibruk har falt betydelig fra 1990 til 2009, fortjener det en nærmere drøfting.

Vi har tidligere drøftet betydningen av at de boligene som er bygd etter 1990 har lavere spesifikk energibruk enn den eldre boligmassen. Vi fant at effekten av dette var relativt liten når den ble utlignet på hele boligmassen; bare -3 kWh/m²/år. Dette var dels fordi forskjellene i spesifikk energibruk mellom boliger fra etter 1990 og de eldre ikke var dramatisk store, og dels fordi boligene bygd etter 1990 bare utgjorde 22 % av boligmassen i 2009. Vi måtte og må ta noen forbehold mot å oversette forskjellen i spesifikk energibruk mellom den eldre og den nyeste boligmassen direkte til uttrykk for forskjeller i energiteknisk standard. Det kan tenkes at de som bor i de nyeste boligene holder noe høyere innetemperatur, og det kan tenkes at de har flere elektriske apparat. Vi antar likevel at slike effekter ikke er svært store. Tabellene over viser resultatene av ulike kombinasjoner av forutsetninger med hensyn til tre andre faktorer som kan ha bidratt til redusert spesifikk energibruk mellom 1990-2009. Vi kunne også ha variert forutsetningene om en *fjerde* faktor som med sikkerhet har bidratt vesentlig, nemlig endringer i *forbruk av brensel og fyringsteknologi*, men usikkerheten om dette er ikke stor nok til at det kunne ha gitt avgjørende utslag. Tabellene over indikerer at spesifikt varmebehov kan være redusert med mellom 16 og 25 kWh/m². Er dette riktig, og har folk *ikke* redusert innetemperaturen – noe vi holder for usannsynlig – så må bedringer i boligmassens energitekniske tilstand ha gitt minst så stor en effekt. I forhold til disse tallene kan et bidrag på 3 kWh/m² fra nybygging (og 1 kWh/m² fra riving) synes *lite*. Her er det imidlertid viktig å påpeke at de 3 kWh/m² står for effekten av at de nyeste boligene brukte mindre energi enn de eldre boligene gjorde i 2009. De eldre boligene har fått redusert varmebehovet sitt siden 1990. Tilsvarende er den spesifikke energibruken i de nyeste boligene lavere enn den som boligmassen fra før 1990 hadde anno 2009, men den er med videre margin lavere enn den spesifikke energibruken som den eldre boligmassen hadde anno 1990.

Dersom det spesifikke varmebehovet i gjennomsnitt for hele boligmassen er redusert med 16 kWh/m² fra 1990-2009, hvorav 3 kWh/m² skyldes at boliger bygd etter 1990 brukte mindre energi enn de eldre, og 1 kWh/m² skyldes riving, så følger det at resten av effekten (12 kWh/m²) kan fordeles mellom nye og eldre boliger etter deres andeler av boligarealet i 2009. Med en avrunding som slår ut lett til fordel for de nye boligene, vil det si at ytterligere 3 kWh/m² kan tilskrives de nye boligene (22 % av boligmassen i 2009). Bidraget fra nye boliger blir da til sammen 6 kWh/m². Resten, 9 kWh/m², må skyldes at *den energitekniske standarden på den eldre boligmassen er forbedret siden 1990*. Dersom det spesifikke varmebehovet for hele boligmassen er redusert ikke bare med 16, men med 25 kWh/m², blir tallene større - i så fall har de nye boligene bidratt med ca. 3+4=7 kWh/m² utlignet på

hele boligmassen i 2009, og forbedringer i de eldre med 17 kWh/m². Den siste 1 kWh/m² kommer fortsatt fra riving.

Tabell 42 Mulige bidrag til reduksjon i det spesifikke varmebehovet i boligmassen fra 1990-2009. kWh/m²/år, utlignet på hele boligmassen av 2009. Avrundede tall. Kilde: se teksten.

Bidrag fra	Type bidrag	Lav sum	Høy sum
Ny boligmasse (>1990)	Effekt av at nye bygg er mer effektive enn de eldre er i 2009	3 (2-4)*	3 (2-4)*
	Tilleggseffekt av at nye bygg dermed er enda mer effektive i forhold til hva de eldre var i 1990	3	4
Boligmassen av 1990	Effekt av oppgradering	9 (8-10)	17 (16-18)
	Effekt av riving	1	1
Sum		16	25

*Det er selvfølgelig en viss usikkerhet i tallet 3 kWh/m²/år i første rad, siden det bygger på utvalgsundersøkelser – riktignok på samlede resultat fra tre slike undersøkelser. En usikkerhet på ± 1 kWh/m²/år, når resultatet er utlignet på hele boligmassen, tilsvarer en usikkerhet på det femdobbelte i resultatene for den nyere boligmassen i undersøkelsene.

At det har skjedd betydelige energitekniske forbedringer i boligmassen fra før 1990 sannsynliggjøres ikke bare ved å analysere variasjonen i spesifikkt energibruk mellom boliger i ulike aldersklasser i dag. Det bestyrkes også om en sammenholder resultatene av SSBs undersøkelse av energibruk i husholdningene i 1990 (Ljones m.fl. 1992) med resultat fra den tilsvarende undersøkelsen i 2009. I tabell 43 under sammenlignes resultatene fra undersøkelsen i 1990 med resultat for boliger som var bygd før 1990 i undersøkelsen fra 2009. Merk at det her gjelder bare undersøkelsen fra 2009, ikke sammenslåtte resultat fra 2004-2009, som vi benyttet tidligere for å få mer robuste utvalg innenfor mer findelte aldersklasser av boliger.

Tabell 43 Spesifikk energibruk ifølge SSBs energiundersøkelser 1990 og 2009. Egne temperaturkorreksjoner (TK). kWh/m².

Bidrag fra	Eneboliger		Rekkehus		Blokkleiligheter		Alle	
	Faktisk	TK*	Faktisk	TK*	Faktisk	TK*	Faktisk	TK*
Alle boliger 1990	240	264	202	219	175	190	219	240
Boliger eldre enn 1990 i 2009**	192	199	193	199	165	170	186	192
Endring	-48	-65	-9	-20	-10	-20	-33	-48

*Ved temperaturkorreksjonene er det lagt til grunn at 65 % av energien går til romoppvarming og andelen varierer slik: 68 % i eneboliger, 60 % i rekkehus og 55 % i blokker. ** Inkluderer boliger bygd t.o.m. 1986 og 40 % av boliger bygd mellom 1987-96. Disse representerer de tre byggeåra 1987-89 (byggeaktiviteten i disse åra var høyere enn fra 1990-96).

Den spesifikke energibruken i energiundersøkelsene ligger som vi har påpekte tidligere noe høyere enn våre beregnede tall, ettersom energiundersøkelsene benytter en snevrere definisjon av boligareal enn det bruksareal som vi legger til grunn i denne rapporten. Med bruksareal som nevner skulle tallene trolig ha blitt ca. 10 % mindre i 1990 og 7 % mindre i 2009, og reduksjonen i temperaturkorrigeret forbruk i 1990 for alle boliger dermed ha falt til ca. 43 kWh/m². Det er fortsatt en litt større reduksjon i spesifikkt energibruk – i den eldre boligmassen – enn vi har beregnet for hele boligmassen, som i 2009 inkluderer et tilskudd av nye boliger. Dette er nok ikke mulig – de nye boligene brukte, som før vist, litt mindre energi per kvadratmeter enn de eldre gjorde i 2009. Den forskjellen gir altså etter våre beregninger et utslag på 3 kWh/m² når den utlignes på hele boligmassen av 2009. Uten den skulle den spesifikke energibruken ha falt med 38 kWh/m². Det er tross alt ikke mer forskjellig fra det sammenligningen av de to energiundersøkelsene viser, enn at det kan skyldes mindre utvalgs- og målefeil i den ene av eller begge disse. Sammenligningen av resultatene fra 1990 og 2009 understøtter den konklusjonen at reduksjonen i spesifikkt energibruk i den eldre boligmassen har vært stor og står for det meste av den reduksjonen vi kan se i boligmassen under ett.

Reduksjonen er ellers klart størst i eneboliger, der den trolig hadde blitt like under 60 kWh/m² med bruksareal som nevner. En del av det utslaget kan tilskrives det faktum at det er i eneboliger at varmepumper, så vel som endrede fyringsvaner ellers, har redusert energibruken mest mellom 1990-2009. Dette rekkes likevel langt fra til å forklare hele utslaget. I eneboliger kan varmepumper ha gitt et bidrag på 10-15 kWh/m² og endrede fyringsvaner 9-11 kWh/m². I den grad forbruket til vannoppvarming er redusert, og det gjelder på tvers av boligtyper, så er

utslaget i energibruken *per kvadratmeter* trolig mindre for eneboliger enn for andre boliger. I korthet tyder tallene på at det *særlig* i eldre eneboliger må ha skjedd en betydelig oppgradering av klimaskallene etter 1990.

Tabell 44 under oppsummerer våre anslag for hvordan ulike faktorer kan ha bidratt til – eller dempet – reduksjonen i spesifikk energibruk mellom 1990 og 2009.

Tabell 44 Mulige bidrag til endring i den temperaturkorrigerte spesifikke energibruken i hele boligmassen 1990-2009

Faktorer	Sannsynlig endring	
	kWh/m ² /år	Andel av sum
Endringer i boligmassens gjennomsnittlige varmetekniske tilstand som følge av oppgraderinger Jfr. Tabell 42	-8 til -18	-20 % til -44 %
Bidrag fra varmepumper (omgivelsesvarme) Jfr. Tabell 36	-7 til -11	-17 % til -27 %
Mindre energitap ved bruk av brensel og fjernvarme Jfr. Tabell 32	-7 til -9	-17 % til -22 %
Redusert energibruk til vannvarming Jfr. Tabell 14	-4 til -9	-10 % til -22 %
Endringer i boligmassens gjennomsnittlige varmetekniske tilstand gjennom nybygging Tabell 42	-5 til -8	-12 % til -20 %
• Herav forbedring <i>ut over det oppnådd i boligmassen som eksisterte i 1990</i>	-2 til -4	-5 % til -10 %
Riving	-1	-2 %
Endring i tilskudd av personvarme og spillvarme Jfr. Tabell 37	Nær 0	0 %
Endringer i boligmassens sammensetning (miks av bygningstyper)	Nær 0	0 %
Økning i innetemperatur*	0?	0 %?
Økt energibruk til fellesfunksjoner i blokker	+1 til +2	+2 % til +5 %
Økt energibruk til el-spesifikke formål Jfr. Tabell 25	+1 til +3	+2 % til +7 %
SUM	-41	100 %

* Dersom denne posten er større enn 0 må de to negative postene nærmest ovenfor i sum være tilsvarende større.

Vi ser at det er tre faktorer - ved siden av bygningsmessige endringer - som kan ha trukket den spesifikke energibruken vesentlig nedover. Det er den økende bruken av varmepumper, reduserte tap ved olje- og vedfyring og mindre energibruk til oppvarming av tappevann – kanskje men ikke nødvendigvis i den rekkefølgen. De to første av de tre faktorene har trolig hatt omtrent like stor betydning. Betydningen av energibruken til varmt vann er mer usikker. Andre faktorer har – i alle fall på dette oppløsningsnivået – betydd mindre. Utslagene for belysning og hvitevarer til sammen på den ene sida, og for elektronikk og småapparat på den andre – utslag som har motsatte fortegn – vil likevel hver for seg være noe større enn det samlede utslaget for el-spesifikt forbruk.

Det er likevel *forbedringer i boligmassens energitekniske tilstand* som har betydd aller mest for utviklinga. Her er det et vesentlig resultat at oppgraderinger av den *eksisterende* boligmassen trolig har betydd vesentlig *mer* enn utskifting gjennom riving og nybygging. *Sammenligningen mellom resultatene fra SSBs energiundersøkelser i 1990 og 2009 taler for at bidraget fra oppgraderinger av den eldre boligmassen mer trolig ligger i den høye enn den lave enden av intervallet som tabellen ovenfor viser.* Det betyr i så fall at flere av de andre bidragene til redusert spesifikk energibruk må ligge nærmere den lave enn den høye enden av sine intervaller.

Sammenligningen mellom energiundersøkelsene av 1990 og 2009 tyder også på at størsteparten av effekten av bygningsmessige enøk-tiltak må ha kommet i *eneboliger*. Da er det også trolig at de i stor grad har skjedd gjennom *inkrementelle* enøk-tiltak, og *ikke* gjennom rehabiliteringer som har vært styrt av energikravene i de tekniske forskriftene til Plan- og bygningslova. Slike fullstendige rehabiliteringer er mindre vanlige i eneboliger enn i flerbolighus.

Det er mulig at den høyere varmetekniske standarden til nye boliger isolert sett betyr litt mer enn hva tabellen kan indikere, men at effekten dempes ved at beboerne i disse boligene holder høyere innetemperatur enn dem i den eldre boligmassen. Dersom det holdes 1° høyere temperatur i boligene fra etter 1990 enn i eldre boliger, minsker dette deres bidrag til å redusere den *gjennomsnittlige* spesifikke energibruken i *hele boligmassen* med ca. 1,5 kWh/m²/år. Dette vet vi imidlertid ikke noe om.

Drøftinga fra de foregående kapitlene og fram til dette punkt har handlet om å forklare hvorfor den *temperaturkorrigerte* og *arealspesifikke* energibruken i norske helårsboliger har falt i tida etter 1990. Spør en etter grunner til at den *faktiske* og *absolutte* energibruken viser en annen trend etter 1990 enn tidligere, er likevel to andre moment vesentlige i tillegg til fallet i den temperaturkorrigerte, spesifikke energibruken.

Det første er at det har blitt *varmere ute*. Tabell 45 under viser det gjennomsnittlige avviket mellom temperaturkorrigert og faktisk energibruk på 1980-, 1990- og 2000-tallet, når vi legger til grunn at 65 % av energibruken er temperaturavhengig. Det er altså et sammendrag av informasjonen i *Figur 3*.

Tabell 45 Gjennomsnittlig avvik mellom temperaturkorrigert og faktisk energibruk i husholdningene, tiårsperioder 1980-2009. TWh/år og prosent av faktisk energibruk.

Periode	Temperaturkorrigert minus faktisk energibruk - årlig gjennomsnitt	
	TWh	Prosent
1980-1989	- 0,53	-1,3
1990-1999	+0,94	+2,2
2000-2009	+2,38	+5,3

Fra 1980-tallet til 2000-tallet må vi altså regne med at den faktiske spesifikke energibruken har falt 6-7 % mer enn den temperaturkorrigerede. Dette forholdet gjelder som vi tidligere har påpekt ikke når vi ser på reduksjonen mellom enkeltåra 1990 og 2009 (jfr. *Tabell 8*), ettersom 1990 var et eksepsjonelt mildt år. Men om utgangspunktet er en 30-årskurve over faktisk energibruk i husholdningene, er det vesentlig å være oppmerksom på at en del av utføringen en ser er en effekt av høyere temperaturer. Seks prosent av den spesifikke energibruken i norske helårsboliger i 2009 utgjør 10 kWh/m², altså en effekt av samme størrelsesorden som utbredelsen av varmpumper og endringer i fyringsvaner ellers hver for seg har hatt i perioden etter 1990.

Den andre faktoren vi ikke må glemme er den *mye langsommere veksten i boligareal per person i perioden etter 1990 enn i tiåra før*. Hadde boligarealet per person mellom 1990-2009 vokst i samme tempo som fra 1970-1990, så hadde det i 2009 vært på 350 millioner m², altså 36 % større enn det faktisk var. Selv om de nybygde boligene også da hadde vært noe mer energieffektive enn de eldre, så måtte vi ha regnet med at energibruken i husholdningene hadde ligget om lag en fjerdedel høyere enn det faktiske nivået i 2009. *Den langsommere veksten i boligareal per person er den desidert viktigste av alle faktorer som har trukket kurven over energibruk i husholdningene nedover.*

Endelig er det én faktor som vi ennå ikke har drøftet nærmere, selv om det allerede er påpekt at den har trukket den samlede energibruken i husholdninger noe oppover. Det gjelder energibruken i fritidsboliger, som vi skal se kort på i neste kapittel.

3.9 Energibruk i fritidsboliger

Energibruken i norske fritidsboliger er langt mindre studert enn den i helårsboliger. Vi har slett ikke grunnlag for å drøfte hvordan den fordeler seg på formål. De relevante data som finnes gjelder utviklinga i antall og areal av fritidsboliger samt forbruket av de viktigste energibærerne i sum (ikke fordelt på formål). Selv på disse to områdene er det vesentlige kunnskapshull.

Antall og areal av fritidsboliger

Fra tida før 2000 eksisterer det bare to statistiske holdepunkt for bestanden av fritidsboliger i Norge. Det ene er SSBs Forbruksundersøkelser, som fra 1973 inneholdt et spørsmål om hvorvidt husholdningene hadde fritidshus. I 1973 svarte 18 % at de hadde det. I påfølgende undersøkelser fra 1977-79 til 1996-98 lå andelen stabilt på 22 ± 1 %.²² Det kunne indikere at antallet fritidsboliger gjennom 1980- og 1990-åra økte parallelt med antall husholdninger, men det trenger ikke bety det. Det forekommer både at samme husholdning har mer enn én fritidsbolig og at flere har én på deling.

Én enkelt Folke- og bolig telling – i 1970 – inneholdt spørsmål om fritidsboliger. På det tidspunktet fantes det 190.000 av dem i Norge. Sammenholder vi antallet husholdninger i 1970 (1,286 millioner) med andelen som oppga å ha fritidsbolig i Forbruksundersøkelsen 1973, skulle det ha vært 230.000 husholdninger. Var Forbruksundersøkelsens resultat riktig, eller var det for lavt – allerede i neste undersøkelse lå det altså høyere – så taler det for at det er flere husholdninger som har fritidsbolig på deling, enn husholdninger som har mer enn én alene.

²² <http://www.ssb.no/histstat/aarbok/ht-0502-221.html>

Først fra 2001 har SSB en årlig tidsserie over antallet fritidsboliger.²³ Tallene ved inngangen til 2001 og 2010 er vist i *Tabell 7* (som tall ved utgangen av 2000 og 2009).

Tabell 46 Antall fritidsboliger i Norge, 2000 og 2009. Kilde: SSB

Type fritidsbolig	2000	2009
Hytte, sommerhus o.l.	354 060	398 884
Helårsbolig/våningshus brukt som fritidsbolig	23 267	30 209
I alt	377 327	429 093

Dersom vi antar at tallet på fritidsboliger fra FoB 1970 er sammenlignbart med totalen for 2000 ovenfor, så økte tallet på fritidsboliger i den mellomliggende perioden med 2 % årlig, mot 1,5 % årlig fra 2000-2009.

Fra 1983 har Byggearealstatistikken årlige oppgaver over både antall og areal av *nybygde* fritidsboliger²⁴. Tabell 47 under viser antallet og arealet av fullførte fritidsboliger i tre perioder.

Tabell 47 Antall og areal av fullførte nye fritidsboliger, 1983-2009. Kilde: SSB.

Periode	Antall	Areal i alt, 1000 m ²	Gjennomsnittlig areal, m ²
1983-90	20 129	1 263	62,7
1991-2000	29 675	2 028	68,3
2001-2009	42 292	3 723	88,0
SUM	92 096	7 014	76,2

Antallet nybygde fritidsboliger 2001-2009 avviker bare svakt fra differansen mellom bestandstallene for "hytter, sommerhus og lignende" i 2000 og 2009 fra forrige tabell. Skal bestandstall for 2000 og nybyggingstallene fra 1983-2000 forlikes med oppgavene over fritidsboliger i FoB 1970, må hyttebyggingen mellom 1970-1983 ha skjedd i svært høyt tempo – ca. 9.000 hytter årlig – men dette må holdes åpent i mangel på data fra perioden. Størrelse på de nybygde fritidsboligene har som en ser økt med tida. Vi har ingen data om størrelsen på fritidsboligene fra før 1983, men alminnelig observasjon taler nok for at en stor del av den eldre bestanden er relativt små hytter, og at trenden mot økende areal per enhet kan gå lengre tilbake enn til 1980-åra. Arealet av "hytter, sommerhus o.l." bygd fra 1983-2009 utgjør altså 7,0 mill. m², om vi for enkelhets skyld forutsetter at ingen av dem seinere er endret eller revet. Godtar vi at bestanden av eldre fritidsboliger (fra 1982 og før) i denne kategorien i 2009 var lik differansen mellom tallet i *Tabell 46* og nybyggingen 1983-2009, og antar vi at disse eldre hyttene var på 50 m² i gjennomsnitt, så utgjorde de 15,3 millioner m². Antar vi videre at tidligere helårsboliger brukt som fritidsboliger var på 100 m² i gjennomsnitt, samt at tilveksten i denne kategorien var omtrent like stor fra 1990-2000 som fra 2000-2009, så får vi den utviklinga i arealet av fritidsboliger som er vist i tabell 48 under.

Tabell 48 Mulig utvikling i antall og areal av fritidsboliger i bestanden, 1990-2009.

Typer fritidshus	År	Antall	Areal i alt, mill. m ²	Årlig vekst i perioden
Hytter, sommerhus o.l.	1990	324 000	16,6	-
	2000	354 060	18,6	+1,2
	2009	398 884	22,3	+2,1
Tidligere helårsboliger	1990	16 000	1,6	-
	2000	23 267	2,3	+ 3,8 %
	2009	30 209	3,0	+ 2,8 %
I alt	1990	340 000	18,2	-
	2000	377 327	20,9	+1,4 %
	2009	429 093	25,3	+2,0 %

²³ Statistikkbanken, tabell 03174.

²⁴ Statistikkbanken, tabell 06952.

Etter disse anslagene, der særlig det som gjelder tidligere helårsboliger er usikkert, har vi en vekst på 39 % i arealet av fritidsboliger fra 1990-2009. Det er høyere enn veksten vi har beregnet i arealet av helårsboliger (29 %), men ikke direkte dramatisk høyere. Energibruken i fritidsboliger har likevel utviklet seg annerledes enn arealet.

Energibruken i fritidsboliger

SSB har beregnet forbruket av *elektrisitet* i fritidsboliger tilbake til 1990²⁵. Tabell 49 under viser utviklinga. Tallene er ikke forsøkt temperaturkorrigert, da vi ikke har noe grunnlag for å anslå hvor mye av strømforbruket i fritidsboliger som går til oppvarming,

Tabell 49 Forbruk av elektrisitet i fritidsboliger, 1990-2009. GWh. Kilde: SSB.

År	Energibruk
1990	674
2001	1 128
2009	1 633

Det har etter disse tallene vært en vekst på 142 % i strømforbruket i fritidsboliger fra 1990-2009, noe som langt overgår veksten i deres areal. En første mulig forklaring på dette kunne være at antallet og arealet av hytter med tilkoping til elektrisitetsnettet har økt mer enn antallet og arealet av hytter under ett. Dette er utvilsomt tilfellet. Det er i dag vanskelig å få tillatelse til å oppføre hytter langt fra andre og langt fra veg og kraftnett. De aller fleste hyttene fra etter 1990 har hatt strøm fra Dag 1, men en del av den eldre bestanden ikke har det. Ifølge Buskerud fylkeskommune (2007) var det i 2003 235.000 av 364.000 hytter som hadde strømabonnement. Totaltallet samsvarer godt med tallene på "hytter, sommerhus o.l." i tabellene ovenfor. Nesten alle tidligere helårsboliger som benyttes til fritidsbolig må antas å ha innlagt strøm. Ifølge Magnussen m.fl. (2011) har antallet fritidsboliger uten strøm sunket noe gjennom 2000-tallet og utgjorde i 2009 ca. 100.000. Om antallet hytter uten strøm har falt fra 150.000 i 1990 til 100.000 i 2009, og disse eldre hyttene har et gjennomsnittlig areal på 50 m², så innebærer anslagene i *Tabell 48* at arealet av fritidsboliger med innlagt strøm har økt med 90 % fra 1990-2009. Noen eldre hytter er nok også tilkoplede elektrisitetsnettet i perioden.

Likevel er det nokså klart at strømforbruket har økt mer enn arealet av hytter med tilkoping til nettet. Det kan skyldes at de nye hyttene som er oppført i perioden i høyere grad enn de eldre er utformet og utrustet med tanke på bruksvaner som innebærer høyt strømforbruk. Det kan også skyldes at nye eller gamle eiere av eldre hytter har fått nye preferanser når det gjelder livet på hytta og dermed utrustningen i den. Trolig gjør begge faktorene seg gjeldende, men i mangel på mer inngående studier kan vi ikke si hvor mye hver av dem har betydd. Vi kan altså heller ikke si hvordan veksten i strømforbruket fordeler seg på formål.

Om forbruket av andre energibærere vet vi enda mindre. SSB beregner nå årlig vedforbruket i fritidsboliger, men tidsserien går bare tilbake til 2006. For 2009 er vedforbruket estimert til 0,96 TWh. Dette kan temperaturkorrigeres, om vi gjør den bare tilnærmet riktige forutsetningen at alt benyttes til oppvarming (i virkeligheten benyttes noe til matlaging, fremst i hyttene uten strøm). Det temperaturkorrigerede forbruket i 2009 blir da 1,01 TWh. For tidligere år kan vi bare gjette på om vedforbruket i grove trekk har fulgt utviklinga i arealet av fritidsboliger, om noe av det er fortrent av elektrisitet, eller om det også har skjedd noe substitusjon fra oljeprodukt til ved. Ved beregningene i tidligere kapittel, der vi har hatt behov for å trekke fra energibruken i fritidsboliger for å komme fram til tall for heltidsboliger, har vi antatt at også vedforbruket i de førstnevnte har steget – fra 0,75 TWh i 1990 til 0,9 TWh i 2001 og altså 1,01 TWh i 2009 (temperaturkorrigerede tall).

Om forbruket av oljeprodukt og flaskegass i fritidsboliger har vi ingen statistiske data. Det er likevel nokså sikkert at forbruket av parafin til belysning i hytter uten nettilkoping har sunket ettersom det er fortrent av solceller, og sannsynlig at oljeprodukt til oppvarming har tapt terreng i fritids- som i helårsboliger. I beregninger her har vi gjettest at forbruket av fossile energibærere i fritidsboliger har falt fra 0,2 TWh i 1990 til 0,15 i 2001 og 0,1 i 2009. Her er ikke bare utviklinga men også nivået i utgangspunktet svært usikkert.

Skulle anslagene og gjetningene i avsnittene nærmest ovenfor stemme vil det si at energibruken totalt i fritidsboliger har økt fra (avrundet) 1,6 TWh i 1990 til 2,7 TWh i 2009, eller med ca. 70 %. Det er en betydelig

²⁵ <http://www.ssb.no/emner/01/03/10/husenergi/tab-2011-04-19-09.html>. Tallene er oppgitt per husholdning, og er i tabellen vår ganget med antall husholdninger ved Folke- og boligtellningene i 1990 og 2001. Tallet for 2009 er tatt direkte fra Statistikkbanken, tabell 06926.

mindre relativ økning enn i strømforbruket. At økningen for elektrisitet i fritidsboliger har vært sterkere enn for energi under ett er overveiende sannsynlig. Likevel er det sannsynlig at også den samlede energibruken i fritidsboliger har økt mer enn arealet.

Estimatet for 2009 er nærmest en nedre grense, ettersom vi her anslår svært lite forbruk av fossile energibærere og avrundinga dessuten er nedover. Likevel innebærer det, sammenholdt med arealanslaget i *Tabell 48*, at den spesifikke energibruken i fritidsboliger lå på hele 107 kWh/m², hvilket er over 60 % av nivået i helårsboliger og påfallende høyt med tanke på at mange fritidsboliger bare brukes få uker i året. Ennå står fritidsboligene etter dette anslaget bare for 6 % av husholdningenes energibruk. Om trenden er så klart stigende som vi anslår, taler det likevel for at denne delen av energibruken fortjener økt oppmerksomhet og mer inngående analyser.

4 Indirekte drivere for energibruken i husholdninger

4.1 Innledning

I de tidligere kapitlene i denne rapporten har vi forsøkt å beskrive hvordan ulike faktorer *direkte* har – eller kan ha – påvirket energibruken i norske husholdninger fra 1990-2009. Som ledd i dette prosjektet er det også utviklet en modell beregnet til bruk ved framskriving av utviklinga i energibruken i husholdninger. Modelleringen forutsetter at utviklinga i de faktorene som direkte påvirker energibruken (for eksempel boligarealet, klimaskallenes tilstand, forbruket av varmt vann, den årlige energibruken per kvadratmeter til belysning og valget av oppvarmingsystem) enten bestemmes av modellbruker eller gjøres kausalt avhengig av andre, bakenforliggende drivere i modellen.

Det er en rekke bakenforliggende forhold som må antas både å ha påvirket den historiske utviklinga og å ville påvirke utviklinga framover. De viktigste kan trolig deles inn i seks hovedkategorier:

1. Endringer i ytre miljøforhold

Den ytre miljøfaktoren som mest opplagt påvirker energibruken i husholdninger er omgivelsestemperaturen. Virkningen av denne faktoren på den historiske utviklinga er forsøkt eliminert fra storparten av beregningene og drøftingene ovenfor, ved at det er brukt temperaturkorrigerede tall for energibruken. Virkningen er samtidig anskueliggjort i figur 1 og i tabell 45 med tilhørende kommentarer. Fortsetter trenden mot varmere klima, vil det påvirke utviklinga i energibruken også i framtida.

2. Demografiske endringer

Ikke bare endringer i det samlede folketallet, men også i antallet husholdninger (og dermed boliger) som befolkningen fordeler seg på, samt i befolkningens sammensetning og bosettingsmønster, kan påvirke de direkte driverne for energibruken.

3. Økonomiske forhold

Vi kan anta at en rekke direkte drivere påvirkes av forholdet mellom inntektsnivået i samfunnet og prisene både på boliger, på energibrukende utstyr og på energivarer som sådanne. Vi kan også anta at direkte drivere påvirkes av *relative* priser, dels på ulike konkurrerende energivarer, og dels på boliger og energibrukende utstyr versus andre goder folk kan velge å bruke pengene på.

4. Teknologisk utvikling

Den egentlig bakenforliggende driveren her kan forstås som det at enkeltoppfinnere, FoU-avdelinger i bedrifter, forskningsinstitutt og andre stadig bringer fram nye konsepter og produkter. Det kan være tale om ting som bidrar til økt energieffektivitet, eksempelvis lavemisjonsbelegg på vinduer, sparepærer, mer driftssikre varmepumper eller mer brukervennlige sparedusjer. Det kan også være tale om nye typer energibrukende utstyr, som – gitt at folk har lyst og kjøpekraft til å anskaffe det – har motsatt vektor mtp. energibruken. Den *realiserte* teknologiske utviklinga er derimot allerede uttrykt gjennom, eller innbakt i, ulike direkte drivere. Den realiserte boligteknologiske utviklinga kommer til uttrykk i klimaskallenes faktiske tilstand. Den realiserte teknologiske utviklinga i lyskilders energieffektivitet er innbakt i energibruken per m² til belysning – og styrer denne fullt og helt dersom særlig driver nr. 5 nedenfor er uvirksom.

5. Endringer i kunnskaper, holdninger og preferanser

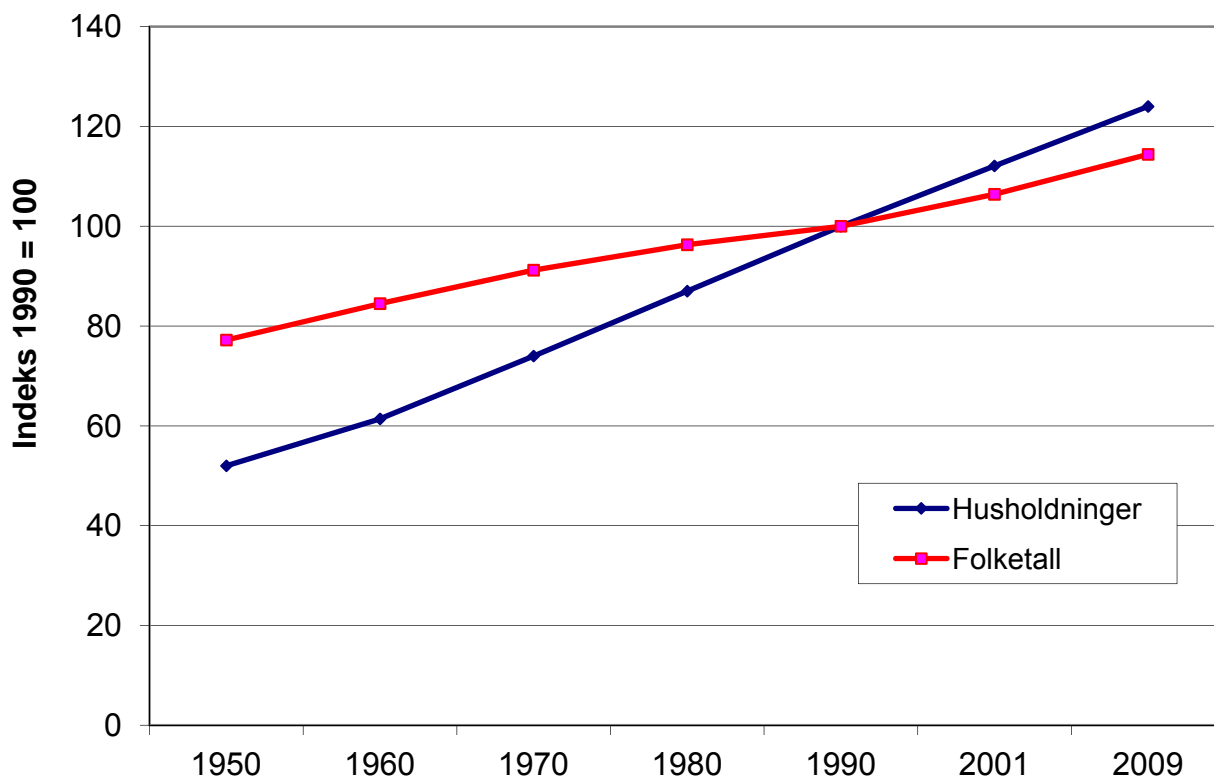
Dersom boligens egenskaper og utrustning er gitt vil forhold som innetemperatur, forbruk av varmt vann og brukstid for elektriske apparat fortsatt være høyst avhengig av beboernes atferd. Den kan igjen forstås som styrt av både *kunnskaper* (mestrer jeg nattsenkingsfunksjonen?), *holdninger* (bryr jeg meg om å spare energi?) og *preferanser* (trives jeg med temperatur på 18° eller 25°?). På et annet plan kan både kunnskaper, holdninger og preferanser også styre valget av bolig og utrustning. (Skjønner jeg hva energimerkingen står for? Bryr jeg meg i så fall om det? Legger jeg mest vekt på kjøleskapets strømforbruk, eller hvor vidt det passer estetisk til resten av det nye kjøkkenet?). For at endringer i slike forhold skal utgjøre en *driver* for energibruken må de selvfølgelig ikke bare endre seg med tilfeldig vekslende fortegn hos individer, men ha en vektor når en betrakter gjennomsnittet av befolkningen.

6. Politiske virkemiddel

Denne driveren står i en stilling for seg ettersom den virker først og fremst ved å påvirke noen av dem som allerede er nevnt. *Norske* politiske virkemiddel må riktignok antas å ha nokså liten påvirkningskraft overfor nr. 1 (det kan derimot globale klimaavtaler ha) etter overfor den egentlig bakenforliggende teknologiske utviklinga, siden lite av det FoU-arbeidet som fører til at mer energieffektive vinduer eller vaskemaskiner kommer på det norske markedet, skjer i Norge. Politiske virkemiddel *kan* ha en viss innvirkning på den demografiske utviklinga, men virkemiddel som griper inn i den har hittil aldri vært energipolitisk motivert. Derimot brukes politiske virkemiddel bevisst for å påvirke absolutte og relative priser på energivarer og enøk-tiltak (avgifter og støtteordninger) for å regulere teknologi*valg* (byggeforskrifter, standarder, påbud og forbud) og for å påvirke kunnskaper samt i noen grad holdninger (merkeordninger, informasjonstilbud, kampanjer). Ut over dette kan politiske vedtak ha direkte betydning for omfanget av boligbygging og miksen av bygningstyper blant nye boliger. Vanskelighetsgraden ved *kvantifisere* både de bakenforliggende driverne som sådanne, og sammenhengene mellom disse og direkte drivere for energibruken, er stigende etter som vi beveger oss fra nr. 1 til nr. 5 ovenfor. Det gjelder i alle fall så lenge vi betrakter "den teknologiske utviklinga" som de umiddelbare resultatene av FoU-aktivitet. Nr. 6 står i en særstilling ettersom den i hovedsak må plasseres enda lenger bak i kausalitetskjeden. Nedenfor vil vi drøfte hvor langt det er mulig å peke på sammenhenger mellom bakenforliggende drivere og den historiske utviklinga, særlig i perioden 1990-2009. Vi forbigår nr. 1 her, ettersom sammenhengen mellom temperaturutvikling og spesifikk energibruk allerede er kommentert.

4.2 Demografiske drivere og utviklinga 1990-2009

Det er nokså åpenbart slik at flere mennesker vil tendere til å etterspørre mer boligareal. Betrakter vi – som SSB gjør - en privathusholdning som de menneskene som deler en bolig, blir det også definisjonsmessig slik at økning i antall husholdninger betyr at det må bli flere boliger. Med mindre det siste løses ved å dele opp eksisterende boliger i flere enheter, må da også boligarealet utvides ved nybygging. Figur 10 under viser utviklinga i folketallet og antall husholdninger fra 1950-2009.



Figur 10 Vekst i folketallet og antall husholdninger (=boliger) i Norge 1950-2009. Indekstall, 1990=100. Kilde: SSB. Boligtall ved folketellingene 1950-2001, antall husholdninger etter statistikken over privathusholdninger 2009.

I store trekk ser vi at folketallet har økt raskere etter 1990 enn i 20-årsperioden før, og omtrent i samme takt som på 1950- og 60-tallet. Antallet husholdninger har hele tida økt raskere enn folketallet – dvs. at husholdningene har blitt stadig mindre. Denne trenden er likevel noe mindre uttalt etter 1990 enn tidligere. Tabell 50 under – som også kan sammenholdes med *Figur 6* – viser hvordan utviklinga i boligarealet har vært, sammenholdt med utviklinga i folketall og antall husstander.

Tabell 50 Årlig økning i folketall, antall husholdninger og boligareal 1950-2009. Prosent. Kilde til folketall og husholdninger: SSB. Boligareal: tabell 2 (1950-1990) og tabell 7 (1990-2009).

Faktorer	1950-1960	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-2001	2001-2009
Folketall	0,90	0,75	0,54	0,37	0,57	0,90
Husholdninger	1,7	1,9	1,6	1,4	1,1	1,3
Boligareal	2,1	3,0	2,9	2,6	1,2	1,4

Vi ser at boligarealet på 1960-, 70- og 80-tallet økte langt fortere enn tallet på husholdninger, dvs. at boligene ikke bare ble flere men også betydelig større i gjennomsnitt. Etter 1990 er forskjellen i veksttakt liten. Det vil si at de nye boligene som er bygd i denne perioden, og særlig på 2000-tallet, bare er svakt større i gjennomsnitt enn bestanden fra før 1990. Samtidig har avstanden mellom veksten i folketall og i antall husholdninger krympet. Husholdningene blir fortsatt mindre, men ikke i samme takt som før.

Tabell 51 Personer per bolig/privathusholdning i Norge

1950	1960	1970	1980	1990	2001	2009
3,6	3,3	2,9	2,7	2,4	2,29	2,24

Sammenlikner vi utviklinga etter 1990 spesielt med den fra 1970-1990, kan vi altså si at befolkningsveksten i den siste perioden har vært raskere – hvilket gir en impuls i retning av økt vekst i boligarealet – men at trenden mot synkende gjennomsnittlig husholdningsstørrelse er svekket, hvilket trekker i motsatt retning. I tillegg har vi en tredje, foreløpig uforklart faktor som trekker vekstraten i boligareal nedover, nemlig at de nye boligene som kommer til, ikke lenger er så mye større enn gjennomsnittet av den eksisterende bestanden som tilfellet var på 1970- og 80-tallet. Det siste *kan* tolkes rett og slett som en forsinket reaksjon på at husholdningene har blitt mindre: altså at aktørene på boligmarkedet har tatt konsekvensene av at det nå trengs flere boliger tilpasset husholdninger på 1-2 personer, enn boliger tilpasset tre eller flere. Men det kan også tenkes demografiske tilleggforklaringer (foruten økonomiske forklaringer, som vi kommer til seinere).

Den første mulige demografiske forklaringen gjelder endringer i bosettingsmønsteret. I de større byene er plassen dyr, og vi kan tenke oss at nybygde boliger tenderer til å være noe mindre enn ellers i landet. I perioden 1970-90 sto folketallet i de fire største byene samlet så godt som stille, og de tapte befolkningsandel i forhold til resten av landet. Dette gjelder selve bykommunene Oslo, Bergen, Trondheim og Stavanger; men heller ikke om vi regner med de nærmeste omegnskommunene, økte storbyområdene sin befolkningsandel i denne perioden. Mellom 1990 og 2009 har derimot de fire nevnte kommunene stått for hele 37 % av befolkningstilveksten i landet. Effekten av dette på boligarealet per person synes likevel beskjeden. Det er bare i Oslo og Trondheim at byggearealet delt på antall nye boliger²⁶ på 2000-tallet har ligget nevneverdig under landsgjennomsnittet, hhv. like under og over 100 m² mot et landsgjennomsnitt på 127 m². I omegnskommunene er brøken betydelig høyere. Bergen og Stavanger ligger nær landsgjennomsnittet for areal per ny bolig. Det samme gjør Sarpsborg/Fredrikstad, Skien/Porsgrunn, Kristiansand og Sandnes; Drammen og Tromsø ligger litt under, men ikke så lavt som Oslo og Trondheim. Effekten av den nye urbaniseringsbølgen etter 1990 på boligstørrelse er med andre ord begrenset, og den blir enda mindre om vi korrigerer for at noe av de mindre boligstørrelsene i Oslo og Trondheim kan skyldes at husholdningene der er mindre. Oslo skiller seg klart ut med en gjennomsnittlig husholdningsstørrelse på 1,89 personer i 2009 mot landsgjennomsnittet på 2,24; Trondheim ligger nest lavest av de større byene med 2,07.

²⁶ Denne brøken er ikke nøyaktig lik gjennomsnittstørrelsen på nybygde boliger, siden byggearealet også inkluderer tilbygg og påbygg. Gjennomsnittstørrelsen på de enkelte nye boligene vil ligge noen kvadratmeter lavere alle steder.

Et annet demografisk forhold som kan tenkes å ha betydning for etterspørselen etter nytt boligareal er sammensetningen av befolkningstilveksten. Den sterkere befolkningstilveksten etter 1990 enn mellom 1970-1990 skyldes i hovedsak økt nettoinnvandring. Det gjelder i særlig grad på 2000-tallet. Dersom det er slik at innvandrere i kortere eller lengre tid etter innvandringstidspunktet ikke kan eller ikke ønsker å etterspørre like stort boligareal per person som den eksisterende befolkningen, vil dette bety at en innvandringsdrevet befolkningsvekst ikke gir en like sterk impuls til vekst i boligarealet som den naturlige tilveksten. Det er flere grunner til å anta at en slik mekanisme kan gjøre seg gjeldende. *Økningen* i innvandringen etter 1990 gjelder i hovedsak det SSB fram til 2008 klassifiserte som "ikke-vestlige" innvandrere. Et flertall av disse tilhører igjen én av to grupper: flyktninger, asylsøkere og deres familiemedlemmer, eller arbeidsinnvandrere, på 2000-tallet særlig fra øst-europeiske EØS-land. Flyktninger og asylsøkere har ofte ingen eller liten kapital ved ankomsten og relativt lav inntekt i flere år deretter. De kommer oftest fra land der forventningene til boligareal per person er vesentlig lavere enn i Norge. Arbeidsinnvandrere kan – foruten å ha lite kapital i ryggen etter norske forhold – ta sikte på et opphold av begrenset varighet, og derfor være lite interessert i å investere i stor og kostbar bolig i Norge. Innvandreres boforhold ble kartlagt ved Folke- og bolig tellingen 2001. Mer presist gjaldt det "innvandrerbefolkningen", som inkluderer barn av to utenlandsfødte foreldre, og kan skille seg noe mindre fra befolkningen ellers enn førstegenerasjonsinnvandrerne selv. Resultatene viser klart at innvandrerbefolkningen fra "ikke-vestlige" land bodde trangere enn den etnisk norske befolkningen. De ikke-vestlige innvandrershusholdningene var i gjennomsnitt større enn de norskfødtes. Blant sistnevnte gruppe bodde 31 % i husholdninger på 1-2 personer, og 29 % i husholdninger på 5 eller flere. I den ikke-vestlige innvandrerbefolkningen var tilsvarende tall 17 % og 41 %. Til tross for at innvandrershusholdningene var større, bodde de i mindre boliger, som tabell 52 under viser.

Tabell 52 *Personer med norsk bakgrunn og med ikke-vestlig innvandringsbakgrunn etter boligstørrelse i 2001. Prosent. Kilde: SSB, Folke- og bolig tellingen 2001.*

Bakgrunn	<60 m ²	60-99 m ²	100-159 m ²	>160 m ²	Sum
Norsk bakgrunn	8	25	35	33	101
Ikke-vestlig bakgrunn	24	41	24	11	100

Ser vi for eksempel på husholdninger med tre personer og benytter tallene fra tabell 4 for å beregne gjennomsnittlig boligstørrelse ut fra intervalldataene i FoB, så får vi at husholdninger på denne størrelsen med norsk bakgrunn i gjennomsnitt bodde på 137 m², mens like store husholdninger med ikke-vestlig bakgrunn bodde på 91 m², altså 1/3 mindre areal per person.

Antall personer i innvandrerbefolkningen fra det som før ble klassifisert som ikke-vestlige land økte fra 99.000 ved utgangen av 1990 til 210.000 ved FoB 2001 og videre til 415.000 ved utgangen av 2009. Det vil si at 52 % av befolkningsveksten fra 1990-2009, og hele 61 % av tilveksten fra 2001-2009, kom i denne gruppa. Dersom det fortsatt er slik at personer i denne gruppa enten kan eller vil etterspørre betydelig mindre boligareal enn befolkningen med norsk bakgrunn, *kan dette være en vesentlig delforklaring på at boligarealet per person har økt vesentlig langsommere etter 1990, og særlig etter 2001, enn det gjorde tidligere.*

Ut over virkningene på veksten i boligarealet har demografiske faktorer et antall andre virkninger på direkte drivere for energibruken.

Endringer i bosettingsmønsteret kan, om ikke de har stor betydning for boligarealet per person, likevel påvirke sammensetningen av boligmassen etter bygningstype. I Oslo, Bergen, Trondheim og Stavanger var 57 % av boligarealet som ble fullført fra 2000-2009 i blokk, mot 22 % i landet for øvrig. Den økte tilflyttingen til de største byene er en viktig forklaring på at blokkbebyggelse øker sin andel av boligmassen. Imidlertid har vi sett i kapittel 4 at dette ikke synes å ha hatt vesentlig betydning for utviklinga i den spesifikke energibruken etter 1990.

Endringer i bosettingsmønsteret kan også ha betydning for hvilke utetemperatur befolkningen i gjennomsnitt utsettes for. Det er en driver som virker svært langsomt, men i den grad den har virket etter 1990 har det nok vært i retning av å trekke energibruken svakt nedover. Regionene med det strengeste vinterklimaet – Nord-Norge og innlandet i Sør-Norge – har tapt befolkningsandeler, mens ikke bare Oslo og omegn (som har graddagstall nær landsgjennomsnittet) men større byer langs kysten av Sør-Norge (som har mildere klima enn gjennomsnittet) har økt sin befolkningsandel.

Endringer i gjennomsnittlig husholdningsstørrelse har betydning for bestanden av elektriske apparat – særlig hvitevarer – ut over det som kunne følge direkte av veksten i folketallet. Fordi de fleste husholdninger i dag ønsker å ha ett eksemplar av de vanligste hvitevarene (minst inkludert komfyr, kjøleskap/kombiskap, fryser og vaskemaskin) vil det at befolkningen deler seg på flere husholdninger trekke i retning av å få apparatbestanden til å øke raskere enn folketallet. Minskende husholdningsstørrelse er altså en effekt som har gjort seg mindre gjeldende etter 1990 enn før. I hvilken grad den tross alt fortsatt minskende husholdningsstørrelsen også fører til at *energibruken* til hvitevarer øker er usikkert. Det vil være slik for kjøle- og fryseapparat med mindre små husholdninger fullt ut kompenserer for sin størrelse ved å kjøpe mindre apparat. For vaske- og tørkeapparat er det mer trolig at bruksfrekvensen gjenspeiler husholdningsstørrelsen. Komfyrer kommer kanskje i en mellomstilling. Det krever ikke vesentlig mer strøm å koke ti poteter enn å koke to.

Antall varmtvannsberedere vil også øke mer enn folketallet når husholdningene blir mindre, og det samme gjelder nok beredernes varmetap. Selv om det skulle være slik at mindre husholdninger velger proporsjonalt mindre beredere – noe som er usikkert i seg selv – så faller ikke varmetapet proporsjonalt med berederstørrelsen. Igjen må en mulig effekt av synkende husholdningsstørrelse ha gjort seg mindre sterkt gjeldende etter 1990 enn i tiåra før.

Endringer i befolkningens *sammensetning* kan endelig tenkes å ha betydning for *atferdsvariable*, som valg av innetemperatur, forbruk av varmt vann, brukstid for lys og bruksfrekvens for elektriske apparat. Dersom demografiske grupper med mer energikrevende vaner enn andre øker eller minsker sin andel av befolkningen, vil det påvirke energibruken i befolkningen som helhet.

Vi har allerede påpekt at én demografisk gruppe har økt sin andel av befolkningen etter 1990, nemlig innvandrerbefolkningen fra ikke-vestlige land (inkludert barn av innvandrere). Den økte fra 2,3 % av befolkningen i 1990 til 8,5 % i 2009. Innvanderes energivaner er så vidt vites ikke nærmere studert i Norge. Vi vet ikke om dette innslaget i befolkningen påvirker den gjennomsnittlige energibruken per person på annet vis enn det som må antas å følge av at de i gjennomsnitt bor mindre romslig. Spørsmålet om innvanderes energibruk (i dette tilfellet avgrenset til innvandrere av 1. generasjon som fortsatt var utenlandske statsborgere) inngikk derimot i en omfattende studie av husholdningers energibruk i Århus (Petersen og Gram-Hansen 2005). De fant ingen signifikant forskjell mellom energibruken til ikke-vestlige innvandrere med utenlandsk statsborgerskap og danske statsborgere som ikke kunne forklares av andre variable, som boligtype, husholdningsstørrelse og inntekt.

Det kunne også tenkes at endringer i befolkningens *alderssammensetning* hadde betydning for gjennomsnittet av energivaner. Spesielt kan en stille spørsmålet om eldre mennesker har andre energivaner enn yngre og middelaldrende. Også dette er mer studert i våre naboland enn i Norge, bl.a. av Zimmermann (2009) og Petersen og Gram-Hansen (2005), jfr. Gram-Hansen (2005), uten at de fant særlig store forskjeller. Vi kan uansett straks slå fast at denne faktoren ikke kan ha hatt stor betydning for utviklinga i energibruken mellom 1990 og 2009. Andelen personer på 67 og over i befolkningen endret seg bare svakt i denne perioden – den falt fra 14,4 % til 12,9 %, ettersom det var små årskull fra mellomkrigstida som entret pensjonistenes rekke. Selv om det fantes et betydelig avvik i energivaner mellom pensjonistgenerasjonen og yngre mennesker, og selv om dette var en generasjonseffekt og ikke en kohorteffekt, kan den ikke ha hatt mer enn marginal betydning for utviklinga i den samlede energibruken etter 1990. I tiåra framover ventes andelen eldre å endre seg mer, og da med motsatt fortegn, ettersom det fra nå av er store årskull som passerer 67.

De langt viktigste effektene av demografiske endringer på energibruken etter 1990, ut over at selve folketallet har økt, har nok vært effektene på økningen i boligarealet per person. Vekstraten i boligareal per person er dramatisk redusert fra 1970- og 80-tallet til 1990- og 2000-tallet. Vi kan peke på to demografiske faktorer som nok i særlig grad har bidratt til dette. Den ene er at reduksjonen i gjennomsnittlig husholdningsstørrelse, selv om den har fortsatt, har gått vesentlig langsommere etter 1990 enn før. Den andre er at over halve befolkningsveksten etter 1990 skyldes vekst i den ikke-vestlige innvandrerbefolkningen, som i alle fall ut fra data fra Folke- og boligtellingsen 2001 synes enten å kunne eller å ville etterspørre mindre boligareal per person enn befolkningen for øvrig.

4.3 Økonomiske drivere og utviklinga 1990-2009

Det er naturlig å tenke seg at økende gjennomsnittlig inntektsnivå i befolkningen vil trekke i retning av at hver person etterspør mer boligareal, mer energibrukende utstyr og mer energi som sådan. Det er også naturlig å tenke seg at effekten forsterkes om realprisene på disse godene synker, men dempes om realprisene øker. Tilstrekkelig stor prisøkning på energivarer vil også kunne føre til at forbruket avtar selv om inntektene øker.

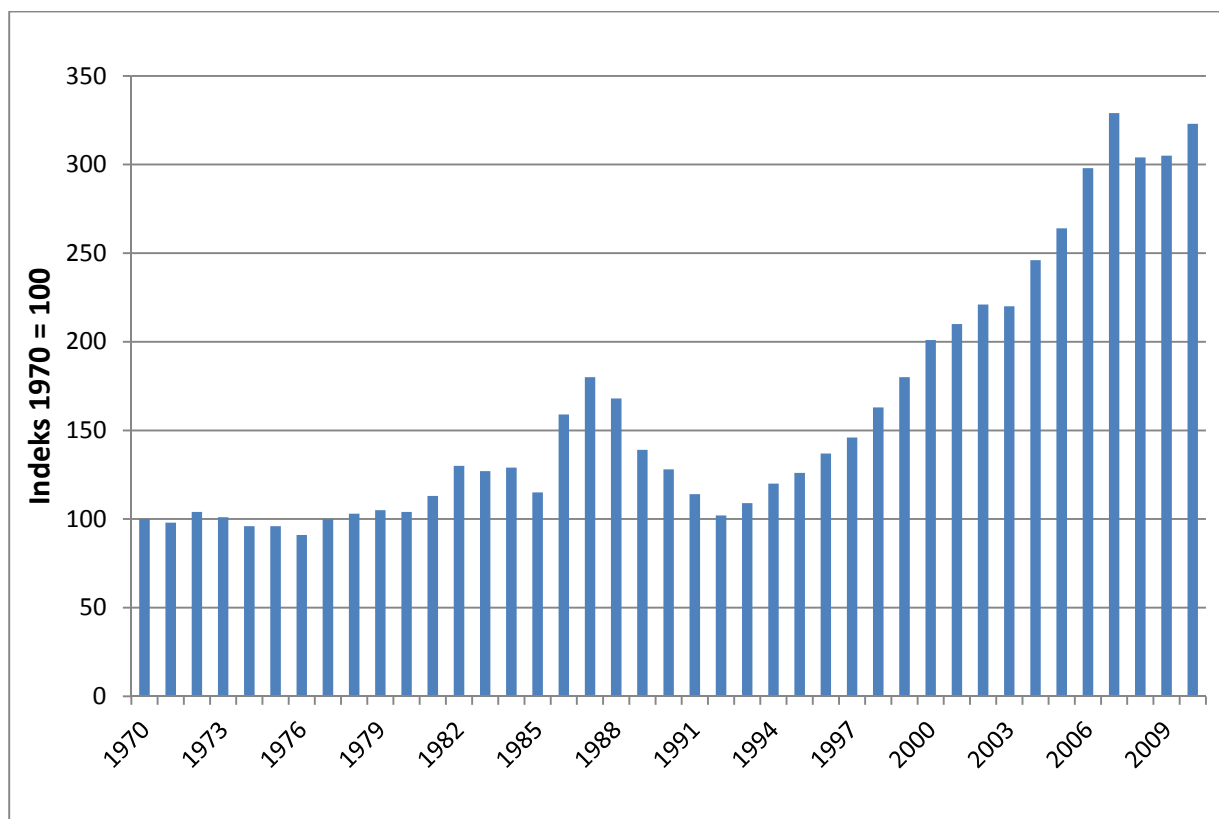
Økonomiske drivere og boligareal

La oss først se på forholdet mellom inntekter, priser og veksten i boligareal. Tabell 53 under viser forholdet mellom veksten i inntektsnivå, her målt ved samlet forbruk per person i faste kroner ifølge SSBs Forbruksundersøkelser, og veksten i boligareal per person i tre perioder fra 1958-2009. Det er et brudd i 1990 mellom tidsseriene til Bartlett (1993) for boligareal og dem vi bruker for seinere år. Den prosentvise veksten i periodene før 1990 er her som i *Tabell 50* den vi får ved å holde oss til Bartletts tall (*Tabell 2*), den for 1990-2009 er ifølge egne tall fra *Tabell 8 7*.

Tabell 53 Utvikling i forbruk per person (faste kroner) og boligareal per person. Kilde: *Tabell 50* og *Tabell 8* samt *SSB, Forbruksundersøkelser* og *Konsumprisindeksen*.

År	Forbruk per person, 2009-kr	Vekst i forbruk per person i perioden	Boligareal per person, m ²	Vekst i areal per person i perioden
1958	39 917	-	22,8	-
1973	73 076	+83 %	31,1	+45 %
1990 (1989-91)	111 264	+52 %	(45,1) 48,0	+45 %
2009 (2007-2009)	180 408	+62 %	53,4	+10 %

Vi ser at boligarealet per person ikke i noen av periodene økte fullt så sterkt som forbruksnivået generelt, men at det ikke var langt unna i perioden 1973-90. I perioden 1990-2009 har den prosentvise velstandsøkningen vært vel så stor som fra 1973-90, men veksten i boligareal er dramatisk lavere. Vi har allerede pekt på demografiske forhold som kan bidra til å forklare dette, men det kan også være andre økonomiske forhold som gjør det. Figur 8 viser utviklinga i boligprisene fra 1970-2010.



Figur 11 Realpris på boliger i Norge. Indekstill, 1970=100. Kilde: Norges Banks boligprisindeks²⁷, deflatert med Konsumprisindeksen.

²⁷ http://www.norges-bank.no/pages/74649/table_A1.htm

Bolig har i noen grad fra 1982, men særlig etter midten av 1990-tallet, blitt et vesentlig dyrere gode enn tidligere. Det er dessuten andre forhold enn selve prisen som påvirker kostnadene ved å bygge og bo. På 1970-tallet (og på 1950- og 60-tallet) var kreditten regulert, men rentenivået – ikke minst i Husbanken - lavt. Da inflasjonen ble høy fra 1970 og utover ble realrenta negativ. Inflasjonen gjorde kostnaden ved å låne til hus enda mindre enn prisen kunne tyde på. Prisøkningen fra 1982-87-tallet henger delvis sammen med at både pris- og kredittreguleringer ble fjernet eller myket opp. Selv om rentenivået økte, var realrenta fortsatt til dels negativ eller nær 0.

En kan spørre hvorfor nybygginga og veksten i boligareal ble lav allerede fra begynnelsen av 1990-tallet, til tross for at boligprisene forbigående falt tilbake til nivået fra 1970-tallet. Forklaringene er ikke vanskelige å finne. Mellom 1987-93 ble realrenta på boliglån klart positiv samtidig som arbeidsledigheten steg til det høyeste nivået i etterkrigstida og det gjennomsnittlige inntektsnivået sto omtrent stille. Byggekostnadene for nye boliger falt heller ikke like mye som prisene på gamle. Seinere har realrenta falt, men den har forblitt positiv samtidig som boligprisene har økt vesentlig fortere enn inntektene. Det har kort sagt vært betydelig dyrere å etterspørre en ekstra kvadratmeter bolig etter 1990 enn det var tidligere.

Dette kommer også klart til uttrykk om vi ser på hvilken *andel* av folks inntekter som har gått til boutgifter (her ikke medregnet energiutgifter) ifølge Forbruksundersøkelsene.

Tabell 54 Boutgifter som andel av totalt forbruk, i gjennomsnitt for alle husholdninger. Prosent. Eksklusive utgifter til elektrisitet og brensel. Kilde: SSB, Forbruksundersøkelser.

1958	1967	1973	1977-79	1983-85	1989-91	1997-99	2002-04	2007-09
7,6	7,3	9,4	12,2	15,2	21,8	22,2	21,3	26,6

Som vi ser har boutgiftene tatt en langt større del av folks inntekter etter 1990 enn de gjorde på 1970-tallet og tidligere. Det er tale om en stigende andel av et sterkt stigende forbruk. I 2009 bodde folk i gjennomsnitt på mellom 60-70 % større areal hver enn i 1973 (vi minner om at det er et brudd mellom tidsserier i 1990, slik at tallet ikke kan bli helt presist, selv ikke om vi bortser fra usikkerhetene i tidsseriene hver for seg). Men de brukte, i faste kroner, *sju ganger mer* på å bo i 2009 enn i 1973. Det kan neppe være tvil om at kostnadene ved å bygge og bo har dempet veksten i boligareal i perioden etter 1990. *Hvor mye* denne effekten har betydd i forhold til demografiske faktorer som har trukket i samme retning, og mulige endringer i preferanser, er det derimot neppe mulig å avgjøre entydig.

Økonomiske drivere og spesifikk energibruk

Ut over å påvirke boligarealet per person kan en tenke seg at økende velstand fører til flere anskaffelser av energibrukende utstyr og/eller at folk koster på seg å holde det varmere i boligene. Det kan i så fall føre til at det også brukes mer energi per enhet areal, med mindre pris- eller andre effekter trekker i motsatt retning.

Noen *synkrone* undersøkelser tyder på at inntektsnivå har enten liten eller uventet betydning for energibruken per kvadratmeter boligareal. Det kanskje uventede resultatet er fra en studie til Holden og Norland (2004) blant husholdninger i Oslo og Bærum, som fant at energibruken i boligene *avtok* med økende inntekt når en rekke andre variable, inkludert boligstørrelse, inngikk i en multivariat analyse. Bøeng (2005) fant at energibruken per m² for gitt husholdningsstørrelse i Norge i 1993-95 knapt hadde noen sammenheng med inntekt unntatt ved overgangen fra den laveste inntektsklassen (<100.000 kr./år) til den nest laveste (100-199.000 kr/år), der den økte litt. Petersen og Gram-Hansen (2005) fant en meget svak positiv sammenheng mellom inntektsnivå og varmeforbruk per m² i eeboliger i Århus, men en svakt negativ sammenheng for rekkehus og leiligheter. Når det gjaldt strømforbruk var det en positiv sammenheng mellom inntekt og forbruk per person, men her er ikke forbruket per m² vist.

Om total energibruk per m² varierer lite med inntekt, betyr det likevel ikke at den mindre arealavhengige energibruken ikke påvirkes av inntekt. Tvert imot betyr det at den øker med inntekt i om lag samme forhold som boligarealet øker, selv om det ikke er boligarealet i seg selv som driver dette forbruket.

Økonomiske drivere og energibrukende utstyr

Over tid er det ikke tvil om at økt velstand har bidratt til økt utbredelse av bad og varmtvannsberedere samt av en rekke typer elektriske apparat. Etter 1990 er nok effekten likevel *svakket* både for beredere og flere typer hvitevarer, rett og slett fordi de har blitt tilnærmet allemannseie og de fleste husholdninger ikke ser behov for mer

enn ett apparat av hver type. Antall lyskilder har vi antatt øker med boligarealet, men det er ingen åpenbar grunn til å anta at det har økt vesentlig *mer* enn proporsjonalt med boligarealet i de siste tiåra.

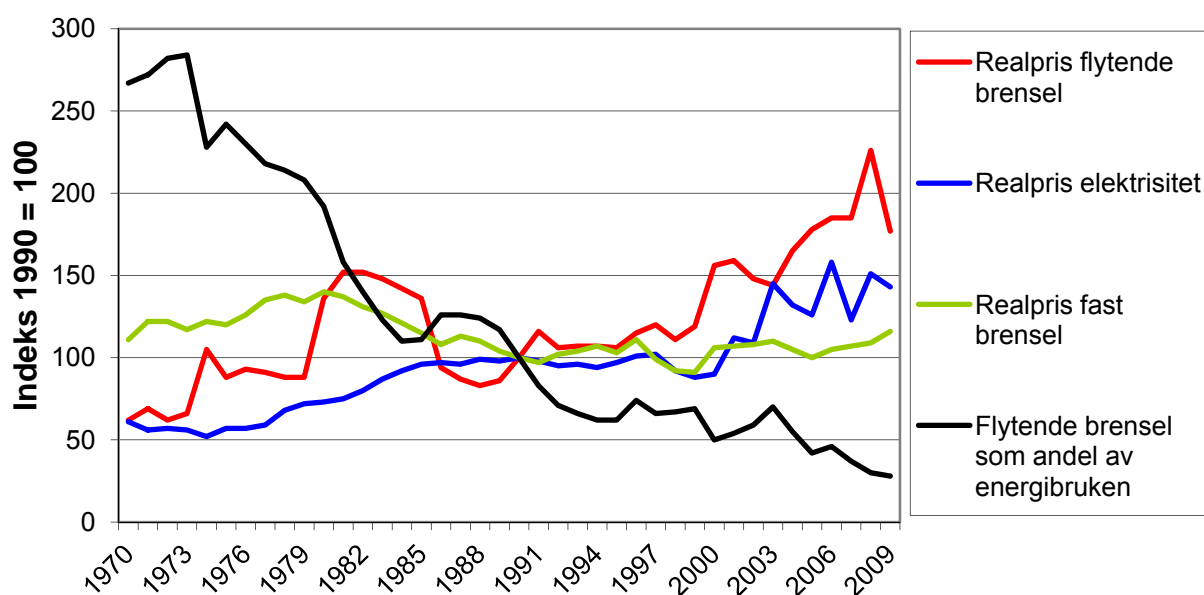
Derimot kan økende velstand ha bidratt til den fortsatt sterkt økende bestanden av elektroniske apparat og småapparat også etter 1990. Her er likevel priseffekten trolig vel så viktig. Ingen kategori av varer har blitt så mye billigere siden 1990 som AV- og IT-utstyr, som falt med 74 % i realpris fra 1990-2010, og ingen kategori av tjenester har blitt så mye billigere som teletjenester, som inkluderer støttefunksjoner til IT-utstyr og som falt med 77 % i realpris. Dette er ifølge Konsumprisindeksen, men den *undervurderer* nok hvor mye prisene har falt relativt til utstyrets funksjonalitet. Også småapparat har falt dramatisk i realpris etter som produksjonen er overtatt av lavkostland, i første rekke Kina. Vi må anta at prisleddet har bidratt til at det finnes mer elektronikk og flere småapparat i boligene i dag enn det ville ha gjort om de hadde forblitt like dyre som i 1990 eller tidligere. Men her er priseffekten vanskelig å skille fra den teknologiske effekten – det har kommet til en rekke apparat som slett ikke fantes ifør 1990, og nye varianter av eldre apparat med nye funksjoner. Vi kan vanskelig si hvor mye mindre av alt det nye folk ville ha skaffet seg i fravær av raskt synkende realpriser.

Energipriser som økonomisk driver

Det er gjort forsøk på å finne langsiktige sammenhenger mellom prisen på energi i seg selv og forbruket, men som Bøeng (2005) påpeker, varierer resultatene betydelig. Det er heller ikke overraskende, ettersom forholdet påvirkes av en rekke andre variable, inkludert demografiske og teknologiske faktorer ved siden av boligpriser. Priselasiteteten for energi, eller for en vektet kurv av energivarer, vil derfor variere etter hvilken periode en ser på og hvilke andre forhold en eventuelt korrigerer for.

På *kort* sikt synes energipriser under dagens norske forhold å ha relativt liten innvirkning på de direkte driverne for energibruken som kan justeres umiddelbart, som innetemperatur, forbruk av varmt vann og driftstid for elektriske apparat. Elektrisitet er den eneste aktuelle energibæreren til de sistnevnte, den eneste de aller fleste husholdninger i Norge vurderer til vannoppvarming og for mange den eneste kortsiktige aktuelle til romoppvarming. Vi kunne derfor tenke oss at kraftige svingninger i strømprisen ga seg utslag både i forbruket av strøm spesielt og av energi totalt, men på helt kort sikt synes effekten altså svak. Aune (2007) hevder at "strømkrisen" vinteren 2002-3, da prisen på strøm økte med 43 % på kort tid, førte til at noen senket innetemperaturen kraftig med én gang, men at forholdene snart vendte tilbake til det tilnærmet normale. Enda vanskeligere er det å se noen effekt av prisøkningene i 2006 og 2010. I 2006 økte realprisen på strøm til husholdningene (prisøkning ut over inflasjonen) ifølge Konsumprisindeksen med 25 % fra året før, men strømforbruket i husholdningene falt bare med 1 %, og var nesten uendret på temperaturkorrigert basis. I 2010 økte realprisen på strøm til husholdningene med 18,3 % fra året før, samtidig som realprisen på fyringsolje økte med 11,1 %. Likevel viser NVEs korttidsstatistikk at det temperaturkorrigerede strømforbruket i alminnelig forsyning *økte* med 1,8 % fra 2009 til 2010. Vi savner ennå egne tall for endringen i husholdningenes forbruk, som utgjør ca. 40 % av alminnelig forsyning, men det kan neppe ha falt *vesentlig*.

Om energipriser har begrenset virkning på folks daglige atferd, kan de derimot ha vesentlig betydning enten på kort eller mellomlang sikt for valg mellom energibærere og teknologier til romoppvarming, kanskje også på tilbøyeligheten til å oppgradere boligens klimaskall. Den kortsiktige virkningen av relative energipriser har historisk sett flere ganger vært tydelig på forholdet mellom på den ene sida oljeprodukt, på den andre strøm og (i mindre omfang) ved, til oppvarming. De som har fyrt med olje eller parafin har ofte hatt panelovner som alternativ, eller de har kunnet installere dem på kort varsel og til lav kostnad. Noen har hatt kombinert kjel. Mange har også hatt vedovn. Rask veksling mellom disse energibærerne har derfor vært mulig. Figur 12 på neste sider viser utviklinga i realprisene på fast og flytende brensel og strøm samt andelen av energibruken som var oljeprodukt fra 1970-2009.



Figur 12 Realpriser på elektrisitet, fast og flytende brensel samt flytende brenselens *andel av* energibruken i husholdningene. Indekstall, 1990=100. Kilde til priser: SSB, Konsumprisindeksen²⁸. Energibruk: SSB, Energiregnskapet og Bartlett (1993).

Den langsiktige trenden er at forbruket av oljeprodukt har falt dramatisk. Ser vi hele perioden under ett, har realprisen på oljeprodukt steget dramatisk i forhold til realprisen på ved, som er nesten den samme i 2009 som den var i 1970. Prisene på oljeprodukt har også steget noe mer enn på strøm, men her er avstanden klart mindre. Den langsiktige trenden mot substitusjon av strøm for oljeprodukt kan også være påvirket av bekvemmelighetshensyn, foruten at mange nye boliger ved oppføringen bare har vært utstyrt for elektrisk oppvarming. De kortsiktige utslagene for svingninger i oljeprisen er likevel også tydelige. Prisøkningene som følger av "oljekrisene" i 1973-74 og 1979-81 utløste straks bratte fall i andelen oljeprodukt. Da oljeprisen falt kraftig i 1986 økte andelen noe, om enn ikke så sterkt som vi kanskje kunne ha ventet i betraktning av at oljeprodukt på slutten av 1980-tallet faktisk var billigere i forhold til både strøm og ved enn de hadde vært i 1970. En del av substitusjonen fra før 1986 var nok "låst inne", ved at folk hadde kvittet seg med oljefyren eller bodde i nye hus som aldri hadde hatt slikt utstyr. Ny prisøkning på olje i 1990-91 førte igjen til bratt fall i oljeandelen. Siden har den fortsatt å synke, men vi ser at da strømprisen økte markert i 2002-2003 samtidig som oljeprisen falt svakt, så økte også oljeandelen forbigående.

Økningen i både strøm- og oljepriser mellom 1970-1985 førte til en viss renessanse for vedfyring, jfr. tabell 29. Vedfyringen har økt også etter 1990, men bare svakt, til tross for at realprisen på ved har ligget i ro mens prisene både på strøm og olje har økt markert, særlig på 2000-tallet. Det finnes nok andre barrierer for mer vedfyring. Én er at det krever noe arbeid. En annen er at en betydelig del av vedfyringen skjer i husholdninger som slett ikke er utsatt for de prisene konsumprisindeksen gjenspeiler, men som har gratis eller svært billig tilgang på ved fra egen grunn eller gjennom uformelle kanaler. Andelen av befolkningen som har slik tilgang på ved må antas å være synkende med sterkere urbanisering.

Når 2000-tallet har vært preget av markert høyere priser *både* på strøm og oljeprodukt er det derimot en annen teknologi som særlig har vunnet fram, nemlig varmepumper. Når salget av varmepumper "tok av" nettopp i 2002-2003 og siden har holdt seg høyt, må det antas i stor grad å være en priseffekt, om enn ikke *utelukkende* en priseffekt. Økningen i 2003 var også påvirket av et politisk virkemiddel, nemlig at det da for første og hittil eneste gang ble gitt støtte til installasjon av luft/luft varmepumper. Den fortsatte veksten er nok påvirket både av direkte markedsføring og av "snøballeffekten", dvs. at når først en nabo, venn, kollega eller annen bekjent har installert den nye teknologien og kan fortelle at den virker, så øker sjansene for at en selv gjør det.

²⁸ For åra 1970-1978 er indeksen for flytende brensel middelvei av indekser for parafin og fyringsolje, mens indeksen for fast brensel er satt lik tidligere prisindeks for bjørkeved.

4.4 Teknologiske drivere og utviklinga 1990-2009

Mange av de viktigste faktorene som direkte har påvirket energibruken etter 1990 (som før) er i en viss forstand teknologiske. Det gjelder alle de største postene i *Tabell 44*: forbedringer i klimaskallene utgjør en endring i boligteknologi, både varmpumper og skifte fra oljefyr til panelovner utgjør endringer i oppvarmingsteknologi, liksom både bedre isolerte varmtvannsberedere og bruk av sparedusjer er teknologiske endringer. Det forholdsvis beskjedne utslaget som vises i *Tabell 44* for belysning og elektriske apparat, er resultat av teknologiske endringer med motsatte fortegn – på den ene sida at lyskilder og apparat her blitt mer effektive, på den andre at helt nye apparat har kommet til mens en del "halvgamle" apparat har fortsatt å øke i utbredelse. (De vesentlige og kjente direkte driverne for energibruken etter 1990 som *ikke* i samme forstand kan kalles teknologiske er dels veksten i boligarealet og dels økningen i utetemperatur. I tillegg kommer mulige atferdsendringer som vi vet lite om, for eksempel endringer i innetemperatur, i hygienevaner eller i bruksfrekvens for elektriske apparat.)

Å si at en stor del av faktorene som har påvirket energibruken etter 1990 – og det meste av *netto reduksjonen* i spesifikk energibruk – skyldes endringer som kan kalles teknologiske, forteller oss imidlertid ikke noe om hva *teknologisk innovasjon* har betydd som driver. Noe av den teknologien som har bidratt mest til å redusere den spesifikke energibruken – for eksempel (ekstra) isolasjon med mineralull – har vært kjent og tilgjengelig i over 50 år. Det har også bruk av strøm til oppvarming, som har redusert energibruken ved å erstatte brensel med lavere virkningsgrad. Varmepumper per se er heller ingen nyhet: den første varmpumpa i Norge ble installert i 1918, og den første til oppvarming av et større bygg i 1964 (Grorud m.fl. 2007). Derimot kan det sies at effektive luft/luftvarmpumper tilpasset nordisk klima er et nyere fenomen. Sparepærer og sparedusjer er eksempel på teknologier som dukket opp få år før 1990 og som dessuten er forbedret seinere. Hvitevarer har blitt mer effektive som følge av løpende innovasjonsprosesser både nærmest før og etter 1990. Mer effektive vinduer er også utviklet i perioden.

På motsatt side av regnskapet er det først og fremst innen feltet elektronikk og småapparat at vi kan si at innovasjoner etter eller kort før 1990 har brakt fram helt nye typer av energibrukende utstyr. Ingen prinsipielt nye typer av større hvitevarer har kommet på markedet på ca. 40 år. Heller ikke det tekniske utstyret som kan ha bidratt til å øke den spesifikke energibruken i nyere blokker – fremst mekaniske ventilasjonsanlegg og heiser – representerer noe prinsipielt nytt.

Teknologisk innovasjon har uten tvil hatt en viss betydning for utviklinga i energibruken etter 1990, og nokså sikkert trukket nedover i større grad enn oppover. Å skille denne effekten ut fra den til andre drivere – økonomiske, kunnskapsmessige og politiske – er likevel knapt nok mulig. Sparepærer er et klart eksempel på at innovasjoner i seg selv kan ha begrenset virkning – i 2009 var glødepærer fortsatt langt vanligere i norske boliger til tross for at sparepærene hadde vært på markedet i 20 år. Det måtte et politisk vedtak i EU til for å endre forholdet. At varmpumper brøt igjennom i det norske markedet i 2002-2003 skyldes ikke at de ble radikalt teknisk forbedret akkurat da, men snarere en kombinasjon av prisforhold og et politisk virkemiddel. Den fortsatte framgangen beror nok på en kombinasjon av fortsatt virksomme prisforhold, kunnskapsheving (snøballeffekten ved at flere har blitt kjent med teknologien) og tekniske forbedringer. Vi vet ikke hvor mye de siste isolert sett har betydd. Mye av det samme kan sies om sparedusjer. Når det gjelder hvitevarer har ikke bare innovasjon men også politiske virkemiddel (først energimerking og så forbud mot visse apparat i energiklasser lavere enn C) vært virksomme, i tillegg – igjen – til priser og kunnskapsnivå hos forbrukerne. Som vi har sett har dansker vært mer tilbøyelige enn nordmenn til å kjøpe kjøle- og fryseapparat i klassene A+ og A++, selv om de også har vært tilgjengelige på det norske markedet. Det raskere gjennomslaget for mer effektiv teknologi i Danmark skyldes nok delvis høyere strømpriser der, kanskje også en kunnskapseffekt som følge av at det er drevet intensive kampanjer for slikt utstyr i Danmark.

4.5 Kunnskaper, holdninger og preferanser

Det er om mulig enda vanskeligere å skille ut eller kvantifisere mulige endringer i "den menneskelige faktoren" mellom 1990-2009, enn den selvstendige betydningen av teknologiske innovasjoner. Det vi kan si er at den til enhver tid har svært stor betydning for spredningen i energibruk husholdninger imellom – det vil si at husholdninger av lik størrelse som bor i teknisk like boliger allikevel kan ha svært forskjellig energibruk. Implisitt i dette er at *dersom* faktoren er dynamisk i befolkningen som helhet – på den måten at de mindre sparsomme nærmer seg atferden til de mest sparsomme eller omvendt – så *kan* det gjøre stort utslag i den samlede energibruken i samfunnet.

Palmborg (1986, sitert i Carlsson-Kanyama og Lindén 2002) viste at det kunne være en faktor 2 forskjell i energibruk mellom husholdninger av identisk størrelse i teknisk sett helt identiske boliger.

I Albertslund – en forstadskommune til København – blir det årlig utført heldekkende undersøkelser av spredningen i energibruk blant husholdninger²⁹. Albertslund er et usedvanlig godt egnet sted for slike undersøkelser. Det kan skiller nokså presist mellom energibruk til oppvarming og annet, ettersom 98 % av oppvarmingen dekkes av fjernvarme, og kommunen har full oversikt over så vel fjernvarme- som strømløseveransene. For det andre er Albertslund en drabantby som er bygd ut planmessig på 1960- og 1970-tallet med store felt med like boliger: her en gruppe identiske 3-roms blokkleiligheter, der en gruppe identiske 4-roms rekkehus. Typisk er spredningen i varmekonsum blant identiske boliger i samme felt omkring faktor 3, selv etter at de ca. 5 % øverste og nederste "utliggerne" holdes utenfor. Spredningen i strømforbruk er enda større, gjerne faktor 5 eller mer etter at utliggerne er eliminert. Korreksjon for antall beboere hadde nok redusert spredningene i varmekonsum svakt og i strømforbruk noe mer. De hadde fortsatt vært svært store.

Lignende forhold synes å gjøre seg gjeldende i borettslag i Trondheim. En stikkprøve på 10 grupper av identisk store leiligheter i ni borettslag viser spredningene i strømforbruk som er vist nedenfor, etter at de (minst) 5 % med høyest og lavest forbruk er eliminert. Boarealet i gruppa med de minste leilighetene er 64 m², den største gruppa er på 100 m².

Tabell 55 Spredning i strømforbruk blant leiligheter av samme størrelse og i samme borettslag i Trondheim. Kilde: Energidata fra Trondheim og omegn boligbyggelag.

Gruppe nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N før strykninger	80	64	52	82	107	114	60	102	137	125
Strøket (høyest/lavest forbruk)	4+4	4+4	3+3	5+5	6+6	6+6	3+3	6+6	7+7	7+7
Spredningsfaktor	2,5	2,7	2,4	3,5	3,8	3,6	2,8	2,8	3,8	3,3

Til forskjell fra forholdene i Albertslund, inkluderer strømforbruket i de fleste av borettslagene i Trondheim også forbruk til oppvarming. Spredningen varierer altså omkring faktor 3, når vi altså har skilt ut de 5-6 % leilighetene med lavest forbruk (noen kan ha stått tomme en større del av året) og en tilsvarende andel av de høyeste forbrukerne. Heller ikke her kan vi kontrollere for antall personer i husstanden, som i utgangspunktet særlig kan ventes å påvirke forbruket til varmt vann (der det inngår i strømforbruket) og visse elektriske apparat. I de relativt små boligene det her gjelder – hovedsakelig i blokk - skulle en ikke vente at oppvarmingsbehovet varierte vesentlig med husholdningsstørrelse, på den måten at de minste husholdningene lettere kunne nøye seg med bare å varme opp en del av boligen om vinteren. Likevel er altså spredningen meget stor.

Ljones m.fl. (1992) fant at de husholdningene som brukte minst energi per kvadratmeter i Norge i 1990 var de som bodde i helt uisolerte hus, formodentlig fordi de bare varmet opp ett eller to rom om vinteren. Forskjellene i atferd kunne altså mer enn oppveie forskjellene i boligteknologi.

Zimmermann (2009) fant en spredning i årlig energibruk til vaskemaskin i Sverige på faktor 8 blant voksne par og faktor 14 blant familier med barn, selv etter at ekstreme utliggerne er eliminert. Kofod (2005) fant spredninger fra faktor 12 opp til faktor 25 i årlig energibruk til vaskemaskin, tørketrommel og oppvaskmaskin blant husholdninger i Odense. Det er meget stor forskjell i holdninger til når et plagg er modent for vask: noen legger buksa i vaskemaskinen etter én dag, andre bruker den i flere uker. Carlsson-Kanyama m.fl. (2004) belyser slike forskjeller bl.a. i holdninger til tøyvask på bakgrunn av en undersøkelse blant 600 husholdninger i Göteborg.

Likevel vet vi altså svært lite om hvorvidt kunnskaper, holdninger eller preferanser som styrer den daglige atferden i forhold til energi har *endret seg* etter 1990. I tidligere kapittel har vi stilt spørsmål om hvor vidt den gjennomsnittlige innetemperaturen i boligene kan være hevet. Vi vet det ikke, men har enkelte svake indikasjoner på at det kan være tilfellet. Om så har skjedd kan det være et resultat av økte forventninger til komfort eller av sviktende kunnskaper om muligheter til å regulere og differensiere temperaturen, men også en "rebound effekt" etter gjennomførte tekniske endringer som anskaffelse av varmepumpe eller etterisolering (folk kan oppdage at det blir enklere og/eller billigere å holde den innetemperaturen de alltid hadde ønsket seg). – Vi har også stilt spørsmål om det kan ha skjedd endringer i forventningene til hygiene og/eller i preferansene for karbad vs. dusj også etter 1990, som i så fall har påvirket energibruken til vannoppvarming. Dette vet vi enda mindre om. Om mulige endringer i bruksfrekvensen for elektriske apparat eller brukstida for lys vet vi heller ikke noe.

²⁹ <http://groentregnskab.albertslund.dk/boliger/dit-boligomraade>

Kunnskaper kan ikke bare påvirke bruk av teknologi men også valg av teknologi. På dette planet må vi tro at en del kunnskaper har blitt lettere tilgjengelig og/eller mer utbredt etter 1990 og at det har hatt en viss virkning. Ett eksempel er som før nevnt er at langt flere i Norge kjenner til fenomenet varmpumper og vet at de kan virke. Et annet er at energimerking har ført til at kunnskap om hvitevarers energieffektivitet er vesentlig lettere tilgjengelig enn før. Vi vet ikke om *preferansen* for energieffektivitet versus andre egenskaper ved hvitevarene er styrket eller svekket, men for dem som legger vekt på det første har det i alle fall blitt noe enklere å velge riktig.

Preferanser kan ellers tenkes å ha påvirket den faktoren som har bidratt aller mest til å dempe veksten i energibruken etter 1990, nemlig den mye langsommere veksten i boligareal per person. Det *kan tenkes* at det er en metningstendens i ønsket om større boligareal, i alle fall hva gjelder helårsboliger (det synes ikke å gjelde fritidsboliger). Det kan i så fall komme til uttrykk slik at folk nå heller setter pengene i det de opplever som oppgraderinger av boligen, for eksempel nytt kjøkken eller bad – eller det kan komme til uttrykk ved at helt andre formål, for eksempel ferier, har rykket oppover på ønskelisten i forhold til boliginvesteringer. Det er nok et forhold vi vet lite om, og det er ikke åpenbart nødvendig å forutsette slike endringer i preferanser for å forklare den reduserte veksten i boligarealet per person. Det kan være at demografiske forhold kombinert med stigende realpriser på boliger er tilstrekkelig forklaring.

4.6 Politiske vedtak og virkemiddel

Politiske vedtak både i åra nærmest før og i tida etter 1990 har hatt betydning både for utviklinga på boligmarkedet og for den spesifikke energibruken i boligene. Noen av dem som trolig har hatt størst betydning for resultatet i form av samlet energibruk i husholdningene har imidlertid slett ikke vært tenkt som energipolitiske virkemiddel.

Reguleringer

Dereguleringen av bolig- og kredittmarkedene på 1980-tallet muliggjorde en sterkere prisvekst på boliger, men gjorde det også – i en tid med til dels negative realrenter, særlig etter skatt – mulig og attraktivt for mange å bygge nytt og stort. Det endret seg da realrenta ble klart positiv fra slutten av 1980-tallet. Det faller utenfor rammen for denne rapporten å drøfte i hvilken grad bankkrisen, den lavere inflasjonen, de høyere rentene og den økte arbeidsløsheten tidlig på 1990-tallet var følger av liberaliseringen eller av den økonomiske innstrammingspolitikken som fulgte etter 1986. De førte imidlertid til at det ble reelt dyrere å bygge nytt. Det forholdet ble forsterket da politikken med subsidierte renter i Husbanken, som finansierte 70 % av de nye boligene som tross alt ble bygget i første halvdel av 1990-åra³⁰, ble avviklet og Husbankens rolle etter hvert innskrenket. Kombinasjonen av (fortsatt) fri prisdannelse på boliger, positive realrenter i privatmarkedet og fravær av tilgang på statlig subsidierte lån har gjennom siste halvdel av 1990-tallet og 2000-tallet ført til sterkt stigende etableringskostnader. Det har bidratt til å dempe veksten i boligareal.

Dette er heller ikke stedet for å diskutere om norsk innvandringspolitikk etter 1990 bør kalles liberal eller restriktiv og har ført til "mye" eller "lite" innvandring. Det kan likevel pekes på at ett politisk vedtak i 1992 – tilslutningen til EØS-avtalen – nok har virket til å øke innvandringen på 2000-tallet. 18 % av innvandrerbefolkningen fra det som før ble betegnet "ikke-vestlige" land var i 2009 fra EU-land i Øst-Europa. I den grad politiske vedtak har ført til økt innvandring fra fattigere land – i Europa eller andre steder – har de trolig bidratt til å øke den absolutte etterspørselen etter boligareal, men til å dempe etterspørselen etter areal per person. Har tilstramminger i innvandrings- eller asylpolitikken (som også har forekommet) – gjort innvandringen mindre enn del ellers ville vært, så har virkningene på boligetterspørselen vært motsatte.

Politiske vedtak som gjøres på kommunalt nivå, men under statlige føringer (ikke sjelden uttrykt gjennom innsigelser til planvedtak fra fylkesmennene) kan ha påvirket miksen av bygningstyper blant nye boliger. Føringerne har etter 1990 gått sterkt i retning av fortetting – å øke antall boliger innenfor eksisterende tettstedsareal framfor å legge nye boligfelt i utkanten. Det er lettere å løse ved å bygge i blokk eller rekke enn med eneboliger. Føringerne i retning av fortetting er ikke primært motiverte av hensyn til stasjonær energibruk, men dels av hensyn til energibruken og utslippene ved transport, dels av jordvern- og naturvern hensyn. Virkningen av en økt andel blokker etter 1990 på samlet stasjonær energibruk kan ellers, som vi så i kapittel 3, ha vært i retning oppover snarere enn nedover.

³⁰ <http://www.husbanken.no/om-husbanken/historikk/>

Tekniske forskrifter

Et mer direkte (stasjonær-)energi politisk virkemiddel er de tekniske forskriftene til Plan- og bygningslova (TEK). Disse, som hva energi gjelder primært har tatt sikte på å begrense varmetapet fra nye eller rehabiliterte bygg, har også virket i den retninga, jfr. Kapitlet om klimaskallenes tilstand og tabell 42. TEK-07 og TEK-10 har også betydning for valget av energibærere til oppvarming særlig i større boligbygg, men har hhv. svært liten og ingen betydning for utviklinga fram til 2009. Virkningen av nye tekniske forskrifter i 1987 og 1997 på den samlede energibruken i boligmassen synes samtidig å ha vært mindre enn virkningen av frivillige og inkrementelle, bygningsmessige enøk-tiltak i eksisterende boliger. Disse har verken vært bestemt av eller i vesentlig grad støttet gjennom politiske virkemiddel. Huseiere får ikke støtte fra Enova til bygningsmessige tiltak. Det er gitt noe støtte til slike tiltak av Husbanken og fra Enøkfondet til Oslo kommune, men det dreier seg om små summer i den nasjonale sammenheng.

De tekniske byggeforskriftene kan også ha hatt en utilsiktet virkning på energibruken, nemlig ved å bidra til å øke prisene på nye boliger og derigjennom å dempe veksten i boligarealet. Talsmenn både for OBOS og Selvaag Bolig har hevdet at endringene i byggeforskriftene i 2007 og 2010 til sammen økte byggekostnadene for en leilighet med 5-600.000 kroner³¹. I dette inngår kostnader for nye krav både til klimaskall og ventilasjon, universell utforming, brannsikkerhet, elektriske anlegg og kontroll med byggeprosessen. Vi tar ikke standpunkt til regnestykkene, som uansett gjelder regelendringer som ikke har vesentlig betydning for utviklinga fram til 2009. Men både forskriftene av 1987 og de av 1997 innførte nye, strammere og/eller mer detaljerte krav ikke bare på energiområdet men også når det gjaldt universell utforming, sikkerhet og byggeprosess. Det er trolig at summen av dette har hatt en viss betydning for byggekostnadene.

Energieffektiviteten til elektriske apparat og lyskilder var før 2009 i liten grad regulert. Et unntak har vært forbudet mot kjøleapparat med lavere energiklasse enn C, som følge av EU-direktiv fra 1999. Fra 2009 og utover har det kommet nye krav både til lyskilder, fjernsyn og kjøleapparat, men de påvirker altså knapt energibruken i vår periode. Det viktigste politiske tiltaket som ellers er satt inn – i utgangspunktet av EU - for å øke energieffektiviteten til elektrisk utstyr har vært selve merkeordningen, innført i Norge fra 1996. Den har nok også hatt virkning, særlig for hvitevarer, men hvor mye den har påskyndet utviklinga er vanskelig å avgjøre. Det europeiske Barenergy-prosjektet (Emmert m.fl. 2011) viste ikke bare at mange forbrukere fant energimerkingen forvirrende, men også at tiltroen til den var særlig lav i Norge (av seks land som inngikk i prosjektet). Om det skulle være slik at norske forbrukere tar særlig lite hensyn til merkingen, betyr det likevel ikke at den ikke har hatt virkninger i Norge. *Produsentene* av de fleste typer elektrisk utstyr som markedsføres i Norge befinner seg nemlig i utlandet, og produsentene av bl.a. varmtvannsberedere som ennå finnes i Norge produserer også for eksport. Det gjør at utvalget av produkt norske forbrukere har å velge i er påvirket av at produsentene må styre produktutviklinga bl.a. ut fra hvilken vekt forbrukere i andre og større markeder legger på energieffektivitet.

Avgifter

Et politisk virkemiddel som har vært brukt både før og etter 1990, og som kunne tenkes å dempe energibruken rent generelt – både til el-spesifikke formål og til vann- og romoppvarming – er avgifter. Elektrisitet har vært pålagt avgift siden 1951 og fyringsolje sammenhengende, om enn i vekslende former, fra 1970-tallet. Trebrensel har derimot aldri vært avgiftsbelagt.

Avgiftsendringer *har* bidratt til den reelle prisøkningen både på strøm og flytende brensel som figur 8 viser etter 1990, men ikke i særlig sterk grad. El-avgiften var i 1990 3,85 øre/kWh og i 2009 10,82 øre/kWh, tilsvarende 7,1 øre i 1990-priser. Den reelle økningen – på 3,7 øre i 2009-priser – utgjorde bare 5 % av den gjennomsnittlige strømprisen før mva. til husholdninger i 2009. De største reelle økningene kom ellers mellom 1990-94 og i 2001, den siste delvis fjernet ved en nedsettelse i 2003. Større betydning for prisstigningen på elektrisitet har nok andre politiske vedtak hatt, nemlig liberaliseringen (fra 1991) og den seinere gradvise internasjonaliseringen av kraftmarkedet. Situasjonen før 1991 var at det rådde oppdeckningsplikt for kraftleverandørene – som betydde at den innenlandske produksjonskapasiteten måtte gjøres større enn behovet i et normalår - samtidig som mulighetene for eksport var fysisk begrenset og de oppnåelige prisene ved eksport lave. Den innenlandske overskuddskapasiteten minsket noe gjennom 1990-åra ettersom Energilova fjernet et incentiv til utbygging, og mulighetene til å avsette kraft til god pris i andre markeder har blitt vesentlig bedre.

Avgiften på fyringsolje og parafin, som i 1986 utgjorde 2,8 øre/liter (ca. 0,4 øre per nyttiggjort kWh) pluss en mindre og variabel avgift på svovelinnholdet, ble økt betydelig fram til 1990, da den utgjorde 31 øre/liter. Dette

³¹ <http://www.aftenposten.no/bolig/boligokonomi/article4081888.ece>

svarte likevel bare til ca. 15 % av prisen på fyringsolje og 12 % av prisen på parafin. I løpet av 1991-93 ble avgiften først supplert, så erstattet av en CO₂-avgift, som var på 40 øre/liter i 1993. Disse endringene bidro altså noe til å dempe prisfallet på oljeprodukt på slutten av 1980-tallet og til å forsterke stigningen først på 1990-tallet (figur 8), men de reinte markedsmessige utslagene var betydelig større. Etter 1993 er CO₂-avgiften på fyringsolje bare prisjustert. Derimot ble det innført en ny grunnavgift på mineralolje i 2001, som økte den samlede avgiftsbelastningen på flytende brensel med 80 %, og denne grunnavgiften ble nesten doblet i 2008. Selv etter den siste endringen – som altså påvirker utviklinga i hele perioden 1990-2009 nokså lite – kom summen av grunnavgift og CO₂-avgift bare til å utgjøre 20 % av prisen på fyringsolje – opp fra 18 % i 2007 og altså 15 % i 1990. Avgiften på elektrisitet utgjorde 15 % av prisen i 2009 – mot 11 % i 1990. Avgifter har nok betydd noe for den fortsatte overgangen fra olje til andre oppvarmingskilder etter 1990, men prisutslag i markedene har betydd vesentlig mer.

Subsidier

Subsidier til energisparende tiltak i husholdningene har generelt hatt lite å si for energiutviklinga i perioden 1990-2009, om ikke annet så fordi de har vært lite brukt. Det finnes ett mulig viktig unntak fra hovedbildet, nemlig støtten som ble gitt til installasjon av luft/luft varmpumper i 2002-3, som kan ha spilt en rolle når det gjaldt å få dette markedet til å løsne. Det at sterkt økende summer siden 2000 er stilt til rådighet for energiøkonomisering og –omlegging gjennom Enova har hatt liten betydning for husholdningssektoren, ettersom Enova selv har valgt å prioritere næringsbygg. Siden 2006 er en mindre, øremerket sum (fram til 2009 40 millioner kroner årlig) stilt til disposisjon av Stortinget for støtte til tiltak i husholdninger, men det var ennå per 31.5.10 bare 13.000 husholdninger – 0,6 % av alle – som hadde fått støtte gjennom den ordningen³². Betydningen for utviklinga i samlet energibruk mellom 1990-2009 er allerede av den grunnen åpenbart liten. Noe av støtten har ellers gått til pelletskaminer – noe som endrer snarere enn å redusere energibruken. En evaluering fra 2010 viste ellers at bare 9 % av dem som hadde mottatt støtte til ny oppvarmingsteknologi gjennom Enova, betegnet støtten som avgjørende for investeringsbeslutningen.

Rådgivning og informasjon

Myndighetene kan endelig ha påvirket energibruken i husholdningene gjennom rådgivnings- og informasjonstiltak (ut over merkeordningen for visse typer elektrisk utstyr). Etter at Energilova kom i 1991 ble nettselskapene pålagt å organisere slike tilbud, noe som ble gjort gjennom regionale (fylkesvise) enøk-sentra. Disse ble avvirket etter at Enova ble etablert i 2001, og overtok midlene fra det påslaget på nettariffen som hadde finansiert enøk-sentrene. Etter dette har det statlig finansierte (eller avgiftsfinansierte) informasjonstilbudet til husholdningene om energiøkonomisering i hovedsak vært begrenset til det som finnes på Enovas internetsider og kan fås gjennom Enovas telefonsvartjeneste. Den siste har hatt et økende antall henvendelser, som nådde 38.000 i 2009³³. Det er likevel ikke mulig å kvantifisere den faktiske effekten på energibruken, verken av enøk-sentrene på 1990-tallet eller av Enovas tilbud på 2000-tallet.

Ett informasjons- eller synliggjøringsstiltak som kan tenkes å ha hatt en viss betydning for energibruken er ellers omleggingen av avregningsmåten for elektrisitet i første halvdel av 1990-tallet, først i Oslo og seinere – til slutt etter pålegg – i hele landet. Før dette var det alminnelig at kundene fikk kvartalsvise og like store regninger å konto for forventet strømforbruk, og så et årsoppgjør – enten penger tilbake eller en ekstraregning – etter at måleren ble avlest. Wilhite og Ling (1991) gjennomførte i 1989-90 forsøk med et alternativt system på oppdrag fra Oslo Lysverker. Det som ble utprøvd var å avregne kundene for faktisk strømforbruk annenhver måned. De som fikk de nye regningene reduserte strømforbruket med 10 % i forhold til en kontrollgruppe. Hovedgrunnen var tilsynelatende at de ble oppmerksomme på at de brukte mye mer strøm om vinteren enn om sommeren, og dermed på at oppvarmingen var det største strømsluket. Resultatet førte altså til at Oslo Lysverker gikk over til det nye avregningssystemet og at det senere ble gjort gjeldende i hele landet. Det er neppe sannsynlig at det har redusert strømforbruket med så mye som 10 % i forhold til det vi ellers hadde sett – i så fall kunne en ha ventet et mer markert utslag på forbrukskurven midt på 1990-tallet. At det kan ha hatt en viss betydning er likevel ikke usannsynlig.

³² <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3948>

³³ <http://www.enova.no/publikasjonsoversikt/file.axd?ID=489&rand=c7c179a1-f5b3-4001-ae25-b181e4e384ae>

Samlet virkning av politiske vedtak og virkemidler

I sum er det trolig at de statlige tiltakene som har hatt størst betydning for utviklinga i energibruken i husholdninger etter 1990 er dem som har påvirket utviklinga på boligmarkedet og markedet for elektrisitet, samt kravene til nye boligers klimaskall. Direkte målrettede økonomiske virkemiddel i form av energiavgifter har betydd noe men klart mindre enn andre forhold som har ført til økte energipriser, mens subsidier har vært brukt i svært lite omfang og betydd lite. Betydningen av informasjons-, rådgivnings- og synliggjøringstiltak overfor husholdningene er usikker og ikke forsøkt kvantifisert på nasjonalt plan.

5 En scenariomodell for utviklingen fram mot 2030

5.1 Hvor godt klarte vi å spå utviklingen som skulle komme?

Utgangspunktet for denne studien var en *overraskende* utvikling i norske husholdningers energibruk de siste 20 åra. I 1990 forventet de aller fleste at energibruken i husholdningene ville fortsette å øke, som den hadde gjort jevnt og trutt siden 1945. Så seint som i 1998 presenterte et offentlig utvalg, i NOU 1998:11 Energi- og kraftbalansen mot år 2020, et hovedscenario der husholdningenes forbruk av elektrisitet kom til å øke med 9 TWh/år (25 %) fra 1996-2010, samtidig som også forbruket av ved kom til å øke noe og forbruket av fyringsolje til å holde seg noenlunde stabilt oppe. I virkeligheten lå imidlertid husholdningenes energibruk *flatt* fra 1996-2009, til tross for at ikke bare befolkningsveksten, men også velstandsveksten, har vært noe *høyere* enn forutsatt i scenarioet i NOU 1998:11 ("Stø kurs"). Nå dannet NOU 1998:11 bakgrunnen for en stortingsmelding bl.a. om tiltak for å begrense veksten i energibruken, som i sin tur ble fulgt opp gjennom opprettelsen av Enova. Det kunne altså tenkes at de politiske tiltakene var hovedgrunnen til at den faktiske utviklinga ble en annen enn "stø kurs" oppover for husholdningenes energibruk. Men som vi har sett har Enova bare i svært begrenset grad satt virkemidler inn overfor husholdningene – her var fokuset først og fremst på offentlige bygg og næringsbygg. Avgiftene på energivarer har heller ikke blitt økt i en slik grad at de kan forklare særlig mye av hvorfor husholdningenes energibruk tok en helt annen vending enn forventet under "business as usual".

Det er som vi har sett i tidligere kapitler en nokså lang rekke forhold som har bidratt til den nye vendinga. Noen få av dem kunne sies å være nokså lett forutsigbare allerede omkring 1990 – for eksempel at når utbredelsen av baderom blant husholdninger da var kommet opp i 97 % av boligene, av fryserne i 92 % og av vaskemaskiner i 89 %, så var potensialet for videre økning heller lite når det gjelder energibruk utløst av en økning i bestanden av denne typen apparater. Noen har fått to baderom, men det gjør ikke nødvendigvis at de dusjer oftere. *Metning* på avgrensede områder kan av og til forutsies, men selv det må gjøres med stor varsomhet. Den som i sin tid måtte ha trodd at ytterst få ville ha mer enn ett kjøleskap – for ikke å snakke om ett fjernsynsapparat - tok feil. *Metning* når det gjelder elektriske apparat generelt er det slett ikke tale om. Det hører for eksempel også til overraskelsene fra de siste 20 åra at datamaskiner – oftest i flertall – og diverse perifert utstyr skulle finnes i de aller fleste hjem.

Noe annet som kunne forutses med nokså stor sikkerhet i 1990 var at nybygde boliger i tida framover ville få mindre oppvarmingsbehov enn den eksisterende boligmassen, ettersom de tekniske byggeforskriftene var strammet til i 1985-87. I 1998 var det mulig å regne med enda større reduksjon, siden det var kommet en ny tilstrømming i 1997. Men som vi har sett er det heller ikke bedre isolerte *nye* boliger som har bidratt mest til utflatinga i energibruken; det var ulike enøk-tiltak i *eldre* boliger som klart har bidratt mest.

De fleste og de viktigste av utviklingstrekkene som har dempet energibruken etter 1990 var svært vanskelige å forutse på det tidspunktet. Enkelte av dem hadde begynt å gjøre seg gjeldende i 1998, men det var ikke dermed lett å si om eller med hvilken styrke de ville holde fram. Det aller viktigste av disse forholdene gjelder utviklinga på *boligmarkedet*. Utvalget bak NOU 1998:11 så for seg at utviklinga mot mindre husholdninger kom til å bli *forsterket*, og at dette kom til å generere økt etterspørsel etter nye boliger. Det reelle boligkonsumet (og dermed kanskje boligarealet) kom til å øke *mer* enn den generelle forbruksveksten. I virkeligheten har nedgangen i husholdningsstørrelse bremsert kraftig opp. Samtidig har *prisøkningen* på boliger – som hadde begynt i 1998, men som har fortsatt med en styrke få da regnet med – bidratt til at arealet per bolig nesten har flatet ut. Betydelig større *innvandring* enn SSB eller de fleste andre ventet seg i 1990, eller til og med i 1998, kan også ha bidratt til den trenden. Så langt fra å vokse mer enn forbruket generelt, har boligmassen etter 1990 vokst dramatisk mye *mindre*.

Temperaturøkningen på 1990- og 2000-tallet har ikke vært helt overraskende for alle. Det forelå allerede i 1990 klimamodeller som ikke bare forutså en global, menneskeskapt oppvarming, men også at den kom til å bli sterkest på høye breddegrader og om vinteren. Det var imidlertid like dristig da å mene noe om hvordan dette ville påvirke norsk energibruk på 20 års sikt, som det fortsatt er i dag å mene noe om hvor mye av den observerte temperaturøkningen i Norge som skyldes menneskelig påvirkning.

Prisene på elektrisitet og oljeprodukt var tilnærmet stabile gjennom det meste av 1990-tallet, men har steget på 2000-tallet i en grad som nok har overrasket de fleste, inkludert utvalget bak NOU 2008:11, som i "Stø kurs" så for seg en nesten uendret strømpris fram til 2020.

Teknologiske endringer er ofte lette å se som *muligheter*, fordi det alltid finnes en mengde teknologiske løsninger som er oppfunnet, men ennå ikke tatt i bruk av særlig mange. Til de teknologiene som forelå i 1990 hørte bl.a.

sparepærer, sparedusjer, varmepumper, solfangere og kjøleapparat som allerede var parate til å merkes i energiklasse A da merkeordningen ble innført seinere på 1990-tallet. Deres forskjellige skjebner i de påfølgende 20 åra forteller samtidig noe om hvor vanskelig det er å generalisere om forholdet mellom kjente muligheter og kommende realiteter:

- Kjøle- og fryseapparat i energiklasse A og høyere hadde nådd en markedsandel på 84 % i Norge i 2008
- Sparedusjer fantes i ca. 50 % av boligene
- Varmepumper – den av disse teknologiene som trolig har bidratt mest til å dempe energibruken – hadde neglisjerbar utbredelse helt til 2001, men fantes i 18,5 % av boligene i 2009
- Sparepærer utgjorde ennå i 2006/7 bare 13 % av lyskildene i norske boliger
- Solfangere har fortsatt helt neglisjerbar utbredelse.

Noe, men i grunnen nokså lite, av det som har skjedd siden 1990 var lett å forutse på det tidspunktet. Noe av det andre kunne anes av de mest observante, noe var synlig for mange som muligheter – der gjetningene om hvorvidt de ble realisert kunne spre seg vidt og seinere vise seg som blink eller skivebom – og noen av de viktigste tingene som faktisk skjedde, var det få som i det hele tatt hadde tenkt seg i 1990.

Hva kan vi så lære av denne "etterpåklokskapen" i forhold til tidligere forsøk på å spå om utviklingen av energibruken?

Det første vi kan lære av utviklinga fra 1990-2009 er at vi må regne med *overraskelser*, også i de kommende 20 åra. De kan være både klimatiske, demografiske, økonomiske, teknologiske og kulturelle. Det kan være nye trender som starter i det små (og kanskje allerede har begynt) og gradvis tiltar i styrke – trender som mer eller mindre grovt lar seg representere av lineære eller eksponentielle kurver trukket gjennom det meste av perioden. Mulige eksempel på slike utviklingstrekk gjennom det meste av perioden 1990-2009 er:

- den tiltakende befolkningsveksten
- den avtakende nedgangen i gjennomsnittlig husholdningsstørrelse
- de stigende boligprisene
- den økende energieffektiviteten til nye hvitevarer (som var i gang allerede før 1990)

Andre omslag kan komme nokså brått. Eksempel innenfor perioden 1990-2009 er utviklinga i prisene på flytende brensel og elektrisitet, som altså lå nokså flatt gjennom det meste av 1990-tallet men steg sterkt fra hhv. 1998 og 2000 – og markedet for varmepumper, som gikk fra å være svært lite til stort i løpet av 2002-2003.

Samtidig er det noen forhold som lar seg forutsi med en viss *sikkerhet*, mest opplagt noen av dem som følger av *politiske vedtak* som allerede er *fattet*. Vedtak med helt direkte konsekvenser for direkte drivere for energibruken er for eksempel de nye byggeforskriftene av 2007 og 2010 samt EU-direktivet om utfasing av glødepærer. I basisversjonen av den scenariomodellen som er utviklet som ledd i dette prosjektet, kommer for eksempel disse endringene til uttrykk ved at hhv. det spesifikke varmebehovet i nye boliger og det spesifikke strømforbruket til belysning faller markert i de første åra etter basisåret 2009. Modellen gir også mulighet for å modellere konsekvenser av framtidige vedtak av tilsvarende slag. Det finnes også andre politiske vedtak som kan antas å ha en viss effekt på energibruken, men der denne er mer indirekte, mye mer usikker og sannsynligvis svakere. Eksempel er innføringen av grønne sertifikater, som trolig vil påvirke strømprisen svakt oppover, og kravet om energimerking av bygg.

Vår analyse av utviklinga i perioden 1990-2009 viste samtidig at politiske vedtak *med sikte på å redusere energibruken* – altså summen av reviderte byggeforskrifter i 1987 og 1997, andre reguleringer, avgifter, subsidier og informasjonstiltak - sannsynligvis bare forklarer en *mindre* del av den reduksjonen i spesifikk energibruk i boligene som skjedde i perioden. Svært mye har skjedd på *folks eget initiativ*, uavhengig av lovkrav og uten økonomisk støtte. Det gjelder bl.a. den nokså omfattende utbedringen av klimaskall i eldre boliger – spesielt eneboliger, utskiftingen av varmtvannsberedere og installeringen av sparedusjer og det meste av skiftet i valg av energibærere og teknologier til oppvarming. På det siste området har dels krav til nye vedovner som selges og dels støtten til luft/luft varmepumper i 2002-3 nok spilt en viss rolle; Enovas støtte til andre varmepumper fra 2006 en svært beskjeden rolle for utviklinga i hele perioden.

Politiske vedtak kan ha hatt nokså stor betydning for den sterkt reduserte veksten i *boligareal* per etter 1990, men det har i så fall hovedsakelig vært en ikke-intendert konsekvens av vedtak med andre formål.

5.2 Hva kan bety mest framover?

Vi legger til grunn et 20-årsperspektiv i våre diskusjoner av "framover"; altså fram mot 2030. Det er det samme tidsperspektivet som legges til grunn i de "lengste" offisielle befolkningsprognosene fra SSB.

Viktige spørsmål når vi ser framover er hvilke faktorer som heretter kan få størst betydning for utviklinga i energibruken, og hvilke virkemiddel – ut over de allerede vedtatte – som kan bidra mest til å bringe den nedover. Selv om det fortsatt vil komme overraskelser, kan det tenkes at utviklinga kan gjøres mer forutsigbar – i retning av lavere energibruk – ved at det tas i bruk virkemiddel på flere felt og av flere slag enn hittil.

Boligareal som styrende for energibruken

Det er for det første klart at veksttakten i boligarealet også i de kommende to tiåra vil være en viktig faktor. Den betydning er tosidig. Dess mer boligarealet vokser, dess mer vil energibruken tendere til å vokse; men dess mer det vokser, dess større vil også den nybygde andelen av boligarealet i 2030 være – den delen der energibruken i størst grad lar seg regulere av forskrifter fra 2007, 2010 og eventuelt kommende år. Mer (netto) nybygging kan altså gi lavere spesifikk energibruk, men den *absolutte* energibruken blir samtidig større – i alle fall de nærmeste tiåra.

Dersom vi får en så sterk vekst i folketallet fram til 2030 som SSB beregner i sitt seineste, midlere framskrivingsalternativ (+27 % fra 2009-2030) og dersom veksten i boligareal per person blir 0,5 % per år, som den var fra 1990-2009, så vil det si at boligarealet i perioden øker med 40 %. Det er dette som ligger til grunn i basisversjonen av scenariomodellen som er utarbeidet i dette prosjektet. For at nybyggingen i perioden skal være stor nok til å muliggjøre denne veksten, må den også kompensere for rivingsraten (som vi fortsatt setter til 0,1 % per år), noe som da vil føre til at om lag 111 millioner m² av en total boligmasse på 363 millioner m² i 2030 vil være bygd etter 2009. I 2030 vil det i så fall være like over 30 % av boligmassen som er bygd etter 2009. Om denne nye boligmassen, som følge av allerede vedtatte byggeforskrifter og mulig kommende innstramminger, har en gjennomsnittlig total energibruk på 90 kWh/m², blir energibruken her på 10 TWh. Energirammen i TEK-2010 er til sammenlikning på 115 kWh/m² for blokkleiligheter og 131 kWh/m² for en enebolig på 150 m². Dette inkluderer imidlertid en forutsatt spesifikk energibruk til belysning som etter våre anslag er betydelig for høyt, og en forutsatt energibruk til varmt vann som ligger noe for høyt. Boliger bygd etter TEK-2010 bør derfor allerede i dag få en energibruk som ligger litt under energirammen – om ikke folk holder høyere innetemperatur enn forutsatt, hvilket er høyst tenkbart.

Dersom vekstraten i boligareal per person heretter blir en annen enn i perioden 1990-2009, blir energibruken i den nye boligmassen – under resten av forutsetningene ovenfor – høyere eller lavere. Tabell 56 under viser utslagene om veksten i areal per person blir 0, 0,5 %, 1 % eller 2 % per år. Det siste er fortsatt i underkant av den faktiske vekstraten i en tidligere periode (1970-1990).

Tabell 56 Scenarioer for nybygd boligareal 2010 t.o.m. 2030 og energibruk i de nye boligene i 2030*

Årlig vekst i areal per person	Prosentvis vekst i boligareal 2009-2030	Nybygd areal 2010 t.o.m. 2030, mill. m ²	Energibruk i ny boligmasse, TWh/år, 2030
+0,0 %	+27 %	75	6,7
+0,5 %	+41 %	111	10,0
+1,0 %	+56 %	163	14,7
+2,0 %	+90 %	207	18,6

* Forutsetninger: Befolkningsvekst i perioden 27 %, rivingsrate 0,1 %, spesifikk energibruk 90 kWh/m².

Det høyeste vekstalternativet kan i dag synes svært usannsynlig. Selv anslaget i vårt basisscenario – med 0,5 % vekst i boligareal per person – krever at det heretter bygges dobbelt så mye per år som tilfellet har vært siden 1990. Som vi har sett, kan de store overraskelsene slett ikke utelukkes. Men selv om vi ser bort fra det høyeste alternativet, så er forskjellene mellom det minste og nest største stor nok til at utviklinga i boligarealet burde ha betydelig energipolitisk interesse. Det finnes åpenbare innvendinger mot å forsøke å påvirke dette ved å øke boligkostnadene ytterligere, i den grad det skulle være mulig for myndighetene. Både direkte reguleringer (for eksempel gjennom arealplanlegging) og andre økonomiske incentiv enn generell prisøkning på boliger er tenkbare virkemiddel for å stimulere til bygging i nøkternt format – uten at vi skal ta stilling til hva som er ønskelig. For å perspektivere hva tiltak på dette området motsvarer i forhold til andre typer tiltak for å redusere energibruken: Forskjellen mellom nullvekst og 0,5 % vekst i boligarealet per person betyr det samme som å redusere den spesifikke energibruken fra de 90 kWh/m² i eksemplet ovenfor til 68 kWh/m² – til alle formål, og for gjennomsnittet av *alle* boliger som bygges fra 2010 til 2030. De måtte med andre ord alle godt og vel oppfylle det som Norsk Standard definerer som "passivhusnivå".

Samtidig som veksten i boligareal fortsatt blir svært viktig, er det nokså sikkert at storparten av boligarealet som kommer til å finnes i 2030 allerede er bygd. I scenariet med 0,5 % årlig vekst i arealet per person, vil 70 % av

boligmassen i 2030 bestå av boliger bygd seinest i 2009. Denne boligmassen (her bare helårsboliger) hadde en temperaturkorrigert energibruk på 45 TWh i 2009, som er fire ganger mer enn den nye boligmassen vil få i 2030 dersom nevnte scenario slår til. Hva som skjer i og med denne eksisterende boligmassen er altså avgjørende for om husholdningenes samlede energibruk fortsatt kan stabiliseres, eller til og med bringes noe ned.

Tekniske tiltak for energioptimering i eksisterende boliger

Fra 1990-2009 falt som vi har sett den spesifikke energibruken i helårsboligene med 19 %, hvorav en nokså liten del skyldtes nybygging i perioden. Er det mulig å redusere energibruken i den eksisterende boligmassen med en ny fjerdedel eller mer fram til 2030, og i så fall hvordan?

Det er klart nok *mulig*. Den endringen som nå er i gang på belyningsområdet vil riktignok bidra i nokså beskjeden grad – trolig med en reduksjon på mellom 1-2 % - blant annet fordi en stor del av energien til belysning kommer til nytte som spillvarme. Men av de faktorene som bidro til reduksjonen i spesifikk energibruk mellom 1990-2009 (*Tabell 44*) er det bare én der *det meste* av potensialet trolig er uttømt. Det gjelder reduksjonen i fyringstap. Det er svært lite oljefyring igjen. Med mindre vi forutsetter at også vedfyringen heretter minsker vesentlig, blir ytterligere reduksjoner heretter stort sett avhengige av fortsatte forbedringer i vedovner og eventuelt i fyringsteknikk. Derimot kan vi si at:

- Energibruken til *vannvarming* kan reduseres *meget sterkt*, ikke bare ved overgang til skumisolerte beredere og ved at den siste halvparten av befolkningen anskaffer sparedusj, men ved hjelp av solfangere (som kan dekke ca. 50 % av energibehovet til tappevann på årsbasis) og varmegjenvinning på avløpsvannet. En kombinasjon av disse løsningene, gjennomført i alle boliger, kunne teoretisk redusere den samlede energibruken med i størrelsesordenen 10 %.
- Det fortsatt i 2009 var en knapp fjerdedel av varmebehovet som var berørt av *varmepumper*, og kanskje 14-15 % av varmebehovet som faktisk ble dekt av disse. Også her var det gjenværende potensialet større enn det realiserede, *særlig* dersom det ikke bare ble flere varmepumper, men også et større innslag av andre typer enn luft/luft, altså typer som kan dekke mer av varmebehovet der de finnes. *Reint teoretisk* – om all oppvarming unntatt topplast på de kaldeste dagene ble dekt av varmepumper – kunne flere og bedre varmepumper alene redusere dagens energibruk i boligmassen med ca. 25 %. I så fall ville naturligvis også mye av vedfyringen og tilhørende fyringstap bli borte.
- Det fortsatt finnes et stort potensial for *oppgradering av klimaskall* i eksisterende boliger, om enn sannsynligvis til gradvis stigende kostnader, ettersom mange tiltak med kort tilbakebetalingstid alt er utført. KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering i bygg (2010) anslo at enøk-tiltak i eksisterende bygg som *ikke* blir totalrehabilitert kunne gi en innsparing på 20 %. Om den eksisterende massen av småhus i gjennomsnitt bare ble oppgradert til samme nivå som boliger fra perioden 1997-2009, ville det trolig redusere energibruken i disse med 12-15 %.
- Det finnes også fortsatt et potensial for å redusere energibruken til *elektriske apparat*. Det er trolig relativt størst for kjøle- og fryseapparat og for elektronikk. Når det gjelder de første, har produktene på markedet i dag ifølge www.besteprodukter.no allerede et strømforbruk på en tredjedel til halvparten av det som ble funnet i bestanden av 2006/7 i REMODECE-prosjektet. Når det gjelder fjernsyn er drastiske forbedringer i nye modeller i gang. Som når det gjelder lys, blir bare en del av en energisparing til elektriske apparat netto, men nettogevinsten ved å halvere strømforbruket til apparat ville bli en reduksjon på ca. 3 % i samlet energibruk i boligene.

Eiere av eksisterende boliger har altså gjennom de siste 20 åra gjennomført mange tiltak, i hovedsak uten tvang men også uten støtte, for å redusere energibruken. En mulig slutning av det er at den positive utviklinga går av seg selv, og at det ikke er behov for særlig sterke virkemiddel. En annen mulig slutning er nærmest motsatt – nemlig at når interessen finnes, så har støttetiltak - økonomiske, i form av rådgivning eller en kombinasjon av begge og eventuelt flere deler – fruktbar jord å falle i. I alle fall er det sannsynlig at etter som en beveger seg fra enklere og billigere til dyrere og mer komplekse tiltak – fra sparedusj til solfanger (som ekstremt eksempel), fra luft/luft varmepumpe til typer som krever vannbåret oppvarmingssystem, fra de billigste til dyrere tiltak på klimaskallet, så kan både rådgivningstilbud og støtteordninger bli mer avgjørende for at effektiviseringen fortsetter. Det vil i så fall si ordninger av større omfang enn dagens begrensede støtte til varmepumper og solfangere, som i alle fall fram til 2010 hovedsakelig synes å ha truffet en gruppe som var interesserte nok til at de ville ha investert også uten støtte.

Adferdsendringer

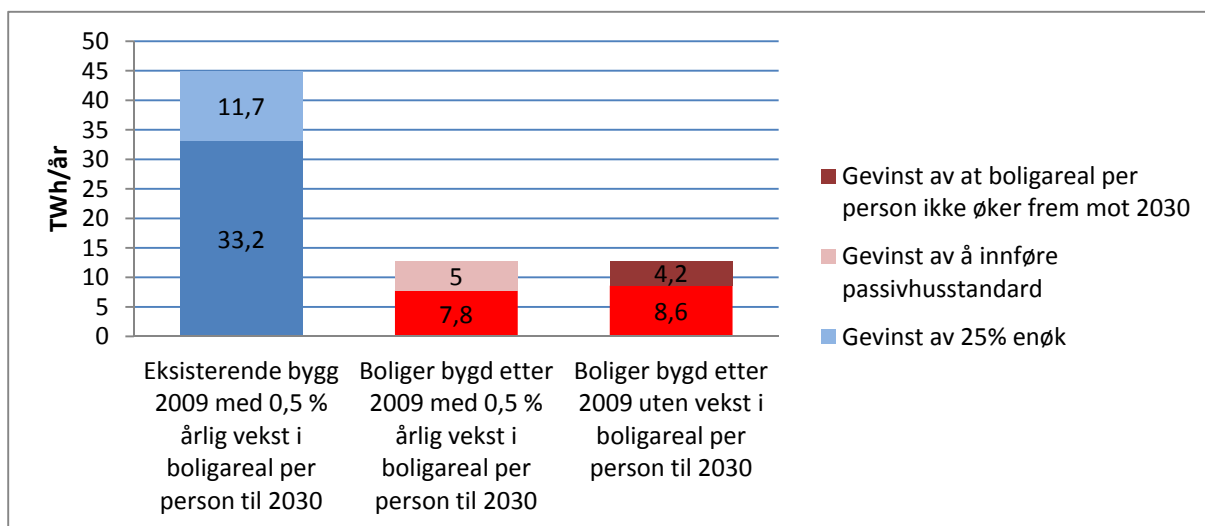
Det kan legges til at det *også* finnes et betydelig potensial for redusert energibruk i eksisterende boliger gjennom atferdsendring. Vi har sett at energibruken i teknisk like boliger kan variere med omkring *faktor 3*, selv om

ekstremtilfeller holdes utenfor. Siden romoppvarming bidrar mest til energibruken, beror nok en stor del av den variasjonen på forskjellig *valg av innetemperatur*. Tall fra Albertslund i Danmark viser også at nettopp varmeforbruket varierer så mye mellom teknisk like boliger. 1° C senkning av innetemperaturen i gjennomsnitt for hele boligmassen vil gi en reduksjon i samlet energibruk på opp mot 4 %. Hvorvidt den sannsynlig økende trenden i innetemperatur hittil kan fås til å flate ut eller snus, har altså mer enn neglisjerbar betydning for energibruken fram til 2030. Siden det å justere temperaturen ned allerede i utgangspunktet er en inntektspost og ikke en kostnadspost for husholdningene, er det ikke noe som beror på støttetiltak. I den grad politiske virkemiddel kan bidra til å endre atferd på et slikt område må de snarere være informative (i videste forstand). Det kan blant annet bety å *synliggjøre* forskjellene i energibruk, slik en gjør i Albertslund. Vi har sett at bare det å synliggjøre årsvariasjonen i strømforbruket – og dermed hvor mye som gikk til oppvarming – i sin tid kunne en merkbar forbruksreduksjon i Oslo.

Når det gjelder *el-spesifikt forbruk* er atferd viktig i dobbelt forstand – det er både et spørsmål om hvordan apparat brukes og hvor mange som anskaffes. Fra 1990-2009 ble betydelige tekniske effektiviseringer spist opp av et økende antall apparat, men hvor vidt det også blir slik fram til 2030 er et åpent spørsmål³⁴.

Tiltak i nybygg versus eksisterende bygg

Vi fant i analysen av utviklinga fra 1990-2009 at det aller meste av reduksjonen i spesifikk energibruk som skjedde i den perioden skyldtes ting som hendte i den eksisterende boligmassen, og ikke krav til nye bygg. Får vi som forventet en sterkere befolkningsvekst og dermed sannsynligvis mer nybygging i perioden fram til 2030, vil også de nye boligene få litt mer å si for utviklinga enn i perioden 1990-2009. *Men med mindre vi får en mye større befolkningsvekst enn i SSBs midlere framskrivning, og/eller en svært mye sterkere vekst i boligarealet per innbygger enn vi har sett de siste 20 åra, vil det også fram til 2030 være slik at utviklinga beror mest på det som skjer i og med den eksisterende bygningsmassen.* I vårt basisscenario utgjør nybygginga fram til 2030 ca 111 millioner m² (jfr. Tabell 56). Det krever en sterkt økt nybygging heretter. Om det bygges så mye nytt, kan forskjellen mellom å la dagens byggeforskrifter stå uendret (noe som i praksis kan bety en energibruk per m² på ~115 kWh i nye boliger) og å kreve passivhusstandard (70 kWh/m²) i alle nye hus *fra i morgen* høyst bli et utslag på ca. 5 TWh i energibruken anno 2030. Det kan bli merkbart mindre, dersom nye boliger bygd etter dagens standard blir utstyrt med varmepumpe (noe som er lite aktuelt for passivhus). Potensialet for å redusere energibruken i den *eksisterende* boligmassen fram til 2030 er betydelig større, som figuren nedenfor viser.



Figur 13 Reduksjon i samlet energibruk per år som følge av tiltak overfor eksisterende eller ny boligmasse til 2030, TWh/år

Selv en reduksjon på en fjerdedel i energibruken i eksisterende boligmasse vil bety over dobbelt så mye fram til 2030 som effekten i ny boligmasse om *alle* hus fra og med 2010 var bygd med passivhusstandard. En reduksjon på en fjerdedel i eksisterende bygg er langt fra noe teknisk oppnåelig maksimum, men noe som kan oppnås med flere mulige kombinasjoner av tiltak. Samtidig ser vi at forskjellen mellom 0 % og 0,5 % årlig vekst i boligarealet

³⁴ I scenariomodellen som er utviklet i dette prosjektet er det mulig å legge inn valgfrie forutsetninger om utviklinga i apparatbestanden, mens forutsetninger om endringer i innetemperatur (eller utetemperatur) må legges inn ved å endre på inndata for varmebehov.

per person har nesten like stor betydning for energibruken i ny boligmasse som forskjellen mellom dagens tekniske krav og passivhusstandard.

Mellom 1990 og 2009 bidro både redusert vekst i arealet per person og redusert energibruk i eksisterende boligmasse til at husholdningenes energibruk flatet ut. Ingen av delene skjedde hovedsakelig på grunn av politiske virkemiddel *med sikte på* å oppnå disse resultatene. Dermed er det ikke gitt at trendene vil fortsette av seg selv. Utviklinga mot 2030 kan i betydelig grad avhenge både av andre sider ved boligpolitikken enn tekniske forskrifter, og av hvilke incentiv som gis til fortsatt å spare energi i eksisterende bygg.

Fritidsboliger

Til slutt er det viktig å påpeke at drøftingen ovenfor har fokusert på helårsboliger. Fra 1990-2009 økte arealet av fritidsboliger mye sterkere enn arealet av helårsboliger, og den spesifikke energibruken gikk ikke ned, men opp. Skulle veksten i energibruk i fritidsboliger bli like sterk fram til 2030 som den var fra 1990-2009, vil den da ligge på 4,6 TWh – kanskje tilsvarende halvparten av energibruken i alle nye helårsboliger som bygges fram til 2030. Også virkemiddel rettet mot fritidsboliger kan få vesentlig betydning for dem samlede utviklinga i husholdningenes energibruk framover.

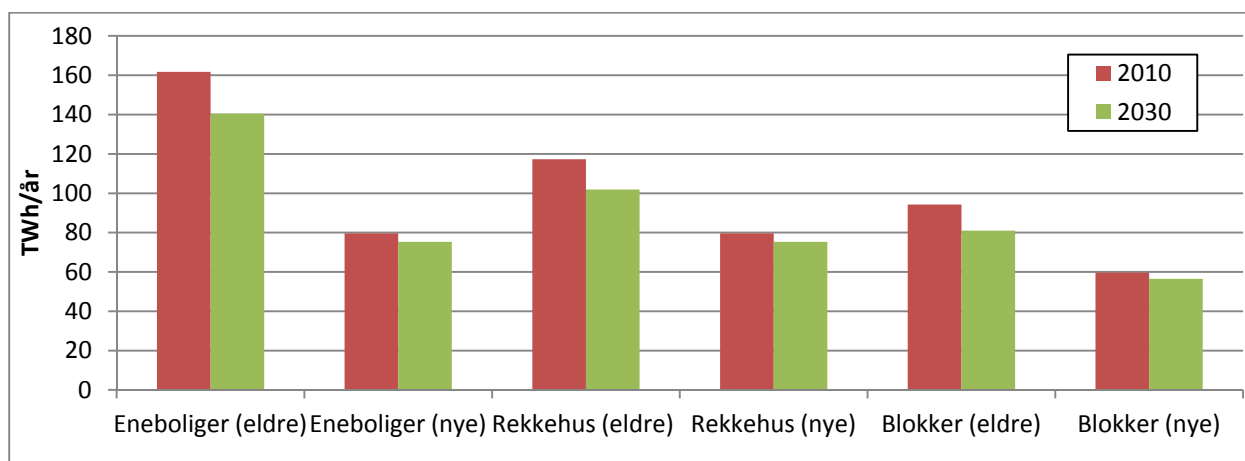
5.3 Utarbeiding av scenarier for husholdningenes energibruk

Det er viktig å være klar over at man i prinsippet kan lage to ulike framskrivinger eller scenarier:

- En-faktor analyser
- Flere-faktor analyser

I det første tilfellet er poenget å vise hvordan endringer i én faktor (en av forutsetningene vist i *Tabell 70*) kan påvirke energibruken. Over er vist et eksempel på dette (der vi fikk fram hvordan eksempelvis endringer i forutsetninger om endringer i enøk-innsats i eksisterende boliger kan slå ut).

I det andre tilfellet kan man lage ulike scenarier for hvordan endringer i *flere* faktorer (forutsetninger) kan påvirke energibruken. Denne siste tilnærmingen kan også brukes til å framstille det som brukeren måtte mene er den mest sannsynlige utviklingen (dvs den mest sannsynlige kombinasjonen av de forutsetningene modellen har innebygget som brukeren kan variere), og slik i prinsippet brukes til å lage en *prognose*, eller framstille hvordan for eksempel ulike politikkinnetninger kan tenkes å slå ut (den som normalt assosieres med å lage scenarier i offentlig politikktutvikling og planlegging). Under er vist en framstilling av hvordan energibruken kan tenkes å bli gitt de verdiene vi har lagt inn for de ulike forutsetningene scenariomodellen inneholder. I vedlegget går vi nærmere inn på disse forutsetningene og – viktigere – hvordan brukeren kan velge andre forutsetninger, og slik sett komme fram til andre resultater.



Figur 14 Scenario for mulig utvikling i energibruk fra 2010 til 2030 fordelt på ulike boligtyper, TWh/år

6 Referanser

- Aune, Margrethe (2007): Energy comes home. *Energy Policy*, 35 (2007), 5457-5465. http://www.solution-concerto.org/IMG/pdf/Energy_comes_home.pdf
- Bartlett, Sarita (1993): The Evolution of Norwegian Energy Use from 1950 to 1991. Rapport nr. 93/21 fra Statistisk sentralbyrå, Oslo. http://www.ssb.no/histstat/rapp/rapp_199321.pdf
- Bøeng, Ann Christin (2005): Energibruk i husholdninger 1930-2004 og forbruk etter husholdningstype. Rapport nr. 2005/41 fra Statistisk sentralbyrå, Oslo. http://www.ssb.no/emner/01/03/10/rapp_200541/rapp_200541
- Boverket (2010): Energi i bebyggelsen – tekniske egenskaper och beräkningar. Resultat från projektet BETSI. Boverket, Karlskrona. <http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2011/BETSI-Energi-i-bebyggelsen.pdf>
- Buskerud fylkeskommune (2007): Framtidsrettet fritidsbebyggelse – Veileder energi. http://www.hytteveilederen.no/pdf/veileder_energi.pdf
- Carlsson-Kanyama, Annika og Anna-Lisa Lindén (2002): Hushållens energianvändning – Värderingar, beteenden, livsstilar och teknikk. Rapport nr. 176 fra Forskningsgruppen för miljöstrategiska studier, Stockholm. <http://www.infra.kth.se/fms/pdf/Hushallensenergianvandning.pdf>
- Carlsson-Kanyama, Annika, Anna-Lisa Lindén og Björn Eriksson (2004): Hushållskunder på elmarknaden – Värderingar och beteenden. Department of Sociology, Lund University – Research Report 2004:2.
- Dalenbäck, Jan-Olof, Lennart Jagemar og Anders Göransson (2006): El- og energianvändning i byggnader. Förstudie, Chalmers EnergiCentrum. Elforsk rapport 06:43. http://www.elforsk.se/Rapporter/?rid=06_43
- Emmert, Sophie, Martin van der Lindt og Helma Luiten (red.) (2011): BarEnergy – Barriers to changes in consumer behaviour among end consumers and households. Final Report. EU, uten utgivelsessted. http://www.barenergy.eu/uploads/media/Barenergy_FinalReport_screen.pdf
- Gram-Hansen, Kirsten (2005): Husholdningers elforbrug: Hvem bruger hvor meget, til hvad og hvorfor? Rapport nr. 2005:12 fra Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm. <http://www.sbi.dk/miljo-og-energi/livsstil-og-adferd/husholdningers-elforbrug-hvem-bruger-hvor-meg-et-til-hvad-og-hvorfor/>
- Gram-Hansen, Kirsten, Troels Fjordbak Larsen og Toke Haunstrup Christensen (2009): Elforbrug til IKT. I Røpke m.fl. (2009).
- Grinden, Bjørn og Nicolai Feilberg (2009): Analysis of Monitoring Campaign in Norway. Report No.: REMODECE NO-D10. Intelligent Energy Europe.
- Gorud, Christian, Ingeborg Rasmussen og Steinar Strøm (2007): Fremskrivning av varmepumpenes bidrag til det norske energisystemet. Vista Analyse AS, Oslo.
- Havskjold, Monica, Kjetil Ingeberg, Benedicte Langseth og Arve Halseth (2009): Klima- og energidata, og fremtidig utvikling i byggsektoren. Rapport utarbeidet for NVE til Klimakur 2020. Xrgia, Bærum. http://www.klimakur2020.no/Global/klima_og_energidata_fremtidig_utvikling_i_byggesektoren_m_alle_appendikser.pdf
- Holden, Erling og Ingrid T. Norland (2004): SusHomes – En undersøkelse av husholdningers forbruk av energi til bolig og transport i Stor-Oslo. Rapport nr. 3/04 fra ProSus, Oslo. <http://www.prosus.uio.no/publikasjoner/Rapporter/2004-3/rapport3.pdf>
- IT Energy (2008): ELMODEL-Bolig: Nye husholdningapparaters energiforbrug 1970-2006. Rapport nr. EB 2008/1 fra IT Energy, Herlev.
- Kofod, Casper (2005): Elforbrugets sammensætning – Slutforbrugsanalyse på basis af målinger i 100 boliger i Odense. Energy Piano, Virum. http://www.elforsk.dk/doks/334-026/Bil_1_334_026.pdf
- KRDs (Kommunal- og regionaldepartementets) arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg (2010): Sluttrapport. http://www.regjeringen.no/upload/KRD/Vedlegg/BOBY/rapporter/energieffektivisering_av_bygg_rapport_2010.pdf
- Larsen, Bodil M. og Runa Nesbakken (2005): Formålsfordeling av husholdningenes elektrisitetsforbruk i 2001 – Sammenligning av formålsfordelingen i 1990 og 2001. Rapport nr. 2005/18 fra Statistisk sentralbyrå, Oslo. http://www.ssb.no/emner/01/03/10/rapp_hush_elek/rapp_200518/

- Lindén, Anna-Lisa (2007): Värme i bostäder – en kvantitativ analys av energiförbrukning. Elforsk rapport 07:61. http://www.elforsk.se/Rapporter/?rid=07_61
- Ljones, Arne, Runa Nesbakken, Svein Sandbakken og Asbjørn Aaheim (1992): Energibruk i husholdningene – Energiundersøkelsen 1990. Rapport nr. 92/2 fra Statistisk sentralbyrå, Oslo.
- Magnussen, Ingrid, Dag Spilde og Magnus Killingland (2011): Energibruk i fastlands-Norge. Rapport nr. 09/2011 fra Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo. <http://www.nve.no/Global/Publikasjoner/Publikasjoner%202011/Rapport%202011/rapport9-11.pdf>
- Nilsson, P. (2007): Energieffektivisering i flerbostadshus. Fastighetsägarna i Stockholm.
- NS 3031 (2007): Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data. Standard Norge.
- Petersen, Kirstine Nærvig og Kirsten Gram-Hansen (2005): Husholdningers energi- og vandforbrug – Afhængighed af socio-økonomiske baggrundsvariable. Rapport nr. 2005:09 fra Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm. <http://www.sbi.dk/miljo-og-energi/livsstil-og-adferd/husholdningers-energi-og-vandforbrug/>
- Røpke, Inge, Toke Haunstrup Christensen, Jesper Ole Jensen, Kirsten Gram-Hansen, Troels Fjordbak Larsen, Ole Willum, Lisbet Stryhn Rasmussen og Jens Erik Pedersen (2009): Informations- og kommunikationsteknologi i husholdningerne – en energipolitisk udfordring. Rapport 17/2009 fra DTU Management, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby. http://vbn.aau.dk/files/19168904/Afslutningsrapport_IKT_og_energi.pdf
- Rosenberg, Eva og Kari Espegren (2009): Energiscenarioanalyser Enova-IFE. Institutt for energiteknikk, Kjeller. <http://www.ife.no/publications/2009/ensys/publication.2009-12-11.3695907773>
- SOU 2008:25 Ett energieffektivare Sverige. Delbetänkande av Energieffektiviseringsutredningen. <http://www.regeringen.se/sb/d/108/a/100176>
- Wigenstad, Tore og Marit Thyholt (2005): Nye energikrav. Tilleggsanalyser. Underlag for revisjon av forskriftskrav til bygningers energibehov. Rapport STF 50 A05207 fra SINTEF, Trondheim.
- Wilhite, Harold og Loren Lutzenhiser (1999): Social loading and sustainable consumption. *Advances in Consumer Research*, 26, s. 281-287. <http://www.acrwebsite.org/volumes/display.asp?id=8263>
- Wilhite, Harold og Rich Ling (1991): Mennesket bak måleren – Resultater fra forprosjektet. Rapport nr. 306 fra Ressurskonsult, Oslo.
- Zimmermann, Jean Paul (2009): End-use metering campaign in 400 households in Sweden: Assessment of the Potential Energy Savings. Enertech, Rimandoule. http://www.enertech.fr/pdf/54/consommations%20usages%20electrodomestiques%20en%20Suede_2009.pdf

7 Vedlegg: Dokumentasjon av beregningsmodellen

7.1 Innledning

Arbeidsboken ³⁵ *E-NVE-regnemodell.xlsm* inneholder to hovedelement. Det første elementet er *beregningsmodellen*, det andre elementet er *historiske datatabeller*. Beregningsmodellen er bygget opp i moduler som er sammenfallende med energibrukens formålsfordeling. Med moduler mener vi her regneark-lag som har en bestemt logisk rolle i modellen.

Både beregningsmodellen og de historiske tabellene fordeler egenskaper ved boligene etter boligtype. Det er brukt tre boligtyper:

- Enebolig inklusive våningshus
- Rekkehus inklusive tomannsboliger
- Blokker

I tillegg er energibruk og enkelte boligegenskaper som for eksempel areal og antall fordelt på fritidsboliger. De siste omfatter både sommerhus og hytter.

Til grunn for beregningsmodellen ligger en kausalmodell. *Figur 5* viser denne modellen. De ulike moduler i beregningsmodellen er bygget opp etter kausalmodellen. Modulene inneholder et felt for input og et felt for output. Input vil være de direkte og indirekte drivere mens output er resultatene av beregningene i hver modul. Modulene viser også den historiske utvikling i drivere som areal, boliger og folketall der hvor disse er relevante drivere for energibruken. Utviklingen vises som nivået på energibruk basisåret og tilsvarende nivå i beregningsåret.

I tillegg til modulene for energibruk etter formål inneholder beregningsmodellen en modul for brutto varmebehov og en modul for netto varmebehov. Det finnes også en modul for romoppvarming som viser bruk av energibærere og deres virkningsgrader samt en modul som viser formålsfordelingen av energibruken i husholdningene. Til slutt er det en egen modul for simuleringer av beregningsmodellen med ulike forutsetninger om historiske verdier og endring i disse.

For en dokumentasjon av de historiske verdier som brukes av beregningsmodellen vises til rapporten som dette vedlegget er en del av (kapitlene om de direkte og indirekte driverne). De historiske data er konstruert som tidsserier fra 1970 til 2009. Hull i tidsseriene er fylt ved å bruke lineær interpolering mellom kjente historiske verdier på to tidspunkt.

7.2 Om bruk av Excel som applikasjonsverktøy

Modellen er bygget opp i Excel. Brukeren navigerer i forskjellige moduler og i historiske datatabeller ved å bruke knapper som er definert i hver modul. Simuleringene utføres ved å klikke på en egen knapp i modulen *Simulering*. Til enhver knapp er det tilordnet en makro. Med makro mener vi her en selvstendig sekvens med programkode. Koden er programmert i VisualBasic (VB) for Microsoft Office.

Det er definert en del celler i modulene som fungerer som mellomlagring for beregningene. Enkelte av disse cellene er skjult ved å bruke samme farge på innholdet i cellene som bakgrunnsfargen. For brukeren vil det dermed se ut som om cellene er tomme. Brukeren bør derfor ikke bruke regnearket til beregninger utover de som utføres av modellen selv. Dersom brukeren ønsker å utføre slike egne beregninger bør dette foregå i et eget regneark for ikke å ødelegge logikken i beregningsmodellen.

I alle moduler er det en knapp som bringer brukeren tilbake til *hovedmenyen*. Hovedmenyen vil alltid vises når regnearket startes. I alle de historiske datatabellene er det en knapp som bringer brukeren til hovedmenyen for de historiske data i tillegg til hovedmenyen for hele modellen.

7.3 Hovedmeny

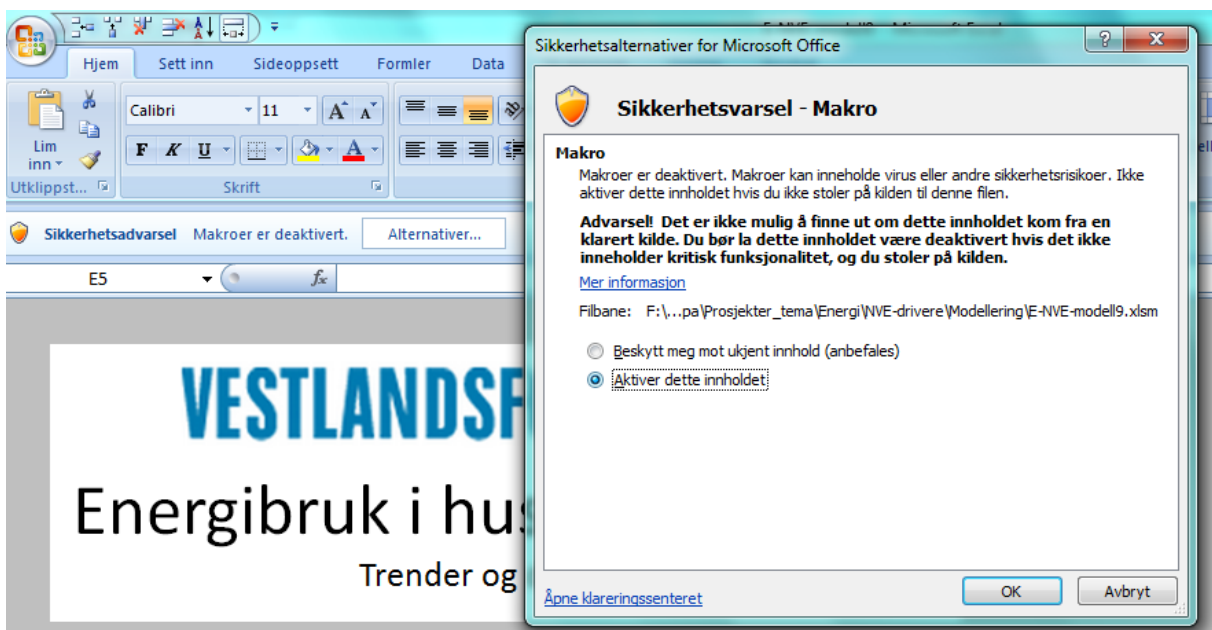
Figur 15 på neste side viser hovedmenyen i modellen. Når regnearket startes vil denne menyen alltid bli vist først. Selve starten gjøres som for alle regneark, enten velges regnearket fra menyen "Nylig brukte dokumenter", det kan velges fra dialogboksen som aktiveres ved å velge "Åpne" eller regnearket kan dobbeltklikkes i Windows Utforsker.

³⁵ En arbeidsbok er en samling av flere regneark-lag. Vi bruker regneark til å betegne et regneark-lag og arbeidsbok til å betegne en samling av regneark-lag.



Figur 15 Oppstartmodul

Vær oppmerksom på at man i enkelte tilfeller må "slå på" makrofunksjonene. Når regnearket blir åpnet kan det dukke opp en advarsel øverst til venstre i skjermbildet der det vil stå "sikkerhetsadvarsel" (se figur 16 under). Velg i tilfelle "alternativer", så får man opp en boks med tittelen "Sikkerhetsvarsel – Makro". Velg så alternativet "aktiver dette innholdet".



Figur 16 Aktivering av makroer

7.4 Metamodellen

Tabell 57 under viser innholdet i metamodellen. Dens oppgave er å tilrettelegge historiske data som input til beregningene. Modulen fordeler drivere som areal, helårsboliger og folketall på de ulike boligtypene.

Tabell 57 Metamodell for fordeling av parameterverdier mellom eneboliger, rekkehus og blokk

Parametre	Sum alle tre kategorier	Fordeling mellom boligkategorier		
		Blokk	Rekke	Enebolig
Folketallsutvikling	Historiske data	Beregnes	Beregnes	Beregnes
Arealøkning	Historiske data	Historiske data	Historiske data	Historiske data
Pers/husholdning	Historiske data	Beregnes	Beregnes	Beregnes
Snitt arealstørrelse per husholdning	Historiske data	Historiske data	Historiske data	Historiske data
Antall nye husholdninger (=boliger)	Historiske data	Beregnes	Beregnes	Beregnes
Total bestand før økning	Historiske data	Historiske data	Historiske data	Historiske data

I metamodellen velger bruker året modellen skal beregnes for samt basisår for beregningen. Per desember 2011 går de historiske tidsseriene fram til 2009. Disse tabellene kan bli utvidet år for år med nye historiske data. I oppslagsformlene er det tatt hensyn til at tidsseriene vil bli utvidet. Året 2009 er derfor per desember 2011 det siste året modellen kan beregnes for. Basisåret brukes til å beregne økning i driverne areal og helårsboliger fram til beregningsåret. Basisåret må derfor komme før beregningsåret. Basisåret brukes også til å vise historisk endring i drivere i enkelte moduler. I tillegg brukes basisåret til å vise antatt del av endret energibruk for et formål som kan tilskrives effektivisering og endring i bestand der dette er relevant. Tabellen over viser logikken i metamodellen. Noen dataverdier hentes fra de historiske datatabeller mens andre beregnes. Figur 17 under viser metamodellen slik den vises i regnearket.

		Hovedmeny				
		Metamodell				
		Alle boligtyper	Eneboliger	Rekkehus	Blokker	Fritidshus
Input	Prosentandel bosatt i	100,0 %	63,8 %	20,3 %	15,8 %	9,9 %
	Folketall	4 799 252	3 062 122	976 600	760 530	474 979
	Arealøkning m2	55 500 000	36 519 000	10 378 500	8 602 500	7 100 000
	Personer pr husholdning	2,2	2,5	2,2	1,6	1,1
	Snitt arealstørrelse pr husholdning	119,5	154,7	108,5	58,5	59,0
	Antall nye husholdninger	420 798	221 761	86 684	112 353	89 093
	Totalbestand før økning (m2)	202 500 000	139 522 500	37 867 500	25 110 000	18 200 000
Output	Totalt areal	258 000 000	176 041 500	48 246 000	33 712 500	25 300 000
	Personer pr m2	0,019	0,016	0,020	0,028	0,019
	Boliger	2 158 996	1 137 791	444 753	576 452	429 093
	Samlet energibruk	20 797 kWh /bolig/år		2009		
	Samlet elektrisitetsbruk	174 kWh /m2/bolig/år				
	Velg basisår	1990				
	Velg beregningsår	2009				

Figur 17 Metamodell slik den vises i regnearket

7.5 De direkte driverne

Regnemodellen er bygd opp omkring 7 moduler for beregning av de direkte driverne:

- Lys
- Hvitevarer
- Elektroniske småapparater
- Teknisk drift
- Vannoppvarming
- Beredertap
- Romoppvarming

Videre beregner vi brutto og netto varmebehov, og gjør en samlet formålsfordeling ut fra beregningene over. I det videre presenterer vi hvordan disse beregningene er gjort.

7.6 Lys

Denne modulen beregner energibruk som går til å drive lyskilder. Tabell 58 under viser prinsippet for modellberegningene i modulen lys. I selve modulen i regnearket er det i tillegg tatt med utgangsverdi for energibruk og arealtall (se figur 18 på neste side). Dette er gjort for å bedre forståelsen av endring i energibruken for lys fra basisåret til beregningsåret. Fordeling av energibruk mellom boligtyper i basisåret er gjort ved å finne energibruk til lys per bolig, dividere på gjennomsnittlig areal for alle boliger og multiplisere opp med gjennomsnittlig arealstørrelse for en gitt boligtype. Dette gir energibruk per boligtype som igjen fordeles på gjennomsnittlig areal per boligtype.

Tabell 58 Beregningsprinsipp modul lys

Faktorer	Benevning	Kommentar
Input		
A. Utgangsverdi	kWh/m ²	Lysbehov.
B. Areal	m ²	Boligareal.
C. Energibruk per husholdning	kWh	Energibruk for å dekke lysbehovet per helårsbolig fordelt boligtype.
D. Kunnskap og holdninger	indeks	Eks endring i brukstid/frekvens. 1970=1.
E. Teknologi A (effektivisering)	kWh/bolig	Antatt endring i kWh per helårsbolig i forhold til basisåret som skyldes effektivisering.
F. Spillvarmefaktor	Prosent	Bidrag til romoppvarming fra lyskilder.
Output		
G. Bidrag til samlet energibruk	kWh/m ²	A*D
H. Spillvarmebidrag	kWh/m ²	FxD

De historiske dataverdier for energibruk til lys finnes i regnearket *Historiske data elspesifikk*. Brukeren kan navigere til denne tabellen ved å trykke knappen *El-spesifikk, varmtvann* i hovedmenyen for historiske data. Denne menyen kan igjen velges ved å klikke knappen *Historiske data* i hovedmenyen.

		Hovedmeny					
		Energibruk lys					
		Boligtype					
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus		
Meta-tall	Gjennomsnittlig boligstørrelse	154,7	108,5	58,5	59,0	m2	
	Faktor	Verdi				Enhet	Kommentar
Input	A0. Utgangsverdi basisår	10,0	10,0	10,0	0,0	kWh/m2 1990	Lysbehov
	A. Utgangsverdi	8,0	8,0	8,0	0,0	kWh/m2 2009	Lysbehov
	B0 Areal basisår	139 522 500	37 867 500	25 110 000	16 600 000	m2 1990	
	B Areal	176 041 500	48 246 000	33 712 500	25 300 000	m2 2009	
	C. Energibruk pr helårsbolig	1238	868	468	0	kWh pr bolig pr år 2009	
	D. Kunnskap og holdninger	1,00	1,00	1,00	1,00		
	E. Teknologi A (effektivisering)	-309,4	-217,0	-117,0	0,0	gevinst kWh pr bolig relativt til 1990	
	F. Spillvarmefaktor	60,0 %	60,0 %	60,0 %	0,0 %	prosent	
Output	G. Bidrag til samlet energibruk	8,0	8,0	8,0	0,0	kWh/m2	G=A*D
	H. Spillvarmebidrag	4,8	4,8	4,8	0,0	kWh/m2	H=(F/100)*G
		Beregningsår	2009				

Figur 18 Beregnet energibruk lys

7.7 Hvitevarer

Modulen beregner energibruk til hvitevarer som kjøleskap, fryser, kombiskap, vaskemaskiner, tørketromler, oppvaskmaskiner, elektriske komfyrer og mikrobølgeovner. Tabell 59 under viser beregningsprinsipp for modulen hvitevarer. I regnearket er det tatt med ytterligere informasjon om utgangsverdi i basisåret samt verdien for driveren antall boliger i basisåret. Energibruken per boligtype i basisåret er beregnet ved å ta energibruken for alle boliger og regne om til energibruk per boligtype via boligarealet.

Tabell 59 Beregningsprinsipp modul hvitevarer

Faktorer	Benevning	Kommentar
Input		
A. Utgangsverdi	Kwh/husholdning	
B. Husholdninger	Antall	Antall helårsboliger fordelt boligtype.
C. Utvikling bestand		Antatt endring i kWh per helårsbolig i forhold til basisåret som skyldes utvikling av bestand og nye produkter.
D. Teknologi A (effektivisering)	kWh	Antatt endring i kWh per helårsbolig i forhold til basisåret som skyldes effektivisering.
E. Areal/husholdning	m ²	
F. Spillvarmefaktor	Prosent	Bidrag til romoppvarming fra bruk av hvitevarer.
Output		
G. Bidrag til samlet energibruk	kWh/m ²	(AxB)/E
H. Spillvarmebidrag	kWh/m ²	FxG

De historiske dataverdier for energibruk til hvitevarer finnes i regnearket *Historiske data hvitevarer*. Brukeren kan navigere til denne tabellen ved å trykke knappen *Hvitevarer* i hovedmenyen for historiske data. Se også figur 19 på neste side.

Hovedmeny						
Energibruk hvitevarer						
Boligtype						
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	
Meta-tall	Gjennomsnittlig boligstørrelse	154,7	108,5	58,5	59,0	m2
	Faktor	Verdi				Enhet
Input	A0. Utgangsverdi basisår	2176	1511	773	0	kWh pr bolig pr år 1990
	A. Utgangsverdi	2028	1422	766	0	kWh pr bolig pr år 2009
	B0. Helårsboliger basisår	916 030	358 069	464 099	340 000	antall 1990
	B. Helårsboliger	1 137 791	444 753	576 452	398 884	antall 2009
	C. Utvikling bestand	359	252	136	0	bidrag kWh pr helårsbolig pr år relativt til 1990
	D. Teknologi A (effektivisering)	-405	-284	-153	0	gevinst kWh pr helårsbolig pr år relativt til 1990
	E. Areal	176 041 500	48 246 000	33 712 500	0	m2
	F. Spillvarmefaktor	50,0 %	50,0 %	50,0 %	0,0 %	Prosent
Output	G. Bidrag til samlet energibruk	13,1	13,1	13,1	0,0	kWh/m2 G=(A*B)/E
	H. Spillvarmebidrag	6,6	6,6	6,6	0,0	kWh/m2 H=(F/100)*G
	Beregningsår	2009				
	Fordeling hvitevarer 2009	Dekningsgrad	kWh pr apparat pr år	kWh pr bolig pr år	Veiefaktor	Teknologi A
	Kjøleskap	53,0	270,0	143,0	0,092	0,871
	Kombiskap	67,0	360,0	241,0	0,156	0,818
	Fysere	92,0	550,0	506,0	0,327	0,866
	Vaskemaskiner	89,0	170,0	151,0	0,098	0,667
	Tørke-tromler /skap	45,0	180,0	81,0	0,052	0,667
	Oppv. maskiner	75,0	200,0	150,0	0,097	0,667
	El. komfyrer	98,0	280,0	274,0	0,177	1,000
	Sum		2010,0	1546,0		0,834
						Bestands-faktor
						0,883
						1,675
						1,000
						1,000
						1,406
						2,027
						1,000
						1,215

Figur 19 Beregnet energibruk hvitevarer

7.8 Elektronikk og småapparat

Modulen elektronikk og småapparat beregner energibruk til drift av elektroniske apparat som brukes til informasjon, kommunikasjon og underholdning. I tillegg kommer apparat som strykejern, støvsugere, diverse kjøkkenapparat, elektriske leketøy og elektriske verktøy etc. Tabell 60 under viser beregningsprinsippene for modulen for elektronikk og småapparat.

Tabell 60 Beregningsprinsipp elektronikk og småvarer

Faktorer	Benevning	Kommentar
Input		
A. Utgangsverdi	Kwh/folketall	Energibruk per innbygger per boligtype.
B. Folketall	Folketall	Innbyggere fordelt på boligtype.
C. Kunnskap og holdninger	Indeks	Eks endring i brukstid/frekvens, 1970=1.
D. Teknologi A (effektivisering)	kWh	Antatt endring i kWh per helårsbolig i forhold til basisåret som skyldes effektivisering.
E. Utvikling bestand	kWh	Antatt endring i kWh per helårsbolig i forhold til basisåret som skyldes utvikling av bestand og nye produkter.
F. Areal	m ²	Areal per boligtype i beregningsåret .
G. Spillvarmefaktor	Prosent	Bidrag til romoppvarming fra bruk av elektronikk og småapparat.
Output		
H. Bidrag til samlet energibruk	kWh/ m ²	(AxBxC)/F
I. Spillvarmebidrag	kWh/ m ²	GxH

Figur 20 under viser modulen for elektronikk og småapparat slik den er implementert i regnearket. I tillegg til informasjonen som brukes i beregningene er det tatt med informasjon om folketall bosatt i ulike boligtyper i basisåret samt areal per boligtype i basisåret for å vise den historiske utvikling av driverne.

De historiske dataverdier for energibruk til elektronikk og småapparat finnes i regnearket *Historiske data elspesifikk*. Brukeren kan navigere til denne tabellen ved å trykke knappen *El-spesifikk, varmtvann* i hovedmenyen for historiske data.

		Hovedmeny				
		Elektronikk og småapparater				
		Boligtype				
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	
Meta-tall	Gjennomsnittlig boligstørrelse	154,7	108,5	58,5	59,0	m2
	Faktor	Verdi				Enhet
Input	A0 Utgangsverdi basisår	289,5	228,8	171,0	0,0	kWh / innbygger 1990
	A. Utgangsverdi	520,0	604,7	797,5	0	kWh / innbygger 2009
	B0. Folketall basisår bosatt i	2 779 495	867 697	585 924	382 403	antall 1990
	B. Folketall bosatt i	3 062 122	976 600	760 530	474 979	antall 2009
	C. Kunnskap og holdninger	1,00	1,00	1,00	0,00	indeks
	D. Teknologi A (effektivisering)	-112	-130	-172	0	gevinst kWh pr person pr år relativt til 1990
	E. Utvikling bestand	216	251	331	0	bidrag kWh pr person relativt til 1990
	F0 Areal basisår	139 522 500	37 867 500	25 110 000	1 600 000	m2 1990
	F. Areal	176 041 500	48 246 000	33 712 500	3 000 000	m2 2009
	G. Spillvarmefaktor	60,0 %	60,0 %	60,0 %	0,0 %	Prosent
Output	H. Bidrag til samlet energibruk	9,0	12,2	18,0	0,0	kWh/m2 $H=(A*B*C)/F$
	I. Spillvarmebidrag	5,4	7,3	10,8	0,0	kWh/m2 $I=(G/100)*H$
		Beregningsår	2009			

Figur 20 Beregnet energibruk elektronikk og småapparat

7.9 Teknisk drift

Teknisk drift omfatter fellesfunksjoner som vifter for mekanisk ventilasjon, sirkulasjonspumper for fellesfyr eller fjernvarme, heis og belysning av fellesareal. Det er bare beregnet energibruk til slike funksjoner for blokker.

De historiske dataverdier teknisk drift finnes i regnearket *Historisk data energibruk*. Brukeren kan navigere til denne tabellen ved å trykke knappen *Energibruk* i hovedmenyen for historiske data

Tabell 61 Beregningsprinsipp tekniske funksjoner

Faktorer	Benevning	Kommentar
Input		
A. Utgangsverdi	kWh/m ²	
B. Teknologi A (effektivisering)	Indeks	Forventet effektivisering i forhold til 1970=1.
C. Spillvarmefaktor	Prosent	
Output		
D. Bidrag til samlet energibruk	kWh/m ²	AxB+C
E. Spillvarmefaktor	Prosent	
F. Spillvarmebidrag	kWh/m ²	DxE

Teknologi A er satt til 1 for alle år, følgelig regnes det ikke med noen gevinst av effektivisering. Spillvarmefaktoren er satt til 0 for alle år, det regnes ikke med spillvarmebidrag i blokker fra de tekniske funksjonene. Tabellen over viser beregningsprinsippene for modulen teknisk drift for blokker mens Figur 21 på neste side viser en faktisk beregning fra modellen.

Hovedmeny						
Teknisk drift						
Boligtype						
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	
Meta-tall	Gjennomsnittlig boligstørrelse	154,7	108,5	58,5	59,0	m ²
	Faktor	Verdi				Enhet
Input	A. Utgangsverdi	0,0	0,0	25,0	0,0	kWh/m ²
	B. Teknologi A (effektivisering)	1	1	1	0	indeks
	C. Spillvarmefaktor	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	prosent
Output	D. Bidrag til samlet energibruk	0,0	0,0	25,0	0,0	kWh/m ²
	E. Spillvarmebidrag	0,0	0,0	0,0	0,0	kWh/m ²
						D=A*B
						E=(E/100)*D
	Beregningsår	2009				

Figur 21 Beregning av energibruk fellesfunksjoner

7.10 Vannoppvarming

Denne modulen beregner energien som brukes til oppvarming av vann. Tabell 62 under viser beregningsprinsippene for utregning av energibruk til vannoppvarming. Figur 22 på neste side viser implementeringen av prinsippene i modulen for vannoppvarming. I tillegg til driverne i tabell 62 under er det tatt med informasjon om driverne folketall og arealbruk per person i basisåret.

Tabell 62 Beregningsprinsipp vannoppvarming

Faktorer	Benevning	Kommentar
Input		
A. Utgangsverdi	kWh/person	
B. Folketall	Antall	Folketall fordelt boligtyper.
C. Kunnskap og holdninger	Indeks	Endringer i adferd, f eks bruk av sparesusj.
D. Teknologi A (effektivisering)	kWh	Gitt el-oppvarming avgrenses dette punktet til reduksjon av varmetap fra rør. Overgang til soloppvarming vil håndteres som redusert energibruk.
E. Oppvarmingsteknologi	Prosentfordeling strøm	Ulike energikilder (vi opererer her bare med strøm og fjernvarme, fordi øvrige energikilder er så små).
F. Arealbruk/person	m ² /person	
G. Spillvarmefaktor	Prosent	Bidrag til romoppvarming fra varmtvannsbereder.
Output A (strøm)		
H. Bidrag til samlet energibruk	kWh/m ²	Ax(E/100)x(1/F)
I. Spillvarmebidrag	kWh	GxH

De historiske dataverdier for varmtvann finnes i regnearket *Historiske data elspesifikk*. Brukeren kan navigere til denne tabellen ved å trykke knappen *El-spesifikk, varmtvann* i hovedmenyen for historiske data.

Hovedmeny						
Vannoppvarming						
Boligtype						
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	
Meta-tall	Gjennomsnittlig boligstørrelse	154,7	108,5	58,5	59,0	m2
	Faktor	Verdi				Enhet
Input	A0. Utgangsverdi basisår	1 255	1 429	2 086	0	kWh pr person 1990
	A. Utgangsverdi	1 200	1 395	1 840	0	kWh pr person 2009
	B0. Folketall basisår bosatt i	2 779 495	867 697	585 924	382 403	antall 1990
	B. Folketall bosatt i	3 062 122	976 600	760 530	474 979	antall 2009
	C. Kunnskap og holdninger	1,00	1,00	1,00	1,00	bidrag kWh pr bolig relativt til 1990
	D. Teknologi A (effektivisering)	0	0	0	0	gevinst kWh pr bolig relativt til 1990
	E. Oppvarmingsteknologi	100	100	90	0	Prosentfordeling strøm
	F0 Arealbruk pr person basisår	51,0	42,2	43,9	0	m2 / person 1990
	F. Arealbruk pr person	61,9	50,5	35,9	0,0	m2 / person 2009
	G. Spillvarmefaktor	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	prosent
Output	H. Bidrag til samlet energibruk	19,4	27,7	46,2	0,0	kWh/m2 $H=(A*(E/100)*F)$
	I. Spillvarmebidrag	0,0	0,0	0,0	0,0	kWh/m2 $I=(G/100)*H$
		Beregningsår	2009			

Figur 22 Beregning vannoppvarming

7.11 Beredertap

Modulen beregner det forventede varmetap til luft fra varmtvannsberedere. Tapet påvirkes av beredernes isolasjon og plassering i forhold til hvilke rom som faktisk varmes opp. Det antas at alle husholdninger har en 200 liter bereder, uavhengig av boligtype. Beredertapet antas å være likt per bolig for alle boligtyper.

Tabell 63 under viser beregningsprinsippene for beredertap. Figur 63 under viser utregningen av beredertapet i modellen. I tillegg til informasjonen som inngår direkte i beregningene er det tatt med informasjon om energibruk til vannoppvarming og til prosentvis forventet beredertap i forhold til denne energibruken. Den prosentvise forventede beredertap beregnes som historisk verdi for beredertap i forhold til historisk verdi for oppvarming av varmtvann.

Tabell 63 Beregningsprinsipp beredertap

Faktorer	Benevning	Kommentar
Input		
A. Utgangsverdi	kWh/husholdninger	Beregnet energitap fra beredere.
B. Teknologi A (effektivisering)	indeks	Antatt endring i kWh per helårsbolig i forhold til basisåret som skyldes bedre isolasjon av beredere.
C. Areal/husholdning	m ² /husholdning	
D. Spillvarmefaktor	Prosent	Antatt prosentvis bidrag til romoppvarming fra beredere.
Output		
E. Bidrag til samlet energibruk	kWh/m ²	A/C
F. Spillvarmebidrag	kWh/m ²	DxE

De historiske dataverdier for varmtvann finnes i regnearket *Historiske data elspesifikk*. Brukeren kan navigere til denne tabellen ved å trykke knappen *El-spesifikk, varmtvann* i hovedmenyen for historiske data.

		Hovedmeny				
		Beredertap				
		Boligtype				
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	
Meta-tall	Gjennomsnittlig boligstørrelse	154,7	108,5	58,5	59,0	m2
	Faktor	Verdi				Enhet
Input	0. Energibruk vannopphvarming	3 000	3 000	3 000	0	kWh pr bolig
	00. Beredertap	26,7 %	26,7 %	26,7 %	0,0 %	prosent beredertap
	A. Utgangsverdi	800	800	800	0	kWh pr bolig
	B. Teknologi A (effektivisering)	-200	-200	-200	0	gevinst i kWh pr bolig relativt til 1990
	C. Areal pr husholdning	119,5	154,7	108,5	0,0	m2 / husholdning
	D. Spillvarmefaktor	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	prosent
Output	E. Bidrag til samlet energibruk	6,7	5,2	7,4	0,0	kWh/m2 G=A/C
	F. Spillvarmebidrag	0,0	0,0	0,0	0,0	kWh/m2 HF=(E/100)*G
	Beregningsår	2009				

Figur 23 Beregnet beredertap

7.12 Brutto varmebehov

Modulen brutto varmebehov beregner det totale varmebehovet for boligen per boligtype. Dette beregnes som bidraget fra brensel og fjernvarme til oppvarming pluss bidraget fra spillvarme fra lys, hvitevarer, elektronikk og oppvarming av varmtvann, direkte bruk av elektrisitet til oppvarming eksklusive elektrisitet til drift av varmepumper, elektrisitet til drift av varmepumper pluss netto bidrag fra omgivelsesvarme til varmepumper. I effekten av spillvarme inkluderes effekten av personvarme som er satt til 410 kWh per person per år. Tabell 64 under viser beregningsprinsipp for brutto varmebehov.

Tabell 64 Beregningsprinsipp brutto varmebehov

Faktorer	Benevning	Kommentar
Input		
A. Bidrag fra brensel til oppvarming	kWh/m ²	Energibruk til romoppvarming eksklusive elektrisitet.
B. Nyttiggjort energi fra brensel til oppvarming	kWh/m ²	Bidrag fra brensel korrigert for virkningsgrader.
C. Bidrag fjernvarme oppvarming	kWh/m ²	Bidrag som trekkes fra annen energibruk til romoppvarming.
D. Nyttig spillvarme og personvarme	kWh/m ²	Bidrag fra spillvarme fra lys, hvitevarer, elektronikk og vannopphvarming pluss personbidraget som settes til 410 kWh per person per år.
E. Direkte bruk av elektrisitet til romoppvarming	kWh/m ²	Hentet fra historiske data. Fordeles per boligtype etter arealstørrelse.
F. Elektrisitet til drift varmepumper	kWh/m ²	Hentet fra historiske data per boligtype.
G. Bidrag fra omgivelsesvarme	kWh/m ²	Omgivelsesvarme omdannet til nyttbar varme av luft-til-luft varmepumper.
Output		
H. Bidrag til netto varmebehov	kWh/m ²	A+B

Figur 24 på neste side viser implementering av prinsippene i modulen brutto varmebehov. Modulen viser også hvor stor andel de ulike komponentene bidrar med i brutto varmebehov.

		Hovedmeny					
		Brutto varmebehov					
		Boligtype					
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus		
Meta-tall	Gjennomsnittlig boligstørrelse	154,7	108,5	58,8	59,0	m2	
	Faktor	Verdi				Enhet	
Input	A. Bidrag fra brensel og fjernvarme, brutto	46,4	28,8	20,6	108,4	kWh/m2	
	B. Bidrag fra brensel og fjernvarme, netto	31,8	20,9	15,8	74,1	kWh/m2	
	C. Bidrag fjernvarme vannoppvarming	-0,6	-0,6	-0,6	0,0	kWh/m2	
	D. Nyttig spillvarme og personvarme	23,4	26,8	33,6	7,7	kWh/m2	
	E. Direkte bruk av elektrisitet til romoppvarming	92,8	65,1	35,1	71,7	kWh/m2	
	F. Elektrisitet til drift av varmepumper	8,7	2,2	0,6	0,0	kWh/m2	
	G. Netto bidrag omgivelsesvarme varmepumpe	11,3	2,9	0,7	0,0		
Output	H. Bidrag til samlet energibruk	182,0	125,2	89,9	187,8	kWh/m2	H=A+C+D+E+F+G
		Beregningsår		2009			
Andel	B. Bidrag fra brensel og fjernvarme	26 %	23 %	23 %	58 %	prosent	
	C. Bidrag fjernvarme vannoppvarming	0 %	0 %	-1 %	0 %	prosent	
	D. Nyttig spillvarme og personvarme	13 %	21 %	37 %	4 %	prosent	
	E. Direkte bruk av elektrisitet til romoppvarming	51 %	52 %	39 %	38 %	prosent	
	F. Elektrisitet til drift av varmepumper	5 %	2 %	1 %	0 %	prosent	
	G. Netto bidrag omgivelsesvarme varmepumpe	6 %	2 %	1 %	0 %	prosent	
	Sum	100 %	100 %	100 %	100 %		

Figur 24 Beregning av brutto varmebehov

7.13 Netto varmebehov

Det netto varmebehov framkommer ved å korrigere det brutto varmebehovet for spillvarmebidraget fra lys, hvitevarer, elektronikk og varmtvann i tillegg til bidraget fra personvarme. Tabell 65 under viser beregningsprinsippene for netto varmebehov.

Tabell 65 Beregningsprinsipp netto varmebehov

Faktorer	Benevning	Kommentar
Input		
A. Brutto varmebehov	kWh/m ²	Beregnet i modul <i>Brutto varmebehov</i>
B. Spillvarme	kWh/m ²	Beregnet i egne moduler for lys, hvitevarer, elektronikk og vannoppvarming.
C. Utgangsverdi personvarme	kwh/person	Gitt eksogent.
D. Personer/m2	Personer/m ²	Beregnet i metamodell
Output		
E. Bidrag til samlet energibruk	kWh/m ²	A-B-(CxD)

Figur 25 på neste side viser beregning av netto varmebehov i modellen.

		Hovedmeny					
		Netto varmebehov					
		Boligtype					
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus		
Meta-tall	Gjennomsnittlig boligstørrelse	154,7	108,5	58,5	59,0	m ²	
	Faktor	Verdi				Enhet	Kommentar
Input	A. Brutto varmebehov	182,0	125,2	89,9	187,8	kWh/m ²	
	B. Spillvarme	16,8	18,7	22,1	0,0	kWh/m ²	
	C. Utgangsverdi personvarme	410	410	410	410	kWh/person/år	
	D. Personer pr m ²	0,016	0,020	0,028	0,019	personer/m ²	
Output	G. Bidrag til samlet energibruk	158,6	98,4	56,3	180,1	kWh/m ²	G=A-B-(C*D)
	Beregningsår	2009					

Figur 25 Beregning netto varmebehov

7.14 Romoppvarming

Modulen romoppvarming viser bruken av ulike energibærere til oppvarming av rom. Tabell 66 under viser beregningsprinsippene for modulen. Med fast brensel menes alle tre-baserte brenselstyper samt kull og koks. Med oljeprodukt menes fyringsparafin, LPG og tungolje samt fyringsolje og tungdestillat. Den historiske datatabellen *Historisk oppvarmingsteknologi* viser energibruk for de enkelte energibærere for alle boligtyper. Den historiske datatabellen *Historisk oppvarming boligtype* viser prosentvis fordeling av energibærere fordelt per boligtype. I den siste tabellen er energibærerne gruppert slik det vises i modulen Romoppvarming. Begge de historiske datatabellene velges fra hovedmenyen for historiske data med knappen merket *Oppvarmingsteknologi*.

Tabell 66 Beregningsprinsipp romoppvarming

Faktorer	Benevning	Kommentar
Input		
A. Brutto varmebehov	kWh/m ²	Beregnet modul <i>Brutto varmebehov</i>
B. Virkningsgrader	Faktor	Hentes fra historiske datatabell <i>Historisk oppvarming boligtype</i>
C. Valg av oppvarmingsteknologi	Prosent	Hentes fra historiske datatabell <i>Historisk oppvarming boligtype</i>
Output fordelt på energibærer		
D.		
-samlet nyttiggjort energibruk elektrisitet	kWh/m ²	(AxB)xC for elektrisitet
-samlet nyttiggjort energibruk fast brensel	kWh/m ²	(AxB)xC for fast brensel
-samlet nyttiggjort energibruk oljeprodukt	kWh/m ²	(AxB)xC for oljeprodukt
-samlet nyttiggjort energibruk fjernvarme (varmtvann)	kWh/m ²	(AxB)xC for fjernvarme
-samlet nyttiggjort energibruk gass	kWh/m ²	(AxB)xC for gass

Figur 26 på neste side viser implementeringa av beregningsprinsippene i modulen *Romoppvarming*. Summen av Output-tallene viser summen av nyttiggjort energi til romoppvarming fra de enkelte energibærere.

Hovedmeny							
Romoppvarming							
Boligtype							
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus		
Meta-tall	Gjennomsnittlig boligstørrelse	154,7	108,5	58,5	59,0	m ²	
	Faktor	Verdi				Enhet	Kommentar
Input	A. Brutto varmebehov	182,0	125,2	89,9	187,8	kWh/m ²	
	C. Valg av oppvarmingsteknologi						B. Energibærer
	- elektrisitet	68,6 %	75,2 %	77,0 %	42,3 %	prosent	- elektrisitet
	- fast brensel	26,2 %	14,5 %	10,0 %	54,4 %	prosent	- fast brensel
	- oljeprodukt	4,8 %	8,1 %	6,7 %	3,3 %	prosent	- oljeprodukt
	- fjernvarme	0,3 %	1,9 %	5,4 %	0,0 %	prosent	- fjernvarme
	- gass	0,1 %	0,3 %	0,9 %	0,0 %	prosent	- gass
Output	D. Nyttiggjort energibruk fordelt energibærer						Virkningsgrad
	- elektrisitet	124,9	94,1	69,2	79,4	kWh/m ²	1,00
	- fast brensel	31,4	12,0	5,9	67,4	kWh/m ²	0,66
	- oljeprodukt	7,1	8,1	4,8	5,0	kWh/m ²	0,80
	- fjernvarme	0,5	2,1	4,4	0,0	kWh/m ²	0,90
	- gass	0,1	0,4	0,7	0,0	kWh/m ²	0,90
	Sum	164,0	116,7	85,1	151,8	kWh/m ²	
	Beregningsår		2009				

Figur 26 Beregning romoppvarming

7.15 Formålsfordeling

Modulen formålsfordeling fordeler energibruken på de ulike formålene som er vist i tabell 67 under. Energibruken tas fra de ulike moduler som er beskrevet ovenfor. Den samlede energibruken per bolig for beregningsåret hentes fra den historiske datatabellen *Historisk data energibruk*. Energi til romoppvarming bestemmes residualt som differensen mellom kjent og gitt energibruk år "t" minus bruk av elektrisitet til de andre formålene som er beskrevet i tabellen.

Tabell 67 Beregningsprinsipp formålsfordeling

Faktorer	Benevning	Kommentar
Input		
A. Lys	kWh/m ²	Fra modul <i>Lys</i>
B. Hvitevarer	kWh/m ²	Fra modul <i>Hvitevarer</i>
C. Elektronikk og småapparat	kWh/m ²	Fra modul <i>Elektronikk småapparat</i>
D. Teknisk drift	kWh/m ²	Fra modul <i>Teknisk drift</i>
E. Vannoppvarming	kWh/m ²	Fra modul <i>Vannoppvarming</i>
F. Beredertap	kWh/m ²	Fra modul <i>Beredertap</i>
G. Brutto varmebehov	kWh/m ²	Fra modul <i>Brutto varmebehov</i>
H. Netto varmebehov	kWh/m ²	Fra modul <i>Netto varmebehov</i>
I. Romoppvarming	kWh/m ²	Beregnes residualt: $I=J-(A+B+C+D+E+F)$
J. Sum energibruk		Hentes fra historisk datatabell <i>Historisk data energibruk</i>

Figur 27 på neste side viser hvordan formålsfordelingen av energibruken beregnes av modellen. I tillegg til energibruk per m² vises også energibruken per bolig siden gjennomsnittlig boligareal per boligtype er kjent fra den historiske datatabellen *Historisk areal og boliger*.

Hovedmeny									
Formålsfordeling									
Boligtype									
kWh per m ² pr bolig pr år					kWh pr bolig				
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus
A	Lys	8,0	8,0	8,0	0,0	1 238	868	468	0
B	Hvitevarer	13,1	13,1	13,1	0,0	2 028	1 422	766	0
C	Elektronikk og småapparat	9,0	12,2	18,0	0,0	1 399	1 328	1 052	0
D	Teknisk drift	0,0	0,0	25,0	0,0	0	0	1 462	0
E	Vannoppvarming	19,4	27,7	46,2	0,0	3 000	3 000	2 700	0
F	Beredertap	6,7	5,2	7,4	0,0	1 036	561	431	0
G	Brutto varmebehov	182,0	125,2	89,9	187,8	28 156	13 582	5 258	11 074
H	Netto varmebehov	158,6	98,4	56,3	180,1	24 535	10 672	3 295	10 620
I	Romoppvarming	123,1	102,1	39,5	108,4	19 043	11 070	2 310	6 393
J	Sum energibruk (A+B+C+D+E+F+I)	179,3	168,2	157,1	108,4	26 708	17 688	8 758	6 393
	Alle boliger TWh	30,4	7,9	5,0	2,7				
	Beregningsår		2009						

Figur 27 Beregnet energibruk per formål

7.16 Simulering av alternative forklaringer for den historiske utviklingen

Beregningsmodellen inneholder også en modul for simulering. Dette er gjort for å få fram mulige alternative forklaringer på den historiske utviklingen. Dette igjen skyldes at på grunn av mangler i datagrunnlaget (bl.a. om den faktiske formålsfordelingen og faktisk innetemperatur) har det ikke vært mulig å komme fram til én forklaring. Simuleringsmodulen gir derfor mulighet til å simulere alternative forklaringer, der man endrer enn faktor "manuelt" og så får simulert hvordan de andre faktorer kan tenkes å være gitt de årsak-virkningsforholdene vi har forutsatt. Tabell 68 under viser hvilken energibruk som kan simuleres.

Tabell 68 Input for simulering

Inputfaktorer	Verdi
Elektrisitet til lys	kWh/m ²
Elektrisitet til hvitevarer	kWh/m ²
Elektrisitet til elektronikk og småapparat	kWh/m ²
Elektrisitet til vannoppvarming	kWh/m ²
Omgivelsesvarme med 60% dekning	kWh/m ²
Virkningsgrad trebrensel	<=0 faktor <=1

Brukeren legger inn en ny verdi i celle D9 i modulen *Simulering*. I regnearkets celle E9 er verdien i 1990 oppgitt og i celle E10 den historiske verdien for beregningsåret. Året 1990 er valgt som basisår siden energibruken har vokst svakere siden 1990 per m² enn før.

Dersom brukeren simulerer nye verdier for bruk av elektrisitet til lys, hvitevarer, elektronikk eller vannoppvarming vil modellen omfordele energibruken innenfor en gitt historisk verdi. Den faktiske energibruken er for eksempel i 2009 på 174 kWh per m² for alle boligtyper. Denne verdien fordeles mellom boligtyper etter kjent energibruk per boligtype i 2004. Alle boligtyper hadde i 2004 en energibruk på 188,4 kWh per m². En enebolig hadde samme år en energibruk på 194 kWh per m². Dette inkluderer all energibruk til alle formål. En enebolig hadde derfor en energibruk som er 1,03 (eller 3 %) høyere enn gjennomsnittet for alle boliger. Derfor fordeler vi 179,2 kWh per m² til eneboliger i 2009. Tilsvarende beregninger gjøres for de andre boligtypene slik at energibruken i kWh per m² for alle boligtyper (174 kWh per m²) kan fordeles på de tre boligtypene. Denne utregningen er dokumentert nederst i den historiske datatabellen (regnearket) *Historisk data energibruk*.

Siden energibruken er gitt for simulering av energibruk til lys, hvitevarer, elektronikk og vannoppvarming vil modellen omfordele mellom energiformålene. Simuleringen foregår som følger:

- En viktig forutsetning for all simulering er at all energibruk til romoppvarming bestemmes residualt i modellen. Summen av bruk av elektrisitet i kWh per m² til lys, hvitevarer, elektronikk, varmtvann og teknisk drift i blokker beregnes separat etter prinsippene som er presentert ovenfor. Summen av all energibruk i et år er kjent, romoppvarming bestemmes derfor som residualen mellom den beregnede sum til andre formål og den kjente historiske bruk av energi til alle formål ett år.
- Først beregnes en ny historisk verdi for den energibruk som skal simuleres, f.eks bruk av elektrisitet til opplysning. Denne er 8 kWh/ m² i 2009. Dersom den simuleres med 12 kWh/ m² vil en ny historisk verdi for energibruk til lys bli omregnet til kWh per bolig og kopiert inn i relevant historisk datatabell for beregningsåret. Den opprinnelige verdien kopieres til en mellomlagringsplass og limes inn på korrekt plass etter simuleringen er ferdig.
- Modellen beregnes på nytt med simulerte historiske verdier i stedet for de faktiske.
- Den samlede energibruken er som nevnt gitt. Dersom for eksempel lys økes fra 8 til 12 kWh/ m² i 2009 må energi til andre formål reduseres. Dersom ingen ytterligere korreksjoner foretas salderes all økning mot romoppvarming siden denne bestemmes residualt. For å fordele endring i samlet energibruk på alle formål bortsett fra det formålet som simuleres, foretas det en korreksjon ved å summere gammel og ny energibruk eksklusiv formålet som simuleres. Det beregnes en faktor for justering av alle andre formål enn det som simuleres og salderingen av endring i energibruk fordeles dermed på alle andre formål, ikke bare mot romoppvarming. Makroen *DistributeSimulationDifferenceByFactor* foretar denne korreksjonen.
- Den faktiske historiske verdien for det formål som simuleres limes inn på korrekt plass.

For simulering av omgivelsesvarme, virkningsgrad trebrensel og spillvarmefaktorer for lys, elektronikk og hvitevarer er ikke samlet energibruk i beregningsåret gitt. Dersom denne begrensningen opprettholdes for disse formål vil en simulering med ny verdi ikke ha noen effekt. Derfor beregnes en ny sum energibruk i beregningsåret med utgangspunkt i nye verdier for omgivelsesvarme, virkningsgrad trebrensel eller spillvarmefaktorer til lys, elektronikk og hvitevarer.

La oss ta utgangspunkt i spillvarmefaktor for lys. Dersom en ny verdi for denne spillvarmefaktor simuleres vil den nye summen for samlet energibruk være lik den gamle summen pluss differensen av opprinnelig bidrag fra spillvarme lys og ny beregnet bidrag. Denne differensen kan være positiv eller negativ, alt etter som energibruken øker eller avtar. Deretter beregner modellen energibruk til alle formål som tidligere. Romoppvarming salderes som før men med ny verdi for samlet energibruk. På denne måten vil spillvarmebidragene føre til redusert behov for romoppvarming siden samlet energibruk ikke lenger ansees som gitt.

Makroen *CopyPasteHistoricalData* foretar korreksjonen som er beskrevet ovenfor. I makroen testes det mot hvilket energiformål som skal simuleres. Dette bestemmes verdien på argumentet *selIndex* som brukes ved kall til makroen. Verdien på argumentet er bestemt av hvilket formål som velges i nedtrekksmenyen for simulering (se celle C9 i regneark *Simulering*).

Når et formål velges for simulering i nedtrekksmenyen vil cellene E9 og E10 i regnearket *Simulering* vise energibruk i kWh per m² for det valgte formål i 1990 (E9) og beregningsåret (E10). Den nye verdien for energibruk til det valgte formål skrives inn i celle D9 i regneark *Simulering*. Modellen vil alltid foreslå samme verdi i celle D9 (ny verdi beregningsår) som i celle E9 (faktisk verdi beregningsår). Denne tilnærmingen er valgt for at det alltid skal være en verdi i celle D9. Dersom dette ikke er tilfelle vil ikke simuleringen kunne foretas. Dette vises i figur 28 på neste side med utgangspunkt i energibruk til lys. Når brukeren kommer inn i regnearket *Simulering* fra hovedmenyen vil regnearket alltid starte med formålet lys.

Hovedmeny													
Simulering													
Simuler						Fjern resultat							
Ny verdi kWh pr m2 2009		Opprinnelig verdi 2009		Opprinnelig verdi 1990		Beregningsår							
Lys	▼	8,0	8,0	8,0	10,0	2009							
Ny fordeling													
kWh per m2 pr bolig pr år													
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus								
A	Lys												
B	Hvitevarer												
C	Elektronikk og småapparat												
D	Teknisk drift												
E	Vannopppvarming												
F	Beredertap												
I	Romoppvarming												
Sum energibruk (A+B+C+D+E+I)													
Opprinnelig fordeling						Fordeling 1990							
kWh per m2 pr bolig pr år						kWh per m2 pr bolig pr år							
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	Alle			Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	Alle
A	Lys	8,0	8,0	8,0	0,0	8,0	Lys	10,0	10,0	10,0	0,0	0,0	10,0
B	Hvitevarer	13,1	13,1	13,1	0,0	13,1	Hvitevarer	14,3	14,3	14,3	0,0	0,0	14,3
C	Elektronikk og småapparat	9,0	12,2	18,0	0,0	10,7	Elektronikk og småapparat	4,5	5,3	8,4	0,0	0,0	5,2
D	Teknisk drift	0,0	0,0	25,0	0,0	3,2	Teknisk drift	0,0	0,0	19,0	0,0	0,0	2,4
E	Vannopppvarming	19,4	27,7	46,2	0,0	24,2	Vannopppvarming	25,3	31,1	41,9	0,0	0,0	28,5
F	Beredertap	6,7	5,2	7,4	0,0	6,5	Beredertap	8,6	7,4	9,1	0,0	0,0	8,5
I	Romoppvarming	123,1	102,1	39,5	108,4	108,3	Romoppvarming	159,1	140,0	91,6	89,2	147,0	
Sum energibruk (A+B+C+D+E+I)		179,3	168,2	157,1	108,4	174,0	Sum	221,8	208,1	194,4	89,2	215,9	

Figur 28 Simulering

Selve simuleringen startes med å trykke på knappen *Simuler*. Merk at cursor (markør) må flyttes fra celle D9 for å kunne trykke på denne knappen. Excel er laget slik at en *redigert* celle ikke kan ha fokus når en knapp skal trykkes på. Flytt derfor markøren til en hvilket som helst annen celle. Figur 29 under viser resultat av en simulering for lys med antakelse om at energibruken i beregningsåret 2009 er den samme som i 1990. Regnearket viser ny fordeling av energibruk på formål, fordeling med faktiske tall i beregningsåret og fordelingen av energibruk på tilsvarende formål i 1990.

Hovedmeny													
Simulering													
Simuler						Fjern resultat							
Ny verdi kWh pr m2 2009		Opprinnelig verdi 2009		Opprinnelig verdi 1990		Beregningsår							
Lys	▼	10,0	8,0	8,0	10,0	2009							
Ny fordeling													
kWh per m2 pr bolig pr år													
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	Alle							
A	Lys	10,0	10,0	10,0	0,0	10,0							
B	Hvitevarer	12,9	12,9	12,9	0,0	12,9							
C	Elektronikk og småapparat	8,9	12,1	17,7	0,0	10,6							
D	Teknisk drift	0,0	0,0	24,7	0,0	3,2							
E	Vannopppvarming	19,2	27,3	45,5	0,0	23,9							
F	Beredertap	6,6	5,1	7,3	0,0	6,4							
I	Romoppvarming	121,6	100,8	39,0	108,4	107,0							
Sum energibruk (A+B+C+D+E+I)		179,3	168,2	157,1	108,4	174,0							
Opprinnelig fordeling						Fordeling 1990							
kWh per m2 pr bolig pr år						kWh per m2 pr bolig pr år							
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	Alle			Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	Alle
A	Lys	8,0	8,0	8,0	0,0	8,0	Lys	10,0	10,0	10,0	0,0	0,0	10,0
B	Hvitevarer	13,1	13,1	13,1	0,0	13,1	Hvitevarer	14,3	14,3	14,3	0,0	0,0	14,3
C	Elektronikk og småapparat	9,0	12,2	18,0	0,0	10,7	Elektronikk og småapparat	4,5	5,3	8,4	0,0	0,0	5,2
D	Teknisk drift	0,0	0,0	25,0	0,0	3,2	Teknisk drift	0,0	0,0	19,0	0,0	0,0	2,4
E	Vannopppvarming	19,4	27,7	46,2	0,0	24,2	Vannopppvarming	25,3	31,1	41,9	0,0	0,0	28,5
F	Beredertap	6,7	5,2	7,4	0,0	6,5	Beredertap	8,6	7,4	9,1	0,0	0,0	8,5
I	Romoppvarming	123,1	102,1	39,5	108,4	108,3	Romoppvarming	159,1	140,0	91,6	89,2	147,0	
Sum energibruk (A+B+C+D+E+I)		179,3	168,2	157,1	108,4	174,0	Sum	221,8	208,1	194,4	89,2	215,9	

Figur 29 Resultat av simulering av energibruk til lys

Vi skal under se på resultater av tre simuleringer:

1. Hva om lys hadde hatt det høye og ikke det moderate nivået i 2009?. Det lave nivået er satt til 956 kWh per bolig som med et gjennomsnittlig boligareal for alle boliger (119,5 m²) gir 8 kWh per m². Det høye nivået er satt til 1434 kWh per bolig som med et gjennomsnittlig boligareal for alle boliger gir 12 kWh per m².

- Hva om vannoppvarming hadde hatt samme energibruk per m² i 2009 som i 1990? I 2009 var energibruken til vannoppvarming på 24,1 kWh per m², i 1990 var samme energibruk 36,8 kWh per m²? Hva hadde effekten vært om det ikke var noen nedgang i energibruk til vannoppvarming fra 1990 til 2009?
- Hva om bidraget fra omgivelsesvarme hadde vært 50 % høyere i 2009 enn det som faktisk var tilfellet? I 2009 var bidraget fra omgivelsesvarme 11,3 kWh per m² i eneboliger.

I det videre viser vi hvordan disse tre simuleringene slår ut.

Simulering 1: Høyt nivå for lys i 2009

Figur 30 under viser resultatet av simulering av energibruk til lys med det høye anslaget på 12 kWh per m² for lys i 2009. Den samlede energibruken er den samme. Romoppvarming går ned 2,4% for eneboliger, 2,5% for rekkehus og 2,8% for blokker. Bruk av elektrisitet til hvitevarer går ned med 0,3 kWh per m² for alle boligtyper sett under ett. Elektrisitet til elektronikk og småapparat går ned med 0,2 kWh per m² for eneboliger, 0,3 kWh per m² for rekkehus og 0,5 kWh per m² for blokker. Med andre ord er nedgangen for blokker per m² mer enn dobbelt så stor som for eneboliger. Vannoppvarming går ned med 0,5 kWh per m² for eneboliger, 0,7 kWh per m² for rekkehus og 1,3 kWh per m² for blokker. Nok en gang er nedgangen for blokker mer enn dobbelt så stor som for eneboliger.

Hovedmeny												
Simulering												
		Simuler		Fjern resultat								
Lys		Ny verdi kWh pr m ² 2009	Opprinnelig verdi 2009	Opprinnelig verdi 1990	Beregningsår							
		12,0	8,0	10,0	2009							
Ny fordeling												
kWh per m ² pr bolig pr år												
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	Alle						
A	Lys	12,0	12,0	12,0	0,0	12,0						
B	Hvitevarer	12,8	12,8	12,8	0,0	12,8						
C	Elektronikk og småapparat	8,8	11,9	17,5	0,0	10,5						
D	Teknisk drift	0,0	0,0	24,3	0,0	3,1						
E	Vannoppvarming	18,9	27,0	44,9	0,0	23,6						
F	Beredertap	6,5	5,0	7,2	0,0	6,3						
I	Romoppvarming	120,2	99,5	38,4	108,4	105,7						
Sum energibruk (A+B+C+D+E+I)		179,3	168,2	157,1	108,4	174,0						
Opprinnelig fordeling												
kWh per m ² pr bolig pr år												
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	Alle						
A	Lys	8,0	8,0	8,0	0,0	8,0	Lys	10,0	10,0	10,0	0,0	10,0
B	Hvitevarer	13,1	13,1	13,1	0,0	13,1	Hvitevarer	14,3	14,3	14,3	0,0	14,3
C	Elektronikk og småapparat	9,0	12,2	18,0	0,0	10,7	Elektronikk og småapparat	4,5	5,3	8,4	0,0	5,2
D	Teknisk drift	0,0	0,0	25,0	0,0	3,2	Teknisk drift	0,0	0,0	19,0	0,0	2,4
E	Vannoppvarming	19,4	27,7	46,2	0,0	24,2	Vannoppvarming	25,3	31,1	41,9	0,0	28,5
F	Beredertap	6,7	5,2	7,4	0,0	6,5	Beredertap	8,6	7,4	9,1	0,0	8,5
I	Romoppvarming	123,1	102,1	39,5	108,4	108,3	Romoppvarming	159,1	140,0	91,6	89,2	147,0
Sum energibruk (A+B+C+D+E+I)		179,3	168,2	157,1	108,4	174,0	Sum	221,8	208,1	194,4	89,2	215,9
Fordeling 1990												
kWh per m ² pr bolig pr år												
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	Alle						

Figur 30 Simulering av lys

Simulering 2: Vannoppvarming med samme nivå i 2009 som 1990

Figur 31 på neste side viser resultatet av simulering av energibruk til oppvarming av vann gitt at det var samme nivå på energibruken i 2009 som i 1990. Elektrisitet til vannoppvarming i eneboliger går opp med 3,4 kWh per m², for rekkehus 4,8 kWh per m² og for blokker med 8,1 kWh per m². Energibruk til oppvarming går ned med 2,1% for eneboliger, 3,5% for rekkehus og 7,3% for blokker. Effekten er nesten 3,5 ganger så stor for blokker som for eneboliger målt med prosentvis endring. Bruk av elektrisitet til lys går ned med 0,3 kWh per m² for alle boligtyper sett under ett. Bruk av elektrisitet til hvitevarer går ned med 0,3 kWh for eneboliger, 0,4 kWh per m² for rekkehus og 1,0 kWh per m² for blokker.

Hovedmeny														
Simulering														
Simuler Fjern resultat														
		Ny verdi kWh pr m2 2009	Opprinnelig verdi 2009	Opprinnelig verdi 1990	Beregningsår									
Vannoppvarming		28,5	24,2	28,5	2009									
Ny fordeling														
kWh per m2 pr bolig pr år														
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	Alle								
A	Lys	7,8	7,7	7,4	0,0	7,7								
B	Hvitevarer	12,8	12,7	12,1	0,0	12,7								
C	Elektronikk og småapparat	8,9	11,8	16,7	0,0	10,4								
D	Teknisk drift	0,0	0,0	23,2	0,0	3,0								
E	Vannoppvarming	22,8	32,5	54,3	0,0	28,5								
F	Beredertap	6,6	5,0	6,8	0,0	6,3								
I	Romoppvarming	120,5	98,5	36,6	108,4	105,5								
Sum energibruk (A+B+C+D+E+I)		179,3	168,2	157,1	108,4	174,0								
Opprinnelig fordeling														
kWh per m2 pr bolig pr år														
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	Alle								
A	Lys	8,0	8,0	8,0	0,0	8,0	Lys	10,0	10,0	10,0	0,0	0,0	10,0	
B	Hvitevarer	13,1	13,1	13,1	0,0	13,1	Hvitevarer	14,3	14,3	14,3	0,0	0,0	14,3	
C	Elektronikk og småapparat	9,0	12,2	18,0	0,0	10,7	Elektronikk og småapparat	4,5	5,3	8,4	0,0	0,0	5,2	
D	Teknisk drift	0,0	0,0	25,0	0,0	3,2	Teknisk drift	0,0	0,0	19,0	0,0	0,0	2,4	
E	Vannoppvarming	19,4	27,7	46,2	0,0	24,2	Vannoppvarming	25,3	31,1	41,9	0,0	0,0	28,5	
F	Beredertap	6,7	5,2	7,4	0,0	6,5	Beredertap	8,6	7,4	9,1	0,0	0,0	8,5	
I	Romoppvarming	123,1	102,1	39,5	108,4	108,3	Romoppvarming	159,1	140,0	91,6	89,2	89,2	147,0	
Sum energibruk (A+B+C+D+E+I)		179,3	168,2	157,1	108,4	174,0	Sum	221,8	208,1	194,4	89,2	89,2	215,9	

Figur 31 Resultat simulering vannoppvarming

Simulering 3: 50 % mer omgivelsesvarme i 2009

Figur 32 under viser resultatet av simuleringen hvor bidraget fra omgivelsesvarme er satt 50 % høyere i 2009, fra 11,2 kWh per m² til 17 kWh per m². Dette gir en nedgang i samlet energibruk på 4,1 kWh per m² for eneboliger. Energiforbruk til romoppvarming for eneboliger går ned fra 123,1 kWh per m² til 119,0 kWh per m². Økningen av omgivelsesvarme har bare effekt på romoppvarming, det påvirker ikke bruk av elektrisitet til lys, hvitevarer, elektronikk eller vannoppvarming.

Hovedmeny														
Simulering														
Simuler Fjern resultat														
		Ny verdi kWh pr m2 2009	Opprinnelig verdi 2009	Opprinnelig verdi 1990	Beregningsår									
Omgivelsesvarme 60% dekning		17,0	11,3		2009									
Ny fordeling														
kWh per m2 pr bolig pr år														
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	Alle								
A	Lys	8,0	8,0	8,0	0,0	8,0								
B	Hvitevarer	13,1	13,1	13,1	0,0	13,1								
C	Elektronikk og småapparat	9,0	12,2	18,0	0,0	10,7								
D	Teknisk drift	0,0	0,0	25,0	0,0	3,2								
E	Vannoppvarming	19,4	27,7	46,2	0,0	24,2								
F	Beredertap	6,7	5,2	7,4	0,0	6,5								
I	Romoppvarming	119,0	98,2	35,9	108,4	104,3								
Sum energibruk (A+B+C+D+E+I)		175,2	164,4	153,5	108,4	170,0								
Opprinnelig fordeling														
kWh per m2 pr bolig pr år														
		Enebolig	Rekkehus	Blokk	Fritidshus	Alle								
A	Lys	8,0	8,0	8,0	0,0	8,0	Lys	10,0	10,0	10,0	0,0	0,0	10,0	
B	Hvitevarer	13,1	13,1	13,1	0,0	13,1	Hvitevarer	14,3	14,3	14,3	0,0	0,0	14,3	
C	Elektronikk og småapparat	9,0	12,2	18,0	0,0	10,7	Elektronikk og småapparat	4,5	5,3	8,4	0,0	0,0	5,2	
D	Teknisk drift	0,0	0,0	25,0	0,0	3,2	Teknisk drift	0,0	0,0	19,0	0,0	0,0	2,4	
E	Vannoppvarming	19,4	27,7	46,2	0,0	24,2	Vannoppvarming	25,3	31,1	41,9	0,0	0,0	28,5	
F	Beredertap	6,7	5,2	7,4	0,0	6,5	Beredertap	8,6	7,4	9,1	0,0	0,0	8,5	
I	Romoppvarming	123,1	102,1	39,5	108,4	108,3	Romoppvarming	159,1	140,0	91,6	89,2	89,2	147,0	
Sum energibruk (A+B+C+D+E+I)		179,3	168,2	157,1	108,4	174,0	Sum	221,8	208,1	194,4	89,2	89,2	215,9	

Figur 32 Resultat av simulering 50 % mer omgivelsesvarme i 2009

Makroer brukt i simuleringmodulen

Vi avslutter med å vise en oppstilling av de viktigste makroene for simulering. De andre makroer benyttes for å navigere til ulike moduler (regneark) og er enkle makroer å forstå. Makroene for simulering er derimot litt mer kompliserte. Alle makroer for simulering befinner seg i Module1 i editoren for VBA (VisualBasic for Applications). Denne editoren kan aktiveres ved å klikke på knappen merket *Simuler* i regnearket *Simulering* med høyre

musetast. Velg deretter *Tilordne makro* i menyen som kommer automatisk opp. Velg deretter *Rediger* i neste dialogboks som kommer opp.

Det er lagt vekt på omfattende bruk av kommentarer i alle makroer. Dette er for å lette forståelsen for brukere som vil endre eller videreutvikle makroene. En makro defineres som en Sub (for subroutine) i selve editoren. Noen makroer er definert med parametre, det vil si verdier som blir sendt til makroen når den kalles på av en annen makro. Disse parametre benyttes til å foreta operasjonene i makroen for de riktige formålene med de riktige verdiene. Ved å bruke parametre kan samme makro benyttes med samme kode for flere formål.

Parametrene er angitt i parentes etter makro-navnet i tabell 69 under. Hver parameter defineres med en datatype, for eksempel Integer for heltall eller String for verdier som inneholder karakterer som ikke er tall. Ordet *ByVal* i parameterdefinisjonen betyr at parametre sendes som verdier og ikke som referanser til en lagringsplass i minnet.

Tabell 69 Oversikt over makroer brukt i regnearket

Makro (Sub)	Beskrivelse
StartSimuler	Starter selve simuleringen
Simuler	Foretar ny beregning av historisk verdi for det formålet som skal simuleres.
CopyPasteHistoricalData(ByVal sellIndex As Integer, ByVal sheetName As String, ByVal colName As String, ByVal w As Integer, ByVal change As Double, ByVal targetRange As String)	Kopierer opprinnelig historisk verdi til en mellomlagringsplass (som regel celle I2 i historisk tabell som benyttes). Parameteret <i>sheetName</i> definerer hvilken historisk datatabell som skal endres. Parameteret <i>colName</i> definerer hvilken kolonne i denne tabellen som skal endres. Parameteret <i>change</i> er den nye historiske verdien som skal benyttes i simuleringene. Parameteret <i>targetRange</i> definerer hvilken celle som skal benyttes som mellomlagringsplass. Parameteret <i>w</i> er rekkenummeret for beregningsåret som skal endres. Parameteret <i>sellIndex</i> bestemmer hvilket formål som skal simuleres og bestemmes av hva brukeren velges i nedtrekksmenyen. Dette parameteres brukes til seleksjon (Select Case) i makroen.
DistributeSimulationDifferenceByFactor(ByVal simRow As Integer)	Foretar en fordeling av endret energibruk mellom formål som ikke simuleres. Parameteret <i>simRow</i> definerer hvilken rekke i formålstabellen i regneark <i>Simulering</i> som simuleres. Om for eksempel energibruk til lys simuleres vil <i>simRow</i> være 15 som er den rekken som er satt av til lys i regnearket <i>Simulering</i> .
CalculateAllBolygtyper()	Beregner energibruk for alle boligtyper samlet, ikke for hver boligtype slik formålsfordelingen benytter. Det benyttes vektorer som er definert i den historiske tabellen (regneark) <i>Historisk data energibruk</i> i området D49 til J55.

7.17 Scenario-modellen

Forutsetninger

Beregningsmodellen har også en scenario-modell som kan brukes til framskrivinger av energibruk til ulike formål samt til brutto og netto varmebehov. Netto varmebehov fordeles også på framskriving av energibærere. Alle resultat fordeles på boligtypene enebolig, rekkehus og blokker. Framskrivingen bruker kun en ekstern verdi som er antatt folketall i beregningsåret. Dette hentes fra SSB og er det midterste framskrivingsalternativet, også kjent som MMMM som står for middels fruktbarhet, middels levealder, middels innenlandsk mobilitet og middels innvandring³⁶. Modellen beregner framskrivinger fra 2010 til 2030.

For eksisterende boliger er brutto og netto varmebehov i 2009 kjent. Scenario-modellen beregner areal og antall boliger, areal per bolig og personer per bolig for nye boliger etter 2009. Alle boligtypene beregnes først samlet. I tillegg beregnes energibruk til lys, hvitevarer, elektronikk og vannoppvarming for alle boligtyper under ett. Deretter blir beregnet areal, boliger, folketall og energibruk fordelt per boligtype. Fordelingen per boligtype blir bestemt av separate endringsrater for prosentandel areal, prosentandel boliger og prosentandel folketall bosatt i ulike boligtyper. For energibruk til lys, hvitevarer, elektronikk, vannoppvarming, teknisk drift og beredertap angis endringsrater for alle boligtyper samlet.

³⁶ <http://www.ssb.no/folkfram/>

Energibruk til lys er antatt likt per m² og fordeles ikke mellom boligtyper. Hvitevarer antas likt per bolig for alle boligtyper og beregnes deretter per m² med nye arealtall mellom de ulike boligtyper. Elektronikk og varmtvann antas likt per person i ulike boligtyper. Alle disse beregningsprinsippene er identiske med den historiske beregningsmodellen. Energibruken til disse formål fordeles mellom boligtypene etter framskrevne forskjeller i personer per bolig per boligtype.

Til slutt blir brutto og netto varmebehov beregnet for nye boliger. Brutto varmebehov er bestemt av utgangsverdier med en antatt vekstrate for hver boligtype separat. Netto varmebehovet blir bestemt som differensen mellom brutto varmebehov og spillvarme pluss personvarme. Dette er samme beregningsprinsipp som i den historiske modellen. Spillvarmefaktorer for lys, hvitevarer og elektronikk framskrives som prosentandeler og selve spillvarmenergien per m² beregnes ved å bruke disse andelene i forhold til den beregnede energibruken til formålet per boligtype. Personvarme beregnes per boligtype med utgangspunkt i antatt personer per m² som igjen beregnes fra areal per bolig og personer per bolig som framskrives med antatte endringsrater. Utgangsverdiene for nye boliger er hentet fra beregningen i denne rapporten.

Brukeren kan angi utgangsverdier i 2010 samt hva slags endringsrate framskrivingen skal bruke. Det kan velges mellom lineær og eksponentiell vekst. I tillegg kan brukeren angi trappetrinn for alle vekstrater. Med dette menes at det kan angis ulike vekstrater for inntil fire perioder fra 2010 til 2030. Det kan f.eks. velges en vekstrate fra 2010 til 2015 og en annen vekstrate fra 2016 til 2030. Modellen gir imidlertid ikke mulighet for å velge lineær vekst i en periode (en trapp) og eksponentiell i en neste. Det velges en framskrivingsrate, lineær eller eksponentiell for alle perioder eller trappetrinn samlet. Tabell 70 under viser input-verdiene som brukeren kan endre for hver framskriving.

Tabell 70 Input-parametre til framskrivingsmodellen

Egenskap	Utgangsverdi	Framskrivingsform
Areal	Areal per person	Prosent årlig vekst
	Rivingsrate	Prosent årlig vekst
Boliger	Person per hushold	Prosent årlig vekst
Lys	kWh per m ²	Prosent årlig vekst teknologi-indeks
	Spillvarmefaktor	Prosent årlig vekst
Hvitevarer	kWh per m ²	Prosent årlig vekst teknologi-indeks
		Prosent årlig vekst bestand-indeks
	Spillvarmefaktor	Prosent årlig vekst
Elektronikk	kWh per m ²	Prosent årlig vekst teknologi-indeks
		Prosent årlig vekst bestand-indeks
	Spillvarmefaktor	Prosent årlig vekst
Vannoppvarming	kWh per m ²	Prosent årlig vekst teknologi-indeks
Beredertap	kWh per m ²	Prosent årlig vekst teknologi-indeks
Teknisk drift	kWh per m ²	Teknologi A
Fordeling areal	Enebolig, % areal	Prosent årlig vekst
	Rekkehus, % areal	Prosent årlig vekst
	Blokker, % areal	Prosent årlig vekst
Fordeling boliger	Enebolig, % boliger	Prosent årlig vekst
	Rekkehus, % boliger	Prosent årlig vekst
	Blokker, % boliger	Prosent årlig vekst
Fordeling folketall	Enebolig, % boliger	Prosent årlig vekst
	Rekkehus, % boliger	Prosent årlig vekst
	Blokker, % boliger	Prosent årlig vekst
Oppvarming energibærer, nye boliger	Fast brensel, %-andel	Prosent årlig vekst
	Oljeprodukt, %-andel	Prosent årlig vekst
	Fjernvarme, %-andel	Prosent årlig vekst

	Gass, %-andel	Prosent årlig vekst
	Elektrisitet, %l	Prosent årlig vekst
Omgivelsesvarme, nye boliger	Enebolig, kWh per m ²	Prosent årlig vekst teknologi-indeks
	Rekkehus, kWh per m ²	Prosent årlig vekst teknologi-indeks
	Blokker, kWh per m ²	Prosent årlig vekst teknologi-indeks
Brutto varmebehov, nye boliger	Enebolig, kWh per m ²	Prosent årlig vekst teknologi-indeks
	Rekkehus, kWh per m ²	Prosent årlig vekst teknologi-indeks
	Blokker, kWh per m ²	Prosent årlig vekst teknologi-indeks
Brutto varmebehov, eksisterende	Enebolig, kWh per m ²	Prosent årlig vekst teknologi-indeks
	Rekkehus, kWh per m ²	Prosent årlig vekst teknologi-indeks
	Blokker, kWh per m ²	Prosent årlig vekst teknologi-indeks
Oppvarming energibærer, eksisterende	Fast brensel, %-andel	Prosent årlig vekst
	Oljeprodukt, %-andel	Prosent årlig vekst
	Fjernvarme, %-andel	Prosent årlig vekst
	Gass, %-andel	Prosent årlig vekst
	Elektrisitet, %-andel	Prosent årlig vekst

Med årlig prosentvis vekst i teknologiindeks menes at brukeren anslår veksten i en indeks som er 1 i 2010. Det samme gjelder for bestandsindeksene for elektronikk og hvitevarer. Den prosentvise veksten i indeksen viser antatt teknologisk endring i perioden. Både negative og positive verdier kan anslås for alle typer vekst.

Det er viktig at det gis endringsrater for hele perioden fram til 2030. Det betyr at om det defineres et trappetrinn (et sprang) fram til 2015 må det defineres endring fram til 2030 i neste trinn, selv om endringen er 0. Med andre ord: Om det er definert et trinn som ikke går helt fram til 2030 må det defineres minst ett trinn til som dekker resten av perioden fram til 2030.

Energibærernes bidrag i kWh per m² for nye boliger beregnes som andel av netto varmebehov minus omgivelsesvarme. Dette er igjen samme prinsipp som brukes i den historiske modellen. For eksisterende boliger i 2009 antas netto varmebehov å ha samme proporsjonalitet i forhold til brutto varmebehov som i 2009 i hele framskrivingsperioden.

For nye boliger rapporteres framskrivingsresultatene i egne moduler eller ark. For eksisterende boliger i 2009 rapporteres energibærernes bidrag i kWh per m² i en egen modul sammen med framskriving av brutto og netto varmebehov for eksisterende boliger i 2009 og for nye boliger etter 2010.

Det er makroene *FramskrivningStart* og *FramskrivningLoopAlle* som gjør framskrivingen for alle boligtyper. Deretter fordeler de tre makroene *FramskrivningEnebolig*, *FramskrivningRekkehus* og *FramskrivningBlokker* energibruk og varmebehov (brutto og netto) for nye boliger per boligtype.

For fordeling av areal, boliger, folketall og for energibærere for nye og eksisterende boliger framskrives prosentandeler for de enkelte boligtyper. Når prosentandeler framskrives må summen av de framskrevne andelene hele tiden være lik 100. Dette sjekkes for hvert år som framskrives av makroen *CorrectSum*. Makroen har seks parametre. Et parameter er en definisjon av en verdi som brukes i beregningene men som kan variere for hver gang beregningene utføres. Dette gjør det mulig å bruke makroen om igjen flere ganger for flere egenskaper som skal fordeles mellom boligtypene. Parametrene er antall kolonner som skal summeres (navn på parameter er numCol), rekken som starter framskrivingene og som derfor er basisåret (startRow), det faktiske året som framskrives (i), kolonnennummeret (j) og hvilken kolonne resultatet skal skrives til (targetColNr). Når framskrevne prosentandeler korrigeres fordeles differensen mellom summen av framskrevne andeler og 100 for ett år proporsjonalt på alle boligtyper eller energibærere. En slik korrigering betyr også at prosentandelene ikke nødvendigvis vil ha akkurat den endringsrate som er lagt inn av bruker siden det ikke vil være mulig å innfri alle endringsrater og samtidig opprettholde betingelsen om at alle prosentandeler skal summere seg til 100. Tabell 71 under viser forutsetningene som er lagt inn som default i regnearket.

Tabell 71 Utgangsverdier for framskrivingen

Egenskap	Utgangsverdi	Prosentvis årlig vekst
Areal	Areal per person	0,5%
	Rivingsrate	0,0 %
Boliger	Person per hushold	-0,2
Lys	kWh per m ²	-15% (2015), -2 (2030)
	Spillvarmefaktor	0%
Hvitevarer	kWh per m ²	-1,5% (Teknologi-indeks)
		0,5% (Bestand-indeks)
	Spillvarmefaktor	-5% (2015) 0% (2030)
Elektronikk	kWh per m ²	-3% (2030) (Teknologi-indeks)
		2,5% (Bestand-indeks)
	Spillvarmefaktor	-5% (2015) 0% (2030)
Vannoppvarming	kWh per m ²	-0,5% (Teknologi-indeks)
Beredertap	kWh per m ²	-1,5% (Teknologi-indeks)
Teknisk drift	kWh per m ²	0% (2030)
Fordeling areal	Enebolig, % areal	-6% (2015) , 0% (2030)
	Rekkehus, % areal	0% (2030)
	Blokker, % areal	20% (2030)
Fordeling boliger	Enebolig, % boliger	-3% (2030)
	Rekkehus, % boliger	0% (2030)
	Blokker, % boliger	3% (2030)
Fordeling folketall	Enebolig, % boliger	0% (2030)
	Rekkehus, % boliger	0% (2030)
	Blokker, % boliger	0% (2030)
Oppvarming energibærer, nye boliger 3,5 %	Fast brensel, %-andel	0,0 % (2030)
	Oljeprodukt, %-andel	0,0 % (2030) ³⁷
	Fjernvarme, %-andel	20,0 % (2030)
	Gass, , %-andel	0,0 % (2030)
	Elektrisitet, %I	0,0 % (2030)
Omgivelsesvarme, nye boliger	Enebolig, kWh per m ²	7% (2012)(Teknologi-indeks)
	Rekkehus, kWh per m ²	80% (2012)(Teknologi-indeks)
	Blokker, kWh per m ²	200% (2012)(Teknologi-indeks)
Brutto varmebehov, nye boliger	Enebolig, kWh per m ²	-0,5 (2015), -0,2 (2030)
	Rekkehus, kWh per m ²	-0,5 (2015), -0,2 (2030)
	Blokker, kWh per m ²	-0,5 (2015), -0,2 (2030)
Brutto varmebehov, eksisterende	Enebolig, kWh per m ²	-0,7 (2030)
	Rekkehus, kWh per m ²	-0,7 (2030)
	Blokker, kWh per m ²	-0,7 (2030)
Oppvarming energibærer, eksisterende	Fast brensel, %-andel	0,0 % (2030)
	Oljeprodukt, %-andel	-5,0 % (2030)
	Fjernvarme, %-andel	1,0 % (2030)
	Gass, %-andel	0,0 % (2030)
	Elektrisitet, %-andel	0,0 % (2030)

³⁷ Utgangspunktet for nye boliger er 0 slik at oljeprodukt ikke brukes som energibærer i nye boliger.

Med default-forutsetningene vist i tabellen over viser tabell 72 under beregningen av framskrevet brutto varmebehov for nye og eksisterende boliger per boligtype per år fra 2010 til 2030. De andre resultatene av framskrivningen er dokumentert i regnearket.

Tabell 72 Eksempel på framskrivning av brutto varmebehov for nye og eksisterende boliger per boligtype, kWh/m²

År	Eneboliger		Rekkehus		Blokker	
	Bygd før 2009	Bygd etter 2009	Bygd før 2009	Bygd etter 2009	Bygd før 2009	Bygd etter 2009
2010	161,7	79,6	117,3	79,6	94,3	59,7
2011	160,5	79,2	116,5	79,2	93,6	59,4
2012	159,4	78,8	115,6	78,8	92,9	59,1
2013	158,3	78,4	114,8	78,4	92,3	58,8
2014	157,2	78,0	114,0	78,0	91,6	58,5
2015	156,1	77,6	113,2	77,6	90,9	58,2
2016	155,0	77,5	112,4	77,5	90,3	58,1
2017	153,9	77,3	111,7	77,3	89,6	58,0
2018	152,8	77,2	110,9	77,2	89,0	57,9
2019	151,8	77,0	110,1	77,0	88,3	57,8
2020	150,7	76,9	109,3	76,9	87,6	57,6
2021	149,7	76,7	108,6	76,7	87,0	57,5
2022	148,6	76,5	107,8	76,5	86,3	57,4
2023	147,6	76,4	107,0	76,4	85,6	57,3
2024	146,5	76,2	106,3	76,2	85,0	57,2
2025	145,5	76,1	105,5	76,1	84,3	57,1
2026	144,5	75,9	104,8	75,9	83,6	57,0
2027	143,5	75,8	104,1	75,8	83,0	56,8
2028	142,5	75,6	103,3	75,6	82,3	56,7
2029	141,5	75,5	102,6	75,5	81,6	56,6
2030	140,5	75,3	101,9	75,3	81,0	56,5

Hvordan gjøre en framskrivning

Figur 33 under viser hvilken knapp brukeren skal velge i hovedmenyen for å komme til framskrivingsmenyen.



Figur 33 Oppstart framskrivning

Figur 34 under viser modulen (regneark-laget) for spesifisering av endringsrater for modellen. Alle tall i regnearket kan endres på, men enkelte utgangsverdier er hentet fra de historiske tabellene og bør i prinsippet ikke endres. Etter at alle endringsrater er spesifisert med type forløp (lineær, eksponentiell eller sprangvise kombinasjoner av disse) startes framskrivningen ved å klikke på knappen merket med *Beregn*.

		2009		Hovedmeny				Beregn			
Klikk her for å starte framskrivningen				Trinn 1		Trinn 2		Trinn 3		Trinn 4	
Formål	Verdi 2009	Til år	Årlig vekst	Til år	Årlig vekst	Til år	Årlig vekst	Til år	Årlig vekst		
Teknisk drift	kWh pr m2	14,5									
	Teknologi A	1,00	Eksponensi	2 030	0,0 %						
Fordeling areal	Enebolig, % areal	65,8 %	Lineær	2 015	-6,0 %	2030	0,0 %				
	Rekkehus, % areal	18,7 %	Lineær	2 030	0,0 %						
	Blokker, % areal	15,5 %	Lineær	2 015	20,0 %	2030	0,0 %				
Fordeling boliger	Enebolig, % boliger	52,7 %	Eksponensi	2 030	0,0 %						
	Rekkehus, % boliger	20,6 %	Lineær	2 030	0,0 %						
	Blokker, % boliger	26,7 %	Lineær	2 030	0,0 %						
Fordeling folketall	Enebolig, % boliger	63,8 %	Eksponensi	2 030	0,0 %						
	Rekkehus, % boliger	20,3 %	Lineær	2 030	0,0 %						
	Blokker, % boliger	15,8 %	Lineær	2 030	0,0 %						
Oppvarming energibærer, nye boliger	Fast brensel, andel	23,7 %	Lineær	2 030	0,0 %						
	Oljeprodukt, andel	0,0 %	Lineær	2 030	0,0 %						
	Fjernvarme, andel	2,8 %	Lineær	2 015	20,0 %	2030	1,0 %				
	Gass, andel	0,2 %	Lineær	2 030	0,0 %						
	Elektrisitet, andel	67,3 %	Eksponensi	2 030	0,0 %						
Omgivelsesvarme, nye boliger	Enebolig, kWh pr m2	11,3									
	Teknologi A	1	Lineær	2 015	7,0 %	2030	2,5 %				
	Rekkehus, kWh/m2	2,9									
	Teknologi A	1	Lineær	2 015	40,0 %	2030	0,0 %				
	Blokker, kWh/m2	0,7									
	Teknologi A	1	Lineær	2 015	80,0 %	2030	0,0 %				
Brutto varmebehov, nye	Enebolig kWh/m2	80									
	Teknologi A	1	Eksponensi	2 015	-0,5 %	2030	-0,2 %				
	Rekkehus kWh/m2	80									
	Teknologi A	1	Eksponensi	2 015	-0,5 %	2030	-0,2 %				
	Blokker kWh/m2	60									
	Teknologi A	1	Eksponensi	2 015	-0,5 %	2030	-0,2 %				
Brutto varmebehov, eksisterende	Enebolig kWh/m2	165,8									
	Teknologi A	1	Eksponensi	2030	-0,7 %						
	Rekkehus kWh/m2	118,0									

Figur 34 Spesifisering av endringsrater

Etter at framskrivningen er foretatt vil regnearket automatisk gå til modulen som inneholder framskrivningen for alle boligtyper under ett. Figur 35 på neste side viser et utdrag av dette regnearket.

Hovedmeny		Framskrivning-opplast		Eneboliger		Rekkehus		Blokker		Brutto varmebehov		Andel av areal		Andel av bol			
Folketall, 1000	Areal-økning m2	Bolig-økning antall	Lys, kWh/m2	Spillvarme-lys kWh/m2	Hvitevarer, kWh/m2	Spillvarme-hvitevarer kWh/m2	Elektronikk, kWh/m2	Spillvarme-elektronikk kWh/m2	Vann-oppvarming, kWh/m2	Bereder-tap kWh/m2	Teknisk drift, kWh/m2	Enebolig	Rekkehus	Blokker	Enebolig	Rekkehus	
010	4 858	4 463 988	30 808	6,8	4,1	13,0	6,2	10,8	6,2	25,0	6,6	14,5	62,4%	18,9%	18,8%	52,7%	20,6%
011	4 920	9 142 741	63 209	5,6	3,4	12,8	5,8	10,8	5,8	24,9	6,5	14,5	58,6%	18,9%	22,5%	52,7%	20,6%
012	4 985			12,7		12,7	5,4	10,7	5,5	24,7	6,4	14,5	54,6%	18,7%	26,7%	52,7%	20,6%
013	5 053			12,6		12,6	5,0	10,6	5,3	24,6	6,3	14,5	50,3%	18,3%	31,4%	52,7%	20,6%
014	5 122			12,5		12,5									36,5%	52,7%	20,6%
015	5 192			12,3		12,3									41,9%	52,7%	20,6%
016	5 262			12,2		12,2									39,5%	52,7%	20,6%
017	5 331			12,1		12,1									39,5%	52,7%	20,6%
018	5 399	45 566 634	314 323	2,9	1,7	12,0									39,5%	52,7%	20,6%
019	5 466	50 870 475	350 126	2,8	1,7	11,8									39,5%	52,7%	20,6%
020	5 532	56 162 976	385 616	2,8	1,7	11,7									39,5%	52,7%	20,6%
021	5 597	61 443 606	420 791	2,7	1,6	11,6	3,8	10,2	4,3	23,6	5,5	14,5	42,8%	17,6%	39,5%	52,7%	20,6%
022	5 661	66 711 828	455 647	2,6	1,6	11,5	3,8	10,1	4,3	23,5	5,4	14,5	42,8%	17,6%	39,5%	52,7%	20,6%
023	5 722	71 851 808	489 259	2,6	1,5	11,4	3,7	10,0	4,3	23,3	5,3	14,5	42,8%	17,6%	39,5%	52,7%	20,6%
024	5 781	76 919 202	522 082	2,5	1,5	11,3	3,7	10,0	4,3	23,2	5,2	14,5	42,8%	17,6%	39,5%	52,7%	20,6%
025	5 838	81 912 574	554 112	2,4	1,5	11,1	3,7	9,9	4,2	23,1	5,1	14,5	42,8%	17,6%	39,5%	52,7%	20,6%
026	5 892	86 771 961	584 876	2,4	1,4	11,0	3,6	9,9	4,2	23,0	5,0	14,5	42,8%	17,6%	39,5%	52,7%	20,6%
027	5 942	91 436 213	613 902	2,3	1,4	10,9	3,6	9,8	4,2	22,8	4,9	14,5	42,8%	17,6%	39,5%	52,7%	20,6%
028	5 990	96 020 285	642 113	2,2	1,3	10,8	3,6	9,7	4,2	22,7	4,8	14,5	42,8%	17,6%	39,5%	52,7%	20,6%

Figur 35 Utdrag av resultat av framskrivning for alle boligtyper

Figur 36 under viser utdrag av resultat for framskrivning av resultat for *eneboliger*. Det finnes tilsvarende moduler for rekkehus og blokker.

Framskrivning-opplast		Framskrivning alle boligtyper										Energibære			
Areal-økning m2	Boligøkning, antall	Areal pr bolig	Personer pr bolig	Lys, kWh/m2	Hvitevarer, kWh/m2	Elektronikk, kWh/m2	Vann-oppvarming kWh/m2	Teknisk drift kWh/m2	Spillvarme kWh/m2	Brutto varmebehov kWh/m2 nye boliger	Netto varmebehov nye boliger kWh/m2	Fast brensel	Oljeprodukt	Fjernvarme	
2 784 680	16 236	149,5	2,7	6,8	10,4	10,5	24,2	7,0	15,0	79,6	56,5	11,1	0,0	1,6	
5 360 652	33 311	149,5	2,7	5,6	10,3	10,5	24,2	7,0	13,7	79,2	57,5	11,1	0,0	1,9	
7 654 793	51 170	149,2	2,7	4,4	10,3	10,5	24,2	7,0	12,4	78,8	58,3	11,0	0,0	2,3	
1			2,7							11,1	78,4	59,2	10,8	0,0	2,7
1			2,7							10,6	78,0	59,3	10,5	0,0	3,1
1			2,7							10,1	77,6	59,3	10,1	0,0	3,6
1			2,7	3,0	10,2	10,6	24,5	7,0	9,7	77,4	59,6	10,0	0,0	3,6	
1			2,6	2,9	10,2	10,6	24,5	7,0	9,6	77,3	59,5	9,9	0,0	3,6	
1			2,6	2,9	10,1	10,6	24,5	7,0	9,6	77,1	59,4	9,8	0,0	3,6	
2			2,6	2,8	10,1	10,6	24,5	7,0	9,5	77,0	59,3	9,6	0,0	3,6	
24 045 498	203 220	144,5	2,6	2,8	10,0	10,6	24,5	7,0	9,4	76,8	59,2	9,5	0,0	3,6	
26 306 336	221 757	144,2	2,6	2,7	10,0	10,6	24,5	7,0	9,4	76,7	59,1	9,3	0,0	3,6	
28 561 862	240 126	143,9	2,6	2,6	9,9	10,5	24,5	7,0	9,3	76,5	59,0	9,2	0,0	3,5	
30 762 482	257 840	143,7	2,6	2,6	9,9	10,5	24,5	7,0	9,3	76,4	58,9	9,0	0,0	3,5	
32 932 025	275 137	143,5	2,6	2,5	9,8	10,5	24,5	7,0	9,2	76,2	58,8	8,9	0,0	3,5	
35 069 877	292 017	143,3	2,6	2,4	9,7	10,5	24,5	7,0	9,1	76,0	58,7	8,7	0,0	3,5	
37 150 365	308 230	143,1	2,6	2,4	9,7	10,5	24,4	7,0	9,1	75,9	58,6	8,6	0,0	3,4	
39 147 308	323 526	143,0	2,6	2,3	9,6	10,5	24,4	7,0	9,0	75,7	58,6	8,4	0,0	3,4	
41 109 923	338 394	142,9	2,6	2,2	9,6	10,4	24,3	7,0	8,9	75,6	58,5	8,3	0,0	3,4	
43 012 132	352 582	142,8	2,6	2,2	9,5	10,4	24,3	7,0	8,9	75,4	58,4	8,1	0,0	3,3	
44 852 903	366 087	142,7	2,6	2,1	9,4	10,4	24,2	7,0	8,8	75,3	58,3	7,9	0,0	3,3	

Figur 36 Resultat framskrivning enebolig

Figur 37 på neste side viser resultatet av framskrivningen av *brutto varmebehov* for eksisterende og nye boliger samt beregning av *netto varmebehov* med fordeling av energibærere for eksisterende boliger fra 2009. Netto varmebehov fordeles etter samme andel dette hadde av brutto varmebehov fra 2009. Netto varmebehov med fordeling på energibærere vises for nye boliger bygd etter 2009 per boligtype i deres respektive moduler.

C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	Framskrivning oppstart		Framskrivning alle boligtyper														
			Brutto varmebehov														
	Eneboliger		Rekkehus		Blokker		Netto varmebehov eldre boliger			Energibærere kWh/m ² , eldre eneboliger					Ene		
År	Bygd før 2009	Bygd etter 2009	Bygd før 2009	Bygd etter 2009	Bygd før 2009	Bygd etter 2009	Eneboliger	Rekkehus	Blokker	Fast brensel	Oljeprodukt	Fjernvarme	Gass	Elektrisitet	Omgivelsesvarme	Fast brensel	Oljeprodukt
2010	164,7	79,6	117,2	79,6	91,3	59,7	142,9	89,9	51,2	31,1	0,0	4,0	0,2	94,3	11,3	21,9	0
2011	163,5	79,2	116,4	79,2	90,7	59,4	141,9	89,3	50,8	32,9	0,0	4,0	0,2	93,5	11,3	21,7	0
2012	162,3	78,8	115,3	78,8	90,0	59,1	140,9	88,6	50,3	32,6	0,0	4,0	0,2	92,8	11,3	21,6	0
2013	161,2	78,4	114,7	78,4	89,4	58,8	139,9	88,0	50,1	32,3	0,0	4,1	0,2	92,0	11,3	21,4	0
2014	160,0	78,0	113,9	78,0	88,8	58,5	138,9	87,4	49,8	32,1	0,0	4,1	0,2	91,3	11,3	21,2	0
2015	158,9	77,6	113,1	77,6	88,2	58,2	137,9	86,7	49,4	31,8	0,0	4,1	0,2	90,5	11,3	21,1	0
2016	157,7	77,4	112,2	77,4	87,5	58,1	136,9	86,1	49,1	31,6	0,0	4,1	0,2	89,8	11,3	20,9	0
2017	156,5	77,3	111,4	77,3	86,9	58,0	135,9	85,5	48,7	31,3	0,0	4,1	0,2	89,0	11,3	20,7	0
2018	155,4	77,1	110,6	77,1	86,3	57,9	134,9	84,8	48,4	31,0	0,0	4,1	0,2	88,3	11,3	20,6	0
2019	154,2	77,0	109,8	77,0	85,7	57,7	133,8	84,2	48,0	30,8	0,0	4,1	0,2	87,5	11,3	20,4	0
2020	153,1	76,8	108,9	76,8	85,1	57,6	132,8	83,6	47,7	30,5	0,0	4,1	0,2	86,8	11,3	20,2	0
2021	151,9	76,7	108,1	76,7	84,5	57,5	131,8	82,9	47,4	30,2	0,0	4,1	0,2	86,0	11,3	20,1	0
2022	150,7	76,5	107,3	76,5	83,9	57,4	130,8	82,3	47,0	30,0	0,0	4,1	0,2	85,3	11,3	19,9	0
2023	149,6	76,4	106,4	76,4	83,3	57,3	129,8	81,7	46,7	29,7	0,0	4,1	0,2	84,5	11,3	19,7	0
2024	148,4	76,2	105,6	76,2	82,8	57,2	128,8	81,0	46,4	29,5	0,0	4,1	0,2	83,8	11,3	19,6	0
2025	147,3	76,0	104,8	76,0	82,2	57,0	127,8	80,4	46,1	29,2	0,0	4,1	0,2	83,0	11,3	19,4	0
2026	146,1	75,9	104,0	75,9	81,6	56,9	126,8	79,8	45,7	28,9	0,0	4,1	0,2	82,3	11,3	19,2	0
2027	144,9	75,7	103,1	75,7	81,0	56,8	125,8	79,1	45,4	28,7	0,0	4,1	0,2	81,6	11,3	19,1	0
2028	143,8	75,6	102,3	75,6	80,5	56,7	124,8	78,5	45,1	28,4	0,0	4,1	0,2	80,8	11,3	18,9	0
2029	142,6	75,4	101,5	75,4	79,9	56,6	123,8	77,9	44,8	28,1	0,0	4,1	0,2	80,1	11,3	18,7	0
2030	141,5	75,3	100,7	75,3	79,3	56,5	122,8	77,2	44,5	27,9	0,0	4,1	0,2	79,3	11,3	18,6	0

Figur 37 Resultat framskrivning brutto og netto varmebehov med fordeling av energibærere for eksisterende boliger fra 2009