

Vestlandsforskning-notat nr. 1/2016

Utkast til rammeverk for risikoanalyse av utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar

*Oppgåve i faget Risikoanalyse,
Universitetet i Stavanger hausten 2016*

Torunn Hønsi



Vestlandsforsking notat

Tittel Utkast til rammeverk for risikoanalyse av utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar	Notatnummer 1/2016 Dato 21.10.16 Gradering Open
Prosjekttittel Førebygging av toksiske effektar av klimaendringar på Vestlandet (Toksklim)	Tal sider 19 Prosjektnr 6426
Forskar(ar) Torunn Hønsi	Prosjektansvarleg Torunn Hønsi
Oppdragsgivar Sogn og Fjordane fylkeskommune	Emneord Miljøgifter Klimaendring Risikoanalyse Ureina lokalitetar

Samandrag

Notatet er i sin heilheit basert på ei semesteroppgåve i faget Risikoanalyse ved Universitetet i Stavanger hausten 2016. Oppgåva drøftar korleis ei risikoanalyse for lekkasje av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar kan gjennomførast, og korleis usikkerheit i risikoanalysen kan handterast.

Det teoretiske grunnlaget for analyse av risiko og «state of the art» innan risikoanalyse av miljørisiko av klimarelaterte årsaker er blitt drøfta. På grunnlag av denne gjennomgangen er det laga eit utkast til rammeverk for å gjennomføre ei risikoanalyse av utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar. Rammeverket vil bli brukt for å gjennomføre risikoanalyse i pilotkommunar i forskingsprosjektet «Førebygging av toksiske effekter av klimaendringar på Vestlandet» våren 2017.

Gjennomgangen av risikoanalyser for miljørisiko av klimarelaterte årsaker i oppgåva, viser at synet på risiko og handtering av usikkerheit er vektlagt noko ulikt. Men, det verkar til at det tradisjonelle synet på risiko, der risiko er gitt ved produktet av sannsynlegheit og konsekvens, er på vikande front. For utføring av risikoanalyse for lekkasje av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar, vil det bli lagt til grunn den utvida risikoforståinga som vi finn i DSB sin rettleiar for heilheitleg ROS i kommunen frå 2014, som baserer seg m.a. på Aven et. al 2008.

Det er viktig å kunne kontrollere og styre risikoen for utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitetar i eit endra klima, slik at vi kan unngå akutte eller langtidsskader på miljøet, organismar og menneske i framtida. Det er viktig å utvikle verktøy som kan gje støtte til å ta avgjersler om forhold det knyter seg betydeleg usikkerheit til, fordi det vil verke inn på ei berekraftig utvikling av samfunnet. Risikoanalyse for lekkasje av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar vil kunne vere eit slikt verktøy.

Andre publikasjonar frå prosjektet

ISBN:**Pris:** Gratis

Føreord

Denne oppgåva er ein del av kurset «Risikoanalyse» ved Universitetet i Stavanger, hausten 2016.

Eg vil takke Jon Tømmerås Selvik, Universitetet i Stavanger, for god rettleiing undervegs.

Torunn G. Hønsi

21. Oktober, 2016

Å risikere

Å le er å risikere å bli tatt for å være dum.

Å gråte er å risikere å bli oppfattet som sentimental.

Å komme en annen i møte er å risikere å bli involvert.

Å vise følelser er å risikere å blottlegge sitt egentlige jeg.

Å gi uttrykk for sine ideer, sine drømmer, er å risikere å tape ansikt.

Å gi kjærlighet er å risikere å ikke få noe igjen.

Å leve er å risikere å dø.

Å håpe er å risikere fortvilelse.

Men du må risikere noe, for den største faren i ditt liv er å ikke risikere.

Den person som ikke risikerer, gjør ingenting, har ingenting, er ingenting.

*Han kan kanskje unngå lidelse og sorg, men han kan rett og slett ikke forandre seg,
føle, vokse, elske – leve.*

Lenket til sine holdninger er han en slave, han har forspilt friheten.

Bare en person som risikerer, er fri.

Hugh Prathers

(oversatt av Eirik J. Irgens)

Samandrag

I denne oppgåva er det sett på korleis vi kan gjennomføre ei risikoanalyse for lekkasje av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar, og korleis vi kan handtere usikkerheit i risikoanalysen.

Det teoretiske grunnlaget for analyse av risiko og «state of the art» innan risikoanalyse av miljørisiko av klimarelaterte årsaker er blitt drøfta. På grunnlag av denne gjennomgangen er det laga eit utkast til rammeverk for å gjennomføre ei risikoanalyse av utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar.

Gjennomgangen av risikoanalyser for miljørisiko av klimarelaterte årsaker i oppgåva, viser at synet på risiko og handtering av usikkerheit er vektlagt noko ulikt. Men, det verkar til at det tradisjonelle synet på risiko, der risiko er gitt ved produktet av sannsynlegheit og konsekvens, er på vikande front. For utføring av risikoanalyse for lekkasje av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar, vil det bli lagt til grunn den utvida risikoforståinga som vi finn i DSB sin rettleiar for heilheitleg ROS i kommunen frå 2014, som baserer seg m.a. på [Aven et. al 2008].

Det er viktig å kunne kontrollere og styre risikoen for utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitetar i eit endra klima, slik at vi kan unngå akutte eller langtidsskader på miljøet, organismar og menneske i framtida. Det er viktig å utvikle verktøy som kan gje støtte til å ta avgjersler om forhold det knyter seg betydeleg usikkerheit til, fordi det vil verke inn på ei berekraftig utvikling av samfunnet. Risikoanalyse for lekkasje av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar vil kunne vere eit slikt verktøy.

Innhald

Føreord.....	3
Samandrag	4
1. Introduksjon, bakgrunn og formål	6
1.1. Introduksjon.....	6
1.2. Bakgrunn for val av oppgåve.....	6
1.3. Formål og problemstillingar	7
1.4. Avgrensingar	7
2. Teoretisk grunnlag for risiko, risikoanalyse og handtering av usikkerheit	8
2.1. Kva er risiko?.....	8
2.2. Risikoanalyse	9
2.3. Årsaksanalyse	10
2.4. Konsekvensanalyse.....	10
2.5. Usikkerheit i risikoanalysar.....	11
2.6. Sårbarheit	11
2.7. Styrbarheit.....	11
3. Diskusjon.....	12
3.1. «State of the art» - for risikoanalyse av uønskte hendingar som følgje av klimaendringar	12
3.1.1. Samfunnssikkerhet i arealplanlegging – kartlegging av risiko og sårbarhet (DSB)	12
3.1.2. Rettleiar for ROS analysar i kommunane (DSB).....	12
3.1.3. Risikoanalyse av havnivåstigning og strandkantdeponi – Kristiansand kommune (FM i Vest-Agder)	13
3.1.4. Risikoanalyse av jordras av ureina grunn i elva Göta (Göransson et. al 2009 og 2014).....	13
3.2. Usikkerheit om korleis klimaet vil endre seg.....	14
3.3. Korleis gjennomføre ein risikoanalyse for auka ureining av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar?	15
3.3.1. Utkast til rammeverk for risikoanalyse av utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar.....	15
3.3.2. Foreløpig risikobilde: Bow tie diagram	16
3.3.3. Diskusjon rundt årsaker til og konsekvensar av ««Utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitet X».....	16
4. Konklusjon.....	18
5. Referanseliste	18

1. Introduksjon, bakgrunn og formål

1.1. Introduksjon

Klimaendringar og utslepp av miljøgifter er to av dei viktigaste miljørisiko vi står ovanfor lokalt og globalt, som vil kunne verke inn på naturens økosystem, toleevne og menneskets helse. Ureina lokalitetar som stammar frå industriaktivitet, næringsverksemd eller avfallshandtering er lokale kjelder til miljøgifter. Avhengig av lokalitetens geografi, geologi og hydrologi vil framtidig utvasking og utslepp av miljøgifter frå ureina lokalitetar kunne bli forårsaka av klimaendringar, som til dømes auka nedbørmengder, auka vassmetning i fyllinga, endra middeltemperatur og havnivåstigning. Klimaframskrivingar og klimamodellar viser at framtida med stor sannsynlegheit vil bringe meir episodar med ekstremvêr, som igjen vil kunne auke faren for ras, jordskred, utglidingar, setningsskader, stormflo og flaum. Noreg har forplikta seg til å ha god økologisk status i alle vassførekomstar innan 2021 (jf. vassrammedirektivet) og norske myndigheiter har ei målsetting om å stoppe utsleppet av prioriterte miljøgifter innan 2020 (NOU 2010:9, s. 11). Desse måla er i tråd med ei berekraftig utvikling av samfunnet, og baserer seg på naturens toleevne og eit akseptabelt bakgrunnsnivå eller ein akseptabel risiko av miljøgifter. Normverdiane som ligg til grunn, baserer seg på miljørisikovurderingar om nivå av miljøgifter som ikkje skal føre til akutte eller kroniske negative effektar på levande organismar. Samfunnet har etablert eit sikkerheitsnivå, eller ulike tolegrenser for ulike typar risiko. Nokre risiko kan ikkje akseptast, fordi dei kan ramme liv, helse eller miljø på ein dramatisk måte. For å halde risikoen for miljøgifter i naturen på eit akseptabelt eller sikkert nivå, vil det medføre betydelege kostnader for samfunnet å måtte rydde opp i ureining i etterkant av ulukker og ekstremvêr episodar for å unngå akutte eller langtidsskader på miljøet, organismar og menneske.

Kva som vil kunne skje i framtida er alltid usikkert, og prognosane for korleis klimaet vil endre seg og kva konsekvensane vil bli av klimaendringar er i høgste grad usikkert. Modellar av globale klimaendringar er svært komplekse og er i varierende grad usikre på grunn av avgrensa kunnskap. Samtidig er det viktig at samfunnet tilpassar seg eit klima i endring, for mykje står på spel om vi ikkje gjer tiltak som kan redusere moglege konsekvensar av klimaendringar. Land og lokalsamfunn har i stor grad teke fram risikoanalyser som eit verktøy i klimatilpassingsarbeidet, for å få oversikt og gje støtte til avgjersler som må takast under stor grad av usikkerheit. Før ei risikoanalyse vert gjennomført, er det viktig å tenkje igjennom og planleggje korleis vi kan gjere ei risikoanalyse. I denne oppgåva vil eg med utgangspunkt i utvikla rettleiarar frå DSB og nokre utførte risikoanalyser som kan samanliknast med det vi planlegg å gjere, og lage eit grunnlag for å kunne gjennomføre ei risikoanalyse av konsekvensar av klimaendringar på utslepp av miljøgifter frå ureina lokalitetar. Korleis skal risiko uttrykkjast? Korleis kan vi handtere og synleggjere den betydelege usikkerheita i korleis klimaendringar og andre føreliggjande årsaker vil påverke lekkasje av miljøgifter frå ureina lokalitetar? Og korleis handtere usikkerheit for kva som vil verte konsekvensar av lekkasje av miljøgifter frå ureina lokalitetar?

1.2. Bakgrunn for val av oppgåve

Klimaendringar vil føre til å at samfunnet må gjennomføre klimatilpassingar og tiltak for å redusere risikoen for og skadeomfanget på naturmiljøet og det bygde miljø. Vestlandsforskning fekk i sommar forprosjektet «Førebygging av toksiske effektar av klimaendringar» eller Toksklim, hjå Regionalt forskingsfond Vestlandet. Prosjektet er eit offentleg utviklingsprosjekt, der vi samarbeider med Sogn og Fjordane Fylkeskommune, Fylkesmannen i Sogn og Fjordane og Fylkesmannen i Hordaland. Målet

med prosjektet å auke kunnskap om ureina lokalitetar i kommunane og korleis desse kan verte påverka av klimaendringar og ekstremvêr i framtida.

Som ein del av dette prosjektet, skal vi til våren gjennomføre risikoanalysar av ulike ureina lokalitetar i 3 pilotkommunar, der vi skal vurdere risiko for lekkasje av miljøgifter frå dei ureina lokalitetane som følgje av ras, flaum, stormflo, havnivåstigning, ekstremnedbørperiodar > 30 mm. Eg vil derfor drøfte det teoretiske grunnlaget og skissere eit rammeverk for å gjennomføre slike risikoanalysar, og korleis vi kan handtere og synleggjere usikkerheit og mangel på kunnskap om m.a. konsekvensar av klimaendringar i risikoanalysane. Eg har vald å nærme meg dette ved å ta utgangspunkt i «state of the art» innan risikoanalyse og ROS analyse for miljørisiko, ved å drøfte analysar utført av m.a. av Fylkesmannen i Vest Agder i 2015, risikoanalyse av jordras i ureina grunn til elva Gøta i Sverige [Göransson et. al 2009 og 2014], og rettleiarar for kartlegging av risiko og sårbarhet frå DSB [DSB, 2011 og 2014]. Det er særskilt korleis perspektivet på risiko og korleis risiko vert analysert med omsyn til usikkerheit eg vil diskutere, på bakgrunn av teoretisk rammeverk gjennomgått i faget «Risikoanalyse» ved Universitetet i Stavanger, hausten 2016.

Målet med risikoanalysen som skal gjennomførast våren 2017, er å gje støtte til ureiningsmyndigheitene (Fylkesmann og kommune) og danne grunnlag for pålegg om utsleppsførebyggjande eller konsekvensførebyggjande tiltak for å redusere risikoen frå utslepp av ureining frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar.

1.3. Formål og problemstillingar

I denne oppgåva ynskjer eg å lage eit utkast til rammeverk for risikoanalyse av utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar, som tek omsyn til usikkerheit.

Følgjande hovudproblemstilling er vald i oppgåva:

Korleis gjennomføre ein risikoanalyse for auka ureining av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar?

Oppgåva vil også svare på følgjande delproblemstilling:

Korleis handtere usikkerheit i risikoanalyse for auka ureining av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar?

1.4. Avgrensingar

Det er gjort følgjande avgrensingar i oppgåva:

1. Oppgåva tek føre seg planleggingsfasen og risikovurderingsfasen i ein risikoanalyse, det teoretiske grunnlaget for val av analysemetode, og sjølv rammeverket for risikoanalysen. Risikoanalysen vert ikkje gjennomført og risikohandtering vert ikkje drøfta i oppgåva.
2. Initierande hending eller uønska hending = utslepp av miljøgifter frå ureina lokalitetar, føreliggjande årsaker til dette er m.a. ulike klimaendringar. Eg vil ta utgangspunkt i årsaker som er venta å ha størst betydning for utvasking og remobilisering av miljøgifter frå ureina lokalitetar, dvs. årsaker som vil auke vassmetninga i jorda eller som kan føre til utgliding/erosjon av avfall/ureina jordmassar ut i sjø, t. d. auke i årsnedbør, fleire og hyppigare ekstremnedbørperiodar (> 30 mm pr. døgn), jordskred/ras, havnivåstigning, flaum.

2. Teoretisk grunnlag for risiko, risikoanalyse og handtering av usikkerheit

2.1. Kva er risiko?

Omgrepet risiko stammar frå det italienske ordet «risicare» som kan omsetjast til «å våge». Risiko kan definerast på ulike måtar, og ulike fagområde og tradisjonar brukar og forstår omgrepet risiko ulikt. Risiko kan knytast til alle aktivitetar eller hendingar. Og omgrepet kan nyttast om det er risiko for fare eller uheldige konsekvensar, eller risiko for ein mulighet eller gevinst. Så risiko treng ikkje vere knytt til negative hendingar/konsekvensar, sjølv om det er kanskje slik det er mest «vanleg» å bruke omgrepet på folkemunne. Slik ordet risiko vert brukt i denne oppgåva, så ligg det implisitt at risiko er eit uttrykk for ein ulempe eller fare for miljø. Og målet med å gjennomføre ein risikoanalyse av korleis klimaendringar vil påverke utslepp av miljøgifter frå ureina grunn, er å prøve å redusere risikoen for skade og negative effektar på miljø og menneske.

Risiko og sikkerheit er motsette storleikar, dvs. at høg risiko medfører låg sikkerheit, og låg risiko medfører høg sikkerheit. Risiko og usikkerheit er ikkje like enkle å samanlikne, fordi låg usikkerheit betyr ikkje nødvendigvis at risikoen er låg, eller at stor usikkerheit betyr at risikoen er stor [Aven et al 2008].

Innan teknisk-naturvitskapleg fagtradisjon har risiko vorte berekna og analysert ved bruk av matematiske/statistiske og fysiske modellar [Aven et. al. 2004]. I denne måten å analysere risiko på, er det ei innebygd forståing av at sannsynlegheit og risiko er objektive storleikar, som kan talfestast slik som høgde og vekt. Mange ingeniørar har difor lært at risiko er sannsynlegheit multiplisert med moglege konsekvensar (utfall) [Aven, 2007]. Vi kan uttrykke dette som: $R = C \times P$, der R er risiko, C er mulig konsekvens og P er tilhøyrande sannsynlegheit. Risikoen blir i dette tilfellet det same som forventingsverdien i forhold til det totale tal hendingar/konsekvensar, slik at risiko er forventa tap.

Det er ei aukande og allmenn forståing at risiko er noko meir enn forventningsverdiar. Ein vanleg brukt definisjon er at risiko er kombinasjonen av mulige konsekvensar og sannsynlegheit, eller Risiko = (c,P) for å vise at risikoen er ein kombinasjon av dei moglege konsekvensane c, og tilhøyrande sannsynlegheit P [Aven et. al 2007]. Med sannsynlegheit meinast det tal gonger ei hending/konsekvens kan skje, eller frekvensen, hyppigheten av ei hending/konsekvens. Aven, 2007 har vidareutvikla denne definisjonen av risiko og seier at:

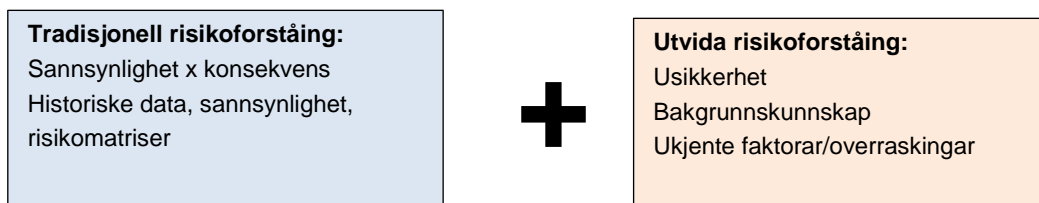
«Risiko er en kombinasjon av mulige konsekvenser (utfall) og tilhørende usikkerhet»
[Aven, 2007]

Dette kan skrivast som at $R = (c,U)$, der c er mogleg konsekvens, og U er usikkerheit. Når usikkerheit kvantifiserast ved hjelp av sannsynlegheit, fell denne definisjonen saman med Risiko = (c,P). I Aven et.al, 2008, definerer risiko som:

«Risiko er definert ved kombinasjonen av mulige fremtidige hendelser/konsekvenser og tilhørende usikkerhet»
[Aven et. al. 2008]

Risiko er her kombinasjonen av moglege hendingar (A) og konsekvensar (C) av desse, og tilhøyrande usikkerheit (U) [Aven et. al 2008]. Vi kan skrive dette som $R = (C,U)$. Det er usikkert (U) om hendingane vil skje og kva som vil bli konsekvensane. Usikkerheita i A og C kan uttrykkjast ved hjelp

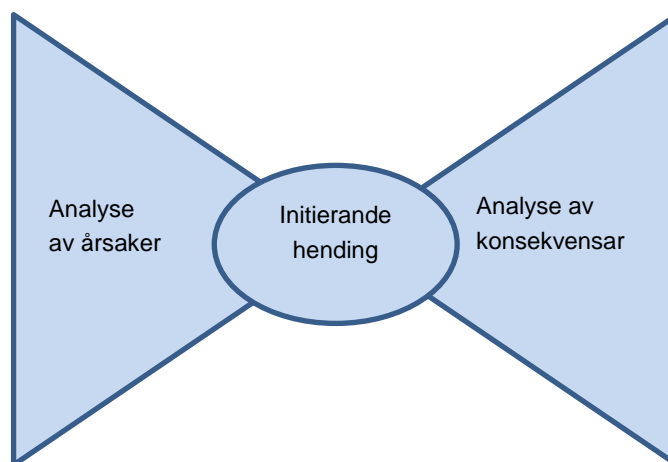
av sannsynlegheit (P), på basis av den kunnskapen (K) som vi har [Aven et. al 2008]. Vi kan kategorisere ulike syn på risiko inn i tradisjonell risikoforståing (teknisk ingeniør) og eit utvida perspektiv på risiko som Aven et. al 2008 tek til orde for, der handtering av usikkerheit og bakgrunnskunnskap vert meir vektlagt (sjå figur 1 nedanfor).



Figur 1: Viser samanhengen og forskjellen mellom tradisjonell risikoforståing og utvida risikoforståing

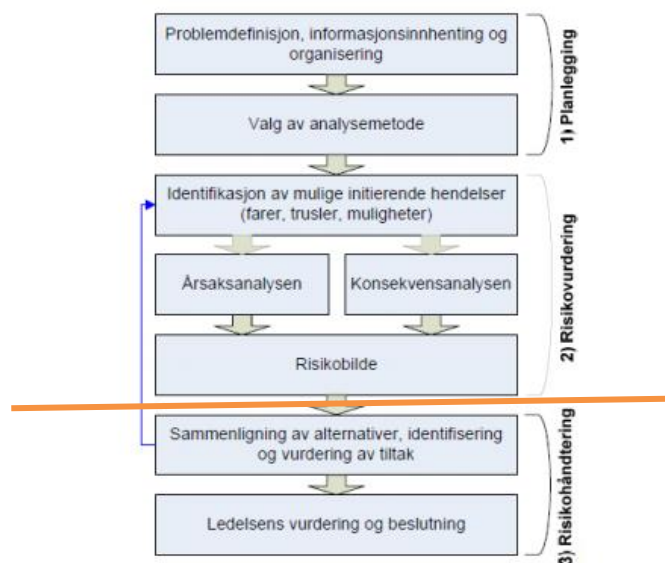
2.2. Risikoanalyse

Risikoanalyse er eit hjelpemiddel for å analysere risiko, der hensikten er: «å gi innsikt om risiko i forhold til en gitt aktivitet eller et gitt system, og derigjennom gi underlag for beslutninger om valg av løsnings- og tiltak» [Aven, 2007]. Risikoanalysen skal identifisere dei initierande hendingane og få fram årsaks- og konsekvensbilde og etablere eit risikobilde eller eit «bow-tie» diagram (sjå figur 2). Korleis dette vert gjort er avhengig av metode som vert brukt, og kva resultat skal brukast til [Aven et. al 2008].



Figur 2: Risikobilde som risikoanalysen skal få fram

Ein risikoanalyse har som mål å kartlegge og beskrive risiko og kan vere hensiktsmessig å dele inn i 3 hovudelement: planlegging, risikovurdering, og risikohandtering, sjå figur 3 [Aven et. al., 2008]. Det er vanleg å skilje mellom tre hovudkategoriar av risikoanalyse: forenkla risikoanalyse (kvalitativ metode, grov analyse), standard risikoanalyse (kvalitativ eller kvantitativ metode, HAZOP eller grovanalyse) og modellbasert risikoanalyse (kvantitativ metode, hendelsestreakanalyse, feiltreakanalyse) [Aven et. al. 2008].



Figur 3: Risikoanalyseprosessens ulike trinn [Aven et al. 2008]. Orange linje viser avgrensinga i oppgåva, og at den delen av risikoanalysen som vert kalla risikohandtering, ikkje er ein del av oppgåva.

Risikovurdering omfattar identifikasjon av uønskte hendingar, årsaksanalyse, konsekvensanalyse og risikobeskriving. For å vurdere effekten av endringar i føresetningar som vert gjort i risikoanalysen må følsomheitsanalysar/sensitivitetsanalysar og robustheitsanalysar bli gjennomført [Aven et. al 2008]. Ein sensitivitetsanalyse kan gjennomførast for både årsaker og konsekvensar, og viser korleis resultatet vert påverka av den informasjonen og sannsynlegheitsverdiane som er putta inn i analysen.

2.3. Årsaksanalyse

I årsaksanalyse skal ein analysere kva som må skje for at ein initierende hending skal oppstå. Det finnes ulike teknikkar for dette, t.d. bruk av feiltreanalyse og Bayesianske nettverk [Aven et. al 2008] I ein feiltreanalyse tek ein utgangspunkt i den uønskte hendinga i bow-tie diagrammet (sjå figur 2) og årsakene til at denne hendinga skjer modellerast ved hjelp av eit feiltre. Feiltre består av symbol som representerer ulike føreliggjande årsaker til at feilen kan oppstå. Feiltreanalyse kan brukast kvalitativt (ikkje talfesta), eller kvantitativt ved hjelp av sannsynlegheitsutrekning. Bayesianske nettverk er ei anna form for årsaksanalyse, som består av noder (hendingar) og piler (avhengigheit) der det er fleire årsaker som vil påverke utfallet og desse ikkje er heilt uavhengige av kvarandre. Bayesianske nettverk er meir generelle enn feiltre og kan vere hensiktsmessig å bruke der det er meir komplekse årsaksforhold til at den initierende hendinga skjer [Aven et. al 2008]

2.4. Konsekvensanalyse

Gitt at den initierende hendinga har skjedd, så kan vi analysere konsekvensane av denne ved hjelp av ein konsekvensanalyse. Den metoden som vert ofte brukt er hendelsestreanalyse, men Bayesianske nettverk kan også nyttast som metode for konsekvensanalyse. Hendelsestreanalyse kan brukast både kvalitativt utan talfesting, og kvantitativt ved hjelp av sannsynlegheitsrekning [Aven et al. 2008]. Analysen vert gjennomført ved å stille ei rekke spørsmål som det kan svarast ja eller nei på. Slike spørsmål kallar vi for greinspørsmål. Hendingsgangen eller konsekvensscenario kjem fram ved ulike kombinasjonar av ja og nei svar på greinene. Ei konsekvensanalyse kan også kallast ei sårbarheitsanalyse [Aven et al 2004].

2.5. Usikkerheit i risikoanalysar

Usikkerheit er sentralt når ein snakkar om risiko. «*Usikkerhet er en tilstand der det er mangel på informasjon, manglende forståelse av eller kunnskap om en hendelse, dens konsekvenser eller mulighet for at den skal forekomme*» [NS-ISO 31000:2009]. Kor sannsynleg er det at ei hending skjer? Inneforstått: kor sikkert eller usikkert er det at ei hending skjer? Kor sannsynleg er det at dette fører til ein gitt konsekvens? Inneforstått, kor sikkert eller usikkert er det at ei hending gjev ein gitt konsekvens. Kor stor risikoen er avhenger av kor alvorlege konsekvensane er og kor sannsynleg det er at dei skjer, og det er knytt usikkerheit til både hendingane og konsekvensane av hendingane. Når usikkerheit (U) skal uttrykkast med tal vert det brukt sannsynlegheitsrekningar (P). Men, det er ikkje slik at sannsynlegheit og usikkerheit er heilt det same, fordi det kan også liggje usikkerheit i kunnskapsgrunnlaget til den som gjer risikoanalysen, at det ikkje er nok kunnskap om årsaker og konsekvensar [Aven et. at. 2008]. Usikkerheit og dermed risikoen må alltid sjåast i samheng til kven som utfører analysen og dei bakgrunnskunnskapane som ligg til grunn. Fordi usikkerheit dreier seg om mangel på informasjon, manglande forståing eller manglande kunnskap. Type usikkerheit og om usikkerheita er stor eller liten og om usikkerheit kan reduserast, er viktige moment å vurdere i ei risikoanalyse. Usikkerheit og kunnskap er beslektta omgrep. Vi kan snakke om fleire former for usikkerheit, t.d.:

- Stokastisk usikkerheit, dvs. kva utfallet blir gitt ein risiko
- Epistemisk usikkerheit, pga. manglande kunnskap, kan reduserast med meir kunnskap
- Ontologisk usikkerheit pga. naturleg variabilitet og kompleksitet i systemet
- Modellusikkerheit

I tilfelle der ein har lite kunnskap, bør ein forsøke å redusere usikkerheita ved å skaffe meir kunnskap. Og generelt er den forventade verdien av auka kunnskap større, jo større usikkerheita er. Men, det er ikkje alltid slik at meir informasjon vil redusere usikkerheit og gje oss eit klarare bilete på framtida, vi må òg vurdere kva verdi informasjonen har og pålitelegheit til informasjonen [frå førellesning om handtering av usikkerhet i faget «Risikoanalyse»]

2.6. Sårbarheit

Definisjonen av sårbarheit følgjer same tankegang som for risiko, og er eit aspekt av risiko. Vi er på konsekvens sida av bow-tie diagrammet i figur 2. Aven, 2007 og Aven et.al 2008 definerer sårbarheit slik:

«Sårbarhet oppfattes som kombinasjonen av mulige konsekvenser og usikkerhet, gitt at systemet utsettes for en initierende hendelse»

Vi kan skrive dette som konsekvensar (C) og usikkerhet (U) gitt at initierende hending (A) har skjedd, eller $R = (C, U|A)$ [Aven et. al 2008]. Analyse av sårbarheit eller konsekvensanalyse er ein del av risikoanalysen, og for å framheve dette snakkar vi ofte om risiko- og sårbarheitsanalysar. Der analysane gjer oss i stand til å vurdere storleik og alvorlegheitsgrad til farar og truslar i samfunnet og kor utsett og sårbart samfunnet er, i forhold til å møte eller motverke desse farane om dei oppstår [Aven et. al 2008].

2.7. Styrbarheit

Styrbarheit seier noko om risikoen ved ei hending kan styrast eller ikkje. Grad av styrbarheit vil sei i kva grad det er muleg å kontrollere og redusere usikkerheit og dermed oppnå ønska utfall. Nokon

risiko er meir styrbare enn andre, ved at det er eit større potensial i å redusere risikoen [Aven, 2007]. Høg styrbarheit har vi om usikkerheit kan reduserast med to nivå ved innføring av tiltak som er kostnadseffektive, middels styrbarheit har vi når usikkerheit kan reduserast med eit nivå ved innføring av tiltak som er kostnadseffektive og låg styrbarheit har vi om usikkerheit ikkje kan reduserast med minst eit nivå ved innføring av kostnadseffektive tiltak [Abrahamsen, E.B. et al. 2013]

3. Diskusjon

3.1. «State of the art» - for risikoanalyse av uønskete hendingar som følgje av klimaendringar

Eg har vald å diskutere risikoperspektiv og handtering av usikkerheit i rådande retningslinjer frå DSB for ROS analysar og døme på risikoanalysar eg har funne fram til, som er gjennomført for miljørisiko av klimarelaterte årsaker. Dette har eg gjort for å danne grunnlaget for eit rammeverk for risikoanalyse av utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar, som Vestlandsforskning skal gjennomføre våren 2017.

3.1.1. Samfunnssikkerhet i arealplanlegging – kartlegging av risiko og sårbarhet (DSB)

Denne rettleiaren vart revidert i 2011, og skal vise grunnlaget for å gjennomføre ei ROS analyse på oversiktsnivå, eller ei kvalitativ grovanalyse. Klimaendringar vert omtalt t.d. i eksempel 4.4. *Planlegging for et endret klima: «Det er store usikkerheter om hvilke konsekvenser klimaendringene får lokalt, men vi vet nok til at dette er en faktor man må ta hensyn til både i forhold til ny og eksisterende bebyggelse».* Og fare for ureining er omtalt slik: *«Forurensning: Er det fare for lokal forurensning som følge av utvasking? Er det f. eks. risiko for forurensning i tilknytning til fyllplassen? Det kan være aktuelt å innføre hensynssoner i tilknytning til områder der det kan være mulighet for lokal forurensning som følge av kraftig nedbør».* Vurderinga av sannsynlegheit for at ei hending skal inntreffe vert omtalt på denne måten: *«Vurderingen av sannsynlighet må ta utgangspunkt i historiske data, lokal kunnskap, statistikk, ekspertuttalelser og annen relevant informasjon, og en vurdering av hvordan fremtidige klimaendringer påvirker dette bildet».* Så sjølv om usikkerheit ikkje vert omtalt som eit ledd i årsaksanalysen og sannsynlegheitsvurderinga som skal gjerast, vert usikkerheit nemnd i samband med tolking av risikomatriser. Det som står om usikkerheit er: *«Risikomatrisen vil på oversiktsnivå være beheftet med betydelig usikkerhet. Det faktiske risikonivå kan være både større eller mindre. Det kan derfor være fornuftig å legge en konservativ «føre var holdning» til grunn når hendelser i gule ruter vurderes, dersom usikkerheten er knyttet til om hendelsen burde vært plassert i rød eller gul rute».* Risikoen vert uttrykt ved sannsynlegheit for og konsekvensar av uønskete hendingar, og sjølve framstilling av risiko er gitt i ei standard risikomatrise, mellom sannsynlegheit på y-aksen og konsekvens på x-aksen. Synleggjering av usikkerheit går ikkje fram for dei ulike hendingane i risikomatrisa.

3.1.2. Rettleiar for ROS analysar i kommunane (DSB)

Rettleiaren kom ut i 2014, og har ein definisjon av risiko som er: *«Risiko er en vurdering av om en hendelse kan skje, hva konsekvensene vil bli og usikkerhet knyttet til dette».* Altså i tråd med den utvida risikoforståinga til Aven et. al. 2008. Vidare står det at: *«Helhetlig ROS er altså en vurdering av 1) hvilke uønskede hendelser som kan komme til å skje, 2) sannsynlighet for at en uønsket hendelse vil inntreffe, 3) sårbarhet ved systemer som påvirker sannsynligheten og konsekvensene, 4) hvilke konsekvenser hendelsen eventuelt vil få og 5) usikkerheten knyttet til vurderingene, det vil si hvor god*

kunnskap vi har om fenomenene som skal vurderes. I presentasjonen av risiko og sårbarhet er det viktig å få fram hva som ligger bak angivelsene av sannsynlighet og konsekvenser, i tillegg til usikkerheten knyttet til disse vurderingene. Hva er det som får oss til å tro på en bestemt angivelse av sannsynlighet? Hvorfor mener vi at konsekvensene blir slik vi beskriver? Hvilke forhold påvirker sannsynligheten, konsekvensene og usikkerheten? Konkrete og godt begrunnede risiko- og sårbarhetsbeskrivelser hvor også vurderingen av kunnskapsgrunnlaget er med, gir et godt grunnlag for beslutninger om risiko- og sårbarhetsreducerende tiltak».

I rettleiaren går det fram at det rådar usikkerheit både til om uønskte hendingar vil inntreffe og konsekvensar av hendingane. «Usikkerheten knytter seg til om, og eventuelt når, en bestemt uønsket hendelse vil inntreffe og hva konsekvensene av denne hendelsen vil bli. Angivelsen av usikkerhet handler om kunnskapsgrunnlaget for risiko- og sårbarhets-vurderingen av hendelsen. Er relevante data og erfaringer tilgjengelige? Er hendelsen/ fenomenet som vurderes godt forstått? Er deltakerne enige? Hvis svaret er "nei" på ett eller flere av disse spørsmålene, vurderes usikkerheten som høy. Hensikten med å vurdere usikkerhet er å synliggjøre behovet for ny/økt kunnskap om hendelsen/fenomenet eller om tiltak. Det er også en bevisstgjøring knyttet til kunnskapsgrunnlaget for analysen». Det har skjedd ei utvikling i synet på risiko og usikkerheit sidan rettleiaren i 2011 kom ut, omtale av risiko og usikkerheit i rettleiaren frå 2014, er i tråd m.a. med [Aven et. al. 2008].

3.1.3. Risikoanalyse av havnivåstigning og strandkantdeponi – Kristiansand kommune (FM i Vest-Agder)

Dette er eit pilotprosjekt i Vest-Agder der dei har sett på korleis havnivåstigning vil påverke faren for utlekking av miljøgifter frå avfallsdeponi som ligg i strandkanten, nærme havnivået. Dette er det nærmaste dømet eg har funne på risikoanalysar, som liknar på det vi vil gjere våren 2017. I Tabell 3 vert forventa havnivåstigning og stormflo i eit 50 og 100 års perspektiv angitt for kystkommunane i vest- Agder, der det vert gitt eit usikkerheitsintervall for både havnivå og stormflo [Fylkesmannen i Vest-Agder, 2015]. Det vert nytta eit føre-var prinsipp i analysen, ved at den høgaste verdien i intervallet vert lagt til grunn for risikoanalysen. Rapporten omtalar også at det kan vere usikkerheit knytt til særskilte lokale forhold som kan påverke bølgepåverkingar meir enn usikkerheitsintervallet tilseier. Dette går ikkje fram av tabellen. I risikomatrissa i tabell 4. ser vi at risiko er definert som konsekvens multiplisert med sannsynlegheit, og usikkerheit eller styrbarheit ikkje vert vurdert eller synleggjort. Her verkar det til at det er den klassiske tilnærminga til risiko som er brukt, med sannsynlegheit gonger konsekvens, sjølv om usikkerheit vert omtalt som ei problemstilling i rapporten. Usikkerheit og sårbarheit for konsekvensar blir indirekte omtalt slik: «Vannforskriften vil kunne styre hvor sårbar resipienten er og følgelig konsekvensene for denne ved utlekking. Utlekking fra deponier kan være miljøgifter, men også suspendert stoff og organisk materiale. Anbefalinger fra Miljødirektoratet og miljømål satt av kommuner vil også være faktorer som kan sette vilkår for vurdering av konsekvensene. Hvilket nivå de forskjellige konsekvensene ligger i, må være gjenstand for diskusjon. Det samme gjelder for vurdering av sannsynlighet». Det er viktig å ta med seg i konsekvensanalysen vi skal gjere, at endepunkta eller akseptable nivå i naturen av miljøgifter, kan endre seg over tid.

3.1.4. Risikoanalyse av jordras av ureina grunn i elva Göta (Göransson et. al 2009 og 2014)

Artikkelen utgitt i 2009 beskriv eit studie der forfattarane har kombinert risikoanalyse for jordras og miljørisikoanalyse av ureina lokaliteter som kan bli utsett for jordras. Studiet avslørte at den reelle risikoen kan vere høgare når ein kombinerer analysane enn kvar for seg. Noko som er ein illustrasjon

på at kunnskap frå ulike fagdisiplinar og myndighetsnivå ofte bør kombinerast for å få eit fullverdig analyse av risiko og eit fullgod basis for å ta avgjersler og risikohandtering [Göransson et. al 2009]. Artikkelen utgitt i 2014 beskriv ein probabilistisk metode for å berekne miljørisiko knytt til ras i ureina områder i tilknytning til vassdrag. Probabilistisk metode er ei form for konsekvensanalyse, pålitelegheitsanalyse eller sårbarhetsanalyse, som verkar å bli nytta bl.a. for geofarar. Studiet tek utgangspunkt i at eit jordras i eit ureina område har skjedd, og analyserer på kva konsekvensane vil bli, og kva som skal til av hendingar for at miljøstandarder i form av EQS (Environmental quality standard) verdier vert overskridne. Det går fram at forfattarane definerer risiko som kombinasjonen av sannsynlegheit for ei hending og dei uønskte konsekvensane av hendinga, eller $R=(c,P)$. Sannsynlegheit for jordras vert rekna ut på bakgrunn av ei rekkje parameter som har varierende grad av usikkerheit, gitt som min, max verdier, standardavvik, lognormal fordeling, og 95 % percentilar [Göransson et al. 2014]. Slik at usikkerheit vert teken omsyn til i utrekningane som ligg til grunn. Men, det står implisitt at det er ikkje teken omsyn til modellusikkerheit i det omtalte case-studiet. Forfattarane fann at samla sannsynlegheit for ras er låg, men dersom eit ras oppstår, er sannsynlegheit for konsekvensen overskriding at miljøstandardar i form av EQS høg. Samtidig er sannsynlegheit for at minst ein 10% auke i ureiningsbelastninga i løpet av eit år også er høg gitt at eit jordras har funne stad [Göransson et al. 2014].

3.2. Usikkerheit om korleis klimaet vil endre seg

Sjølv om det etter kvart er blitt rimeleg konsensus innan klimaforskinga om at klimaet vil endre seg, herskar det framleis stor usikkerheit rundt korleis klimaet vil endre seg, og kor raskt det vil skje og kva konsekvensar det vil gje. Klimaframskrivingar er absolutt ingen fasit og usikkerheit om vårt framtidige klima knyter seg til ei rekke forhold. Vi har ein naturleg klimavariasjon, som vert påverka av vulkanutbrot og endringar i solinnstråling. I tillegg kjem det menneskeskapte klimapådrivet i form av utslepp av klimagassar og partiklar og nedhogst av tre og endra arealbruk. Vi har framleis for lite kunnskap om korleis klimaet endrar seg, og klimamodellane er framleis mangelfulle [Klima i Norge 2100, NVE 2015]. Avhengig av kva utsleppsscenarioer som vert vald, klimamodellar og hydrologiske modellar som vert nytta, vil svaret variere. I følgje klimatilpasningsstrategien til NVE frå 2015, kan vi tru meir eller mindre på nokon av svara, men dei er i utgangspunktet alle like sannsynlege. *«Spesielt stor er usikkerheten knyttet til ekstremt i et endret klima. Jo mer lokalt og jo finere tidsoppløsning, jo større blir usikkerheten. Selv om variasjonen i resultatene kan være stor, vil vi for de fleste klimatiske og hydrologiske variabler, se i hvilken retning det går (økning, reduksjon eller ingen endring). I klimatilpasningsarbeidet er det viktig å finne metoder for hvordan man skal kunne foreta beslutninger under denne usikkerheten»*. I [Klima i Norge 2100], kan vi lese at klimaframskrivingar er usikre av fleire årsaker, og at usikkerheit er knytt til framtidige menneskeskapte utslepp, naturlege klimavariasjonar og modellar som vert bruk. Framtidige utsleppsscenarioer vert i klimaforskinga framstilt som 'Representative Concentration Pathways' (RCP). Som grunnlag for utrekningar av framtidige klimaendringar i Norge vert det nytta tre scenario: RCP2.6: lågt utslepp: stabile klimagassutslepp dei første åra; kraftig reduksjon frå 2020. RCP4.5: stabile/ svakt aukande utslepp til 2040; deretter reduserte utslepp. RCP8.5: høgt utslepp, med kontinuerleg vekst i klimagassutsleppa [Klima i Norge 2100]. Sjølv ved eit gitt RCP er det ikkje nok kunnskap til å seie korleis klimaet faktisk vil bli. Om klimaframskrivingar skal brukast i risikoanalysar anbefaler Klima i Norge 2100, at: *«I den grad de går inn i risikovurderinger (mål som kombinerer sannsynligheten og virkningen av en hendelse) vil det være naturlig å se de forskjellige framskrivningene i sammenheng med konsekvens for å gjøre seg opp et bilde av hva risikoen er. Stor risiko vil kunne inntreffe som en kombinasjon av middels konsekvenser, men stor sannsynlighet for at hendelsen skjer. Det er for eksempel stor*

sannsynlighet for at temperaturen vil stige mer enn med den lave framskrivningen. Stor risiko er det også ved en kombinasjon av svært store konsekvenser, men lav sannsynlighet for at hendelsen skjer (en høy framskrivning av en klimaforandring)».

Sjølv om vi har manglande kunnskap om klimaendringar er det likevel stor grad av einigheit om at vi til tross for stor usikkerheit veit nok til å måtte handle no [NVE, 2015].

3.3. Korleis gjennomføre ein risikoanalyse for auka ureining av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar?

Eg ynskjer å bruke eit utvida perspektiv på risiko i tråd med Aven, 2007 og Aven et. al 2008, der eg gjer vurderingar av usikkerheit, kunnskapsnivå og styrbarheit og gje anslag på sannsynlegheit for at lekkasje av miljøgifter frå ureina lokalitetar skal skje. Eg har teke utgangspunkt i dei risikoanalysane som er drøfta ovanfor, og det rammeverket som er gitt i rettleiarar for utføring av ROS analysar frå DSB, når eg under skisserer eit utkast til rammeverk for gjennomføring av risikoanalyse av utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar. Eg vil presisere at rammeverket ikkje er uttømmende på noverande tidspunkt, men er å sjå på som eit utkast som vil bli utbetra før risikoanalysen skal gjennomførast.

3.3.1. Utkast til rammeverk for risikoanalyse av utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar

1. Innhente informasjon og skildring av områder med ureina lokalitetar:

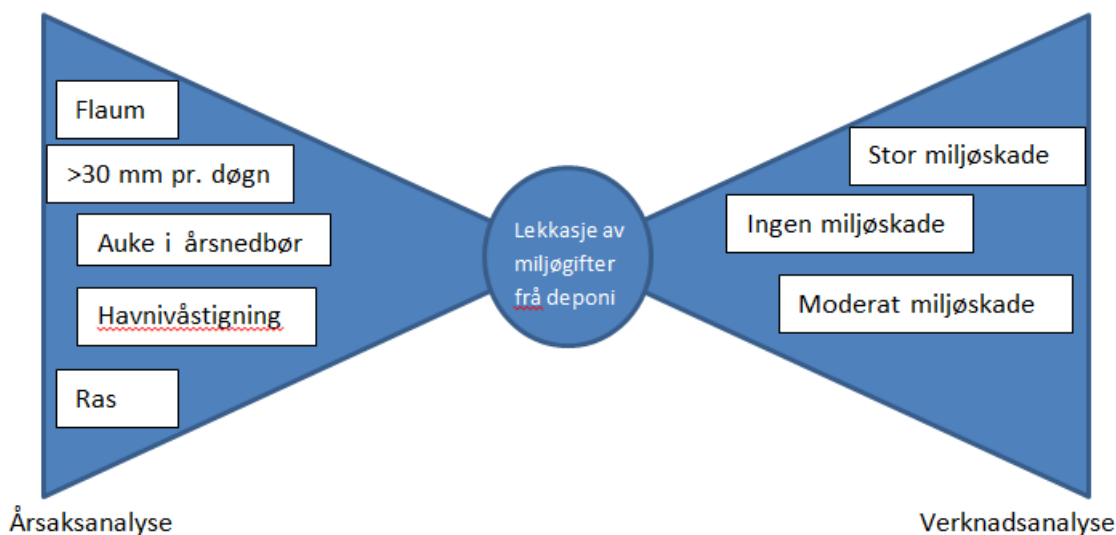
- Klimaframskrivingar og klimamodellar/klimaprofilar for aktuelt område, Norsk klimaservicesenter.
- Risiko og sårbarheitsanalyse for ureina lokalitetar, deponi og aktuelle kommunar
- Fylkes-ROS
- Farekart som flaumsonekart, skredfarekart, havnivåstigningskart frå NVE
- Granskingsrapportar etter større samanliknbare hendingar
- Innhente kunnskap om ureiningskjelder, resipientar, få oversikt over geologi, hydrologi for aktuelle område
- Grunnforurensningsdatabasen og andre databasar med informasjon om ureina lokaliteter.
- Innhente kunnskap frå fagpersonar og sakshandsamarar i kommunar, Fylkesmann og Fylkeskommunen
- Innhente kunnskap frå andre ekspertar, forskarar etc.

2. Gjennomføre risikoanalysen:

- Gjere analysen saman med fagpersonar hjå kommune, Fylkesmann og fylkeskommune.
- Sjå på «Utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitet X» som ei uønskt hending
- Kartleggje bakanforliggende årsaker - gjere ei årsaksanalyse (kva skal til for at «Utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitet X» skal skje?)
- Kartleggje moglege konsekvensar av «Utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitet X» - gjere ein konsekvensanalyse
- Kartleggje eksisterande tiltak
- Angje sannsynlegheit for at «Utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitet X» vil skje
- vurdere sårbarheit ved å kartlegge kva kritiske samfunnsfunksjonar som blir råka
- angje usikkerheit og styrbarheit i risikoanalysen

- foreslå tiltak for å redusere risiko og sårbarheit
- Lage eit risikobilde og risikomatrise

3.3.2. Foreløpig risikobilde: Bow tie diagram



Figur 3: Bow tie diagram av risikobildet i oppgåva

3.3.3. Diskusjon rundt årsaker til og konsekvensar av «Utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitet X»

Om ulike klimaendringar skal føre til lekkasje av miljøgifter frå ureina lokalitetar vil dette vere avhengig av ei rekkje føreliggjande parameter. Vi må gjennomføre ei årsaksanalyse. Påverknader eller føreliggjande årsaker må dei vere slik at dei påverkar vassbalanse og utvasking av forbindelsar frå avfallet og jordpartiklar. Alle forhold som vil medføre meir nedbør, flaum, jordras, havnivåstigning etc. vil kunne auke utvaskinga av miljøgifter. Skal utvasking av miljøgifter gje alvorlege konsekvensar, må lokaliteten innehalde store nok konsentrasjonar av miljøgifter til at miljøskade kan oppstå. Det er nærliggande å gå utfrå EQS verdiar for vasskonsentrasjon av miljøgifter eller ERA (environmental risk assessment) vurderingar, der toksikologiske parameter som PNEC (predicted no effect concentration) blir brukt for å vurdere alvorlegheitsgraden av konsekvensane.

Metodar vi kan nytte som årsaksanalyse og konsekvensanalyse er t.d. feiltreanalyse og hendelsestreanalyser. For å finne sannsynlegheiter for dei ulike årsaksfaktorane, må vi gå inn i ulike klimamodellar og utrekningar som er gjort. Det vil seie at vi må t.d. finne sannsynlegheiter (P) for: P(Ras), P(Havnivåstigning) P(Flaum), P(Nedbør) P(Kraftige Nedbørsperiodar). Mange av desse årsakene vil vere avhengig av kvarandre, slik at det ikkje er ein enkelt årsak som gjev ein konsekvens, men mange som kan spele saman. Det er mogleg at feiltreanalyser og hendelsestreanalyser kan vere mindre egna i dette tilfelle [Aven et. al 2008], og eg vil difor sjå meir i detalj på om Bayesianske nettverk kan vere betre egna til både årsaksanalyse og konsekvensanalyse.

Forhold som må vurderast i risikoanalysen er m.a. (lista er ikkje uttømmende):

Ureiningskjelde:

- A) Storleik, volum av ureina massar (liten, medim, stor)
- B) Type avfall/ureining/deponikategori (inert, ordinært eller farleg avfall)
- C) Lokalitetsvurderingar, jordtype, jordhelling, bindingsevne, spreivingsvurderingar/mobilitet av miljøgifter i massane
- D) Toksisitetsvurderingar (kor giftig er massane?) ERA, tox.testar – tilstandsklasse I-V
- E) Punktkilde, homogen eller heterogene massar?

Ureiningskontroll:

- F) Bunntetting (ja, nei)
- G) Tildekking (god, moderat, dårleg)
- H) Sigevannrensing (fordrøying/sedimentering, kjemisk reinsing, biologisk reinsing)
- I) Prøvetakingsprogram (ja, nei)

Klimapåverknader:

- J) Årleg nedbørmengde
- K) Flaumfare
- L) Frekvens av kraftig nedbørsperiodar
- M) Havnivåstigning (kor høgt over havnivå ligg den ureina lokaliteten)
- N) Rasfare i området der den ureina lokaliteten

Resipient:

- O) Kva type resipient? (elv, ferskvatn, fjord, sjø)
- P) Tersklar, spreivingsvurderingar i resipient
- Q) Miljørisikovurdering resipient (miljøtilstand god, moderat, dårleg – ureiningskategori)
- R) Sårbarheitsanalyse (sårbare organismar/røddlistearter/bruk av resipient etc)
- S) Avstand frå ureina lokalitet til resipient

3.4. Korleis handtere usikkerheit i risikoanalysen?

Usikkerheita i mange av parametrane (sjå liste ovanfor i 3.3.3) som vil kunne inngå i årsaksanalysen og konsekvensanalysen vil vere stor. Særskilt ved at klimamodellar og utrekningane som må liggje til grunn for sannsynlegheitsutrekning, er utleda for eit større geografisk område og vil ikkje vere finmaska nok til å kunne seie så mykje om sannsynlegheit for at mindre geografiske område vil påverkast slik eller slik av klimaendringane. Nokre parameter i 3.3.3. vil vera meir usikre enn andre, t.d. vil det for parameter G, avhengig av om det er etablert botntetting eller ikkje, ha stor betyding for lekkasje av miljøgifter ned i grunn og grunnvatn. Medan parameter E er meir usikker, fordi det må rimeleg mange jordprøvar og store kostnader til for å med sikkerheit kunne sei om ureininga er likt fordelt på området eller om det er konsentrasjonsforskjell i massane. Det å gjennomføre ei sensitivitetsanalyse vil kanskje vere hensiktsmessig, for å finne ut kva parameter som vil ha størst utslag på risikovurderinga i analysen.

For å vurdere om usikkerheit i risikoanalysen er liten, høg eller middels, kan vi ta utgangspunkt i [Abrahamsen et. al. 2013] «Rammeverk for verdisetting av samfunnsmessige konsekvenser av et akutt utslipp til sjø» som igjen baserer seg på [Flage og Aven, 2009]. Vi vil ha liten usikkerheit når alle vilkåra er tilstades: fenomenene som det vert sett på er godt forstått, modellane som vert brukt er kjent for å gje prediksjonar med nøyaktigheit, føresetningar som vert lagt til grunn synes rimelege, mykje

påliteleg data er tilgjengeleg, brei einigheit blant ekspertar og låg stokastisk usikkerheit. Høg usikkerheit er det når eit eller fleire av vilkåra er tilstades: fenomenen som vert studert er lite forstått, modellane som vert brukt er ikkje eksisterande eller er kjent for å gje dårlege prediksjonar, føresetningar som vert lagt til grunn representerer store forenklingar, data er ikkje tilgjengeleg eller er upålitelege, det er mangel på einigheit blant ekspertar. Middels usikkerheit: er det når vilkåra er i mellom lågt og høgt kunnskapsnivå [Flage og Aven, 2009, Abrahamsen et. al. 2013].

For vurdering av styrbarheit, og kontroll over usikkerheit kan vi også bruke kategoriane høg, middels og låg etter kriteriane som er gitt i [Flage og Aven, 2009, Abrahamsen et. al. 2013]. Høg styrbarheit er det når usikkerheit kan reduserast med to nivå ved innføring av tiltak som er kostnadseffektive, middels styrbarheit er det når usikkerheit kan reduserast med eit nivå ved innføring av tiltak som er kostnadseffektive og låg styrbarheit er det om usikkerheit ikkje kan reduserast med minst eit nivå ved innføring av kostnadseffektive tiltak.

4. Konklusjon

I denne oppgåva har eg drøfta det teoretiske grunnlaget for analyse av risiko og «state of the art» innan risikoanalyse av miljørisiko av klimarelaterte årsaker. På grunnlag av denne gjennomgangen har eg skissert eit utkast til rammeverk for å gjennomføre ei risikoanalyse av utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar, og korleis vi kan handtere og synleggjere usikkerheit og mangel på kunnskap om m.a. konsekvensar av klimaendringar i risikoanalysane.

Gjennomgangen av risikoanalyser for miljørisiko av klimarelaterte årsaker i oppgåva, viser at synet på risiko og handtering av usikkerheit er vektlagt noko ulikt. Men, det verkar til at det tradisjonelle synet på risiko, der risiko er gitt ved produktet av sannsynlegheit og konsekvens, er på vikande front. Den utvida risikoforståinga som vi finn i DSB sin rettleiar for heilheitleg ROS i kommunen frå 2014, som baserer seg m.a. på [Aven et. al 2008], vil bli lagt til grunn i gjennomføringa av risikoanalysen av utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitetar som følgje av klimaendringar.

Rådande prinsipp for miljøforvaltninga i Norge, er å føre ein miljøpolitikk som baserer seg på ei berekraftig utvikling av samfunnet. Ei berekraftig utvikling medfører at aktivitetar og konsekvensar av aktivitetar ikkje skal gå på kostnad av framtidige generasjonar sine levevilkår. Risikoanalyse kan vere eit godt verktøy for å skaffe eit grunnlag for å ta viktige avgjersler når det er høg grad av usikkerheit knytt til både føreliggjande årsaker til at vi får «Utlekking av miljøgifter frå ureina lokalitet X», og om kva som kan bli konsekvensane av dette.

5. Referanseliste

Abrahamsen, E.B., Wiencke, H.S., Kristensen, V., Årstad, I: Rammeverk for verdsetting av samfunnsmessige konsekvenser av et utslipp til sjø, Magma, 2013

Aven, Terje, Boyesen, Marit, Njå, Ove, Olsen, Kjell Harald, Sandve, Kjell: Samfunnssikkerhet, Universitetsforlaget 2004.

Aven, Terje, Røed, Willy, Wiencke, H. S.: Risikoanalyse, Universitetsforlaget 2008.

Aven, Terje: notat 2004.

<http://www.forskningsradet.no/csstorage/vedlegg/153536%20Grunnleggende%20om%20risiko2.pdf>

Aven, Terje: *Risikostyring*, Universitetsforlaget 2007.

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB): *Samfunnssikkerhet i arealplanlegging, kartlegging av risiko og sårbarhet, revidert utgave desember 2011*

<https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/risiko-sarbarhet-og-beredskap/pdf-er/samfunnssikkerhet-i-arealplanlegging.pdf>

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB): *Veileder til helhetlig ROS i kommunen, 2014.*

<https://www.dsb.no/lover/risiko-sarbarhet-og-beredskap/veileder/veileder-til-helhetlig-ros-i-kommunen/>

Flage, Roger og Aven, Terje: Expressing and communicating uncertainty in relation to quantitative risk analysis, *Reliability & Risk Analysis: theory and applications*, 2(13) part 1, vol 2. 2009.

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.568.7306&rep=rep1&type=pdf>

Fylkesmannen i Vest-Agder: Pilotprosjekt om klimatilpasning, Rapport 1, 2015.

<http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M469/M469.pdf>

Göransson, G., Bendz, D., Larson, P.M: *Combining landslide and contaminant risk: a preliminary assessment, J. Soils Sediments (2009)):33-45.*

Göransson. G., Norrman, J., Larson, M., Alèn, C. og Rosèn, L.: *A methodology for estimating risks associated with landslides of contaminated soil into rivers, Science of the total environment 472 (2014) 481-495.*

Klima i Norge 2100: Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning i Norge oppdatert i 2015, NCCS report no.2, 2015.

Norges vassdrags og energiverk (NVE): *NVEs klimatilpasningsstrategi 2015-2019, 2015.*

http://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_80.pdf

Norsk standard: *Risikostyring, prinsipper og retningslinjer, NS-ISO 31000:2009.*