

# Risikovurdering

18. juni 2013



## Indholdsfortegnelse

	Side
Er der behov for et paradigmeskift i risikovurdering over for grundvand? <i>Civilingeniør Niels Døssing Overheu, Orbicon A/S</i>	1
Udvikling af risikovurderinger gennem alle led fra V1 til afværge <i>Civilingeniør Susanne Linderoth, Region Syddanmark</i>	3
Miljøstyrelsens tanker om prioritering i forhold til grundvand og overfladevand <i>Civilingeniør Jens Aabling, Miljøstyrelsen</i>	5
Status for indeklimaprojekter i Region Midtjylland <i>Civilingeniør Børge Hvidberg, Region Midtjylland</i>	7
Nye metoder til risikovurdering af indeklima <i>Udviklingsleder Per Loll, DMR A/S</i>	9
Punktkilder, grundvand og klimaforandringer - erfaringer på risikovurderinger fra Region Midtjylland <i>Seniorrådgiver Rolf Johnsen, Region Midtjylland</i>	13
Klimaforandringers påvirkning af en forureningsfane fra Hørløkke Losseplads <i>Geolog Jørgen Fjeldsø Christensen, Region Syddanmark</i>	15
Til notater	17



## ER DER BEHOV FOR ET PARADIGMESKIFTE I RISIKOVURDERING OVER FOR GRUNDVAND?

Civilingeniør Niels Døssing Overheu, Orbicon A/S  
nido@orbicon.dk

### Baggrund

De danske regioner skal skarpt kunne prioritere hvilke jordforureninger, der skal oprensnes, i hvilket omfang de skal oprensnes og i hvilken rækkefølge. Miljøstyrelsens vejledning 6 foreskriver, at grundvandskvalitetskriterierne skal være overholdt i et kontrolpunkt 100 m eller 1 års transport nedstrøms kilden (Miljøstyrelsen 1998). I et teknologiudviklingsprojekt udført i 2011 (Miljøstyrelsen 2011) viste beregninger, at der oftest kræves meget store oprensningsgrader (>99 %) før dette kan overholdes. De meget høje oprensningsgrader for at overholde grundvandskriterierne betyder i praksis, at kun ganske få og aggressive teknikker såsom opgravning og termisk oprensning kan opfylde målene.

Så store oprensningsgrader medfører – såfremt det overhovedet er muligt at opnå teknisk – enorme udgifter til afværgeløsningerne, hvilket igen medfører, at der indenfor regionernes årlige budgetter kan håndteres et mindre antal sager. Opstilling af oprensningskriterier udfordrer således den nuværende placering af kontrolpunktet og medvirker til en diskussion af, hvordan vi får mest oprensning for pengene.

En given grundvandsressource er endvidere ofte truet af flere forskellige forureninger. Når disse skal prioriteres og oprensnes er det således afgørende, at der skabes overblik over både de store trusler, og hvordan de kumulative effekter af mindre trusler påvirker grundvandskvaliteten. Hvis der ikke i videst muligt omfang etableres dette vigtige overblik over det samlede risikobillede for grundvandsressourcen, risikerer man, at investeringerne i dyre oprensningprojekter ikke har den ønskede effekt.

### Formål

Indlægget er et diskussionsindlæg og et "kig fra helikopteren". Vi vil starte med at opridsse det gældende grundlag for risikovurdering og afværge og de udfordringer, der ligger heri, i form af dels meget lange tidshorisonter for at komme i mål med indsatsen og dels en tendens til uigennemsigthed i den reelle miljøeffekt, hvis hver sag betragtes isoleret.

Vi vil herefter diskutere, om der er behov for et paradigmeskifte i måden hvorpå vi udfører risikovurdering og formulerer målsætninger for afværge. Vi vil forsøge at tegne et vejkort mod mere målrettet risikobaseret afværge, hvor der i højere grad er fokus på, hvor store mængder grundvand, der reddes for de afsatte midler.

Med udgangspunkt i de seneste års forskning og udviklingsarbejde vil vi forsøge at identificere både eksisterende og ønskværdige byggesten til en sådan vej, herunder forskellige beregnings- og overbliksværktøjer.

Vi vil også diskutere de store og små huller vi forudser på en sådan vej, i form af blandt andet administrative og metodetekniske udfordringer.

## **Referencer**

Miljøstyrelsen 1998. Oprydning på forurenede lokaliteter, hovedbind og appendiks. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 6, 1998.

Miljøstyrelsen 2011. Fastlæggelse af oprensningskriterier for grundvandstruende forurenninger. Miljøprojekt nr. 1376, 2011. Overheu, N.D., Tuxen, N., Thomsen, N.I., Binning, P.J., Bjerg, P.L. og Skou, H., <http://www.mst.dk/Publikationer/Publikationer/2011/11/978-87-92779-20-5.htm>

## UDVIKLING AF RISIKOVURDERINGER GENNEM ALLE LED FRA V1 TIL AFVÆRGE

Projektleder, civilingeniør, Susanne Linderoth,,Region Syddanmark, Miljø og Råstoffer  
susanne.linderoth@rsyd.dk

### Baggrund og formål

Risikovurdering kan betragtes som kernen i arbejdet med jord og grundvandsforurening. Fokus på risikovurdering er således ikke noget nyt, men i Region Syddanmark vil vi gerne arbejde med risikovurdering på en anden måde i administrationen end hidtil.

I regionernes arbejde med at administrere Lov om forurenede jord indgår mange forskellige arbejdsprocesser og en lokalitet bliver udsat for mange tiltag på vejen gennem regionens "fødekæde":

Indsamling af historik  $\implies$  V1-kortlægning  $\implies$  Undersøgelse  $\implies$  V2-kortlægning  
 $\implies$  Undersøgelser  $\implies$  Afværge  $\implies$  Drift og monitorering

På vejen gennem denne "fødekæde" i regionen træffes afgørelser og beslutninger, der afgør lokalitetens skæbne. Hver beslutning træffes på baggrund af en risikovurdering baseret på meget forskelligt datagrundlag afhængig af placering i fødekæden! Risikovurderingen er således afgørende på hvert led hele vejen gennem fødekæden.

Der fokuseres ofte på risikovurderingen i lige netop det enkelte led. I Region Syddanmark opstod der et ønske om at se på risikovurderingen i helhed hele vejen gennem fødekæden – er der mulighed for at blive skarpere i vores risikovurderinger og derved også få sorteret de "ikke væsentlige" forureninger fra tidligere i fødekæden?

### Projektet

Der blev nedsat en projektgruppe med deltagere fra de sagsbehandlende teams i afdelingen. Der blev lavet en projektplan og projektet er pt. midt i idé- og udviklingsfasen. Herunder ses nogle af de mange problemstillinger vi arbejder med – og som vi ikke har alle svarene på endnu :

- Hvordan risikovurderer vi idag på de enkelte led gennem fødekæden?
- Hvordan bliver vi bedre til at inddrage ny viden om risikovurderinger og altid være opdateret mht. Ny viden?
- Hvordan optimerer vi anvendelsen af risikovurderingsværktøjer og modeller ?
- Kan vi optimere risikovurderingerne ved at arbejde mere bevidst med usikkerhederne ?
- Hvad vil fokus på usikkerheder betyde for risikovurderingerne? – bliver vi mere forsigtige ?
- Hvor er de væsentligste usikkerhedsfaktorer i forhold til vores risikovurderinger i hvert led i fødekæden?

- Skal vi være mere risikovillige i vores risikovurderinger – hvilket niveau er acceptabelt ?
- Skal fluxbetragtninger indgå i risikovurderinger i større omfang end tidligere ?
- Hvordan forbedrer vi den interne videndeling og feedback ?
- Hvordan skaber vi en fælles bevidsthed i afdelingen om vigtigheden af risikovurderingerne på de enkelte led i fødekæden.

Udpluk af et par leverancer :

- Procedurer og instrukser om udførelse af risikovurdering til KS-systemet.
- Procedure for hvordan vi sikrer en fortsat udvikling og optimering af risikovurderinger i afdelingen efter projektets afslutning.

Hele projektet kræver medejerskab og god opbakning fra hele afdelingen. Det er afgørende for, at resultaterne bliver brugt i den daglige drift efterfølgende. Vi arbejder med inddragelse i form af deltagelse og høringer af ideer på teammøder, information på afdelingsmøder, og senest har vi afholdt en workshop med stor deltagelse fra alle de sagsbehandlende teams. Vi forsøger hele tiden at have fokus på, at vores leverancer skal bruges i dagligdagen og skal afspejle ønsker og behov hos de enkelte teams.

### **Det videre forløb**

Projektet er midt i udviklingsfasen og ser frem til et intenst efterår med projektafslutning ved årets afslutning. Der har været afprøvning af forskellige idéer undervejs, men vi er langt fra at have alle svarene endnu. Arbejdet i efteråret vil indebære tæt samarbejde og inddragelse af de enkelte teams.

## MILJØSTYRELSENS TANKER OM PRIORITERING I FORHOLD TIL GRUNDVAND OG OVERFLADEVAND

Civilingeniør Jens Aabling, Miljøstyrelsen  
jeaab@mst.dk

### Overfladevand.

Det netop vedtaget lovforslag (lov om forurenede jord) giver regionerne en pligt til at identificere de arealer, hvor der findes jordforurening, der kan have skadelig virkning på overfladevand eller natur. Identifikationen skal ske med afsæt i kortlægningsviden på vidensniveau 1 eller vidensniveau 2 og skal gennemføres inden for en 5-årig periode fra 2014 frem til og med 2018.

Resultatet af identifikationen skal sammen med øvrige data om overfladevandstruende aktiviteter vurderes af vandmyndigheden i de såkaldte basisanalyser. Udfaldet vil udgøre grundlaget for vandplanerne for 2021 (3. vandplansperiode).

Til brug for identifikationen er Miljøstyrelsen i gang med at udvikle et risikoværktøj til regionerne. Værktøjet skal kunne screene de allerede kendte jordforureninger (ca. 30.000) og de nye, der kommer til indenfor perioden (ca. 5-10.000). Værktøjet vil indeholde kriterier for kemiske stoffer, der kendes fra de mange jordforureningssager, afstandsgrænser mellem jordforureningerne og overfladevand begrundet i udbredelsen af typiske forureningsfaner, samt fortyndingsforhold i de forskellige overfladevandsområder inden for blandingszoner (bekendtgørelse nr. 1022 af den 31. august 2010 om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet).

Det skønnes, at screeningen vil give en udpegning af i størrelsesordenen 200-500 potentielt overfladevandstruende jordforureninger. Heraf vurderes der at være omkring 60-70 jordforureninger ud af de 200-500, der har skadelig virkning på overfladevand. Opgaven er på forhånd vurderet lille ud fra erfaringerne fra den hidtidige jordforureningsindsats. Den store udfordring er at udpege de få rigtige trusler.

Indlægget vil komme ind på screeningsværktøjets elementer og anvendelse.

### Grundvand.

Hvis nedenstående bliver jordforureningsbranchens fælles motto, hvilke initiativer skulle så igangsættes for at nå målet og for at gøre os konkurrencedygtige ift. de mange andre miljøindsatser, der i dag er i spil?

Der gives eksempler på initiativer, målet forsøges koblet til vandplanerne og der inviteres til samarbejde.

*"Lad os sammen inden for de næste år forbedre indsatsen mod de grundvandstruende jordforureninger, så vi bliver tydeligere i vores risikovurderinger og prioriterer og redder grundvandet bedre for de samme penge. Arbejdet vil give liv til en vejledning for grundvandstruende forureninger", der indeholder målrettet risikovurderingsprincipper og fremgangsmåder for en risikobaseret prioritering af de forureninger, der skader vores drikkevandsområder."*





## STATUS FOR INDEKLIMAPROJEKTER I REGION MIDTJYLLAND

Civilingeniør Børge Hvidberg, Region Midtjylland, Miljø  
boehvi@rm.dk

### Baggrund og formål

Risikovurderinger for indeklimapåvirkning fra en underliggende jordforurening baseres primært på indeklimamålinger. Flere amerikanske undersøgelser viser imidlertid at der kan være store tidlige variationer i resultater fra indeklimamålinger, op til en faktor 100. Indeklimamålinger kan desuden være påvirket af andre forureningskilder i boligen eller fra et baggrunds niveau i udeluften. Risikovurdering for indeklima kan derfor ikke alene baseres på én målerunde med et begrænset antal indeklima-målepunkter.

### Metode, teknik

Ved risikovurdering for indeklimapåvirkning fra en jordforurening er det derfor vigtigt at se på hele forureningsammenhængen. Ved udarbejdelse af en konceptuel model kan det (oftest) eftervises om der er en rimelig sammenhæng mellem forureningsniveauer i jord, grundvand, poreluft under gulv og indeklima, sammenholdt med de formodede spredningsveje. Det er samtidigt nødvendigt med flere målepunkter i hver bolig, og , hvis der er påvirkning af indeklimaet, er der behov for flere målerunder over en længere tidsperiode.

### Resultater og perspektivering

I Region Midtjylland har vi i de senere år set en del sager hvor kloakledninger/faldstammer var de primære spredningsveje for indeklimapåvirkning.

Indeklimamålinger foretages oftest over en 14 dages periode med passiv opsamling, hvorved de daglige variationer udjævnes. Indeklimamålinger bør ikke foretages i sommerperioden, idet forureningskoncentrationen i indeklimaet vil være lav, bl.a. på grund af mindre skorsten-seffekt og større luftskifte.

Vi har set tidlige variationer i indeklimamålinger op til en faktor 10, men oftest ses relativ beskedne variationer, indenfor en faktor 1,5-5.

I Region Midtjylland anbefaler vi at der foretages minimum 2-3 indeklimamålinger på hver etage, i perioden september – april, samt 1 udeluftmåling.

Hvis alle indeklimamålinger er mindre end 1/10 af afdampningskriteriet og der er sammenhæng med det generelle forureningsbilled, kan en risikovurdering baseres på én målerunde. Ellers skal der gennemføres mindst 2 målerunder, med mindst 1 måned mellem målingerne.

Vi arbejder fortsat med erfaringsopsamling og vidensindsamling om risikovurdering for indeklimapåvirkning fra jordforurening, og ovennævnte anbefalinger kan meget vel blive revideret.



## NYE METODER TIL RISIKOVURDERING AF INDEKLIMA

Udviklingsleder, Ph.D. Per Loll, Dansk Miljørådgivning A/S  
pl@dmr.dk

### Baggrund og formål

DMR har gennem de seneste 4-5 år været involveret i en række projekter, der - som overordnet sigte - har haft til formål at øge forståelsen for problematikker, og lette opgaveløsningen, indenfor problemkomplekset "Risikovurdering for indeklimaet som følge af jordforurening".

Gennem indlægget gives et overblik over nogle af tendenserne og noget af den nye viden, der er opnået indenfor emnet indenfor de sidste 5 år – set fra foredragsholderens synspunkt. På indeklimaområdet er der måske ikke så meget tale om et "Paradigmeskifte", som der er på grundvandsområdet, med der er bestemt sket større og mindre landvindinger siden udgivelsen af Poreluftprojektet fra Fyns Amt i 2005.

### Metode

Med udgangspunkt i en overordnet konceptuel forståelse af "vapor intrusion" (= indtrængning af forureningsstoffer fra poreluften til indeklimaet) tænkes forskellige tendenser fremdraget via en gennemgang af temaerne:

- 1) Lokalisering af kilde og karakterisering af poreluftforurening
- 2) Vurdering af indtrængning og byggetekniske forhold, samt
- 3) Kvantificering af indeklimabidraget.

### Resultater

Der tages primært udgangspunkt i resultaterne fra projekter som DMR har været direkte eller indirekte involveret i indenfor de seneste 4-5 år, men der suppleres også med andre publicerede resultater, med neddyk indenfor emner som:

- Kendte direkte spredningsveje fra poreluft til indeklima.
- Reduktionsfaktorer over betongulve og etageadskillelser, forventelige størrelser og hvordan kan de måles?
- Interne bidrag - problemkomponenter og størrelser.
- Hvordan adskiller flygtige kulbrinter sig fra chlorerede opløsningsmidler?
- Fornuftige måleprogrammer/-strategier

Til slut forsøges resultaterne perspektiveret i forhold til vores mekanistiske hang til at gå i større og større detaljeringsgrad, for er det altid hensigtsmæssigt, eller kan det somme tider være formålstjeneligt, at gå den anden vej?



## **PUNKTKILDER, GRUNDVAND OG KLIMAFORANDRINGER - ERFARINGER FRA RISIKOVURDERINGER I REGION MIDTJYLLAND**

Chefkonsulent Rolf Johnsen, Region Midtjylland  
rolf.johnsen@ru.rm.dk

### **Baggrund og formål**

Punktkildernes placering i forhold til kyst og overfladevand, samt lokale geologiske forhold er betydende for hvor stor påvirkning de klimabetingede ændringer får i forhold til udvaskningen.

Med udgangspunkt i resultater fra Projekterne KIMONO og CLIWAT vurderes de ændrede risikoforhold som følge af klimaforandringer på eksisterende punktkildeforureninger. De udvalgte forureninger er beliggende ved Aarhus Å (Eskelund Losseplads) og Horsens havn (tidligere Horsens Gasværk og Collstrup).

### **Metode, teknik**

#### *Eskelund:*

Der er opstillet en geologisk model (I Geoscene), som danner grundlag for en hydrologisk model opstillet i HGS (HydroGeoSphere). Modellens hovedformål er at forstå strømningsforholdene på og omkring Eskelund losseplads. Endvidere var formålet med modelopstillingen at vurdere risikoen for påvirkning af nærliggende vandforsyningsboringer, samt den nærliggende Aarhus å i et nuværende og fremtidigt klima. Modellen er understøttet af en række historiske og til formålet indhentede data, herunder boringer, geofysiske undersøgelser med IP og PACES, kemiske analyser, samt prøvepumpning. Denne dataindsamling har forbedret grundlaget for modelopsætningen.

#### *Horsens (Collstrup og Gasværk)*

Der er opstillet en geologisk model i Leapfrog med særligt fokus på de øverste 10 meter af lagserien i Horsens. Denne model er anvendt som baggrund for en detaljeret neded grundvandsmodel i det centrale Horsens. Randbetingelserne er givet ved en regional model for Bygholm ås opland.

Ved det tidligere gasværk og Collstrup er der udført en række boringer, som belyser forureningsforholdene på pladserne næsten 20 år efter de oprindelige undersøgelser er blevet udført. Boringerne er udført ned til 10 meter under terræn, og der er udtaget kemiske analyser for en bred række af stoffer, herunder tjærekomponenter som er anvendt på lokaliteterne. Modellen er efterfølgende anvendt til at fremskrive forureningspåvirkningen af systemet ved et nuværende og fremtidigt klima.

### **Resultater**

#### *Eskelund:*

Modelberegningerne ved Eskelund losseplads viste at det eksisterende afværganlæg ikke havde den ønskede effekt i forhold til begrænse udvaskningen fra lossepladsen. Samtidig viste undersøgelserne at risikoen for den nærliggende vandforsyning (Stautrup) er begrænset. Yderligere kan det konkluderes, at udvaskningen fra pladsen imod grundvandsystemet ikke er særlig følsom overfor klimaforandringer, ændrede nedbørsmønstre og havniveaustig-

ninger. Dette er, fordi Aarhus å er beliggende tæt ved lossepladsen og afdræner overskydende vand.

Det vurderes, at ændringer i indvindingsmængder kan udgøre en større effekt end de forventede klimaforandringer. Det eksisterende afværganlæg er indstillet, og der er iværksat yderligere undersøgelser til belysning af de geologiske og hydrologiske forhold imellem lossepladsen og indvindingsboringerne ved Stautrup.

#### *Horsens (Collstrup og Gasværk):*

En indledende risikovurdering i forhold til fjorden er foretaget ud fra en kombination af fluxbetragtninger fra modellen, tidevandspåvirkninger og opblanding, samt koncentrationer i punktkilderne og tilknyttede faner ved fjorden. Den grundvandsbårne forurening er vurderet til at udgøre omkring 50 % af tålegrænsen for tjærekomponenten Xylenol. Denne vurdering er dog omfattet af en væsentlig usikkerhed, som skal tages med i betragtning, og det vil derfor være hensigtsmæssigt med målinger i fjorden til belysning af den reelle koncentration. Ændringer i øgede mængder nedbør betyder isoleret set, at forureningsudvaskningen fra punktkilderne øges. Det ændrede havspejl betyder isoleret set, at udvaskningen fra pladsen falder, da trykniveauforskellen reduceres ved et øget havniveau. Ved en sammenstilling af ændret havniveau og det ændrede nedbørsmønster er den resulterende effekt af klimaforandringerne lokalt ved Gasværket og Collstrup, at udvaskningen fra pladserne er lidt mindre.

#### **Konklusion og perspektivering**

To uafhængige cases har vist, at grundvandsmodeller er stærke værktøjer til kvantificering af klimapåvirkningernes effekt på udvaskning fra punktkilder. Konklusionen er, at hydrogeologiske forhold har en stor påvirkning på udvaskningen, og at man ikke ensidigt kan konkludere, at øgede mængder af nedbør betyder øget udvaskning og øget risiko for grundvandsforurening. Påvirkningerne i forhold til ændrede udvaskninger fra punktkilderne, som konsekvens af klimaforandringer, har i de to opstillede cases været relativt små. Der kan være situationer, hvor påvirkningerne er større, men det kræver en konkret vurdering.

Man kan derfor ikke lave en entydig generel konklusion ud fra de to cases. Der er brug for en gennemgang af et større antal punktkilder og dertil udarbejdelse af typologier ud fra forureningssammensætning, hydrogeologiske forhold og forståelse af sammenhængende ved ændringer af systemet.

Det er desuden vigtigt at bemærke, at der kan være andre elementer, så som ændrede vandindvindingsforhold, som kan have større påvirkning på risikovurderingen end de klimagenerede effekter.

#### **Litteraturhenvi**

Region Midtjylland og CLIWAT gruppen, 2011. Groundwater in a Future Climate.  
[www.cliwat.eu](http://www.cliwat.eu).

Miljøministeriet, 2013. KIMONO. Koncept for integreret vurdering og styring af risikoen for klimagenerede grundvandsoversvømmelser af punktkildeforureninger i Kystzonen. ISBN. 978-87-7279-630-7

## **KLIMAFORANDRINGERS PÅVIRKNING AF EN FORURENINGSFANE FRA HØRLØKKE LOSSEPLADS**

Geolog Jørgen Fjeldsø Christensen, Region Syddanmark  
Joergen.f.christensen@rsyd.dk

Hørløkke losseplads er beliggende på en smeltevandsslette vest for Vojens. Lossepladsen dækker et areal på 12.000 m<sup>2</sup>, og i perioden fra 1968 til 1971 er der på lossepladsen deponeret omkring 65.000m<sup>3</sup> husholdningsaffald og industriaffald. Affaldet er deponeret direkte på den oprindelige jordoverflade med en maxima fyldhøjde på 5 til 6 meter. Der er ikke under lossepladsen etableret nogen form for perkolatopsamling.

For at undersøge udvaskningen fra lossepladsen er der etableret mere end 20 dybe borerer nedstrøms pladsen. Boringerne er hver udstyret med 4-6 filtre, som er placeret over en dybde fra 20 til 70 meter under terræn. Grundvandsprøver fra de filtersatte borerer er blevet analyseret, og analyserne viser, at udvaskningen fra lossepladsen har medført en 500 meter lang forureningsfane med chlorerede opløsningsmidler, som strømmer mod vest. 180 meter nedstrøms lossepladsen er der 43-55 meter under terræn fundet koncentrationer af klorerede opløsningsmidler på mere end 4.000 ug/l (sum af chlorerede komponenter).

I forbindelse med det EU-finansierede CLIWAT-projekt har Region Syddanmark ønsket, at undersøge hvordan fremtidens klimaforandringer vil påvirke forureningsfanen fra Hørløkke losseplads. I den forbindelse er der opstillet en model med henblik på, at simulere forureningsfanens udvikling i to fremtidige klimascenarier (IPCC A2 og B2 scenarierne).

Et af formålene med undersøgelsen har været, at se om fremtidens klimaforandringer vil ændre risikobilledet af forureningen fra lossepladsen.

En semi-regional geologisk model er opstillet i MikeGeoModel på baggrund af mere end 1000 borerer fra jupiter-databasen og tilgængelige geofysiske data (SKY-TEM, helikopter EM, PACES og MEP). Den geologiske model viser, at de øverste ca. 30 meter af lagserien overvejende består af smeltevandssand, med mindre indslag af moræneler i visse dele af området. Under de kvartære smeltevandsaflejringer findes en sekvens af ungtertiære aflejringer, bestående af vekslende lag af marint sand og ler. De ungtertiære sedimenter findes til en dybde på op mod 200 meter under terræn.

Den geologiske model danner således grundlag for en 3D dynamisk model opstillet i Hydro-GeoSphere, som omfatter de relevante strømnings- transport- og nedbrydningsprocesser. Modellen er kalibreret i forhold til observerede grundvandsspejl og stofkoncentration i forureningsfanen over en periode fra 1980 til 2010, mens klimacenario-beregningerne er udført for en periode fra 2040 til 2100.

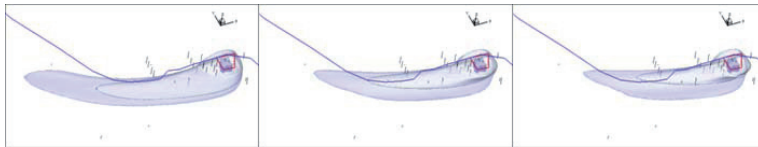
Modelberegningerne viser som forventet, at udvaskningen fra lossepladsen øges, og at grundvandsspejlet stiger i et fremtidigt klima med mere nedbør. Derimod giver den øgede udvaskning ikke som forventet anledning til en ekspansion af forureningsfanen. En bæk tæt ved lossepladsen viser sig, at fungere som dræn for grundvandsmagasinet når grundvandet stiger. Den overraskende effekt af den forøgede dræning er, at en betydelig del af den dybt-



liggende forureningsfane vil blive 'trukket' op i vandløbet af grundvandsstrømningen mod bækken, og fanen vil derfor blive fikseret under bækken. Samtidig vil udstrækningen af fanen blive reduceret på grund af den forøgede grundvandsdræning (se figur 1). Modellen viser endvidere, at den tidlige variation i grundvandsdannelsen medfører ændringer i grundvandsstrømningen mod vandløbet, således at forureningsfanen får en tidlig varierende position. Endelig viser modellen, at grundvandsskellet flytter mod øst i tørre år med lav grundvandsstand, mens det i perioder med et højt grundvandsspejl rykker mod vest, sandsynligvis til en placering umiddelbart øst for lossepladsen.

Selv med de forholdsvis simple magasinforhold, som er gældende ved lossepladsen, har en model været nødvendig for at belyse de hydrauliske forhold og mekanismer, som er styrende for forureningsspredningen i et fremtidigt klima med mere nedbør.

Normalt klima      Klimascenarie A2      Klimascenarie B2



Figur 1. Forureningsfanens udvikling efter 90 år med normalt klima, men klimascenarie A2 og B2.

**Notater**


**Notater**


**Notater**


**Notater**
