

Foto: Colourbox



# Klimarobuste risikovurderinger af jordforureninger



Region Syddanmark

REGION  
SJÆLLAND



*-vi er til for dig*

# Klimaet kan ændre risikoen

Klimatiske forhold har potentiale til at flytte forureninger i jorden og grundvandet.

Fremtidens klimaændringer forventer vi giver flere oversvømmelser og højere grundvandsstand.

For de ca. 32.000 kortlagte grunde med jordforurening i Danmark kan det betyde, at forureningen i jord og grundvand vil fordele sig på en anden måde og over større områder end i dag.

Skal de kommende klimaforandringer ændre på de risikovurderinger, som vi udfører i dag?

Og hvordan kan vi udpege de grunde, hvor klimaforandringerne kan betyde en større risiko f.eks. en øget

udsivning af forurening til et vandløb eller en øget spredning til grundvandet. De spørgsmål er søgt besvaret i dette forprojekt.

Formålet med projektet har været at skabe et overblik over emnet og samtidig udvikle en metode til at spore jordforureninger, som kan være følsomme over for klimaændringer.

Så for første gang er der udviklet og afprøvet en metode til at udpege de jordforureninger, hvor risikoen i fremtiden kan blive større.

I denne pjece får du en appetitvækker til projektet, som er afrapporteret i en hovedrapport af Naturstyrelsen.



Danmarkskort over de forurenede grunde, der er med i projektet. Rød er ringe robusthed, gul er mellem robusthed og grøn er god robusthed af risikovurderingen over for klimaændringer.

## Hvor kan resultaterne bruges?

### Planlægning

Regionerne kan udpege forurenede grunde, hvor den nuværende vurderede risiko vil blive påvirket af det fremtidige klima.

Kommunerne kan anvende denne viden i forhold til deres klimatilpasningsplaner og indsatsplaner over for grundvandet.

### Prioritering

Regionerne kan prioritere kortlagte grunde i forhold til om det fremtidige klima vil medføre en større risiko på grunden.

### Drift

Nuværende afværgeanlæg med længere driftsperioder kan revurderes ved at tage højde for fremtidige klimaeffekter, og driften kan planlægges i forhold til dette.

### Anlæg

Nye afværgeanlæg kan placeres og dimensioneres, så de tager højde for fremtidige oversvømmelser eller andre klimaeffekter.



# Fra overblikket til detaljen

Der er ca. 32.000 kortlagte forurenede grunde i Danmark, der hver har deres lokale forhold som påvirkes af klimaændringerne, f.eks. øget nedbør, større afstrømning og hævet grundvandsspejl.

Derfor har projektet bestået af 2 trin:

1. Indsamling af landsdækkende data for klima, jordforurening, geologiske og hydrogeologiske forhold. Data giver et samlet billede af de ændringer, som klimaændringerne vil medføre på en jordforurening.

Det er lykkedes i projektet at opstille en operationel metode med afsæt i data for trin 1, til at udføre en vurdering af robustheden af en risikovurdering.

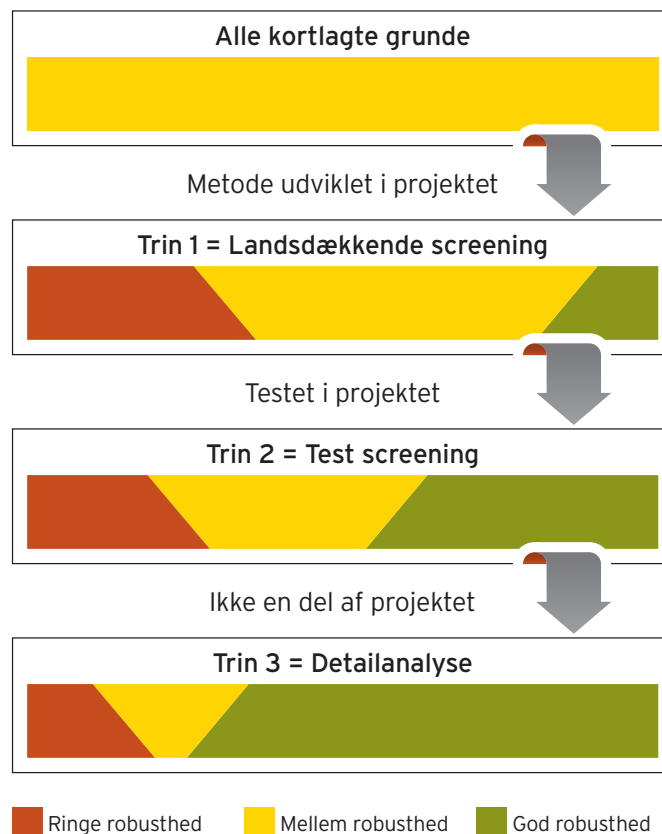
2. Test-screeninger med indsamling og tolkning af specifikke lokale data om den kortlagte grund, som skal sammenlignes med data anvendt i den landsdækkende screening.

Vurderingen af robustheden kan yderligere verificeres på et 3. trin, hvor der skal inddrages yderligere lokale data om f.eks. Geologiske og hydrageologiske forhold. Trin 3 er ikke udført i dette projekt.

Figuren viser princippet i de 3 trin, hvor farverne indikerer at risikoen ved en jordforurening har en ringe (rød), mellem (gul) eller god (grøn) robusthed overfor klimaændringer. En ringe robusthed af risikovurderingen over for klimaændringer betyder, at risikoen kan være større i fremtiden end hidtil antaget.

Indledningsvis er det antaget, at alle risikovurderinger for samtlige kortlagte grunde har en mellem robusthed (gul).

I den trinvis tilgang bliver analysen mere og mere detaljeret. Det betyder, at robustheden af risikovurderingerne bliver kategoriseret mere præcist med en ringe, mellem eller god robusthed. Dette er forklaringen på at farvefordelingen i figuren ændrer sig trin for trin.



## Valg af forurenede grunde

Projektet omfatter grunde, som er kortlagt på det som jordforureningsloven kalder vidensniveau 1 (V1) og/eller vidensniveau 2 (V2). Det er groft sagt en inddeling i mulige og konstaterede forureninger.

I projektet er der fokuseret på kortlagte grunde, hvor der er vurderet en potentiel risiko over for grundvand og/eller overfladevand. Forurenede grunde, hvor forureningen udgør en risiko ved direkte kontakt eller i indeklimaet, er ikke en del af projektet.

# Metoden

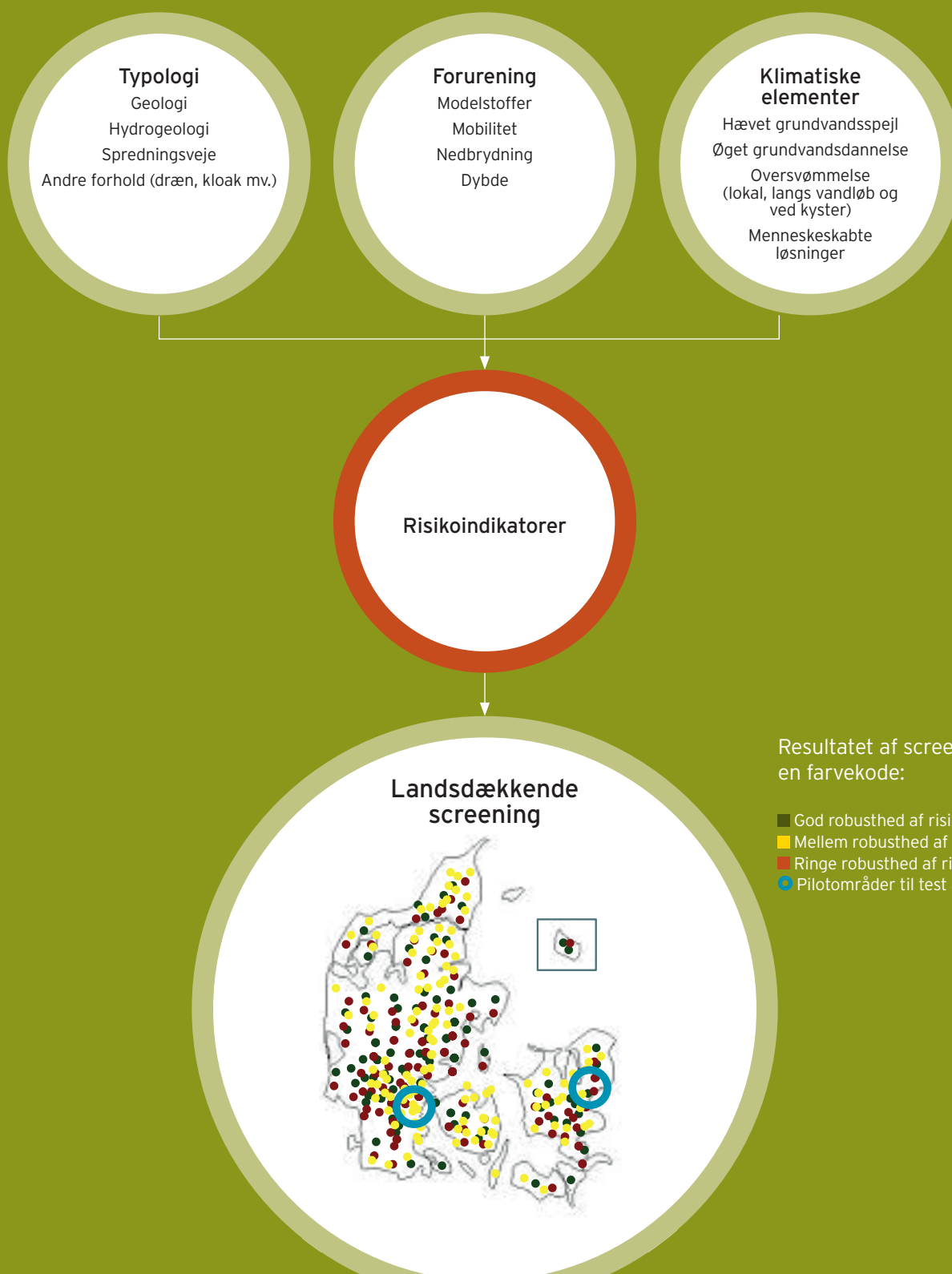
Nedenfor ses det overordnede princip for metoden til at kategorisere om der er risiko for, at en jordforurening vil ændre sig ved ændringer i klimaet.

Cirklen "typologi" inddeler de forurenede grunde i kategorier ud fra jordart, grundvandsforhold og forureningens spredning.

Cirklen "forurening" omfatter de kemiske stoffer, som jordforureningerne består af og stoffernes opførsel i jorden.

Cirklen "klimatiske elementer" er de fremtidige klimapåvirkninger, der forventes at påvirke jordforureningerne.

Disse 3 cirkler bliver tilsammen til en række risikoindikatorer i den røde cirkel, der så igen kan bruges til den landsdækkende screening i sidste cirkel.





# Typologi - vandets veje i jorden

Jordens lagdeling har betydning for, hvordan vand transporteres gennem jorden.

Jordlagenes opbygning og sammenhæng er forskelligt fordelt i Danmark. I Østjylland, på Sjælland og de øvrige øer er jorden leret, hvorimod den i Vestjylland generelt er sandet. Derfor vil klimaændringernes øgede nedbør og oversvømmelser give forskellig nedsivning gennem de forskellige jordlag.

Det nedsivende vand på en forurenet grund kan spredes uheldigt ved den øgede nedbør eller ved oversvømmelser. Det betyder øget spredning af forureningen med vandet til fare for grundvand og overfladevand.

Forureningen kan f.eks. spredes via drænrør, grøfter og kloakker til grundvand og/eller overfladevand som vandløb og søer. Forureningen kan også nedsive til dybereliggende grundvand og transporteres til en indvindingsboring.

## Jordlagene

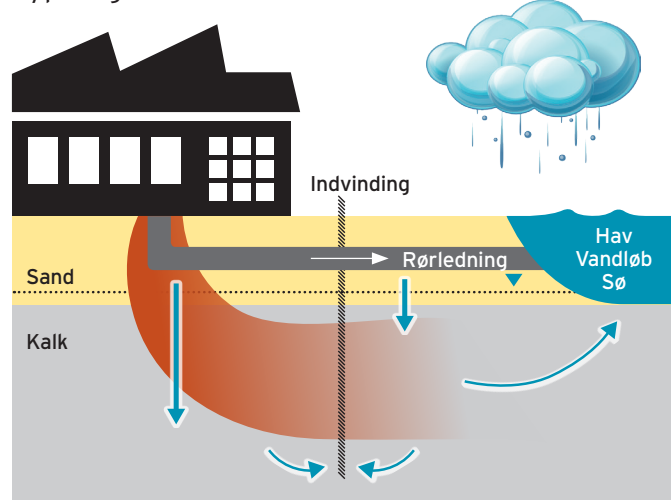
I projektet er undergrunden inddelt i 3 simple lagdelinger (typologier), som anses for at gælde generelt i Danmark, og som giver forskellig forureningsspredning ved klimaændringer.

Typologierne er illustrerede i figurerne til højre og repræsenterer henholdsvis:

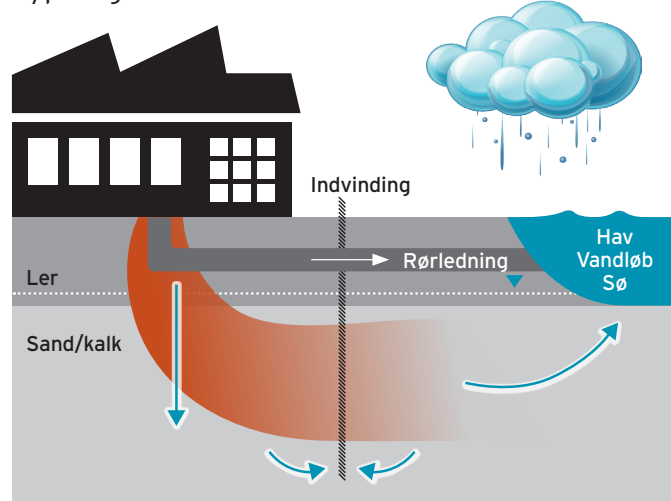
- 1) Sand- og kalkmagasin uden dæklag med indvinding fra forskellige dybder
- 2) Kalk- eller sandmagasin overlejret af opsprækket moræneler af varierende lagtykkelse
- 3) Kalk- eller sandmagasin overlejret af opsprækket moræneler af varierende lagtykkelse med indslag af sand



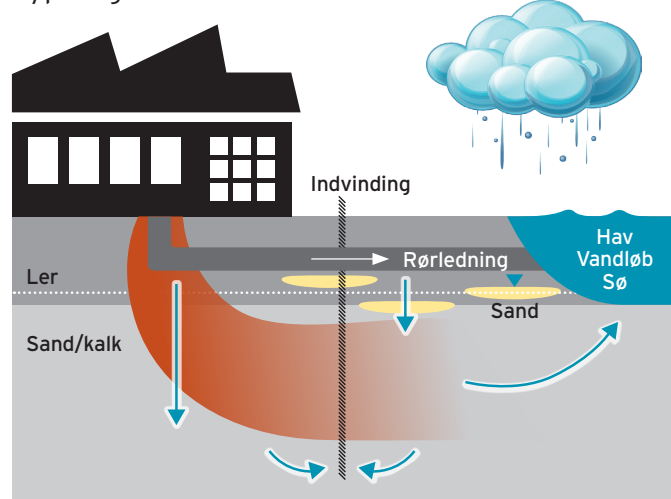
Typologi 1



Typologi 2



Typologi 3



# Forureningstyper

Regionerne i Danmark har registreret 1.640 forskellige kemiske stoffer på forurenede grunde. Stofferne kan inddeles i stofgrupper, afhængig af stoffets struktur og egenskaber.

I projektet er de mest kritiske forureninger defineret ved stoffer, der er mobile i jord- og vandmiljøet og som er svære at nedbryde under naturlige forhold.

På den baggrund er der udvalgt 9 modelstoffer, som repræsenterer relevante stofgrupper i projektet.



Udsivning af jernholdigt perkolat fra losseplads til overfladevand. Foto: Region Syddanmark



## Benzin- og olieforureninger

Modelstoffer: Dieselolie, benzen og MTBE.

Dieselolie repræsenterer udbredelse i grundvandet for stofgruppen benzin og olie. MTBE og benzen er mobilt i grundvandet.



## Chlorerede opløsningsmidler

Modelstof: TCE og nedbrydningsprodukter.

Chlorerede opløsningsmidler er mobile i grundvandet.



## Lossepladsperkolat

En række uorganiske forbindelser, som er mobile.



## Pesticider

Modelstof: Atrazin

Stoffet er en velkendt forurening ved pesticidpunktkilder, hvor der ofte også er andre pesticider tilstede. Stoffet er mobilt i grundvand.



## Tjære og tungmetaller

Modelstoffer: Fluoranthen og arsen

Fluoranthen er det mest mobile af tjærestofferne, men har middel mobilitet i vand.

Arsen repræsenterer mobile, toksiske metaller. Tungmetallers mobilitet afhænger af redoxforholdene i jorden dvs. graden af iltning.

# Ændringer i klimaet

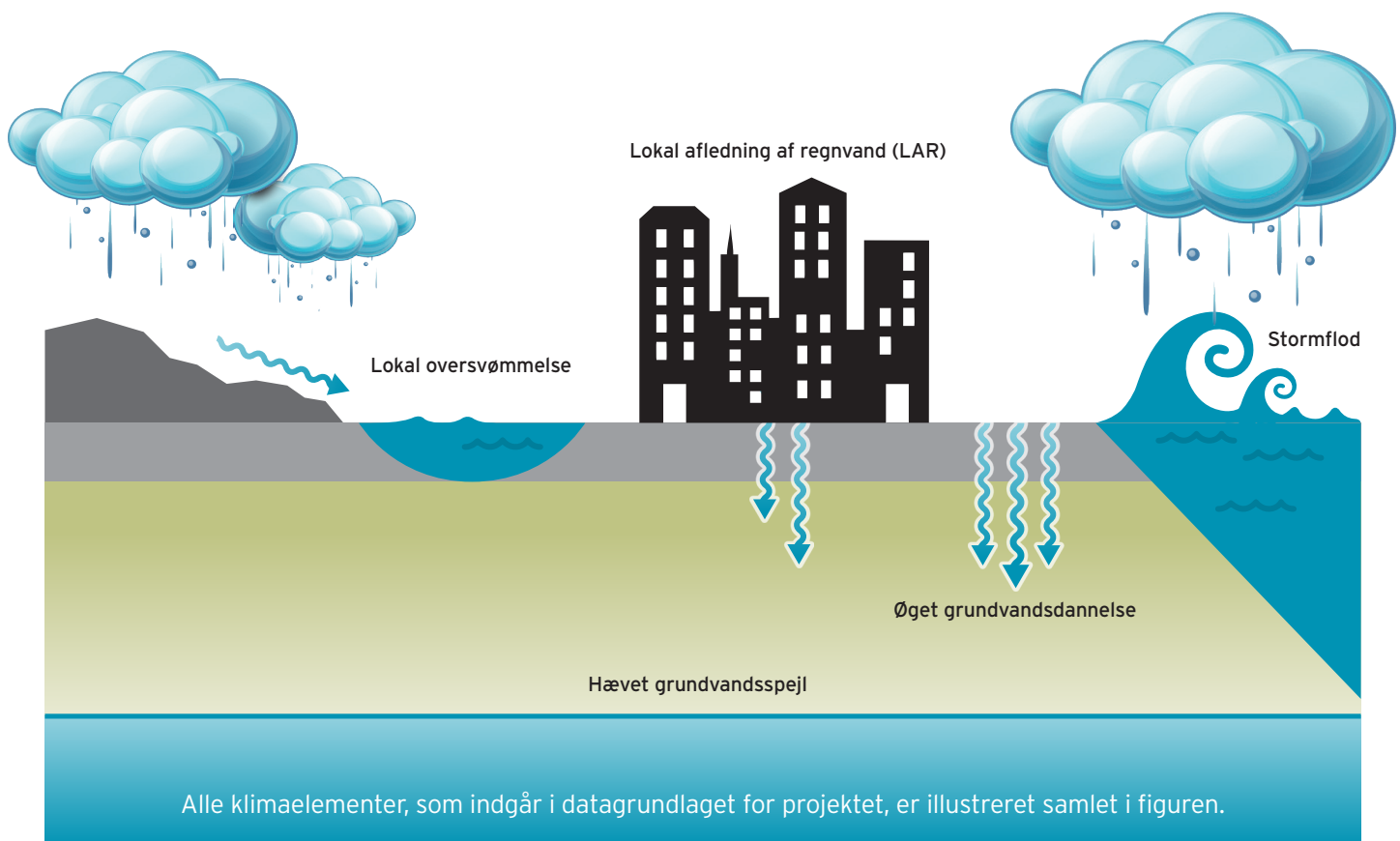
De klimascenarier, der giver de største klimaændringer og dermed de største beregnede effekter på risikovurderingen er anvendt.

Scenarierne for temperatur, stormflod og nedbør er de nyeste prognoser fra FN's klimapanel IPCC, der udkom i 5. hovedrapport, 2013.

Datagrundlaget for grundvandsdannelse og niveau af grundvandsspejl er baseret på den mest "våde" klimamodel hentet fra Klimagrundvandskortet, se [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk).

Klimaelement	Effekter
Øget grundvandsdannelse	Øget nedbør medfører direkte en øget grundvandsdannelse og dermed en øget udvaskning af mobile stoffer. Øget nedbør kan også betyde ændret strømningsretning for grundvandet og forureningen
Hævet grundvandsspejl	En generel forøgelse af grundvandsdannelsen pga. øget nedbør medfører hævet grundvandsspejl, som kan ændre strømningsveje og øge udbredelsen af forureningen
Lokale oversvømmelser (lavninger, langs vandløb, stormflod)	Øget havniveau og/eller ekstrem nedbør kan forøge lokale oversvømmelser, som kan ændre kemiske og strømningsmæssige forhold på den forurenede grund
LAR* (lokal afledning af regnvand)	Øget infiltration og stigning i det øvre grundvandsspejl kan medføre øget udvaskning af en eventuel forurening

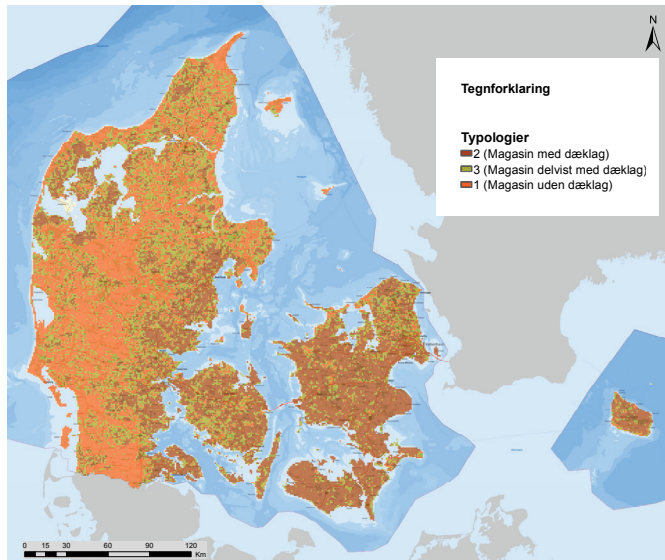
\* LAR er et menneskeskabt element, som er vigtigt i projektet, da det udbredes i de større danske byer som løsning på afledning af vand ved f.eks. skybrud.





# Hvilke data er anvendt?

## Eksempler på geografiske forhold

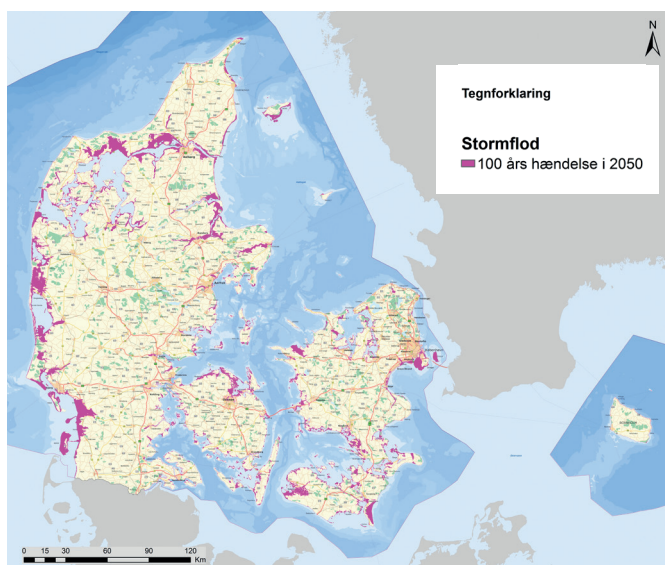


I projektet er der benyttet data om klimaforhold, viden om de kortlagte forurenede grunde og deres geografiske placering ift. typologier. I selve screeningen af risikovurderingens robusthed på en kortlagt grund, er der sket en kobling mellem alle disse data, som samlet har resulteret i, at en grund blev grøn, gul eller rød.

### ◀ Typologi

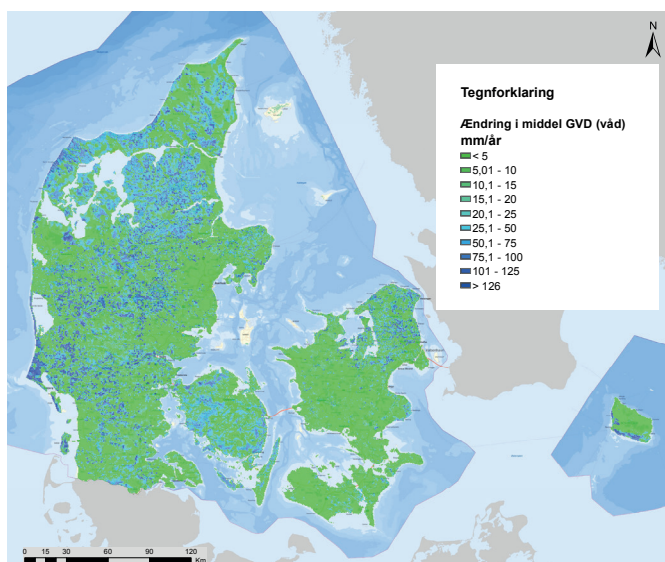
Kortet viser hovedtræk i undergrundens geologi. I Jylland er typologi 1 dominerende, dvs. sandede jorde uden dæklag over grundvandsmagasinet.

I Østjylland, på Sjælland og de øvrige øer er typologi 2 dominerende, dvs. lerede jorde med dæklag over grundvandsmagasinet.



### ◀ Klimaelementet stormflod

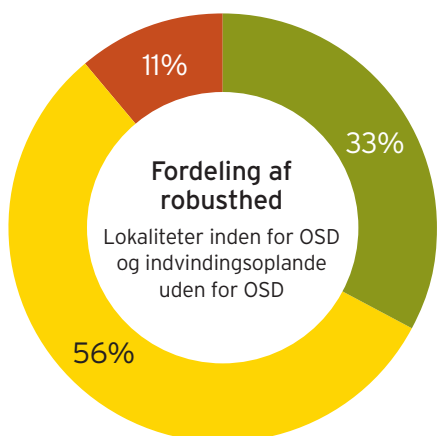
Kortet viser stormflodsprognosen ved de danske kyster i år 2050 ved en 100 års hændelse. Vandstanden ved stormflod vil være højest langs den jyske vestkyst. Klimaelementet stormflod indgår i risikoanalysen, hvis den kortlagte grund er kystnært placeret.



### ◀ Klimaelementet grundvandsdannelse

Kortet viser prognosen for ændringen i grundvandsdannelsen i Danmark forårsaget af klimaændringer i år 2050. Ændringen i grundvandsdannelsen er størst i sandede jorde, primært i Nord- og Vestjylland samt Nordsjælland. Klimaelementet grundvandsdannelse opdeles i stor, mellem eller ringe påvirkning på en forurenings risiko.

# Resultatet af den landsdækkende screening



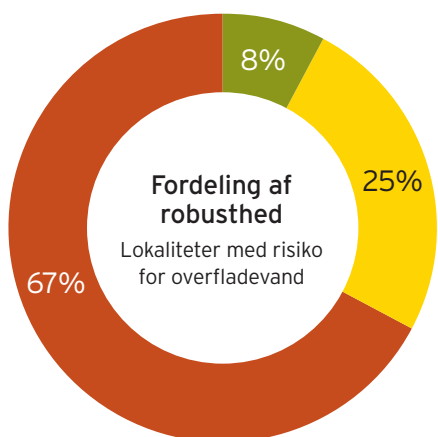
- 3.831 - God robusthed af risikovurdering
- 6.539 - Mellem robusthed af risikovurdering
- 1.352 - Ringe robusthed af risikovurdering

## Robusthed i forhold til risiko over for grundvand

Screeningen har omfattet kortlagte grunde placeret i OSD (områder med særlige drikkevandsinteresser) eller i indvindingsoplande uden for OSD. Disse områder inkluderer i alt ca. 12.000 kortlagte grunde. Screeningen viser, at 33 % er grønne, 56 % er gule og 11 % er røde.

Det betyder, at ca. 1.350 forureninger er sårbare ved klimaændringer og kan udgøre en større risiko over for grundvandet end hidtil vurderet.

Resultaterne viser, at det udelukkende er øget grundvandsdannelse, der er årsag til de røde kortlagte grunde. De resterende fem klimaelementer vurderes ikke at påvirke de nuværende risikovurderinger over for grundvand.



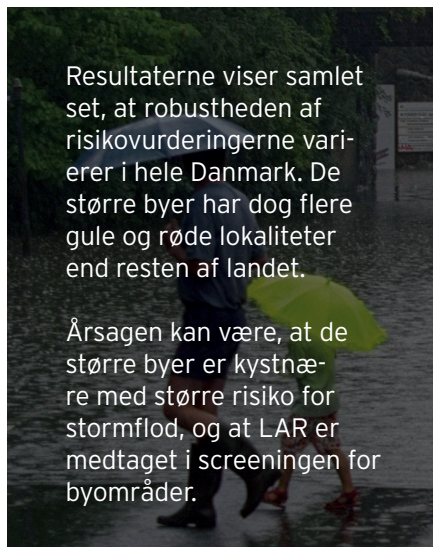
- 273 - God robusthed af risikovurdering
- 841 - Mellem robusthed af risikovurdering
- 2.216 - Ringe robusthed af risikovurdering

## Robusthed i forhold til risiko over for overfladevand

Screeningen har omfattet kortlagte grunde, som vurderes at udgøre en potentiel risiko for overfladevand. I alt ca. 3.300 kortlagte grunde udgør denne risiko. Resultaterne for overfladevand viser, at 8 % af de kortlagte grunde er grønne, 25 % er gule og 67 % er røde.

Det betyder, at ca. 2.200 forureninger er sårbare ved klimaændringer og kan udgøre en større risiko over for overfladevand end hidtil vurderet.

LAR (lokal afledning af regnvand) er det mest kritiske klimaelement, men også oversvømmelser og til dels hævet grundvandsspejl kan medføre en ringe robusthed (rød) af risikovurderingen.





# Fra landsdækkende til lokal screening

Andet trin i projektet var at teste kvaliteten af den landsdækkende screening af kategoriseringen af klimarobuste risikovurderinger.

Greve Kommune og Kolding Kommune blev valgt som testområder. I begge kommuner er der et godt datagrundlag til en lokal screening med dokumenterede jord- og grundvandsforureninger og udarbejdede klimatilpasningsplaner. Samtidig har områderne forskellige typologier.

De forurenede grunde er konstaterede forureninger, dvs. kortlagt på vidensniveau 2 og som minimum indledende undersøgt. Det betyder, at forureningens kemi, nedbrydning, mobilitet og udbredelse kan sammenlignes med de parametre, der indgår i den landsdækkende screening.

## Eksempel på en testgrund

På grunden har der tidligere været smedeværksted med brug af TCE. Jordprofilen på grunden svarer til typologi 3. Der er konstateret en forurening med TCE og olie i det terrænnære grundvand. Forureningen er tidligere vurderet at udgøre en risiko over for grundvandet.

Nedenfor sammenlignes resultatet af den landsdækkende screening for testlokaliteten med de konkrete forhold på grunden, der er dokumenteret ved en undersøgelsesrapport. Der er god overensstemmelse mellem data, hvilket betyder at vurderingen af robustheden af risikoen over for grundvand er pålidelig.



## Hvad har vi lært af testene?

- Generelt har der været god overensstemmelse mellem resultaterne fra testscreeningen og den landsdækkende screening.
- Forureningens alder kan have en betydning, især for olieforureninger, hvor stoffet allerede kan være nedbrudt med tiden.
- Modelstoffet for nedbrudt olie, tjærestoffer mv. kan være for konservativt i forhold til de reelle forhold, dvs. der er regnet med større forureningsrisiko end der findes i virkeligheden.
- Afværge af en forurening bør medtages i screeningen.
- Typologien kan være for simpel, da der forekommer flere typer geologiske forhold end antaget her.
- Korrekt indtastede stamdata er afgørende for screeningen.

Kilde	Typologi	Stof (modelstof)*	Kritisk Klimaelement	Dybde for påvist forurening	Risikovurdering Grundvand jf. rapport	Vurdering af klimarobusthed (grundvandsrisiko)
Vurdering ifm. undersøgelse	3	TCE, Totalkulbrinter, Tungmetaller		9	Risiko	Mellem robusthed*
Landsdækkende screening	3	Olie-benzin Dieselolie TCE	LAR, mellem	3,0-10,0 3,0-8,0 4,0-10,0	Risiko	Mellem robusthed
Overensstemmelse	😊	😊		😊	😊	😊

\* Klimarobustheden er vurderet ved projektets metode, for de data der er afrapporteret ifm. den udførte undersøgelse.



# Perspektiver



Projektet har præsenteret en metode til at udpege jordforureninger, hvor risikoen af forureningen bør revideres som følge af klimaændringer.

Det er lykket at udpege de parametre, som bør beskrives mere præcist til en dyberegående analyse af emnet. Erfaringerne fra projektet kan dermed anvendes til at udvikle et egentligt screeningsværktøj.

Værktøjet bør opbygges, så det er muligt at kategorisere klimarobustheden af en risikovurdering på alle tre trin, fra den landsdækkende screening, via en lokal analyse og til en detailanalyse.

Samtidig bør værktøjet give mulighed for at screeningen kan testes ved forskellige klimascenarier og inkludere mere lokale modeller af f.eks. grundvandsforhold på en kortlagt grund.

Projektets metodiske tilgang kan sandsynligvis videreudvikles til kategorisering af klimarobuste risikovurderinger af jordforureninger, der udgør en risiko over for indeklima og kontakt.

I projektet er der udviklet GIS-temaer med klimatiske forhold, som kan inddrages i andre projekter med et klimaperspektiv. Der er eksempelvis udviklet GIS-temaer for typologier og for områder, hvor stormflod vil medføre oversvømmelse af terrænet.

## Klima og jordforurening KAN kobles

Projektet har vist, at det er muligt ud fra eksisterende data at foretage en indledende sortering af de forurenede grunde, hvor risikovurderingen er robust over for fremtidens klimaændringer, og de grunde hvor risikoen vil blive forøget.

Med projektet er der udviklet en metode til at beskrive og udpege relevante parametre for en kortlagt grund på baggrund af den pågældende forurening, grundens geografiske placering samt mulige klimaelementer.

## Forøget risiko i fremtiden

Projektet har vist, at der ER forureninger i Danmark, som vil blive påvirket af klimaændringerne i fremtiden.

Det er vigtigt, at der tages hånd om disse forureninger, da de nuværende risikovurderinger overfor grundvand og overfladevand ikke afspejler fremtidige forhold.

**Titel hovedrapport:**

Kategorisering af klimarobuste risikovurderinger af jordforureninger

Forprojekt januar 2016

Projektet er medfinansieret af MUDP og udført af Orbicon, Niras, Region Syddanmark og Region Sjælland for Naturstyrelsen.

**Titel denne publikation:**

Klimarobuste risikovurderinger af jordforurening

Marts 2016

Denne publikation er udgivet af Region Sjælland og Region Syddanmark

**Redaktion:**

Region Sjælland og Region Syddanmark

**Forfattere:**

Britt Tang Pedersen, Orbicon og  
Gunnar Larsen, NIRAS.

Udgivelsesår: 2016

Gengivelse tilladt med tydelig kildegengivelse

**Illustrationer:**

Illustrationer er udarbejdet af Orbicon og NIRAS

**Fotos:**

Colourbox, iStock, Region Syddanmark

**Grafisk design og tryk:**

insign aps, Hasse Pedersen  
[www.insign.dk](http://www.insign.dk)

ISBN: 978-87-92026-83-5