



# Bilag 1

## Vurderingsparametre

---

Når et vandværk suger vand op fra grundvandet, er der risiko for at der kan blive trukket miljøfremmede stoffer - som for eksempel pesticider - fra overfladen ned i grundvandet, og ende i drikkevandet. Det skyldes, at der opstår et undertryk omkring boringen, som skaber en tragteffekt, som trækker vandet i nærområdet hen mod boringen.

Derfor har staten oprettet såkaldte boringsnære beskyttelsesområder (forkortet 'BNBO') rundt om alle vandværksboringerne. Her er der større risiko for at en forurening kan nå boringen.

Det er en kommunal opgave at vurdere risikoen for forurening af vandboringen med pesticider i disse områder. Staten har besluttet, at kommunerne skal vurdere risikoen ved den erhvervsmæssige anvendelse af pesticider. Desuden skal kommunen beslutte om der skal være forbud mod at bruge pesticider i de enkelte BNBO. Resultatet af risikovurderingen skal meldes ind til Miljøstyrelsen senest 1. oktober 2022 /1/.

Risikovurdering af et BNBO indeholder en vurdering af boringens betydning for den nuværende og fremtidige vandforsyningsstruktur, arealanvendelse og forureningskilder og den naturlige beskyttelse /2/. Vurderingen af den naturlige beskyttelse inddrager geologi, hydrologi og grundvandskemi i en samlet vurdering.

Vurderingen foretages i forhold til både almindelig erhvervsmæssig brug af pesticider, samt i tilfælde af spild af pesticider. Risikoen er baseret på en vurdering af geologi, hydrologi og vandkemi. Hvis BNBO'ets risiko er vurderet til at være lille, beregnes der stoftransport fra overfladen til vandværksboringen med værktøjet BRIBE for at vurdere risikoen i tilfælde af et spild.

# Vurderingsparameter

Risikovurderingen er baseret på en række parameter, som inkluderer den naturlige geologiske beskyttelse, grundvandsdannelsen, gradienten, grundvandsdannende opland, og grundvandskemi. I det tilfælde, at den overordnet risiko er vurderet som lille, beregnes der transporttid og pesticidkoncentration i indvindingsboringer med værktøjet BRIBE, hvor risikoen vurderes i tilfælde af et spild. Dette afsnit indeholder en beskrivelse af, hvordan de forskellige parametre er anvendt i analysen. Man skal dog huske, at den endelige vurdering er en samlet vurdering af helheden og ikke kun af en enkelt parameter.

## Geologiske beskyttelse

Den første vurderingsparameter er den geologiske beskyttelse omkring indvindingsboringen. Grundlæggende antages, at jo tykkere den akkumulerede lertykkelse over indvindingsmagasinet er, desto længere tid vil det tage vandet fra overfladen at nå ned til grundvandsmagasinet, og dermed desto bedre beskyttet vil BNBO være. Desuden antages, at de øverste 10 m af moræneleret kan være opsprækket, hvilket giver en meget ringe beskyttelse i det øverste 10 m af lerlaget. Ifølge en risikoanalyse for opsprækket ler på Sjælland fortaget af GEUS /3/, er der moderat til høj risiko for, at ler vil være opsprækket indenfor 10 m af terrænet for alle BNBO'er i det geografiske område, der er omfattet af denne analyse. Derudover har analysen /3/ kortlagt risiko for, at de beskyttende lerlag i området er brudt af opskudte sandlag, og dermed ikke er sammenhængende.

Vurderingskriteriet brugt i denne analyse er:

- 0 - 20 m akkumuleret ler over indvindingsmagasin: høj risiko
- 20 - 30 m akkumuleret ler over indvindingsmagasin: moderat risiko
- Mere end 30 m akkumuleret ler over indvindingsmagasin: lav risiko

Akkumuleret ler over indvindingsmagasinet er beregnet fra borerapporten, som er registeret i Jupiter-databasen /4/.

Ud over den akkumulerede lertykkelse er den geologiske beskyttelse vurderet i forhold til tilstedeværelsen af betydende sekundære grundvandsmagasiner mellem terræn og indvindingsmagasinet. Tilstedeværelse af et sekundært grundvandsmagasin er en vigtig parameter i forhold til at vurdere truslen fra et evt. pesticidspild. Sekundære magasiner kan bruges både som et monitoringsmagasin til at vurdere, om pesticidet fra et spild er på vej ned til grundvandet, hvor lang tid der vil gå, før den når indvindingsmagasinet og hvilken koncentration af stoffet, der er på vej. Endnu vigtigere kan et sekundært magasin eventuelt bruges til afværge for at forhindre, at stoffet strømmer videre til indvindingsmagasinet.

Til denne vurdering er benyttet at

- hvis der ikke findes et sekundært magasin af mindst 2 m mægtighed, vil BNBO have en høj risiko i forhold til spild
- hvis der findes et sekundært magasin af mindst 2 m mægtighed, vil BNBO have en lav risiko i forhold til spild.

Grænsen for en mægtighed af sekundært magasin på 2 m ved boringen er valgt idet, der dermed er en væsentlig sandsynlighed for, at magasinet er til stede i hele BNBO. Herudover er det vigtigt, at magasinet har en vis udbredelse for at kunne anvendes effektivt til eventuel afværge.

## Grundvandskemi

Grundvandskemi er brugt til at vurdere den relative alder på grundvandet i magasinet og til at vurdere, hvorvidt der er tegn på, at vandet infiltrerer til magasinet indenfor BNBO. Det skal dog understreges, at grundvandskemi i en indvindingsboring er en blanding af grundvandet fra hele det

grundvandsdannende opland. Den andel af grundvandet, der stammer fra infiltration indenfor BNBO, er ofte kun en brøkdel af al vand, der strømmer til en indvindingsboring. Derfor kan grundvandskemien ikke stå alene ved vurdering af risikoen indenfor BNBO, men kan bruges som en støtteparameter i en helhedsvurdering.

Vandtypen, som den er beregnet med Miljøstyrelsens algoritme /5/, er den primære indikator, som kan give en indikation af den relative alder og sårbarhed overfor påvirkninger fra overfladenære forureningskilder. Oxideret grundvand (vandtyper A og B) indeholder ilt og/eller nitrat, hvilket indikerer ungt vand og grundvandet vil være meget sårbart overfor påvirkninger fra terræn, fx pesticidspild. Svagt reduceret grundvand (vandtype C) har jernindhold over 0,2 mg/l og sulfatindhold over 20 mg/l, og indikerer grundvand påvirket af pyritoxidation. Det betyder, at grundvandet som en helhed er yngre og kan være sårbart overfor påvirkninger fra terrænet, dog ikke i samme grad som oxideret grundvand. Stærkt reduceret grundvand med sulfatindhold under 20 mg/l (vandtype D) indikerer ældre grundvand med sulfatreducerende forhold. Metan er brugt som støtteparameter til bestemmelse af vandtypen. Metan findes typisk i meget gammelt grundvand med stærkt reducerende forhold. Vandtyperne A og B samt C med sulfatindhold over 30 mg/l er vurderet til at have en høj risiko. Vandtyper C med sulfatindhold på under 30 mg/l har en moderat risiko, og vandtyper D har en lav risiko.

Udover vandtypen er der også kigget på indholdet af sulfat i indvindingsboringerne. Sulfat er en vigtig parameter i vurderingen, da den viser et fingeraftryk af de vigtigste processer, der forgår i grundvandsmagasinet, herunder pyritoxidation. Baggrunds niveauet for sulfat (dvs. sulfatindhold i regnvand) er på omkring 20 - 30 mg/l /5/. Hvis grundvandet indeholder under 20 mg/l sulfat, er grundvandet under sulfatreducerende forhold, som det tager tid at opnå, og det er derfor et typisk sulfatindhold for gammelt vand. Når sulfat er stigende, kan det være indikation på at yngre grundvand, muligvis fra BNBO, strømmer til magasinet. Derfor, hvis sulfatindholdet er over 30 mg/l, eller over 20 mg/l og stigende, er der en høj risiko. Hvis sulfatindholdet er på 20 - 30 mg/l samt stabil, eller sulfat er ustabil eller faldende er risikoen moderat. Hvis sulfatindholdet er på 10 - 20 mg/l og stigende er risikoen moderat. Hvis sulfatindholdet er under 20 mg/l og stabil, eller under 10 mg/l er risikoen lille.

Forhøjede sulfatkoncentrationer kan foruden pyritoxidation også skyldes indtrængning eller oprængning af havvand/rester af gammelt havvand i porerummene, hvor der også vil ses forhøjede kloridkoncentrationer. Som regel, er baggrunds niveauet for klorid på mellem 30 og 50 mg/l. Hvis kloridindhold er over 50 mg/l kan en del af sulfatet i magasinet skyldes havvand/gammelt havvand. I disse tilfælde giver, f.eks. en kloridkoncentration på 100 mg/l, som stammer fra havvand, anledning til en sulfatkoncentration på omkring 14 mg/l. Hvor kloridindholdet er over 50 mg/l, skal resultatet af vurderingen af vandtype og sulfatkoncentration korrigeres pga. saltvand. Sulfattendensen skal også korrigeres efter kloridindhold, hvis der samtidig ses en tilsvarende ændring i kloridindhold.

Udover vandtypen og sulfatindhold er der også brugt fund af pesticid som en støtteparameter. Boringer med aktuelle fund af pesticid er vurderet som høj risiko, og boringer med tidligere fund men ikke i den seneste analyse, er vurderet med en moderat risiko.

## Gradienten

Gradienten er potentialeforskellen mellem det øverste grundvandsmagasin og indvindingsmagasinet. Hvis potentialet i det øvre magasin er højere end i indvindingsmagasinet, er gradienten nedadrettet og den vertikale grundvandsstrømning i et BNBO vil være mod indvindingsboringen. Hvis potentialet i indvindingsmagasinet er højere end i det øverste

grundvandsmagasin, vil gradienten være opadrettet og den vertikale grundvandsstrømning i et BNBO vil være rettet mod terrænet. Hvis potentialet i indvindingsmagasinet er højere end terrænkoten, er der tale om artesiske forhold.

Hvis gradienten er nedadrettet fra det øverste grundvandsmagasin til indvindingsmagasinet, vil der være mulighed for, at en pesticidforurening på overfladen i et BNBO vil strømme videre til indvindingsboringen, og dermed er risikoen høj. Hvis gradienten derimod er opadrettet mellem indvindingsmagasin og det øverste grundvandsspejl, vil strømmingen være rettet mod terræn og indvindingsmagasinet indenfor BNBO vil være beskyttet mod forurening på overfladen, og dermed er risikoen lav. Hvis der er artesiske forhold, er risikoen meget lav.

Gradienten er beregnet fra simuleret vandspejl i det mest terrænnære magasin (Sand 1/øverste grundvandsspejl), som er beregnet i grundvandsmodellen, opstillet i forbindelse med den nationale grundvandskortlægning i hhv. Odsherred Kortlægningsområde /5/, Yderby Lyng /7/ og Indvindingsoplande uden for OSD i Odsherred Kommune /8/.

For indvindingsmagasinet er der brugt seneste pejling i både drift og ro. Disse pejlinger er anvendt for at inddrage evt. sænkningstragter i indvindingsmagasinet, som modellen ikke kan simulere. På denne måde, kan man sikre, at gradienten tager hensyn til den nedsænkning, der sker når indvindingen foregår.

### Grundvandsdannende opland

Gennem grundvandsmodeller opstillet i forbindelse med grundvandskortlægningen, er der beregnet grundvandsdannende oplande for alle almene vandforsyninger i Odsherred Kommune /5/, /7/, /8/. De grundvandsdannende oplande viser netop de områder, hvor vandet dannes ved terræn, og derfra strømmer videre til en indvindingsboring. Dette er suppleret med en beregning af den tid, det tager vandet at strømme fra terræn til boringen, transporttiden. Hvis en del af det grundvandsdannende opland ligger indenfor boringens BNBO, sker der grundvandsdannelse i BNBO, som strømmer videre til boringen. Dermed vil der være en risiko for, at en forurening på terræn vil kunne nå indvindingsboringen. Hvis det grundvandsdannende opland ligger helt udenfor BNBO, vil risikoen være mindre.

Det skal bemærkes, at de grundvandsmodeller, der er opstillet i forbindelse med den nationale grundvandskortlægning i Odsherred Kommune /5/, /7/, /8/, ikke har den nødvendige præcision for at simulere nedsænkningstragt omkring indvindingsboringer. Derfor vil usikkerheden i grundvandsmodellen omkring indvindingsboringer gøre, at hvis gradienten under drift er nedadrettet, vil det ikke kunne udelukkes, at der sker grundvandsdannelse fra terræn til indvindingsmagasinet.

### Sammenstilling af vurderingsparametre

Den endelig risikovurdering er en sammenstilling af de ovennævnte parametre. Hovedvægten af vurderingen er lagt på den geologiske sårbarhed og på grundvandskemi. Hvis både geologi og kemi viser en høj risiko, vil den samlede vurdering være høj risiko, og der vil være behov for indsats. Den eneste undtagelse i dette tilfælde vil være, hvis der er opadrettet gradient eller artesiske forhold under drift, som vil gøre at risikoen vil være lav. Hvis både geologi og kemi viser en lav risiko, vil den endelige vurdering også være lav. Hvis der er tale om enten uoverensstemmelse mellem geologi og grundvandskemi, eller moderat risiko for de to parametre, er de andre parametre inddraget i den samlede vurdering. I vurderingen er der især set på om den grundvandskemi, der viser høj risiko, kan stamme fra området udenfor BNBO. Der er også set på gradienten, da magasinet vil være beskyttet hvis gradienten er opadrettet under ro og drift, uanset

tykkelsen af akkumuleret ler. Der lægges vægt på risikoen i forhold til spild, hvor tilstedeværelse af et sekundært magasin og beliggenheden af det grundvandsdannende opland (og dermed grundvandsdannelse til boringen) samt transporttid i det grundvandsdannende opland er inddraget.

### Risikoberegninger i BRIBE

For de boringer, der er vurderet som ikke sårbare, er der foretaget en yderligere risikovurdering med BRIBE for at vurdere, hvorvidt der er en risiko ved et spild. Til vurderingerne med BRIBE simuleres et scenarie, hvor der sker et pesticidspild indenfor BNBO. BRIBE beregner pesticidets transporttid fra terræn til indvindingsboringen, og koncentrationen der strømmer til indvindingsboringen.

For alle vurderingerne med BRIBE er beregningerne foretaget efter anbefalingerne fremlagt i /9/. Som udgangspunkt anvendes standardværdier i BRIBE, så som forureningsdata om pesticidet, cellehøjde i modellen, dispersion, bulk densitet, og sorption. For den effektive porøsitet anvendes den anbefalede værdi, som angivet i Miljøstyrelsens BNBO-vejledning /2/. Det skal dog bemærkes, at der i BRIBE ikke er mulighed at vælge en sedimenttype for usortet sand og grus. I tilfælde hvor der ses sand og grus i den lithologiske beskrivelse, er der anvendt sand (grov) med en effektiv porøsitet på 0,25. Nedbrydning af pesticidet er ikke inddraget i beregningerne, da nedbrydningen er afhængig af lokalspecifikke forhold og det pesticid, der blev spildt. Nedbrydningen af pesticidet vil derfor ikke være aktuelt for et fiktivt spild. Selv ved et konkret spild, vil det være meget vanskeligt at dokumentere den lokalspecifikke nedbrydningshastighed i hele det relevante dybdeinterval og for hele den relevante tidsperiode.

Inputdata til beregning af hvert BNBO inkluderer:

- De geologiske lag, der er registreret for indvindingsboringen i Jupiter databasen
- Grundvandsdannelse til det øverste grundvandsmagasin fra den hydrologiske model opstillet i forbindelse med grundvandskortlægning /5/, /7/, /8/
- Det øverste grundvandsspejl fra den hydrologiske model opstillet i forbindelse med grundvandskortlægning /5/, /7/, /8/
- Årlige oppumpning fra boringen i forhold til gældende eller forventet indvindingstilladelse

Det spildscenarie, der er anvendt i hver risikovurdering med BRIBE, repræsenterer et realistisk worst-case scenarie. For alle beregninger antages det, at en tank med 4000 liter opblandet MCPA vælter på marken (-stor marksprøjte). Det er antaget, at MCPA, som leveres i en koncentration på 750 g/l, er opblandet med 150 liter vand og dermed har en koncentration på 5 g/l i marksprøjten. Dermed har spildet på marken et omfang af 20.000 g MCPA. 4000 liter er valgt, da det svarer til det fulde volumen i en af de større marksprøjter. I scenariet antages det, at der er foretaget en akutindsats, hvor der blev gennemført en bortgravning af størstedelen af den forurenede jord. Efter samme princip som blev brugt i /9/, er der i denne analyse antaget, at 80 % af det spildte MCPA er blevet fjernet ved oprensning. Dermed er der 800 l (4.000 g of MCPA) tilbage, som er det input til spildemængden, der er brugt i BRIBE beregningerne. Det skal dog bemærkes, at oprensningsprocenten på 80 % er et estimat.

De afrapporterede resultater fra BRIBE inkluderer en kombination af maksimum koncentration, der vil nå indvindingsboringen og transporttiden af pesticidet fra terrænet til indvindingsboringen. Det skal bemærkes, at plottene for hver BNBO viser koncentration af pesticidet, der strømmer ind i indvindingsmagasinet. Koncentration der ses i en indvindingsboring, vil være lavere end koncentration, der strømmer ind i indvindingsmagasinet, da indvindingen også trækker grundvand uden for BNBO til boringen. Dermed er den endelige koncentration ved indvindingsboringen en blanding af grundvand med pesticider fra spildet og rent grundvand fra den øvrige del af grundvandsmagasinet.

Til vurdering af risiko ved spild, på baggrund af BRIBE beregninger, er der brugt følgende kriterie:

- Transporttid over 50 år og maksimum koncentration under 2,0 µg/l - lav risiko
- Transporttid fra 40 - 50 år og maksimum koncentration under 4,0 µg/l - moderat risiko
- Transporttid under 40 år eller maksimum koncentration over 4,0 µg/l - høj risiko

I tilfælde hvor det er vurderet moderat risiko kan der overvejes alternativ indsats end dyrkningsaftaler, for at mindske risikoen for spild indenfor BNBOet. Derudover, hvis der ses et sekundært magasin, kunne man bruge magasinet til afværgelse i tilfælde, hvor der er en moderat risiko i forhold til spild.

- /1/ BEK nr. 1476 af 17/12/2019. Bekendtgørelse om vurdering af boringsnære beskyttelsesområder og indberetning.
- /2/ Miljøstyrelsen, 2020. Vejledning om boringsnære beskyttelsesområder (BNBO). Vejledning nr. 45, juni 2020.
- /3/ [Klint, K.E., Nilsson, B., Troldborg, L. og Jakobsen, P.R., 2013. A poly morphological landform approach for hydrogeological applications in heterogeneous glacial sediments. Hydrogeology Journal, v. 21, p. 1247 - 1264.](#)
- /4/ GEUS 2020. Jupiter database, <https://data.geus.dk/JupiterWWW/index.jsp>.
- /5/ Miljøstyrelsen, 2018. Geovejledning 2018\_2: Kemisk grundvandskortlægning. [https://www.geovejledning.dk/2018\\_2/](https://www.geovejledning.dk/2018_2/)
- /6/ Naturstyrelsen, 2015. Hydrologisk rapport for GKO Odsherred. Rapport ID 91428.
- /7/ Naturstyrelsen, 2015. [Indvindingsoplande uden for OSD, Sjælland. Grundvandsmodel for Yderby Lyng. Rapport ID 91569.](#)
- /8/ Naturstyrelsen, 2015. Indvindingsoplande uden for OSD, Sjælland. Grundvandsmodel for Holbæk Vest, Holbæk, Odsherred og Kalundborg Kommuner. Rapport ID 91608.
- /9/ Rambøll, 2020. Risikoberegninger med JAGG og BRIBE. Teknisk notat udarbejdet for kommunerne i Region Sjælland.