



## INDHOLD

- 2 Leder
- 3 Støvpåvirkning omkring  
en grusgrav i Nordsjælland  
– måling af svævestøv og  
 $\alpha$ -kvarts
- 18 Den umættede zone som  
en sekundær kilde til for-  
urening af grundvandet med  
desphenyl-chloridazon (DPC)
- 24 Anmeldelse: Fra ungdoms-  
oprør til videncenter
- 26 Kort info
- 27 Grusgravene giver naturen  
tilbage i plus
- 30 Artikelovervågning

# MILJØ OG RESSOURCER



### FORURENEREN BETALER – I PRINCIPPET

Forureneren betaler-princippet ligger som et grundlæggende princip under miljølovgivningen, både i Danmark og i EU. Allerede i jordforureningslovens første paragraf møder vi formuleringen om, at loven særligt tilsigter at "fastholde forureneren som den, der først og fremmest skal foretage de nødvendige foranstaltninger til at afværge følgerne af en jordforurening og genoprette den hidtidige tilstand". Først når det ikke er muligt at håndhæve forureneren betaler-princippet, kommer regionens indsats ind i billedet.

Regionernes opgave vokser imidlertid. Med regionernes nye, større pesticidanalyse-pakker har det vist sig, at pesticidpunktkilder bliver en betydeligt større opgave for regionerne end tidligere antaget. Med nye, meget lavere kvalitetskriterier for PFAS i jord og grundvand må vi se i øjnene, at vi også her har en opgave, der bliver væsentligt større, end vi antog for blot få år siden. Mange, ganske lave fund af PFAS, som regionerne har gjort på mange forskellige typer af lokaliteter igennem de seneste år, er med kriterier, der er sat ned med en faktor 40 og 50, pludselig ikke længere ubetydelige.

Hen over sommeren 2021 har regioner og kommuner samarbejdet om at få overblik over brandøvelsespladser, hvor der har været anvendt PFOS-holdigt brandskum. Her er tale om en branche, som regionerne ikke tidligere har kortlagt systematisk, men med ny viden og nye kriterier er der behov for at kortlægge og vurdere mulig forurening. Så længe forureneren betaler, er det ikke regionerne, der står for undersøgelse og indsats på disse lokaliteter. Det vil vise sig de kommende måneder, hvor langt princippet holder i denne sammenhæng, og hvor mange nye lokaliteter regionerne får ansvaret for.

Ansvaret for miljøtilsyn ligger hos kommunerne, og for de potentielt mest forurenende virksomheder hos Miljøstyrelsen. Det er kommunerne og Miljøstyrelsen, der håndhæver forureneren betaler-princippet over for virksomhederne og kan give påbud om undersøgelse af og indsats over for forurening. Desværre ser vi eksempler på, at tilsynsmyndigheden vurderer, at et påbud ikke er muligt, og så kan regionen komme til at hænge på regningen for den indsats, der er nødvendig for at beskytte mennesker og miljø. Det sker eksempelvis, når myndigheden vurderer, at der er handlet i god tro, eller når virksomheden går konkurs.

Når regionernes opgave vokser, øges presset på prioriteringen. Der ligger fortsat en stor pukkel af sager i alle regioner, og når nye, hastende opgaver kommer ind, skubber det andre vigtige undersøgelser og afværgeforanstaltninger bagud i prioriteringen.

Udfordringerne med at håndhæve forureneren betaler-princippet er ikke alene et dansk problem. I 2021 har Den Europæiske Revisionsret udgivet en specialrapport<sup>1</sup>, som konkluderer, at der er behov for at styrke anvendelsen af forureneren betaler-princippet. Det har vi alle en interesse i.

<sup>1</sup>Special Report 12/2021: *The Polluter Pays Principle: Inconsistent application across EU environmental policies and actions* (europa.eu)

Bente Villumsen  
2399 2372  
bvi@regioner.dk

Kit Jespersen  
9116 9263  
kij@regioner.dk

Julie Kofoed  
2042 5077  
jko@regioner.dk

Christian Andersen  
4022 3017  
can@regioner.dk

Kurt Møller  
6124 2576  
kum@regioner.dk

Mads Leerbech Jensen  
3023 0016  
mdj@regioner.dk

# Støvpåvirkning omkring en grusgrav i Nordsjælland – måling af svævestøv og $\alpha$ -kvarts

Af Arne Oxbøl og  
Karsten Fuglsang,  
FORCE Technology A/S og  
Jens Christian Storgaard,  
Region Hovedstaden

Region Hovedstaden har undersøgt støvpåvirkning af omgivelserne i form af svævestøv, støvnedfald og  $\alpha$ -kvarts fra en grusgrav i Nordsjælland. Projektet er gennemført af FORCE Technology i perioden marts 2020 til januar 2021. Projektets primære fokus var måling af mobiliseret og respirabelt svævestøv relateret til råstofindvinding med henblik på at belyse eventuelle sundhedsmæssige risici for de omkringboende borgere. I denne artikel fokuseres der på projektets resultater med fokus på svævestøv og bestemmelse af indholdet af  $\alpha$ -kvarts i svævestøvet, samt de vundne erfaringer projektet har kastet af sig.

## Baggrund

I takt med den generelt stigende efterspørgsel på råstoffer i Region Hovedstaden og samtidig med udtømmning af nuværende råstofgrave i det åbne land er det blevet stadigt vanskeligere at finde nye råstofforekomster af erhvervsmæssig interesse. De eksisterende restressourcer af råstoffer er derfor generelt beliggende tættere på bynære områder i dag end tidligere, og det har betydet, at der er kommet mere offentlig fokus på de miljømæssige aspekter af råstofindvinding.

Region Hovedstaden har ved udpegning af nye interesse- og graveområder oplevet en markant større fokus og bekymring fra de omkringboende borgere til de kommende råstofgrave. Borgernes bekymring går generelt på kommende gener i form af faldende huspriser, støj og støv. I forbindelse med råstofplan 2016 blev der fra borgernes side yderligere fokuseret på de sundhedsmæssige risici ved indvinding af silt-fraktion af råstofforekomsterne i form af respirabelt støv. Der var fra borgernes side frygt for indånding af små, næsten usynlige partikler, og der blev bl.a. stillet spørgsmål ved regionens erfaring med håndhævelse og måling af svævestøv. Svævestøv består af partikler (particulate matter, PM) som inddeles i to fraktioner som er mindre end hhv. 2,5 µm og 10 µm, og som næsten ikke kan ses eller mærkes.

## Måleprogram

Med baggrund i et litteraturstudie om sundhedsskadeligt støv i forbindelse med råstofgravning besluttede Region Hovedstaden at få FORCE Technology til at belyse støvproblematikken ved råstofgravning. Det blev besluttet at gennemføre målinger af støvnedfald og svævestøvs-koncentrationer i forhold til koncentrationen af PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> samt indhold af krystallinsk kvarts (α-kvarts) i svævestøv i området nær en repræsentativ råstofgrav i regionen.

Der blev udvalgt en råstofgrav ved Helsingør, dels fordi der her bliver indvundet en del finkornede materialer, og dels fordi gravens indretning og drift gjorde det muligt at udføre målingerne i en periode, hvor der blev påbegyndt indvinding på et nyt delareal, samtidig med at der kunne måles på støvpåvirkningen ved transporten af råstofferne på en intern kørevej (jf. Figur 1). Desuden skulle målingerne belyse, hvor omfattende svævestøv og støvnedfaldet var i forskellige afstande fra en grusgrav, når vinden kommer fra grusgraven og evt. bringer støv med sig. Det var et mål ved fastlæggelsen af måleprogrammet, at de indsamlede data skulle være repræsentative og omfatte de perioder, hvor der kunne forventes mest aktivitet i grusgraven samt perioder med lav nedbørsmængde, hvor støvpåvirkningen kunne forventes at være størst.

Hele måleprogrammet har inkluderet:

- Opstilling af måleudstyr øst for grusgrav (idet de fremherskende vinde er fra vest).
- Støvmålinger (både af støvnedfald og svævestøv) i 4 positioner i en afstand af 25 m og op til 200 m fra grusgraven, samt i en referenceposition (1,5 km fra grusgrav).
- Opsætning af støjmåler til registrering af lastbiler (til bestemmelse af støv forårsaget af kørsel på interne køreveje).
- Bestemmelse af middelkoncentrationer af svævestøv og støvnedfald fra grusgraven.
- Bestemmelse af α-kvarts indhold i udvalgte prøver af PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>.
- Indhentning af meteorologiske data.

## Definition af støv

Der skelnes mellem to typer støv; henholdsvis svævestøv og støvnedfald.

**Svævestøv** er den del af det luftbårne støv, som holder sig luftbærent i længere tid. Svævestøv i udeluft karakteriseres typisk ved måling af partikler, der er mindre end hhv. 2,5 µm og 10 µm (PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>). Generelt bliver svævestøv også kaldt respirabelt støv.

**Støvnedfald** er den del af det luftbårne støv, som falder ned på overflader relativt tæt på kilden. Der er ikke en egentlig sundhedsmæssig risiko i nedfaldsstøv, så længe der er tale om inert (ikke toksisk) materiale, og støvnedfald omkring grusgrave vil derfor primært være i fokus på grund af generne som følge af støv, der lægger sig på overflader. Afhængig af partiklernes densitet, vindhastigheder, nedbørsmængder og luftens relative fugtighed vil støvnedfald forekomme relativt tæt på kilden – og i praksis altid inden for en radius af 500 m fra kilden. Støvdannelse fra aktiviteter såsom råstofindvinding er oftest karakteriseret ved at være domineret af relativt store partikler. Derfor har fokus traditionelt været på gener som følge af støvnedfald.

## Grænseværdier for svævestøv

Svævestøv i udeluften karakteriseres oftest som PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>. PM er en forkortelse for det engelske "Particulate Matter". PM<sub>2,5</sub> bruges som en betegnelse for den del af partikelmassen, der udgøres af partikler med en aerodynamisk diameter mindre end 2,5 µm. En tilsvarende definition gælder for PM<sub>10</sub>, idet PM<sub>10</sub> omfatter partikler med en aerodynamisk diameter mindre end 10 µm. Da luftbårne partikler i udeluften består af partikler, der kan have meget forskellige vægtfylde, og da partiklerne langt fra altid er sfæriske, opererer man med den aerodynamiske diameter. Den aerodynamiske diameter defineres som diameteren af en kugleformet partikel med massefylden 1 g/cm<sup>3</sup>, som falder med samme hastighed som den betragtede partikel.

De relevante grænseværdier for svævestøv for nærværende måleprojekt ses i Tabel 1.

**TABEL 1** OVERSIGT OVER EU'S GÆLDENDE GRÆNSEVÆRDIER FOR SVÆVESTØV SAMT EKSEMPLER PÅ GRÆNSEVÆRDIER FOR STØVNEDFALD.

| Parameter |                   | Grænseværdi                                                                                               | Reference                                                                         |
|-----------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Svævestøv | PM <sub>10</sub>  | 50 µg/m <sup>3</sup> som døgnværdi, der ikke må overskrides mere end 35 gange pr. kalenderår <sup>1</sup> | EU's luftkvalitetsdirektiv er implementeret ved Bekendtgørelse nr. 1472, 2017 (4) |
|           |                   | 40 µg/m <sup>3</sup> som årsmiddelværdi                                                                   |                                                                                   |
|           | PM <sub>2,5</sub> | 25 µg/m <sup>3</sup> som årsmiddelværdi                                                                   |                                                                                   |
|           | α-kvarts          | 0,005 mg/m <sup>3</sup> = 5 µg/m <sup>3</sup>                                                             | B-værdivejledningen (5)                                                           |

<sup>1</sup> Denne grænseværdi svarer til 90,4-percentilen af alle målte døgnværdier for PM<sub>10</sub> over et år.

FIGUR 1 MÅLEPOSITIONERNES PLACERING.



Bogstaverne på de enkelte positioner angiver, hvilket måleudstyr der blev anvendt på positionen – se beskrivelse i Tabel 2.

Der er ikke fastsat en specifik grænseværdi for  $\alpha$ -kvarts i udeluft.  $\alpha$ -kvarts er et stof, hvor kun den samlede dosis er afgørende, og for sådanne stoffer fastsættes B-værdien (en virksomheds bidrag til omgivelserne). B-værdien for  $\alpha$ -kvarts er  $0,005 \text{ mg/m}^3$ , men det fremgår ikke eksplicit af vejledningen (5), hvilken partikelstørrelse den gælder for. B-værdien for mange andre stoffer i støv gælder imidlertid for  $\text{PM}_{10}$  fraktionen, og FORCE har i nærværende projekt vurderet, at koncentrationerne af  $\alpha$ -kvarts i opsamlet  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$  var relevante at vurdere i forhold til B-værdien.

## Målepositionernes placering

Det var en del af opgaven at undersøge, hvor omfattende støvnedfald og svævestøv er i forskellige afstande fra grusgravens aktiviteter, når vinden kommer fra grusgraven og evt. bringer støv med sig. Målepositionerne blev derfor placeret som vist på Figur 1 og i oversigten i Tabel 2. Der blev opsat to vindretningsbestemte støvopsamlere (til måling af støvnedfald) i forskellige afstande til et nyåbnet delareal i grusgraven. For at estimere påvirkningen i flere afstande blev der opsat opsamlingsbøtter, der opsamlede ved alle vindretninger (bulkopsamling), og som blev placeret mellem de to retningsbestemte støvopsamlere. Afstanden mellem de to retningsbestemte støvopsamlere var ca. 200 meter, og de to bulkopsamlere blev anbragt i ækvidistante afstande mellem dem (ca. 70 meter mellem hver position). På positionen tættest på grusgraven blev den retningsbestemte støvopsamler suppleret med en bulkopsamler for valideringsformål.

**TABEL 2 OVERSICHT OVER DET ANVENDTE MÅLEUDSTYR PÅ DE ENKELTE MÅLEPOSITIONER.**

|                                          |                        | Måleudstyr svævestøv (PM <sub>2,5</sub> og PM <sub>10</sub> )<br>Afvigelse(RMSE) |                               | Måleudstyr støvnedfald                                                                               |             | Måleudstyr støj |
|------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|
| Angivelse på Figur 1:                    |                        | R                                                                                | O                             | M                                                                                                    | B           | BL              |
| Måleposition:<br>Afstand fra<br>grusgrav | Betegnelse             | Referencemåling<br>iht. EN 12341                                                 | Optisk mikro-<br>sensor (OPC) | Metdust<br>Støv fra kilde<br>opsamles i vind-<br>sektor (x grader<br>fra nord; y grader<br>fra nord) | Bulksampler | Lydtryksmåler   |
| 25 m                                     | Ved grusvej            | X                                                                                | X                             | X (150°;340°)                                                                                        | X           | X               |
| 75 m                                     | 75 m fra grusvej       |                                                                                  | X                             |                                                                                                      | X           |                 |
| 150 m                                    | 150 m fra grusvej      |                                                                                  |                               |                                                                                                      | X           |                 |
| 200 m                                    | Ved<br>Grønhøjgårdsvej |                                                                                  | X                             | X (210°;300°)                                                                                        | X           |                 |
| 1500 m                                   | Reference-<br>position |                                                                                  |                               |                                                                                                      | X           |                 |

Der blev desuden opsat en bulkopsamler for nedfaldstøv som reference ca. 1,5 kilometer vest for grusgraven. Denne referencemåling havde til formål at sammenligne de indsamlede data ved grusgraven med resultater fra et område, der ikke var påvirket af grusgravning.

Til måling af svævestøv blev der i positionen 25 m fra grusgraven opsat udstyr med opsamling på filtre i henhold til referencemetoden EN 12341. Her blev støv opsamlet på filtre i perioder på 24 timer og blev derefter vejjet og omregnet til koncentrationer i µg/m<sup>3</sup>. Svævestøvs koncentrationer blev desuden målt med optiske mikrosensorer i afstande af hhv. 25 m, 75 meter og 200 meter fra grusgraven. Figur 2 viser måleudstyret opsat i nærmeste position til grusgraven i Helsingør.

**FIGUR 2 OPSTILLING AF STØVMÅLEUDSTYR VED GRUSGRAVEN I HELSINGØR.**



Yderst til venstre ses bulk-opsamler til støvnedfald, i midten den vindretningsbestemte opsamler til støvnedfald (Mett dust), og til højre ses det filterbase-  
rede måleudstyr til bestemmelse af svævestøvsindhold i luften (også kaldet den ottearmede).



## Svævestøv – måleteknik

Der er udført akkrediterede målinger efter referencemetoden til PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> (EN 12341). Målingerne er foretaget ved prøvetagning over et døgn pr. prøve. Der blev skiftevis taget prøver for PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> over en periode på 8 uger. I alt blev der udtaget 28 døgnprøver for PM<sub>2,5</sub> og 29 døgnprøver for PM<sub>10</sub>. Parallelt hermed er der målt med svævestøvmålere af mærket OPC-N2 Particle Monitor fra firmaet Alphasense. Disse målere anvender som måleprincip måling af partiklernes spredning af lyset fra en laserlyskilde. Målingerne med OPC-N2 er optiske mikrosensorer, der har kunnet installeres i flere målepunkter, sådan at det blev muligt at vurdere svævestøvskoncentrationen som funktion af afstanden fra grusgraven. Svævestøvmålinger med OPC-N2 er ikke omfattet af akkrediteringen.

Målingerne med de optiske sensorer blev foretaget over hele måleperioden fra den 7. april 2020 til den 10. januar 2021.

I løbet af projektets gennemførelse viste det sig, at de optiske målere giver meget høje koncentrationer i perioder med tåge. Tåge er vanddråber i størrelsesorden ca. 2 til ca. 10 µm, og da de anvendte optiske målere ikke tørrer luften før måling, giver de små vanddråber i tågen meget høje registreringer ved målingen af lysspredningen i OPC'ernes målecelle – i størrelsesorden op til 30.000 µg/m<sup>3</sup>. Tågedannelse om natten og i morgentimerne har specielt i efterårsmånederne givet anledning til et stort antal fejlvisninger på de optiske sensorer. Betydningen var størst for PM<sub>10</sub>-målingerne pga. størrelsesfordelingen i tågen.

Disse registreringer blev fjernet fra måldata, før videre beregning af støvkoncentrationer kunne foretages. Som sorteringsparameter anvendtes den relative luftfugtighed, som blev hentet fra DMI's vejrstation i Sjælsmark. Alle værdier for timer med mere end 96 % relativ fugtighed blev fjernet.

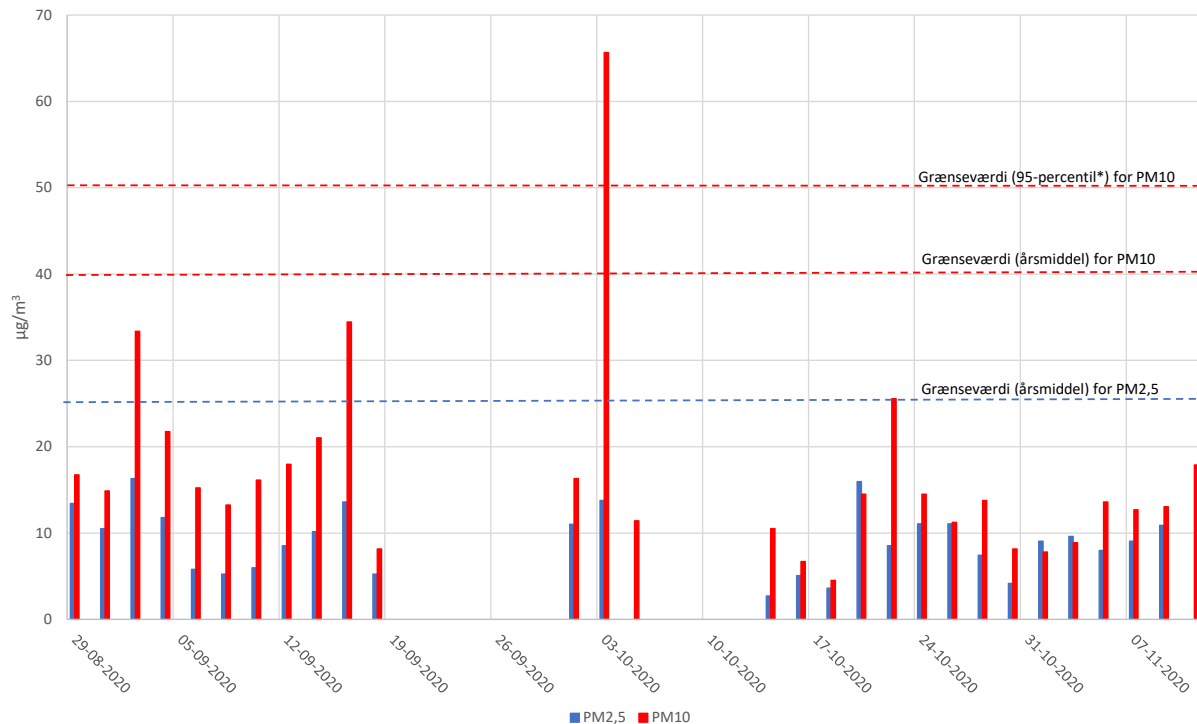
I EU's luftkvalitetsdirektiv er det anvist, at døgnmiddelværdier kun er valide, hvis der er mindst 18 valide timemiddelværdier. Derfor er der set bort fra døgnværdier, hvor tågehændelser har udgjort mere end seks timer, eller hvor data på anden vis ikke vurderes valide. Kalibreringerne er således foretaget for døgn med mindst 18 valide timer, hvilket har begrænset antal anvendelige døgn.

De målinger af svævestøv, der er foretaget med det filterbaserede måleudstyr i henhold til referencemetoden EN 12341, kan anvendes til sammenligning med grænseværdierne for PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>. Den registrerede betydning af tåge gør, at OPC-målerne ikke er anvendelige til målinger i perioder, hvor tågedannelse er hyppig, som fx de sene efterårsmåneder og vintermåneder. I perioder med tågedannelse vurderes det, at emissionen og spredningen af støv vil være mindre end i perioder uden tågedannelse. Dette skyldes den høje fugtighed og de lave vindhastigheder, der typisk forekommer ved tågedannelse. Det vurderes derfor, at de udførte målinger med de optiske sensorer efter de foretagne sorteringer giver gode indikationer af svævestøvkoncentrationer i de tre afstande fra grusgraven.

## Indhold af α-kvarts i svævestøv

Til bestemmelse af koncentrationen af α-kvarts er der udvalgt filtre opsamlet med referencemetoden for svævestøv. Der er udvalgt fem filtre med PM<sub>2,5</sub> og fem filtre med PM<sub>10</sub> – alle tilstræbt blandt dage, hvor vinden i 20-24 timer har været vestlig, dvs. med vindretning fra grusgraven mod målepositionen. For disse dage er udvalgt de fem filtre, hvor der var mest opsamlet støvmateriale for hhv. PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>.

FIGUR 3 SVÆVESTØV MÅLT MED REFERENCEMETODEN.



Døgnværdier for  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$  målt med referencemetoden. EU's grænseværdier for hhv.  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$  er vist som stiplede linjer.

### Svævestøv – målt med referencemetoden

$PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$  er målt med referencemetoden i hhv. 27 og 29 dage med bl.a. henblik på kalibrering af de optiske svævestøvmålere, der mælte mere eller mindre kontinuerligt fra april frem til november. Måling af svævestøvs-koncentrationer skulle ligeledes anvendes til sammenligning med grænseværdier. Resultaterne af målingerne er vist og sammenstillet med de respektive grænseværdier i Figur 3. Tabel 3 på næste side, viser resultaterne af svævestøvmålingerne med referencemetoden.

Den meget høje værdi for  $PM_{10}$ , som ses den 3. oktober 2020 på figur 3, formodes at kunne forklares ud fra de østlige vindretninger i perioden, der på grund af langtransporteret støv fra bl.a. "dust storms" i den sydlige del af Rusland (Rostov-na-Donu-regionen) medførte forhøjede koncentrationer af  $PM_{10}$  over store dele af Skandinavien (8). Hvis der ses bort fra denne outlier viser resultaterne, at koncentrationsniveauet af svævestøv fra grusgraven i måleperioden ikke overskrider de fastsatte grænseværdier.

Der blev indsamlet måledata med referencemetode EN 12341 i august og september 2020, som var en periode med relativt lave nedbørsmængder og relativt høje temperaturer, og dermed i en periode med høj risiko for støvdannelse fra grusgravens aktiviteter. Idet der ikke blev målt overskridelser af grænseværdierne i løbet af august og september 2020, vurderes det, at risikoen for overskridelser af grænseværdierne for  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$  ved måling i årets øvrige måneder derfor vil være lav.

TABEL 3 RESULTATER AF SVÆVESTØVSMÅLINGER MED REFERENCEMETODEN (EN12341).

| Måleværdi                   | PM <sub>2,5</sub> | Grænseværdi       | PM <sub>10</sub>  | Grænseværdi       |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                             | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> |
| Middelværdi                 | 9                 | 25                | 17                | 40                |
| Maksimumværdi               | 16                | -                 | 66                | -                 |
| Minimumværdi                | 3                 | -                 | 5                 | -                 |
| 90,4 percentil <sup>2</sup> | -                 | -                 | 28                | 50                |
| Antal måledage              | 27                |                   | 29                |                   |

<sup>2</sup> 90,4-percentilen gælder for døgnmiddelværdier målt over et år. Denne grænseværdi på 50 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>10</sub> som er en døgnværdi, der ikke må overskrides mere end 35 gange pr. kalenderår.

## Svævestøv – målt med optiske mikrosensorer (OPC)

Målingerne med de optiske mikrosensorer er som tidligere nævnt blevet påvirket af tågedannelse. Særligt i efterårs- og vinterperioden forekom der mange timer med meget tåge, og resultaterne for disse timer er derfor ikke pålidelige. I henhold til Bekendtgørelsen om luftkvalitet (4) er en døgnmiddelværdi kun valid, hvis døgnet har mere end 17 timer med valide resultater. FORCE har derfor fjernet døgnmiddelværdier for alle døgn, hvor der har været mere end seks timer med tåge. Men da der anvendes data fra DMI's målestation 15 km fra målepositionen/grusgraven, kan lokal tågedannelse potentielt være årsag til, at koncentrationerne målt med de optiske mikrosensorer i korte perioder i det sene efterår derfor kan være forhøjede.

Døgnmiddelværdier for PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> er for de tre målepositioner vist grafisk i hhv. Figur 4 og 5. Der har i måleperioden været fejl og udfordringer med kalibreringen af OPC'erne, hvorfor der på nogle af positioner er hul i målingerne. Dette fremgår mere specifikt af rapporten, som kan downloades fra Region Hovedstadens hjemmeside.

De tre optiske mikrosensorer har skiftet position i løbet af måleprogrammets varighed, men i perioden 12. juni til 7. oktober 2020 har de stået fast på hver sin position. For denne periode er der beregnet middelværdier for PM<sub>2,5</sub> i timer mellem kl. 6 og 16 på hverdage, hvor vinden har blæst fra grusgraven. Der er beregnet middelværdier for positionerne ved grusvejen, 75 meter fra grusvejen og 200 meter fra grusvejen. Resultaterne er vist i Tabel 4 på side 12.

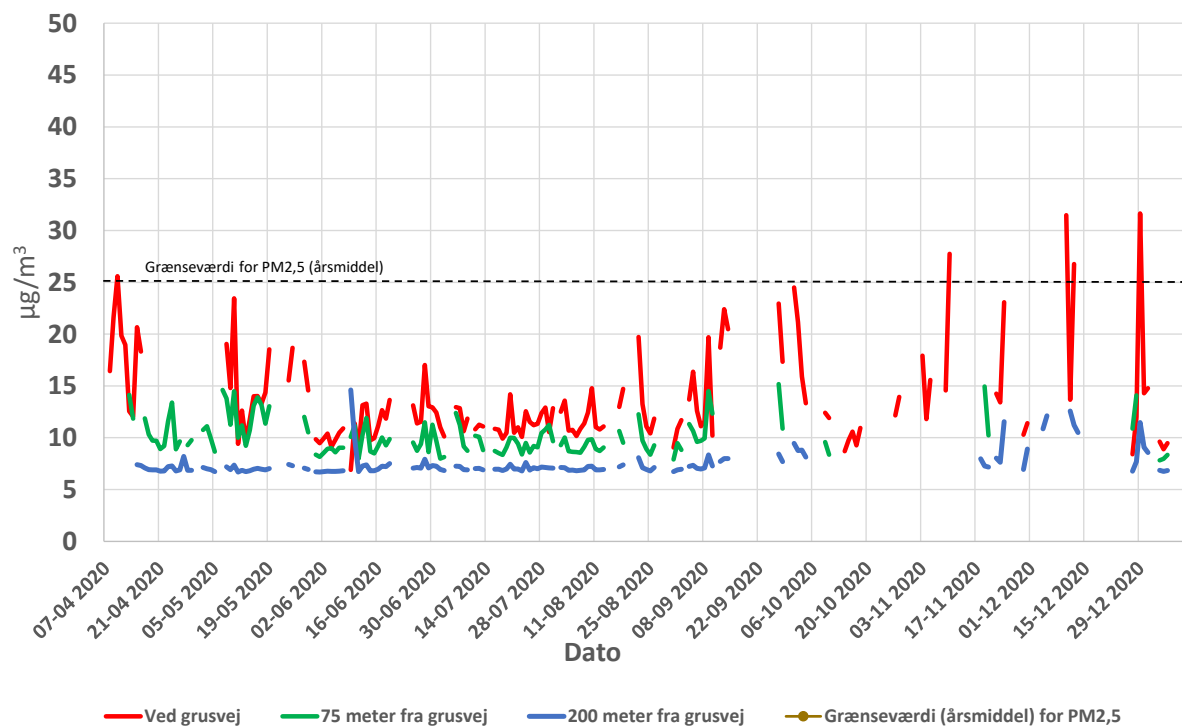


*Døgnværdier for PM<sub>10</sub> målt med optiske mikrosensorer.*

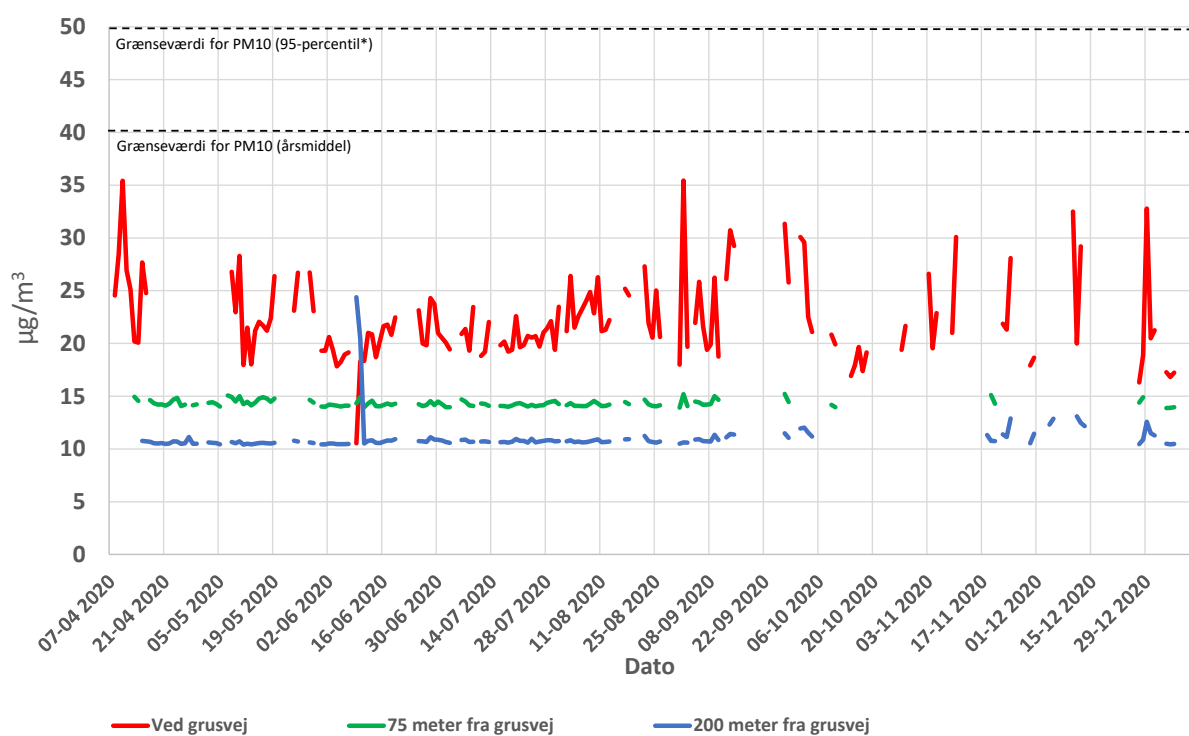
Døgnværdier for  $PM_{2,5}$  målt med optiske mikrosensorer<sup>3</sup>.



FIGUR 4 DØGNMIDDELVÆRDIER FOR  $PM_{2,5}$  MÅLT MED OPTISKE MÅLERE.



FIGUR 5 DØGNMIDDELVÆRDIER FOR  $PM_{10}$  MÅLT MED OPTISKE MÅLERE.<sup>3</sup>



<sup>3</sup> Målingerne med mikrosensorer er ikke omfattet af akkrediteringen.

**TABEL 4 PM<sub>2,5</sub> MIDDELVÆRDIER FOR TIMER MED VIND FRA GRUSGRAVEN HHV. FRA MARKERNE FORDELT PÅ HHV. HVERDAGE OG IKKE-HVERDAGE. MÅLT I TRE FORSKELLIGE AFSTANDE FRA GRUSGRAVEN MED OPTISKE MIKROSENSORER.<sup>4</sup>**

| PM <sub>2,5</sub> målt ved grusvej. Koncentration (µg/m <sup>3</sup> ) i tidsrummet 6 til 16       |            |             |              |             |              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Vindretning<br>(° fra nord)                                                                        | Betegnelse | Middelværdi |              | Antal timer |              |
|                                                                                                    |            | Hverdag     | Ikke Hverdag | Hverdag     | Ikke Hverdag |
| 340-150                                                                                            | Marker     | 12          | 12           | 274         | 113          |
| 150-340                                                                                            | Grusgrav   | 13          | 13           | 484         | 179          |
| PM <sub>2,5</sub> målt 75 m fra grusvej. Koncentration (µg/m <sup>3</sup> ) i tidsrummet 6 til 16  |            |             |              |             |              |
| Vindretning<br>(° fra nord)                                                                        | Betegnelse | Middelværdi |              | Antal timer |              |
|                                                                                                    |            | Hverdag     | Ikke Hverdag | Hverdag     | Ikke Hverdag |
| 340-150                                                                                            | Marker     | 10          | 11           | 274         | 113          |
| 150-340                                                                                            | Grusgrav   | 10          | 10           | 484         | 179          |
| PM <sub>2,5</sub> målt 200 m fra grusvej. Koncentration (µg/m <sup>3</sup> ) i tidsrummet 6 til 16 |            |             |              |             |              |
| Vindretning<br>(° fra nord)                                                                        | Betegnelse | Middelværdi |              | Antal timer |              |
|                                                                                                    |            | Hverdag     | Ikke Hverdag | Hverdag     | Ikke Hverdag |
| 340-150                                                                                            | Marker     | 7           | 7            | 274         | 113          |
| 150-340                                                                                            | Grusgrav   | 7           | 7            | 484         | 179          |

<sup>4</sup> Målingerne med mikrosensorer er ikke omfattet af akkrediteringen.

Koncentrationsniveauet for PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> målt med OPC ved grusvejen er generelt højere end på den position, der ligger 75 m fra grusgraven, som igen generelt er højere end positionen 200 m fra grusgraven. Generelt gælder dette for hele måleprogrammets varighed. Ved vurderingen af data skal det erindres, at den anvendte målemetode med OPC ikke er en akkrediteret og standardiseret metode. Trods kalibrering over for referencemetoden kan resultaterne ikke tillægges samme validitet som resultater for referencemetoden, og det skal bemærkes, at det har været nødvendigt at fjerne data fra en række måledage med høj relativ fugtighed og tågedannelse.

Ingen af de målte koncentrationer af PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> overskrider de fastsatte grænseværdier for svævestøv. Resultaterne indikerer, at der ikke er signifikant forskel på middelkoncentrationer på hverdage versus ikke- hverdage, og der er heller ikke forskel på middelkoncentrationer ved vind fra grusgraven versus vind fra andre retninger – i Tabel 4 kaldet "Marker".

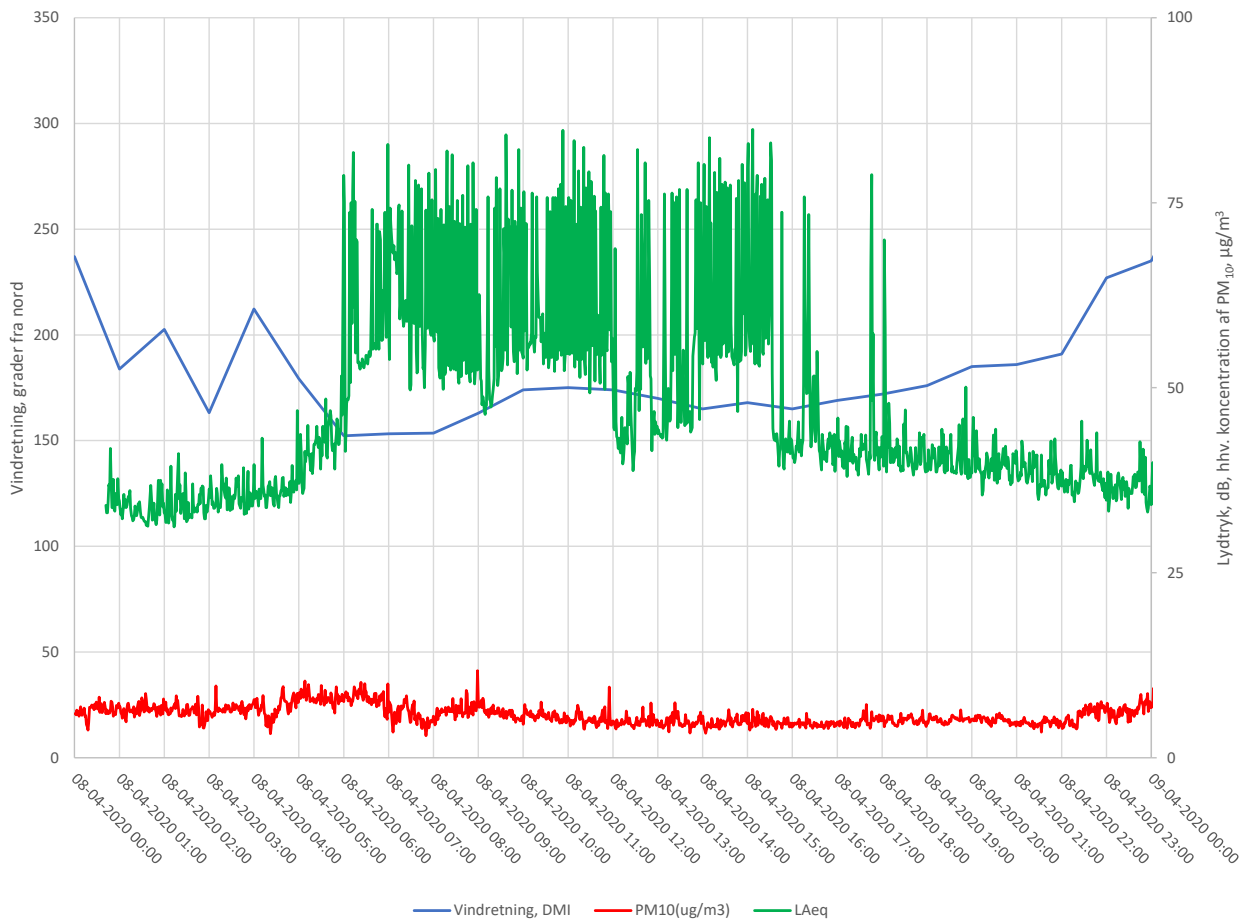
Resultaterne indikerer en lille forskel mellem koncentrationerne tæt på grusvejen – og dermed tæt på grusgraven – i forhold til koncentrationerne længere væk. Forskellene er imidlertid relativt små, og alle koncentrationer er lave.

## Vurdering af svævestøv relateret til trafik og øvrig råstofaktivitet

Der blev opstillet en støjmåler ved indkørselsvejen til grusgraven for bl.a. at undersøge, om trafik på tilkørselsvejen umiddelbart påvirker koncentrationen af svævestøv tæt på tilkørselsvejen. Figur 6 viser målinger af PM<sub>10</sub> og støj for den 8. april 2020, hvor vinden var fra syd-sydvest, og evt. ophvirvlet støv fra tilkørselsvejen blev derfor ført mod måleudstyret.

Ved vurdering af PM<sub>2,5</sub> i forhold til trafik på indkørselsvejen til grusgraven ses ingen forhøjede koncentrationer i timer med trafik, hvilket sandsynligvis kan tilskrives, at der sker daglig vanding af grusvejen for at reducere støvflugten. Tilsvarende ses ingen forøgede koncentrationer inden for grusgravens åbningstider på hverdage fra kl. 6 til 16, og grusgravens aktiviteter er således ikke årsag til forhøjede koncentrationer af PM<sub>2,5</sub>. Målinger af lydepisoder ved grusgraven (antageligt forårsaget af trafik på indkørselsvejen) har vist, at de fleste forbi-kørsler har fundet sted i tidsrummet 6-16 på hverdage i perioden frem til ca. uge 40.

FIGUR 6 SAMMENSTILLING AF VINDRETNING, STØJ OG SVÆVESTØV, 8. APRIL 2020.<sup>5</sup>



<sup>5</sup> De viste målinger af lydtryk,  $PM_{10}$  og vindretning er ikke omfattet af akkrediteringen.

Figur 6 viser det registrerede lydtryk den 8. april 2020, hvor der var meget høj trafikaktivitet på tilkørselsvejen. Trods det, at vinden var fra sydlige retninger, og at evt. ophvirvlet støv den 8. april derfor føres mod måleudstyret, måles der på denne dag ikke særligt høje koncentrationer af svævestøv (se resultater for  $PM_{10}$  i Figur 6). På alle hverdage bliver der kørt vand på grusvejen omkring kl. 9-10. Dette formodes at være årsagen til, at resultaterne for  $PM_{10}$  ikke blev påvirket af støvdannelse fra grusvejen.

Generelt viser resultaterne for sammenstillingen af vindretning, lydtrykningsniveauet fra forbi-kørende lastbiler og den daglige vanding omkring kl. 10, at der er et lille fald i støvkoncentrationer lige omkring dette tidspunkt, hvilket må være forårsaget af vandingen af vejen.

Generelt viser resultaterne dog, at der ikke er forskel på middelkoncentrationer af svævestøv hhv. i situationer med og uden kørsel på grusvejen, og der er heller ikke forskel på middelkoncentrationer ved vind fra grusgraven versus vind fra andre etninger – i Tabel 5 kaldet "Marker". Årsagen er formodentlig den daglige vanding af grusvejen for binding af støvet. Selve råstofgraven (dvs. indvinding, sortering og læsning af råstoffer) bidrager heller ikke med en målbar, forhøjet koncentration af svævestøv til omgivelserne.

**TABEL 5 PM<sub>2,5</sub> MIDDEL-VÆRDIER MÅLT I PERIODER MED VIND FRA GRUSGRAVEN HHV. FRA MARKERNE, FORDELT PÅ TIMER MED KØRSEL HHV. IKKE-KØRSEL PÅ GRUSVEJEN. MÅLT I TRE FORSKELLIGE AFSTANDE FRA GRUSGRAVEN MED OPTISKE MÅLERE.<sup>6</sup>**

| PM <sub>2,5</sub> ved grusvej. Koncentration (µg/m <sup>3</sup> ) i tidsrummet 6 til 16 |            |                   |                        |                   |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| Vindretning<br>(° fra nord)                                                             | Betegnelse | Middelværdi       |                        | Antal timer       |                        |
|                                                                                         |            | Kørsel på grusvej | Ikke Kørsel på grusvej | Kørsel på grusvej | Ikke Kørsel på grusvej |
| 340-150                                                                                 | Marker     | 12                | 12                     | 210               | 177                    |
| 150-340                                                                                 | Grusgrav   | 13                | 12                     | 436               | 227                    |

| PM <sub>2,5</sub> 75 m fra grusvej. Koncentration (µg/m <sup>3</sup> ) i tidsrummet 6 til 16 |            |                   |                        |                   |                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| Vindretning<br>(° fra nord)                                                                  | Betegnelse | Middelværdi       |                        | Antal timer       |                        |
|                                                                                              |            | Kørsel på grusvej | Ikke Kørsel på grusvej | Kørsel på grusvej | Ikke Kørsel på grusvej |
| 340-150                                                                                      | Marker     | 10                | 10                     | 210               | 177                    |
| 150-340                                                                                      | Grusgrav   | 10                | 10                     | 436               | 227                    |

| PM <sub>2,5</sub> 200 m fra grusvej. Koncentration (µg/m <sup>3</sup> ) i tidsrummet 6 til 16 |            |                   |                        |                   |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| Vindretning<br>(° fra nord)                                                                   | Betegnelse | Middelværdi       |                        | Antal timer       |                        |
|                                                                                               |            | Kørsel på grusvej | Ikke Kørsel på grusvej | Kørsel på grusvej | Ikke Kørsel på grusvej |
| 340-150                                                                                       | Marker     | 7                 | 7                      | 210               | 177                    |
| 150-340                                                                                       | Grusgrav   | 7                 | 7                      | 436               | 227                    |

<sup>6</sup> De viste målinger af PM<sub>2,5</sub> er foretaget med mikrosensorer og er ikke omfattet af akkrediteringen.

## α-kvarts i svævestøv

Til belysning af, om der kan være α-kvarts i det støv, der kommer i vindretninger fra grusgraven, og for at vurdere omfanget af luftbåret α-kvarts, er der udvalgt 10 filtre til laboratorieanalyse for indhold af α-kvarts – fem PM<sub>2,5</sub>-filtre og fem PM<sub>10</sub>-filtre. Det var tilstræbt, at alle filtre skulle være fra dage med mere end 20 timers vind fra grusgravens retning, og heraf filtre med de største opsamlede støvmængder. Der er imidlertid i to tilfælde sket fejl, idet der er foretaget laboratorieanalyse for α-kvarts fra dage uden vind fra grusgraven (markeret med timeantal 0 i Tabel 6). De samlede resultater ses i Tabel 6. Det fremgår her, at der er fundet α-kvarts i enkelte døgnprøver af svævestøv ved vindretninger fra grusgraven i niveauer fra <0,1 µg/m<sup>3</sup> til 0,5 µg/m<sup>3</sup>. Den fastlagte grænseværdi for α-kvarts er på 5 µg/m<sup>3</sup> som B-værdi, og denne koncentration er ikke fundet overskredet i de målte prøver fra råstofgraven. Dog er der i et enkelt tilfælde uden vind fra grusgraven fundet 6,9 µg/m<sup>3</sup>, hvilket formentlig kan tilskrives en regional påvirkning, der stammer fra store støvstorme i det sydlige Rusland, hvor støv efterfølgende er blæst ind over Skandinavien.

B-værdien for α-kvarts er 5 µg/m<sup>3</sup> – se Tabel 6. Det skal understreges, at B-værdien ikke må overskrides som timemiddelkoncentration i mere end syv timer på en måned. B-værdien er således ikke direkte sammenlignelig med de fundne koncentrationer, men må kun anvendes som en indikator for størrelsesordenen, og er i øvrigt et mål for det tilladelige bidrag fra kilden (her råstofgravens aktiviteter) – ikke en grænseværdi for den samlede koncentration i udeluften.

TABEL 6  $\alpha$ -KVARTS I SVÆVESTØV SAMMENHOLDT MED DET MÅLTE INDHOLD AF HHV.  $PM_{2,5}$  OG  $PM_{10}$  MED REFERENCEMETODEN.<sup>7</sup>

| Eksponeringsdato | Timer med vind fra kilden | Partikler  |                          | $\alpha$ -kvarts   |                          |
|------------------|---------------------------|------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
|                  |                           | Størrelse  | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Andel af partikler | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| 04-09-2020       | 23                        | $PM_{2,5}$ | 12                       | < 0,8%             | < 0,1                    |
| 14-09-2020       | 21                        | $PM_{2,5}$ | 10                       | < 0,9%             | < 0,1                    |
| 16-09-2020       | 21                        | $PM_{2,5}$ | 14                       | 1,3%               | 0,2                      |
| 20-10-2020       | 18                        | $PM_{2,5}$ | 16                       | 0,7%               | 0,1                      |
| 09-11-2020       | 0                         | $PM_{2,5}$ | 11                       | < 0,8%             | < 0,1                    |
| 03-09-2020       | 24                        | $PM_{10}$  | 22                       | 2,4%               | 0,5                      |
| 11-09-2020       | 20                        | $PM_{10}$  | 18                       | 1,3%               | 0,2                      |
| 13-09-2020       | 24                        | $PM_{10}$  | 21                       | < 0,4%             | < 0,1                    |
| 02-10-2020       | 0                         | $PM_{10}$  | 66                       | 10,5%              | 6,9                      |
| 21-10-2020       | 24                        | $PM_{10}$  | 26                       | 0,8%               | 0,2                      |

<sup>7</sup> De viste målinger af  $PM_{2,5}$  er foretaget med mikrosensorer og er ikke omfattet af akkrediteringen.

## Konklusion og perspektivering – "Lessons learned"

Målingerne af svævestøv med referencemetoden over 4 uger i oktober-november tæt på grusgraven og tilkørselsvejen hertil har vist, at koncentrationerne af  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$  er væsentligt under de gældende grænseværdier for svævestøv. Målinger af svævestøv med små optiske sensorer (ikke akkrediteret metode) fra april til januar bekræfter, at koncentrationerne af  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$  over hele måleperioden generelt var lave og under grænseværdierne. Resultaterne indikerer, at der generelt er lidt højere koncentrationsniveau af svævestøv tæt på tilkørselsvejen til grusgraven.

Målinger af  $\alpha$ -kvarts i svævestøvet viser døgnværdier, der er markant lavere end den tilhørende B-værdi. De to sæt værdier kan ikke sammenlignes direkte, da B-værdien er angivet som maksimal timemiddelværdi, og sammenligningen kan derfor kun anvendes til indikation af størrelsesordenen.

Sammenstilling af data for støv, vind og støj indikerer, at trafikken på tilkørselsvejen ikke giver anledning til forhøjede koncentrationer af  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$ . Det kan formentlig tilskrives, at tilkørselsvejen vandes dagligt.

Med baggrund i måleresultaterne konkluderes, at råstofaktiviteterne i sig selv ikke bidrager med en målelig, forhøjet koncentration af svævestøv til omgivelserne.

Dertil kommer, at hovedbestanddelen af smeltevandsaflejret sand og grus udgøres af korn/partikler i fraktionen 0,06–20 mm. Kornstørrelsen er dermed væsentligt større end de 10  $\mu\text{m}$  der karakteriseres som svævestøv.

Målinger af svævestøv med en optisk metode har i den konkrete opgave vist en væsentlig begrænsning, idet små vandaerosoler i tåge har givet anledning til en betydelig fejlvisning på de små, optiske målere. Det er forsøgt løst ved at fjerne data fra "tåge"-målinger ud fra timer med høj luftfugtighed, som korrelerer godt med forekomsten af tåge. For at kunne foretage en sådan eliminering bedst muligt,

skal data for fugtighed være geografisk så tæt sammenhørende med støvmålingerne som muligt. I det aktuelle tilfælde er de meteorologiske data målt på DMI's målestation, som ligger i en afstand på ca. 15 km fra grusgraven. Lokal tågedannelse omkring grusgravsområdet kan derfor potentielt være årsag til, at koncentrationerne målt med de optiske målere for det sene efterår ser lidt for høje ud. For fremtidig brug af de optiske målere anbefales det at etablere en meteorologisk målestation ved støvmålestationen for at opnå en fuldstændig korrelation af aerosolkoncentrationer og timer med tåge.

Målingernes formål var at dokumentere forhold ved en grusgrav i drift og med en tilkørselsvej, der vandes dagligt. For en dokumentation af, om vanding har en god effekt, bør man en anden gang involvere en periode uden vanding, således at udbredelsen af ophvirvlet støv kan inddrages i vurderingen. FORCE Technology har erfaring for, at det ses tydeligt og hurtigt, når en svævestøvmåler er placeret på en position tæt på en tilkørselsvej.

Samlet må det konkluderes, at de optiske mikrosensorer har været nyttige i denne opgave, hvor det ønskedes vurderet, hvordan koncentrationen af svævestøv ændres som funktion af afstanden til grusgraven. Det har imidlertid vist sig, at relativt store mængder data fra de optiske mikrosensorer under vejrforhold med høj fugtighed ikke var valide og derfor måtte frasorteres. Hvis man ønsker  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$  målt omkring grusgrave i fremtidige måleprogrammer, er det derfor FORCE Technologys anbefaling, at der udføres akkrediteret måling med referencemetode på en eller to "realistiske worst case" positioner, dvs. positioner nær naboområder med hyppige vindretninger fra kilden. Herved opnår man et mere sikkert og validt datagrundlag, og det vurderes samtidigt, at der (1) vil være en tidsbesparelse i forbindelse med den efterfølgende databehandling, og (2) at der ikke skal udføres en tidskrævende validering af de optiske mikrosensorer (ved indledende kalibrering med referencemetoden).

Målinger af støj gav gode informationer om trafikken på tilkørselsvejen til grusgraven og dermed en god indikation af aktiviteten. Sådanne målinger må klart anbefales, når det som her er muligt, fordi det i et betydeligt omfang kan besvare spørgsmål om, hvorvidt der var aktivitet i grusgraven. For at kunne anvende denne information må det forudsættes, at trafikken hovedsageligt har med grusgraven at gøre, og at grusgravens øvrige aktivitet er korreleret med mængden af udleveret grus.

---

## Referencer

- /1/ **Arne Oxbøl og Karsten Fuglsang.** Notat til Region Hovedstaden: Erfaringer og anbefalinger vedrørende støvnedfald og svævestøv ved råstofindvinding, FORCE Technology. 2021.
  - /2/ **Karsten Fuglsang, Ole Schleicher og Arne Oxbøl.** Baggrundsdokument for fastsættelse af grænseværdi for nedfald af støv og regulering af støvemissioner fra diffuse kilder. dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ (nu en del af FORCE Technology). Miljøprojekt nr. 879, 2003.
  - /3/ **Ministry for the Environment.** Good Practice Guide for Assessing and Managing Dust. Wellington, New Zealand: ISBN: 978-0-908339-73-0, 2016.
  - /4/ **BEK nr. 1472 af 12/12/2017.** Bekendtgørelse om vurdering og styring af luftkvaliteten. 2017.
  - /5/ **Miljøstyrelsens vejledning nr. 20.** Vejledning om B-værdier. 2016.
  - /6/ **Bundesrat Drucksache 767/20.** Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft.
  - /7/ **BEK nr 209 af 13/02/2021.** Bekendtgørelse om grænseværdier for stoffer og materialer. 2021.
  - /8/ **Det europæiske Copernicus Monitoring Service program.** [https://policy.atmosphere.copernicus.eu/reports/CAMS71\\_PM10\\_episode\\_October2020\\_draft.pdf](https://policy.atmosphere.copernicus.eu/reports/CAMS71_PM10_episode_October2020_draft.pdf). [Online]
  - /9/ **John Cappelen og Bent Jørgensen.** Technical report 99-13, Observed wind speed and direction in Denmark – with climatological standard normal, 1961-90. Copenhagen: Danish meteorological institute, 1999.
  - /10/ **Arne Oxbøl og Karsten Fuglsang.** Rapport til Region Hovedstaden: Måling af støvpåvirkning fra en grusgrav i Region Hovedstaden ved måling af støvnedfald, svævestøv og  $\alpha$ -kvarts, FORCE Technology. 2021.
-



# Den umættede zone som en sekundær kilde til forurening af grundvandet med desphenyl- chloridazon (DPC)

---

Af Anna Krog og  
Katerina Tsitonaki, WSP,  
Katrine Sadowski,  
Susanne Rinette Pedersen  
og Henrik Jannerup,  
Region Sjælland og  
Poul L. Bjerg, DTU Miljø,  
Danmarks Tekniske  
Universitet

*Tilbageholdelsen af DPC i den umættede zone er blevet undersøgt i forbindelse med et kandidatspeciale på DTU Miljø i samarbejde med Region Sjælland og WSP. Hertil blev der i jordprøver, udtaget ved tidligere vaske- og møddingspladser, observeret overraskende høje koncentrationer af DPC i jorden ned til sekundært grundvand i 10 meters dybde.*

I takt med, at regionernes analysepakker til kontrol af drikkevand er blevet udvidet, er der konstateret en række nedbrydningsprodukter fra pesticider i flere indvindingsboringer til almene vandværker. Et af disse nedbrydningsprodukter er desphenylchloridazon (DPC), som blev inkluderet i analysepakken i 2017. DPC har siden da vakt stor bekymring mht. den danske grundvandskvalitet på grund af mange fund i vandværksboringer og ved regionernes undersøgelser af pesticidpunktkilder.

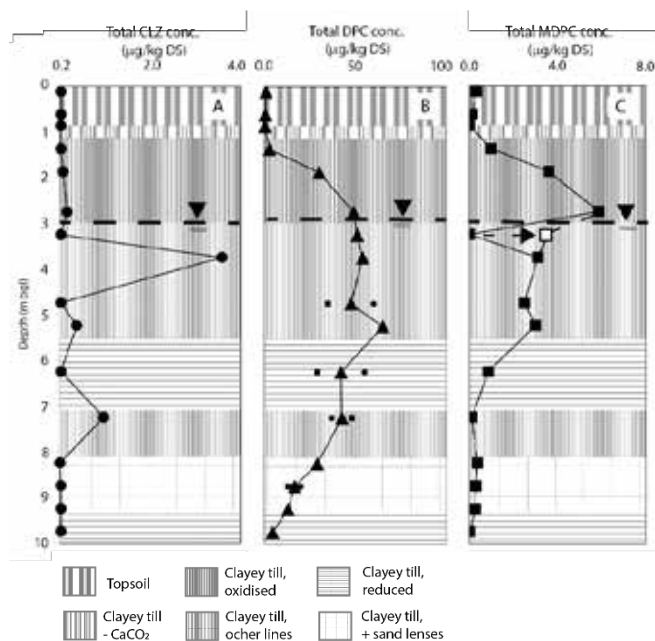
DPC er nedbrydningsproduktet fra chloridazon (CLZ), der har været anvendt som ukrudtsmiddel i landbruget i forbindelse med dyrkning af f.eks. sukkerroer og foderroer. I Danmark fandt hovedparten af anvendelsen af aktivstoffet CLZ sted fra 1969 og frem til starten af 1980'erne, og det blev forbudt anvendt i 1996. Det kom derfor som en overraskelse, at DPC blev påvist i koncentrationer over Miljøstyrelsens grundvandskvalitetskriterie på 0,1 µg/L i flere af landets kontrolboringer (GRUMO) og vandforsyningsboringer mere end 20 år efter anvendelsesforbuddet af moderstoffet. Dette har derfor rejst nogle spørgsmål om, hvor længe og i hvilket omfang DPC vil påvirke og udgøre en trussel for den danske grundvandsressource.

DPC har længe været anset som værende mere mobilt end dets moderstof på grund af dets mere polære egenskaber \1\. Antagelsen har derfor været, at det var tilbageholdelsen og sideløbende nedbrydning af CLZ, der medførte de høje påviste koncentrationer af DPC i grundvandet. Denne formodning blev dog udfordret, da man i Schweiz ikke kunne påvise iøjefaldende koncentrationer af CLZ, men derimod overraskende høje koncentrationer af DPC i de øverste jordlag på landbrugsmarksarealer \2, 3\. Observationen rejste derfor nogle spørgsmål om tilbageholdelsen og en eventuel vedvarende nedsivning af DPC fra den umættede zone resulterende i en længerevarende forurening af grundvandsressourcen.

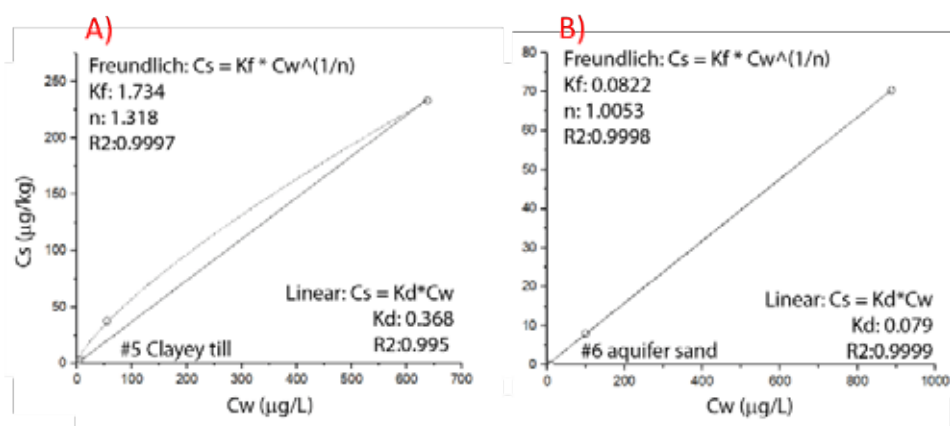
Et af projektets formål var derfor at undersøge om den umættede zone ved to forskellige punktkildeforureninger, ved hhv. en tidligere vaskeplads og en tidligere møddingsplads, var aktive sekundære kilder til DPC-forurening. De to lokaliteter blev udvalgt, da man ved tidligere undersøgelser havde påvist opsigtsvækkende høje koncentrationer af DPC i hhv. porevand og sekundært grundvand. Til undersøgelsen blev der udtaget jordprøver ned til 10 m u.t., som efterfølgende blev sendt til analyse for totalkoncentration af CLZ, DPC samt nedbrydningsproduktet heraf, methyl-desphenyl-chloridazon (MDPC). Ydermere blev relevante jordprøver analyseret for vandindholdet, organisk indhold samt lerindhold.

Overraskende høje jordkoncentrationer af både DPC og MDPC blev påvist i jordprøverne på begge lokaliteter. Det fremgår af figur 1, at den vertikale fordeling af DPC (og MDPC) ved den tidligere møddingsplads er formet som en klokkekurve i moræneleren ned til 8 m u.t. Herefter falder koncentrationerne i mødet med indlejrede sandslirer, hvor der sker transport og opblanding i sekundært grundvand. Med en gennemsnitlig koncentration af CLZ og DPC på hhv. 0,02 µg/kg TS og 30 µg/kg TS ved den tidligere møddingsplads, er der 1500 gange mere DPC i jorden end CLZ. Det samme gør sig gældende ved den tidligere vaskeplads, hvor der blev påvist hhv. 36 µg/kg TS MDPC og 93 µg/kg TS DPC i de øverste fyldlag (0,5–2,5 m u.t.), men intet CLZ. Disse resultater vidner derfor om, at det øjensynligt ikke er vedvarende nedbrydning af CLZ, der forårsager de høje påviste koncentrationer af nedbrydningsprodukterne i grundvandet. Det skyldes mere sandsynligt en større tilbageholdelse af DPC og MDPC i den umættede zone, hvilket dermed kan fungere som en langvarig kilde til forurening.

FIGUR 1 DEN VERTIKALE FORDELING AF TOTALKONCENTRATIONER (UG/KG TS) AF HHV. CLZ (A), DPC (B) OG MDPC (C) SAMMEN MED TOLKET GEOLOGI.



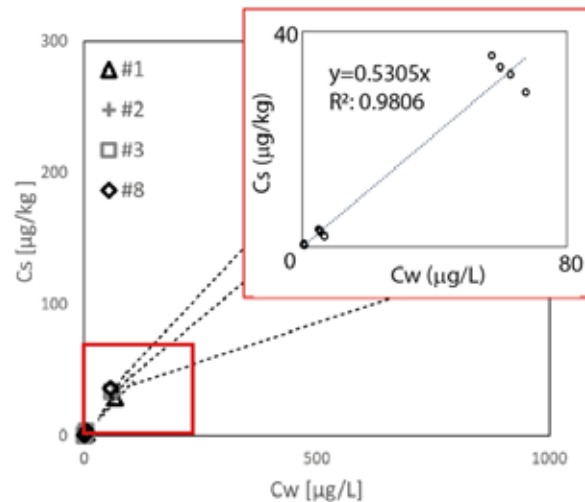
FIGUR 2 FREUNDLICH OG LINEÆRE SORPTIONISOTERMER FOR DPC I (A) MORÆNELER OG (B) SAND.



For at få en bedre afklaring på disse resultater blev sorptionen af DPC bestemt ud fra batchforsøg efter en modifikation af OECD guideline 106 (2000) med initialkoncentrationer fra 1 til 1000  $\mu\text{g/L}$  og forskellige danske jordprøver.

I sandede jordprøver med lavt indhold af organisk materiale kan sammenhængen mellem sorberede og opløste koncentrationer beskrives med lineære isotermer i det undersøgte koncentrationsinterval, og sorptionen kan beskrives med en fordelingskoefficient,  $K_d$ , på 0,08 L/kg.

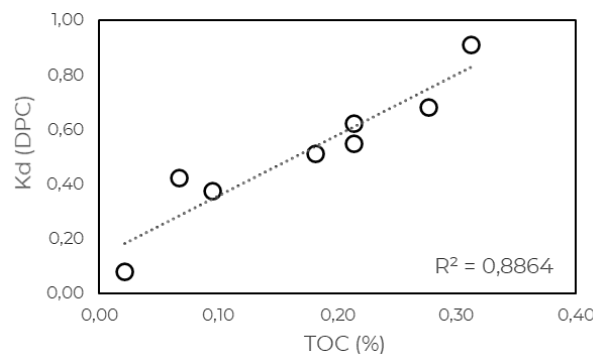
FIGUR 3 LINEÆR SORPTIONISISOTERMER FOR DPC I 4 FORSKELLIGE MORÆNELERSPRØVER.



På de undersøgte morænelersedimenter er sorptionen af DPC væsentlig større, og isotermerne er mere krumme med en højere grad sorption ved lave initialkoncentrationer. Her kunne sorptionen derfor bedst beskrives ved Freundlich-isotermer for hele koncentrationsintervallet. Som det fremgår af figur 3, kan en lineær sammenhæng dog defineres ved lave ligevægtskoncentrationer, og sorptionen af DPC til moræneler kan derfor beskrives ved  $K_d$ -værdier ved lavere koncentrationsintervaller. Når ligevægtskoncentrationerne i vandfasen er mindre end 60 µg/L, er de undersøgte isotermer i moræneler tilnærmelsesvis lineære, hvorfor en lineær fordelingskoefficient er rimelig at benytte ved modellering, når det drejer sig om sorption af grundvandsrelevante koncentrationer. I nærværende projekt blev en fordelingskoefficient,  $K_d$ , på 0,53 L/kg bestemt for ligevægtskoncentrationer under 60 µg/L i moræneler, hvilken er en tilstrækkelig høj værdi til tilbageholdelsen af DPC i jorden, men også tilstrækkelig lav til at kunne forårsage væsentlige høje porevandskoncentrationer.

De målte totalkoncentrationer af DPC og de estimerede  $K_d$ -værdier blev søgt korreleret med jordprøvernes sedimentsammensætning, herunder jordprøvernes indhold af organisk kulstof (TOC) og lerpartikler. Hertil var det ikke muligt at finde en sammenhæng mellem totalkoncentrationer DPC og hhv. TOC- og lerindhold, men som det fremgår af figur 4, kunne en signifikant sammenhæng mellem de estimerede  $K_d$ -værdier og indholdet af organisk materiale i jordprøverne benyttet til sorptionsforsøg dog ses.

FIGUR 4 LINEÆRE SORPTIONSKOEFFICIENTER (K<sub>d</sub>-VÆRDIER) OPTEGNET SOM FUNKTION AF ORGANISK KULSTOF (TOC).



Resultaterne fra kandidatspecialet viser dermed, at DPC tilbageholdes i langt højere grad i moræner samt sedimenter med højt indhold af organisk materiale, end tidligere antaget. Ydermere viser resultaterne, at det ikke er vedvarende nedbrydning af CLZ, der forårsager de forhøjede koncentrationer af DPC i grundvandet, men derimod tilbageholdelsen og akkumulering af DPC i den umættede zone. Den umættede zone, som i dette projekt bestod af moræner, kan dermed fungere som en langvarig sekundær kilde til grundvandsforurening med DPC.

I Schweiz er der blevet påvist residualkoncentrationer af op til 32 forskellige pesticider, inklusiv CLZ og DPC, i pløjelaget på 100 forskellige økologiske og konventionelle markarealer \3\ . Disse påfaldende resultater vidner om, at der er et behov for at lave en lignende undersøgelse på danske markarealer, både økologiske og konventionelle for at give et bedre estimat af forureningsstyrken fra fladekildearealer. Dette ville også give mulighed for et bedre værktøj til skelnen mellem pesticidpåvirkninger fra punktkilder og fladekilder på indvindingsboringer.

Med et større datagrundlag vil det være muligt at lave mere troværdige modeller og prognoser for stoftransporten af DPC mellem mulige forureningskilder og indvindingsboringer, som f.eks. kan anvendes til udpegning af nye kildepladser og en mere optimal udnyttelse og forvaltning af grundvandsressourcen. Til dette projekt blev to kendte pesticidpunktkilder undersøgt, og sorptionsforsøg med DPC til forskellige danske sedimentprøver blev udført. Ved flere jordprøveanalyser fra flere kendte punktkilder og potentielle fladekilder samt sorptionsforsøg med DPC i flere sedimenttyper (f.eks. kridt/kalk) vil det være muligt at udvikle et bedre værktøj til estimeringen af varigheden, effekten og dermed fremtidens påvirkning på landets indvindingsboringer.

### Analyselaboratorier

Jordprøverne blev sendt til analyse for totalkoncentrationer af CLZ, DPC og MDPC i jord hos både Université de Neuchâtel (UniNE) i Schweiz og ALS Denmark A/S. Da sidstnævnte har en detektionsgrænse af stofferne på 10 µg/kg TS, blev flere af prøverne sendt til UniNE, idet de kunne analysere jordprøverne for CLZ, DPC og MDPC med detektionsgrænse på 0,02 µg/kg TS.

---

### Referencer

- /1/ **Krog, Anna (2021)**, "Transport & Natural Attenuation of Desphenyl Chloridazon in Soil & Groundwater at Pesticide Contaminated Sites", specialeprojekt, DTU miljø
  - /2/ **EFSA, 2007**: "Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance chloridazon." EFSA Scientific Report (2007) 108, 1-82. 2007.
  - /3/ **Hintze et al., 2020**, "Long-Term Dynamics of Pesticide Metabolites in Soil and Aquifers"
  - /4/ **Riedo et al.**, "Widespread Occurrence of Pesticides in Organically Managed Agricultural Soils – the Ghost of a Conventional Agricultural Past?" Environmental Science & Technology, 55, 2919-2928.
- 



# Fra ungdomsoprør til videntcenter



Forfatter Stefan Outzen

**Udgivet af Regionernes Videntcenter  
for Miljø og Ressourcer, 2021**

Anmeldelse af Steen Gade,  
foredragsholder og klummeskriver  
om miljø og klima. Tidligere  
MF for SF og direktør for  
Miljøstyrelsen

2021 er et jubilæumsår for dansk miljøpolitik.

Det er 50 år siden, at vi for første gang fik et Miljøministerium – Ministeriet for forureningsbekæmpelse hed det dengang – og det er 25 år siden, at Amternes Depotenhed kom til verden – nu Regionernes Videntcenter for Miljø og Ressourcer, VMR.

En god anledning til et festskrift eller i det mindste til at få fortalt historien fra miljøpolitikens spæde start og til i dag, her med fokus på jordforurening. Alt sammen i sammenhæng med de store samfundsændringer i øvrigt. Med større og større viden og med baggrundsmusik fra verden udefra i de år, hvor vi får øjnene op for bagsiden af den gyldne medalje ved efterkrigstidens vækstmodel.

Det er opgaven, som de to redaktører Kit Jespersen og Bente Villumsen har givet til Stefan Outzen. Han har kastet sig over opgaven med en skarp og personlig pen og med stor detaljeret viden om alle faser i indsatsen mod jordforurening. Både før og efter oprettelsen af Depotenheden for 25 år siden.

Titlen "Fra ungdomsoprør til videntcenter" er interessant, fordi den nok for rigtig mange angiver en kæmpe distance. Ungdomsoprøret opfattes ofte som flipperne, der byggede alt på følelser og vilde ideer langt fra viden; hvor ordet viden i modsætning hertil signalerer et solidt forankret besluthedsgrundlag. Andre – især nogle af os, der har ungdomsoprørsalderen og har været med hele vejen – er nok

*Han har kastet sig over opgaven med en skarp og personlig pen og med stor detaljeret viden om alle faser i indsatsen mod jordforurening*

mere tilbøjelige til at opleve titlen som en næsten neutral beskrivelse – det er jo sådan, det er udviklet – og ikke ser en entydig modsætning mellem ungdomsoprør og viden.

Når jeg hæfter mig ved titlen, er det fordi bogen på mange måder lever netop i det spændingsfelt. "Miljøbevægelsen fik hurtigt en fod ind til

magtens korridorer, og idealismen blev så at sige trukket med ind i processen frem mod regulerede forhold, fastslår forfatteren i starten af bogen, og han beskriver "dresskoden" i Miljøstyrelsens første år som "uniformen var her islandske sweatre og lilla ble".



I løbet af de 112 sider når man som læser igennem stort set alle væsentlige miljødagsordener, og man starter ovenikøbet med et forsøg på at få sat det i sammenhæng med både Darwin og Rousseau. Lidt tættere på vor tid med Rudolf Steiner. Vi får også startet Danmarks Naturfredningsforening i 1911, Greenpeace i 1971, ligesom FN's første miljøkonference løber af stablen i Stockholm i 1972 – så er vi ligesom i gang.

Hele miljøhistorien er med, men naturligvis med en hovedvægt på de dele, der får konsekvenser for jord og vand; det er Cheminova og Grindstedværket, det er indsatsen for rent grundvand, dioxin, Kommunekemi, Soyakagen, kemikalieaffald, olie og benzin osv.

Når man har læst indtil side 74 og er ved at blive lidt træt af de mange beskrivelser af usikkerhed, rod, uvidenhed, tilfældigheder og fejlfokus i arbejdet gennem årene med at få ren jord og rent grundvand, er det som om det hele ændrer sig. Det er jo også et festskrift for Videntcenteret, og på side 75 starter centeret. Så kommer der styr på det hele efter 74 sider, hvor der var for meget "ungdomsoprør" i det, fristes man som læser til at tænke. Under alle omstændigheder blev det et vendepunkt, hvad der argumenteres godt for.

Et festskrift beskriver normalt også livets gang i en institution med skift i ledelse, lidt karaktergivning til cheferne undervejs, og især hvordan Videntcenteret bevidst har arbejdet for og stort set er lykkedes med at blive det center for viden, som samfundets beslutninger om jordforurening bygger på. Både gennem fokus på kvalitet i arbejdet samt i markedsføring og påvirkning af det politiske system. Fuldt fortjent efter anmelderens opfattelse.

Bogen indeholder på den måde både et festskrift, miljøpolitikken og delvis samfundets udvikling set gennem forfatterens briller samt en grundig og meget detaljeret gennemgang af historien om bekæmpelse af jordforureningen. Mange gange i en god blanding, andre gange kan det nok være lidt forstyrrende – i hvert fald for folk, der ikke er dybt involverede.

Som antydnet ser det ud til, at forfatteren har et lidt ambivalent forhold til ungdomsoprørsånden – måske selvironisk? Der er især i de dele, der handler om sammen-

hængen mellem samfundsudviklingen og miljøpolitikken, både i stikpiller og i svinkeærinder. I det hele taget er sproget meget malende.

Noget underholdende, som f.eks. følgende beskrivelse for at komme frem til pointen om at undersøge olietanke i 1968-69: "... en række villaer og andre bygninger måtte forsvinde, før man kunne grave det lange hul, hvor dengang Danmarks dyreste vej (500 kr. pr. millimeter) en gang i fremtiden skulle bringe Strandvejsbefolkningen ind i kontorerne i centrum i egen bil. Udgravningen gav mulighed for at undersøge olietankene".

Og andre, som jeg tror deler vandene, f.eks. dette forsøg på at tidsfæste kortlægningen: "Mens England og Argentina spillede "sænke krigsskibe" i fuld skala ved Falklandsøerne, kortlagde amter og kommuner lossepladser.

## *Bogens største fortjeneste er, at den giver en grundig og detaljeret viden om alle faserne i jordforureningens historie*

Og når det gælder økologisk landbrug, havner vi, af alle steder, i Thylejren i 1970, hvor man kunne spise mikromakromad: "Intet kød og alt var biodynamisk produceret og høstet ved fuldmåne, ligesom hampen på St. Restrup Højskole, hvor Uffe Elbæks

forældre havde overtaget den tidligere St. Restrup Husmandsskole og sat nye temaer for undervisningen".

Svinkeærinderne går også mange steder ud over politiske beslutninger, som f.eks. kampen om øldåserne, samt mediernes rolle i forbindelse med de døde hummere og vandmiljøplan nummer 1. I den sag ærgrer det mig, at han repeterer den gængse forståelse, at den for alvor ramte landbruget. Efter min opfattelse er det en alt for gentaget unøjagtighed. Det var byerne, der fik store krav, for landbruget havde stort set fået dem allerede ved NPO-handlingsplanen et par år tidligere.

Bogens største fortjeneste er, at den giver en grundig og detaljeret viden om alle faserne i jordforureningens historie, og at forfatteren klart signalerer, at vi ikke er ved vejs ende, når det gælder indsatsen på jordforureningsområdet.

At vi så også med nye, store politiske beslutninger om indsats mod generationsforureninger, som Cheminova og Grindsted, samt nyt og bredere fokus på grundvandsforurening står et nyt sted, gør det endnu mere oplagt at fejre Videntcenterets 25-års jubilæum med et kritisk festskrift.



## GLÆDELIG JUL

Endnu et corona-år er ved at tage sin afslutning  
med alt, hvad det har bragt med sig.

VMR ønsker alle kollegaer og læsere en  
rigtig glædelig jul og et godt nyt år.

Tak for mange gode og resultatskabende  
samarbejder i årets løb.

På gensyn i 2022.



# Grusgravene giver naturen tilbage i plus





Foto: Forsiden og side 28-29  
Peter Henriksen, Limno Consult

---

Af Pernille Kjøller,  
Kommunikationspartner, NCC

**Selvom grusgrave er absolut nødvendige for, at samfundet kan fungere, er råstofleverandører ikke altid lige populære. Men modsat manges forventning har råstofbranchen i mange år arbejdet målrettet med at fremme biodiversiteten i flere af landets graveområder. Et arbejde, som kun kan lade sig gøre i tæt dialog mellem myndigheder, lodsejere, borgere og medarbejdere.**

**A**lle har brug for sten, sand og grus til bygninger og infrastruktur. Og selvom manglen på råstoffer lur i fremtiden, møder råstofleverandørerne ofte hård modstand mod deres graveaktiviteter. Men hvad mange ikke ved er, at råstofbranchen arbejder efter deisen, at det vi tager fra naturen skal leveres tilbage i plus. Det betyder bl.a., at der sker en efterbehandling af området – både mens der graves, og efter at grusgraven er færdig-udgravet, og de sidste lastbiler har forladt pladsen. Denne efterbehandling kan blandt andet bidrage til, at et rigt dyre- og planteliv "kan slå sig ned" og bruge den gamle grusgrav som levested.

NCC er en af landets største råstofindvindere og har siden 00'erne haft fokus på at udnytte mulighederne for at efterbehandle deres grusgrave til naturtyper, som er trængte Danmark.

"Vi har i mange år arbejdet med at fremme biodiversiteten i vores grusgrave. Vi ved godt, at vi ikke altid er just populære. Og vi ved også, at hvis vi vil være her som branche, skal vi være i trit med resten af samfundet. Derfor håber vi også, at omgivelserne kan se, at vi rent faktisk yder en stor indsats for at opveje vores aktiviteter i de områder, hvor vi graver", siger Lars Møller Nielsen, teknisk chef i NCC Industry, Råstoffer.

Han understreger, at det er nødvendigt, at myndigheder, NGO'er og klagenævn anerkender, at råstofindvinding og efterbehandling giver øget biodiversitet og skaber beskyttet natur. For som det er nu, betyder en ambitiøs efterbehandling, at råstofindvinderen ved hver ansøgning løber en stor risiko for, at den succesfulde efterbehandling forsinker, eller i værste fald standser indvindingen.

## Den levende natur af sten

NCC har udviklet et koncept – NCC Kielo – der skal medvirke til at fremme biodiversiteten i virksomhedens mange graveområder. Kielo er forkortelsen af det finske "Klviaineksen Elävä Luonto", som betyder den "levende natur af sten". For at blive en NCC Kielo-lokation er der en række kriterier, der skal opfyldes, herunder en undersøgelse af naturtyper for at kortlægge karakteristiske arter i området, opsætning af mål for området og en grundig planlægning og dokumentation af aktiviteter, der kan medvirke til at skabe de ønskede betingelser for biodiversitet.

"Naturen har trange kår i Danmark, og masser af dyre- og plantearter er truet, fordi deres levesteder forsvinder, fordi de bliver brugt til dyrket landskab. Men i grusgravene har vi et kæmpe potentiale for at øge den biologiske mangfoldighed. Når vi er færdige med at grave, starter vi jo fra nul, og vi har altså alle muligheder for at skabe en nærringsfattig natur, der kan lokke sjældne arter til området. I NCC ser vi derfor på, hvordan biobanken ser ud i området – det vil sige, hvilke truede arter er der i nærheden af grusgraven, og hvad skal der til for at skabe et optimalt levested for dem", siger Lars Møller Nielsen.

Pederseje Grusgrav på Nordfalster er et godt eksempel på, hvordan en grusgrav kan gøre gavn, mens der graves og længe efter, at de sidste råstoffer er gravet op. Her har NCC sammen med Guldborgsund Kommune og biolog Peter Henriksen, Limno Consult, arbejdet med at fremme biodiversiteten i området siden 2003. I dag – 18 år efter – er den biologiske mangfoldighed i området øget markant.

NCC har blandt andet sørget for at efterlade næringsfattige arealer uden muld, så både planter, svampe og insekter kan trives og dermed skabe fødegrundlag for mange dyrearter. Dertil er efterladt store bunker af større sten for at tiltrække krybdyr og padder, og NCC har bevaret stejle skrånninger og skabt vandflader med forskellige dybder for at tiltrække fugle, fisk og padder. Resultaterne er overvældende. Søerne indeholder mange spændende vandplanter og padder, og grusgraven er blevet hjemsted for flere interessante fugle som et stort antal ænder, rovfugle, vadefugle, havørnen, natuglen, tårnfalken, digesvaler, lille præstekrave og mange flere.

## Kommunikation, dialog og 'åben grusgrav'

Men et er at sætte mål, følge op og dokumentere udviklingen naturtyper og biologisk mangfoldighed. Noget andet er at få myndigheder, lodsejere, interessegrupper, naboer og ansatte i virksomheden til at se værdien og arbejde i samme retning.

Ifølge Lars Møller Nielsen handler det først og fremmest om kommunikation og om at få alle parter til at forstå værdien af biodiversitet.

"Som råstofleverandør skal vi være gode til at kommunikere hele formålet med arbejdet. For det, der umiddelbart ser pænt ud som natur, er ikke nødvendigvis interessant i forhold til at fremme biodiversiteten. Oftest kan væltede træer og store bunker af sten se rodet ud, og måske efterlade et forkert indtryk. Derfor er kommunikation og dialog altafgørende, hvis vi skal have folk til at ændre mindset. Det gælder ikke kun for lodsejere, naboer og myndigheder. Det gælder også internt i vores egen organisation."

Netop derfor gør NCC meget ud af at uddanne sine medarbejdere i, hvordan man efterbehandler en grusgrav. Derudover inviterer NCC med jævne mellemrum lokalbefolkningen til 'Åben grusgrav', hvor naboer, foreninger og lokale ildsjæle kan få et indblik i grusgravning.

"Vi ser dagen som en god anledning til også at sætte fokus på biodiversitet og til at fortælle om verdenen, at udvinding af råstoffer er mere end store maskiner og gravearbejde. Det sker også med omsorg for naturen. Og det store arbejde, der ligger bag, medvirker til at skabe plads til truede dyr og planter, som ikke kan finde levevilkår andre steder", siger Lars Møller Nielsen.



Af Jan Petersen, freelancer

*Ved hurtigt at skimme denne liste igennem får du et overblik over, hvilke artikler der for nyligt har været bragt i danske tidsskrifter inden for vores fagområde. Hermed er der skabt en hurtig indgang til ny inspiration og viden m.m. For overskuelighedens skyld er artiklerne ordnet i emner.*

## 1. Jura, økonomi og politik

### Nye love og bekendtgørelser

Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægsaffald, [BEK nr. 1928 af 04/10/2021](#)

Bekendtgørelse om et register over udledning og overførsel af forurenende stoffer (PRTR), [BEK nr. 1941 af 04/10/2021](#)

## 2. Metoder

### Niveauspecifik vandprøvetagning i borer

Rapporten præsenterer resultatet af tre forskellige metoder til niveauspecifik prøvetagning i form af prøvetagningen med 1) MP1 pumpe alene, 2) MP1 pumpe med packere og 3) præinstallerede pumper (Comet 12V). Det er desuden afprøvet om niveauspecifik prøvetagning kan kobles med detaljerede feltmålinger i borerne ved at måle eventuelle ændringer i vandkemien ned gennem boringen og dermed kortlægge forhold omkring ind- og udstrømning samt effekt af opblanding/forurenings-spredning i en filtersætning.

På baggrund af undersøgelsens resultater vurderes det, at de testede metoder med stor fordel kan anvendes til niveauspecifik prøvetagning. MP1 pumpe alene anbefales som udgangspunkt anvendt, da den er simpel og billig, mens MP1 med packer anbefales, hvis der er mistanke om vertikal vandtransport i filteret. Præinstallerede pumper anbefales, hvis der ikke må være en effekt af installationen af udstyret, og der ønskes flere gentagende niveauspecifikke prøvetagninger.

Desuden giver kombinationen af niveauspecifik vandprøvetagning med måling af feltparametre i flowcelle samt måling ned gennem selve boringen nyttige oplysninger om vandkemien i boringen, og det kan med fordel udføres som en del af den niveauspecifikke vandprøvetagning. Der kan med fordel også gennemføres en videolog af boringen for at tjekke for indtrængning af vand i boringen, da det kan have stor indflydelse på vandkemien og forurenin-gen i boringen.

I kombination med etablering af længere filtre tidligt i undersøgelsesforløbet kan metoderne bidrage til en mere fokuseret og detaljeret kortlægning af den vertikale forureningsudbredelse samt variationer i grundvandskemien, hvilket kan bidrage til større kvalitet i undersøgelserne fx i forhold til filtersætning af de efterfølgende borer. Af F.B. Sørensen, M. Bondgaard (Region Midtjylland), M.G. Møller, K. Tsitonaki, H. Olesen, S. Hansen, K.F. Larsen, A.T. Sonne (WSP), Miljøprojekt nr. 2179, september 2021 (ISBN nr. 978-87-7038-347-9). Læs mere på [mst.dk](#)

### ATV-mødet "Utætte borer - et problem vi skal gøre noget ved"

Mødet omhandlede problematikken med utætte borer med særlig fokus på den nyeste viden opnået gennem et større tværfagligt projekt, der beskriver, hvordan borer kan etableres bedre og mere tætte.

Præsentationer fra ATV Jord og Grundvands møde nr. 80, 25. oktober 2021, kan hentes på [atv-jord-grundvand.dk](#)



### 3. Risikovurdering og afværg

#### **Evalueringsværktøj til risikovurdering af grundvands-truende jordforureninger med højt vidensgrundlag**

Rapporten beskriver et evalueringsværktøj udviklet til risikovurdering af grundvandstruende jordforureninger med højt vidensgrundlag, dvs. sager, hvor der er udført afgrænsende forureningsundersøgelser og evt. afværg. Værktøjet er som udgangspunkt udviklet til at evaluere en eksisterende risikovurdering, men kan også anvendes i forbindelse med udarbejdelse af forslag til en ny risikovurdering.

Værktøjet er udarbejdet i Excel og indeholder a) En systematisk metodik til gennemgang af undersøgelsesparametre mhp. vurdering af styrken af vidensgrundlaget for den samlede undersøgelse, b) Opstilling af lokalitets-specifikke målkriterier for risikovurderingen, c) Visualisering af vidensgrundlag, målparametre og den samlede risikovurdering og d) Valg af videre aktion for sagen. Formålet har været at skabe et godt overblik i forhold til det samlede vidensgrundlag og de vurderinger, der ligger til baggrund for risikovurderingen. Der er lagt stor vægt på at synliggøre vidensniveauet og styrken af de enkelte undersøgelsesparametre, således at grundlaget og dermed robustheden for risikovurderingen er tydelig. Desuden er der opstillet og vurderet konkrete målsætninger/-kriterier og valg af aktioner i forhold til den aktuelle risikovurdering.

Af M.G. Møller, E.S. Nicolajsen, P. Palstrøm, K. Tsitonaki (Orbicon A/S), Miljøprojekt nr. 2177, 2017 (publiceret oktober 2021) (978-87-7038-336-3). Læs mere på [mst.dk](https://mst.dk)

#### **Nedsivning og nedbrydning af kulbrinter i moræneler**

Olieforureninger vurderes ofte at udgøre en lav risiko for grundvandet på grund af adsorption og naturlig nedbrydning i jordens umættede zone, særligt på lokaliteter med et lavpermeabelt lerlag, idet dette erfaringsmæssigt reducerer nedsivningen betydeligt. Det har dog været svært at dokumentere, at forureningen på sigt ikke kan nedsive gennem lerlaget og forurene underliggende grundvand.

Rapporten beskriver resultatet af målinger af nedsivning og naturlig biologisk nedbrydning af kulbrinter foretaget på to kortlagte lokaliteter med indsats over for grundvandsressourcen. Der blev ved undersøgelsen foretaget 1) Udtagning af porevandsprøver fra udvalgte jorddybder til at vurdere forureningens kildestyrkekoncentration og afgrænse porevandsforureningen ned i lerlaget, og 2) DNA-analyse af jordprøver fra udvalgte dybder i jorden til kvalitativ dokumentation for naturlig biologisk nedbrydning.

Porevandsundersøgelsen viste faldende kulbrinteindhold med dybden under jordforureningen. På baggrund af undersøgelsen, og på trods af begrænset datagrundlag, vurderes det i rapporten, at en udbredelse på 2-4 m ned i lerlaget vil være karakteristisk for mange morænelers-lokaliteter med ældre kulbrinteforurening, hvor udbredelsen er stabiliseret.

DNA-analyserne viste generelt en øget forekomst af bakterier i aflejringer med jordforurening, men ikke i lerlaget under jordforureningen. DNA-sekventeringen viste tegn på biologisk nedbrydning i samme dybder, som der kunne påvises porevandsforurening. Resultaterne af DNA-analyserne vurderes derfor at bekræfte de øvrige resultater, der indikerer, at naturlig biologisk nedbrydning under jordforureningen reducerer den vertikale forureningsudbredelse. Samlet set vurderes porevandsundersøgelser og DNA-analyser at være brugbare værktøjer ved forureningsundersøgelser på lokaliteter, hvor der er tvivl om, hvorvidt en jordforurening med kulbrinter kan udgøre en risiko for grundvandsressourcen. Begge metoder forudsætter dog, at der er udført en grundig karakterisering og afgrænsning af forureningen med traditionelle undersøgelsesmetoder. Der er i rapporten udarbejdet forslag og anbefalinger til, hvordan metoderne kan anvendes i praksis.

Af A.H. Kristensen, P. Larsen, S. Larsen, C. Larsen (DMR), H. Larson (Region Midtjylland), J.L. Nielsen (AAU), Miljøprojekt nr. 2178, september 2021 (ISBN nr. 978-87-7038-345-5).

Læs mere på [mst.dk](https://mst.dk)

### Rensningsmuligheder for pesticider – med fokus på aktivt kul og membraner

Der er i de seneste år gjort et stigende antal fund af nye pesticider og pesticidnedbrydningsprodukter i dansk grundvand. Kendskabet til flere af de seneste fundne pesticidnedbrydningsprodukter og muligheden for at fjerne dem med forskellige rensemetoder er ofte begrænset. På baggrund af stoffernes fysisk-kemiske egenskaber er det i rapporten beskrevet, hvorledes det er muligt at behandle udvalgte pesticider og pesticidnedbrydningsprodukter med aktivt kul og med membranfiltrering. Vurderingen er baseret på data fra Miljøstyrelsen suppleret med relevante stofdatabaser fx PPDB, PubChem og (Q) SAR. Der er i rapporten beskrevet en metode til vurdering af, om stofferne kan fjernes med ovennævnte teknologier, og resultaterne fra vurderingsmetoden er sammenlignet med undersøgelseserfaringer.

Af A.H. Thomsen, E. Kisbye-Bovin, S.F. Truelsen, A. Baun, H.J. Albrechtsen (DTU), *Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 53, oktober 2021 (ISBN nr. 978-87-7038-350-9). Læs mere på [mst.dk](https://mst.dk)*

### Nyt samarbejde skal sikre, at behandling af forurenede dansk jord forbliver på dansk jord

Firmaerne Ejlskov A/S og Nordic Waste A/S er gået sammen om en løsning, der skal sikre, at forurenede jord bliver behandlet i Danmark i stedet for at blive eksporteret til udlandet. Samarbejdet kunne være på en forurenede grund, hvor der på grund af forureningens omfang og placering, både skal afgraves og foretages in situ oprensning. Her vil Nordic Waste modtage og behandle den øverste, afgravede jord, mens Ejlskov vil behandle den underliggende jord med en in situ oprensning.

Af dansk kemi (kilde: Ejlskov og Nordic Waste), dansk kemi nr. 4, august 2021, s. 22-23 (ISSN

## 4. Indeklima

### Forbedring af vidensgrundlag for anvendelse af passive metoder til indeklimasikring af boliger

Rapporten beskriver forsøg udført på én af Region Sjællands testlokaliteter, hvor der tidligere er påvist kraftig forurening med chlorerede opløsningsmidler. Formålet var blandt andet at afklare, hvilke afværgedesign der virker bedst ved etablering af passiv ventilation, at undersøge de parametre, der har størst betydning for effekten af passiv ventilation ved forskellige designløsninger samt at undersøge, hvilke variationer der er mht. effekten af den passive ventilation over tid.

For at vurdere om passiv ventilation er en potentiel afværgeløsning i et etplanshus anbefales det, på baggrund af forsøgsresultaterne, indledningsvist at udføre pumpe-test for afklaring af trykforhold, differenstryk og forureningsniveau ved forskelligt flow. Hvis passiv ventilation på baggrund af pumpe testen vurderes mulig, anbefales det at undersøge vindforholdene omkring bygningen for optimal placering af afkast, da vind har afgørende betydning for størrelsen af flow i afkastet. For at opnå god effekt af passiv ventilation er det afgørende, at der etableres et udsug inde i ejendommen med kontakt til det kapillarbrydende lag og med afkast over tag. Om undertryk eller balanceret ventilation er den bedste løsning til passiv ventilation afhænger af forskellige faktorer, fx omfanget af såkaldte døde perioder (perioder uden ventilation) og tætheden af gulvkonstruktionen, herunder rørgennemføringer. Det anbefales derfor, at disse faktorer undersøges nærmere.

Af B. Germundsson, M. Møller, K. Andersen, M.A. Nielsen, S. Hansen (WSP), L. Tombak, S.R. Pedersen (Region Sjælland), M.L. Nielsen (Miljøstyrelsen), *Miljøprojekt nr. 2188, oktober 2021 (ISBN nr. 978-87-7038-360-8). Læs mere på [mst.dk](https://mst.dk)*



## 5. Overfladevand

### Jordforureningers påvirkning af vandmiljøet i overfladevand

Regionerne har i perioden 2014-2018 gennemført en risikoscreening af alle kendte jordforureninger i Danmark (ca. 37.000 lokaliteter), som viser, at godt 1.220 forureninger kan udgøre en risiko for vandmiljøet i overfladevand. Regionerne er i forbindelse med vandplanperiode 3 (2021-2027) gået i gang med feltundersøgelser af jordforureningernes reelle påvirkning af vandmiljøet i vandløb, søer og kystvande. Kilder til forureningerne skal findes, og hvor miljøkvalitetskrav er overskredet, skal forureningen nedbringes.

I første omgang er regionerne i perioden 2021-2022 i gang med undersøgelser af den reelle påvirkning af vandmiljøet på ca. 400 af de 1.200 potentielle risikolokaliteter. I 2023, når undersøgelsesresultaterne foreligger, vil det blive besluttet, om der skal foretages oprensning, og hvordan de resterende risikolokaliteter skal håndteres.

Af artiklen fremgår det bl.a., at de potentielle risikolokaliteter ligger inden for en afstand af 250 meter til vandløb, søer eller kystvand, og at de ofte er forurenet med mobile stoffer, der via grundvandet kan strømme ud i det nærliggende overfladevand. Af risikolokaliteterne udgør ca. 60 % en potentiel risiko ift. vandløb, ca. 22 % udgør en potentiel risiko for vandmiljøet i havne, mens den resterende del udgør en potentiel risiko ift. søer, fjorde og øvrige kyststrækninger. Oftest er det chlorerede opløsningsmidler (41 %), der ifølge screeningen potentielt udgør en risiko for vandmiljøet i overfladevand. Det bemærkes dog, at PFAS ikke har indgået i screeningen, men at der er taget højde for denne parameter ifm. feltundersøgelserne. En nærmere beskrivelse af undersøgelsesstrategien fremgår af artiklen.

Af J. Flyvbjerg (Region Hovedstaden), L.R. Tombak (Region Sjælland), H. Overgaard (Region Hovedstaden), O. Mikkelsen (Region Syddanmark), H. Larson (Region Midtjylland), M. Fischer (Region Nordjylland) og K. Møller (RVMR), Vand & Jord nr. 3, september 2021, s. 124-128 (ISSN 0908-7761)

## 6. PFAS

### Regionernes indsats over for PFAS-relateret jordforurening 2014-2021

Regionerne har, siden man med screeningsundersøgelsen i 2014 (Miljøprojekt nr. 1600) blev opmærksom på de miljø- og sundhedsfarlige egenskaber ved PFAS, haft fokus på vidensopbygning om emnet i Danmark.

Notatet omhandler regionernes indsats over for PFAS-relateret jordforurening, og det beskriver resultaterne fra undersøgelser af ca. 1.100 lokaliteter. Heraf ses bl.a., at PFAS har været anvendt i et forholdsvis stort omfang i de undersøgte brancher.

Af Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer, notat af 17. september 2021. Læs mere på [miljoeogressourcer.dk](https://miljoeogressourcer.dk)

### Nyt overblik over mulige PFOS-forureninger

Danske Regioner og Forsvarets Ejendomsstyrelse har hver især indsamlet oplysninger om nuværende og tidligere brandøvelsespladser, som det er særligt relevant at holde øje med i forhold til forurening med PFOS. Miljøstyrelsen gennemgår oplysningerne og udarbejder et samlet overblik. Håndtering af de enkelte lokaliteter, herunder at undersøge nærmere for forurening, foretages af kommuner og regioner.

En mindre del af de ca. 250 produktionsvirksomheder, som Miljøstyrelsen fører tilsyn med, har haft en brandøvelsesplads, hvor der tidligere kan have været anvendt PFOS-holdigt skum, hvilket nu undersøges nærmere. Udover de sædvanlige overvågningsaktiviteter er der i efteråret 2021 foretaget analyser for PFOS i udvalgte vandløb, der ligger i forbindelse med prioriterede forurenede brandøvelsespladser, ligesom der er gennemført PFAS-målinger af grundvandsprøver fra 250 boringsindtag fordelt over hele landet.

Nyhed fra Miljøstyrelsen den 10. september 2021.

Læs mere på [mst.dk](https://mst.dk)

### Tjekliste for myndighedskoordineret af PFOS-sager på brandøvelsespladser

I et notat fra Miljøstyrelsen er det beskrevet, hvordan miljømyndigheder som regioner, kommuner og Forsvaret skal håndtere og koordinere sager om PFOS-forureninger, særligt i forhold til brandøvelsespladser.

Af Miljøstyrelsen, notat af 16. september 2021. Læs mere på [mst.dk](https://mst.dk)

### Pas på med fluorforbindelserne PFOS og PFAS

Artiklen indeholder en overordnet beskrivelse af anvendelse af PFAS, nomenklatur, fund, grænseværdier og miljø- og sundhedsfarlige egenskaber.

Af R.W. Berg (Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg), dansk kemi nr. 4, august 2021, s. 16-17 (ISSN0011-6335)

### ATV-mødet "PFAS i jord, grundvand og overfladevand – kilder, transport og undersøgelser"

Mødet (afholdt online) omhandlede spredningen af PFAS i miljøet med fokus på jord, grundvand og overfladevand. På mødet var der blandt andet indlæg om analyse, undersøgelse og afværge af PFAS og om myndighedernes arbejde med PFAS.

Præsentationer fra ATV Jord og Grundvands møde nr. 79, 29. september 2021, kan hentes på [atv-jord-grundvand.dk](https://atv-jord-grundvand.dk)

## 7. Pesticider

### Trifluoroeddikesyre

Med afsæt i Miljøstyrelsens offentliggørelse af omfattende fund af trifluoroeddikesyre (TFA) i danske grundvandsprøver tidligere på året fastslår artiklens forfatter, at TFA er persistent, men ellers ikke giver anledning til toksikologisk bekymring. I artiklen beskrives TFA som et af slutprodukterne i den atmosfæriske nedbrydning af HFC-134a, som på grund af deposition forekommer i stort set alle ferskvandsmiljøer.

Af O.J. Nielsen (KU), dansk kemi nr. 4, august 2021, s. 13-14 (ISSN 0011-6335)

### Grundvandets kemiske tilstand – pesticider

I forbindelse med de næste vandområdeplaner (VP3) er den kemiske tilstand for bl.a. pesticider i 2.050 danske grundvandsforekomster vurderet. I artiklen beskrives resultatet af tilstandsvurderingen og den metodiske tilgang med såvel maskinelle vurderinger som konkrete undersøgelser.

Af L. Thorling, B. Nilsson, I. Møller, L. Trolborg, A.R. Johansen og U.E. Bollmann (GEUS), Vand & Jord nr. 3, september 2021, s. 105-109 (ISSN 0908-7761)





## 8. Generationsforureninger

### **Giftdepot på Harboøre Tange kan renses for kviksølv og pesticider**

Et pilotprojekt fra Krüger A/S har vist, at forureningen fra årtiers produktion af pesticider på Harboøre Tange kan fjernes. Af artiklen fremgår det, at det er muligt at fjerne alle pesticider og reducere mængden af kviksølv med 99,5 %. Oprensningen kan foretages ved ISTD (In Situ Thermal Desorption), hvor elektriske varmelegemer installeres i den forurenede jord, som opvarmes til ca. 350 °C. De høje temperaturer medfører en termisk destruktion af pesticiderne, mens kviksølvet fordamper og kan opsamles ved vakuumelekstraktion. Giftdepotet udgør ifølge artiklen ca. 87.000 m<sup>3</sup> og 110 tons gift. Der er på finansloven for 2021 afsat 630 mio. kr. til oprensningen.

*Nyhed fra Miljøstyrelsen den 6. oktober 2021. Læs mere på [mst.dk](https://mst.dk)*

### **ATV-mødet "Generationsforureninger"**

På mødet blev der præsenteret en status på arbejdet med de forskellige generationsforureninger, herunder oprensningskriterier og oprensningsteknologier.

*Præsentationer fra ATV Jord og Grundvands møde nr. 81, 9. november 2021, kan hentes på [atv-jord-grundvand.dk](https://atv-jord-grundvand.dk)*



**Regionernes Videncenter  
for Miljø og Ressourcer**

**Regionernes Videncenter  
for Miljø og Ressourcer**  
Dampfærgevej 22  
2100 København Ø  
[mail@miljoeogressourcer.dk](mailto:mail@miljoeogressourcer.dk)  
[www.miljoeogressourcer.dk](http://www.miljoeogressourcer.dk)

**Miljø og Ressourcer**

Udgives af Regionernes Videncenter  
for Miljø og Ressourcer. Udkommer fire  
gange årligt på papir og elektronisk.

**Redaktør:** Kit Jespersen

**Design:** BGRAPHIC

**Tryk:** PRinfoParitas

**ISSN** 2445-7051 Trykt version

**ISSN** 2445-706X Online