

Vurdering af jord- og grundvandsforurening på Grindstedværkets grund og påvirkning af nedstrøms grundvand



Majken Frederiksen, DTU Miljø

Mette M. Broholm, DTU Miljø

Poul L. Bjerg, DTU Miljø

15. august 2018 (endelig version 25. april 2019)

Copyright: Reproduction of this publication in whole or in part must include the customary bibliographic citation, including author attribution, report title, etc.

Forfattere: Majken Frederiksen, Mette M. Broholm og Poul L. Bjerg

Udgivet af: Institut for Vand og Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet.

Rekvireres: www.sara.env.dtu.dk

Indhold

Liste over forkortelser.....	1
Baggrund og formål	2
Boringer i området, kemiske data, geologi og vandindvinding	2
Fabriksgrunden og den nære forureningsfane.....	5
Grundvand på selve fabriksgrunden	5
Den umættede zone på fabriksgrunden	11
Grundvand umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden	13
Den umættede zone umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden	16
Forureningsfanen fra fabriksgrunden.....	17
Grundvand mellem fabriksgrunden og Grindsted Å.....	17
Umættet zone ved åen	21
Anbefaling til indsatsområde	22
Referencer	24
Bilag.....	27

Liste over forkortelser

BTEX	Benzen, toluen, ethylbenzen, <i>o</i> -, <i>m</i> - og <i>p</i> -xylen.	Fællesbetegnelse for fire benzinstoffer, der ofte optræder sammen. Der findes tre isomerer af xylen.
CE	Chlorerede ethener	Perchloroethylen (PCE), trichloroethylen (TCE), dichloroethylen, 1,1-, <i>cis</i> -1,2- og <i>trans</i> -1,2-dichloroethylen (DCE) og vinylchlorid (VC).
Cl	Chlor	Grundstof nr. 17. Tilhører gruppen halogener.
COD	Chemical oxygen demand	Iltforbruget ved kemisk oxidation kalium dichromat.
DNAPL	Dense non-aqueous phase liquid	Ikke-vandblandbare væsker, der er tungere end vand.
NVOC	Ikke-flygtigt organisk kulstof	Målt som vandig koncentration. Svarer ofte i praksis til det, der måles som TOC.
PAA	Primære aromatiske aminer	Samleparameter, der inkluderer sulfonamider (stoffer med en amid-gruppe).
PCE-ækv.	Perchloroethylen-ækvivalenter	Det chlorerede opløsningsmiddel PCE kan nedbrydes til stofferne TCE, DCE og VC. Dog kan TCE også forekomme som moderstof. De fire stoffer har forskellige molarmasser, hvor PCE er det tungeste. Koncentrationen af et nedbrydningsprodukt kan omregnes til den tilsvarende koncentration af PCE for at give en mere sammenlignelig værdi. F.eks. omregnes en VC-koncentration således: $m_{PCE-\text{ækv.}} = \frac{m_{VC}}{M_{VC}} \cdot M_{PCE}$ Hvor m er massekoncentration ($\mu\text{g/L}$) og M er molarmasse ($\mu\text{g/mol}$).
PID	Photoionisation detector	Måler afdampede flygtige forbindelser, typisk fra jordprøver.
TOC	Total organisk kulstof	Målt som vandig koncentration. Svarer ofte i praksis til det, der måles som NVOC.
Total-kulbrinter		Samleparameter, der inkluderer alle stoffer, som både indeholder kulstof (C) og brint (hydrogen, H). Analysemetoden medtager stoffer med 6-35 C-atomer, og skelner ikke mellem forureningsstoffer og naturligt forekommende organisk materiale.
VOX	Flygtige organiske halogener	Samleparameter, der bl.a. inkluderer flygtige chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter. Analysemetoden registrerer kun Cl-atomer, og derfor er enheden $\mu\text{g Cl/L}$.

Baggrund og formål

Den 2. juli 2018 er der indgået aftale mellem Region Syddanmark og DTU Miljø om udarbejdelse af et notat om jord- og grundvandsforurening på det tidligere Grindstedværkets grund (nu ejet af DuPont), samt påvirkning af nedstrøms grundvand. Notatet har til formål ud fra eksisterende data at belyse følgende spørgsmål:

- Udgør selve fabriksgrunden en betydelig forureningskilde i dag i forhold til jord og grundvand i Grindsted by?
- Hvordan har udviklingen i forureningsfanen i grundvandet nedstrøms det tidligere Grindstedværket været fra 1980'erne til i dag, og hvordan vurderes udviklingen i fremtiden?
- Hvor anbefales det, at der sættes ind med en afværgeindsats i forhold til at beskytte Grindsted Å mod grundvandsforureningen fra fabriksgrunden?

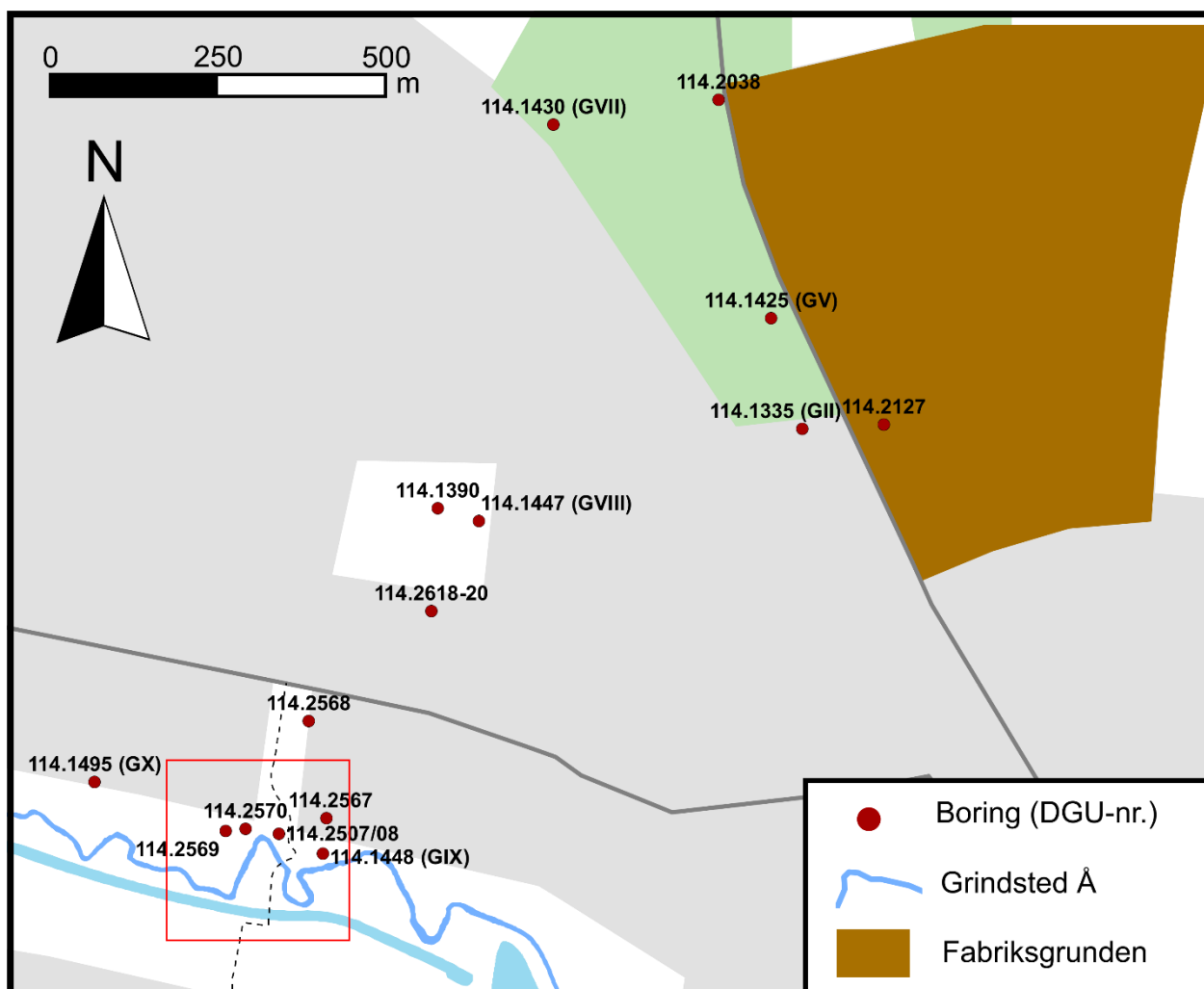
Notatet vil fokusere på organisk forurening i form af: Chlorerede opløsningsmidler og deres nedbrydningsprodukter (CE), sulfonamider, barbiturater, ethylurethan (ethylcarbammat) og BTEX-forbindelser (benzen, toluen, ethylbenzen og xylener). Endvidere vil uorganisk forurening i form af kviksølv blive beskrevet. Dog er datagrundlaget for kviksølv i forureningsfanen ret spinkelt grundet få målinger og meget svingende detektionsgrænser.

Det skal bemærkes, at der efter notatets udarbejdelse (afleveret 15. august 2018) i efteråret 2018 er foretaget prøvetagning af boring (114.2618-20) på Bekkasinvej. Resultaterne fra disse vandanalyser er ikke indarbejdet i dette notat. Desuden er der i efteråret 2018 og foråret 2019 foretaget supplerende undersøgelser af kloaksystemer og poreluft, som heller ikke indgår i dette arbejde.

Boringer i området, kemiske data, geologi og vandindvinding

Figur 1 viser et kort over området og relevante boringers placering i forhold til fabriksgrunden og åen. Mærkaterne viser boringernes DGU-nr. De dybe monitoringsboringer fra 1983-1990 har endvidere i parentes et nummer startende med G efterfulgt af romertal). En oversigt over disse boringers DGU-nr., G-nr. og dato for etablering findes i tabel 1 (data fra Jupiter databasen). Ældre boringer på selve fabriksgrunden er optegnet på figur 3 (se næste afsnit). Generelt er status i dag for boringer på fabriksgrunden ikke kendt, og ikke alle har DGU-numre.

De kemiske data i notatet er primært baseret på et udtræk af regionens GEOGIS-database. Regionen har oplyst, at enkelte data af forskellige årsager kan være registreret forkert i databasen. Endvidere har Region Syddanmark stillet arkivmateriale vedrørende fabriksgrunden til rådighed, samt ældre data, som ikke findes i databaser. Rådata er generelt gengivet i bilag.



Figur 1: Placeringen af fabriksgrunden og Grindsted Å. Der er anført de borer mellem fabriksgrunden og Grindsted Å, som der er fokuseret på i dette notat. Endvidere er placeringen af den nye boring på Bekkasvej vist (114.2618-20). Den røde firkant markerer udsnittet, der vises i figur 13.

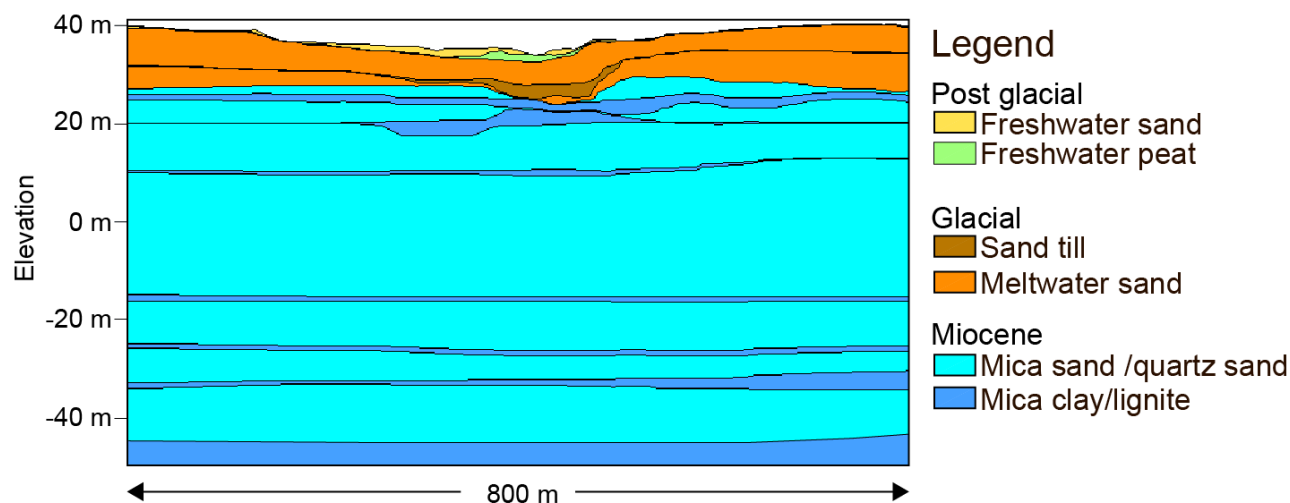
Tabel 1: Liste over monitoringsboringer etableret 1983-1990 (G-boringer) og deres udførselsdato (GEUS, Jupiter databasen).

Navn	Romertal	DGU-nummer	Udførsel	Dybde (m u.t.)	Antal filtre
G1	GI	114.1334	02/12/1983	30,5	2
G2	GII	114.1335	03/12/1983	40,5	2
G3	GIII	114.1336	13/12/1983	30,0	2
G4	GIV	114.1424	23/06/1988	75,0	6
G5	GV	114.1425	04/08/1988	72,0	6
G6	GVI	114.1426	17/08/1988	61,0	7
G7	GVII	114.1430	19/10/1988	119,5	5
G8	GVIII	114.1447	01/01/1989	79,3	4
G9	GIX	114.1448	01/01/1989	73,0	6
G10	GX	114.1495	06/11/1990	69,0	7

Geologi og hydrogeologi er ikke beskrevet i dette notat. Der henvises til en række tidligere undersøgelser, f.eks. Krüger (1992a) og Orbicon (2013). Desuden er der i forbindelse med forskningsprojektet, ”Advancing GEOlogical, geophysical and CONtaminant monitoring technologies for contaminated site investigation” (GEOCON) (Bjerg et al., 2018) opstillet en detaljeret geologisk model for området mellem boring 114.1447 og åen (Maurya et al., 2018; Balbarini et al., 2019). I korte træk er de væsentligste geologiske lag, som vil blive omtalt:

- Et øvre kvartært sandlag med vekslende udbredelse og mægtighed (fra terræn).
- Et regionalt miocænt sandlag tilhørende Odderup formationen (10-15 til ca. 80 m under terræn). Lagserien er præget af vekslende sandlag gennemskåret af tynde ler- og/eller brunkulslag.
- Et regionalt miocænt lerlag ca. 80 m under terræn (Øvre Arnum formationen). Lagserien består af lerede aflejringer med siltslirer og enkelte sandlag
- Et underliggende regionalt sandlag tilhørende Bastrupformationen

Figur 2 viser en konceptuel geologisk model for de øvre 80-90 m i Grindsted, dvs. til toppen af Øvre Arnum formation.



Figur 2: Konceptuel geologisk model for Grindstedområdet ved Grindsted Å (Maurya et al., 2018). Åen er placeret midt i det vertikale snit.

Grindstedværket har igennem mange år haft en meget stor vandindvinding fra adskillige borer på selve fabriksgrunden. Disse ligger spredt på grunden, dog særligt i den nordlige og østlige del. Dybderne varierer fra 19 m (DGU-nr. 114.2094, ikke vist) til 50 m (DGU-nr. 114.1919/GP16, figur 3). Desuden har Grindsted Vandværk haft en kildeplads, der har indvundet vand fra Odderup formationen umiddelbart øst for fabriksgrunden (Kildeplads 1, etableret 1943). Boringernes dybder varierer mellem 21 og 31,5, samt en enkelt boring til 130 m u.t.. Placeringen af Kildeplads 1 vises i Bilag A.

Før 1970 var indvindingen fra Kildeplads 1 på 1,9 mill. m³/år, mens Grindsted Products indvandt 1,5 mill. m³/år. I 1984 var indvindingen fra Kildeplads 1 faldet til 0,7 mill. m³/år, mens Grindsted Products indvandt 1,9 mill. m³/år (Krüger, 1992a). Indvindingen fra Kildeplads 1 blev neddroset i løbet af den sidste halvdel af 1980'erne (Grindsted Vandværk, 2019) og ophørte helt i midten af 1990'erne (Jupiter), Mange af disse borer er nu sløjfet (Krüger, 1992a).

I perioden 2005-2009 indvandt Danisco Grindsted 0,7 mill. m³/år fra den nordlige del af grunden (Danisco A/S, 2010; Petersen, 2012).

Fabriksgrunden og den nære forureningsfane

Grundvand på selve fabriksgrunden

Undersøgelser af grundvandsforureningen på selve fabriksgrunden er udført i perioden 1984-2012. Hertil kommer de 10 dybe monitoringsboringer mellem fabriksgrunden og åen (figur 1). Af disse befinder to sig umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden: GII (DGU nr. 114.1335, år 1983) og GV (DGU nr. 114.1425, år 1988). Endelig er der etableret en boring til 112 m u.t. i 2012 (DGU nr. 114.2127).

Figur 3 illustrerer hvilke undersøgelser, der er rapporteret af grundvand på selve fabriksgrunden samt den nære fane. I det følgende beskrives undersøgelserne på selve fabriksgrunden kronologisk, og der redegøres kort for resultaterne af hver undersøgelse.

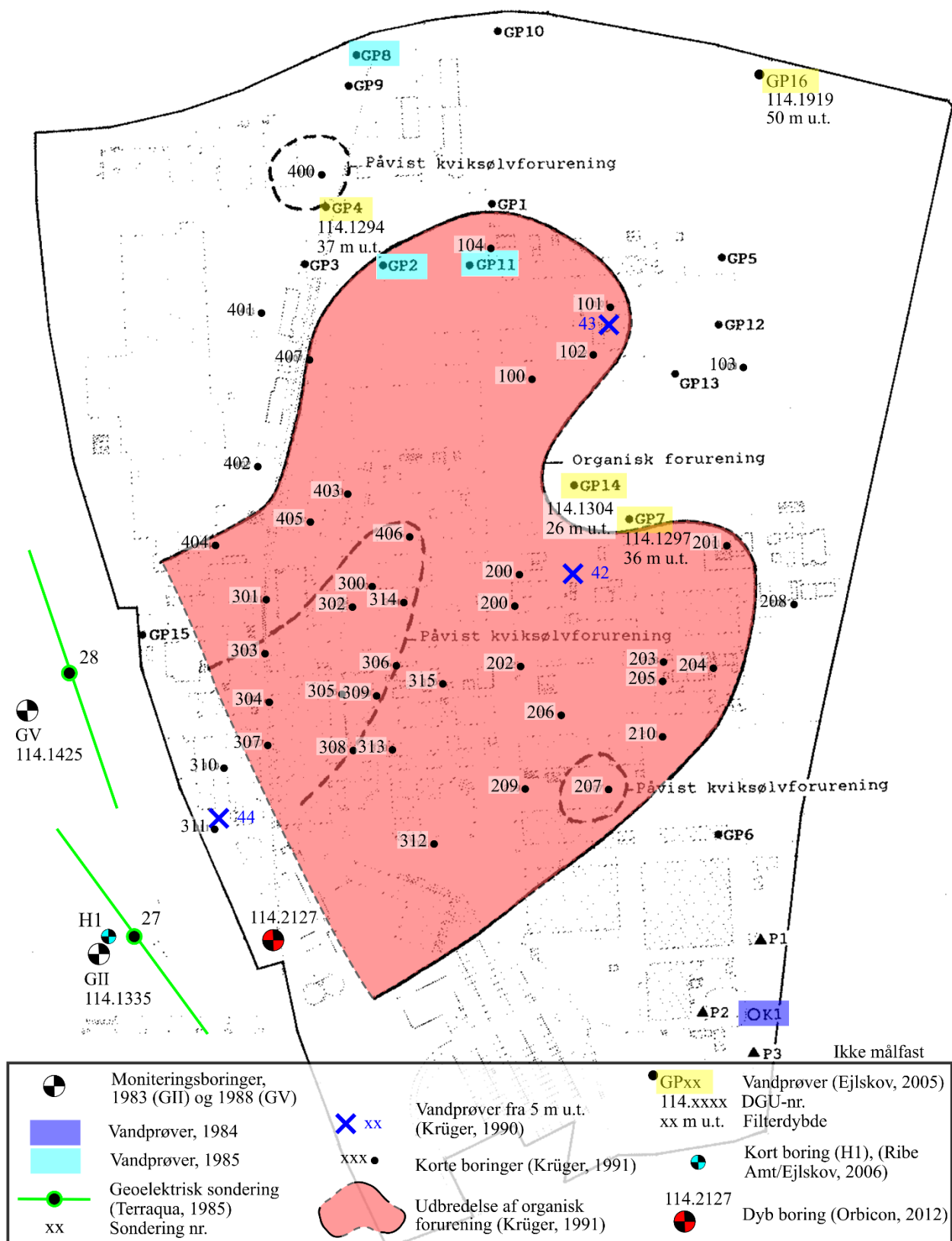
Vandprøver fra boringer på fabriksgrunden (hhv. 1984 og 1985)

Der er udtaget enkelte vandprøver fra Grindstedværkets indvindingsboringer og en kontrolboring på fabriksgrunden i årene 1984 og 1985. Resultaterne fra disse er rapporteret af Vandkvalitetsinstituttet (1986), se Bilag B. Vandprøver fra indvindingsboringerne GP2, GP8 og GP11 blev analyseret for COD (*chemical oxygen demand*), TOC (*total organisk kulstof*), ledningsevne, pH og der blev målt kviksølv. COD lå under detektionsgrænsen (<10 mg/L), mens TOC lå inden for baggrundskoncentrationen på 1-3 mg/L (Bjerg et al., 1995). pH-værdierne lå i intervallet 5,2-6,0, hvilket også er inden for det normale for Grindstedområdet, pH 4,5-6,0 (Bjerg et al., 1995). Ledningsevnen blev målt til 211-356 µS/cm, hvor baggrundsindholdet typisk varierer fra 100-300 µS/cm (Bjerg og Kjeldsen, 2010).

Kvalitetskriteriet for grundvand for uorganisk kviksølv (0,1 µg/L) overskrides i boring GP2 og GP11, hvor der måles hhv. 0,35 µg/L og 0,21 µg/L. I boring GP8 er koncentrationen under detektionsgrænsen på 0,15 µg/L. Det kan dermed ikke udelukkes, at kriteriet også overskrides her.

Med undtagelse af kviksølv er der ikke indikationer på forurening i disse tre boringer på daværende tidspunkt, men der er ikke analyser for specifikke organiske stoffer. Det stemmer fint med, at de befinder sig udenfor/i udkanten af den organiske forurening, som Krüger fandt i 1991 (figur 3).

Kontrolboringen, KI, er placeret i det sydøstlige hjørne af grunden, heller ikke i nærheden af/nedstrøms for forureningsfund. Ingen af de fem filtre i KI placeret 5,5-27,5 m u.t. viste tegn på forurening med benzen, toluen, PAA (*primære aromatiske aminer*) eller sulfanilsyre i 1984-1985.



Figur 3: Undersøgelser af grundvandsforurening på selve fabriksgrunden samt den nære fane, 1983-2012. Baggrundskort fra Krüger A/S (1992a), øvrige undersøgelsespunkter påtegnet skønmæssigt. Signaturforklaring angiver årstal for udførelse.

Forureningsundersøgelse af fabriksgrunden (1990-1991)

Den hidtil mest omfattende undersøgelse af forureningssituationen i det øvre grundvand på selve fabriksgrunden blev udført af Krüger A/S i 1991. I forbindelse med forundersøgelser blev der udtaget 3 vandprøver fra 5 m u.t. i boring 42-44 (Krüger, 1990). Efter omrystning og få minutters henstand blev der udtaget luftprøver af headspace fra disse prøver, og luftprøverne blev analyseret for en række chlorerede og aromatiske kulbrinter. Luftprøven fra vandprøve 42 var den mest forurenede mht. chlorerede opløsningsmidler. PCE blev fundet i en koncentration på 16.000 µg/L luft, og TCE 170 µg/L luft (1 µg/L svarer til 1000 µg/m³). Forureningen i luftprøven fra vandprøve 43 var derimod domineret af BTEX'er, hvor xylener blev målt til 16.000 µg/L luft, og toluen blev fundet i en koncentration på 2.600 µg/L luft. Udover PCE (7 µg/L luft) og chloroform (0,2 µg/L luft) blev der ikke fundet forurenende kulbrinter i headspace fra vandprøve 44.

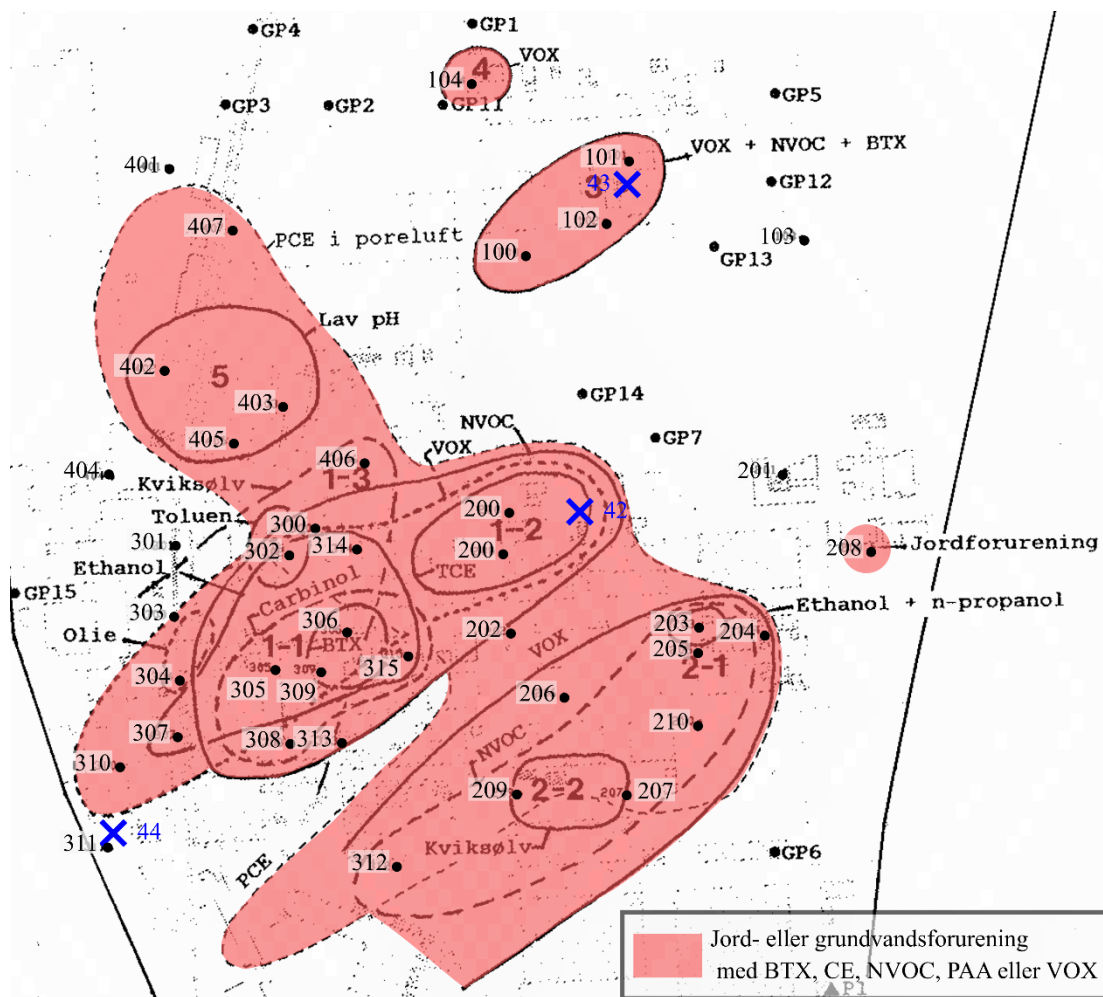
Efterfølgende blev der etableret 40 korte boringer (Krüger, 1992b). Boringerne havde en dybde på 6-7 m og blev fordelt over det meste af grunden, særligt den centrale del, hvor de tidlige fabriksbygninger var placeret. Under borearbejdet blev der udtaget jordprøver, hvoraf 10 er analyseret for PAA, NVOC (*ikke-flygtigt organisk kulstof*) og/eller VOX (*flygtige organiske halogener*). Prøver fra ni boringer blev udvalgt til analyse for kviksølv på baggrund af historisk redegørelse. Vandprøverne blev analyseret for bl.a. toluen, og 19 udvalgte vandprøver blev desuden analyseret for samleparametrene NVOC og VOX. På denne baggrund blev udbredelsen af den organiske forurening i det øvre grundvand kortlagt, se rød markering i figur 3. Resultater for hhv. vandprøver og jordprøver kan findes i Bilag C og Bilag D.

Der blev fundet fri olie i boring 304 (se Krüger (1992c) for detaljer). I vandprøverne lå ledningsevnen i 22 tilfælde over 400 µS/cm, og i fem målinger over 1000 µS/cm (Krüger, 1992b). NVOC-koncentrationerne var op til 130 mg/L, og var i mange tilfælde over 10 mg/L. Til sammenligning vurderes baggrundsindholdet i grundvandsmagasinet til 1-3 mg/L (Bjerg et al., 1995). VOX blev to steder fundet i meget høje koncentrationer, hhv. 5600 µg Cl/L og 1500 µg Cl/L. I de øvrige 17 analyserede prøver lå koncentrationen i intervallet 0,8-210 µg Cl/L.

I vandprøver fra boring 305, 306, 308, 309 og 315 blev der fundet toluen i koncentrationer på 20-167 mg/L. Otte vandprøver blev analyseret for kviksølv. Resultaterne lå på 0,16-82 µg/L, dvs. alle resultater lå over kriteriet på 0,1 µg/L. Den højeste koncentration fandtes i boring 406.

I fire af boringerne blev der fundet kviksølv i jordprøverne i koncentrationer højere end kriteriet for jord, 1 mg/kg. Det drejer sig om boringerne 207 (op til 13,63 mg/kg ved 2,5 m u.t.), 209 (op til 1,97 mg/kg ved 0,5 m u.t.), 305 (op til 2,02 mg/kg ved 1,0 m u.t.) og 406 (op til 16,18 mg/kg ved 1,5 m u.t.).

Resultater for enkeltstoffer er vist i figur 4. Forurening med organiske stoffer er markeret med rødt.



Figur 4: Udbredelse af forurening med organiske enkeltstoffer i øvre grundvand og umættet zone på fabriksgrunden i 1991 (efter Krüger, 1992b). Fuldt omrids af fabriksgrunden er vist i figur 3.

Vandprøver fra dybe vandboringer på fabriksgrunden (2005)

I 2005 undersøgte Ejlskov grundvandsforureningen ved prøvetagning af fire indvindingsboringer (GP4, GP7, GP14 og GP16) filtersat i den øvre halvdel af Odderupformationen, placeret i den nordøstlige del af grunden (placering og dybde af filtre vises i figur 3). Alle resultater fra Ejlskov (2005) kan ses i Bilag E.

Boringer i den centrale og sandsynligvis mere forurenede del af grunden kunne ikke lokaliseres. Det blev bemærket, at de prøvetagne boringer formentlig befinder sig opstrøms for de mest forurenede dele af fabriksgrunden. Alligevel blev der fundet en udbredt belastning med BTEX, PCE, barbiturater og sulfonamider i de fleste af boringerne. GP4, længst mod nordvest, havde det højeste indhold af PCE (160 µg/L) og sulfanilsyre (160 µg/L). I GP7, en boring i nærheden af den centrale del af grunden, er der fundet 1.300 µg/L sum af kulbrinter (heraf 204 µg/L xylener), men ikke sulfanilsyre eller andre sulfonamider. Der var tidligere fundet forurening i både GP4 og GP7 ved virksomhedens egen kontrol, hhv. PCE og ethylurethan (ethylurethan indgik ikke i analyseprogrammet i 2005). Forureningen i boring GP14, beliggende tæt ved GP7, var domineret af 5,3 µg/L TCE, 59 µg/L butobarbital og 130 µg/L

sulfanilsyre. I den nyetablerede GP16 i det nordøstlige hjørne af grunden var koncentrationen af sulfanilsyre 110 µg/L, men der blev der ikke fundet kulbrinter, CE eller barbiturater.

Dyb boring til kontrol af grundvandskvalitet i Bastrupformationen (2012)

I 2012 blev der udført 3 dybe boringer i Grindsted for at undersøge, om det dybe sandlag (Bastrupformationen) var påvirket af forureningen fra Grindsted losseplads eller fabriksgrunden (Orbicon, 2013). Forureningen befinder sig primært i sandlaget, der udgør de øverste 80 m af den geologiske lagserie (kvartært smeltevandssand og Odderupformationen), og den videre spredning nedefter bremses i høj grad af et lerlag af ca. 15 m mægtighed (Arnumformationen). En af disse boringer (DGU-nr. 114.2127) blev placeret i fabriksgrundens sydvestlige hjørne, hvad der blev betragtet som centralt i fanen ifølge Orbicon (2013). Reelt er boringens placering nok snarere i den sydlige udkant af fanen fra den centrale del af fabriksgrunden. Boringen når 112 m u.t. og har fem filtre i Odderupformationen og et dybt filter i Bastrupformationen.

Alle seks filtre er prøvetaget i juni 2012, og det dybe filter, F1, er endvidere prøvetaget i oktober 2012 efter en prøvepumpning. Disse vandprøver er analyseret for bl.a. CE, BTEX og totalkulbrinter samt barbiturater, sulfonamider og ethylurethan. Analyseresultater er angivet i Bilag F. Generelt er forureningen kraftigst i det øverste filter F6, mens den aftager nedefter i F4 og F5. I F2. Lige over lerlaget, er der igen en mindre stigning i forureningsforekomster. I F6 er der bl.a. fundet 110 µg/L totalkulbrinter, 620 µg/L 5-allyl-5-isobutyl-barbitursyre (også *butalbital*), 15 µg/L ethylurethan, 59 µg/L meprobamat og 52 µg/L sulfathiazol. Det højeste indhold af BTEX er 3,2 µg/L toluen i F4. Der er kun fundet lave forekomster af CE i boringen over Arnumformationen. Der blev fundet 5,2 µg/L cis-1,2-dichloroethylen i F1 i oktober 2012 (efter prøvepumpning). Herudover er der påvist butylbarbiturat (12 µg/L) og sulfathiazol (29 µg/L) i juni 2012 (før prøvepumpningen) og 0,24 µg/L benzen i oktober 2012 i F1.

Der blev udtaget vandprøver fra de to nederste filtre (F1 og F2) igen i 2016, hvor der blev analyseret for de samme komponenter. I det nederste filter (99-112 m u.t.) blev der ikke konstateret indhold af forureningsstoffer over detektionsgrænsen, mens der i det næstnederste filter (76-78 m u.t.) kun blev fundet 2,2 µg/L acetylsulfanilsyre. Desuden havde denne vandprøve en usædvanlig høj pH-værdi på 10,33.

Vurdering af grundvandsforurening på fabriksgrunden 1983-2012

På grundlag af undersøgelserne i 1991 kan den organiske forurening i det øvre grundvand på fabriksgrunden karakteriseres som kraftig og udbredt på daværende tidspunkt. Resultaterne er ikke direkte sammenlignelige med resultaterne fra 2005 og 2012 (og 2016), da der ikke er udtaget vandprøver i de samme prøvetagningspunkter og -dybder. Endvidere er der sket ændringer i analysemetoder, såsom overgang fra få samleparametre (f.eks. VOX) til flere enkeltstoffer (f.eks. alle enkeltstoffer i CE).

Der er dog tegn på, at mange af de problematiske organiske stoffer, der blev fundet i de tidlige undersøgelser, observeres igen i de senere undersøgelser. Umiddelbart synes der at være lavere koncentrationer i dag end i 1991, men der er mangel på data fra de centrale dele af fabriksgrunden. Toluen findes f.eks. i koncentrationer på 20-177 µg/L i vandprøver fra 1991, mens koncentrationerne i

vandprøver fra 2005 (fra andre borer) er blot <0,02-0,22 µg/L. I boring 114.2127 i 2012 er det største fund af BTEX'er 3,2 µg/L toluen i F3.

VOX-koncentrationen i 1991 ligger i intervallet 0,8-5600 µg Cl/L, de fleste dog mellem 20-200 µg Cl/L. Til sammenligning svarer det største fund af CE i 2005, 160 µg/L PCE, til 137 µg Cl/L. I 2012 og 2016 er der slet ikke påvist PCE i 114.2127, og andre CE forekommer i lave koncentrationer, med få undtagelser <1 µg/L eller under detektionsgrænsen (<0,02 µg/L).

Ifølge Ejlskov (2005) er det muligt, at der i 2005 stadig findes en kilde til forurening med PCE og nedbrydningsprodukter dybt i det øvre magasin (baseret på vandprøver udtaget fra 26-50 m u.t.), samt evt. mere terrænnære kilder. Dette ses ikke i vandprøverne fra boring 114.2127 fra 2012, men det kan skyldes, at boringen ikke er placeret direkte nedstrøms for prøvetagningspunkterne fra 2005. Dybdemæssigt svarer prøvetagningspunkterne fra 2005 (26-50 m u.t.) kun til de to øverste filtre i 114.2127 (hhv. 10-12 m u.t. og 48-50 m u.t.).

Der er ikke udført større sammenhængende undersøgelser på fabriksgrunden siden 1991. Det betyder, at der ikke foreligger tilstrækkelige data til at dokumentere udviklingen af grundvandsforurening på fabriksgrunden fyldestgørende siden da. Samtidig er de oprindelige undersøgelser vanskelige at fortolke især for CE, da der ikke er målt for alle specifikke stoffer, herunder vinylchlorid.

I den mellemliggende periode kan flere processer have påvirket kilden:

- Nedbrydning
- Afdampning
- Transport
 - DNAPL-spredning og udvaskning
 - Densitetstransport af opløste stoffer
 - Advektiv transport af opløst fane
 - Horisontal/vertikal forskydning pga. skift i vandindvinding.

Nedbrydning er især relevant for BTEX, der udgør de lettest nedbrydelige forureningsstoffer på fabriksgrunden.

CE, og særligt VC, er de mest flygtige stoffer, og dermed mest tilbøjelige til at afdampe. Dette vil dog næppe reducere kilden væsentligt, bl.a. fordi en stor del befinder sig mere end 30 m u.t.. CE, herunder vinylchlorid, kan muligvis afdampe og spredes til bygninger på fabriksgrunden, såfremt der stadig findes overfladenær forurening nær de oprindelige spild (se næste afsnit).

Transport af forurening kan foregå ad flere veje. Forekomsten af forureningsstoffer mere end 30 m u.t. kan for CE's vedkommende forklares ved stoffernes karakter som DNAPL, *dense non-aqueous phase liquids*. Da de ikke er letopløselige i vand, og samtidig har højere densitet, vil de 'synke til bunds' i grundvands-magasinet. Effekten af dette er sandsynligvis størst umiddelbart efter spildene. Hvis der oprindeligt har været spild af DNAPL på grunden, kan der over tid være sket en langsom udvaskning fra residual forekomst af DNAPL.

Den vertikale fordeling af de farmaceutiske stoffer kan derimod virke lidt overraskende, da disse ikke udgør en separat fase. En anden mekanisme er dog muligvis på spil. Stofferne er meget opløselige i vand,

så der kan dannes nedsivende vand med meget høje koncentrationer af farmaceutiske stoffer, som har en højere densitet end det omgivende grundvand. Denne nedsivende forurening kan derfor muligvis synke hurtigere, end den bliver spredt ved advektiv transport. Dette kaldes 'densitetstransport' af opløste stoffer. Et fænomen der også er observeret ved lossepladsen syd for Grindsted (Kjeldsen et al., 1998).

Efter opløsning vil forureningsstofferne blive transporteret med grundvandet, dvs. i retning mod Grindsted Å. Det er sandsynligt, at denne mekanisme på nuværende tidspunkt har flyttet størsteparten af forureningsfanen ned mellem boring 114.1447 og åen (se næste afsnit).

Indvindingen af grundvand fra Odderupformationen på fabriksgrunden og Kildeplads 1 kan dog også have påvirket spredningen og transporten af forureningen på fabriksgrunden. Som påpeget af Ejlskov (2005) kan den store og skiftende vandindvinding på fabriksgrunden til procesformål endvidere have skabt variationer i strømningsmønstret. Disse kan have forskudt forureningen både horisontalt og vertikalt.

Da der ifølge Ejlskov (2005) er fundet forurening med BTEX, CE, sulfonamider og barbiturater i daværende eller tidligere indvindingsboringer på fabriksgrunden, kan det heller ikke udelukkes, at en del af forureningen er oppumpet i forbindelse med indvinding til procesformål.

Den umættede zone på fabriksgrunden

Den umættede zone på fabriksgrunden er undersøgt ved 50 poreluftmålinger (Krüger, 1990) og i forbindelse med udførelsen af 40 korte boringer (Krüger, 1992b.). Placeringen og resultaterne af poreluftmålinger vises i figur 5. Der er analyseret for enkeltstoffer inden for grupperne aromatiske og chlorerede kulbrinter.

I poreluften er der chlorerede ethener helt op til 28.000 µg/L (PCE) og 740 µg/L (TCE). Dette findes centralt i overlappet mellem PCE- og TCE-forurening på den centrale del af grunden. Mht. til de aromatiske kulbrinter findes de højeste koncentrationer i den nordlige BTEX-forurening med 31.000 µg/L toluen og 550 µg/L xylener. Øvrige resultater kan findes i Bilag G.

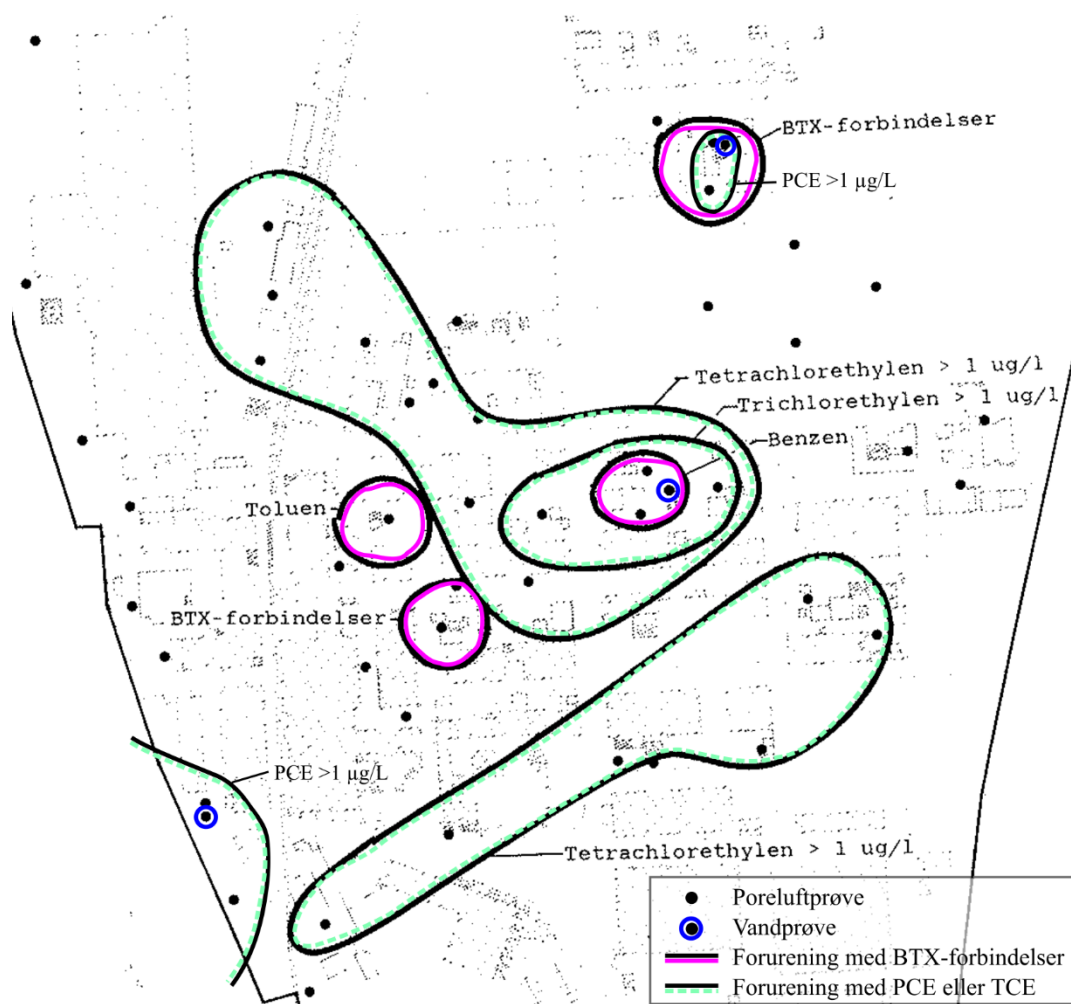
Udvalgte jordprøver er analyseret for PAA, NVOC og VOX. PAA er analyseret af Grindsted Products, og resultaterne ligger i intervallet 0,81 mg/kg tørstof (boring 201) og 13 mg/kg tørstof (boring 403). NVOC og VOX er analyseret af Vandkvalitetsinstituttet, Hørsholm, og resultaterne for disse parametre er opgivet på vådvægtsbasis. To af de otte prøver analyseret for NVOC indeholder mere end 1.000 mg C/kg jord, hhv. 10.400 mg C/kg jord i boring 210 (0,5 m u.t.), og 2.600 mg C/kg jord i boring 207 (1,5 m u.t.). De samme otte prøver er også analyseret for VOX, og i halvdelen er VOX under detektionsgrænsen på 10 µg Cl/kg jord. I de øvrige fire prøver findes VOX i intervallet 290 µg Cl/kg jord (boring 207, 1,5 m u.t.) til 440 µg Cl/kg jord (boring 200, 3,0 m u.t.).

Resultaterne af jordprøveudtagningen er medtaget i udarbejdelsen af figur 4, hvor boringsnumre også kan ses. Endvidere kan resultater findes i Bilag D.

Afdampningskriterier for indeklima af udvalgte stoffer angives i tabel 2. Kriterierne gælder for luftkoncentrationen målt i boliger, dvs. at en højere koncentration kan tillades i poreluft. Som det ses af tabel 2 overstiger de målte poreluftkoncentrationer dog afdampningskriteriet med op til en faktor 4.700.000 i 1990. Der er ikke nyere undersøgelser, som kan belyse forholdene i dag.

Tabel 2: Afdampningskriterier for udvalgte chlorerede ethener og BTEX (Miljøstyrelsen, 2015) samt de højeste målte koncentrationer i poreluft (Krüger, 1990). Afdampningskriterium angiver det maksimale acceptable bidrag fra en jordforurening til koncentrationen i indeklimaluft i boliger. Bemærk at afdampningskriteriet er omregnet til µg/L, så det kan sammenlignes med de målte koncentrationer fra 1990.

Stof	Afdampningskriterium (µg/L)	Poreluftmåling (µg/L)	Forskel (faktor)
PCE	0,006	28.000	$4,7 \cdot 10^6$
TCE	0,001	740	$7,4 \cdot 10^5$
Toluen	0,4	31.000	$7,8 \cdot 10^4$
Xylener + ethylbenzen	0,1	550	$5,5 \cdot 10^3$
Sum af kulbrinter	0,1	40.000	$4,0 \cdot 10^5$



Figur 5: Udbredelse af forurening med benzen, toluen, xylener, PCE og TCE i poreluft på fabriksgrunden i 1990 (efter Krüger, 1992a). Fuldt omrids af fabriksgrunden er vist i figur 3.

Grundvand umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden

Der er udført en række undersøgelser af forurening af grundvandet umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden. I dette afsnit gives en kort kronologisk redegørelse for resultaterne.

Geoelektriske sonderinger (1985)

Geoelektriske sonderinger blev udført flere steder mellem fabriksgrunden og åen i 1985 (Terraqua, 1985). Umiddelbart nedstrøms for grunden (figur 3), viste sonderinger en zone med meget lavt modstandsniveau i en dybde mellem 10 m u.t. og 25 m u.t.. Dette tillægges tilstedeværelse af forureningsfanen fra fabriksgrunden.

Vandprøver fra kort boring ved 114.1335, H1 (2006)

I forbindelse med undersøgelse af det terrænnære grundvand i 2006 er der udført en kort boring (H1 eller DGU nr. 114.1999) ved den dybe monitoringsboring 114.1335 (Ejlskov, 2007). H1 er filtersat 6-8 m u.t. og prøvetaget i forbindelse med etableringen. Der er bl.a. analyseret for totalkulbrinter, BTEX, barbiturater, sulfonamider og CE. I boring H1 fandtes der 13 µg/L totalkulbrinter samt spor af PCE, TCE og cis-DCE (0,5 µg/L, 0,17 µg/L og 0,046 µg/L). Ingen enkeltstoffer fra gruppen sulfonamider og biprodukter (sulfanil) findes over detektionsgrænsen, men PAA måles til 40 µg/L.

Vandprøver fra dyb boring (114.2038) nedstrøms den nordlige ende af fabriksgrunden (2008 og 2016)

I 2008 blev der udført endnu en dyb boring vest for fabriksgrunden, med det formål at kortlægge hydrauliske forhold i de dybe magasinenheder samt udvide den geologiske forståelse ved fabriksgrunden. Boringen med DGU nr. 114.2038 er placeret umiddelbart nedstrøms for det nordvestlige hjørne af fabriksgrunden (figur 1). Boringen blev placeret mellem fanerne fra banegravsdepotet og fabriksgrunden for at minimere risikoen for at forurene Bastrupmagasinet i forbindelse med borearbejdet. Der er filtersat tre steder i Odderupformationen (F1-F3) og to steder i den underliggende Bastrupformation (F5-F6). Det dybeste filter (F4) er placeret i Billundformationen ved 186 m u.t., og boringen fortsætter til 230 m u.t.. De tre øverste filtre er placeret hhv. 14-17 m u.t. (F3), 55-59 m u.t. (F2) og 74-77 m u.t. (F1).

Vandprøver udtaget fra de øvre tre filtre i 2008 er analyseret for bl.a. sulfonamider, barbiturater, BTEX, CE og kviksølv. Der er ikke fundet sulfonamider eller barbiturater, dog er detektionsgrænsen op til 5 µg/L for barbiturater og 100 µg/L for sulfonamider. Øvrige analyseresultater er opsummeret i Bilag H. Der er spor af BTEX i form af toluen og xylener i F1 og alle BTEX-enkeltstoffer i F3. Højeste målte koncentration er 0,27 µg/L toluen i F3. Det eneste fund af CE er 0,077 µg/L TCE i F3, og der er ikke fundet kviksølv i nogen af de tre øverste filtre.

En vandprøve er desuden udtaget fra F1 i 2016, hvor sulfonamider og barbiturater er analyseret med en lavere detektionsgrænse (0,1 µg/L eller lavere). Her er hverken fundet enkeltstoffer fra disse to grupper eller andre forureningsstoffer fra grupperne BTEX og CE. Der er heller ikke fundet kviksølv eller ethylurethan.

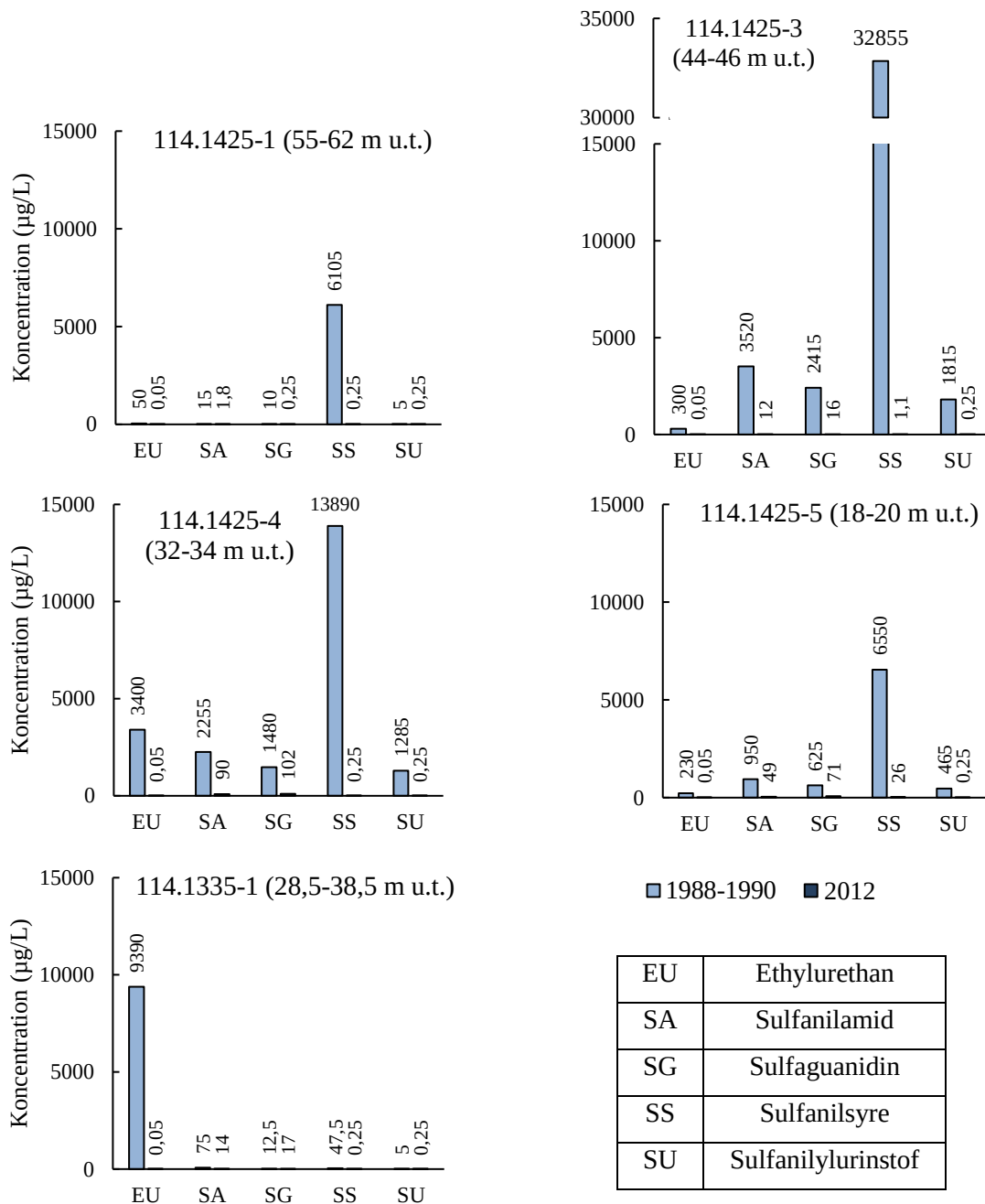
Boring 114.2038 ser ikke ud til at være stærkt påvirket af forurening fra fabriksgrunden. Boringen er placeret nord for kendte forureninger på fabriksgrunden, og det kunne derfor tyde på, forureningen er afgrænset mod nord ved dette punkt.

Vandprøver fra monitoringsboringerne 114.1335 og 114.1425 (1988-2012)

De to monitoringsboringer 114.1335 og 114.1425 er placeret umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden (se placering på figur 1 eller figur 3). Disse boringer er prøvetaget adskillige gange i perioden 1988-2012, og nogle af parametrene går igen i flere af prøvetagningsrunderne. Dermed er resultaterne direkte sammenlignelige. Bl.a. er der analyseret for de samme fem farmaceutiske stoffer i starten og igen i slutningen af perioden: Ethylurethan, sulfanilamid, sulfaguanidin, sulfanilsyre og sulfanilylurinstof. Figur 6 viser udviklingen over tid af farmaceutisk forurening i de mest påvirkede filtre. Værdier under detektionsgrænsen vises som halvdelen af detektionsgrænsen, dog bemærkes det, at detektionsgrænsen var væsentligt højere i 1988-1990 end i 2012. Datasættet er vedlagt i tabel 3 i Bilag J.

Det ses, at udsivningen af de farmaceutiske stoffer fra fabriksgrunden falder markant over den ca. 25 år lange periode. I 1988-1990 er der fundet op til 32.855 µg/L sulfanilsyre i filter 114.1425-3, og mindst ét af de fem stoffer er fundet i koncentrationer på adskillige tusind µg/L i hvert af de fem filtre vist i figur 6. I 2012 er den højeste målte koncentration 102 µg/L sulfaguanidin i filter 114.1425-4.

I 2005 blev der også gjort fund af farmaceutiske stoffer i grundvandet under fabriksgrunden (Ejlsvkov, 2005). Størrelsesordenen på disse fund (op til 130 µg/L sulfanilsyre i GP14) er dog langt mindre end de koncentrationer, der tidligere er målt i de nedstrøms monitoringsboringer.

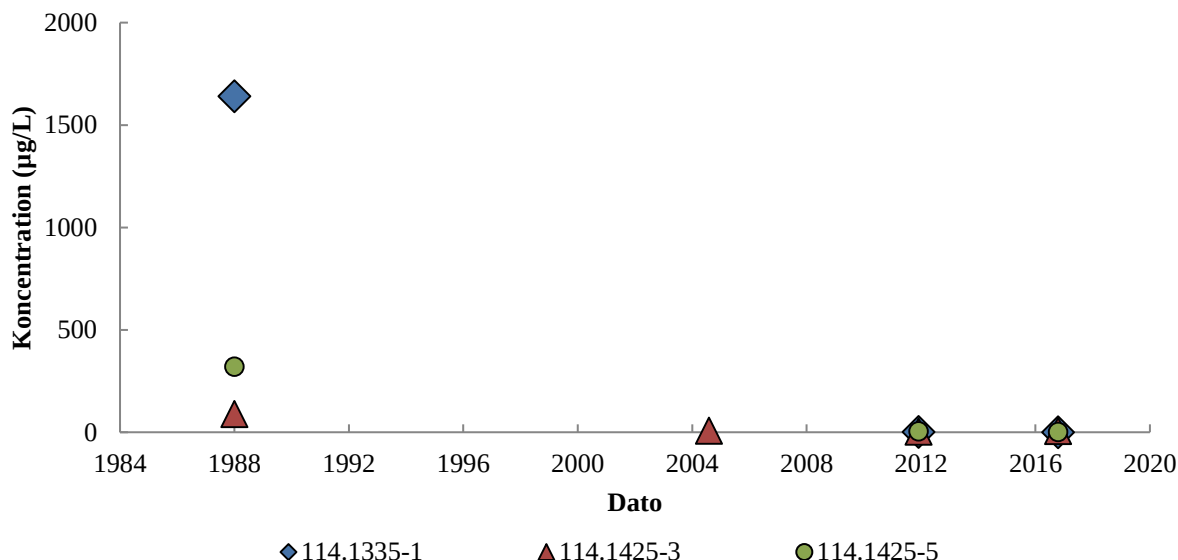


Figur 6: Grundvandskoncentrationer af fem farmaceutiske stoffer i borer umiddelbart nedstrøms for Grindstedværkets tidligere grund. Der sammenlignes mellem perioderne 1988-1990 (lyseblå) og 2012 (mørkeblå). Tallene over stavene angiver koncentrationerne i µg/L.

Det ses endvidere af figur 6, at forureningsfanen ligger dybt, da der findes forurening ned til 62 m u.t. i 114.1425. Samtidig har forureningen stor vertikal udbredelse, da der findes forurening i alle filtre i 114.1425, dvs. fra 18 til 62 m u.t..

Figur 7 viser udviklingen i BTEX-koncentration i tre filtre i monitoringsboringerne 114.1335 og 114.1425. Filtre 114.1335-1 og 114.1425-5 havde de højeste koncentrationer i 1988 med hhv. 1.640 µg/L og 319 µg/L. Filtre 114.1425-3 er vist, fordi der også blev foretaget en måling i 2004. Ligesom

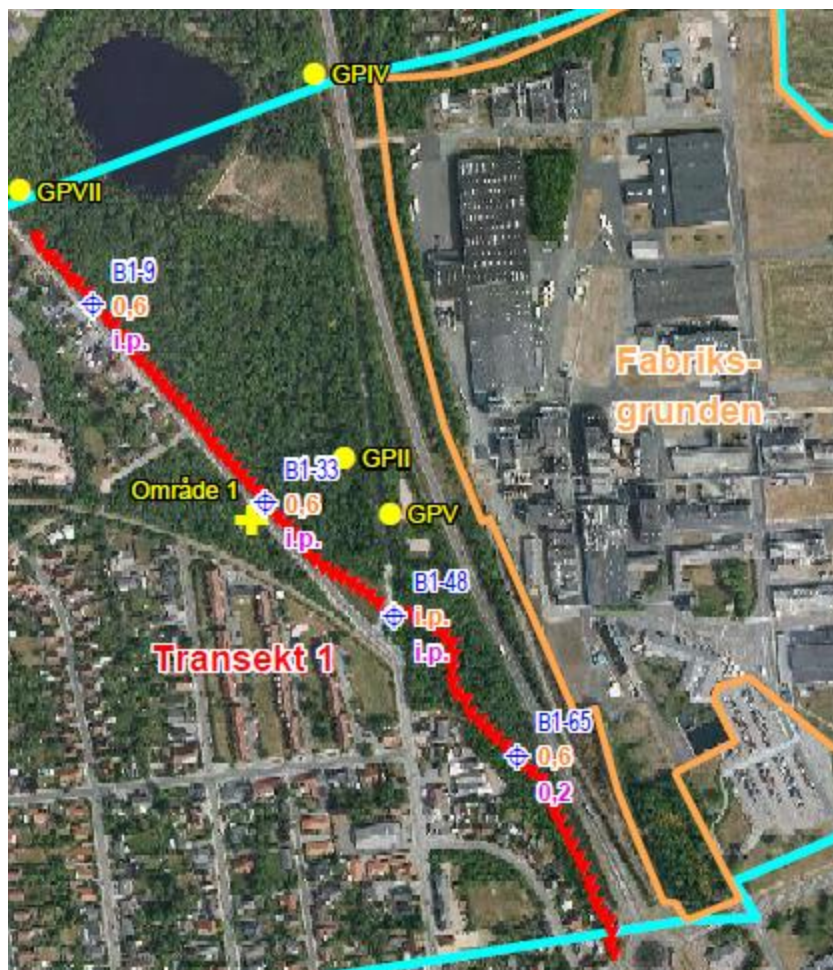
koncentrationen af farmaceutiske stoffer ses BTEX-koncentrationen også at falde markant i perioden 1988-2016. Allerede i 2004 er der 'kun' 8,0 µg/L tilbage i 114.1425-3, i forhold til 88 µg/L i 1988.



Figur 7: Tidslig udvikling i sum af BTEX i monitoringsboringer umiddelbart nedstrøms fabriksgrunden.

Den umættede zone umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden

Der er udført undersøgelser af poreluft og terrænnært grundvand i et transekt på 850 m placeret nedstrøms for fabriksgrunden i 2010 (COWI A/S, 2011). I denne forbindelse blev der fundet CE (PCE) i en enkelt af de 4 vandprøver, B1-48 (figur 8). I poreluftprøver udtaget tæt på boring B1-33 og B1-48 er der dog fundet hhv. 2,7 og 19 µg/m³ TCE. Til sammenligning er Miljøstyrelsens afdampningskriterium for indeklima i boliger 1 µg/m³. (Bemærk: Krüger (1992a) opgiver poreluftresultater for fabriksgrunden i µg/L). Koncentrationerne er altså meget mindre end de målte koncentrationer på selve fabriksgrunden (tabel 2, figur 5). Det bør dog bemærkes, at resultaterne ikke er direkte sammenlignelige, da der nedstrøms for fabriksgrunden blot måles afdampning fra forureningsfanen, mens der på fabriksgrunden måles afdampning fra selve forureningskilden.



Figur 8: Undersøgelser af poreluft og øvre grundvand nedstrøms for fabriksgrunden (fra COWI A/S, 2011). Røde trekanter: Poreluftmålinger. Blå skrift: Børingsnumre. Orange skrift: Sum af sulfonamider og barbiturater i grundvand ($\mu\text{g/L}$). Pink skrift: Sum af chlorerede opløsningsmidler ($\mu\text{g/L}$). Bemærk: GPII er placeret for langt mod nord og GPV er placeret for langt mod vest, da den reelt står umiddelbart øst for Simmelbrovej. Se figur 1.

Forureningsfanen fra fabriksgrunden

Grundvand mellem fabriksgrunden og Grindsted Å

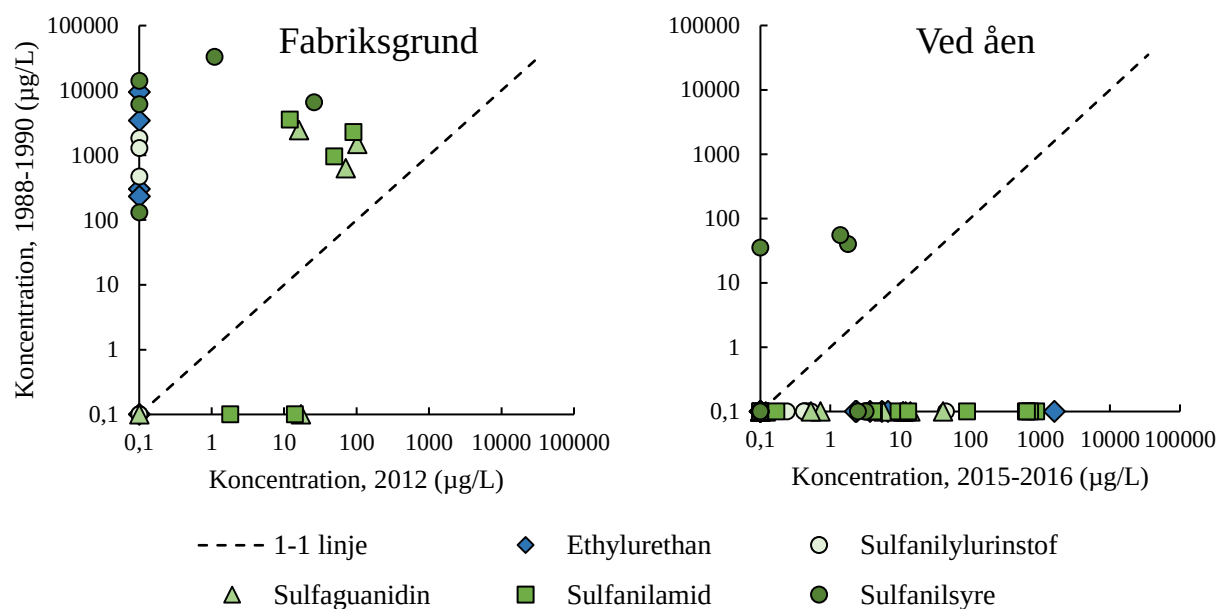
Dette afsnit giver et overblik over data for forureningsfanen på hele strækningen mellem fabriksgrunden og Grindsted Å. Der er særligt fokus på den tidlige udvikling i fanens placering.

En geoelektrisk sondering blev udført sydvest for fabriksgrunden, omtrent halvvejs mod Grindsted Å, i 1985 (Terraqua, 1985). Her ses ikke samme lave modstand, som i samme undersøgelse blev observeret i sonderinger umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden (Se Bilag I for placering af sonderinger). Dette tyder på, at fanen befandt sig tæt på fabriksgrunden på daværende tidspunkt.

De dybe monitoringsboringer mellem fabriksgrunden og Grindsted Å er prøvetaget i perioden 1988-1990, og igen i 2012-2016. I begge perioder er der analyseret for de fem farmaceutiske stoffer: Ethylurethan, sulfanilamid, sulfaguanidin, sulfanilsyre og sulfanilylurinstof. Dermed er det muligt at sammenligne

forureningskoncentrationerne i de to perioder i fire boringer: 114.1335 og 114.1425 ved fabriksgrunden, og 114.1448 og 114.1495 ved Grindsted Å. De farmaceutiske stoffer menes generelt at være mindre nedbrydelige end BTEXN og til dels CE (Balbarini, 2019).

Figur 9 illustrerer den tidlige udvikling i koncentrationen af fem farmaceutiske stoffer, hhv. umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden og tæt ved åen. For hvert filter, hvor der er både tidlige (1988-1990) og nye (2012-2016) analyseresultater er disse plottet i figuren med koncentrationen fra de nye analyser på x-aksen, og koncentrationen fra de tidlige analyser på y-aksen (X,Y = 2012-2016, 1988-1990). Således kan de to perioder sammenlignes. Endvidere er 1-1 linjen vist. For punkter over denne linje gælder det, at koncentrationen er højere i 1988-1990 end i 2012-2016, dvs. koncentrationen er faldet over tid. Modsat viser punkter under linjen, at koncentrationen er steget ved den pågældende boring. Det bemærkes, at ligesom for data præsenteret i figur 6 er der en væsentligt højere detektionsgrænse i 1988-1990 end i 2012-2016. For ”klarhedens” skyld er alle resultater under detektionsgrænsen vist som 0,1 µg/L. De reelle detektionsgrænser for hver analyse er angivet i Bilag J.

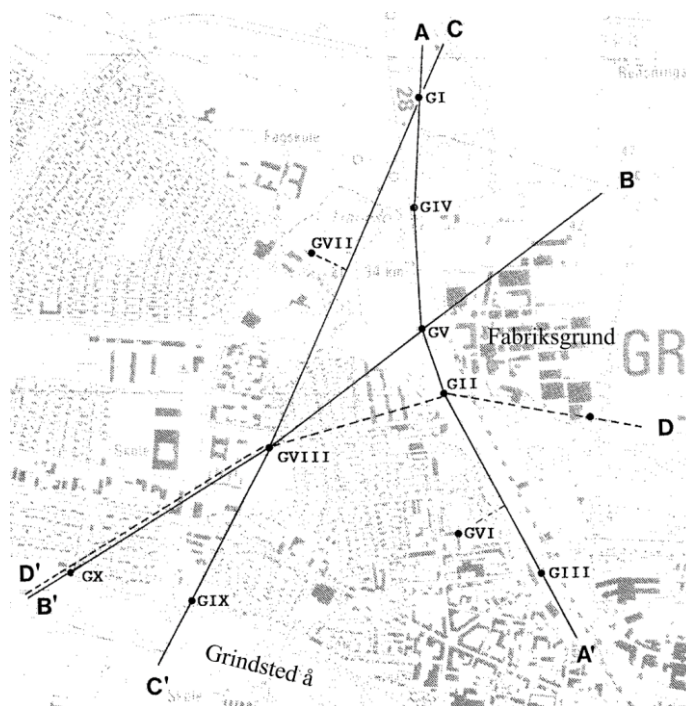


Figur 9: Ændring over tid i koncentration af fem farmaceutiske stoffer hhv. på fabriksgrunden (boring 114.1335 og 114.1425) og ved åen (boring 114.1448 og 114.1495). Resultater under detektionsgrænsen vises som 0,1 µg/L. Bemærk: Logaritmisk skala. Data kan ses i Bilag J.

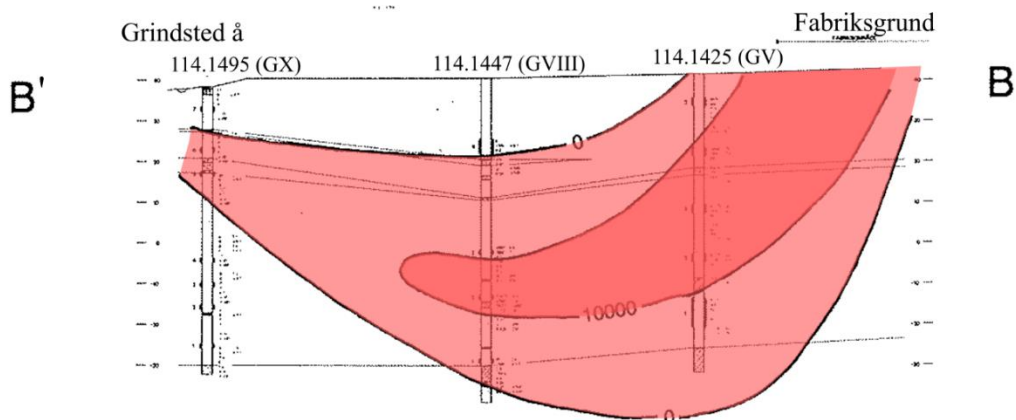
Ved fabriksgrunden ligger de fleste punkter over 1-1 linjen, dvs. koncentrationen er højere i årene 1988-1990 end i 2012. I starten af perioden måles koncentrationer op til 32.855 µg/L (sulfanilsyre), mens den højeste koncentration af et enkeltstof i 2012 er 102 µg/L (sulfaguanidin). Ved åen ses den modsatte tendens: Langt de fleste punkter ligger under 1-1 linjen, svarende til en stigning i koncentration over tid. Dog sås allerede i 1990 tilstedeværelse af sulfanilsyre med 35-55 µg/L i boring 114.1495, F5-F7. I 2015-2016 er den højeste målte koncentration 1.600 µg/L (ethylurethan).

Figur 10 1) viser placeringen af 10 monitoringsboringer i Grindsted. Transekt B-B' følger tilnærmelsesvist den overordnede strømningsretning i grundvandet. Figur 10 2) viser optegnelser af fanens udbredelse langs dette transekt i 1988-1990, hvor fortolkningen har været, at den primære udsivning til åen skete ved boring 114.1495 (GX).

1)



2)



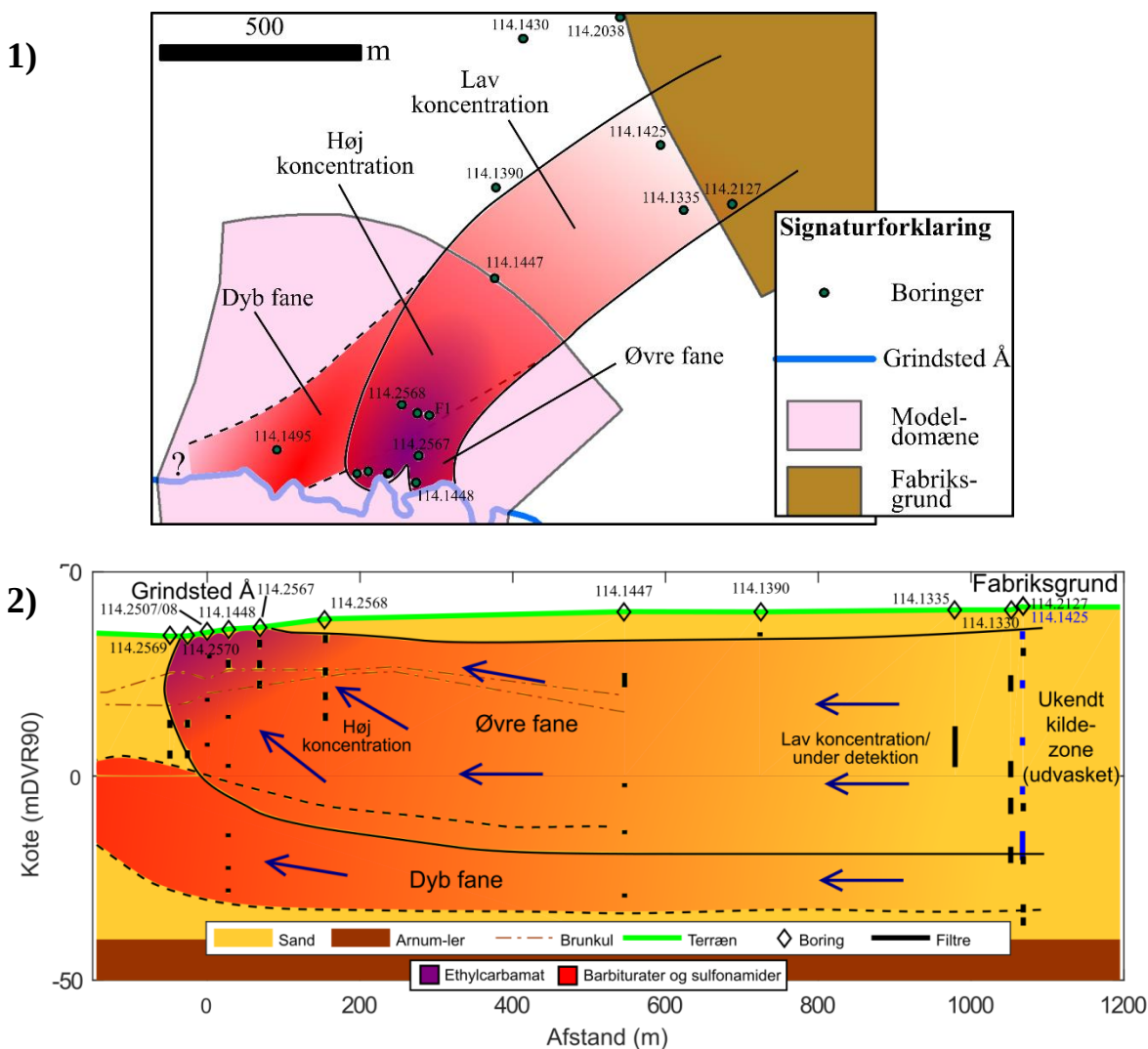
Figur 10: 1) Placering af borer og transekter (Krüger, 1992a). 2) Udbredelse af sulfonamider, 1988-1990 (efter Krüger, 1992a).

I 1988-1990 befinder hovedparten af fanen af farmaceutiske stoffer sig mellem fabriksgrunden og boring 114.1447 (GVIII).

Forureningsudbredelsen er optegnet i figur 11 på baggrund af data fra 2012-2016, blot medtages også nogle af de nyere borer fra 2016 på Svinget 12 (Orbicon, 2017), ved åen (Maurya et al., 2018; Balbarini et al., 2019) samt 114.1495 (GX i figur 10). Optegningen i det langsgående snit følger omtrent transekt B-B' på den første del ved fabriksgrunden og C-C' tættere på åen. Den nærmere placering og dybde af kildeområdet kendes ikke, men kilden formodes på baggrund af de foreliggende data at være stort set udvasket på nuværende tidspunkt.

I de seneste målinger befinder fanen af farmaceutiske stoffer sig snarere mellem 114.1447 og Grindsted Å, dog stadig med enkelte forekomster i boring 114.1425 og 114.2127 ved fabriksgrunden, som beskrevet

i de foregående afsnit. Sammenlignes observationer af fanens udbredelse i hhv. 1988-1990 og 2012-2016, ses det altså, at hovedparten af den farmaceutiske fane har flyttet sig i den mellemliggende periode.



Figur 11: 1) Konceptuelt plansnit af udbredelsen af den farmaceutiske fane, 2012-2016. Fanen er sandsynligvis delt i en terrænnær (hele linjer) og en mere dybtliggende (stiplede linjer) fane. 2) Konceptuel udbredelse af farmaceutisk fane i langsgående transekt, 2012-2016 (Frederiksen, 2017).

En lignende rumlig fordeling gør sig gældende for chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter. Mht. såvel BTEX som chlorerede opløsningsmidler er der komplicerende faktorer, idet der muligvis kan eksistere andre kilder i Grindsted by. Desuden er disse stoffer, særligt BTEX, påvirket af nedbrydning. BTEX, med undtagelse af benzen, nedbrydes tilsyneladende effektivt under transporten fra fabriksgrunden. Store forekomster af nedbrydningsprodukterne cis-DCE og VC i forhold til moderstofferne PCE og TCE i den å-nære del af forureningsfanen tyder på, at der foregår en høj grad af naturlig nedbrydning af chlorerede opløsningsmidler længere opstrøms i grundvandsmagasinet.

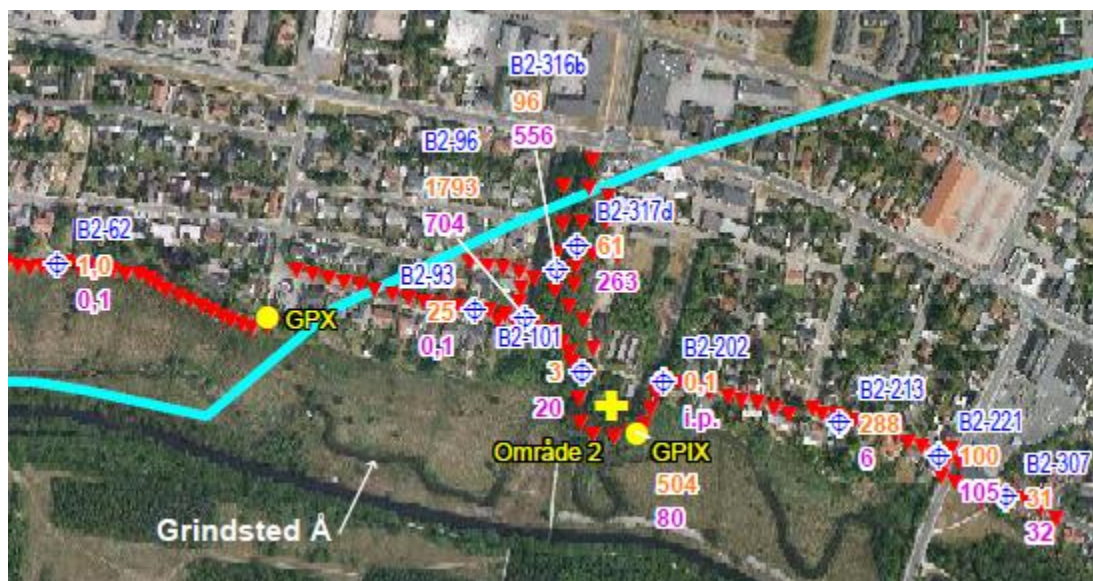
På nuværende tidspunkt er de organiske forureningsstoffer allerede observeret i Grindsted Å, og et hotspot for udsivningen er identificeret tæt på udløbet fra det gamle Renseanlæg Vest, omtrent ved boring

114.2507/08 i figur 1 (Rønde et al., 2017). Dette er vist i skitsen af fanen i plansnittet på figur 11 1) med fuldt optrukne linjer. Endvidere er der konstateret et mere diffust input af forureningsstoffer til åen på en ca. 2 km strækning nedstrøms herfor. Ved hjælp af geologiske og hydrogeologiske betragtninger, modellering af strømningen og statistiske analyser er det foreslået, at der sandsynligvis findes en dybereliggende forureningsfane, der bevæger sig længere vestpå, før den siver ud til Grindsted Å (Balbarini et al., under publikation). Den dybe fane er vist med stiplede linjer i figur 11 1). Udstrækningen af den dybe fane, samt kontakten med åen, er ikke kendt på nuværende tidspunkt.

Da der stadig er en betydelig mængde forurening tilbage i grundvandet, tyder det på, at udsivningen til åen vil fortsætte mange år frem. Hermed står en betragtelig forureningsmasse til at udsive til åen, såvel fra den øvre forureningsfane som fra den dybe forureningsfane. Forureningsfluxen fra den øvre fane til åen er kortlagt for CE og BTEX. Den samlede flux af CE til åen fra grundvandet ved hotspottet er estimeret til at ligge i intervallet 204-372 kg/år som PCE-ækvivalenter, hvoraf størstedelen udgøres af cis-DCE og VC. Som enkeltstoffer vurderes forureningsfluxen af disse to at være i størrelsesordenen 45-82 kg/år cis-DCE og 42-77 kg/år VC (Rønde, et al., 2017). Sonne et al. (2017) har endvidere estimeret forureningsfluxen fra fabriksgrunden over en længere strækning af Grindsted Å ved brug af koncentrationer for åvand. Fluxen vurderes herved til at inkludere 243 kg VC/år, 68 kg benzen/år og 145 kg sulfanilamid/år.

Umættet zone ved åen

I 2010 gennemførte COWI A/S en undersøgelse af afdampning fra forureningsfanen fra fabriksgrunden (COWI A/S, 2011). I denne forbindelse blev poreluften screenet for flygtige stoffer på en 2000 m strækning langs åen, og endvidere blev der ved udvalgte punkter udtaget poreluftprøver og vandprøver fra det terrænnære grundvand til kemisk analyse. Resultater fra analyse for sulfonamider, barbiturater og chlorerede opløsningsmidler i vandprøver ses i figur 12.



Figur 12: Undersøgelser af poreluft og øvre grundvand ved Grindsted Å (fra COWI A/S, 2011). Røde trekanten: Poreluftmålinger. Blå skrift: Boreningsnumre. Orange skrift: Sum af sulfonamider og barbiturater i grundvand ($\mu\text{g/L}$). Pink skrift: Sum af chlorerede opløsningsmidler ($\mu\text{g/L}$).

De fundne farmaceutiske stoffer (orange skrift) er generelt ikke flygtige, så kun de chlorerede opløsningsmidler (pink skrift) udgør en potentiel risiko for indeklima. Det terrænnære grundvand er især påvirket af CE omkring det tidligere Renseanlæg Vest, der er beliggende nord for boring GPIX.

Iflg. COWI (2011) kan det med de målte koncentrationer i poreluften sammenholdt med grundvandskoncentrationerne ikke udelukkes, at der kan være en risiko for boliger tæt på Grindsted Å. Særligt kan der muligvis være et indeklimaproblem i nærmeste bolig ved punkt PL2-221 (ved B2-221 i figur 12), hvor der blev målt høje koncentrationer af PCE (580 µg/m³) og TCE (340 µg/m³) i poreluften. Disse koncentrationer blev imidlertid ikke genfundet ved PL2-221 i en supplerende målerunde. Desuden vurderes afdampningen fra grundvandet under dele af det grønne område vest for Renseanlæg Vest at kunne påvirke indeklimaet i eventuelle fremtidige boliger i dette område.

Anbefaling til indsatsområde

Ud fra data for forureningsfanen ser det ud til, at kildeområdet i høj grad er udvasket på nuværende tidspunkt mht. farmaceutiske stoffer, BTEX og CE. Endvidere kan en mindre del af forureningen tidligere være fjernet gennem virksomhedens vandindvinding fra borer, som nu er ude af drift. Der er dog et meget begrænset datagrundlag på selve fabriksgrunden. Den store undersøgelse i 1990-1991 afgrænsede i høj grad forureningen horisontalt, men den vertikale fordeling er aldrig blevet afgrænset. Desuden findes der kun sporadiske undersøgelser af forureningens udvikling siden.

Selvom store dele af jord- og grundvandsforureningen på nuværende tidspunkt synes udvasket fra fabriksgrunden, er det dog muligt, at der stadig kan være risiko mht. afdampning af flygtige stoffer til bygninger på grunden. Af hensyn til arbejdsmiljøet anbefales det, at dette undersøges.

I undersøgelsen af poreluft umiddelbart vest for fabriksgrunden vurderes der ikke at være nogen risiko for boliger nedstrøms for fabriksgrunden. Boliger i området tæt på åen omkring det tidligere Renseanlæg Vest, hvor forureningsfanen er tæt på terræn, kan muligvis være i risiko for påvirkning af indeklima.

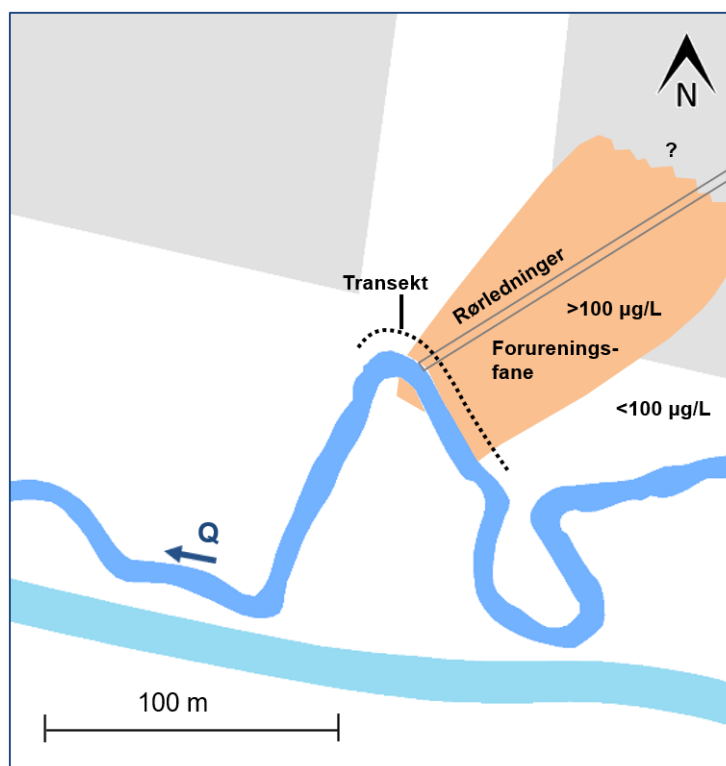
Med forbehold for det begrænsede datagrundlag vurderes oprensning af fabriksgrunden ikke længere at være relevant i forhold til nedstrøms grundvand og Grindsted Å. Derfor må en afværgeindsats i stedet fokusere på forureningsfanen. Da den mest koncentrerede del af fanen nu befinder sig fra åen op mod boring 114.1447, virker det mest oplagt at placere en afværgeindsats tæt på åen. Dette vil endvidere have den fordel, at desto tættere på åen, desto tættere på terræn befinder fanen sig. Herved vil en indsats undgå at spilde ressourcer på at foretage oprensning i stor dybde, hvilket vil kræve et mere omfattende bore/gravearbejde.

Den primære risiko fra forureningsfanen fra det tidligere Grindstedværkets fabriksgrund er på nuværende tidspunkt forurening af Grindsted Å. Vandforsyningen har for længst tilpasset sig omstændighederne, og drikkevandsforsyningen er derfor ikke som sådan truet. Såfremt der stadig eksisterer private vandboringer mellem fabriksgrunden og Grindsted Å, eksempelvis havevandingsboringer, anbefales det dog at indstille anvendelsen af disse. Mht. påvirkning af indeklima fra afdampning af fanen, vil dette med stor sandsynlighed kun forekomme i nærheden af åen.

Figur 13 viser den omtrentlige placering af fabriksfanens udsivning til Grindsted Å. Langs den stiplede linje er fanen mest koncentreret mellem 2-6 m u.t. (målt som VC). En indsats i dette område vil håndtere en væsentlig andel af belastningen med chlorerede opløsningsmidler til Grindsted Å fra fabriksgrunden,

selvom der også forekommer chlorerede opløsningsmidler andre steder og dybere i grundvandet. Forureningen med farmaceutiske stoffer er ikke i samme grad fokuseret omkring dette område.

Mht. den dybe fane er der ikke nogen oplagt løsning, da udsivningen formentlig forekommer over en lang strækning af åen. Forureningen omfatter BTEX'er, CE og farmaceutiske stoffer, men den rumlige fordeling er meget dårligt belyst. Det vil være hensigtsmæssigt at undersøge dette nærmere ved at etablere 2-3 nye boringer, så spredningen og den naturlige nedbrydning af denne del af forureningsfanen bedre kan vurderes, før der tages beslutning om en evt. afværgeindsats. Det anbefales desuden, at åen monitoreres for stoffer knyttet til forureningen fra det tidligere Grindstedværket, således at udviklingen kan følges.



Figur 13: Hotspot for udsivning af forurening til Grindsted Å (efter Rønde, 2019). Placeringen af udsnittet er vist på figur 1.

Referencer

- Balbarini, N., Frederiksen, M., Rønde, V., Møller, I. M., Sonne, A. T., McKnight, U., Pedersen, J. K., Binning, P. J., Bjerg, P. L. (2019). Assessing the transport of pharmaceutical compounds in a layered aquifer discharging to a stream. In press.
- Bjerg, P. L., Rügge, K., Pedersen, J. K., Christensen, T. H. (1995). Distribution of Redox-Sensitive Groundwater Quality Parameters Downgradient of a Landfill (Grindsted, Denmark). *Environmental Science and Technology*, nr. 29:1387-1394.
- Bjerg, P.L., Kjeldsen, P. (2010). Grindsted gamle losseplads – en sammenfatning af DTU's forskningsresultater. Institut for Vand og Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet & Region Syddanmark, Kgs. Lyngby.
- Bjerg, P. L., Christiansen, A. V., Møller, I., Møller, M. G., Hansen, T. B., Pedersen, J. K. (2018). GEOCON - Udvikling og integrering af geofysiske målinger i forureningsundersøgelser. *Vand og Jord*. Nr. 25(1):4-7.
- COWI A/S (2011). Undersøgelse af afdampning fra forureningsfanen fra Grindstedværket. *Teknisk rapport*. Udført på foranledning af Region Syddanmark i samarbejde med Rambøll.
- Danisco A/S (2010). Grønt regnskab 2009/2010. *Miljørapport for regnskabsåret 2009/2010*.
- Ejlsvkov (2005). Indsamling af supplerende data til Monitoreringsplan for Grindsted. Afrapportering af Fase 2. Delrapport 1. *Teknisk rapport*. Udført efter anmodning fra Ribe Amt.
- Ejlsvkov (2007). Undersøgelse af det terrænnære grundvand i Grindsted. *Teknisk notat*. Udarbejdet for Region Syddanmark.
- Frederiksen, M. (2017). Konceptuel model og simulering af udsivningen af en kompleks forureningsfane til Grindsted Å. *Kandidatspeciale*. Institut for Vand og Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet, Kgs. Lyngby.
- GEUS Jupiter: Boringsdatabasen. Udtruktet 15-08-2018. Tilgængelig online på: [<http://data.geus.dk/geusmap/?mapname=jupiter&lang=da#baslay=baseMapDa&optlay=&extent=-165000,5882812.5,1275000,6567187.5>]
- Grindsted Vandværk (2019). *Personlig kommunikation*, 12-04-2019.
- Kjeldsen, P., Bjerg, P. L., Rügge, K., Christensen, T. H., Pedersen, J. K. (1998). Characterization of an old municipal landfill (Grindsted, Denmark) as a groundwater pollution source: landfill hydrology and leachate migration. *Waste Management and Research*, nr. 16(9):14-22.
- Krüger A/S (1992a). Grundvandsforurening ved Grindsted Products fabriksanlæg i Grindsted. Samlerapport 1972-1991. *Teknisk rapport*. Udført på foranledning af Ribe Amtsråd og Grindsted Products.

- Krüger A/S (1992b). Forureningsundersøgelse på Grindsted Products fabriksanlæg i Grindsted. Fase II. Jord og øvre grundvand. *Teknisk rapport*. Udført på foranledning af Ribe Amtsråd og Grindsted Products.
- Krüger A/S (1992c). Olieforurening ved boring 304 på Grindsted Products fabriksanlæg i Grindsted. *Teknisk rapport*. Udført på foranledning af Ribe Amtsråd og Grindsted Products.
- Krüger A/S (1990). Fabriksområdet i Grindsted. Fase I. Poreluftundersøgelse. *Teknisk rapport*. Udført på foranledning af Ribe Amtsråd og Grindsted Products.
- Maurya, P. K., Balbarini, N., Møller, I., Rønde, V. K., Christiansen, A. V., Bjerg, P. L., Auken, E., Fiandaca, G. (2018). Subsurface imaging of water electrical conductivity, hydraulic permeability and lithology at contaminated sites by induced polarization. *Geophysical Journal International*, nr. 213:770-785.
- Miljøstyrelsen (2015). Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord og kvalitetskriterier for drikkevand. Tilgængelig online på: [<https://docplayer.dk/17353870-Liste-over-kvalitetskriterier-i-relation-til-forurennet-jord-og-kvalitetskriterier-for-drikkevand.html>].
- Orbicon (2013). 3 dybe borerer ved Grindsted. *Teknisk rapport*. Udført på foranledning af Region Syddanmark.
- Orbicon (2017). Videregående undersøgelse – Tidl. Renseanlæg Vest/Gartnergården, 7200 Grindsted. *Teknisk rapport*. Udført på foranledning af Region Syddanmark.
- Ottosen, C. B., Rønde, V., Trapp, S., Bjerg, P. L., Broholm, M. M. (2018). Phytoscreening for Vinyl Chloride in Groundwater Discharging to a Stream. *Groundwater Monitoring and Remediation*, nr. 38(1):66-74.
- Petersen, M. F. (2012). Quantification and risk assessment of continuous micropollutant mass discharges from multiple sources to a gaining stream at the catchment scale. *Kandidatspeciale*. Institut for Vand og Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet, Kgs. Lyngby.
- Region Syddanmark (2008). Dyb boring i Grindsted – Etablering af DGU nr. 114.2038. *Teknisk rapport*. Udført med teknisk bistand af Orbicon A/S.
- Rønde, V. K., McKnight, U. S., Sonne, A. Th., Balbarini, N., Devlin, J. F., Bjerg, P. L. (2017). Contaminant mass discharge to streams: Comparing direct groundwater velocity measurements and multi-level groundwater sampling with an in-stream approach. *Journal of Contaminant Hydrology*, nr. 206:43-54.
- Rønde, V. K. (2019). Risk assessment of contaminant plumes impacting streams: contaminant mass discharge and streambed attenuation. *Ph.d.-afhandling*, under udarbejdelse. Institut for Vand og Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet, Kgs. Lyngby.
- Sonne, A. Th., McKnight, U. S., Rønde, V. K., Bjerg, P. L. (2017). Assessing the chemical contamination dynamics in a mixed land use stream system. *Water Research*, nr. 125:141-151.

Terraqua (1985). Vedr. geoelektrisk undersøgelse ved Grindsted Products A/S. *Notat*.

Vandkvalitetsinstituttet (1986). Undersøgelse af kemikaliedepoter i Grindsted. *Teknisk rapport*. Udført på foranledning af Ribe Amtsråd.

Bilag A



Bilag B

Udvalgte bilag fra Vandkvalitetsinstituttet, 1986.

Boringsplaceringer af GP2, GP8, GP11 og KI vises i figur 3.

BILAG 3.7 ANALYSER PÅ VANDINDVINDINGSBORINGER HOS GRINDSTED PRODUCTS A/S (GRINDSTED PRODUCTS A/S)

Boring nr.	COD mg O ₂ /l	TOC mg C/l	Hg µg/l	pH	Ledn.ev. mS/cm
GP 2	<10	2,6	0,35	5,4	0,356
GP 8	<10	1,0	<0,15	5,2	0,211
GP 11	<10	1,5	0,21	6,0	0,218

BILAG 3.9 ANALYSER PÅ VANDPRØVER FRA KONTROLBORING KI (GRINDSTED PRODUCTS A/S)

GP-kontrolnr.:		
Prøve 1:	27,5 m dybde	840096
Prøve 2:	22,0 m -	840097
Prøve 3:	16,5 m -	840098
Prøve 4:	11,0 m -	840099
Prøve 5:	5,5 m -	840100

Følgende resultater blev opnået (alle tal i ppb):

	1:	2:	3:	4:	5:
Benzen	<1	<1	<1	<1	<1
Toluen	<1	<1	<1	<1	<1
Methylurethan	<200	<200	<200	<200	<200
Fri og bunden 2-methyl-2-n-propyl-propandiol-1,3	<100	<100	<100	<100	<100
Sulfonamider bestemt som primær aromatisk amin	<10	<10	<10	<10	<10
Sulfanilsyre ved HPLC	<20	<40	<40	<50	<50

Resultater for vandprøver fra øverste grundvand på fabriksgrunden, 1991. Krüger, (1992a), s. 43.

Bor nr	Lugteobservationer under gas under borearbejdet	Feltmålinger				Laboratorieanalyser											
		pH	Temp. lrt	Levne	Turbiditet	Farve	Lugt prøve	NVOC mg Cl	VOX ug Cl	NO3 mg/l	Meta nol mg/l	Eda nol mg/l	n-pro nol mg/l	Carbi- tone mg/l	Acc- tone mg/l	Tolu- en mg/l	Kvik- sølv ug/l
100	Sedlig, klortede	6.7	11.7	0.5	728 uklar	gullig	opløsningsmiddel, sødlig kemikalier?	28	33	<0.5	-	-	-	-	-	-	-
101	Råddent, kemikalier	8.7	11.9	0.5	553 uklar	lysbrun	kemikalier?	31	30	<0.5	-	-	-	-	-	-	-
102	Lidt sødlig, klortede	6.5	12.3	0.2	660 uklar	gullig	opløsningsmiddel, råddent	3.1	13	5.9	-	-	-	-	-	-	-
103		4.6	9.8	7.5	325 klar	klar	ingen	3.1	13	5.9	-	-	-	-	-	-	-
104	Råddent (tung), klortede	4.9	13.4	0.4	375 svækker	sv.gullig	råddent	120	5600	<0.5	-	-	-	-	-	-	-
200	Kemikalier	6.2	14.5	0.4	1235 uklar	gullig/groelig	råddent	26	210	13.0	-	-	-	-	-	-	-
201	Sedlig	6.2	11.7	0.3	436 klar	m.sv.gullig	råddent, sødlig kemikalie	3.7	28	9.6	-	-	-	-	-	-	-
202		6.2	13.4	2.3	257 ren	sv.lysegul	kemikalie	14	170	<0.5	-	-	-	-	-	-	-
203	Skarp og syrlig, som 205	6.4	14.0	0.4	2640 uklar	gulbrun	kemikalie, kraftig	6.9	21	6.4	-	-	-	-	-	-	-
204		6.2	11.8	0.5	249 klar	sv.gul	ingen	9.2	1500	7.8	-	-	-	-	-	-	-
205	Skarp, kem., sødlig-som 202	6.6	15.0	0.3	693 uklar	gullig/groelig	råddent	100	0.8	1.5	-	-	-	-	-	-	-
206	Kemikalie, opløsningsmidler	6.0	14.1	0.4	385 klar	klar	kemikalie, råddent	8.6	14	<0.5	-	-	-	-	-	-	-
207	Kraftig, sødlig, kemikalie	6.2	12.3	0.2	558 uklar	gullig	ingen	38	41	<0.5	-	-	-	-	-	-	-
208		4.8	10.7	7.1	263 ren	klar	kemikalie, råddent	120	11	<0.5	-	-	-	-	-	-	-
209	Råddent, sødt	6.3	12.4	0.4	475 uklar	gullig	ingen	37	2	1.5	-	-	-	-	-	-	-
210	Kemikalie, sødlig	4.7	14.6	1.2	379 ren	m.sv.gullig	kemikalie	130	44	<0.5	-	-	-	-	-	-	-
300	Kem. (opl.middel), råddent	7.3	16.4	0.6	7830 uklar	brunligt	sv.diesel, fyringsolie	3.1	33	<0.5	-	-	-	-	-	-	-
301	Kemikalie	5.8	16.4	0.4	778 ren	klar	ingen	6.7	22	<0.5	-	-	-	-	-	-	-
302	Kemikalie, kloak	6.4	12.8	0.8	438 klar	sv.gullig	sukret råddent	110	0.8	11.0	-	-	-	-	-	-	-
303	Kemikalie	6.8	21.9	0.5	190 ren	klar	ingen	110	0.8	11.0	-	-	-	-	-	-	-
304	Olje, varmt						ren olie										
305	Kemikalie	6.4	14.6	2.2	750 uklar	gullig	stærkt kemikalie	38	41	<0.5	-	-	-	-	-	-	-
306	Kemikalie, cellulosefort.	6.4	13.1	0.9	490 uklar	gullig	m.stærkt kemikalie	120	11	<0.5	-	-	-	-	-	-	-
307	Kemikalie, varmt	6.6	24.1	0.3	48 uklar	gråbrudlig	råddent	37	2	1.5	-	-	-	-	-	-	-
308	Kemikalie	6.5	13.9	0.9	861 klar	sv.gullig	kemikalie, sv.råddent	130	44	<0.5	-	-	-	-	-	-	-
309	Opl. mid (cellulosefort.)	6.3	13.8	2.5	330 uklar	gullig	kraftig kemikalie	3.1	33	<0.5	-	-	-	-	-	-	-
310	Kemikalie	6.7	17.1	0.2	209 uklar	gullig + kridt	kemikalie, råddent	6.7	22	<0.5	-	-	-	-	-	-	-
311		6.4	14.0	0.9	619 ngl. klar	sv.gullig	kemikalie, råddent	110	0.8	11.0	-	-	-	-	-	-	-
312	Kemikalie, sødlig	6.2	12.7	0.4	294 sv.klar	m.sv.gullig	kemikalie, sødlig										
313	Kemikalie, kloak	6.4	13.0	0.3	820 uklar	gullig	kemikalie, råddent										
314	Kemikalie, råddent	6.2	12.7	0.4	607 klar	sv.gullig	råddent, sv. svag olie										
315	Opløsningsmiddel	6.3	12.7	0.7	1301 uklar	gullig	kraftig kemikalie										
400		6.3	10.5	5.7	463 ren	klar	ingen										
401		5.0	11.2	3.4	228 ren	klar	ingen										
402		4.4	13.2	1.2	383 uklar	lysbrun	kemikalie, svagt										
403	Lidt kemikalie, lidt surt	3.0	12.8	0.5	1306 uklar	gullig	svag råddent kemikalie	7.4	5.7	9.1	-	-	-	-	-	-	-
404	Svagt kemikalie	6.0	14.1	0.4	375 ren	sv.gullig	råddent										
405	Svagt gammelt	3.5	14.8	0.3	783 lidt uklar	sv.gullig	svagt muggent										
406		6.3	13.9	0.4	370 lidt uklar	gullig	ingen										
407	Lidt råddent	6.1	12.8	0.4	282 ren	klar	ingen										

Tabel 6.3 Resultater af vandanalyser samt feltobservationer under grundvandspejlet

Bilag D

Krüger (1992b), s. 26. Bemærk: Fejl i enhed for NVOC og VOX. Disse er analyseret af Vandkvalitetsinstituttet, Hørsholm, og resultaterne er opgivet på vådvægtsbasis, ikke pr. volumen.

Bor nr	Dybde m	Lugt	PID	pH	Ledn. evne uS/cm	PAA mg/kg TS	NVOC mg C/l	VOX ug Cl/l	Hg mg/kg TS
102	3.5	1	1	6.3	42.60	4.9	480	<10	
200	3.0	0	20				1000	440	
203	3.0	0	17	4.9	14.18	6.4	520	<10	
206	3.5	1	1	5.3	19.87	2.2	410	<10	
207	0.5								0.87
	1.0								0.60
	1.5	1	2	6.2	22.20	4.2	2600	290	3.51
	2.0								4.96
	2.5								13.63
	3.0								0.30
	3.5								0.31
208	1.0	1	2	5.6	10.87	1.7			
209	0.5								1.97
	1.0								1.42
	1.5								0.35
	2.0								1.07
	2.5								0.25
	3.0								0.18
	3.5								0.03
210	0.5	2	60	4.5	28.40	0.81	10400	390	
300	0.5								0.62
	1.0								0.45
	1.5								0.01
	2.0								0.03
305	0.5								1.64
	1.0								2.02
	1.5								0.04
	2.0								0.04
306	0.5								0.81
	1.0								0.04
	1.5								0.09
	2.0								0.11
	3.0	2	400	8.2	195.40	2	830	<10	
308	0.5								0.03
	1.0								0.04
	1.5								0.20
	2.0								0.04
309	0.5								0.03
	1.0								0.02
	1.5								0.10
	2.0								0.03
	3.0	2	480	6.4	20.50	1.9	800	300	
313	0.5								0.33
	1.0								0.01
	1.5								0.08
	2.0								0.04
403	2.5	1	1		53.60	13			
406	0.5								0.62
	1.0								5.90
	1.5								16.18
	2.0								14.21
	2.5								13.55
	3.0								14.25

Tabel 6.2 Resultater af analyser på udvalgte jordprøver fra den umættede zone.

Parameter	B4	B7	B14	B16	MST grundvands- kvalitetskriterium	Detektions- grænse
Sum af kulbrinter	34	1.300	31	-	9	10
Benzen	-	-	0,04	-	1	0,02
Toluen	0,05	0,22	0,06	-	5	0,02
Ethylbenzen	-	42	4,7	-	5	0,02
m/p-xylen	-	180	9,8	-	5	0,02
o-xylen	0,03	24	2,6	-	5	0,02
Naphthalen	-	-	-	-	1	0,02
Chloroform	0,08	-	-	0,06	i.f.	0,02
Tetrachlormethan	-	-	-	-	1	0,02
1,1,1-trichlor ethan	-	-	-	-	1	0,02
Trichlorethylen	0,15	0,19	5,3	-	1	0,02
Tetrachlorethylen	160	-	0,52	-	1	0,02
Dichlormethan	-	-	-	-	1	0,1
Vinylchlorid	-	-	0,39	-	0,2	0,02
1,1-dichlorethylen	-	-	0,04	-	1	0,02
Trans-1,2-dichlorethylen	-	-	-	-	1	0,02
Cis-1,2-dichlorethylen	1,1	-	2,0	-	1	0,02
1,1-dichlorethan	-	-	-	-	1	0,02
Barbital	-	0,17	-	-	i.f.	0,05
Butobarbital	6,6	1,8	59	-	i.f.	0,05
Amobarbital	0,52	0,73	-	-	i.f.	0,05
Pentobarbital	0,71	0,90	2,5	-	i.f.	0,05
Secobarbital	-	0,19	0,16	-	i.f.	0,05
Screening for bromerede kulbrinter	-	-	-	i.a.	i.f.	0,05
Sulfanilsyre	160	-	130	110	i.f.	25
Andre sulfonamider	-	-	-	-	i.f.	25
PAA	-	i.a.	-	-	i.f.	10
Ethanol	-	6,6	-	-	i.f.	0,5
Diethylmalonat	-	160	-	-	i.f.	2,0
Andre vandblandbare komponenter	-	-	-	-	(10)	0,5 – 5,0
Anilin	-	i.a.	-	i.a.	i.f.	0,08

Tabel 5 Resultater af organiske analyser i borer på Fabriksgrunden i µg/l.

"i.a." – betyder ikke analyseret, "-" – betyder under detektionsgrænsen, i.f. – betyder ikke fastsat.

Bilag F

Analyseresultater fra boring 114.2127, 2012 (Orbicon, 2013).

Tabel 12 Udvalgte resultater fra boringskontrol i DGU nr. 114.2127, filter 1 til filter 6. Tomme felter angiver indhold under detektionsgrænsen. Filter 1: - / - er prøvetagning hhv. den 14. juni og 5. oktober 2012. Enhed i mg/l

DGU nr. 114.2127 Komponent / filter	Filter 1	Filter 2	Filter 3	Filter 4	Filter 5	Filter 6
Filterdybde	99-112	76-78	72,8-74,8	61-63	48-50	10-12
Ammonium	0,099 / 0,129	0,0021		0,0072	0,0043	14,8
Nitrat	- / 0,082			0,037		0,235
Jern	2,9 / 2,3	2,1	0,52	5,6	5,3	22
Mangan	0,11 / 0,094	0,14	0,13	0,22	0,32	3,2
Natrium	12 / 11	19	11	11	13	33
Kalium	2,3 / 2,1	7,0	3,2	1,2	1,2	2,3
Calcium	25 / 22	27	29	10	8	13
Sulfat	2 / 2	6	3	2	16	32
Agg. Kuldioxid	17 / 8			52	54	39
Ilt, feltmåling	- / -					
NVOC	0,74 / 1,0	1,9	0,66	2,5	1,6	3,7
Phosfor	0,098 / 0,095	0,079	0,156	0,065	0,032	0,314
Chlorid	15 / 14	16	14	16	20	49

Tabel 13 BTEXN, totalkulbrinter, chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter heraf samt pesticider i DGU nr. 114.2127, filter 1 til filter 6. Tomme felter angiver indhold under detektionsgrænsen. Filter 1: - / - er prøvetagning hhv. den 14. juni og 5 oktober. Enhed i µg/l

DGU nr. 114.2127 Komponent / filter	Filter 1	Filter 2	Filter 3	Filter 4	Filter 5	Filter 6	Kriterier
Filterdybde	99-112	76-78	72,8-74,8	61-63	48-50	10-12	
BTEXN og totalkulbrinter	i.p./påvist	i.p.	i.p.	Påvist	Påvist	Påvist	
Benzen	-/0,24				0,036	0,044	1
Toluen				3,2	0,25	0,021	5
Xylener						0,99	5
Totalkulbrinter				86		110	9
Chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter heraf	i.p./påvist	Påvist	i.p.	i.p.	Påvist	Påvist	1
Trichlorethylen	-/1,6						
Vinylchlorid		0,24			0,88	0,14	0,2
1,1-dichlorethylen	-/0,052						
Trans-1,2-dichlorethylen	-/0,045					0,052	
Cis-1,2-dichlorethylen	-/5,2				0,32	0,084	
1,1-dichlorethan	-/0,033						
Pesticider	Påvist/i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	Påvist	0,1
2,6-Dichlorbenzamid						0,14	
Metribuzin-desamino- deketo						0,069	
Glyphosat	0,012/-					0,022	
Sum af pesticider	0,012/-					0,23	0,5

Tabel 14 Sulfonamider og barbiturater i DGU nr. 114.2127, filter 1 til filter 6. Tomme felter angiver indhold under detektionsgrænsen. Filter 1: - / - er prøvetagning hhv. den 14. juni og 5. oktober 2012. Enhed i µg/l

DGU nr. 114.2127 Komponent / filter	Filter 1	Filter 2	Filter 3	Filter 4	Filter 5	Filter 6
Filterdybde	99-112	76-78	72,8-74,8	61-63	48-50	10-12
Sulfonamider	Påvist/i.p.	Påvist	Påvist	Påvist	Påvist	Påvist
Grindstedpakke	i.p./i.p.	Påvist	i.p.	Påvist ¹	Påvist	Påvist
5-allyl-5-isobutyl- barbitursyre						620
Anilin						0,71
Barbital						4,7
Butobarbital						3,2
Butylbarbiturat	12/-	2,2	7,7		4,7	37
Dapson						1,6
Dipropenylamin		5,2				3,0
5-ethyl-5-sec- butylbarbitursyre						3,4
Ethylurethan						15
Isobutylbarbitursyre						3,0
Meprobamat		0,26		0,19	0,76	59
Pentobarbital						410
Amobarbital						7,8
2-chloranilin						0,057
4-chloranilin						0,80
Sulfanilamid		0,33			0,20	13
Sulfoguanidine		0,26			0,18	11
Sulfadimidin						6,6
Sulfamethiazol		0,11			0,14	10
Sulfadiazin						1,6
Sulfanilsyre						2,3
Sulfacetamid						11
Sulfamerazin						1,6
Sulfanilyurinstof			0,58			9,6
Sulfathiazol	29/-	37	8,9	4,0	15	52

¹ Denne prøve indeholder desuden 4-brom-o-xylen (78 µg/l)

Bilag G

Resultater fra poreluftprøver (PL) og overfladenære vandprøver (VP) på fabriksgrunden, 1990 (Krüger, 1990).

PRØVE	BENZEN ug/l	TOLUEN ug/l	TOTAL XYLEN ug/l	TOTAL HYDROCARBON ug/l
PL-01-3.8	1	<4	<6	4
PL-02-3.8	<0.4	<0.04	<0.06	<0.06
PL-03-2.0	<0.04	<0.04	<0.06	<0.06
PL-04-2.0	<0.04	<0.04	<0.06	<0.06
PL-05-2.0	<0.04	<0.04	<0.06	<0.06
PL-06-2.0	<0.04	<0.04	<0.06	<0.06
PL-07-2.0	<0.04	<0.04	<0.06	<0.06
PL-08-2.0	<0.04	<0.04	<0.06	<0.06
PL-09-2.0	<0.04	<0.04	<0.06	<0.06
PL-10-2.0	<0.7	<9	550	610
PL-11-2.0	34	31000	<11	40000
PL-12-2.0	<0.2	<0.5	<0.6	<0.6
PL-13-2.0	<0.2	<0.5	<0.6	<0.6
PL-14-2.0	<0.2	12	<0.6	15
PL-15-2.0	<0.02	<0.05	<0.06	<0.06
PL-16-2.0	2	160	12	200
PL-17-2.0	<0.2	<0.5	<0.6	<0.6
PL-18-2.0	<0.02	<0.05	<0.06	<0.06
PL-19-2.0	<0.02	<0.05	<0.06	<0.06
PL-20-2.0	<0.2	<0.5	<0.6	<0.6
PL-21-2.0	<0.02	<0.05	<0.06	<0.06
PL-22-2.0	<0.02	<0.05	<0.06	<0.06
PL-23-2.0	0.03	<0.05	<0.06	0.1
PL-24-2.0	<0.02	<0.05	<0.06	<0.06
PL-25-2.0	<0.09	<0.2	<0.3	<0.3
PL-26-2.0	<0.09	<0.2	<0.3	<0.3
PL-27-2.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.5
PL-28-2.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.5
PL-29-2.0	<0.02	0.06	<0.05	<0.5
PL-30-1.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.05
PL-31-1.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.05
PL-32-2.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.05
PL-33-1.7	<0.02	<0.04	<0.05	<0.05
PL-34-2.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.05
PL-35-2.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.05
PL-36-1.5	<0.02	<0.04	<0.05	<0.05
PL-37-2.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.5
PL-38-1.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.05
PL-39-2.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.05
PL-40-2.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.5
PL-41-2.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.05
PL-46-2.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.05
PL-47-2.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.05
PL-48-1.5	<0.2	<0.4	<0.05	<0.5
PL-49-2.0	<0.2	<0.4	<0.5	<0.5
PL-50-2.0	<0.1	<0.04	<0.05	<0.05
PL-51-2.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.05
PL-52-2.0	<0.02	<0.04	<0.05	<0.05
PL-53-2.0	<0.03	<0.08	<0.1	<0.05
PL-54-2.0	<0.08	<0.2	<1	<0.2
VP-42-5.0	<3	<8	<10	70
VP-43-5.0	<24	2600	12000	16000
VP-44-5.0	<3	<8	<10	<10

Tabel 4.2. Aromatiske kulbrinter i poreluft og grundvand, µg/l.

PRØVE	DICHLORO- METHAN ug/l	CHLORO- FORM ug/l	CARBONTET TCA (CCL4) ug/l	TCE ug/l	PCE ug/l
PL-01-3.8	<150	<5	<6	<1	740
PL-02-3.8	<2	<0.05	<0.06	<0.01	2
PL-03-2.0	<2	<0.05	<0.06	<0.01	0.2
PL-04-2.0	<0.08	<0.003	<0.003	<0.0007	<0.005
PL-05-2.0	0.2	0.03	0.004	<0.0007	0.02
PL-06-2.0	<0.008	<0.0003	<0.0003	<0.00007	<0.0005
PL-07-2.0	<0.008	<0.0003	0.0006	0.0002	<0.0005
PL-08-2.0	<0.008	0.001	0.0006	0.0004	<0.0005
PL-09-2.0	<0.008	0.0004	0.0006	0.0001	<0.0005
PL-10-2.0	<0.2	<0.005	<0.006	<0.001	0.4
PL-11-2.0	<0.2	0.3	<0.006	<0.001	0.3
PL-12-2.0	<7	<0.3	<0.3	<0.07	3
PL-13-2.0	<0.7	0.04	<0.03	<0.007	0.1
PL-14-2.0	<0.07	0.06	<0.003	0.004	<0.005
PL-15-2.0	<0.007	0.06	<0.0003	<0.00007	<0.0005
PL-16-2.0	<0.07	<0.003	<0.003	<0.0007	0.02
PL-17-2.0	<0.07	0.06	<0.003	0.002	0.08
PL-18-2.0	<0.07	0.4	0.06	<0.0007	0.06
PL-19-2.0	<0.03	0.02	0.006	<0.0004	0.01
PL-20-2.0	<0.03	0.01	0.002	0.0006	0.06
PL-21-2.0	<0.01	0.005	0.0006	0.0004	0.0007
PL-22-2.0	0.4	0.04	<0.003	0.0009	<0.005
PL-23-2.0	<0.7	0.7	<0.03	0.01	<0.05
PL-24-2.0	<0.1	0.1	<0.006	0.001	0.07
PL-25-2.0	<1	0.9	<0.06	0.01	0.2
PL-26-2.0	<0.02	0.007	<0.001	<0.0002	0.002
PL-27-2.0	<0.06	0.2	<0.003	0.0009	0.06
PL-28-2.0	<0.1	0.1	<0.007	0.006	0.03
PL-29-2.0	<0.1	<0.008	<0.007	<0.002	<0.01
PL-30-1.0	<0.1	0.2	0.1	<0.002	<0.01
PL-31-1.0	<0.006	0.01	0.007	0.0001	<0.0005
PL-32-2.0	<0.006	0.002	0.001	0.0004	<0.0005
PL-33-1.7	<0.006	0.002	0.0005	0.0002	<0.0005
PL-34-2.0	<0.01	0.003	0.01	0.0003	<0.001
PL-35-2.0	<0.006	<0.0003	<0.0003	<0.00008	0.0008
PL-36-1.5	<0.1	0.08	<0.007	<0.002	<0.01
PL-37-2.0	<0.1	0.008	<0.007	<0.002	<0.01
PL-38-1.0	<0.1	<0.006	<0.007	<0.002	<0.01
PL-39-2.0	<0.006	0.001	0.001	0.0006	<0.0005
PL-40-2.0	<0.006	0.1	0.008	0.002	0.0006
PL-41-2.0	<0.06	0.004	<0.003	0.0009	<0.005
PL-46-2.0	<0.004	0.005	0.0005	0.002	0.001
PL-47-2.0	<0.04	<0.002	0.0004	0.0003	<0.0005
PL-48-1.5	<0.04	0.004	0.002	<0.0008	<0.005
PL-49-2.0	<0.03	<0.007	0.0009	0.0005	0.002
PL-50-2.0	<0.02	0.004	<0.001	<0.0004	<0.002
PL-51-2.0	<0.04	0.01	0.01	0.002	0.06
PL-52-2.0	<0.02	0.01	<0.001	0.0004	<0.002
PL-53-2.0	<0.02	0.05	0.003	0.0008	0.04
PL-54-2.0	<4	0.8	<0.3	0.08	16
VP-42-5.0	<14	<0.8	<0.9	<0.3	170
VP-43-5.0	<2	<0.05	<0.02	<0.004	0.4
VP-44-5.0	<0.8	0.2	<0.06	<0.02	<0.09

Tabel 4.1. Klorerede kulbrinter i poreluft og grundvand, µg/l.

Bilag H

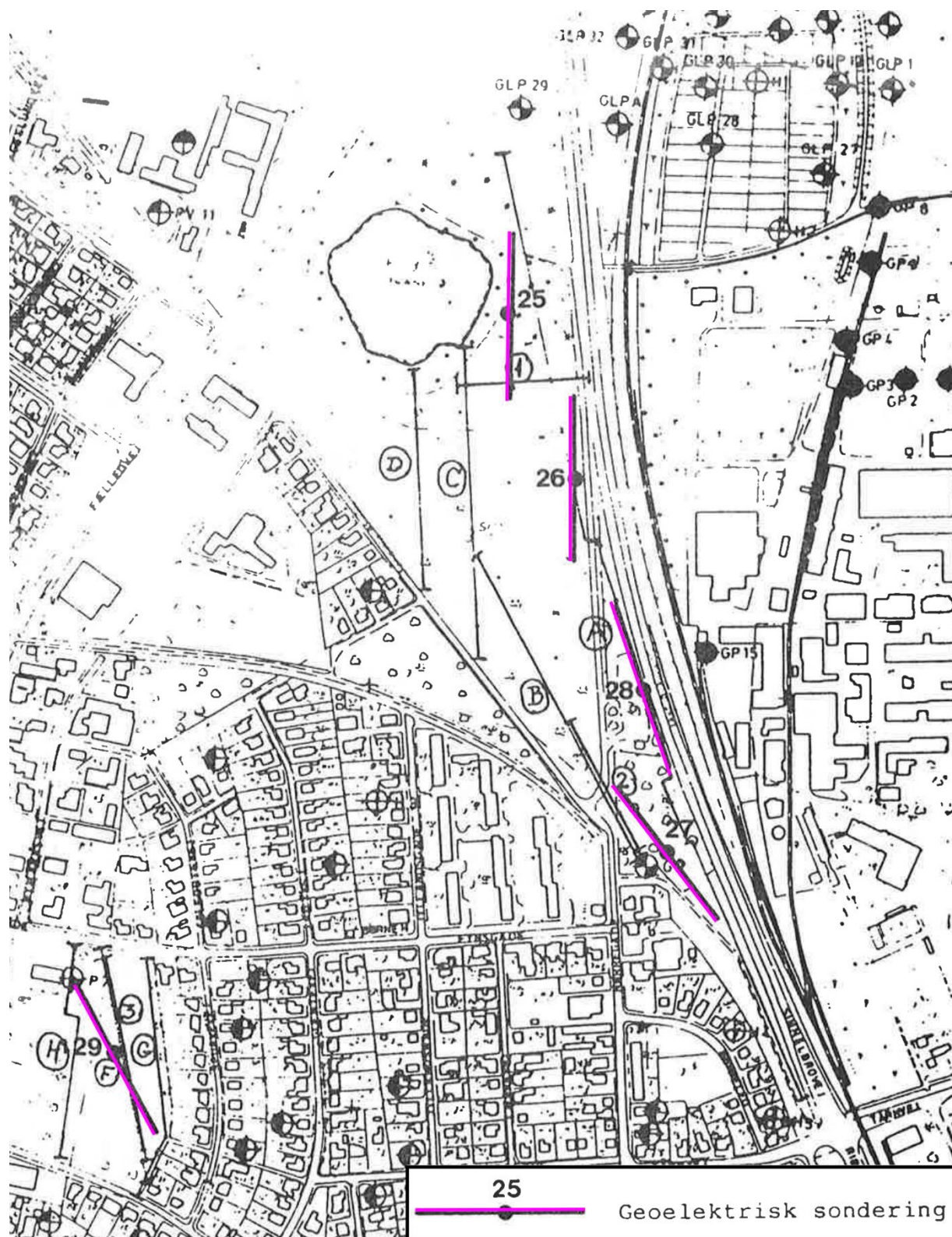
Oversigt over analyseresultater af vandprøver fra boring 114.2038 (Region Syddanmark, 2008, s. 8).

komponent	F4	F5	F6	F1	F2	F3
Kulbrinter	na	na	-	+++	-	+++
Nitroforbindelser og aniliner	na	na	-	-	-	+
Chlorerede opløsn. nedbrydningspr.	na	na	-	-	-	++
Jern mg/l	0,18	0,15	3,0	0,046	5,3	0,14
Mangan mg/l	0,008	0,011	0,097	0,033	0,24	0,69
Sulfat mg/l	1,6	1,6	3,2	5,4	2,6	51
Chlorid mg/l	30	23	15	17	17	37
Arsen µg/l	<0,03	<0,03	0,24	1,0	4,8	0,96
Litium µg/l	na	na	5,6	5,3	2,5	1,6

Tabel 3.2 Oversigt af udvalgte parametre

Bilag I

Placering af geoelektriske sonderinger, 1985 (efter Terraqua, 1985).



Bilag J

Data fra monitoringsboringer ved fabriksgrunden, hhv. 1988-1990 og 2012 (tabel 3) og ved Grindsted Å, hhv. 1988-1990 og 2015-2016 (tabel 4).

Kursiv: Under detektionsgrænsen. Værdien angiver detektionsgrænsen for den pågældende analyse.

Tabel 3: Fabriksgrunden.

Tidsperiode			1988-1990	2012
			µg/L	µg/L
Ethylurethan	114.1425	F1	100	0,1
Ethylurethan	114.1425	F3	300	0,1
Ethylurethan	114.1425	F4	3400	0,1
Ethylurethan	114.1425	F5	230	0,1
Ethylurethan	114.1335	F1	9390	0,1
Sulfanilamid	114.1425	F1	30	1,8
Sulfanilamid	114.1425	F3	3520	12
Sulfanilamid	114.1425	F4	2255	90
Sulfanilamid	114.1425	F5	950	49
Sulfanilamid	114.1335	F1	20	14
Sulfaguanidin	114.1425	F1	20	0,5
Sulfaguanidin	114.1425	F3	2415	16
Sulfaguanidin	114.1425	F4	1480	102
Sulfaguanidin	114.1425	F5	625	71
Sulfaguanidin	114.1335	F1	30	17
Sulfanilsyre	114.1425	F1	6105	0,5
Sulfanilsyre	114.1425	F3	32855	1,1
Sulfanilsyre	114.1425	F4	13890	0,5
Sulfanilsyre	114.1425	F5	6550	26
Sulfanilsyre	114.1335	F1	130	0,5
Sulfanilylurinstof	114.1425	F1	10	0,5
Sulfanilylurinstof	114.1425	F3	1815	0,5
Sulfanilylurinstof	114.1425	F4	1285	0,5
Sulfanilylurinstof	114.1425	F5	465	0,5
Sulfanilylurinstof	114.1335	F1	10	0,5

Tabel 4: Ved Grindsted Å.

Tidsperiode			1988-1990	2015-2016
			µg/L	µg/L
Ethylurethan	114.1448	F1	50	0,1
Ethylurethan	114.1448	F2	50	0,1
Ethylurethan	114.1448	F3	50	0,1
Ethylurethan	114.1448	F4	50	0,1
Ethylurethan	114.1448	F5	50	1600
Ethylurethan	114.1448	F6	50	2,4
Ethylurethan	114.1495	F1	100	0,1
Ethylurethan	114.1495	F2	100	3,7
Ethylurethan	114.1495	F3	100	5,5
Ethylurethan	114.1495	F4	100	6,7
Ethylurethan	114.1495	F5	100	2,3
Ethylurethan	114.1495	F6	100	0,1
Ethylurethan	114.1495	F7	100	0,1
Sulfanilamid	114.1448	F1	10	0,5
Sulfanilamid	114.1448	F2	10	0,5
Sulfanilamid	114.1448	F3	10	0,5
Sulfanilamid	114.1448	F4	10	4,2
Sulfanilamid	114.1448	F5	10	91
Sulfanilamid	114.1448	F6	10	9,5
Sulfanilamid	114.1495	F1	10	4,1
Sulfanilamid	114.1495	F2	10	880
Sulfanilamid	114.1495	F3	10	720
Sulfanilamid	114.1495	F4	10	630
Sulfanilamid	114.1495	F5	10	650
Sulfanilamid	114.1495	F6	10	13
Sulfanilamid	114.1495	F7	10	0,17
Sulfaguanidin	114.1448	F1	10	0,05
Sulfaguanidin	114.1448	F2	10	0,05
Sulfaguanidin	114.1448	F3	10	0,05
Sulfaguanidin	114.1448	F4	10	0,05
Sulfaguanidin	114.1448	F5	10	41
Sulfaguanidin	114.1448	F6	10	0,73
Sulfaguanidin	114.1495	F1	10	0,53
Sulfaguanidin	114.1495	F2	10	12
Sulfaguanidin	114.1495	F3	10	14
Sulfaguanidin	114.1495	F4	10	11

Sulfaguanidin	114.1495	F5	10	11
Sulfaguanidin	114.1495	F6	10	5,8
Sulfaguanidin	114.1495	F7	10	0,12
Sulfanilsyre	114.1448	F1	10	0,5
Sulfanilsyre	114.1448	F2	10	0,5
Sulfanilsyre	114.1448	F3	10	0,5
Sulfanilsyre	114.1448	F4	10	0,5
Sulfanilsyre	114.1448	F5	10	0,5
Sulfanilsyre	114.1448	F6	10	0,1
Sulfanilsyre	114.1495	F1	15	0,1
Sulfanilsyre	114.1495	F2	15	3,1
Sulfanilsyre	114.1495	F3	15	3,2
Sulfanilsyre	114.1495	F4	15	2,5
Sulfanilsyre	114.1495	F5	40	1,8
Sulfanilsyre	114.1495	F6	55	1,4
Sulfanilsyre	114.1495	F7	35	0,1
Sulfanilylurinstof	114.1448	F1	10	0,5
Sulfanilylurinstof	114.1448	F2	10	0,5
Sulfanilylurinstof	114.1448	F3	10	0,5
Sulfanilylurinstof	114.1448	F4	10	0,5
Sulfanilylurinstof	114.1448	F5	10	45
Sulfanilylurinstof	114.1448	F6	10	0,1
Sulfanilylurinstof	114.1495	F1	15	0,49
Sulfanilylurinstof	114.1495	F2	15	0,43
Sulfanilylurinstof	114.1495	F3	15	0,53
Sulfanilylurinstof	114.1495	F4	15	0,44
Sulfanilylurinstof	114.1495	F5	15	0,42
Sulfanilylurinstof	114.1495	F6	15	0,24
Sulfanilylurinstof	114.1495	F7	15	0,1