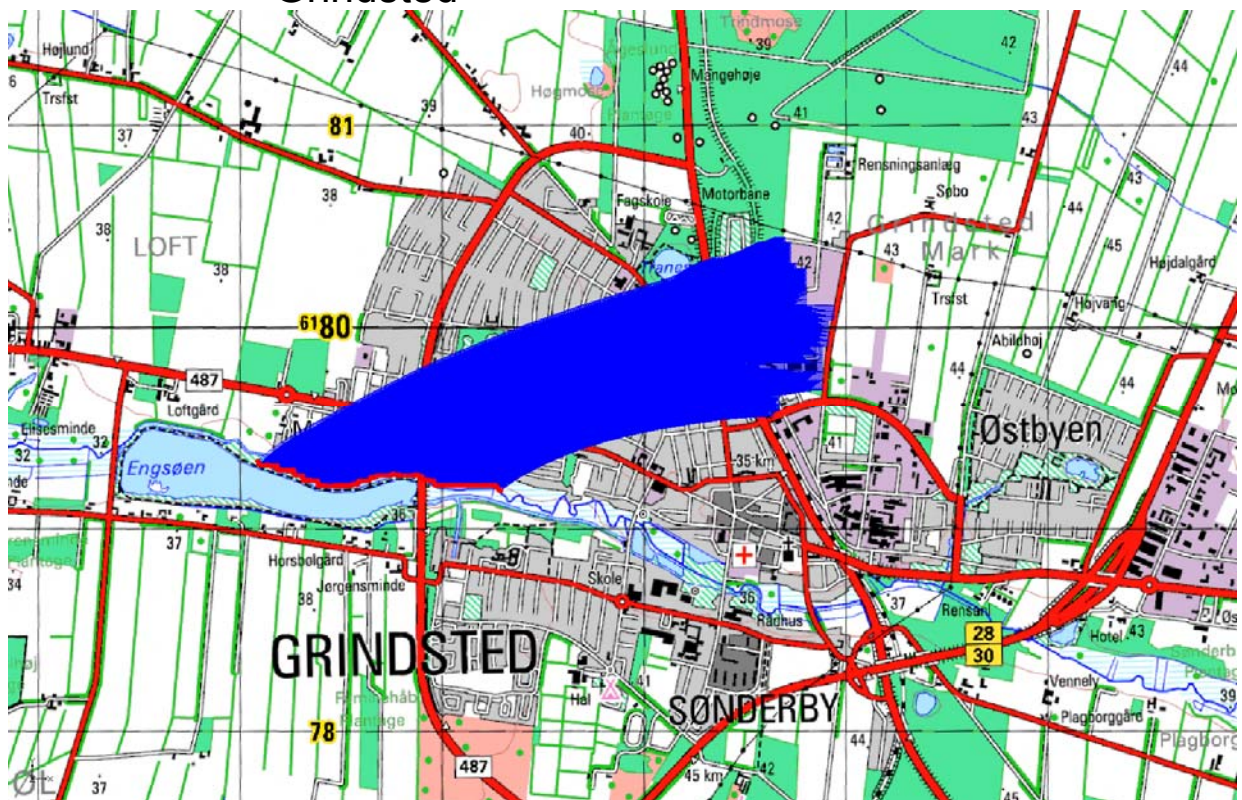


## Kemiske og hydrogeologiske vurderinger af forureningsfane nedstrøms for fabriksgrunden i Grindsted



Januar 2011

Udgivelsesdato : 10. januar 2011  
Projekt : 30.9919.30

Udarbejdet : Niels Peter Arildskov og Peter Alfred Petersen  
Kontrolleret : Majbrith Langeland  
Godkendt : Peter Alfred Petersen

<b>INDHOLDSFORTEGNELSE</b>		<b>SIDE</b>
<b>1</b>	<b>BAGGRUND OG FORMÅL</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OPSAMLING PÅ KEMISKE ANALYSEDATA</b>	<b>4</b>
2.1	Kemisk karakterisering af grundvandet	4
2.2	Miljøfremmede stoffer	7
2.3	Samlet kemisk tolkning	10
2.4	DGU 114.2038	11
2.5	Forslag til analyseparametre	11
<b>3</b>	<b>MONITERINGSBORINGER</b>	<b>13</b>
3.1	Fremgangsmåde ved vurdering af partikelforekomst	14
3.2	Sammenligning med grundvandskemien	18
<b>4</b>	<b>FASTLÆGGELSE AF POTENTIelt PROBLEMATISKE STOFFER</b>	<b>22</b>
4.1	Pyridin	23
4.2	Flussyre	23
4.3	Resultater	24
<b>5</b>	<b>OPSAMLING PÅ HISTORISKE OPLYSNINGER</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>KONKLUSIONER OG FORSLAG TIL FASE 2 AKTIVITETER</b>	<b>28</b>
6.1	Fase 2: Indledende undersøgelse	30
6.2	Yderligere undersøgelser	32
<b>7</b>	<b>REFERENCER</b>	<b>32</b>
<b>BILAG 1: MONITERINGSBORINGER OG -FILTRE</b>		<b>33</b>
<b>BILAG 2: IONISERINGSPOTENTIALER FOR POTENTIELLE PROBLEMSTOFFER</b>		<b>35</b>

## 1 BAGGRUND OG FORMÅL

I forlængelse af opstilling af en grundvandsmodel til beskrivelse af strømningsmønstret og forureningsspredningen (konservativ) fra fabriksgrunden tilhørende Grindsted Products og nedstrøms til Engsøen /1/ samt en detaljeret undersøgelse og rangordning af kemikalier anvendt på fabrikken /2/ har Region Syddanmark anmodet Grontmij | Carl Bro A/S om at udføre et projekt med følgende overordnede formål:

***Projektet skal vurdere, hvorvidt kemiske analysedata kan verificere grundvandsmodellens forudsagte faneudbredelser. Desuden skal det vurderes, hvorvidt kemiske stoffer i grundvandet nedstrøms fabriksgrunden i Grindsted indebærer risiko for problemer med kvaliteten af inde- eller udeluft i den aktuelle del af Grindsted By.***

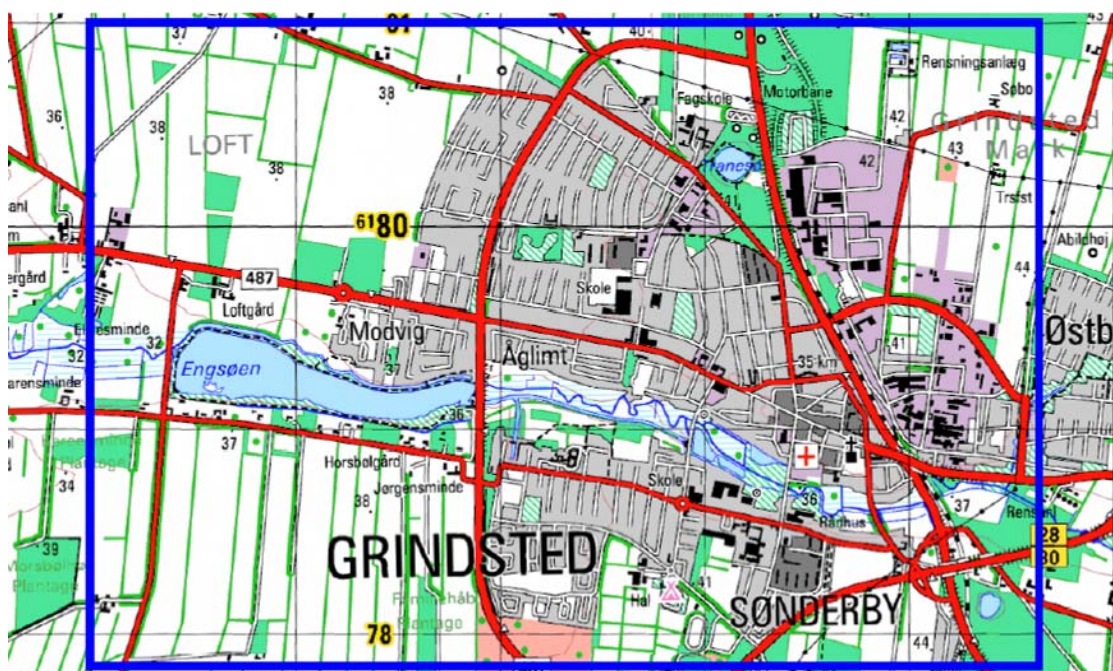
Fase 1 omfatter samlet følgende aktiviteter:

1. Der samles op på de foreliggende kemiske analysedata fra borer i området omkring den simulerede forureningsfane fra fabriksgrunden, og der udføres på dette datagrundlag en grundlæggende grundvandskemisk tolkning.
2. Med udgangspunkt i den lokale grundvandsmodel for området gennemgås eksisterende borer med henblik på at afgøre, hvorvidt placering og indretning af hver enkelt boring gør dem egnede som monitoringsboringer. Det undersøges, i hvilket omfang der er overensstemmelse imellem den kemiske tolkning og grundvandsmodellen.
3. Med udgangspunkt i den allerede udførte prioritering af stoffer med afdampningsrisiko undersøges det, hvilke af disse stoffer der potentielt kan udgøre et problem for inde- eller udeluft pga. afdampning fra grundvandet.
4. Det søges på et overordnet plan at relatere anvendelse af relevante stoffer/stofgrupper til forskellige dele af fanen nedstrøms for fabriksgrunden ved at udtrække oplysninger om anvendelsesperioder fra databasen og sammenligne disse med Region Syddanmarks historiske kort over fabrikkens udbygning.
5. På baggrund af de overfor beskrevne aktiviteter udarbejdes der forslag til, hvilke yderligere undersøgelser der anses for nødvendige for at dokumentere, hvorvidt påvirkning af grundvandskvaliteten hidrørende fra fabriksgrunden indebærer risiko for problemer med kvaliteten af inde- eller udeluft i den aktuelle del af Grindsted By.

## 2 OPSAMLING PÅ KEMISKE ANALYSEDATA

Som grundlag for den kemiske tolkning er anvendt data udtrukket fra Regionens GeoGIS database (som i forbindelse med nærværende opgave er blevet opdateret med ikke indberettede analyser).

Udtrækket omfatter den forventede faneudbredelse fra fabriksgrunden samt en bufferzone af en omtrentlig udstrækning på 500 m omkring fanen. Områdets udstrækning ses på nedenstående Figur 2.1.



Figur 2.1: Undersøgelsesområdet.

I tolkningen af uorganiske parametre er anvendt seneste analyse omfattende de nødvendige parametre til en grundlæggende kemisk karakterisering. Ved undersøgelse af forekomst af miljøfremmede stoffer i grundvandet har samtlige analyser indgået.

### 2.1 Kemisk karakterisering af grundvandet

I nærværende afsnit er de vigtigste karakteristika ved den uorganiske grundvandskemi beskrevet. Der foreligger et tilstrækkeligt analysegrundlag til en grundlæggende kemisk karakterisering for 25 boringsindtag indenfor undersøgelsesområdet.

#### 2.1.1 Syre-/baseforhold

Langt de fleste boringer viser tydelige tegn på at have indtag i meget kalkfattige lag. Dette manifesterer sig ved meget blødt, kalkundermættet grundvand med indhold af aggressiv kuldioxid, høj forvitningsgrad samt lav pH og alkalinitet. Med undtagelse af to boringer ligger pH i intervallet 4,8 til 5,9, hvilket kun forekommer, når grundvandet er kalkaggressivt. Alle analyser, hvor datagrundlaget har tilladt beregning af kalkmætningsgrad (17 ud af 25), viser kalkundermætning. Tilsvarende er der i samtlige 20 analyser konstateret indhold af aggressiv kuldioxid i grundvandet.

Tre borerer skiller sig en smule ud fra det generelle billede. I DGU 114.1335 (lige nedstrøms fabriksgrunden) ligger pH i de to indtag på 6,38 til 6,66, mens alkaliniteten (tilnærmet ved indholdet af hydrogencarbonat) ligger på 464 mg/l i det dybeste indtag 1 (28,5-38,5 m u.t.) og 1153 mg/l i det mere overfladenære indtag 2 (4,2 – 26,2 m u.t.). Begge disse hydrogencarbonatkoncentrationer ligger væsentligt over normalen i dansk grundvand og langt over, hvad der konstateres i de øvrige borerer i området (0-147 mg/l). De forhøjede indhold i denne boring skyldes med stor sandsynlighed en betydelig anaerob mikrobiel nedbrydning af let omsætteligt organisk stof. Sådanne nedbrydningsprocesser danner generelt alkalinitet, og høje indhold af hydrogencarbonat er et velkendt fænomen i f.eks. lossepladsperkolat. Det let omsættelige organiske stof kan ikke identificeres nærmere, men stammer efter al sandsynlighed fra fabriksgrunden.

I DGU 114.1325-1 og 114.1430-1 er pH målt til hhv. 6,87 og 7,1, hvilket er tæt på eller indenfor normalområdet i det danske grundvand (7-8,5). Der er tale om de i særklasse dybeste indtag (100-127 m u.t.), og den logiske forklaring er, at jordlagenes kalkindhold endnu ikke er udvasket i denne dybde.

Det bemærkes, at der kun foreligger en feltmålt pH-værdi for DGU 114.1325-1 (6,87). En laboratoriemåling på en vandprøve udtaget samme dag gav pH 7,5. Dette skyldes utvivlsomt, at der er afgasset CO<sub>2</sub> fra vandprøven inden analysen, hvilket forrykker carbonatsystemets ligevægt og medfører en pH-stigning. Således er de angivne pH-værdier for DGU 114.1335 og 114.1430 sandsynligvis for høje, men der er dog næppe tvivl om, at pH i alle de nævnte borerer rent faktisk er højere end normalt for området.

### 2.1.2 Ionbytningsforhold

Ionbytningsgraden indikerer, i hvilken grad grundvandet er blevet mere ferskt med tiden, idet primært natriumioner, som blev bundet til sedimentet under mere saline forhold, frigives til grundvandet, når natriumkoncentrationen falder i det gradvist mere ferske porevand. Natrium bliver ombyttet med primært calcium og magnesium.

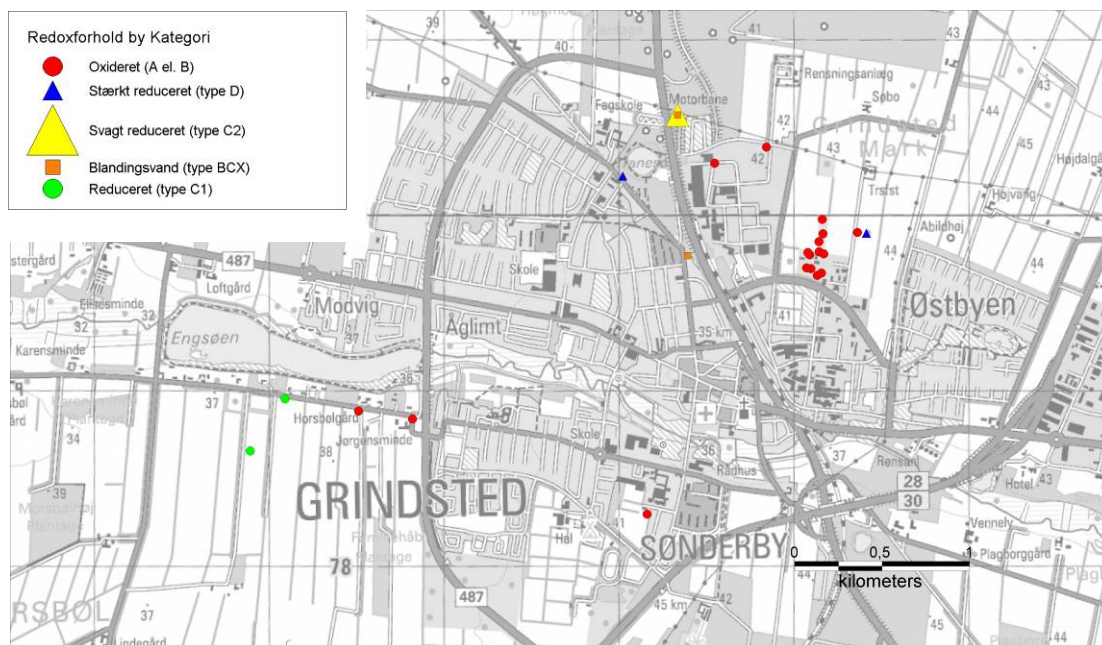
En ionbytningsgrad (Na/Cl-forhold regnet i ækvivalente enheder) på over 1,3 vurderes som markant. Derimod vurderes en ionbytningsgrad på under 0,6 at angive en markant omvendt ionbytning. Omvendt ionbytning forekommer, når saltvand fortrænger mere fersk grundvand. Dette er eksempelvis resultatet, når en saltvandsgrænse hæves pga. overindvinding, eller hvis et grundvandsmagasin påvirkes af salt fra jordoverfladen, f.eks. pga. vejsaltning.

I undersøgelsesområdet ligger ionbytningsgraden med to undtagelser indenfor området 0,6-1,3, dog med størst tendens imod den omvendt ionbyttede vandtype. Dette tyder på, at grundvandsdannelsen fortrinsvis foregår igennem sandede aflejringer. Ionbyttet grundvand forekommer kun i det dybe filter 1 i DGU 114.1325, hvilket indikerer, at grundvandet i denne dybde i væsentlig grad har været i kontakt med lerholdige lag i forbindelse med grundvandsdannelsen. Omvendt ionbyttet grundvand forekommer i DGU 114.489, som desuden har en lidt forhøjet ledningsevne. Dette kan skyldes en perkolatpåvirkning fra Grindsted gl. Losseplads, men kan også have andre kilder.

### 2.1.3 Grundvandets redoxforhold

Grundet den usædvanligt lave pH i grundvandet har jern(III) en forholdsvis høj opløselighed, og man skal derfor være varsom med at lægge større vægt på opløst jern som redoxparameter. Anvendes væsentlige nitratindehold ( $> 1 \text{ mg/l}$ ) i kombination med et lavt ammoniumindhold ( $< 0,2 \text{ mg/l}$ ) til at udskille oxideret grundvand (iltzonen og nitratzonen), findes disse redoxforhold i 17 ud af 25 boringsindtag. Blandingsvand (type BCX /4/, som er en blanding imellem oxideret og reduceret grundvand) findes i 3 indtag, type C2, der er reduceret, men med forhøjet sulfatindhold – ofte forårsaget af pyritoxidation – er fundet i 1 indtag, type C1 (jern- og sulfatzonen) er fundet i 2 indtag, og endelig er den stærkt reducerede type D (methanzonen) fundet i 2 indtag.

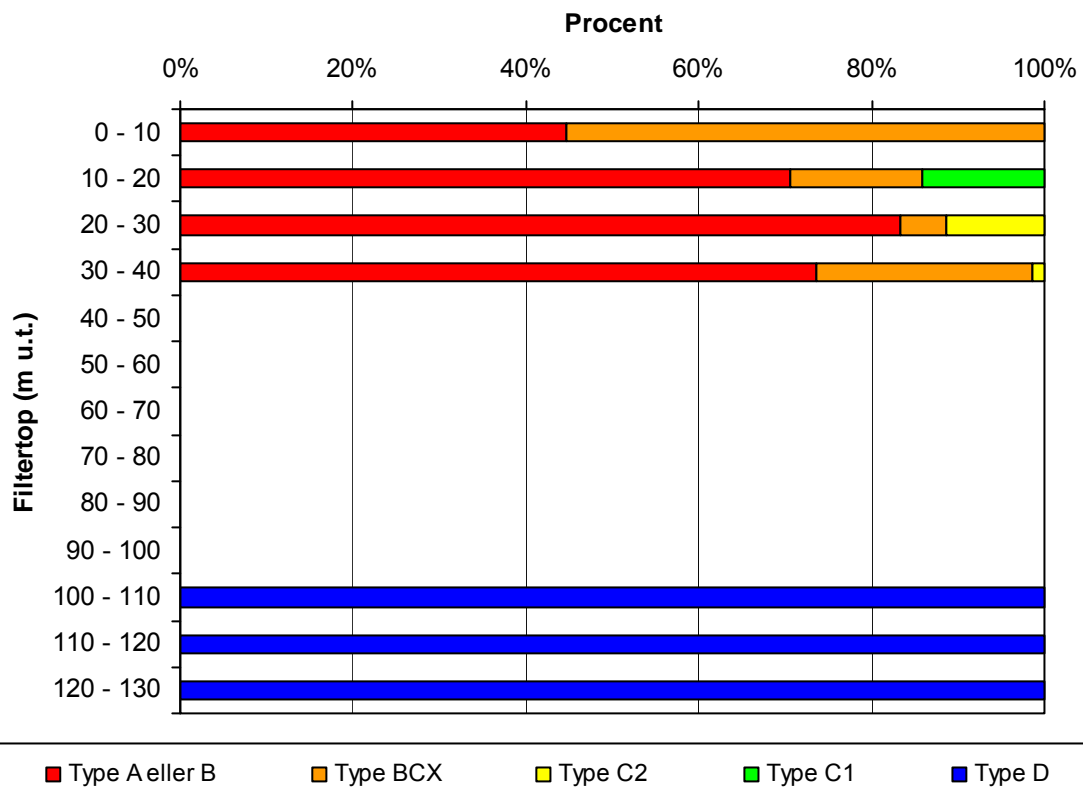
Lokaliseringen af boringer med forskellige redoxforhold fremgår af Figur 2.2.



**Figur 2.2:** Beliggenhed af boringer, hvor der er bestemt redoxforhold.

Det fremgår, at grundvandet generelt er oxideret i området. Reduceret grundvand findes hovedsageligt nord og vest for den formodede faneudbredelse. Derimod forekommer blandingsvand umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden og banegravsdepotet. Der er tale om grundvand i så udpræget kemisk uligevægt, at årsagen må være forurening.

At der findes to stærkt reducerede boringer i området skyldes snarere dybe filtersætninger (Bastrup) end beliggenhed i øvrigt. Dette er illustreret på Figur 2.3, som viser procentvis fordeling af redoxforhold for indtag i forskellige dybdeintervaller.



**Figur 2.3:** Procentvis fordeling af redoxforhold for indtag i forskellige dybdeintervaller.

Generelt er grundvandet oxideret indtil minimum 40 meters dybde, hvilket antyder en dårlig geologisk beskyttelse. Mere end 100 m u.t. må grundvandet formodes generelt at være stærkt reduceret. Der mangler data fra borer med indtag imellem 40 og 100 m u.t., men sandsynligvis bliver grundvandet gradvis mere reduceret med dybden.

## 2.2 Miljøfremmede stoffer

Det er indledningsvis undersøgt, hvilke miljøfremmede stoffer der er detekteret i grundvandet i området. Dernæst er der foretaget en opdeling af detekterede stoffer i 3 kategorier:

1. Stoffer som med sikkerhed kan henføres til forurening fra fabrikken.
2. Stoffer som med god sandsynlighed skyldes forurening fra fabrikken, men som også kan skyldes anden forurening.
3. Stoffer som sandsynligvis IKKE har nogen tilknytning til fabrikken.

Kategori 1 omfatter medicinstoffer som eksempelvis sulfonamider og barbiturater, kategori 2 omfatter chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter, BTEXN-komponenter og phenoler, mens kategori 3 omfatter normalt anvendte pesticider og nedbrydningsprodukter heraf samt sæbestoffer (detergenter).

Detekterede stoffer indenfor de tre kategorier fremgår af Tabel 2.1.

**Tabel 2.1:** Oversigt over detekterede stoffer i de forskellige kategorier.

Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
Amobarbital	1,1,1-trichlorethan	2,6-dichlorbenzamid
Anilin	1,1-dichlorethan	Atrazin
Barbital	1,1-dichlorethylen	Desethylatrazin
Butobarbital	1,2-dibromethan	Desisopropylatrazin
N-Phenylacetamid	1,2-dichlorethan	Dapson
Pentobarbital	2,6-dimethylphenol	Nonioniske detergenter
Secobarbital	Benzen	Dimethoat
Sulfadiazin	Chloroform	Isoproturon
Sulfadoxin	Cis-1,2-dichlorethylen	Trichloreddikesyre
Sulfaguandin	Ethylbenzen	Terbutylazin
Sulfamerazin	M+P-xylen	
Sulfamethazin	Naphthalen	
Sulfanilamid	O-xylen	
Sulfanilsyre	Phenol	
Sulfathiazol	Tetrachlorethaner	
	Tetrachlorethylen	
	Tetrachlormethan	
	Toluen	
	Trans-1,2-dichlorethylen	
	Trichlorethan	
	Trichlorethylen	
	Vinylchlorid	

I det følgende fokuseres der ikke yderligere på kategori 3 stoffer, idet detektion af disse stoffer sandsynligvis ikke har noget med forurening fra fabriksgrunden at gøre.

I Tabel 2.2 er der givet en opsummering af detektioner indenfor kategori 1 og 2 samt relevante data vedrørende de berørte boringsindtag. Kategori 2 er opdelt i underkategorierne 2A (1 eller flere overskridelser af drikkevandskrav) og 2B (ingen overskridelser af drikkevandskrav). Det vurderes, at boringer tilhørende kategori 2A med stor sandsynlighed er påvirket af forurening fra fabriksgrunden, mens den tilsvarende sandsynlighed for kategori 2B er lille.

Boringer markeret med rødt i Tabel 2.2 er med sikkerhed påvirket af fabriksgrunden og /eller banegravsdepotet, boringer markeret med gult er sandsynligvis påvirkede, og boringer markeret med grønt kan være påvirkede.

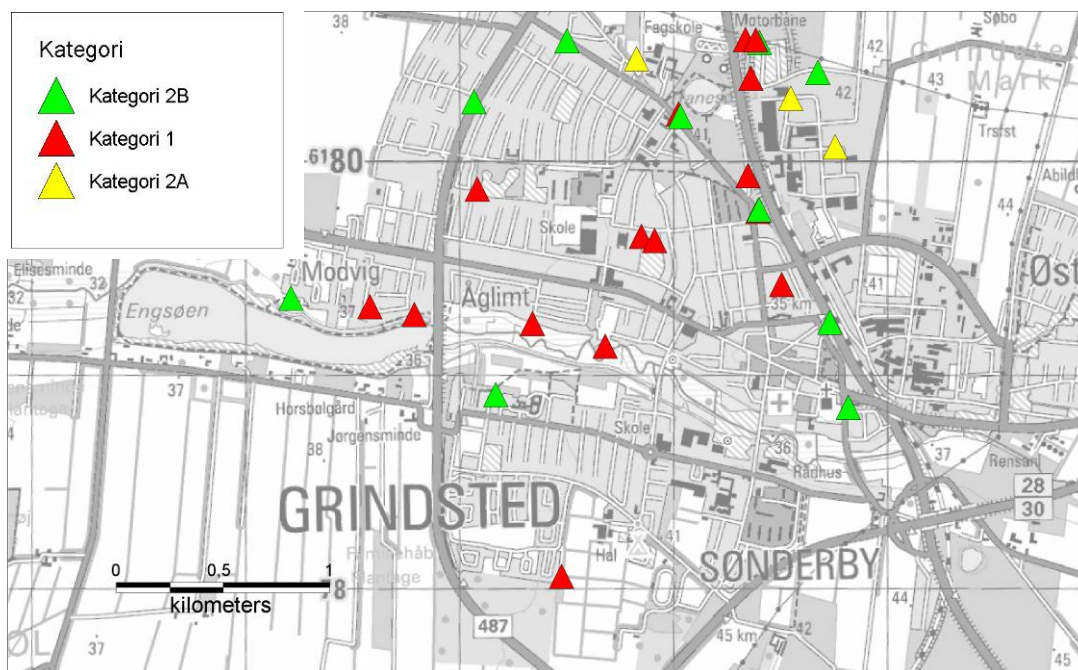


**Table 2.2:** Detektioner indenfor kategori 1 (rød), 2A (gul) og 2B (grøn) samt relevante data for de aktuelle boringsindtag.

DGU-nr.	Filter	UTM-X	UTM-Y	Terræn	Filtertop	Filterbund	Kategori 1	Kategori 2	Kilde
114.1261	1	495824	6178854	41	6,5	8,5	IKKE ANALYSERET	DETEKTERET	Jupiter
114.1294	1	495554	6180302	42,1	30,5	36,5	IKKE DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1297	1	495763	6180075	42,1	30	36	IKKE ANALYSERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1300	1	495681	6180425	42,1	28	34	IKKE DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1334	2	495342	6180578	41,5	5	19	DETEKTERET	DETEKTERET	Jupiter
114.1335	1	495400	6179774	40,7	28,5	38,5	IKKE ANALYSERET	DETEKTERET	Jupiter
114.1335	2	495400	6179774	40,7	4,2	26,2	DETEKTERET	DETEKTERET	Jupiter
114.1336	2	495737	6179254	41,2	3	6	IKKE ANALYSERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1390	1	494856	6179656	40,1	5	6	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1424	5	495408	6180565	40,1	4	14	IKKE ANALYSERET	DETEKTERET	Jupiter
114.1425	1	495354	6179940	41	55	62	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1425	2	495354	6179940	41	30	48	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1425	3	495354	6179940	41	44	46	IKKE ANALYSERET	DETEKTERET	Jupiter
114.1425	4	495354	6179940	41	32	34	IKKE ANALYSERET	DETEKTERET	Jupiter
114.1425	5	495354	6179940	41	18	20	IKKE ANALYSERET	DETEKTERET	Jupiter
114.1425	6	495354	6179940	41	6	8	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1426	1	495511	6179430	41	60	61	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1426	3	495511	6179430	41	28	34	IKKE DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1426	7	495511	6179430	41	5	7	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1430	1	495029	6180229	40,7	100	115	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1430	4	495029	6180229	40,7	37	41	IKKE ANALYSERET	DETEKTERET	Jupiter
114.1447	2	494917,44	6179637,02	40,26	53,5	54,5	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1447	4	494917,44	6179637,02	40,26	15	18,5	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1448	1	494685	6179141	35,9	63	65	IKKE DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1448	6	494685	6179141	35,9	8	9	DETEKTERET	DETEKTERET	Jupiter
114.1495	6	494344	6179247	37,5	15	16	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1495	7	494344	6179247	37,5	5	6	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1626	1	494832	6180487	40,5	12	21	IKKE ANALYSERET	DETEKTERET	Jupiter
114.1984	1	495038,29	6180217,55	40,43	6	8	IKKE ANALYSERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1985	1	494506,82	6180572,69	39,77	6	8	IKKE ANALYSERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1987	1	494071,73	6180287,09	39,27	6	8	IKKE DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1988	1	495368,28	6180397,15	41,11	6	8	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1989	1	495390,85	6180575,44	41,31	6	8	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1991	1	493213,66	6179366,7	35,31	4	4	IKKE ANALYSERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1993	1	493791,57	6179290,66	35,74	3	4	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1994	1	493583,59	6179327,31	36,85	6	8	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1996	1	494174,08	6178914,11	38,97	6	8	IKKE ANALYSERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1998	1	494481,09	6178062,68	39,53	6	8	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.1999	1	495405,19	6179781,5	41,03	6	8	IKKE ANALYSERET	DETEKTERET	GeoGIS
114.2000	1	494086,23	6179876,27	38,87	6	8	DETEKTERET	DETEKTERET	GeoGIS

Beliggenhed af boringer tilhørende kategori 1 og 2 fremgår af nedenstående Figur 2.4. På figuren er boringer med flere indtag klassificeret efter det indtag, der med størst sandsynlighed er forureningspåvirket.

Figuren viser en tydelig påvirkning af grundvandet nedstrøms for fabriksgrunden i vest-sydvestlig retning. Tallene i Tabel 2.2 indikerer stor vertikal udbredelse, idet medicinstoffer er fundet i over 100 m dybde. Det kan dog ikke helt udelukkes, at der ved en fejl er blevet byttet om på indtag 1 og 4 ved prøvetagning af DGU 114.1430, hvorfor analyseresultaterne her foreslås verificeret, da det ikke har været muligt at afgøre ud fra de eksisterende data. Der er tale om en detektion af butobarbital, så begge indtag bør analyseres for butobarbital samt desuden klorerede opløsningsmidler/nedbrydningsprodukter og BTEXN. Det kan anbefales at bundpejle de to indtag i forbindelse med prøvetagningen.

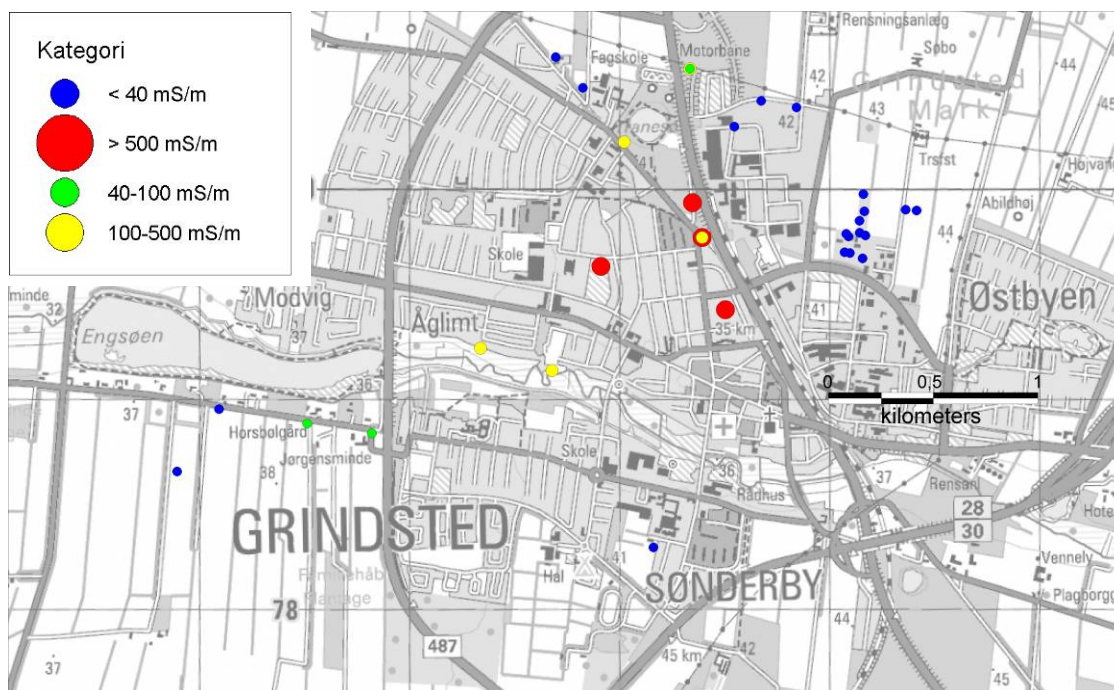


Figur 2.4: Beliggenhed af boringer tilhørende kategori 1, 2A og 2B.

### 2.3 Samlet kemisk tolkning

Der er i den samlede kemiske tolkning lagt særlig vægt på at identificere parametre, som indikerer forurenede grundvand. Hvad uorganiske parametre angår, er det tydeligt, at grundvandet umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden er stærkt påvirket af mikrobielle nedbrydningsprocesser, og desuden er der forhøjede indhold af forskellige hovedkomponenter, herunder natrium og klorid. Efter gennemgang af alle analyseparametre er grundvandets ledningsevne (konduktivitet) udvalgt som primær indikatorparameter. Dette er dels begrundet med en væsentligt forhøjet ledningsevne i de fleste boringer med detektioner af forureningskomponenter, og dels med at der foreligger ledningsevneanalyser fra et væsentligt større antal boringer end de 25 boringer med analyser for yderligere uorganiske enkeltparametre. Der er for boringsindtag med detektion af stoffer i kategori 1 og 2 beregnet gennemsnit for de tilfælde, hvor der foreligger ledningsevnedata. Resultaterne er 495 mS/m for kategori 1 og 274 mS/m for kategori 2. Baggrundsværdien for ledningsevne er derimod meget lav, idet typiske værdier i boringer opstrøms for fabriksgrunden ligger i intervallet 20 – 35 mS/m. Det lave baggrundsniveau skyldes den tidligere beskrevne mangel på kalk i magasinerne.

På nedenstående Figur 2.5 ses grundvandets ledningsevne opdelt i intervaller, hvor < 40 mS/m vurderes upåvirket, 40-100 mS/m svagt påvirket, 100-500 mS/m påvirket og >500 mS/m stærkt påvirket af forurening fra fabriksgrunden og/eller banegravsdepotet. Figuren viser en tydeligt forhøjet ledningsevne i grundvandet umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden og dernæst en aftagende påvirkning i stigende afstand, men, i lighed med Figur 2.4, en tydeligt vest-sydvestlig strømningsretning for grundvandet.



Figur 2.5: Grundvandets ledningsevne.

I afsnit 3.2 er Figur 2.4 og Figur 2.5 kombineret, og det resulterende kort er sammenlignet med grundvandsmodellens forudsagte faneudbredelser.

## 2.4 DGU 114.2038

Efter færdiggørelse af den foreløbige udgave af nærværende notat er analysedata fra DGU 114.2038 beliggende øst for Tronsøen og umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden og banegravsdepotet inddraget. Der er tale om en meget dyb boring (230 m) med indtag i 6 niveauer. I det øverste filter (filter 3, 14-17 m u.t.) er der tale om oxideret grundvand (vandtype A), mens grundvandet i alle dybere filtre (fra 56 til 186 m u.t.) er stærkt reduceret (vandtype D). Grundvandet er svagt ionbyttet øverst i profilet til stærkt ionbyttet i de dybeste filtre. Indtil 113 m u.t. er grundvandet kalkundermættet, men herunder stabiliseres også pH på omkring 8.

I det øverste filter 3 er der fundet total-kulbrinter, BTEX-komponenter, chlorerede opløsningsmidler og 1-chlor-2-nitrobenzen, og grundvandet tilhører kategori 2A. I det næstøverste filter 2 er der ikke påvist miljøfremmede stoffer, mens der i tredjeøverste filter er fundet små mængder BTEX'er og kulbrinter. Der er ikke påvist medicin-stoffer i de analyserede filtre, men laboratoriet noterer, at prøverne er ildelugtende, og at analyserne indikerer tilstedeværelse af andre stoffer end de rekvirerede parametre.

Ovennævnte data er inkluderet i de konklusive tabeller og figurer i afsnit 3.2.

## 2.5 Forslag til analyseparametre

Med henblik på at lokalisere og overvåge grundvandsforureningen fra fabriksgrunden anbefaler Grontmij | Carl Bro, af følgende analyseparametre indgår som standard i monitoringsprogrammet:

Sulfonamider:

Sulfaganidin, sulfamethazin og sulfanilsyre

I de allerede udførte analyser er et eller flere af ovennævnte stoffer truffet i 98,3 % af de analyser, hvor der er detekteret sulfonamider.

Barbiturater:

Amobarbital, barbital, butobarbital

I de allerede udførte analyser er et eller flere af ovennævnte stoffer truffet i 91,7 % af de analyser, hvor der er detekteret barbiturater.

Chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter:

Tetrachlorethylen, trichlorethylen, 1,2-cis-dichlorethylen, vinylchlorid

Stort set alle normalt analyserede chlorerede alifater er detekteret i grundvand nedstrøms fabriksgrunden, men ovenstående er fundet i langt de fleste analyser samt i langt de højeste koncentrationer.

BTEXN:

Alle BTEXN-komponenter (benzen, toluen, ethylbenzen, xylener og naftalen) er fundet i grundvandet. Dominerende er dog m+p-xylen og benzen.

Øvrige:

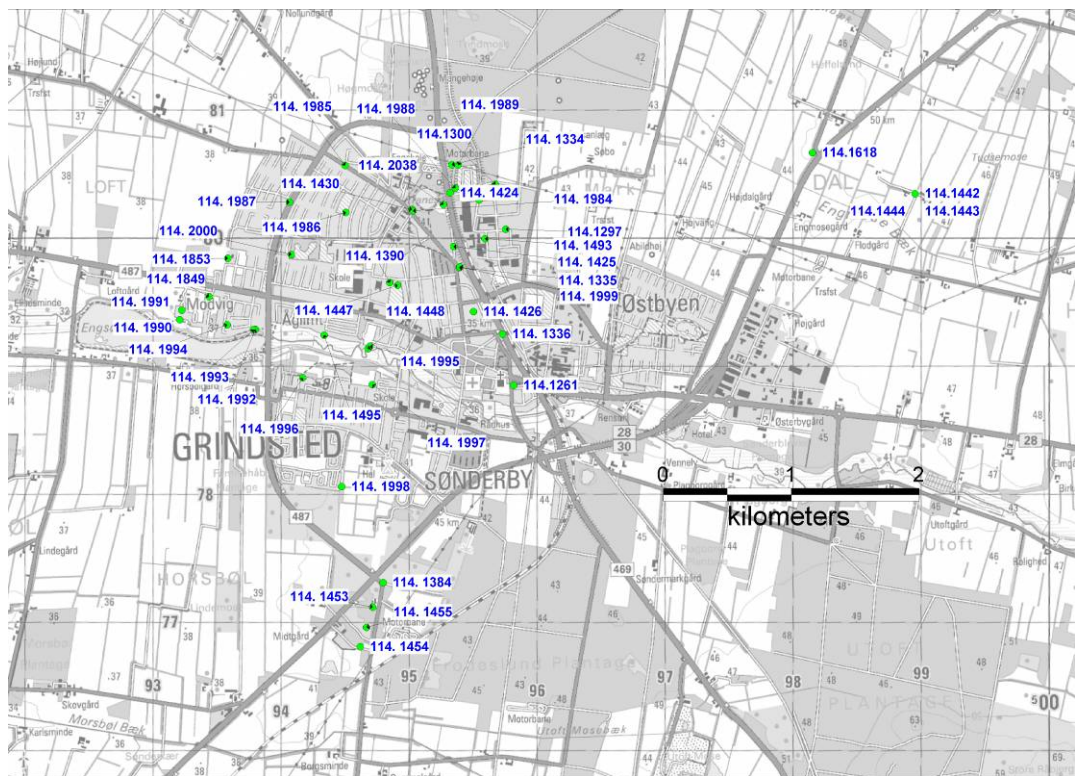
Den udførte gennemgang indikerer, at grundvandets ledningsevne er en god uorganisk indikatorparameter for påvirkning af grundvandet. Det foreslås, at der ved prøveudtagning udføres on-line måling i målegris af både pH (en relativt høj pH kan i området være en indikation på en betydelig anaerob nedbrydning af organiske forbindelser), iltindhold og redoxpotentiale (indikation af redoxforhold) og temperatur. Såfremt disse målinger udføres, anses det ikke for påkrævet med analyse for hovedkomponenter, med mindre der i øvrigt er særlige forhold, som begrundet dette.

### 3 MONITERINGSBORINGER

I forbindelse med nærværende projekt er det udført en nærmere vurdering af det monitoringsprogram, som har været gennemført over en årrække.

Monitoringsprogrammet har omfattet udtagning af vandprøver fra eksisterende borer, hvor antallet af borer og indgående filtre har vekslet i perioder.

Ud fra de indledende drøftelser og arbejdet med gennemgang af rapporter og analysedata, samt oplysninger fra Region Syddanmark (det eksisterende materiale), er der i Bilag 1 anført de borer og filtre, som vurderes at have indgået i monitoringen af grundvandskvaliteten under Grindsted. Det drejer sig om 40 borer, i alt med 107 filtre i forskellig dybde. Beliggenhed af borerne ses på Figur 3.1.



**Figur 3.1:** Placering af borer, som indgår/ har indgået i monitoringen.

Boringerne DGU 114.1442, 114.1443 samt 114.1444, som alle er beliggende opstrøms forureningsfanen fra fabriksgrunden, er ikke medtaget i nærværende redegørelse, da de ligger for langt opstrøms til at udgøre gode referenceboringer i forhold til den konstaterede forurening. Monitoringsboringeres filtre er relateret til den hydrostratigrafiske model fra /1/, og den tilsvarende lithostratigrafiske betegnelse er anført i Bilag 1. I Tabel 3.1 er anført hyppigheden af filterplacering i forhold til lithologien.

**Tabel 3.1:** Oversigt over fordeling af filtre i forhold til geologi.

Lithologisk betegnelse	Antal monitoringsfiltre placeret
Kvartær	44
Odderup	50
Kvartær/Odderup	5
Odderup/Arnum(øvre)	1
Arnum (Ø)	2
Bastrup	4
Billund/Vejlefjord	1
Sum	107

Det fremgår af tabellen, at langt hovedparten af filtrene (89 %) er placeret i kvartæret og Odderup formationen.

### 3.1 Fremgangsmåde ved vurdering af partikelforekomst

I forbindelse med den opstillede grundvandsmodel /1/, er der foretaget en række simuleringer af den mulige forureningsspredning fra de kendte kilder. Simuleringerne er foretaget som partikelbanesimuleringer og er derfor et udtryk for spredning af en konservativ tracer, som spredes med grundvandsstrømningen, og hvor der ikke indgår nedbrydning, dispersion og binding af stof til sediment i grundvandsmagasinerne. Alttså en spredning, som kun er beskrevet ud fra de strømningsmæssige forhold (der tages dog ikke hensyn til eventuel densitetsafhængig strømning/spredning).

I /1/ er der foretaget beregninger for 8 scenarier i alt. For nærværende rapport har følgende 6 scenarier med simuleret forureningsspredning relevans (de to sidste scenarier i /1/ er foretaget for Bastrup formationen, hvor der ikke er konstateret forurening):

- Fabriksgrunden
- Fabriksgrunden (partikelstart top Arnum)
- Afløbsgrøften
- Banegravsdepotet
- Grindsted Gl. Losseplads
- Grindsted Gl. Losseplads (partikelstart top Arnum)

For hvert af ovenstående 6 scenarier, er der foretaget en partikelsimulering, og efterfølgende er det ud fra en analyse af filterplacering i monitoringsboringerne og koordinaterne på partiklerne vurderet, om det pågældende filter bliver truffet af en given partikelsværm eller ej.

I det følgende opsummeres resultaterne fra analysen af resultaterne fra grundvandsmodellen. I afsnit 3.2 sammenholdes resultaterne med observeret forurening fra monitoringsprogrammet, herunder filterplacering.

Der bemærkes, at der er boringer, som ikke umiddelbart rammes af partikler (specielt i selve kildeområderne), hvilket primært skyldes, at filterplacering er dybere liggende end startpositionen for partiklerne.

*Fabriksgrunden, kvartæret*

I Tabel 3.2 er resultaterne for analysen på Fabriksgrunden (partikelstart i Kvartæret) angivet.

**Tabel 3.2:** Oversigt over boringer/filtre, som rammes af partikler ved simuleringen, partikelstart i kvartæret. "Fra lag" og "Til lag" betegner de hydrostratigrafiske lag i grundvandsmodellen, svarende til filtersætningen. Kolonnen 'geologi' angiver den geologiske betegnelse, svarende til det hydrostratigrafiske lag.

DGU Nr	Fra Lag	Til Lag	Geologi
114. 1335	1	2	Kvartær/Odderup
114. 1390	1	1	Kvartær
114. 1425	1	1	Kvartær
114. 1425	1	2	Kvartær/Odderup
114. 1447	1	1	Kvartær
114. 1493	1	1	Kvartær
114. 1495	1	1	Kvartær
114. 1495	1	1	Kvartær
114. 1495	1	1	Kvartær
114. 1849	1	1	Kvartær
114. 1990	1	1	Kvartær
114. 1991	1	1	Kvartær
114. 1992	1	1	Kvartær
114. 1993	1	1	Kvartær
114. 1994	1	1	Kvartær
114. 1999	1	1	Kvartær
114. 2038	1	1	Kvartær

Af tabellen fremgår det, hvilket lag den givne boring er filtersat i, samt den tilhørende geologi fra den hydrostratigrafiske model.

Ved partikelstart i kvartæret, er det med to undtagelser filtre fra kvartæret, som rammes af partikler.

*Fabriksgrunden, Top Arnum*

I Tabel 3.3 er resultaterne fra analyse på Fabriksgrunden (partikelstart Top Arnum) vist. Det fremgår, at det er filtre i Odderup, som rammes af partikler, hvis partiklerne startes på Top Arnum (svarende til nedsunket fri fase af primært klorerede kulbrinter, som har højere densitet end vand).

**Tabel 3.3:** Oversigt over boringer/filtre, som rammes af partikler ved simuleringen, partikelstart Top Arnum. "Fra lag" og "Til lag" betegner de hydrostratigrafiske lag i grundvandsmodellen, svarende til filtersætningen. Kolonnen 'geologi' angiver den geologiske betegnelse, svarende til det hydrostratigrafiske lag.

DGU Nr	Fra Lag	Til Lag	Geologi
114. 1335	2	2	Odderup
114. 1424	2	2	Odderup
114. 1424	2	2	Odderup
114. 1424	2	2	Odderup
114. 1425	2	2	Odderup
114. 1425	2	2	Odderup
114. 1425	2	2	Odderup
114. 1425	2	2	Odderup
114. 1430	2	2	Odderup
114. 1430	2	2	Odderup
114. 1430	2	2	Odderup
114. 1430	2	2	Odderup
114. 1447	2	2	Odderup
114. 1447	2	2	Odderup
114. 1447	2	3	Odderup/Arnum(Ø)
114. 2038	2	2	Odderup

*Banegravsdepotet, kvartæret.*

I Tabel 3.4 ses resultaterne af analysen for en simuleret forureningsspredning fra Banegravsdepotet, hvor partiklerne startes i kvartæret.

**Tabel 3.4:** Oversigt over boringer/filtre, som rammes af partikler ved simuleringen, partikelstart i kvartæret. "Fra lag" og "Til lag" betegner de hydrostratigrafiske lag i grundvandsmodellen, svarende til filtersætningen. Kolonnen 'geologi' angiver den geologiske betegnelse, svarende til det hydrostratigrafiske lag.

DGU Nr	Fra Lag	Til Lag	Geologi
114. 1334	1	2	Kvartær/Odderup
114. 1424	1	1	Kvartær
114. 1430	2	2	Odderup
114. 1430	2	2	Odderup
114. 1430	2	2	Odderup
114. 1430	2	2	Odderup
114. 1849	1	1	Kvartær
114. 1987	1	1	Kvartær
114. 1988	1	1	Kvartær
114. 1989	1	1	Kvartær
114. 1990	1	1	Kvartær
114. 1991	1	1	Kvartær

Det fremgår, at relativt flere filtre/boringer i Odderup rammes af partiklerne fra Banegravsdepotet, når der sammenlignes med fabriksgrunden.



*Afløbsgrøften, kvartæret.*

I Tabel 3.5 ses resultaterne af analysen for en simuleret forureningsspredning fra afløbsgrøften, hvor partiklerne startes i kvartæret.

**Tabel 3.5:** Oversigt over boringer/filtre, som rammes af partikler ved simuleringen, partikelstart i Kvartæret. "Fra lag" og "Til lag" betegner de hydrostratigrafiske lag i grundvandsmodellen, svarende til filtersætningen. Kolonnen 'geologi' angiver den geologiske betegnelse, svarende til det hydrostratigrafiske lag.

DGU Nr	Fra Lag	Til Lag	Geologi
114. 1261	1	1	kvartær
114. 1336	1	1	Kvartær
114. 1336	1	2	Kvartær/Odderup
114. 1426	1	1	Kvartær
114. 1426	1	1	Kvartær
114. 1426	1	2	Kvartær/Odderup
114. 1448	1	1	Kvartær
114. 1495	1	1	Kvartær
114. 1495	1	1	Kvartær
114. 1495	1	1	Kvartær
114. 1995	1	1	Kvartær

Det fremgår, at primært filtre/boringer i kvartæret rammes, dog med to undtagelser, hvor filtrene strækker sig ned i Odderup.

*Grindsted Gamle Losseplads, kvartæret*

I Tabel 3.6 ses resultaterne fra analysen for partikler fra Grindsted Gl. Losseplads (partikelstart i kvartæret).

**Tabel 3.6:** Oversigt over boringer/filtre, som rammes af partikler ved simuleringen, partikelstart i kvartæret. "Fra lag" og "Til lag" betegner de hydrostratigrafiske lag i grundvandsmodellen, svarende til filtersætningen. Kolonne 'geologi' angiver den geologiske betegnelse, svarende til det hydrostratigrafiske lag.

DGU Nr	Fra Lag	Til Lag	Geologi
114. 1453	1	1	Kvartær

Ud fra en strømningsmæssig betragtning er der altså en boring, som vil fange forurening fra Grindsted Gl. Losseplads, hvis partiklerne startes i Kvartæret.

*Grindsted Gamle Losseplads, Top Arnum*

I Tabel 3.7 ses resultaterne af analysen for partiklerne fra Grindsted Gl. Losseplads, hvor partiklerne startes på top Arnum.

**Table 3.7:** Oversigt over boringer/filtre, som rammes af partikler ved simuleringen, partikelstart Top Arnum. "Fra lag" og "Til lag" betegner de hydrostratigrafiske lag i grundvandsmodellen, svarende til filtersætningen. Kolonnen 'geologi' angiver den geologiske betegnelse, svarende til det hydrostratigrafiske lag.

DGU Nr	Fra Lag	Til Lag	Geologi
114. 1384	2	2	Odderup
114. 1384	2	2	Odderup
114. 1384	2	2	Odderup
114. 1384	2	2	Odderup
114. 1453	2	2	Odderup
114. 1453	2	2	Odderup
114. 1453	2	2	Odderup
114. 1453	2	2	Odderup
114. 1453	2	2	Odderup

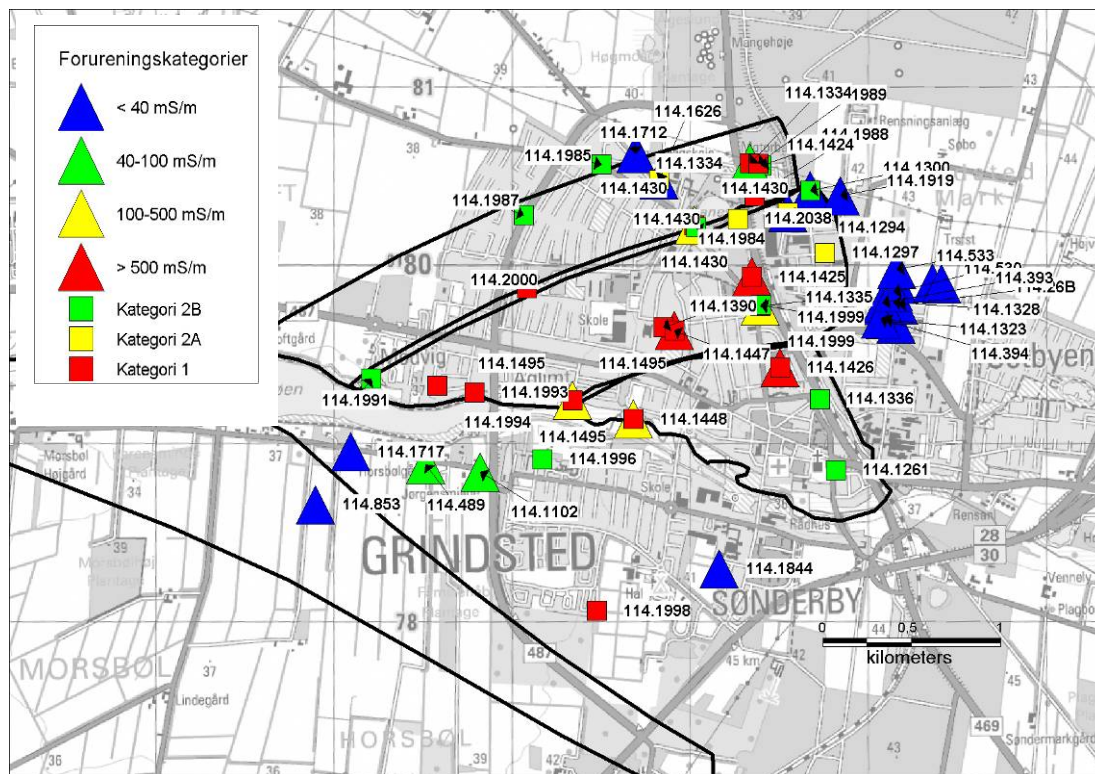
I dette tilfælde ses det, at flere filtre i to boringer rammes af partiklerne fra lossepladsen.

Sammenfattende kan det, ud fra en ren modelmæssig betragtning, konstateres, at ca. 50 % af de udvalgte filtre har en chance for at fange en forurening fra de kendte kilder, under de givne forudsætninger (kildeomfang m.v.). Langt hovedparten af filtrene er placeret i kvartæret og Odderup, og få filtre er placeret dybere. Ikke overraskende viser analysen, at det overvejende er filtre/boringer i kvartæret, som rammes af partikler, når partiklerne startes i kvartæret. Dog rammes enkelte filtre i Odderup, afhængig af afstanden til kilden; Omvendt rammes flere filtre i Odderup, når forureningen startes på Top Arnum. .

I det følgende sammenlignes de strømningsmæssige resultater med resultaterne fra vurderingen af de kemiske analyser.

### 3.2 Sammenligning med grundvandskemien

Kombineres data fra Figur 2.4, som viser beliggenheden af boringerne inddelt i kategorier og Figur 2.5, som viser ledningsevnen i boringerne, fås det samlede kort vist på Figur 3.2. Bemærk, at DGU 114.2038 er inkluderet, jf. afsnit 2.4.



Figur 3.2: Kort over forureningskategorier samt grundvandets ledningsevne.

Med undtagelse af den tidligere beskrevne ”suspekter” detektion af butobarbital i det dybe filter 1 i DGU 114.1430 er alle relevante filtre lokaliseret over kote ca. +20, dvs. i kvartær og/eller Odderup formationen.

Generelt ligger de ”røde” punkter som forventet nedstrøms banegravsdepotet, fabriksgrunden og afløbsgrøften i en vest-sydvestlig retning. Data indikerer, at påvirkningen fra banegravsdepotet ikke kan spores så langt nedstrøms som påvirkningen fra fabriksgrunden. Væsentlig påvirkning fra afløbsgrøften ses kun længst imod nord, umiddelbart syd for fanen fra fabriksgrunden. Det kan ikke udelukkes, at fanen fra fabriksgrunden har en lidt større udbredelse imod syd end forudsagt af grundvandsmodellen.

Fundet af kategori 1 stoffer i DGU 114.1998 kan ikke umiddelbart forklares. Det er muligt, at der er tale om et ukendt deponi eller en årstidsbestemt afvigende strømningensretning fra lossepladsen. Det anbefales dog, at der i verifikationsøjemed udføres en re-analyse omfattende som minimum sulfonamider.

Begge datasæt viser samstemmende en vest-sydvestlig strømningensretning samt en aftagende påvirkning i nedstrøms retning. De let forhøjede ledningsevner i DGU 114.489 og 114.1102 indikerer sandsynligvis, at en mindre del af forureningen fra Grindsted Gl. losseplads eller en ukendt kilde længere imod sydvest påvirker vandkvaliteten, jf. ovenstående. Der kan dog også være tale om meget lokal påvirkning fra f.eks. vejsaltning. Endelig kan det ikke fuldstændig afvises, at påvirkningen kunne stamme fra Fabriksgrunden, hvis en lille del af fanen slipper forbi Grindsted Å og Engsøen.

DGU 114.853 ligger ifølge kortet i influensområdet fra Grindsted Losseplads. Imidlertid har boringen filter i kote +25 - +17, hvilket er over niveauet for fanens forventede vertikale udbredelse. Den konstaterede ledningsevne, som er på niveau med normalen for grundvandet i området, er derfor forventelig.

I nedenstående Tabel 3.8 er forskellige kategorier af fund af miljøfremmede stoffer sammenlignet med de borer, som partikelbanerne ifølge grundvandsmodellen påvirker.

**Tabel 3.8:** Fundkategorier for miljøfremmede stoffer (kategori 1 (rød), 2A (gul) og 2B (grøn)) sammenlignet med partikelbanesimuleringer i grundvandsmodellen. - i.p. betyder, at der ikke er simuleret partikler i det givne filter.

DGU-nr.	Filter	UTM-X	UTM-Y	Terræn	Filtertop	Filterbund	GV-model
114.1261	1	495824	6178854	41	6,5	8,5	Afløbsgrøft
114.1294	1	495554	6180302	42,1	30,5	36,5	i.p.
114.1297	1	495763	6180075	42,1	30	36	i.p.
114.1300	1	495681	6180425	42,1	28	34	i.p.
114.1334	2	495342	6180578	41,5	5	19	Banegravsdepotet
114.1335	1	495400	6179774	40,7	28,5	38,5	Fabriksgrunden
114.1335	2	495400	6179774	40,7	4,2	26,2	Fabriksgrunden
114.1336	2	495737	6179254	41,2	3	6	Afløbsgrøft
114.1390	1	494856	6179656	40,1	5	6	Fabriksgrunden
114.1424	5	495408	6180565	40,1	4	14	Banegravsdepotet
114.1425	1	495354	6179940	41	55	62	Fabriksgrunden
114.1425	2	495354	6179940	41	30	48	Fabriksgrunden
114.1425	3	495354	6179940	41	44	46	Fabriksgrunden
114.1425	4	495354	6179940	41	32	34	Fabriksgrunden
114.1425	5	495354	6179940	41	18	20	Fabriksgrunden
114.1425	6	495354	6179940	41	6	8	Fabriksgrunden
114.1426	1	495511	6179430	41	60	61	Afløbsgrøft
114.1426	3	495511	6179430	41	28	34	Afløbsgrøft
114.1426	7	495511	6179430	41	5	7	Afløbsgrøft
114.1430	1	495029	6180229	40,7	100	115	?
114.1430	4	495029	6180229	40,7	37	41	Banegravsdepotet
114.1447	2	494917	6179637	40,26	53,5	54,5	Fabriksgrunden
114.1447	4	494917	6179637	40,26	15	18,5	Fabriksgrunden
114.1448	1	494685	6179141	35,9	63	65	i.p.
114.1448	6	494685	6179141	35,9	8	9	i.p.
114.1495	6	494344	6179247	37,5	15	16	Fabriksgrunden
114.1495	7	494344	6179247	37,5	5	6	Fabriksgrunden
114.1626	1	494832	6180487	40,5	12	21	i.p.
114.1984	1	495038	6180218	40,43	6	8	i.p.
114.1985	1	494507	6180573	39,77	6	8	i.p.
114.1987	1	494072	6180287	39,27	6	8	Banegravsdepotet
114.1988	1	495368	6180397	41,11	6	8	Banegravsdepotet
114.1989	1	495391	6180575	41,31	6	8	Banegravsdepotet
114.1991	1	493214	6179367	35,31	3	4	Banegravsdepotet
114.1993	1	493792	6179291	35,74000168	3	4	Fabriksgrunden
114.1994	1	493584	6179327	36,84999847	6	8	Fabriksgrunden
114.1996	1	494174	6178914	38,97	6	8	i.p.
114.1998	1	494481	6178063	39,53	6	8	i.p.
114.1999	1	495405	6179782	41,03	6	8	Fabriksgrunden
114.2000	1	494086	6179876	38,87	6	8	i.p.
114.2038	1	495275	6180266	40,79	74	77	Fabriksgrunden
114.2038	3	495275	6180266	40,79	14	17	Fabriksgrunden

Af tabellen fremgår det, at der generelt er en god overensstemmelse imellem den konstaterede forurening, og de filtre, som grundvandsmodellen simulerer partikler i.

Hvor dette ikke er tilfældet, skyldes det som oftest afvigelser mellem model og de fysiske rammer. F.eks. kan lokale variationer i kornstørrelsen give anledning til at forureningen enten passerer forbi et givent filter eller netop rammer det. Der kan også være årstidsbestemte variationer i grundvandsspejlet, som bevirker en anden spredning lokalt. Årstidsvariationer kan ikke simuleres i den stationære model.

Den konservative betragtning ved partikelsimuleringerne tager heller ikke højde for nedbrydning, adsorption og andre processer som har betydning for den reelle forureningsspredning.

Den faktiske kildeplacering har også stor betydning for, hvorvidt modellen simulerer partikelspredning til et givent filter i et givent hydrostratigrafisk lag.

Langt størsteparten af de "røde" filtre viser dog en sammenhæng imellem konstateret og simuleret forurening.

#### 4 FASTLÆGGELSE AF POTENTIelt PROBLEMATISKE STOFFER

I /2/ er der i Bilag 21.1 udarbejdet en prioriteret liste over 55 stoffer, som har været anvendt på Grindsted Products, og som forventes at kunne udgøre en risiko for inde- eller udeluft pga. afdampning fra grundvandsspejlet.

Indledningsvis er der udført beregning af maksimale forekommende gasfasekoncentrationer, dvs. ligevægtskoncentration, hvis der for et givet stof antages maksimal koncentration i vandfasen (dvs. vandopløseligheden). Beregningen udføres efter følgende formel:

$$C_g \left[ \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right] = 1000 \left[ \frac{\mu\text{g}}{\text{mg}} \right] \cdot 1000 \left[ \frac{\text{l}}{\text{m}^3} \right] \frac{S_w \left[ \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] \cdot K_H \left[ \frac{\text{atm} \cdot \text{m}^3}{\text{mol}} \right] \cdot 1000 \left[ \frac{\text{l}}{\text{m}^3} \right]}{R \left[ \frac{\text{l} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right] \cdot T \left[ \text{°K} \right]}$$

Hvor:

$C_g$  er gasfasekoncentrationen ved ligevægt ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$S_w$  er vandopløseligheden ( $\text{mg}/\text{l}$ )

$K_H$  er Henrys konstant ( $\text{atm} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$ )

$R$  er gaskonstanten =  $0,082057 \text{ l} \cdot \text{atm}/\text{mol} \cdot \text{K}$

$T$  er kelvin temperaturen ( $^{\circ}\text{K}$ )

Det er standard at angive Henrys konstant samt vandopløselighed ved  $25^{\circ}\text{C}$  ( $=298,15^{\circ}\text{K}$ ). Eftersom temperaturen i det øvre grundvand i et vist omfang er årstidsafhængig og der i øvrigt er tale om en tilnærmelse "til den sikre side", er beregningerne udført ved  $25^{\circ}\text{C}$ .

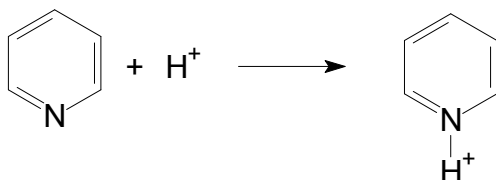
Formelt set gælder Henrys lov kun for uendeligt tynde opløsninger, og dette betyder i praksis, at der ved høj vandopløselighed og/eller Henrys konstant kan beregnes koncentrationer, som er højere end i den rene gasfase. For at undgå denne situation, er koncentrationer udregnet ved en molær gasfasekoncentration på  $40,87 \text{ mol}/\text{m}^3$ , hvilket svarer til ren gas ved 1 atm tryk og  $25^{\circ}\text{C}$ . Gasfasekoncentrationen er anvendt i de tilfælde, hvor denne er lavere end koncentrationen beregnet ud fra Henrys lov.

Ud af listen på 55 stoffer har 7 syre-/baseegenskaber, men i 5 tilfælde er der tale om så svage syrer eller baser, at dette er uden betydning ved normalt forekommende pH-værdier. Baseret på aktuelt målte pH-værdier i grundvandet nedstrøms fabriksgrunden er det i 2 tilfælde (basen pyridin og syren flussyre) vurderet nødvendigt at tage hensyn til ionisering. Disse to forbindelser behandles derfor separat i afsnit 4.1 og 4.2.

Beregningsresultaterne er præsenteret i Tabel 4.1, afsnit 4.3. I de tilfælde, hvor der findes afdampningskriterier, er det undersøgt, om den resulterende gasfasekoncentration er mindre end 100 gange kriteriet. Hvis dette er tilfældet, anses stoffet for uproblematisk. For stoffer uden afdampningskriterier er beregningsresultaterne i stedet relateret til detektionsgrænserne i luft, i det omfang disse er angivet i /2/, Bilag 26.

#### 4.1 Pyridin

Basen pyridin kan ioniseres ved at optage en proton, hvorved der dannes en pyridinium-ion:

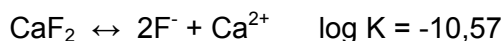


$pK_a$ -værdien for reaktionen er 5,21. Dette indebærer eksempelvis, at 50 % pyridin vil være ioniseret – og dermed ikke tilgængeligt for afdampning – ved pH 5,21. Derimod vil kun 2 % være ioniseret ved pH 7.

Ses der bort fra to borer med indtag mere end 100 m u.t. er den højeste senest målte pH-værdi nedstrøms for fabriksgrunden 6,66. Som en "worst case" antages pH således at være 6,66, hvilket svarer til 3 % ionisering. På den baggrund kan pyridin ikke udelukkes som et potentielt problemstof.

#### 4.2 Flussyre

Flussyre har en  $pK_a$  på 3,18 og vil derfor stort set udelukkende befinde sig på dissocieret form, dvs. som  $F^-$  og  $H^+$  ved neutral pH. Her vil den reelle vandfasekoncentration være bestemt af de to ligevægtsreaktioner:



Ved anvendelse af massevirkningsloven kan de to reaktionsligninger kombineres til:

$$[HF] = 10^{3,18} \cdot 10^{-pH} \sqrt{\frac{10^{-10,57}}{[Ca^{2+}]}}$$

Det fremgår, at den maksimale koncentration af flussyre i vandfasen (ved ligevægt) er begrænset af dels pH og dels  $Ca^{2+}$ -aktiviteten. Da der er tale om en overslagsberegning, er det rimeligt at approksimere aktivitet med molær koncentration

Idet der i en "worst case" beregning er anvendt laveste målte pH (4,8) samt laveste målte calciumkoncentration (9,5 mg/l) ved seneste analyse i borer nedstrøms for fabriksgrunden, er der beregnet en maksimumkoncentration af den neutrale (og flygtige) syreform i grundvandet på 0,16 mg HF/l, svarende til en ligevægtskoncentration i gasfasen på 685  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Indregnes der 100 gange fortynding, fås en koncentration på 6,85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der findes ikke et afdampningskriterium for flussyre, men værdien er så lav, at den kan forekomme naturligt i den typiske kalkaggressive grundvandstype, som findes i det øvre grundvand i Jylland sydvest for Weichsel-isens hovedopholdsline.

### 4.3 Resultater

Som det fremgår af Tabel 4.1, resulterer den anvendte "worst case" beregning i ekstremt høje gasfasekoncentrationer, bortset fra for flussyre (jf. afsnit 4.2). Ingen af de øvrige 54 stoffer kan på baggrund af beregningerne udpeges som uproblematisk, hvad angår afdampningsrisikoen.

**Tabel 4.1:** Beregnede maksimale gasfasekoncentrationer samt afdampningskriterier og detektionsgrænser (i luft) for de 55 udvalgte stoffer.

Stofnavn	CAS-nr.	Molvægt g/mol	Vandopl. (mg/l)	Henrys konstant Pa·m <sup>3</sup> /mol	pKa	Max. gasfase µg/m <sup>3</sup>	Afd. krit. µg/m <sup>3</sup>	Det. gr. µg/m <sup>3</sup>
1,1,2-trichlorethylen	79-01-6	131,4	1280	1010		521.640.676	1	
Benzen	71-43-2	78,114	1800	548		398.009.254	0,13	
Vinylchlorid	75-01-4	62,5	8800	1110		2.554.639.180	0,04	
Tetrachlorethylen	127-18-4	165,82	206	2430		201.982.433	6	
Terpentin	8052-41-3	142,29 <sup>c</sup>	8000	750000		5.815.993.742		
Anilin	62-53-3	93,1	36000	13800	4,6	3.805.390.522		
Isobutylbromid	78-77-3	137,02	507	2020		413.237.223		
2-bromopentan	107-81-3	151,05	108	2630		114.609.234		
2-brombutan	78-76-2	137,02	845	1620		552.346.784		
1,2-cis-dichlorethylen	156-59-2	96,94	6410	414		1.070.775.625	400	
1-bromopentan	110-53-2	151,05	127	2000		102.488.190		
Chlordioxid	10049-04-4	67,5	7500	1280		2.759.010.314		
Isoamylmalonester	03-08-5398	244,33	17,75	32		229.186		
4-brom-ortho-xylen	583-71-1	185,06	34,6	265		3.699.662		1
3-chlorpropen	107-05-1	76,53	3400	1110		1.522.796.962		0,8
3-ethoxyprop-1-en	557-31-3	86,13	8040	152		493.105.382		
Isoamylætylmalonester	76-72-2	258,36	6,08	57,2		140.327		10
Diaalyltrisulfid	2050-87-5	178,34	50,7	327		6.689.533		
Propylethylether	628-32-0	88,15	18400	115		853.799.250		
Pyridin	110-86-1	79,1	1000000	709	5,23	3.233.151.346		
3-brom-o-xylen	576-23-8	185,06	20,9	265		2.234.767		1
Ethylchlorid	75-00-3	64,5	6710	862		2.333.833.620		
Toluen	108-88-3	92,1	515	674		140.057.778	400	
Isopropylbromid	75-26-3	122,99	3180	1110		1.424.263.041		
Isopropylchlorid	75-29-6	78,54	3100	1770		2.213.986.998		
o-xylen	95-47-6	106,2	6,61	518		1.381.565	100	
Laurinsyrechlorid	112-16-3	218,77	12,2	1140		5.611.834		
Methylbutyrat	623-42-7	102,13	15000	20,8		125.891.005		
2-methyl-3-furanthiol	28588-74-1	114,17	631	58,3		14.843.558		
Cyanbrite	74-90-8	27,03	1000000	13,5	9,2	1.104.830.352	60 <sup>b</sup>	
Dimethoxymethan	109-87-5	76,09	330000	16,5		2.197.040.132		
Propen	115-07-1	42,1	200	19900		1.605.917.305		
p-tert-butylanisol	5396-38-3	164,25	25,9	835		8.726.224		
Acrylonitril	107-13-1	53,1	75000	11,1		335.911.095	0,04	
Ethylbromid	74-96-4	109	9100	751		2.757.537.551		
Methanol	67-56-1	32	1000000	13,7	15,3	1.307.975.260		80
Dichlormethan	75-09-2	84,933	13000	384		2.014.256.077	0,6	
Chloroform	67-66-3	119,38	8200	315		1.042.232.261	20	
Diethylether	60-29-7	74	65000	63,2	-3,59	1.657.564.896	1000	
1,2-dichlorethan	107-06-2	98,96	8000	120		387.356.938		
Tetrachlormethan	56-23-5	153,82	793	307000		6.287.273.578	5	
Ethylformiat	109-94-4	74,1	105000	39,6		1.677.739.737		
Cyclohexan	110-82-7	84,2	58	19500		456.354.892		
Hexan	110-54-3	86,2	13	170000		891.727.951		
Methylformiat	107-31-3	60,05	300000	22,6		2.454.497.324		
Benzylcyanid	140-29-4	117,1	100	14,2		572.965		
1,1,1-trichlorethan	71-55-6	133,4	1500	810		490.248.624	500	
Cyclopentan	287-92-3	70,1	156	19000		1.195.964.545		
Ethylacetat	141-78-6	88,1	79000	12,2		388.890.226		
Flussyre <sup>a</sup>	7664-39-3	20	0,16173	10,5	3,19	954		
Hexachlorcyclohexan	608-73-1	290,83	8	25,9		83.605		
Iso-amylacetat	123-92-2	130,19	2000	59,5		48.016.120		
Diisopropylether	108-20-3	102,18	11000	991	-4,3	4.176.528.502		
Isobutanol	78-83-1	74,1	85000	40,6		1.392.467.492		
Methylacetat	79-20-9	74,1	292000	11,7		1.378.506.502		

<sup>a</sup>: Vandopløseligheden er beregnet som beskrevet i afsnit 4.2.

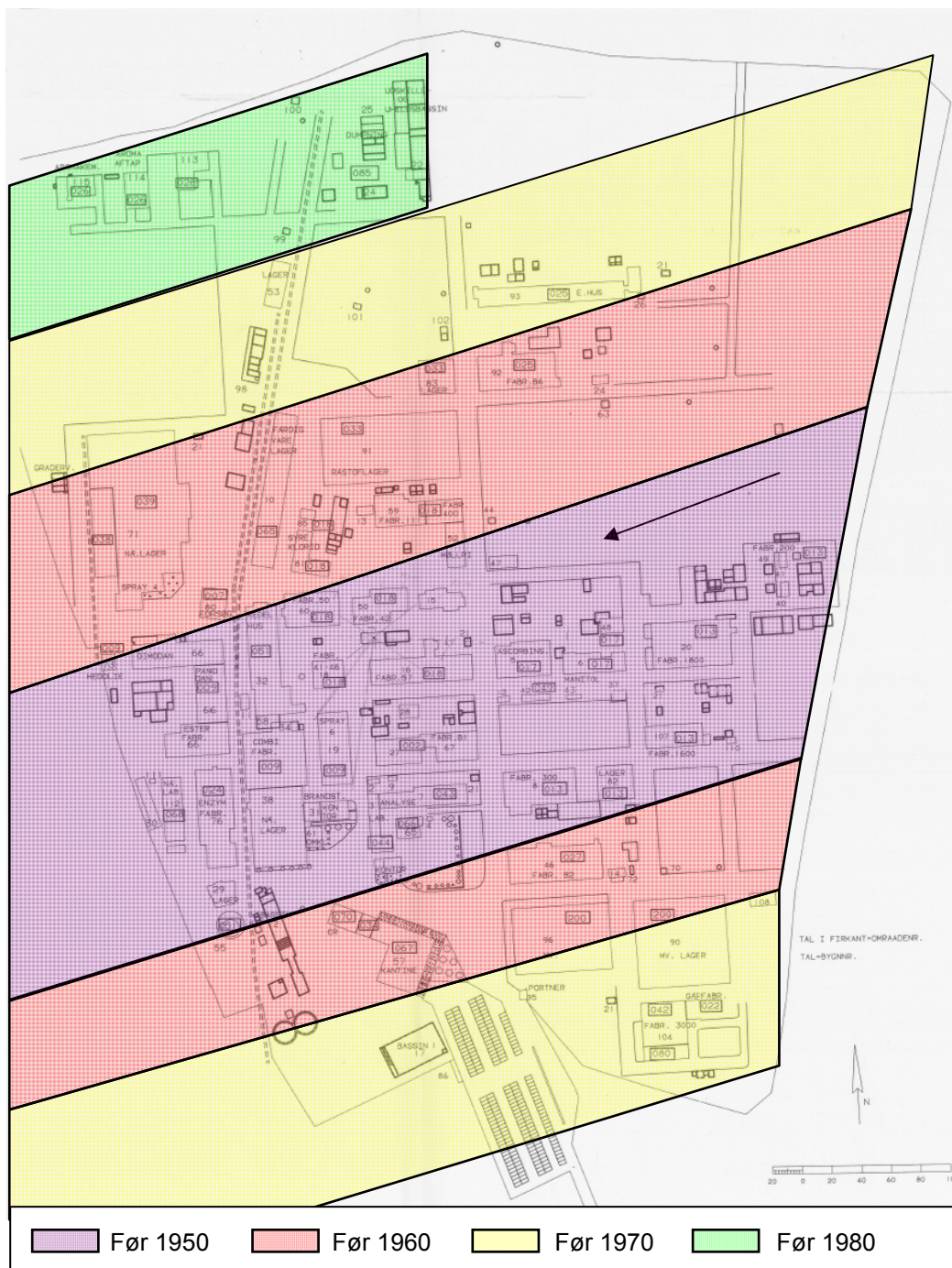
<sup>b</sup>: Afdampningskriterium gælder for syreflygtigt cyanid.

<sup>c</sup>: Antaget gennemsnitsformel: C<sub>10</sub>H<sub>22</sub>.



## 5 OPSAMLING PÅ HISTORISKE OPLYSNINGER

Grontmij | Carl Bro A/S har ved gennemgang af historiske kort over fabrikkens udbygning sammenholdt med grundvandets forventede strømningensretning baseret på /1/ udarbejdet kortet på nedenstående Figur 5.1. Pilen illustrerer grundvandets overordnede strømningensretning.



Figur 5.1: Teoretiske forureningsfaner sammenholdt med fabrikkens udbygning.

Som det fremgår, kan anvendelse af forskellige stoffer før hhv. 1950, 1960 og 1970 med god sandsynlighed relateres til specifikke dele af fanen. I nedenstående Tabel 5.1 er anvendelse af forskellige potentielt problematiske stoffer relateret til tidsperioder baseret på oplysningerne i databasen udarbejdet i forbindelse med /2/ samt oplysninger fra Lars Wiebe og Ninna Knudsen, Danisco, Grindsted.

I forhold til bruttolisten på 54 stoffer fra afsnit 4 er stofferne 1-bromopentan, chlordioxid, diallyltrisulfid, 2-methyl-3-furanthiol, dimethoxymethan, p-tert-butylanisol, cyclopentan, hexachlorcyclohexan, iso-amylacetat, 3-ethoxyprop-1-en, propylethylether, laurinsyrechlorid, methylbutyrat, propen, cyclohexan og methylacetat fjernet, idet oplysninger fra Danisco vedrørende anvendelsen gør det usandsynligt, at disse stoffer er havnet i jord og/eller grundvand.

**Tabel 5.1:** Oplysninger om anvendelse af potentielt problematiske stoffer i specifikke tidsperioder.

Stofnavn	CAS-nr.	Start	Ophørt
1,1,2-trichlorethylen	79-01-6	< 1973	1980
Benzen	71-43-2	< 1949	1980
Vinylchlorid	75-01-4	Nedbrydningsprod.	
Tetrachlorethylen	127-18-4	< 1973	1977
Terpentin	8052-41-3	< 1985	ej ophørt
Anilin	62-53-3	1956	1988
Isobutylbromid	78-77-3	1952	1988
2-bromopentan	107-81-3	1955	1988
2-brombutan	78-76-2	1955	ej ophørt
1,2-cis-dichlorethylen	156-59-2	Nedbrydningsprod.	
Isoamylmalonester	03-08-5398	1948	1970
4-brom-ortho-xylen	583-71-1	1967	1986
3-chlorpropen	107-05-1	1935	ej ophørt
Isoamylætylmalonester	76-72-2	1948	> 1986
Pyridin	110-86-1	< 1959	1985
3-brom-o-xylen	576-23-8	< 1983	1988
Ethylchlorid	75-00-3	1931	> 1995
Toluen	108-88-3	?	ej ophørt
Isopropylbromid	75-26-3	1947	> 1995
Isopropylchlorid	75-29-6	1936	1950
o-xylen	95-47-6	< 1969	1986
Cyanbrite	74-90-8	< 1975	> 1990
Acrylonitril	107-13-1	< 1983	1988
Ethylbromid	74-96-4	1947	> 1995
Methanol	67-56-1	1953	ej ophørt
Dichlormethan	75-09-2	< 1959	1977
Chloroform	67-66-3	< 1948	1977
Diethylether	60-29-7	< 1959	> 1994
1,2-dichlorethan	107-06-2	< 1958	1977
Tetrachlormethan	56-23-5	1960	1977
Ethylformiat	109-94-4	1953	1988
Hexan	110-54-3	< 1978	1995
Methylformiat	107-31-3	< 1985	> 1997
Benzylcyanid	140-29-4	1939	1960
1,1,1-trichlorethan	71-55-6	< 1977	1977
Ethylacetat	141-78-6	< 1983	ej ophørt
Diisopropylether	108-20-3	< 1990	> 1999
Isobutanol	78-83-1	< 1983	1986

Det bemærkes, at de to chlorerede nedbrydningsprodukter vinylchlorid og 1,2-*cis*-dichlorethylen er medtaget i Tabel 5.1. De har ikke i sig selv været anvendt på fabrikken, men er sandsynlige nedbrydningsprodukter af de chlorerede opløsningsmidler trichlorethylen og tetrachlorethylen, som begge har været anvendt på fabrikken i 1970'erne.

Det fremgår af Tabel 5.1, at der i langt de fleste tilfælde er tale om anvendelse frem til efter 1970. I perioden 1970-80 blev fabrikken udbygget til at dække hele det nuværende fabriksområde, og stoffer anvendt frem til 1970-80 kan således teoretisk set have været håndteret på hele arealet.

For tre stoffer (markeret med farve i tabellen) er der oplysninger om start og ophør med brugen, som giver anledning til at stofferne kan udelukkes fra dele af forureningsfanen. Isoamylmalonester (slut 1970) forventes ikke at kunne forekomme i den "grønne" del af fanen, benzylcyanid (slut 1960) forventes ikke at kunne forekomme i den "grønne" eller "gule" del af fanen, og endelig forventes isopropylchlorid (slut 1950) ikke at kunne forekomme i "røde", "gule" eller "grønne" dele af fanen.

Det er således et begrænset antal stoffer, som med stor sandsynlighed kan udelukkes fra dele af den nedstrøms fane ud fra en overordnet historisk gennemgang som den udførte.

## 6 KONKLUSIONER OG FORSLAG TIL FASE 2 AKTIVITETER

De grundvandskemiske undersøgelser viser, at grundvandet i området generelt er kalkaggressivt og med lav pH. Der er ingen væsentlig ionbytning, og grundvandet er generelt oxideret indtil mindst 40 m dybde. Dette peger i retning af et grundvandsmagasin med en dårlig geologisk beskyttelse, hvilket stemmer godt overens med den forventede geologiske opbygning.

Grundvandet umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden er langt fra redoxligevægt, hvilket givetvis skyldes en betydelig organisk forurening. Analysedata for hovedkomponenter indikerer, at ledningsevnen (konduktiviteten) er den mest velegnede uorganiske indikatorparameter på forurening.

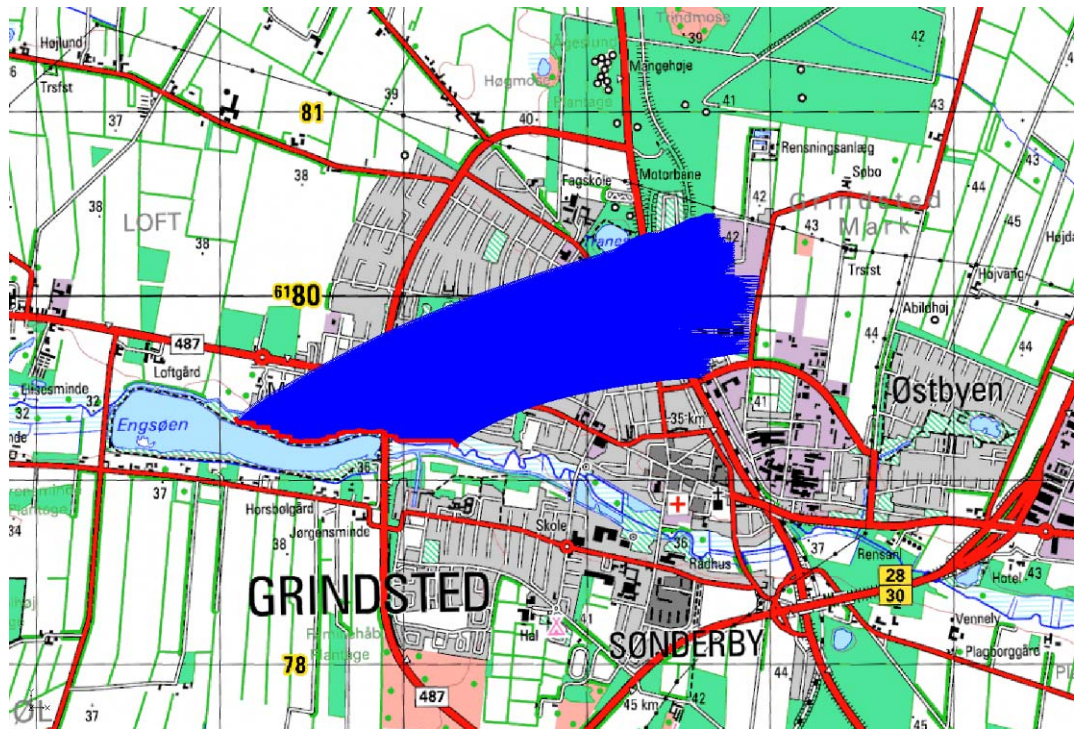
Generelt er der god overensstemmelse imellem simulerede partikelbaner og grundvandskemiske forureningsindikatorer.

Det anbefales at søge forekomsten af butobarbital i det dybeste filter (1) i DGU 114.1430 verificeret, da det umiddelbart virker usandsynligt, at der skulle forekomme medicinostoffer i grundvandet i over 100 m dybde. DGU 114.1998 burde ifølge grundvandsmodellen ikke være påvirket af hverken lossepladsen eller Banegravsdepotet/fabriksgrunden/afløbsgrøften. Denne boring anbefales derfor genanalyseret for sulfonamider.

Efter den udførte gennemgang af flygtige forureningskomponenter anvendt på fabrikken resterer der fortsat 38 flygtige stoffer (Tabel 5.1), som potentielt kan afdampe i problematiske koncentrationer fra jorden.

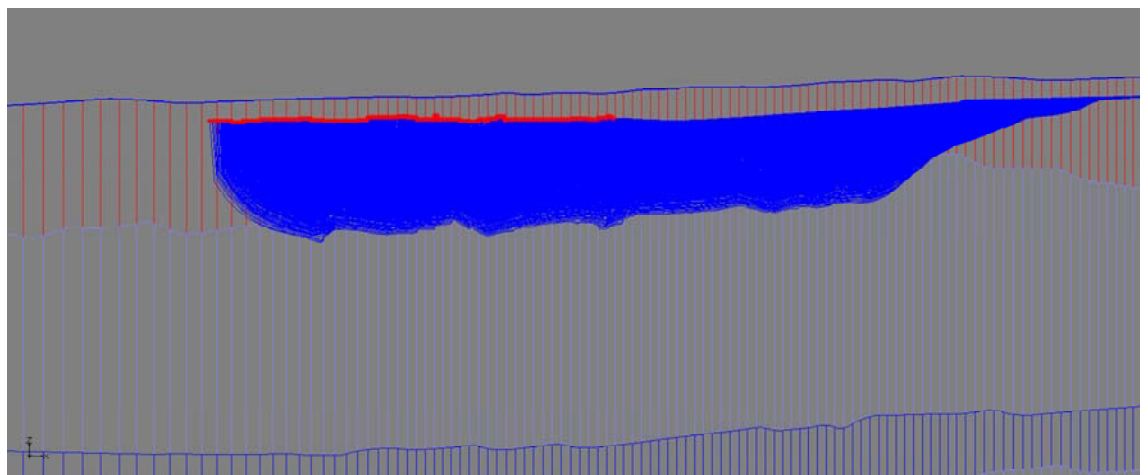
Ved fabriksgrunden ligger grundvandsspejlet 3-5 m u.t., mens det umiddelbart opstrøms for Engsøen ligger nær terræn. De øvre jordlag består i det væsentlige af smeltevandssand, hvilket gør området ideelt til poreluftundersøgelser.

På Figur 6.1 er gengivet simuleret faneudbredelse i det terrænnære grundvand /1/. Som ovenfor nævnt indikerer de kemiske analysedata, at der er god overensstemmelse mellem den konstaterede forurening og den simulerede partikelspredning fra grundvandsmodellen.



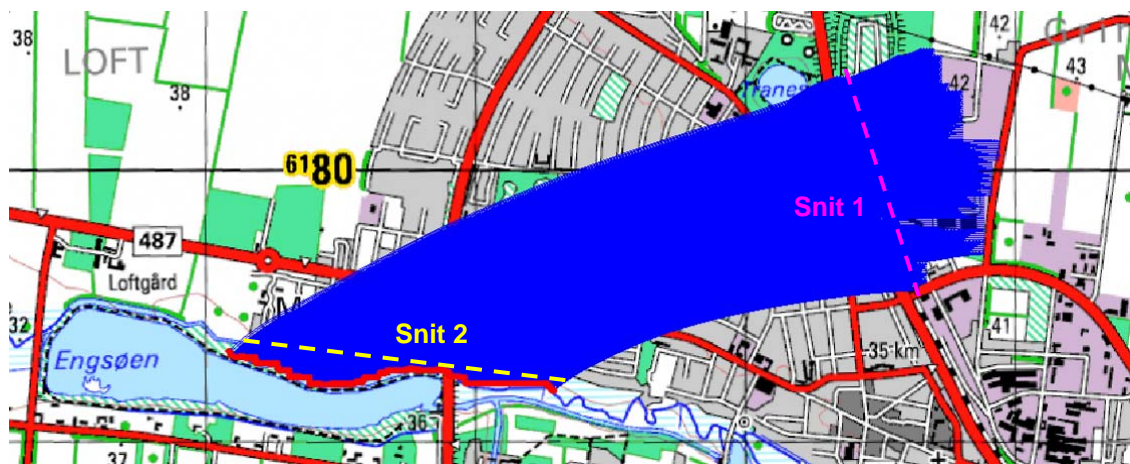
**Figur 6.1:** Simuleret forureningsfane i det terrænnære grundvand /1/.

Umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden har den simulerede forureningsfane en bredde på ca. 850 m, mens bredden ved Eng søen/Grindsted Å er ca. 1250 m. På Figur 6.2 ses resultaterne af partikelbanesimulering fra fabriksgrunden til Eng søen/åen. Det fremgår heraf, at en eventuel forurening af det øvre grundvand vil være mest koncentreret i starten af fanen (umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden) samt umiddelbart opstrøms for Eng søen.



**Figur 6.2:** Tværsnit af forureningsfane i det terrænnære grundvand /1/.

Baseret på den simulerede faneudbredelse anbefaler Grontmij | Carl Bro, at Fase 2 koncentrerer sig om at undersøge forekomst af flygtige komponenter i et tværsnit umiddelbart nedstrøms for fabriksgrunden samt et tværsnit umiddelbart opstrøms for Engsøen (snit 1 og 2 på Figur 6.3)



**Figur 6.3:** Tværsnit hvor Fase 2 undersøgelser anbefales koncentreret.

Eftersom der samlet skal undersøges tværsnit af en længde på omkring 2100 m, vil det af såvel praktiske som økonomiske årsager være nødvendigt at indlede med forholdsvis simple screeningsundersøgelser for på den måde at målrette efterfølgende og mere specifikke undersøgelser.

## 6.1 Fase 2: Indledende undersøgelse

Grontmij | Carl Bro anbefaler, at de indledende undersøgelser i Fase 2 omfatter udtagelse af poreluftprøver for hver 10 m, dvs. i alt omkring 210 prøver. Med henblik på at undgå interferens fra atmosfærisk luft udtages poreluftprøverne mindst 1,5 m u.t., hvilket i praksis betyder, at snit 2 skal ligge i så stor afstand fra Engsøen/åen, at der er minimum 1,5 m fra terræn til den mættede zone.

Koordinater på prøvestederne indmåles, eller prøvestederne markeres, så de kan genfindes ved en senere koordinatsætning og /eller yderligere prøveudtagning. Alternativt kan det vælges at anvende permanente poreluftsonder.

Poreluften analyseres i felten vha. en ppb-RAE med en 10,6 eV lampe. Praktisk erfaring viser, at denne lampe er mest robust til anvendelse under feltforhold. Udslaget på denne ikke-stofspecifikke analyse kan tages som en god indledende indikation på, hvor der med sandsynlighed kan forekomme en problematisk afdampning af organiske forbindelser.

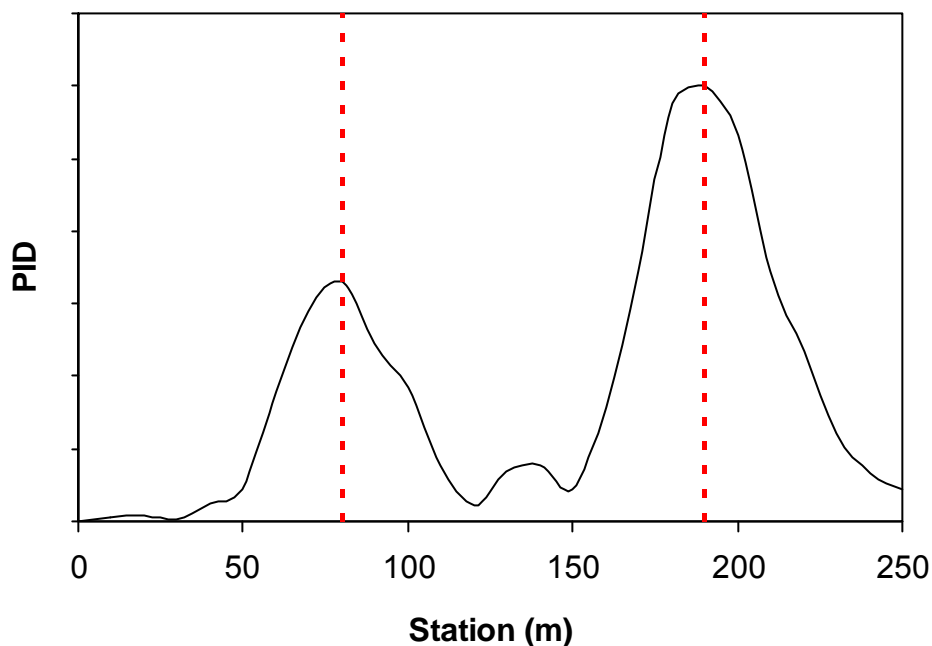
Der foreslås ved samme lejlighed udtaget 1 rilsanpose med poreluft samt 2 ATD-rør til eventuel efterfølgende analyse.

Efter hjemkomst foreslås den udtagne poreluftprøve (Rilsanposen) indledningsvis analyseret med en almindelig PID-måler, som er mindre følsom overfor "støj" end en ppb-RAE. Princippet ved PID-måling er kort fortalt, at de organiske molekyler bombarderes med UV-lys, hvorved ioniserbare stoffer taber elektroner, som opsamles af en anodeopsamler og detekteres. Alle stoffer kan i princippet ioniseres på denne måde, men ioniseringspotentialer varierer meget for forskellige stoffer. Således vil flere stoffer give udslag ved anvendelse af en højenergi lampe (11,7 eV) end en lavenergi lampe (9,8 eV). Ioniseringspotentialer for potentielt problematiske stoffer er samlet i bilag 2.

Grontmij | Carl Bro anbefaler anvendelse af hhv. en 10,6 eV lampe og en 11,7 eV lampe. Såfremt der opnås et betydeligt større udslag med 11,7, er der formentlig tale om en væsentlig andel af halogenerede alkaner. I princippet kan der opnås en yderligere differentiering af stoffer ved yderligere PID-måling med en 9,8 eV lampe. Det er dog yderst begrænset, hvor mange af de mere ualmindelige stoffer der kan udskilles med denne lampe (jf. bilag 2).

Baseret på de målte PID-udslag i hvert enkelt snit udvælges der prøvepunkter til nærmere analyse. Princippet er illustreret på Figur 6.4, hvor udvalgte prøvepunkter på en delstrækning er markeret med rød, stiplede linje.

For hvert udvalgt punkt anbefaler Grontmij | Carl Bro, at det ene af de 2 ATD rør indledningsvis analyseres ved GC-MS-screening. Det andet rør er efterfølgende til rådighed for supplerende analyse for specifikke komponenter, hvis tilstedeværelse er indikeret ved screeningen, men hvor der er behov for mere specifikke oplysninger, end der kan uddrages af screeningen.



**Figur 6.4:** Eksempel på udvælgelse af prøvepunkter til nærmere analyse.

## 6.2 Yderligere undersøgelser

Omfanget af yderligere undersøgelser vil i høj grad være afhængigt af, hvor mange stoffer der identificeres ved de indledende undersøgelser, samt i hvilke koncentrationer. Nedenstående er forslag til yderligere aktiviteter, som kan overvejes, når resultaterne af de indledende undersøgelser foreligger og er vurderet nærmere.

- Større tæthed imellem poreluftmålepunkter på lokaliteter med betydelig forurening. Yderligere specifikke analyser for enkeltkomponenter identificeret ved GC-MS-screening.
- Ved indikationer på mulige indeklimaproblemer kan der udtages en eller flere poreluftprøver under gulv i en bygning, som ligger nedstrøms for et kritisk område. Der kunne eksempelvis være tale om en tom lagerhal, hvis en sådan kan lokaliseres – alternativt et ubeboet hus, hvis muligt. Også sådanne prøver analyseres for identificerede kritiske komponenter.
- Såfremt de indledende undersøgelser indikerer kritiske stoffer, som ud fra de fysisk/kemiske egenskaber kan forventes i væsentligt omfang at søge imod den umættede zone, foreslås der på de mest kritiske lokaliteter langs snit 1 (identificeret ved PID-måling og GC-MS-screening) udført boringer til prøvetagning af grundvand fra forskellige dybder i den terrænnære forureningsfane. Baseret på partikelbanesimuleringerne fra /1/ bør dybdeintervallet fra grundvandsspejlet og til omkring kote +14 dækkes. Boringerne prøvetages og analyseres for flygtige komponenter.

## 7 REFERENCER

- /1/ Region Syddanmark, 2010: Grundvandsmodel for Grindsted By. Grontmij | Carl Bro, marts 2010.
- /2/ Region Syddanmark, 2009: Redegørelse over anvendte kemikalier på Grindstedværket og deres potentielle trussel i forhold til miljøet. Niras, november 2009.
- /3/ Ribe Amt. 2005. Indsamling af supplerende data til monitoringsrapport for Grindsted. Afrapportering af Fase 2, delrapport 1. Ejlskov, 2005-06-15.
- /4/ GEUS. 2009. Kemisk grundvandskortlægning. Geo-vejledning 6.



**BILAG 1: MONITERINGSBORINGER OG -FILTRE**

DGU_NR	BORINGS_NR	Kote Top Filter	Kote Bund filter	Fra Lag	Til Lag	Geologisk Betegnelse
114. 1300	B10	8,1	18,29	2	2	Odderup
114. 1297		6,1	20,85	2	2	Odderup
114. 1294	B4	5,6	21,38	2	2	Odderup
114. 1261		32,5	21,43	1	1	Kvartær
114. 1334	GI	36	22	1	2	Kvartær/Odderup
114. 1334	GI	20,5	10,5	2	2	Odderup
114. 1335	GII	36,3	14,3	1	2	Kvartær/Odderup
114. 1335	GII	12	2	2	2	Odderup
114. 1336	GIII	38	35	1	1	Kvartær
114. 1336	GIII	33	11	1	2	Kvartær/Odderup
114. 1424	GIV	-27,9	-32,9	3	3	Arnum (Ø)
114. 1448	GIX	-27	-29	2	2	Odderup
114. 1384	GLU I	-32,8	-33,8	2	2	Odderup
114. 1384	GLU I	-18,8	-19,8	2	2	Odderup
114. 1384	GLU I	14,2	13,2	2	2	Odderup
114. 1384	GLU I	20,2	2,2	2	2	Odderup
114. 1453	GLU II	33,2	32,2	1	1	Kvartær
114. 1453	GLU II	-3,3	-4,3	2	2	Odderup
114. 1453	GLU II	9,2	8,2	2	2	Odderup
114. 1453	GLU II	12,7	11,7	2	2	Odderup
114. 1453	GLU II	18,7	17,7	2	2	Odderup
114. 1453	GLU II	27,7	26,7	2	2	Odderup
114. 1455	GLU III	31,9	30,9	1	1	Kvartær
114. 1455	GLU III	36,4	35,4	1	1	Kvartær
114. 1455	GLU III	1,9	0,9	2	2	Odderup
114. 1455	GLU III	13,9	12,9	2	2	Odderup
114. 1455	GLU III	23,9	22,9	2	2	Odderup
114. 1455	GLU III	28,4	27,4	2	2	Odderup
114. 1454	GLU IV	24	23	1	1	Kvartær
114. 1454	GLU IV	29	28	1	1	Kvartær
114. 1454	GLU IV	32	31	1	1	Kvartær
114. 1454	GLU IV	36	35	1	1	Kvartær
114. 1454	GLU IV	13,5	12,5	2	2	Odderup
114. 1454	GLU IV	18	17	2	2	Odderup
114. 1425	GV	-14,8	-21,8	2	2	Odderup
114. 1426	GVI	-19,5	-21,5	2	2	Odderup
114. 1430	GVII	-59,9	-74,9	6	6	Bastrup
114. 1447	GVIII	-28	-29	2	3	Odderup/Arnum(Ø)
114. 1495	GX	22,5	21,5	1	1	Kvartær
114. 1495	GX	32,5	31,5	1	1	Kvartær
114. 1495	GX	37,5	37,5	1	1	Kvartær
114. 1495	GX	-26,5	-27,5	2	2	Odderup
114. 1495	GX	-16	-17	2	2	Odderup
114. 1495	GX	-10,5	-11,5	2	2	Odderup
114. 1495	GX	-4,5	-5,5	2	2	Odderup
114. 1495	GX	16,5	15,5	2	2	Odderup
114. 1999	H1	35,03	33,03	1	1	Kvartær
114. 1989	H10	35,31	33,31	1	1	Kvartær
114. 1988	H11	35,11	33,11	1	1	Kvartær
114. 1984	H12	34,43	32,43	1	1	Kvartær
114. 1987	H2	33,27	31,27	1	1	Kvartær
114. 1994	H3	30,85	28,85	1	1	Kvartær
114. 1986	H4	34,19	32,19	1	1	Kvartær
114. 2000	H5	32,87	30,87	1	1	Kvartær
114. 1985	H6	33,77	31,77	1	1	Kvartær
114. 1998	H7	33,53	31,53	1	1	Kvartær
114. 1997	H8	31,07	29,07	1	1	Kvartær
114. 1996	H9	32,97	30,97	1	1	Kvartær
114. 1390	P7	35,1	34,1	1	1	Kvartær
114. 1990	PB1	32,38	31,38	1	1	Kvartær
114. 1991	PB2	32,31	31,31	1	1	Kvartær
114. 1993	PB3	32,74	31,74	1	1	Kvartær
114. 1992	PB4	32,37	31,37	1	1	Kvartær
114. 1995	PB6	28,98	26,98	1	1	Kvartær
114. 2038		-33,2	-36,2	3	3	Arnum (Ø)
114. 2038		-79,2	-85,2	6	6	Bastrup
114. 2038		-62,2	-72,2	6	6	Bastrup
114. 2038		-139,2	-145,2	8	9	Billund/Vejle Fjord
114. 1424		36,1	26,1	1	1	Kvartær
114. 1425		34,2	32,2	1	1	Kvartær
114. 1426		22,5	20,5	1	1	Kvartær
114. 1426		35,5	33,5	1	1	Kvartær

DGU_NR	BORINGS_NR	Kote Top Filter	Kote Bund filter	Fra Lag	Til Lag	Geologisk Betegnelse
114. 1447		26	22,5	1	1	Kvartær
114. 1448		28	27	1	1	Kvartær
114. 1493		37,9	36,7	1	1	Kvartær
114. 1849		32,9	30,9	1	1	Kvartær
114. 1853		33,8	32,3	1	1	Kvartær
114. 1984		34,4	32,4	1	1	Kvartær
114. 2038		26,8	23,8	1	1	Kvartær
114. 1618		43,63	41,63	1	1	Kvartær
114. 1442		27	26,5	1	1	Kvartær
114. 1443		35,85	35,35	1	1	Kvartær
114. 1444		39	38,5	1	1	Kvartær
114. 1425		36,2	-7,8	1	2	Kvartær/Odderup
114. 1426		36,5	-3,5	1	2	Kvartær/Odderup
114. 1424		-12,9	-17,9	2	2	Odderup
114. 1424		-0,9	-5,9	2	2	Odderup
114. 1424		17,1	7,1	2	2	Odderup
114. 1425		-3,8	-5,8	2	2	Odderup
114. 1425		8,2	6,2	2	2	Odderup
114. 1425		22,2	20,2	2	2	Odderup
114. 1426		-7,5	-9,5	2	2	Odderup
114. 1426		-1,5	-3,5	2	2	Odderup
114. 1426		10,5	8,5	2	2	Odderup
114. 1430		-17,9	-21,9	2	2	Odderup
114. 1430		-5,9	-9,9	2	2	Odderup
114. 1430		3,1	-0,9	2	2	Odderup
114. 1430		24,1	20,1	2	2	Odderup
114. 1447		-12,5	-13,5	2	2	Odderup
114. 1447		-1	-2	2	2	Odderup
114. 1448		-22	-23	2	2	Odderup
114. 1448		-14	-15	2	2	Odderup
114. 1448		3	2	2	2	Odderup
114. 1448		15	14	2	2	Odderup
114. 2038		-15,2	-18,2	2	2	Odderup
114. 1618		-3,87	-4,87	2	2	Odderup
114. 1618		11,13	10,13	2	2	Odderup

**BILAG 2: IONISERINGSPOTENTIALER FOR POTENTIELLE PROBLEMSTOFFER**

Stofnavn	CAS-nr.	Ioniseringspotentiale	9,8 eV	10,6 eV	11,7 eV
1,1,2-trichlorethylen	79-01-6	9,5	JA	JA	JA
Benzen	71-43-2	9,3	JA	JA	JA
Vinylchlorid	75-01-4	10	NEJ	JA	JA
Tetrachlorethylen	127-18-4	9,3	JA	JA	JA
Terpentin*	8052-41-3		?	JA	JA
Anilin	62-53-3	7,7	JA	JA	JA
Isobutylbromid	78-77-3	10,09	NEJ	JA	JA
2-bromopentan	107-81-3	10	NEJ	JA	JA
2-bromobutan	78-76-2	9,98	NEJ	JA	JA
1,2-cis-dichlorethylen	156-59-2	9,65	JA	JA	JA
Isoamylmalonester	03-08-5398		?	?	?
4-brom-ortho-xylen	583-71-1		?	?	?
3-chlorpropen	107-05-1	10,2	NEJ	JA	JA
Isoamylætylmalonester	76-72-2		?	?	?
Pyridin	110-86-1	9,32	JA	JA	JA
3-brom-o-xylen	576-23-8		?	?	?
Ethylchlorid**	75-00-3	10,98	NEJ	JA	JA
Toluen	108-88-3	8,82	JA	JA	JA
Isopropylbromid	75-26-3	10,08	NEJ	JA	JA
Isopropylchlorid**	75-29-6	10,78	NEJ	JA	JA
o-xylen	95-47-6	8,6	JA	JA	JA
Cyanbrite	74-90-8	13,91	NEJ	NEJ	NEJ
Acrylonitril	107-13-1	10,9	NEJ	NEJ	JA
Ethylbromid	74-96-4	10,29	NEJ	JA	JA
Methanol**	67-56-1	10,9	NEJ	JA	JA
Dichlormethan**	75-09-2	11,4	NEJ	JA	JA
Chloroform**	67-66-3	11,4	NEJ	JA	JA
Diethylether	60-29-7	9,5	JA	JA	JA
1,2-dichlorethan**	107-06-2	11	NEJ	JA	JA
Tetrachlormethan**	56-23-5	11,5	NEJ	JA	JA
Ethylformiat	109-94-4	10,61	NEJ	NEJ	JA
Hexan	110-54-3	10,2	NEJ	JA	JA
Methylformiat	107-31-3	10,81	NEJ	NEJ	JA
Benzylcyanid	140-29-4		?	?	?
1,1,1-trichlorethan**	71-55-6	11,3	NEJ	JA	JA
Ethylacetat	141-78-6	10,1	NEJ	JA	JA
Diisopropylether	108-20-3	9,2	JA	JA	JA
Isobutanol	78-83-1	10,47	NEJ	JA	JA

\* Praktisk erfaring viser, at terpentin kan detekteres ved 11,7 og 10,6 eV.

\*\* Praktisk erfaring viser en vis grad af udslag ved 10,6 eV pga. følgeprodukter.