Krüger A/S
Division Danmark
Åboulevarden 52
DK-8700 Horsens
Danmark

Telefon: +45 75 61 26 11
Telefax: +45 75 61 54 60

Suppl. forureningsundersøgelse og afværge skitseforslag, Horsens Gasværk

Gasvej 21, 8700 Horsens

Rekvireret af:	Vejle Amt
Udarbejdet af:	Ole Stubdrup
Kontrolleret af:	Søren Dyreborg
Godkendt af:	Jacob Illeris
Ordrenr.:	3022-975028

Marts 1999

Indhold:

1. UNDERSØGELSENS BAGGRUND OG FORMÅL 3

2. RESUMÉ 5
2.1 Forureningsundersøgelse 5
2.2 Indeklimapåvirkning 5
2.3 Afværgeskitseforslag 5
2.4 Anbefalinger 6

3. FORURENINGSUNDERSØGELSE 7
3.1 Omfang og strategi 7
3.2 Vandprøver og -analyser 8
3.3 Poreluftsmåling 8

4. RESULTATER 10
4.1 Geologi og hydrologi 10
4.2 Feltobservationer 10
4.3 Vandprøver 10
4.4 Resultat - poreluftmåling 12

5. VURDERING AF RESULTATER 13
5.1 Grundvand 13
5.2 Poreluft 14

6. METODER TIL BEHANDLING AF FORURENET GRUNDVAND 15
6.1 In-situ behandling 15
6.1.1 Principper for air-sparging teknikken 15
6.1.2 Princippet for In-well stripning teknikken 16
6.2 On-site behandling 18
6.2.1 Brug af aktiv kul 19
6.2.2 Behandling af forurenet grundvand i fluid bed 19
6.2.3 Behandling af forurenet grundvand i eksisterende beholder 20
6.3 Ingen behandling, afledning til kloak 22

7. SKITSEFORSLAG TIL AFVÆRGEFORANSTALTNINGER 23
7.1 In-situ behandling 23
7.1.1 In-well stripping system 23
7.2 On-site behandling 25
7.2.1 Brug af aktiv kul 27
7.2.2 Behandling af forurenet grundvand i fluid bed 28

7.2.3 Behandling af forurenet grundvand i eksisterende beholder 29

8. RESUMÉ AF DE ØKONOMISKE OVERSLAG 30

9. ANBEFALINGER 31

Referencer

Figurer:

1. Placering af boringer og poreluftsmåling
2. Afgrænsning af forurening
3. Princip skitse af et Air-sparging anlæg
4. Princip skitse af et in-well stripping anlæg
5. Princip skitse af et fluid bed anlæg
6. Placering af in-well boringer (IW1-6).
7. Placering af boringer (OS1-OS5) til afværgepumpning med efterfølgende On-site behandling
8. Nutidsværdiberegning på tre løsningsforslag med en rente på 4%.

Bilag:

1. Borejournaler
2. Metodebeskrivelse (prøvetagning)
3 Analyserapporter (vand)
4. Analyserapport (poreluft)
5. Brugen af ozon i et in-well stripping system

1. UNDERSØGELSENS BAGGRUND OG FORMÅL

Ved tidligere undersøgelser på Horsens Gasværk er der konstateret høje koncentration af phenoler i grundvandet på den sydvestlige del af gasværksgrunden. En boring (B208) udført i 1998 nord for dette område viste de højeste koncentrationer af phenoler, der var blevet observeret i sandlaget på Horsens Gasværksgrund. Det blev derfor vurderet, at kilden til forureningen med stor sandsynlighed stammer fra en kilde opstrøms B208.

I forbindelse med et afværgeprojekt, der blev udført i efteråret 1995 med det formål at fjerne de primære forureningskilder, kunne jorden under lagerbygningen (se figur 1) nord for B208 af tekniske/økonomiske årsager ikke bortgraves. Ved gravearbejdet kunne det på daværende tidspunkt konstateres, at området syd for procesområdet (tjæretankene) var særdeles forurenet med tjære. På baggrund af feltobservationerne blev det ligeledes konstateret, at der var efterladt en væsentlig restforurening under lagerbygningen /1/.

I forbindelse med en evt. afværgeforanstaltning på grundvandet er det vigtigt at få lokalisere og evt. fjerne kilden til det høje indhold af phenoler i grundvandet, idet afværgen ellers skulle fortsætte i mange år. De supplerende undersøgelser har derfor til formål at lokalisere kilden, og de tager udgangspunkt i, at kilden til forureningen med phenoler er under den tidligere lagerbygning.

I tidligere risikovurderinger (/2/,/3/) blev det vurderet, at forureningen ville udgøre en risiko for nærmiljøet i Horsens Havn pga. den kraftige forurening af phenoler, der er observeret i grundvandet under Horsens Gasværksgrund.

Med baggrund i ønsket om at reducere forureningspåvirkningen på Horsens Havn, ønsker Vejle Amt nogle afværgeforslag til, hvorledes dette kan gøres.

Vejle Amt har derfor anmodet Krüger A/S om at udføre:

- en supplerende undersøgelse af grundvandsforureningen på Gasvej 21, 8700 Horsens (Horsens Gasværksgrund)
- en nærmere vurdering af påvirkningen af indeklimaet i bygningerne på havnefronten, og
- skitseforslag af udvalgte afværgeløsninger.

Formålet med skitseforslagene er at opstille alternative afværgeteknikker, hvormed udstrømningen af phenoler fra gasværksgrunde kan reduceres væsentligt. For hver afværgeløsning opstilles et estimeret budgetoverslag.

For baggrundsoplysninger henvises til rapporterne:

- Horsens Gasværk, tilsynsrapport i forbindelse med udskiftning af forurenet jord, februar 1996 /1/.
- Horsens Gasværksgrund - Forureningsundersøgelse, februar 1998 /2/.
- Supplerende forureningsundersøgelse, Horsens Gasværk, december 1998 /3/.

2. RESUMÉ

2.1 Forureningsundersøgelse

Den supplerende undersøgelse viste, at kilden til den meget kraftige forurening af phenoler i grundvandet under Horsens Gasværksgrund ikke som antaget skulle lokaliseres under lagerbygningen. Koncentrationerne i tre boringer umiddelbart nedstrøms lagerbygningen lå alle væsentlig under de koncentrationer, som tidligere er observeret i boring B208. Det blev vurderet, at kilden til den kraftige forurening sandsynligvis skulle findes i området nord for B208.

Der blev udtaget en vandprøve fra morænelerslaget (boring 32D), hvor der tidligere var observeret høje koncentrationer af phenoler. De tidligere resultater blev verificeret i den nye vandprøve, hvor der blev observeret 310 mg/l phenol, 226 mg/l cresoler samt 55,9 mg/l xylenoler.

2.2 Indeklimapåvirkning

Der blev udtaget en poreluftprøve under Møllers Skibsagentur Aps. Indholdet af forureningskomponenter under gulvet var ikke over Miljøstyrelsens afdampningskriterie for de analyserede stoffer med undtagelse af benzen, hvor kriteriet var overskredet ca. 50 gange. Det vurderes, at gulvet i bygningen sandsynligvis giver en tilstrækkelig sikkerhed for, at der ikke vil opstå indeklimaproblemer i bygningen.

2.3 Afværgeskitseforslag

Seks forskellige afværgeløsninger blev præsenteret og kommenteret. Det drejede sig om to in-situ metoder (air-sparging og in-well stripping), og fire forskellige metoder til on-site behandling (direkte udledning til kloak, behandling med aktiv kul, behandling i fluid bed samt behandling i eksisterende beholder).

Tre løsningsforslag blev anset for at være realistiske, hvorved der blev udført nogle grove skitseforslag med tilhørende budgetoverslag. Overslagsberegningerne viste, at i anlægsomkostninger var behandling med aktiv kul den billigste metode (450.000,-) med in-well stripping som den næst billigste (670.000,-). Ved en nutidsværdiberegning blev det vist, at in-well stripping metoden af økonomiske årsager klart var at foretrække fremfor aktiv kul metoden, idet aktiv kul metoden har nogle meget høje driftsomkostninger (570.000,-/år). In-well stripping metoden har desuden den fordel, at den også behandler forurening i den umættet zone.

2.4 Anbefalinger

Det anbefales, at

- Der foretages en endelig lokalisering af forureningskilden af phenoler i området nord/nordøst for boring B208 med henblik på fjernelse af denne
- Der udføres nogle supplerende undersøgelser på boring 32D for at få klarlagt, om der sker en vertikal transport mellem sandmagasinet og morænelaget. Dette ville kunne ske fx ved en simpel pumpetest.
- Der foretages en in-situ test med ozon-indblæsning i området omkring boring B208 for at klarlægge effekten af in-well stripping.

3. FORURENINGSUNDERSØGELSE

3.1 Omfang og strategi

Den supplerende undersøgelse omfatter følgende:

- Etablering af 6 stk. filtersatte boringer (B313– B318)
- Udtagning af vandprøver fra boringerne B313 – B318 og 32D.
- Analyse af vandprøverne for indhold af phenolerne: phenol, cresoler og xylenoler.
- Måling af BTEX indholdet i poreluften under bygning på havnefronten.

Boringerne B313, B314 og B315 er placeret med henblik på at vurdere forureningsfanens udbredelse umiddelbar nedstrøms den formodede forureningskilde under lagerbygningen. Desuden forventes indholdet af phenoler i B315 at indikere kildestyrken af forureningskilden. Boringernes placering fremgår af figur 1.

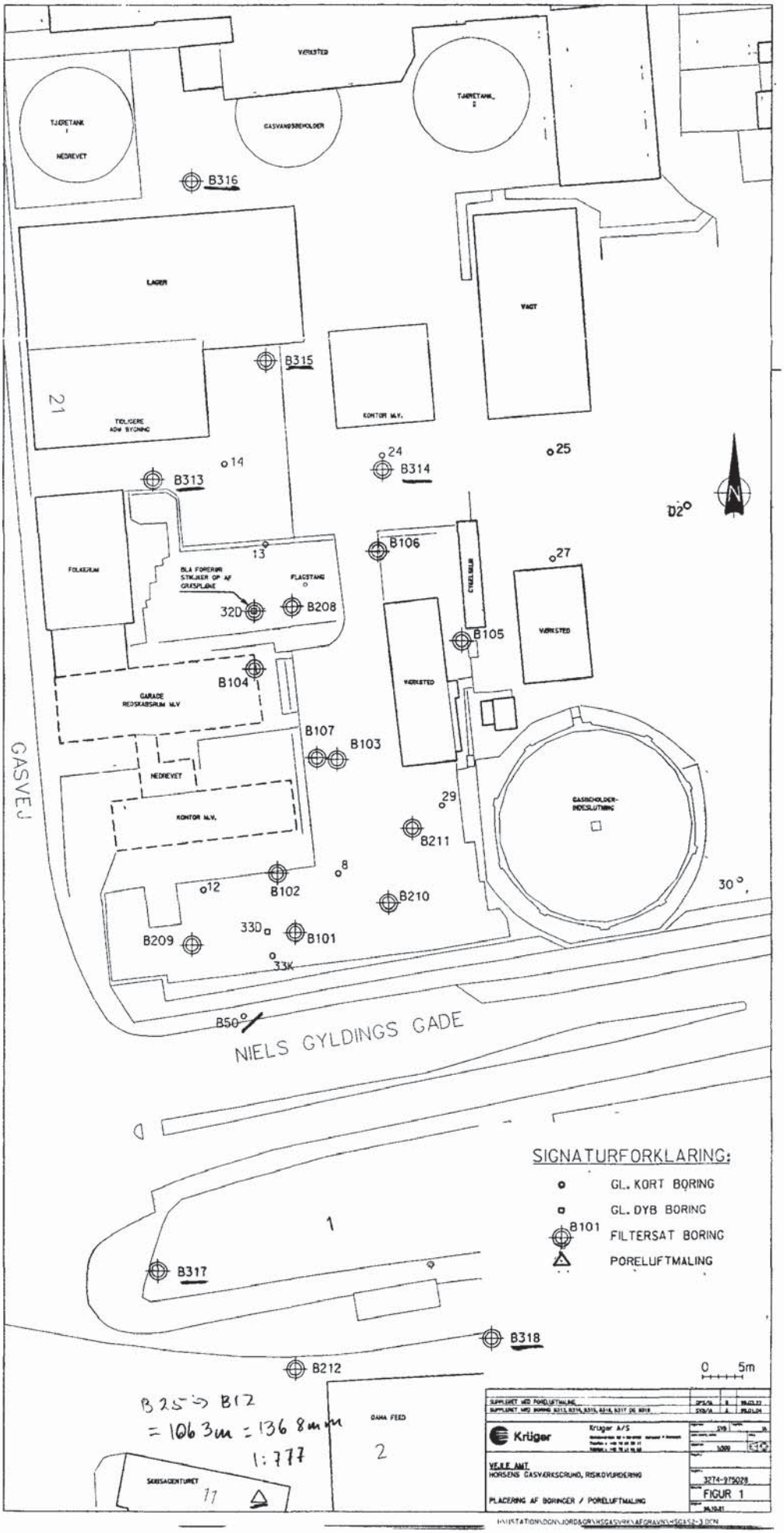
B316 er placeret opstrøms den formodede forureningskilde med henblik på at fastlægge baggrundskoncentrationen af phenoler i grundvandet opstrøms kilden.

B317 og B318 er placeret på havnefronten med henblik på en forbedret afgrænsning af forureningsfanen ved udløbet til havnebassinet.

Boringerne har alle 2 m filter med bunden af filtrene i toppen af morænelere /3/. Boreprofilerne er vedlagt i bilag 1.

De nye boringer er udført med 10" hulsnegl og udbygget med Ø63 mm PEH rør.

Tabel 1 giver en oversigt over boringsdybder og filterintervaller for boringer inklusiv nogle af de nye boringer, der er udført under tidligere undersøgelser.


VÆRKSTED
TJÆRETANK 1
NEDREVET
GASVANDSBEHOLDER
TJÆRETANK 2
B316
LAGER
VAGT
B315
21
TIDLIGERE ADM BYGNING
KONTOR M.V.
14
24
B314
25
B313
D2
N
B106
13
27
FOLKERUM
BLA FORERØR STIKJER OP AF GRÆSPLÆNE
FLAGSTANG
32D
B208
B105
VÆRKSTED
B104
GARAGE REDSKABSRUM M.V
VÆRKSTED
B107
B103
GASVEJ
NEDREVET
KONTOR M.V.
29
GASBEHOLDER-INDESLUTNING
B211
8
12
B102
B210
30
33D
B101
B209
33K
B50
NIELS GYLDINGS GADE
SIGNATURFORKLARING:
GL. KORT BORING
GL. DYB BORING
B101
FILTERSAT BORING
PORELUFTMALING
1
B317
B318
B212
0 5m
B25 ⇒ B12
= 106.3m = 136.8mm
1:777
DANA FEED
2
SKIBSAGENTURET
11
Krüger
Krüger A/S
VEJLE AMT
HORSENS GASVÆRKSGRUND, RISIKOVURDERING
PLACERING AF BORINGER / PORELUFTMALING
3274-975028
FIGUR 1

Tabel 1. Boringsdybder og filterintervaller

Boring	Boringsdybde (m.u.t.)[1]	Filterinterval (m.u.t.)[1]
B101	8,8	0,5 – 8,5
B102	6,0	1,5 – 6,0
B103	7,5	5,0 – 7,5
B104	6,0	1,0 – 6,0
B105	4,0	1,8 – 4,8
B106	4,0	1,0 – 3,5
B107	4,0	2,0 – 4,0
B208	6,5	4,5 – 6,5
B209	7,5	6,5 – 7,5
B210	6,2	5,2 – 6,2
B211	7,1	6,1 – 7,1
B212	8,0	1,0 – 7,5
B313	6,5	4,2 – 6,2
B314	6,0	3,5 – 5,5
B315	5,5	4,0 – 6,0
B316	6,0	3,5 – 5,5
B317	7,0	5,0 – 7,0
B318	7,3	5,0 – 7,0
32D[2]	15,0	10,6 – 13,6
33K[2]	5,0	4,0-5,0

[1]:m.u.t. = meter under terræn; [2]: Boring 32D er udført i september 1989 /4/.

3.2 Vandprøver og -analyser

Vandprøverne er udtaget af Krüger d. 5.1.99. Proceduren for prøvetagningen er beskrevet i bilag 2.

Der er udført analyse for indhold af phenol, cresoler og xylenoler i vandprøver fra de nye boringer B313 – B318 samt boring 32D. Analyserne er foretaget af levnedsmiddelkontrollen i Esbjerg. Analyseresultaterne fremgår af tabel 2, og analyserapporterne er vedlagt som bilag 3.

Formålet med vandprøverne fra boringerne B313 – B318 er beskrevet i afsnit 3.1. Vandprøven fra boring 32D er udtaget med henblik på at verificere et analyseresultat, som viste et indehold af phenol i grundvandet på 220 mg/l /4/.

3.3 Poreluftsmåling

Tidligere udført risikoberegninger baseret på en udtaget vandprøve viste, at der var risiko for en uacceptabel forureningspåvirkning med benzen af indeklimaet i bygningerne på havnefronten /3/. På den baggrund blev det besluttet at udtage en poreluftprøve under gulvet i "Møllers Skibsagentur Aps" (bygningen vest for Dana Feed) for derved at måle det reelle indhold af benzen i poreluften.

Målepunktet er placeret i et depotrum, og prøven er udtaget ca. 0,5 m. u. gulv. Gulvet er opbygget af: linoleum, 15 cm beton, ca. 10 cm hulrum og nederst et ca. 5 cm klaplag af beton. Målepunktets placering fremgår af figur 1.

Prøven blev udtaget i perioden 26.1.99 (kl. 9:40) til 27.1.99 (kl.9:10). Det samlede volumen af poreluftprøven er 300 l. Prøven (M1 rør A) er analyseret af Steins Laboratorium for indhold af totalkulbrinter og enkeltkomponenterne BTEX. Analyserapporten er vedlagt som bilag 4.

4. RESULTATER

4.1 Geologi og hydrologi

Det sammenhængende lag af moræneler, som findes under hele området /3/, hælder i sydlig retning, hvilket medfører, at laget findes ca. 4,5 m.u.t. i den nordlige boring B316 og ca. 7 m.u.t. i den sydlige boring B212.

Ved tidligere undersøgelser er strømningsretningen bestemt til at være i sydlig retning (/2/,/3/).

Pejlinger fra d. 8.2.99 udført i boring 32D og B208 viser, at grundvandet står henholdsvis 1,19 m.u.t. og 1,18 m.u.t. Heraf fremgår det, at der sandsynligvis ikke er en væsentlig vertikal grundvandsstrømning imellem moræneleret og det "nedre sandlag" (sandlaget lige over moræneleret).

4.2 Feltobservationer

Under borearbejdet blev der generelt konstateret olie/tjære lugt fra alle boringerne. Boring B313 og B316 blev visuelt bedømt til at være svag forurenet, og boring B315 og B314 blev vurderet til at være meget kraftigt forurenet.

4.3 Vandprøver

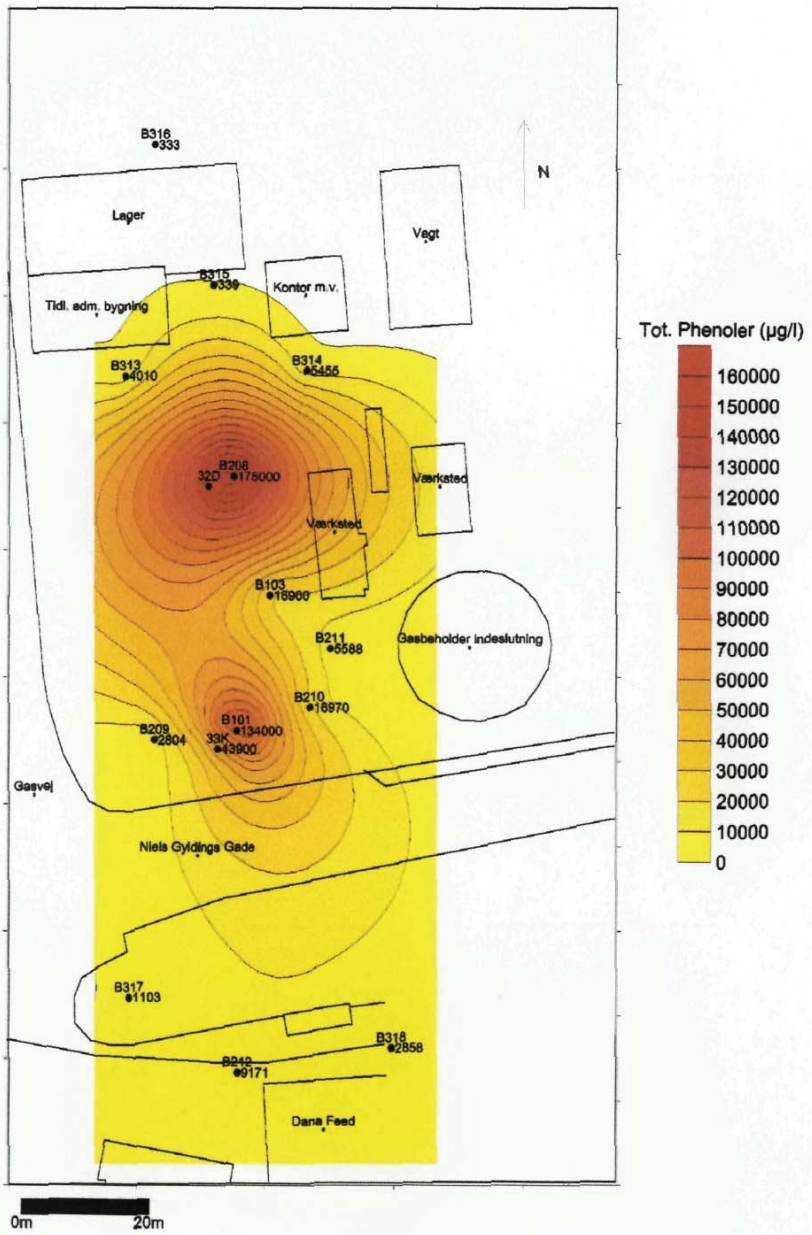
Resultaterne af de udførte vandanalyser er vist i tabel 2.

Tabel 2. Analyseresultater – grundvandsprøver

Komponent	Boring / Enhed	32D	B313	B314	B315	B316	B317	B318
Phenol	µg/l	310 000	580	1.700	4,8	8,5	10	2,5
Cresoler	µg/l	226.000	1.240	2.080	7,2	62,9	60	875
Xylenoler	µg/l	55.900	2.190	1.675	327,1	262,0	1 033	1.980
Sum af phenoler	µg/l	591 900	4 010	5.455	339,1	333,4	1.103	2.857

Af tabel 2 fremgår det, at der er phenol, cresoler og xylenoler i alle vandprøver i koncentrationsniveauer over Miljøstyrelsens grundvandskvalitetskriteriet på 0,5 µg/l /5/.

Det markant største indhold af phenoler er konstateret i boring 32D, som er filtersat i morænelerslaget. Boringerne henholdsvis nord (B316) og syd (B315) for lagerbygningen viser kun et relativt lille indhold af phenoler med en svag tendens til at aftage med øget afstand til boring 32D.



Figur 2. Konturkort over udbredelsen af total phenoler (µg/l) på Horsens Gasværk.

Figur 2 viser et konturplot over udbredelsen af phenoler (summen) i grundvandet fra det "nedre sandlag". Røde felter angiver de højeste koncentrationer med gradvis aftagende koncentrationer imod gule felter. Analyseværdierne benyttet til konturering er angivet ved hver boring (markeret ved en sort prik). På figuren er medtaget analyseresultater fra undersøgelser udført i 1998 /3/.

4.4 Resultat - poreluftmåling

Resultatet af poreluftanalysen fremgår af tabel 3.

Tabel 3. Analyseresultat – poreluftprøve

	Enhed	Indhold	Afdampningskriterie[1]
Total kulbrinter	$\mu g/m^3$	96	100
Benzen	$\mu g/m^3$	5,9	0,125
Toluen	$\mu g/m^3$	5,8	400
Ethylbenzen	$\mu g/m^3$	0,84	-
Xylener	$\mu g/m^3$	2,2	100

[1]: Fra /5/.

Som det fremgår, er det kun indholdet af benzen, som overskrider Miljøstyrelsens afdampningskriterie med en faktor ca. 50.

5. VURDERING AF RESULTATER

5.1 Grundvand

Med de nye resultater er forureningsfanen afgrænset i nordlige retning. Desuden er der en forbedret afgrænsning imod øst og vest.

Det vurderes, at forureningskilden ikke, som oprindelig antaget, findes under lagerbygningen, da indholdet af phenoler i grundvandet fra boring B316 og B315, henholdsvis nord og syd for lagerbygningen, er på samme niveau. Hot spot og dermed kilden til forureningen vurderes umiddelbart ud fra figur 2 at være lokaliseret i området omkring boring B208. Af tidligere kortmateriale fra 1915 fremgår det imidlertid, at dette område har været have til gasværkets direktørbolig /4/. Det vurderes derfor, at kilden til den kraftige forurening sandsynligvis ligger længere nord for boring B208. Samtidig er der fundet forhøjet koncentrationer i boring 314, hvilket kan tyde på, at forureningskilden måske skal findes i nordøstlig retning for boring B208. Dette understøttes af, at boring B314 og B315 under borearbejdet blev karakteriseret som værende kraftigt forurenet.

Koncentrationen af phenol (310 mg/l) i 32D påvist ved denne analyserunde bekræfter den høje koncentration (220 mg/l), som blev konstateret tidligere /4/. Koncentrationerne for phenolerne er ca. 4 gange de koncentrationer, der tidligere er observeret i boring B208 /3/. De meget høje koncentrationer i boring 32D kunne tyde på, at der var en vertikal spredning af forureningen, således at den er udbredt i et lag fra toppen af den nederste sandlag ca. 5 m.u.t. til mindst 14 m.u.t. Årsagen kan være en for dårlig boringsopbygning under udførelsen af boring 32D, således at der kan ske en vertikal strømning i gruskastningen bl.a. under prøvetagningen. Boreprofilet viser, at der en bentonitprop på under 1 m, sat 1 m over filterstrækningen /4/.

En anden årsag til de høje koncentrationer, der er observeret i Boring 32D kan være, at boringeren er filtersat bl.a. over et 60 cm morænesandlag i moræneleret, og vandet der strømmer i dette lag er kraftigt forurenet.

Forureningsfanen ser visuelt ud til at stoppe opstrøms for "Dana Feed" bygningen (figur 2), hvilket er en konsekvens af størrelsen af det mindste kontur interval (0 – 10.000 µg/l). Ud fra indholdet af phenoler i de tre sydlige boringer på havnefronten fremgår det, at forureningsfanen fortsætter i sydlig retning ind under "Dana Feed".

Den kraftige forurening med phenoler vurderes at have en lateral udbredelse i sandlaget på ca. 20 m i øst-vestlig i området omkring B208 syd for lagerbygningen stigende til 30-40 m ved boring B101. Den nord-sydlige udbredelse vurderes at strække sig fra lagerbygningen i nord til havnebassinet i syd.

5.2 Poreluft

Ved et konservativt skøn giver et betongulv med passiv ventilation en reduktion (dæmpning) på 100 gange /5/. Denne faktor er baseret på, at der sker en udskiftning af luften i bygningen på 0,2 – 0,3 gange i timen. Hvorvidt luftudskiftningen i skibsagenturet er i denne størrelsesorden er uvist. Såfremt ovenstående reduktionsfaktor anvendes, vil det målte indhold af benzen i poreluften ikke medføre en uacceptabel påvirkning af indeklimaet i skibsagenturet.

6. METODER TIL BEHANDLING AF FORURENET GRUNDVAND

Skitseforslagene tager udgangspunkt i at skulle nedbringe forureningen (massestrømmen) i grundvandet på Horsens Gasværk med henblik på at eliminere effekterne i Horsens Havn.

Der er udvalgt to forskellige strategier til behandling af det forurenede grundvand. Den første er behandling af grundvandet in-situ, hvorved der ikke skal håndteres spildevand. Den anden strategi er at oppumpe grundvandet til en behandling on-site med efterfølgende udledning til kloak.

Indledningsvis vil principperne i metoderne kort blive beskrevet, mens selve skitseforslagene vil blive beskrevet i de efterfølgende afsnit.

6.1 In-situ behandling

Ved behandling af forurenet grundvand er der traditionelt to metoder, der bliver anvendt, når der tales om in-situ teknikker. Det drejer sig om air-sparging og in-well stripping teknikken.

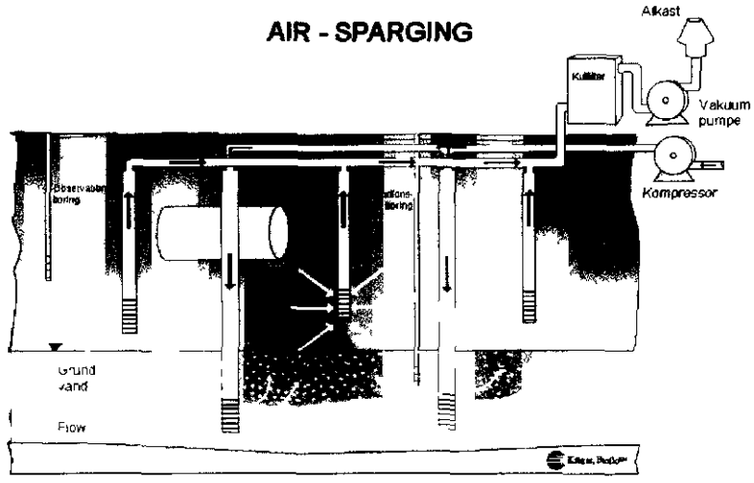
6.1.1 Principper for air-sparging teknikken

Air-sparging er teknikken, hvor ilt eller atmosfærisk luft under tryk bliver introduceret i grundvandszonen under det forurenede område. Herved opnås en afstripning af de flygtige stoffer, samtidig med at der sker en ilttilførsel til grundvandet. Ilttilførslen vil ofte stimulere den naturlige aerobe biologiske nedbrydning, hvis der er tale om biologiske nedbrydelige forureningsstoffer.

På figur 3 er der vist en principskitse over et typisk air-sparging anlæg.

De enkelte boringer tilsluttes via slanger eller rør til en pumpe, som kan levere det ønskede tryk til at indblæse luften i grundvandet. I den umættede zone bliver de afstrippet forureningsstoffer opsamlet med et ventilationssystem.

Geologien på Horsens Gasværk viser nogle vekslende aflejringer af sand, silt og ler, og det må derfor forventes, at air-sparging ikke er en velegnet metode til in-situ oprensning af det forurenede grundvand. Ved injektion af luft i disse typer af aflejringer vil luften fordele sig ujævnt i magasinet, og det er ingen sikkerhed for, at hele magasinet bliver berørt af behandlingen. Det vurderes derfor, at denne metode er mindre egnet i forbindelse med oprensningen af grundvandet under Horsens Gasværk, og der vil derfor ikke blive udarbejdet et skitseprojekt til denne metode.



Figur 3. Principskitse af et air-sparging anlæg

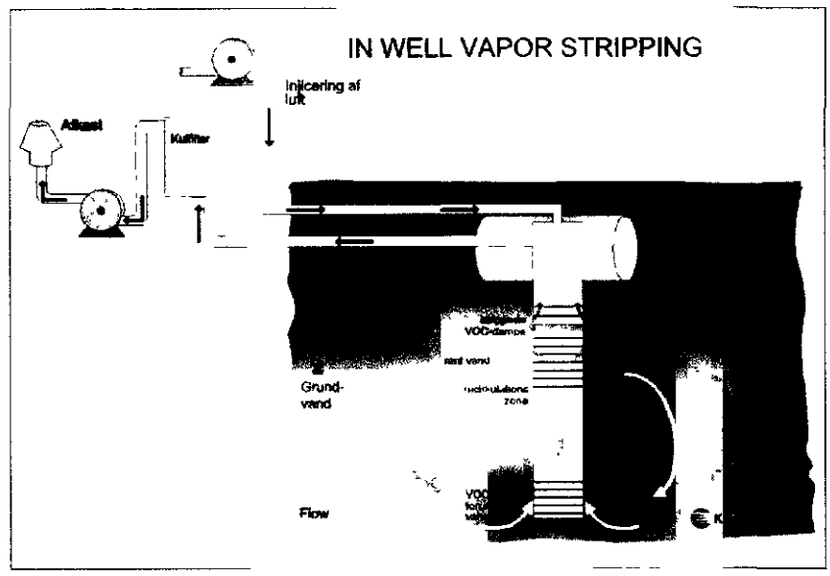
6.1.2 Princippet for In-well stripning teknikken

Princippet i teknologien er, at der etableres en vertikal grundvandscirkulations celle omkring en boring med to filtersætninger. Den nederste filtersætning installeres i bunden af boringen og bruges til at trække vand ind i boringen. Den øverste filtersætning placeres i overgangen til den umættede zone og bruges til at reinjecere vandet tilbage til grundvandsmagasinet. Inden i boringen sker der en stripning af flygtige forureningskomponenter fra grundvandet, samtidig med at der sker en tilførsel af ilt evt. ozon. Stripningen foregår ved hjælp af luftindblæsning. De strippede komponenter fjernes i boringens øvre del ved hjælp af vakuum.

På figur 4 er der vist en principskitse over et typisk in well stripping anlæg.

Grundvandscirkulationen bygger på traditionelle hydrogeologiske principper ligesom stripningen kan beskrives ved grundlæggende fysiske-kemiske udtryk.

Cirkulationscellen dannes ved at pumpe luft ud igennem en spargediffuser i boringens nedre del. Herved skabes en luft/vand blanding med en mindre massefylde end omgivelsernes. Blandingen vil derfor blive presset op i boringen til det øverste filter, hvor vandet igen vil blive ledt ud i formationen og sive ned til grundvandet. Ved denne procedure dannes en forhøjning på grundvandsspejlet, hvorfra vandet recirkuleres til boringen. Over pakningen i boringens øvre del etableres der et vakuum, som fører de strippede forureningskomponenter til en behandlingsenhed.



Figur 4 . Principskitse af et in-well stripping anlæg.

Ved hver cirkulation fjernes normalt fra 50-99% af de flygtige forurenings-stofferne, samtidig med at vandet bliver iltmættet (10-12 mg/l). Normalt dimensioneres anlægget til at recirkulere vandet 5-10 gange til de ønskede rensningseffekter opnås.

En af fordelene ved In-well stripping metoden er, at der foruden oprensningen i grundvandet også vil foregå en oprensning i den umættede zone, hvorved der samlet vil ske en større forureningsfjernelse i forhold til oppumpning af grundvand. Derfor vil denne metode sandsynligvis være mere effektiv end on-site metoderne, som bliver beskrevet i afsnit 6.2.

En anden fordel ved in-situ metoderne er, at der ikke bliver oppumpet vand til jordoverfladen, hvorved der spares udledningsafgifter.

I tilfælde med Horsens gasværksgrund er der hovedsageligt tale om en forurening med de meget lidt flygtige phenoler. Der vil derfor ikke foregå en stor stripning af phenolerne, men hovedparten af BTEXerne vil blive fjernet med denne metode, hvorved evt. indeklimaproblemer med benzen i bygninger på havnefronten vil blive fjernet. I stedet for stripningen påtænkes det, at phenolerne vil blive fjernet ved nedbrydning.

Traditionelt udføres in-well stripping ved indblæsning af atmosfærisk luft, hvorved vandet bliver iltmættet, og den naturlige biologisk nedbrydning af forureningskomponenterne bliver stimuleret. I området omkring boring B208 er der observeret nogle høje koncentrationer af phenoler, som sand-

synligvis vil forhindre eller hæmme den biologiske omsætning af phenolerne. Selvom der ved in-well teknikken vil foregår en fortynding af forureningen med behandlet vand og uforurenet grundvand, som trækkes til boringen, vurderes det, at dette ikke er nok til at reducere koncentrationerne tilstrækkelig i området omkring B208. Derimod vurderes det, at der i område omkring 33K vil kunne ske en biologisk nedbrydning ved indblæsning af atmosfærisk luft.

Det vurderes, at koncentrationerne af phenolerne skal reduceres til 5-10 mg/l, for at der kan ske en biologisk nedbrydning af stofferne /3/.

I området omkring B208 kan der bruges ozon i stedet for indblæsning af atmosfærisk luft. Fordelen ved at bruge ozon i stedet for atmosfærisk luft er, at ozon vil reagere kemisk med phenolerne, hvorved der sker en kemisk nedbrydning af stofferne. Den kemiske reaktion vil ikke være hæmmet af de høje koncentrationer af phenoler. Ved den kemiske reaktion vil ozonen udover nedbrydningen af phenoler, frigive ilt til vandet, hvorved der vil kunne foregå en yderligere aerob biologisk nedbrydning af forureningen.

Denne metode er ny og ikke afprøvet i Danmark, men er et velkendt koncept i USA. Via Krügers samarbejdspartner i USA, som har erfaring med denne metode fra adskillige anlæg, vil metoden kunne introduceres i Danmark. Samtidig kan det nævnes, at Krüger har erfaring med at arbejde med ozon fra forskellige vandværker i Danmark og udlandet.

Det skal bemærkes, at ozon er en sundhedsskadelig gasart, som, hvis den håndteres forkert, kan medføre bl.a. arbejdsmiljøproblemer. Derfor påtænkes det at producere ozonen tæt ved boringerne ved hjælp af en ozongenerator indbygget i et hus, ligesom der vil sidde en ozondetektor til at afbryde anlægget, hvis der måtte ske et uheld. Den indblæste ozon vil blive suge ud via vakuum systemet øverst i In-well stripping anlægget, hvorefter den vil blive transporteret igennem et aktivt kulfilter. Ozonen vil reagerer med det aktive kul, og den vil derfor blive fjernet helt ved gennemløb af det aktive kulfilter. Der vil derfor ikke kunne ske nogen uhensigtsmæssigt spredning af stoffet. Det er derfor Krügers vurdering, at det vil være hensigtsmæssigt og sikkerhedsmæssigt forsvarligt at bruge ozonindblæsning i området omkring B208.

I bilag 5 er der foretaget forskellige teoretiske betragtninger, som sandsynliggører, at der vil kunne foregå en væsentlig reduktion af indholdet af phenoler i grundvandet ved brug af 2% ozon i in-well stripping systemet. Det skal desuden bemærkes, at phenolerne anses for at være meget hurtig og let nedbrydelige ved brug af ozon /6/.

For at afgøre om In-well stripping med atmosfærisk luftindblæsning/ozon er en mulighed kræver det, at der bliver udført en in-situ test til bestemmelse af forskellige hydrogeologiske parameter samt nedbrydningspotentiale. Desuden anbefales det, at der bliver udført et pilotforsøg for at vurdering mulighederne for at bruge In-well stripning med atmosfærisk luft/ozon indblæsning som in-situ oprensningsmetode.

6.2 On-site behandling

Ved on-site behandling er der mulighed for en biologisk eller kemisk fjernelse af forureningsstofferne, når det forurenet grundvand er pumpet op til jordoverfladen.

Før phenolerne kan fjernes fra det oppumpet vand, kræves det, at det opløste jern i vandet samt evt. urenheder frafiltreres. Dette er nødvendigt for ikke at stoppe filtre, ventiler o.l. til i rensningsprocessen af phenoler.

Krüger A/S har udviklet en metode (MetClean™), som effektivt kan fjerne jern/mangan fra vand. Fordelen ved denne metode sammenlignet med en traditionel sandfiltrering er, at der ikke bliver dannet store mængder af jernholdigt slam. Det er derfor ikke nødvendigt med returskylning af filtre, og metoden kræver også en mindre styring.

6.2.1 Brug af aktiv kul

Der er en tradition for at behandle forurenet grundvand ved at lede det igennem et aktivt kulfilter inden udledning til kloak. Det er en velafprøvet teknik, som fungerer tilfredsstillende i lang de fleste tilfælde. Fjernelseskapaciteten (sorptionskapaciteten) af aktiv kul over for phenolerne ligger højest på 10% (100 g/kg) ved en opholdstid på 15-20 min. Af driftmæssige årsager kan det vælges at sætte et ekstra kulfilter på i serie for at opnå en større oprensningssikkerhed inden udledning til kloaksystemet. Det vil dog fordyre projektet.

6.2.2 Behandling af forurenet grundvand i fluid bed

Krüger A/S har i forbindelse med en sag i Ribe Amt afprøvet og indkørt et pilotanlæg til en kombineret biologisk/kemisk rensning af BTEXer, naftalen samt phenoler i grundvand med gode resultater /7/. Der blev opnået en rensning af BTEXerne på 99,9%, af naftalen på 100% samt af phenol, cresoler, og xylenoler på 87-99 %. Det behandlede vand ligner mht. den kemiske sammensætning i store træk vandet under Horsens Gasværk, dog var der en væsentlig højere Fe(II) koncentration i vandet fra Ribe. Desuden er koncentrationerne af phenoler i vandet under Horsens Gasværk ca. 50-100

gange højere. Det forventes, at fluid bed anlægget kan **bruges til at be**handle det forurenede grundvand i den aktuelle sag.

I en opstrøms fluid bed bioreaktor vil der kunne opnås et meget stort overfladeareal af biofilm per volumen, og samtidig kan rensningen foretages kontinuert uden pauser til returskylning. I en bioreaktor er det den biologiske nedbrydning, der er den dominerende proces, hvorfor vandet fra Horsens Gasværk inden tilledning til bioreaktoren skal fortyndes til en koncentration på 5 mg/l. Dette vil kunne ske ved en recirkulation af en del af vandet i bioreaktoren.

På figur 5 er der en kort principskitse af anlægget.

Figur 5. Principskitse af et fluid bed anlæg til behandling af forurenet grundvand

Som bæremateriale i bioreaktoren kan benyttes finkornet kvartssand eller granuleret aktivt kul (GAC). Ved at benytte GAC, må det forventes, at noget af rensningen i begyndelsen kan foregå ved adsorption af de organiske stoffer, indtil en biomasse opbygges på kullet. Det vil dog være interessant, såvel ud fra økonomiske som rensningsmæssige betragtninger, at sammenligne effektiviteten af en GAC-FBR (granuleret aktiv kul – fluid bed reaktor) med en sand-FBR (sand – fluid bed reaktor), hvor rensningen udelukkende foretages biologisk. Pilotanlægget i Ribe Amt viste ikke noget entydig præference mellem GAC-FBR og sand-FBR.

For at undgå belægninger af okker ($Fe(OH)_3$) på det biologisk aktive materiale skal der som nævnt foretages en rensning for jern inden bionedbrydningen. Dette foretages også i en fluid bed reaktor med MetClean™ processen. Samtidig med fjernelsen af jern vil der sandsynligvis foregå en vis oxidation af forureningen i denne kolonne.

6.2.3 Behandling af forurenet grundvand i eksisterende beholder

På Horsens Gasværk er der en eksisterende gasbeholderindeslutning, som er opfyldt med forurenet jord. Det har været diskuteret om denne evt. kunne bruges med henblik på at lede det forurenede vand igennem beholderen for at opnå en biologisk rensning af forureningen.

Beholderen er ca. 23 m i diameter med en total dybde på ca. 7,5 m. Den er opbygget med et lag nøddesten i bunden. Pga. hældende bund i beholderen varierer tykkelsen af laget fra 0 til 1,3 m med stigende tykkelse væk fra centrum. Over nøddestenene ligger en Fibertex membran, som er dækket af ca. 5 m forurenet jord fra Horsens gasværksgrund. Øverst er etableret et stjernedræn i ærtesten med forbindelse til pumpebrønd. I nøddestenene er der desuden udlagt dræn langs kant af beholderen til opsamling af nedsivende vand. Det skal bemærkes, at der er en indadrettet gradient til drænsystemet fra magasinet ude for beholderen, hvorved der også opsamles vand, selv uden en infiltration af vand.

Det oppumpede forurenede vand på 20 m^3/døgnet kan via MetClean™ anlægget føres til en beluftningsenhed, hvor vandet bliver mættet med ilt, hvorefter det infiltreres i beholderindeslutningen.

I beholderen vil der kunne ske en vis mikrobiel nedbrydning af forureningen. Pga. af de meget høje koncentrationer af phenoler, der er observeret i grundvandet under Horsens Gasværk, skal der sandsynligvis ske en fortynding af forureningen, inden en nedbrydning kan går i gang i beholderen. Derfor skal vandet fra udløbet af beholderen recirkuleres i en mængde, så koncentrationen i indløbet kommer ned på omkring 5 mg/l.

Det skal desuden bemærkes, at jorden i beholderen er forurenet, hvorved jorden også kan være hæmmende over for den mikrobielle nedbrydning. Det vurderes, at opholdstiden i beholderen for det forurenede vand vil være tilstrækkelig stor til, at der kan foregå en nedbrydning af forureningen under forudsætning af, at der er ilt nok.

Der kan identificeres forskellige problemer i forbindelse med dette løsningsforslag.

- Ved iltningsprocessen vil nogle af de flygtige stoffer fordampe, hvorved der vil kunne skabes problemer med indeklima/udeklimaet, især med det flygtige stof benzen, som anses for at være kræftfremkaldende.
- Det er tvivlsomt, om der kan tilføres ilt nok til vandet, så der vil ske en fuldstændig nedbrydning af stofferne i beholderne.
- Der vil sandsynligvis opstå problemer i forbindelse med vækst af bakterier på jorden/udfældninger af partikler, hvorved beholderen vil stoppe til. Da den ikke er bygget til returskylning, kan problemet ikke umiddelbar løses. Derfor er det Krügers vurdering, at der kræves en ombygning af beholderen så den kan klare en returskylning.

Disse problemer betyder, at et on-site anlæg efter fluid bed princippet efter Krügers vurdering vil være at foretrække.

6.3 Ingen behandling, afledning til kloak

Endelig er der mulighed for at afværgepumpe det kraftig forurenede grundvand og via kloakken lede det til rensningsanlægget, hvor phenolerne sandsynligvis hurtigt vil blive nedbrudt af det aktive slam.

Ved denne behandlingsform er der tre væsentlige problemer; 1) Koncentrationerne af phenoler i det oppumpet vand vil sandsynligvis være mellem 100-200 mg/l. Normalt vil der ikke kunne opnås udledningstilladelse til at udlede så forurenet vand til kloak 2) det forurenede vand indeholder også BTEXerne, hvorved der ville kunne opstå problemer i kloaknettet 3) det forurenede vand vil sandsynligvis have en negativ effekt på rensningseffektiviteten på rensningsanlægget. Undersøgelser udført på IMT, Danmarks Tekniske Universitet har vist, at phenoler i koncentrationer på 1-5 mg/l vil hæmme nitrifikationen 100%.

Det kan derfor ikke anbefales at lede vandet direkte til kloak uden behandling.

7. SKITSEFORSLAG TIL AFVÆRGEFORANSTALTNINGER

Nedenstående er der kort gennemgået nogle skitseforslag til forskellige oprensningsmetoder. Forslagene er udført på det overordnet plan med et groft prisoverslag. I en tidligere rapport /2/ er der fremkommet med forskellige priseksempler, men idet der er sket en nyvurdering af forureningssituationen, og der er fundet væsentlig højere koncentrationer i grundvandet, er det nødvendigt med en revurdering af forslagene herunder prisniveauer.

Det skal bemærkes, at nedenstående skitseforslag udelukkende bygger på en afværge på grundvandsforureningen. En egentlig fjernelse af kilden til forureningen er ikke med i forslagene. Da der er konstateret konstante koncentrationer i grundvandet ved boring 33K (/2/), må det formodes, at afværgen ikke er tidsbegrænset, medmindre forureningskilden bliver lokaliseret og fjernet.

I prisoverslagene givet i dette afsnit er ikke inkluderet rapportering samt omkostninger til analyser. Det vurderes, at dette arbejde stort set er ens for alle løsningsforslag. Prisoverslagene er generelle estimater til en vurdering af, hvilke løsningsforslag der økonomisk er mest fordelagtige.

7.1 In-situ behandling

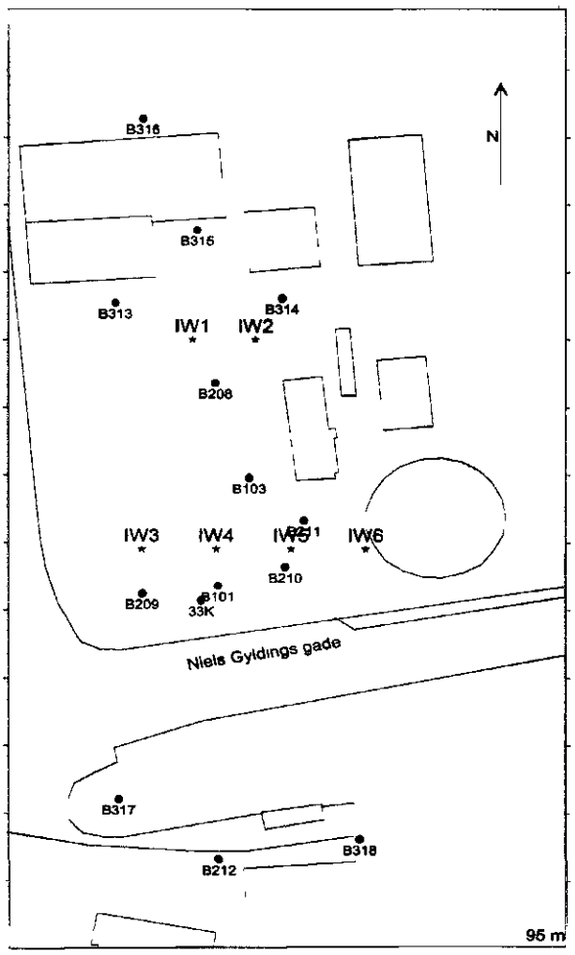
Der udarbejdes ikke et skitseforslag for air-sparging systemet, idet det vurderes, at kun in-well stripping systemet vil være eneste realistiske mulighed for in-situ oprensning af grundvandet.

7.1.1 In-well stripping system

Det anbefales, at der opereres med to **adskilte systemer, som bliver tilsluttet** samme hovedenhed.

Ét system bestående af 3-5 in-well stripping boringer med indblæsning af atmosfærisk luft ved siden af hinanden parallel med Niels Gyldings gade, opstrøms boring B101 (På figur 6 er der som eksempel sat fire boringer, IW3-6). Disse boringer vil danne en barrierer, som vil afskærme forureningen fra Horsens Gasværk til havnen. Herved vil der inden for en kort tidshorisont kunne ske en formindskelse af miljøpåvirkningen i havnen. Samtidig vil eventuelle indeklimaproblemer også blive løst, idet benzen vil blive fjernet fra grundvandet. Boringerne 33K, B101, B209 eller B210, der alle ligger nedstrøms barrieren, vil kunne anvendes som moniteringsboringer i forbindelse med en vurdering af forureningsoprensningen.

Det andet system skal bestå af 2-3 in-well stripping boringer med indblæsning af ozon fra en ozongenerator (fx en CFS 3) i området nord for boring B208 (IW1-2, figur 6). Disse boringer skal fjerne de meget høje koncentrationer af forurening, der er i området, og på sigt medføre at det førstnævnte system kan nedlukkes. Boring B208 vil kunne bruges som moniteringsboring.



Figur 6. Placering af in-well boringer (IW1-6).

Boringerne skal udføres som 7 m 110 mm boringer (forret 8" boring) med en dobbelt filterstrækning på 1 m fra 1 til 2 m.u.t. og fra 5 til 6 m.u.t. (eller til moræneler). Fra 6-7 m.u.t. sættes en slambox. Luften til boringerne bliver via nedgravet slanger ført fra et anlæg lokaliseret omkring boring B103 til de respektive boringer. Ozonen bliver doseret direkte til luftstrømmen til boring IW1 og IW2.

Budgetoverslag for in-well stripping

Budgetoverslaget er opdelt i en række etableringsomkostninger samt driftsudgifter.

Tabel 4. Overslag over etableringsomkostninger for in-well stripping system.

Enhed	Etableringsomkostninger (1.000,-)
Detailprojektering	50
Boringer, afslutninger[1]	70
Jord- og betonarbejde[2]	50
Tilslutning og slanger[3]	35
El-arbejde/installation	25
Tilsyn med entreprenør	25
Anlægsudgifter (maskin o l.)	270
Anlægsudgifter (ozongenerator)	100
Indkøring	25
Diverse	20
I alt	670

[1] 5-8 speciel designet in-well stripping boringer til ca 7 m u t , [2] Udgravning af forbindelsesslanger fra boringer til anlæg i alt ca. 100 m; [3]: 200 m slanger med installation.

Tabel 5. Overslag over årlige driftsudgifter for in-well stripping system.

Enhed	Driftsudgifter (1.000,-)
Strøm + aktiv kul[1]	75
Service og drift af ozongenerator[2]	80
Tilsyn	50
Diverse	20
I alt	225

[1]: Elforbruget skønnet ud fra motorstørrelse på 12 kW og en afregning på 0,6 kr/kWh Prisen inklusiv et kulskifte/år; [2] Tilbud fra Hede Nielsen A/S.

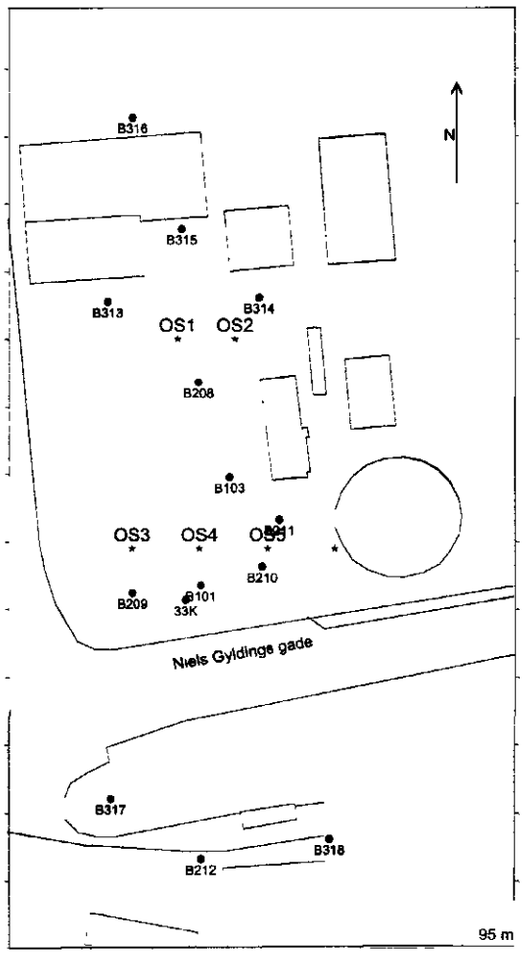
7.2 On-site behandling

Der installeres to nye boringer nord for boring B208 (OS1 og OS2, se figur 7) og tre nord for boring B101 (OS3, OS4 og OS5). OS3-OS5 skal formindske den umiddelbare påvirkning af havnemiljøet, mens OS1-OS2 skal bruges til afværge af forureningen. Det vurderes, at det i første omgang er nødvendigt at pumpe med en ydelse på 4 m^3/døgn fra alle boringer for at fange hele forureningsfanen (20 m ved boring B208, 30-40 m ved boring B101).

Koncentrationerne antages at være omkring 200 mg/l i boring OS1-OS2 og omkring 100 mg/l i boring OS3-OS5.

Boringerne skal udføres som 7 m 125 mm boringer (forret 8" boring) med en filterstrækning på 2 m fra 4 til 6 m.u.t. (til moræneler). Fra 6-7 m.u.t.

sættes en slambox. I hver boring sættes en pumpe (fx SQ3/30 fra Grundfos). Vandet fra OS1-OS5 bliver via nedgravet slanger ført til behandlingsenheden. Den første del af behandlingsdelen til on-site behandlingen foreslås at bestå af MetClean™ enheden, som kan rense vandet for jern simpel og billigt uden produktion af de store slammængder.



Figur 7. Placering af boringer (OS1-OS5) til afværgepumpning med efterfølgende On-site behandling.

MetClean™ reaktoren har en diameter på omkring 0,25 m og 5 m høj. Dimensionerende flow er 1 m^3/t, hvilket resulterer i en opholdstid på omkring 15-20 min.

Det anbefales, at der iværksættes en pumpetest i området omkring B208, før et evt. afværgetiltag iværksættes, for at vurdere tilstrømningsmulighederne.

7.2.1 Brug af aktiv kul

I tilfælde med brug af aktiv kul bliver det oppumpede forurenet vandet ledt fra boringerne til MetClean™ , hvorefter det ledes igennem et aktiv kulfilter inden udledning til kloak. Det kan blive nødvendigt med to kulfiltre i serie for at overholde eventuelle udledningskrav.

Dimensioneringsforudsætninger for aktiv kulfilter.
Flow: 20 m^3/døgn, gennemsnitskoncentration i vandet: 150 mg/l.
Opholdstid: 20 min, porøsitet i kulfilteret: 0,3.
*Beregnet størrelse af kulfilter: 1 m^3; anslået pris for kulfilter: ca. 50-*100.000,-.
Adsorptionskapacitet for kullet: 10 %, pris: 25,-/kg.
Beregnet forbrug af aktiv kul: 750,-/døgn

Hertil kommer udgifter i forbindelse med udskiftning af aktiv kul. Det forventes, at kullene skal skiftes ca. hver 2-3 uge ved brug af et 1 m^3 kulfilter.

Vandet skal inden tilledning til aktiv kulfilteret forbehandles i et MetClean™ anlæg for at forhindre, at jernet i vandet fælder ud i kulfilteret. Dertil kommer vandafledningsafgifter.

Det må forventes, at denne systemopbygning kræver en del tilsyn.

Budgetoverslag for on-site behandling med aktiv kul
Budgetoverslaget er opdelt i en række etableringsomkostninger samt driftsudgifter.

Tabel 6. Overslag over etableringsomkostninger for aktiv kul system.

Enhed	Etableringsomkostninger (1.000,-)
Detailprojektering	50
Boringer, afslutninger[1]	35
Jord- og betonarbejde[2]	50
Tilslutning og slanger[3]	20
El-arbejde/installation	25
Tilsyn med entreprenør	25
Indkøring	25
Pumper	50
MetClean™	100
Aktiv kulfilter	50
Diverse	20
I alt	450

[1]: 5 speciel boringer til 7 m.u.t.; [2]: Udgravning af forbindelsesslanger fra boringer til anlæg i alt ca. 100 m; [3]: 100 m slanger med installation.

Tabel 7. Overslag over årlige driftsudgifter for aktiv kul system.

Enhed	Driftsudgifter (1.000,-)
MetClean™ [1]	10
Strøm til pumper[2]	30
Aktiv kul	280
Udskiftning og deponering af kul	80
Almindelig tilsyn	50
Vandafledningsafgift[3]	120
I alt	570

[1] Inklusiv kemikalier, [2] Elforbruget skønnet ud fra motorstørrelse på hver af de 5 pumper på ca 1 kW og en afregning på 0,6 kr/kWh; [3] Der regnes med en vandafledningsafgift på 16 kr/m^3

7.2.2 Behandling af forurenet grundvand i fluid bed

Det forurenet grundvand ledes til en fluid bed bioreaktor, efter at det er blevet renset for jern og urenheder i MetClean™ processen. Grundvandet ledes efter behandlingen til kloak via et lille efterpoleringskulfilter. Det vurderes, at det bliver nødvendigt at køre med to fluid bed reaktoren i parallel kobling, hver med en diameter på omkring 1 m og 5 m høj, for at opnå en tilstrækkelig oprensningssikkerhed.

Dimensioneringsforudsætninger for fluid bed reaktor.
Flow af forurenet grundvand: 20 m^3/døgnet.
Det forventes, at koncentrationerne skal fortyndes fra 150 mg/l til ca. 5 mg/l inden tilledningen til fluid bed systemet for at der kan ske en biologisk nedbrydning. Dette resulterer i en recirkulationsfaktor på 30.
Dimensionerende flow: 25 m^3/t. Opholdstid i reaktor: 20 min.

Udover selve fluid bed anlægget, kræves der et iltaggregat til at tilsætte ilt til vandet samt styring af hele anlægget.

Budgetoverslag for on-site behandling med fluid bed.
Budgetoverslaget er opdelt i en række etableringsomkostninger samt driftsudgifter.

Tabel 8. Overslag over etableringsomkostninger for fluid bed system.

Enhed	Etableringsomkostninger (1.000,-)
Detailprojektering	50
Boringer, afslutninger[1]	35
Jord- og betonarbejde[2]	50
Tilslutning og slanger[3]	20
El-arbejde/installation	25
Tilsyn med entreprenør	25
Indkøring	25
Pumper	50
MetClean™	100
Fluid bed kolonne[4]	900
Diverse	20
I alt	1300

[1]: 5 speciel boringer til 7 m.u.t.; [2]: Udgravning af forbindelsesslanger fra boringer til anlæg i alt ca. 100 m; [3]: 100 m slanger med installation; [4]: Inklusiv SRO og iltaggregat.

Tabel 9. Overslag over årlige driftsudgifter for fluid bed system.

Enhed	Driftsudgifter (1.000,-)
MetClean™ [1]	10
Strøm til pumper[2]	30
Drift af fluid bed	80
Iltforbrug[3]	25
Aktiv kul[4]	20
Almindelig tilsyn	50
Vandafledningsafgift[5]	120
I alt	335

[1]: Inklusiv kemikalier; [2]: Elforbruget skønnet ud fra motorstørrelse på ca. 1 kW og en afregning på 0,6 kr/kWh (5 pumper). [3]: Der regnes med et iltforbrug på 10 kg/dag, svarende til en udgift på 65,-/dag. [4]: *Baseret på en gang kulskifte pr. år.* [5]: *Der regnes med en vandafledningsafgift på 16 kr/m³.*

7.2.3 Behandling af forurenet grundvand i eksisterende beholder

Det forurenede grundvand ledes via en iltningsenhed til den eksisterende gasbeholder og videre til kloak via et lille efterpoleringskulfilter.

Det er Krügers vurdering, at denne metode kræver en ombygning af den eksisterende beholder, så den kan returskyldes. Det vurderes, at omkostningerne til denne ombygning ligger i størrelse af flere millioner kr. bl.a. fordi der skal fjernes store mængder af forurenet jord fra beholderen, der skal udføres tryksikre vægge, ilæggelse af rør, bygge en styringsenhed, bygge skyldebeholdere, etc. Det er derfor en økonomisk urealistisk løsning, og en billigere løsning ville være at bygge en helt ny beholder. Alternativt skulle der iværksættes et pilotprojekt for at undersøge, hvor store aflejringer der vil komme i beholderen. Et pilotforsøg vurderes at koste i størrelsesordnen 500.000 kr.

8. RESUMÉ AF DE ØKONOMISKE OVERSLAG

I nedenstående tabel er de estimerede udgifter for de tre metoder kort opsummeret.

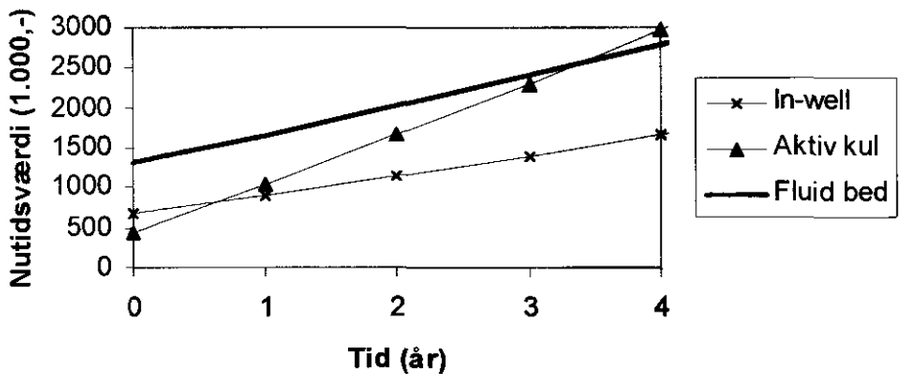
Anlæg	Etableringsomkostninger (i 1.000,-)	Driftsudgifter (i 1.000,-/år)
In-well stripping[1]	670	225
Aktiv kul[2]	450	570
Fluid bed[2,3]	1300	335

[1] Det anbefales, at der iværksættes en in-situ test med ozonindblæsning på en boring, inden opstilling af fuldskalaanlæg Prisen for dette vil være omkring 50 000-100 000,-, som for størstedelens vedkommende vil kunne genbruges i et fuldskalaanlæg.

[2] Hvis denne løsning vælges, anbefales det, at der bliver udført en pumpetest i området omkring boring B208 for at klarlægge tilstrømningsforholdene

[3] Det anbefales, at der bliver udført et pilotforsøg inden igangsætningen. Et pilotprojekt vil koste omkring 200.000-300.000,-, som delvis vil blive tjent ind ved opstilling af fuldskalaanlægget

I nedenstående figur er vist de tre løsningsforslag illustreret ved beregningen af nutidsværdien med en rente på 4%.



Figur 8. Nutidsværdiberegning på tre løsningsforslag med en rente på 4%.

Som det fremgår af figuren, er løsningen med aktiv kul den billigste med hensyn til etableringsomkostninger, men allerede i løbet af det første år vil in-well stripping systemet være det meste rentable. Også Fluid bed systemet vil efter godt 4 år være mere rentabel.

9. ANBEFALINGER

Det anbefales, at der udføres en simpel pumpetest i boring 32D med tilhørende monitering af vandspejlet i B208. Samtidig med vandspejlsændringerne udtages der vandprøver til analyse for phenolerne. Testen kan afklare om de høje koncentrationer, der er målt i 32D, skyldes en vertikal strømning i gruskastningen under prøvetagningsproceduren, eller om der er geologisk hydraulisk kontakt mellem den nedre sandlag og morænesandlaget.

Det anbefales, at der iværksættes et pilotforsøg med in-well stripping systemet med ozonindblæsning i en ny boring nord for boring 208 for at undersøge mulighederne for at udføre en in-situ afværgeforanstaltning.

Det anbefales, at der iværksættes nogle supplerende undersøgelser til en endelig lokalisering af kilden til de meget høje koncentrationer af phenoler i grundvandet med henblik på en eventuel fjernelse af kilden. Undersøgelsen skal indeholde nogle ekstra boringer i området nord-nordøst for B208.

Referencer:

/1/: Horsens Gasværk, tilsynsrapport i forbindelse med udskiftning af forurenet jord, Krüger A/S, februar 1996

/2/: Horsens Gasværksgrund - Forureningsundersøgelse, Krüger A/S, februar 1998.

/3/: Supplerende forureningsundersøgelse, Horsens Gasværk, Krüger A/S, december 1998.

/4/: Horsens Gasværksgrund – Risikovurdering, Krüger A/S, januar 1990.

/5/: Oprydning på forurenede lokaliteter, Vejledning nr. 6, 1998, Miljøstyrelsen.

/6/: Ozone in Water Treatment, Application and Engineering, Lewis publ. 1991. Ed. B. Langlais, D.A. Reckhow og D.R. Brink.

/7/: Phønix Fabriksgrund. Pilotanlæg til rensning af forurenet grundvand, statusrapport, Krüger A/S, november 1998.

Bilag 1

Krüger

Åboulevarden 52
DK- 8700 Horsens
Tel 7561 2611

Projekt	Ordre nr :	Boring nr
Horsens Gasværk	3301-975028	**B313**

Borefirma	Udført dato	Boremetode	Tilsyn	Udarb af	Kontr af
Dan Drilling	16.12.98	10" Hulsnegl	SVB	IA	

Målepunkt	MP kote	Bemærkninger
Terræn		-

≡ Vandspejl under borearbejde
▼ Vandspejl i færdig boring

Dybde meter	Prøve nr.	Lagfølgebeskrivelse	PID	Lugt	Div. info	Boringskonstruktion
0		ASFALT				
		FYLD: stabilgrus, sten				Ø63 PEH
1						
				middel		
		SAND: **mellem til groft, sort,** fugtigt				Tilbagefyld
2						
		SILT. **gråt, brunt v. -4.1**		middel		
3						
						Bentonit
4						
5						Filtergrus
6		TILL: ler, tør, grå, hvide skaller				
7						
8						
9						
10						

Krüger

Åboulevarden 52
DK- 8700 Horsens
Tel· 7561 2611

Projekt	Ordre nr	Boring nr
Horsens Gasværk	3301-975028	**B314**

Borefirma	Udført dato	Boremetode	Tilsyn	Udarb af	Kontr af
Dan Drilling	16.12.98	10" Hulsnegl	SVB	IA	

Målepunkt	MP kote:	Bemærkninger:	
Terræn		-	Vandspejl under borearbejde Vandspejl i færdig boring

Dybde meter	Prøve nr.	Lagfølgebeskrivelse	PID	Lugt	Div. info	Boringskonstruktion
0		ASFALT				
		FYLD		kraftig tjære		Ø63 PEH
1		FYLD: sort, tjærerester				Tilbagefyld
2		SAND: mellemfint, grå/sort, *meget forurenet, vådt*		kraftig tjære		
3		SILT: gråt, vådt, blødt		kraftig		**Bentonit**
4						**Filtergrus**
5		TILL gråt, hårdt, hvide skaller, meget tørt				
6						
7						
8						
9						
10						

Krüger

Åboulevarden 52
DK- 8700 Horsens
Tel 7561 2611

Projekt	Ordre nr.	Boring nr
Horsens Gasværk	3301-975028	**B315**

Borefirma:	Udført dato	Boremetode	Tilsyn	Udarb af:	Kontr af:
Dan Drilling	16.12.98	10" Hulsnegl	SVB	IA	

Målepunkt	MP kote	Bemærkninger
Terræn		-

Vandspejl under borearbejde
Vandspejl i færdig boring

Dybde meter	Prøve nr.	Lagfølgebeskrivelse	PID	Lugt	Div. info	Boringskonstruktion
0		ASFALT				
		FYLD: stabilgrus, murbrokker				Ø63 PEH
1						
		LER meget siltet		svag		Tilbagefyld
2		SAND: mellemfint/groft, gråsort				
		SAND: fint, gult				
3		SAND gråt til sort, -3.8 meget forurenet, sort tjære		svag		Bentonit
4		SILT: gråt til gult		svag		
5						Filtergrus
6		TILL. ler, gråmeleret, tørt, skaller				
7						
8						
9						
10						

Krüger

Åboulevarden 52
DK- 8700 Horsens
Tel 7561 2611

Projekt	Ordre nr	Boring nr:
Horsens Gasværk	3301-975028	**B316**

Borefirma	Udført dato:	Boremetode	Tilsyn	Udarb af	Kontr af
Dan Drilling	16.12.98	6" snegl u. foring	SVB	IA	

Målepunkt	MP kote	Bemærkninger:	
Terræn		-	Vandspejl under borearbejde Vandspejl i færdig boring

Dybde meter	Prøve nr.	Lagfølgebeskrivelse	PID	Lugt	Div. info	Boringskonstruktion
0		SAND: stabil sandfyld				Ø63 PEH
1						
2						0 4 mm slidser
3		SILT: sandet, leret, sort/lyseblåt				grus 4mm
4		SAND: forurenet lag sort råd 0,5 m				
		LER: aflejret, siltet, gråt, forurening aftagende				Filter
5		TILL: tørt, skaller, gråt				
6						
7						
8						
9						
10						

Krüger

Åboulevarden 52
DK- 8700 Horsens
Tel: 7561 2611

Projekt	Ordre nr.:	Boring nr
Horsens Gasværk	3301-975028	**B317**

Borefirma	Udført dato:	Boremetode	Tilsyn	Udarb af:	Kontr af
Dan Drilling	16.12.98	6" snegl u. foring	SVB	IA	

Målepunkt	MP kote	Bemærkninger	
Terræn		-	⇌ Vandspejl under borearbejde ▼ Vandspejl i færdig boring

Dybde meter	Prøve nr.	Lagfølgebeskrivelse	PID	Lugt	Div. info	Boringskonstruktion
0		MULD: fyld, sand				Ø63 PEH
1		LER: tørvet, sandet, **gråsort**, skaller, org. gytje o.l.		Tjære		
2						Tilbagefyld
3						
4						Bentonit
5		SILT: **gråbrunt, sandstriber**				
6						Filtergrus
7		TILL ler, gråt, hårdt, tørt, hvide skaller				
8						
9						
10						

Krüger

Åboulevarden 52
DK- 8700 Horsens
Tel. 7561 2611

Projekt	Ordre nr	Boring nr
Horsens Gasværk	3301-975028	**B318**

Borefirma	Udført dato	Boremetode	Tilsyn.	Udarb. af:	Kontr. af
Dan Drilling	16.12.98	6" snegl u. foring	SVB	IA	

Målepunkt.	MP kote:	Bemærkninger	
Terræn		-	= Vandspejl under borearbejde ▼ Vandspejl i færdig boring

Dybde meter	Prøve nr.	Lagfølgebeskrivelse	PID	Lugt	Div. info	Boringskonstruktion
0		ASFALT				Ø63 PEH
		FYLD: stabil				
1		LER: sandet, tørvet, gråsort, gytje, hvide skaller				
2						Tilbagefyld
		SILT gråbrunt, fugtigt, blødt, få sandstriber				
3						
4						Bentonit
5						
6						Filtergrus
		TILL: ler, gråt, hårdt, tørt, hvide skaller				
7						
8						
9						
10						

Bilag 2

BILAG 2

Beskrivelse af Vandprøvetagning foretaget af Krüger A/S.

Kunde: Vejle Amt **Projekt: Horsens Gasværk**

Sags nr.: 3274-975028 Udført af: JEE Den: 5-1 1999

PEJLING UDFØRT 0. 8.2.99

Analyseres for phenol, cresol og xylenol ved AnalyCen, Fredericia.

Der er udtaget i alt ~~8~~ 7 vandprøver på lokaliteten. Tabel 1 viser relevante pumpedata ved prøvetagningen.

Tabel 1. Pumpedata

Boring 32k ✓	Forpumpet mængde, liter	Prøvetagningsudstyr 1,2,3,4 **	VS Pejl m u.f.t.	Boringens * Ydelse liter/h	Pumpe-Ydelse liter/min	Slange-forbrug meter	Bemærkning Forurening, farve e.lign	TERRÆN TIL FORE. MÅNT (CM)
32D	50 L	1	1,26		—	8	Grålig	+10
B313	50 L	1	1,43	—	—	8	Grålig	-5
B314	50 L	1	1,24	—	—	8	Grålig	-5
B315	50 L	1	1,40	-	—	8	Klar	-10
B316	50 L	1	2,09	-	—	6	Brunlig	-10
B317	50 L	2	1,63	1,2	—	8	sort / oliefilm	+0
B318	50 L	1	1,57	8	—	1	Grålig	-10

* Noteres hvis boringen er lavtydende

**

1. MP1 og PEL-slange
2. MP1 og PEL-slange samt engangsbailer
3. Engangsbailer
4. Campingpumpe

\\NIDHUG\SHARE\PROJ**VEJL_AMT\975028\DATA\PRTAG2.DOC**

Bilag 3

Levnedsmiddelkontrollen i Esbjerg

DANAK
Reg nr 375

Analyserapport

VAND

AnalyCen
Vesterballevej 4
7000 Fredericia

ESBJERG, DEN : 11/01/1999

UDTAGN.TIDSPUNKT : kl.
(TIL) : kl.
UDTAGET AF :
MODTAGET PÅ LAB. : 06/01/1999 kl.
ANALYSE PÅBEGYNDT: 06/01/1999 kl.
ÅRSAG : Anmodning
KOMMUNE : Fredericia

REKVIRENT: AnalyCen, Vesterballevej 4, 7000 Fredericia
PRØVESTED: Vesterballevej 4
AnalyCen
Sagsnavn: Kruger, Horsens Gasværk. Sagsnr: 3274 975028.

PRØVE NR..		41/99	ENHED	ANALYSEMETODE	USIK.
		Vandprøve			
		32D 32 k			
		22 1			HED
PRØVEOPLYSNINGER:					
Analyserapportnummer		A20			
PRØVEUNDERSØGELSER:					
Phenoler		.		GC/MS, KA-1-32	
Phenol		310.000	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2-methylphenol		69.000	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3-methylphenol	#	120.000	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
4-methylphenol		37 000	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,6-dimethylphenol		3 100	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,5-dimethylphenol	#	7 000	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,4-dimethylphenol		26.000	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3,5-dimethylphenol		12.000	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,3-dimethylphenol	#	3.000	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3,4-dimethylphenol		4.800	µg/l	GC/MS, KA-1-32	

Tegnforklaring . # ikke akkrediteret < mindre end > større end mod. = modificeret

BEMÆRKNINGER:
Resultaterne fremsendes ukommenterede.

14 JAN 1999

Hans Søgaard

Resultater af laboratorieanalyser gælder kun for den analyserede prøve
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed Anden gengivelse kræver skriftlig tilladelse fra laboratoriet

Høgevej 25 · 6705 Esbjerg Ø • Tlf. 75 14 05 22 · Telefax 75 14 07 59

Levnedsmiddelkontrollen i Esbjerg

DANAK
Reg.nr 375

Analyserapport

PRØVE NR.:	41/99	ENHED	ANALYSEMETODE	USIK.
	Vandprøve			
	32D			
	22.1			HED

SENDT TIL: AnalyCen

Resultater af laboratorieanalyser gælder kun for den analyserede prøve.
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed. Anden gengivelse kræver skriftlig tilladelse fra laboratoriet.

Høgevej 25 · 6705 Esbjerg Ø • Tlf. 75 14 05 22 · Telefax 75 14 07 59

Levnedsmiddelkontrollen i Esbjerg

DANAK
Reg nr 375

Analyserapport

VAND

AnalyCen
Vesterballevej 4
7000 Fredericia

ESBJERG, DEN : 11/01/1999

UDTAGN.TIDSPUNKT : kl.
(TIL) : kl.
UDTAGET AF :
MODTAGET PÅ LAB. : 06/01/1999 kl.
ANALYSE PÅBEGYNDT: 06/01/1999 kl.
ÅRSAG : Anmodning
KOMMUNE : Fredericia

REKVIRENT: AnalyCen, Vesterballevej 4, 7000 Fredericia
PRØVESTED: Vesterballevej 4
AnalyCen
Sagsnavn: Kruger, Horsens Gasværk. Sagsnr: 3274 975028.

PRØVE NR.:		48/99	ENHED	ANALYSEMETODE	USIK.
		Vandprøve			
		B 313			
		22.2			HED
PRØVEOPLYSNINGER:					
Analyserapportnummer		A21			
PRØVEUNDERSØGELSER:					
Phenoler		.		GC/MS, KA-1-32	
Phenol		580	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2-methylphenol		530	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3-methylphenol	#	480	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
4-methylphenol		230	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,6-dimethylphenol		340	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,5-dimethylphenol	#	470	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,4-dimethylphenol		610	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3,5-dimethylphenol		450	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,3-dimethylphenol	#	150	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3,4-dimethylphenol		170	µg/l	GC/MS, KA-1-32	

Tegnforklaring : # ikke akkrediteret < mindre end > større end mod. = modificeret

BEMÆRKNINGER:
Resultaterne fremsendes ukommenterede.

Hans Søgaard

Resultater af laboratorieanalyser gælder kun for den analyserede prøve.
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed. Anden gengivelse kræver skriftlig tilladelse fra laboratoriet.

Høgevej 25 · 6705 Esbjerg Ø • Tlf. 75 14 05 22 · Telefax 75 14 07 59

Levnedsmiddelkontrollen i Esbjerg

DANAK
Reg nr 375

Analyserapport

PRØVE NR.:	48/99	ENHED	ANALYSEMETODE	USIK.
	Vandprøve			
	B 313			
	22.2			HED

SENDT TIL: AnalyCen

Resultater af laboratorieanalyser gælder kun for den analyserede prøve.
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed. Anden gengivelse kræver skriftlig tilladelse fra laboratoriet.

Høgevej 25 · 6705 Esbjerg Ø • Tlf. 75 14 05 22 · Telefax 75 14 07 59

Levnedsmiddelkontrollen i Esbjerg

DANAK
Reg nr 375

Analyserapport

VAND

AnalyCen
Vesterballevej 4
7000 Fredericia

ESBJERG, DEN : 11/01/1999

UDTAGN.TIDSPUNKT : kl.
(TIL) : kl.
UDTAGET AF :
MODTAGET PÅ LAB. : 06/01/1999 kl.
ANALYSE PÅBEGYNDT: 06/01/1999 kl.
ÅRSAG : Anmodning
KOMMUNE : Fredericia

REKVIRENT: AnalyCen, Vesterballevej 4, 7000 Fredericia
PRØVESTED: Vesterballevej 4
AnalyCen
Sagsnavn: Kruger, Horsens Gasværk. Sagsnr: 3274 975028.

PRØVE NR.:		49/99	ENHED	ANALYSEMETODE	USIK.
		Vandprøve			
		B 314			
		22.3			HED
PRØVEOPLYSNINGER:					
Analyserapportnummer		A22			
PRØVEUNDERSØGELSER:					
Phenoler		.		GC/MS, KA-1-32	
Phenol		1.700	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2-methylphenol		720	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3-methylphenol	#	810	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
4-methylphenol		550	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,6-dimethylphenol		410	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,5-dimethylphenol	#	210	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,4-dimethylphenol		560	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3,5-dimethylphenol		270	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,3-dimethylphenol	#	95	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3,4-dimethylphenol		130	µg/l	GC/MS, KA-1-32	

Tegnforklaring : # ikke akkrediteret < mindre end > større end mod. = modificeret

BEMÆRKNINGER:
Resultaterne fremsendes ukommenterede.

Hans Søgaard

Resultater af laboratorieanalyser gælder kun for den analyserede prøve.
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed. Anden gengivelse kræver skriftlig tilladelse fra laboratoriet.

Høgevej 25 · 6705 Esbjerg Ø • Tlf. 75 14 05 22 · Telefax 75 14 07 59

Levnedsmiddelkontrollen i Esbjerg

DANAK
Reg nr 375

Analyserapport

PRØVE NR.:	49/99	ENHED	ANALYSEMETODE	USIK.
	Vandprøve			
	B 314			
	22.3			HED

SENDT TIL: AnalyCen

Resultater af laboratorieanalyser gælder kun for den analyserede prøve
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed Anden gengivelse kræver skriftlig tilladelse fra laboratoriet.

Høgevej 25 · 6705 Esbjerg Ø • Tlf. 75 14 05 22 · Telefax 75 14 07 59

Levnedsmiddelkontrollen i Esbjerg

DANAK
Reg nr 375

Analyserapport

VAND

AnalyCen
Vesterballevej 4
7000 Fredericia

ESBJERG, DEN : 11/01/1999

UDTAGN.TIDSPUNKT : kl.
(TIL) : kl.
UDTAGET AF :
MODTAGET PÅ LAB. : 06/01/1999 kl.
ANALYSE PÅBEGYNDT: 06/01/1999 kl.
ÅRSAG : Anmodning
KOMMUNE : Fredericia

REKVIRENT: AnalyCen, Vesterballevej 4, 7000 Fredericia
PRØVESTED: Vesterballevej 4
AnalyCen
Sagsnavn: Kruger, Horsens Gasværk. Sagsnr: 3274 975028.

PRØVE NR.:		50/99	ENHED	ANALYSEMETODE	USIK.
		Vandprøve			
		B 315			
		22.4			HED
PRØVEOPLYSNINGER:					
Analyserapportnummer		A23			
PRØVEUNDERSØGELSER:					
Phenoler		.		GC/MS, KA-1-32	
Phenol		4,8	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2-methylphenol		2,4	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3-methylphenol	#	2,5	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
4-methylphenol		2,3	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,6-dimethylphenol		84	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,5-dimethylphenol	#	77	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,4-dimethylphenol		6,1	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3,5-dimethylphenol		92	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,3-dimethylphenol	#	38	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3,4-dimethylphenol		30	µg/l	GC/MS, KA-1-32	

Tegnforklaring : # ikke akkrediteret < mindre end > større end mod. = modificeret

BEMÆRKNINGER:
Resultaterne fremsendes ukommenterede.

Hans Søgaard

Resultater af laboratorieanalyser gælder kun for den analyserede prøve.
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed. Anden gengivelse kræver skriftlig tilladelse fra laboratoriet

Høgevej 25 · 6705 Esbjerg Ø • Tlf. 75 14 05 22 · Telefax 75 14 07 59

Levnedsmiddelkontrollen i Esbjerg

DANAK
Reg nr 375

Analyserapport

PRØVE NR.:	50/99	ENHED	ANALYSEMETODE	USIK.
	Vandprøve			
	B 315			
	22.4			HED

SENDT TIL: AnalyCen

Resultater af laboratorieanalyser gælder kun for den analyserede prøve.
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed. Anden gengivelse kræver skriftlig tilladelse fra laboratoriet.

Høgevej 25 · 6705 Esbjerg Ø • Tlf. 75 14 05 22 · Telefax 75 14 07 59

Levnedsmiddelkontrollen i Esbjerg

DANAK
Reg nr 375

Analyserapport

VAND

AnalyCen
Vesterballevej 4
7000 Fredericia

ESBJERG, DEN : 11/01/1999

UDTAGN.TIDSPUNKT : kl.
(TIL) : kl.
UDTAGET AF :
MODTAGET PÅ LAB. : 06/01/1999 kl.
ANALYSE PÅBEGYNDT: 06/01/1999 kl.
ÅRSAG : Anmodning
KOMMUNE : Fredericia

REKVIRENT: AnalyCen, Vesterballevej 4, 7000 Fredericia
PRØVESTED: Vesterballevej 4
AnalyCen
Sagsnavn: Kruger, Horsens Gasværk. Sagsnr: 3274 975028.

PRØVE NR.:		51/99	ENHED	ANALYSEMETODE	USIK.
		Vandprøve			
		B 316			
		22.5			HED
PRØVEOPLYSNINGER:					
Analyserapportnummer		A24			
PRØVEUNDERSØGELSER:					
Phenoler		.		GC/MS, KA-1-32	
Phenol		8,5	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2-methylphenol		39	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3-methylphenol	#	21	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
4-methylphenol		2,9	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,6-dimethylphenol		20	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,5-dimethylphenol	#	66	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,4-dimethylphenol		14	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3,5-dimethylphenol		100	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,3-dimethylphenol	#	36	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3,4-dimethylphenol		26	µg/l	GC/MS, KA-1-32	

Tegnforklaring : # ikke akkrediteret < mindre end > større end mod. = modificeret

BEMÆRKNINGER:
Resultaterne fremsendes ukommenterede.

Hans Søgaard

Resultater af laboratorieanalyser gælder kun for den analyserede prøve.
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed. Anden gengivelse kræver skriftlig tilladelse fra laboratoriet.

Høgevej 25 · 6705 Esbjerg Ø • Tlf. 75 14 05 22 · Telefax 75 14 07 59

Levnedsmiddelkontrollen i Esbjerg

DANAK
Reg nr 375

Analyserapport

PRØVE NR.:	51/99	ENHED	ANALYSEMETODE	USIK.
	Vandprøve			
	B 316			
	22.5			HED

SENDT TIL: AnalyCen

Resultater af laboratorieanalyser gælder kun for den analyserede prøve.
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed. Anden gengivelse kræver skriftlig tilladelse fra laboratoriet.

Høgevej 25 · 6705 Esbjerg Ø • Tlf. 75 14 05 22 · Telefax 75 14 07 59

Levnedsmiddelkontrollen i Esbjerg

DANAK
Reg nr 375

Analyserapport

VAND

AnalyCen
Vesterballevej 4
7000 Fredericia

ESBJERG, DEN : 11/01/1999

UDTAGN.TIDSPUNKT : kl.
(TIL) : kl.
UDTAGET AF :
MODTAGET PÅ LAB. : 06/01/1999 kl.
ANALYSE PÅBEGYNDT: 06/01/1999 kl.
ÅRSAG : Anmodning
KOMMUNE : Fredericia

REKVIRENT: AnalyCen, Vesterballevej 4, 7000 Fredericia
PRØVESTED: Vesterballevej 4
AnalyCen
Sagsnavn: Kruger, Horsens Gasværk. Sagsnr: 3274 975028.

PRØVE NR.:		52/99	ENHED	ANALYSEMETODE	USIK.
		Vandprøve			
		B 317			
		22.6			HED
PRØVEOPLYSNINGER:					
Analyserapportnummer		A25			
PRØVEUNDERSØGELSER:					
Phenoler		.		GC/MS, KA-1-32	
Phenol		10	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2-methylphenol		20	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3-methylphenol	#	25	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
4-methylphenol		15	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,6-dimethylphenol		130	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,5-dimethylphenol	#	75	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,4-dimethylphenol		420	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3,5-dimethylphenol		290	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,3-dimethylphenol	#	58	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3,4-dimethylphenol		60	µg/l	GC/MS, KA-1-32	

Tegnforklaring : # ikke akkrediteret < mindre end > større end mod. = modificeret

BEMÆRKNINGER:
Resultaterne fremsendes ukommenterede.

Hans Søgaard

Resultater af laboratorieanalyser gælder kun for den analyserede prøve.
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed. Anden gengivelse kræver skriftlig tilladelse fra laboratoriet.

Høgevej 25 · 6705 Esbjerg Ø • Tlf. 75 14 05 22 · Telefax 75 14 07 59

Levnedsmiddelkontrollen i Esbjerg

DANAK
Reg nr 375

Analyserapport

PRØVE NR.:	52/99	ENHED	ANALYSEMETODE	USIK.
	Vandprøve			
	B 317			
	22.6			HED

SENDT TIL: AnalyCen

Resultater af laboratorieanalyser gælder kun for den analyserede prøve.
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed. Anden gengivelse kræver skriftlig tilladelse fra laboratoriet.

Høgevej 25 · 6705 Esbjerg Ø • Tlf. 75 14 05 22 · Telefax 75 14 07 59

Levnedsmiddelkontrollen i Esbjerg

DANAK
Reg nr 375

Analyserapport

VAND

AnalyCen
Vesterballevej 4
7000 Fredericia

ESBJERG, DEN : 11/01/1999
UDTAGN.TIDSPUNKT : kl.
(TIL) : kl.
UDTAGET AF :
MODTAGET PÅ LAB. : 06/01/1999 kl.
ANALYSE PÅBEGYNDT: 06/01/1999 kl.
ÅRSAG : Anmodning
KOMMUNE : Fredericia

REKVIRENT: AnalyCen, Vesterballevej 4, 7000 Fredericia
PRØVESTED: Vesterballevej 4
AnalyCen
Sagsnavn: Kruger, Horsens Gasværk. Sagsnr: 3274 975028.

PRØVE NR.:		53/99	ENHED	ANALYSEMETODE	USIK.
		Vandprøve			
		B 318			
		22.7			HED
PRØVEOPLYSNINGER:					
Analyserapportnummer		A26			
PRØVEUNDERSØGELSER:					
Phenoler		.		GC/MS, KA-1-32	
Phenol		2,5	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2-methylphenol		640	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3-methylphenol	#	210	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
4-methylphenol		25	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,6-dimethylphenol		250	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,5-dimethylphenol	#	310	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,4-dimethylphenol		700	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3,5-dimethylphenol		370	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
2,3-dimethylphenol	#	160	µg/l	GC/MS, KA-1-32	
3,4-dimethylphenol		190	µg/l	GC/MS, KA-1-32	

Tegnforklaring : # ikke akkrediteret < mindre end > større end mod. = modificeret

BEMÆRKNINGER:
Resultaterne fremsendes ukommenterede.

Hans Søgaard

Resultater af laboratorieanalyser gælder kun for den analyserede prøve.
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed. Anden gengivelse kræver skriftlig tilladelse fra laboratoriet.

Høgevej 25 · 6705 Esbjerg Ø • Tlf. 75 14 05 22 · Telefax 75 14 07 59

Levnedsmiddelkontrollen i Esbjerg

DANAK
Reg nr 375

Analyserapport

PRØVE NR.:	53/99	ENHED	ANALYSEMETODE	USIK.
	Vandprøve			
	B 318			
	22.7			HED

SENDT TIL: AnalyCen

Resultater af laboratorieanalyser gælder kun for den analyserede prøve.
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed. Anden gengivelse kræver skriftlig tilladelse fra laboratoriet.

Høgevej 25 · 6705 Esbjerg Ø • Tlf. 75 14 05 22 · Telefax 75 14 07 59