Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen

Nr. 9 1997

Air sparging fra horisontal boring

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen
Nr. 9 1997

Air sparging fra horisontal boring

Erfaringer ved undersøgelser, etablering og tests

Rasmussen & Schiøtz Anlæg A/S
Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Viborg Amt

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**

Miljøstyrelsen vil, når lejlighed gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende udrednings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at den pågældende rapport giver udtryk for Miljøstyresens synspunkter eller holdning.

Offentliggørelsen af rapporten betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt bidrag i erfaringsopsamlingen om anvendelsen af nyere teknikker til forureningsfjernelse.

Indhold

1. INDLEDNING OG BAGGRUND **6**

2. FORURENINGSSITUATION OG AFVÆRGEKONCEPT **9**

2.1 Geologi og forureningssituation 9
2.1.1 Geologi og hydrogeologi *9*
2.1.2 Forureningskilde / Jordforurening *9*
2.1.3 Grundvandsforurening *13*
2.1.4 Poreluftforurening *15*
2.2 Afværgekoncept 15

3. TILRETTELÆGGELSE AF BOREARBEJDET **19**

3.1 Planlægning af borearbejde 19
3.2 Valg af boremudder 20
3.3 Valg af navigationssystem 20
3.4 Valg af anlægsdele 20

4. DET GENNEMFØRTE BORE- OG ANLÆGSARBEJDE **23**

4.1 Boring af pilothul 23
4.2 Forreaming 25
4.2.1 Reaming til endelig størrelse *25*
4.3 Installation af rør/filter og packere 25
4.4 Tidsforbrug 28

5. TEST AF AFVÆRGEANLÆG I KILDEOMRÅDET **29**

5.1 Vakuum- og trykudbredelse 29
5.2 Tracertest 32
5.3 Prøvekørsel af anlæg 34
5.4 Sammenfatning 34

6. ØKONOMI OG TIDSRAMMER **35**

6.1 Undersøgelser 35
6.2 Skitseprojekt 35
6.3 Tests 35
6.4 Projektering og udbud 36
6.5 Anlæg 36
6.6 Bygherretilsyn 36
6.7 Årlige driftsudgifter 36
6.8 Sammenfatning 36

7. REFERENCELISTE **38**

Forord

Denne arbejdsrapport har til formål at videreformidle erfaringer fra etableringen af en styret horisontal underboring til brug for air sparging.

Air sparging fra horisontale boringer har fortrinsvis været anvendt i USA til fjernelse af bl.a. flygtige stoffer i den mættede zone, men har ikke tidligere været anvendt til oprydning af affaldsdepoter i Danmark.

Etableringen af boringen er foregået i et samarbejde mellem Rasmussen & Schiøtz Anlæg A/S, Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S og Directed Technologies Drilling Inc., San Francisco, USA.

Denne rapport tager udgangspunkt i en konkret affaldsdepotsag i byen Aalestrup i Viborg Amt, hvor der tidligere har været drevet et renseri med anvendelse af tetrachlorethylen (PCE). Nu anvendes den tidligere renseribygning til boligformål.

Der er konstateret en forurening af den øverste del af det fri sekundære magasin. Byens vandværk, som er beliggende ca. 90 m fra det tidligere renseri, indgår i amtets og kommunens fremtidige vandressource- og vandforsyningsplanlægning. Der indvindes grundvand, som er uforurenet og af god, naturlig kvalitet, hvorfor afværgeforanstaltninger mod den konstaterede forurening blev prioriteret højt af amtet.

I afværgeforanstaltningerne indgår der også vakuumekstraktion for at imødegå indeklimaproblemer og nedstrøms afværgeoppumpning af den distale del af forureningsfanen for at afskære forureningen.

Med udgangspunkt i den konkrete sag gennemgås undersøgelser og tests før og efter etablering af den horisontale boring. Det omfatter bl.a. en beskrivelse af forhold vedrørende:

- Valg af boremaskine og teknik (reamer og boremudder)
- Valg af rørmateriale, filtertype og packere
- Økonomi for denne sag og et skøn over den generelle pris pr. meter boring

Viborg Amt og Miljøstyrelsen har i fællesskab foreslået og valgt air spargingmetoden, og Miljøstyrelsen har efter indstilling fra Viborg Amt godkendt og finansieret etableringen af afværgeforanstaltningen, hvori den horisontale air spargingboring indgår.

Det skal for en god ordens skyld nævnes, at projektet vil blive afsluttet af Viborg Amt som følge af uddelegeringen af affaldsdepotområdet fra Miljøstyrelsen til amterne pr. 1. juli 1996.

Arbejdsgruppen består af følgende:

Lene Hartmann og Leif Jensen, Rasmussen & Schiøtz Anlæg A/S

Tom Heron og Børge Hvidberg, Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S

Line Højgaard Henriksen og Hans Fredborg, Viborg Amt

Kim Dahlstrøm, Miljøstyrelsen

Miljøstyrelsen har finansieret udgivelsen af denne rapport, som er skrevet i samarbejde med de øvrige deltagende parter. Det er håbet, at rapporten vil kunne bidrage til videreformidlingen af de opnåede erfaringer.

Miljøstyrelsen takker Rasmussen & Schiøtz Anlæg A/S, Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S og Viborg Amt for de ydede bidrag til rapporten.

Kim Dahlstrøm, Miljøstyrelsen

1. Indledning og baggrund

Denne arbejdsrapport omhandler oprensning af forurening med chlorerede opløsningsmidler på et tidligere renseri ved en kombination af vakuumekstraktion, air sparging og afværgepumpning.

Renseriet ligger i Aalestrup i Viborg Amt og har været drevet med en tetrachlorethylen-baseret rensemaskine i perioden fra 1970-1985. Lokaliteten er registreret efter affaldsdepotloven og anvendes p.t. som bolig.

Lokalitetens beliggenhed nær indvindingsboringer for Aalestrup Vandværk og omfanget af den kortlagte forurening, primært med tetrachlorethylen (PCE) i grundvand og poreluft under bygninger, har medført, at der er vurderet behov for afværgeforanstaltninger. Beliggenheden af renseriet og Aalestrup Vandværk fremgår af figur 1.

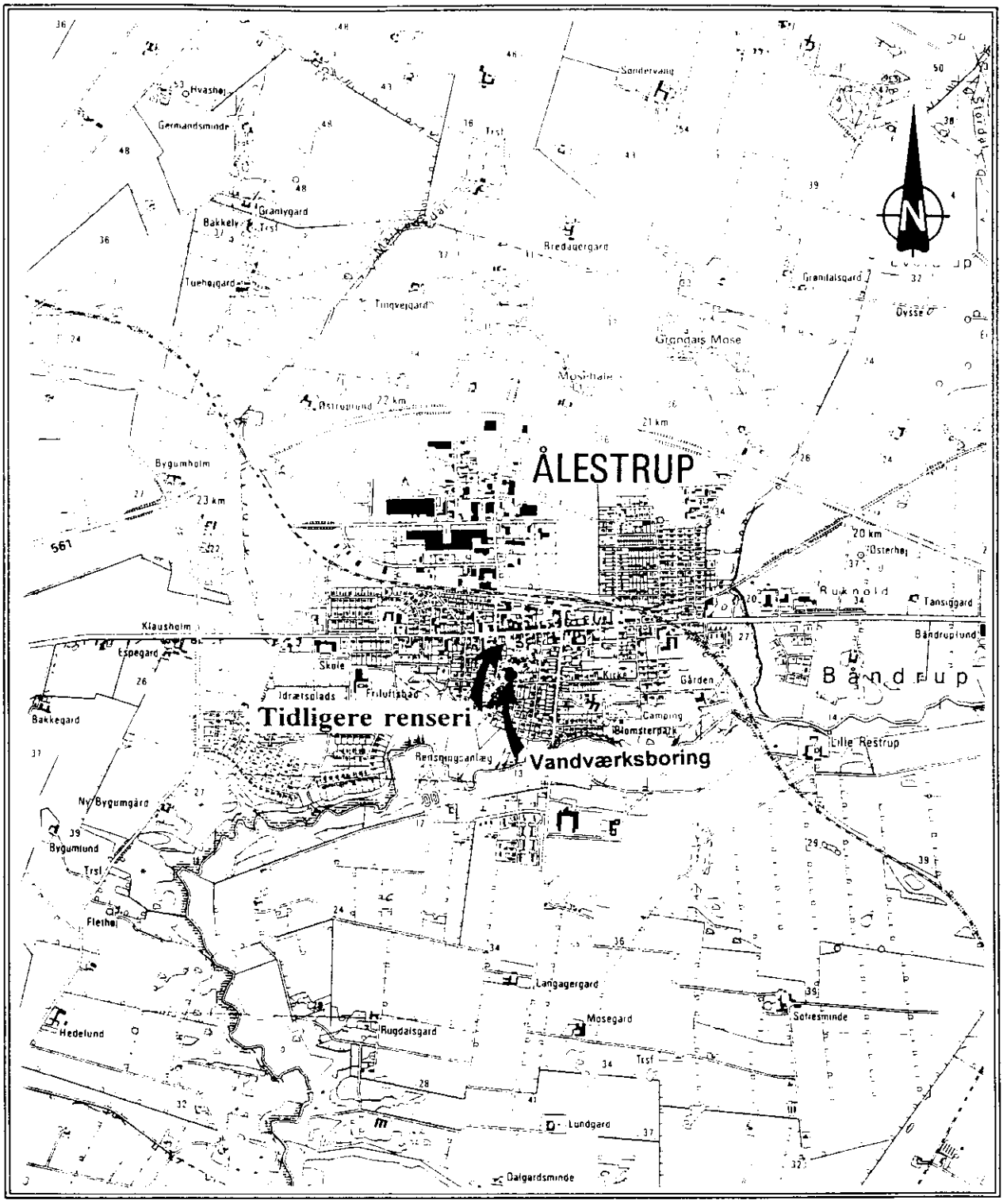
Forureningsundersøgelserne forud for etablering af afværgesystemet er udført for Viborg Amt af Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S (NNR) i 1994, 1995 og 1996.

Undersøgelserne har vist, at grundvandsforureningens høje niveauer er afgrænset til toppen af det øvre grundvandsmagasin. Viborg Amt og Miljøstyrelsen har derfor valgt, at oprensningen af grundvandsforureningen ved renseriet kan foretages ved air sparging fra en horisontal boring under det tidligere renseri etableret ved hjælp af retningsstyret underboringsteknik.

Der er derfor i foråret 1996 gennemført et indledende projekt med etablering af én horisontal styret underboring, der efterfølgende indgår i afværgeprojektet på lokaliteten.

Rapporten indeholder dokumentation af air sparging teknikkens anvendelighed på den aktuelle lokalitet samt tilvejebringelse af det nødvendige grundlag for den endelige planlægning og projektering af afværgeforanstaltningerne. Herunder specielt at få fastlagt influenszonen omkring den horisontale air sparging boring, med henblik på at vurdere behovet for yderligere horisontale boringer.

Etableringen af projektet er udført for Viborg Amt og Miljøstyrelsen. Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S (NNR) har fungeret som bygherrerådgiver, mens Rasmussen & Schiøtz Anlæg A/S (R&S) har udført den styrede horisontale underboring.



Mål 1:25.000

Figur 1

Viborg Amt
Tidligere renseri, Aalestrup
OVERSIGTSPLAN

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Agerlandsvej 16, DK-8600 Viborg

For med stor grad af sikkerhed at opnå en tilfredsstillende funktion af den horisontale air sparging boring er design- og anlægsfasen for boringen udført i samarbejde med Directed Technologies Drilling Inc., USA (DTD), som er specialiseret i planlægning, projektering og tilsyn med horisontale styrede underboringer.

På grundlag af de udførte undersøgelser, de etablerede lodrette boringer til vakuumekstraktion, den horisontale boring (HW-1) til air sparging og tests, er det besluttet at gennemføre afværgeforanstalt- ningerne på lokaliteten med idriftsættelse i januar 1997.

2. Forureningssituation og afværgekoncept

Dette afsnit indledes med en kort beskrivelse af geologi, hydrogeologi og forureningssituation i området omkring og nedstrøms det tidligere renseri på baggrund af de udførte undersøgelser /1-6/. Herefter gives en overordnet beskrivelse af det valgte afværgekoncept og boreentreprenørens krav til datagrundlag forud for etableringen af horisontale boringer.

2.1 Geologi og forureningssituation

2.1.1 Geologi og hydrogeologi

Det geologiske basisdatakort (1216 II SV) samt observationer og sigteanalyser (figur 2) i forbindelse med forureningsundersøgelserne viser, at der i området i Aalestrup træffes sandede og lerede jordlag til ca. 2-4 m.u.t., hvorunder der er finkornet, let siltet sand til mellem ca. 19,5 og 23 m.u.t. Herunder træffes et ca. 17 m tykt lag af smeltevandsler til ca. 37-40 m.u.t. Under smeltevandsleret er der et vandførende lag af groft og gruset smeltevandssand til minimum 48 m.u.t.

Områdets øvre grundvandsmagasin er knyttet til det terrænnære finkornede sandlag og har ved det tidligere renseri et frit vandspejl ca. 7,5 m.u.t. Det nedre grundvandsmagasin i området udgøres af det nedre sandlag med trykniveau omkring 5-8 m.u.t. Magasinet vurderes lokalt velbeskyttet af laget af smeltevandsler. Den geologiske lagfølge indtil ca. 23 m.u.t. er illustreret i figur 3.

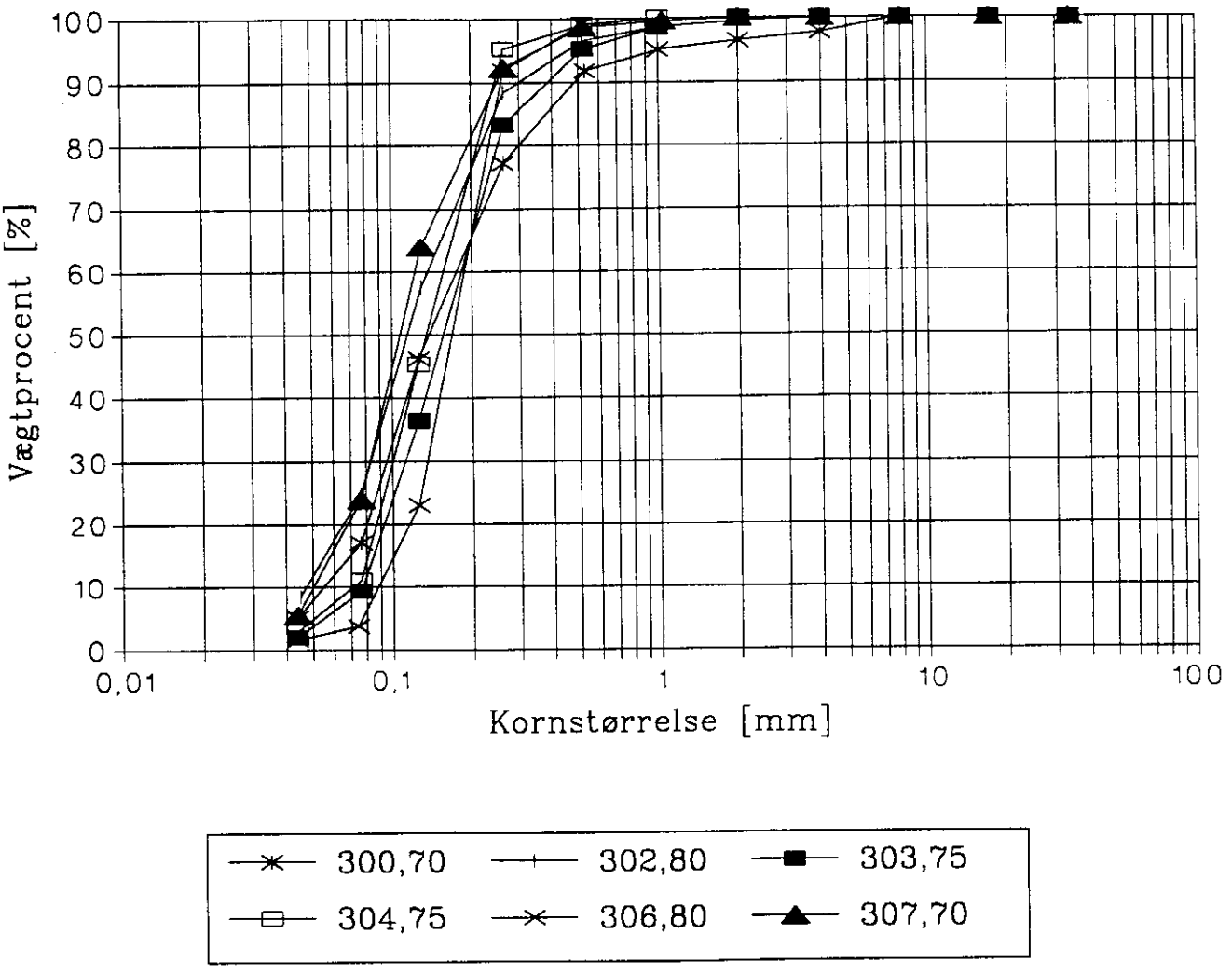
De udførte pejlerunder på lokaliteten /1-4/ dækker størstedelen af et år, og der ses ingen tegn på nævneværdige årstidsbetingede variationer i strømningsretningen for det øvre grundvandsmagasin. Grundvandet strømmer i syd-sydvestlig retningen jf. figur 4.

Ifølge GEUS's grundvandspotentialekort (1216) er den overordnede grundvandsstrømning i områdets nedre grundvandsmagasin sydlig mod Simested Å umiddelbart syd for byen.

2.1.2 Forureningskilde / Jordforurening

De udførte undersøgelser på renserigrunden viser, at den trufne forurening sandsynligvis skyldes udslip fra utætheder på spildevandssystemet fra det tidligere renseri /3/.

Ved spildevandssystemet er der dog kun truffet en svag jordforurening med maksimale niveauer for PCE og TCE på henholdsvis 0,35 mg/kg og 0,008 mg/kg. Det trufne forureningsniveau er således markant lavere end de anbefalede jordkvalitetskriterier for begge stoffer på 5 mg/kg /8/. Jordforureningen træffes ca. 1,5 m.u.t. og er ikke afgrænset i dybden ved spildevandsledningen.

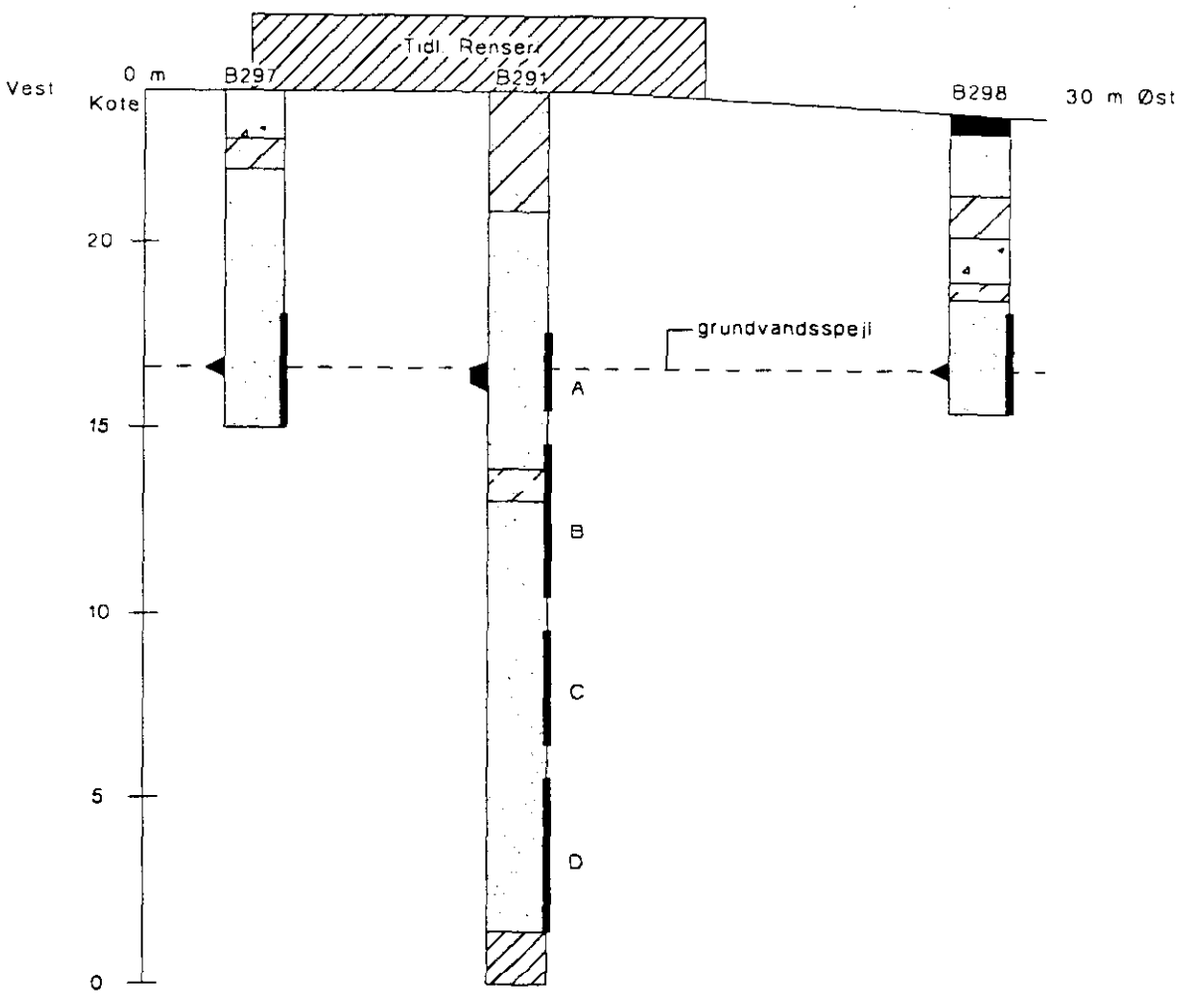


Figur 2

Viborg Amt
Tidligere renseri, Aalestrup

KORNKURVER

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Agerlandsvej 16, DK-8800 Viborg



SIGNATURER:

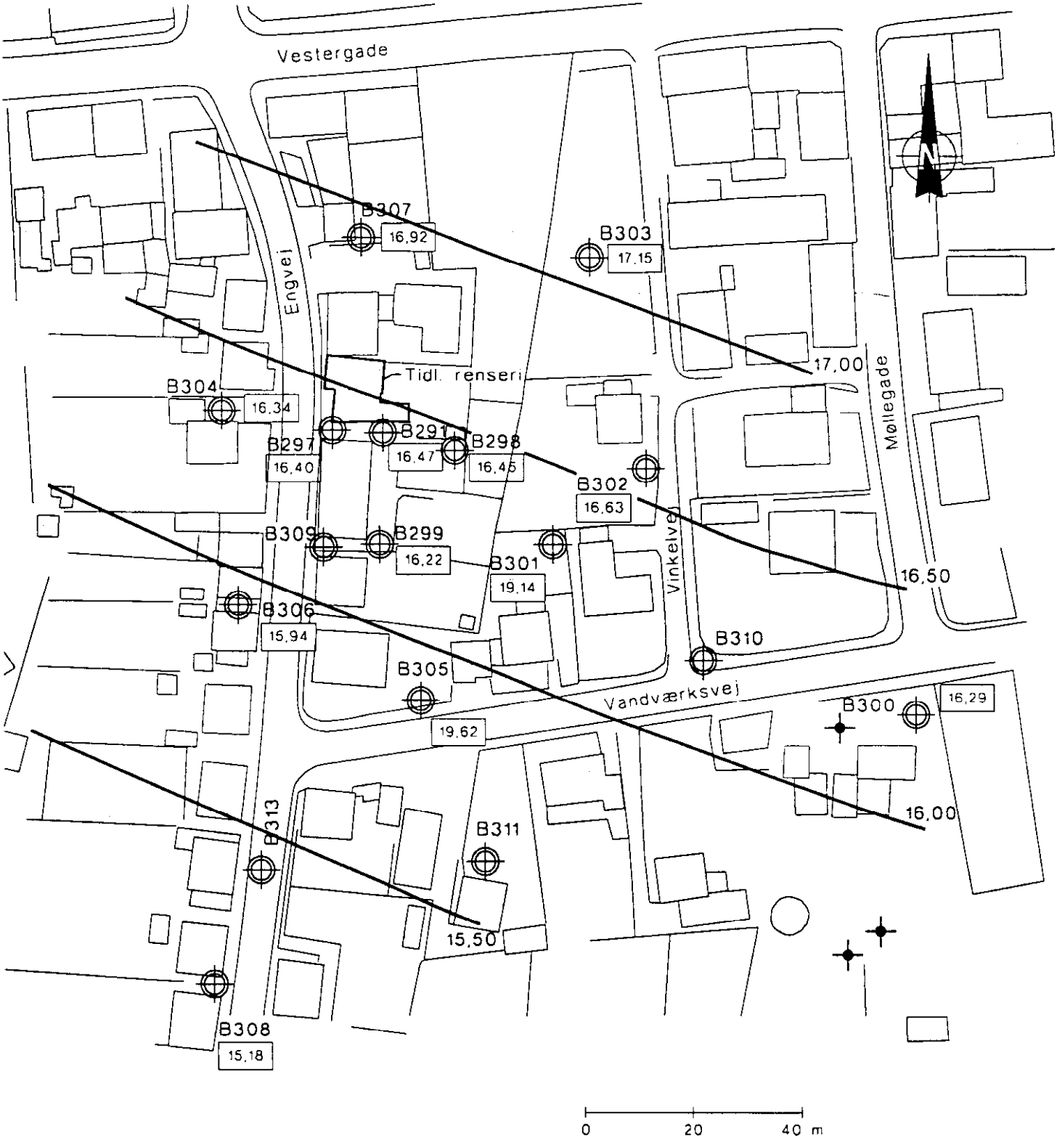
	Sand
	Ler
	Silt
	Muld
A,B,C,D	Dybdespecifikke filtre

Mål L=1:250
Mål H=1:200

Figur 3

Viborg Amt
Tidligere renseri, Aalestrup
GEOLOGISK SNIT

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Agerlandsvej 15, DK-8800 Viborg



Mål 1:1.000

SIGNATURER:

- Boring, filtersat
- Vandværksboring
- 16,63 — Trykniveau for grundvandsspejl den 12. april 1996
- Niveaukurve for grundvandspotentiale

Figur 4

Viborg Amt
Tidligere renseri, Aalestrup
GRUNDVANDSPOTENTIALE

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Agerlandsvej 16, DK-8800 Viborg

2.1.3 Grundvandsforurening

Undersøgelsesresultaterne mht. grundvandsforureningen er præsenteret i figur 5.

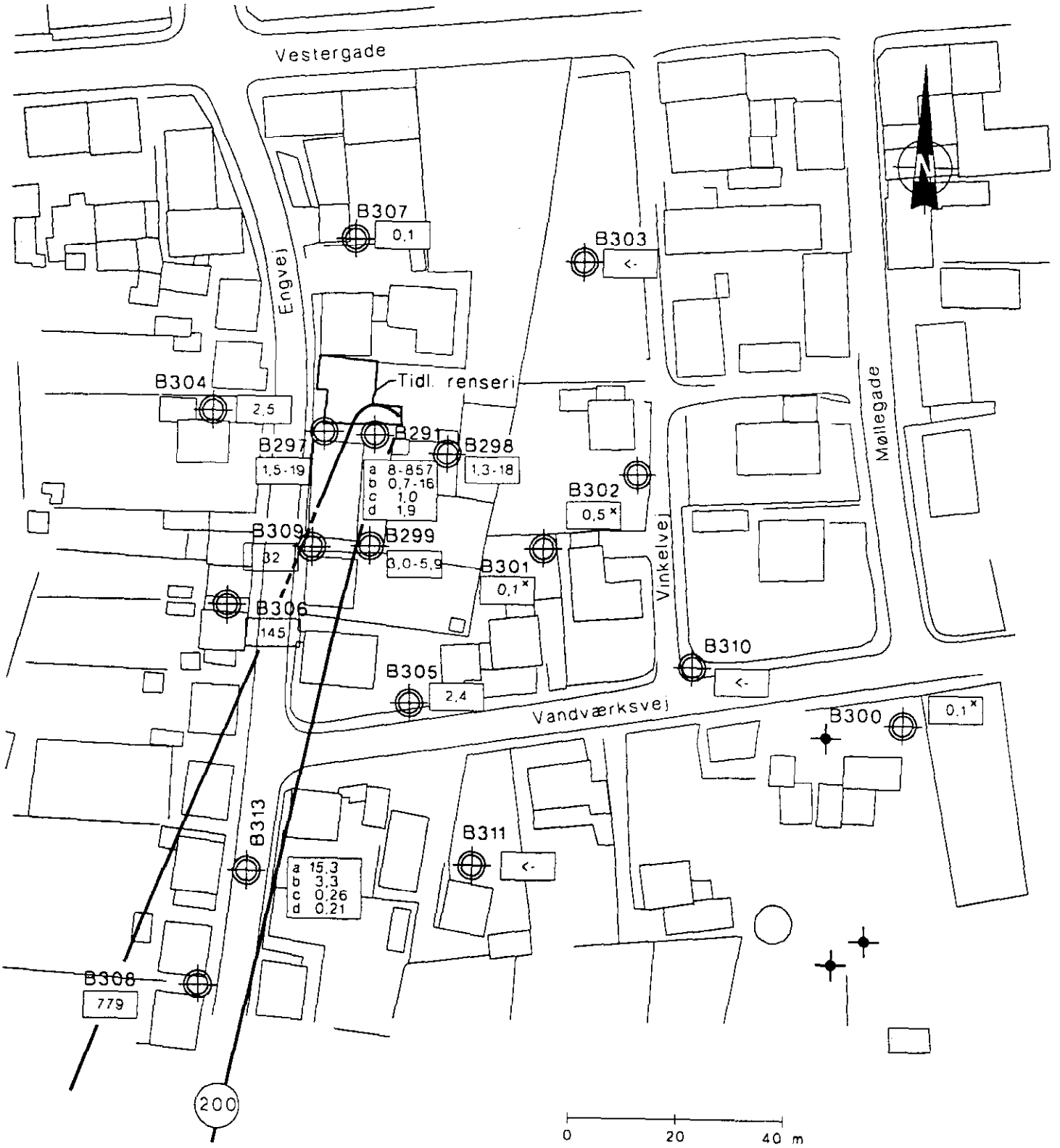
Som det fremgår, er der i kildeområdet (i B291A) målt et maksimalt indhold af klorerede opløsningsmidler svarende til summen af PCE og TCE på 587 µg/l i toppen af grundvandszonen. Herfra aftager grundvandsforureningen markant mod vest, nord og øst, mens der i grundvandets strømningsretning mod syd-sydvest er påvist en relativt smal og lang forureningsfane i toppen af det sekundære magasin. Således er der centralt i fanen i B308 ca. 110 m nedstrøms kildeområdet påvist et indhold af klorerede opløsningsmidler på 779 µg/l. Forureningsfanen er desuden lokaliseret ved poreluftmålinger og grundvandsanalyse ca. 230 m nedstrøms renseriet i strømningsretningen for grundvandet, med et indhold af klorerede opløsningsmidler på i alt 90 µg/l.

Den vertikale fordeling af grundvandsforureningen er undersøgt dels i kildeområdet ved renseriet (B291) og dels ca. 80 m nedstrøms kildeområdet i B313. På figur 5 ses forureningsfanens udbredelse og placeringen af boring B291 og B313, som har filtre i forskellige dybder.

Begge boringer er filtersat i 4 dybdeintervaller (se figur 3), og vandanalyser har vist, at grundvandsforureningen aftager meget markant med dybden i magasinet. Prøverne fra de to dybeste filtre har således et indhold af tetrachlorethylen under eller på niveau med det anbefalede grundvandskriterium på 1 µg /1,8/. Det skønnes således, at den væsentligste grundvandsforurening træffes indenfor de øverste ca. 2,5 m af det øvre grundvandsmagasin.

De udførte vandanalyser viser generelt moderate til lave indhold af PCE, og på baggrund heraf vurderes der ikke at være tegn på tilstedeværelse af væsentlige puljer PCE på fri fase terrænnært eller på større dybder i det øvre grundvandsmagasin.

Grundvandsindvindingen til Aalestrup Vandværk er af stor betydning for den samlede vandforsyning i området, og grundvandskvaliteten er god. Vandværket indvinder fra det nedre magasin fra 30-49 m.u.t. Tritiumanalyser fra 1995 viser, at der indvindes grundvand dannet før ca. 1960, og der er ikke truffet tegn på forureningspåvirkning.



Mål 1:1.000

SIGNATURER:

- Boring, filtersat
- Vandværksboring
- 145 — Indhold af PCE + TCE (ug/l)
- x — Trichlormethan
- 200 — Isolinie for PCE + TCE (ug/l)

Figur 5

Viborg Amt
Tidligere renseri, Aalestrup
GRUNDVANDSFORURENING MED PCE OG TCE

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Agerlandsvej 16, DK-8800 Viborg

Vandværkets nærmeste indvindingsboring ligger ca. 90 m fra det tidligere renseri, som vist på figur 5.

I Viborg Amts prioritering af grundvandsmagasiner tillægges beskyttelse af det nedre magasin under Aalestrup stor vægt.

På denne baggrund blev det besluttet at iværksætte afværgeforanstaltninger overfor den trufne grundvandsforurening.

2.1.4 Poreluftforurening

Den kortlagte poreluftforurening umiddelbart over grundvandsspejlet er illustreret i figur 6.

Det fremgår, at der er truffet markant poreluftforurening i den umættede zone i et større område omkring det tidligere renseri og i området over grundvandsforureningsfanen nedstrøms renseriet. Det maksimale indhold af PCE i poreluften på 990 mg/m^3 er truffet i B291 umiddelbart nedstrøms renseriet.

Undersøgelser af forureningsniveauet under gulve i bygninger i det berørte område har - kombineret med diffusionsberegninger - vist, at poreluftforureningen kan medføre risiko for uacceptable påvirkninger af indeklimaet i bygninger på og nær det tidligere renseri samt over grundvandsfanen umiddelbart nedstrøms renseriet. Under gulvet på renseribygningen er der påvist op til 84 mg PCE/m^3, mens diffusionsberegninger viser, at det højest acceptable niveau under gulvet er ca. 0,5 mg/m^3.

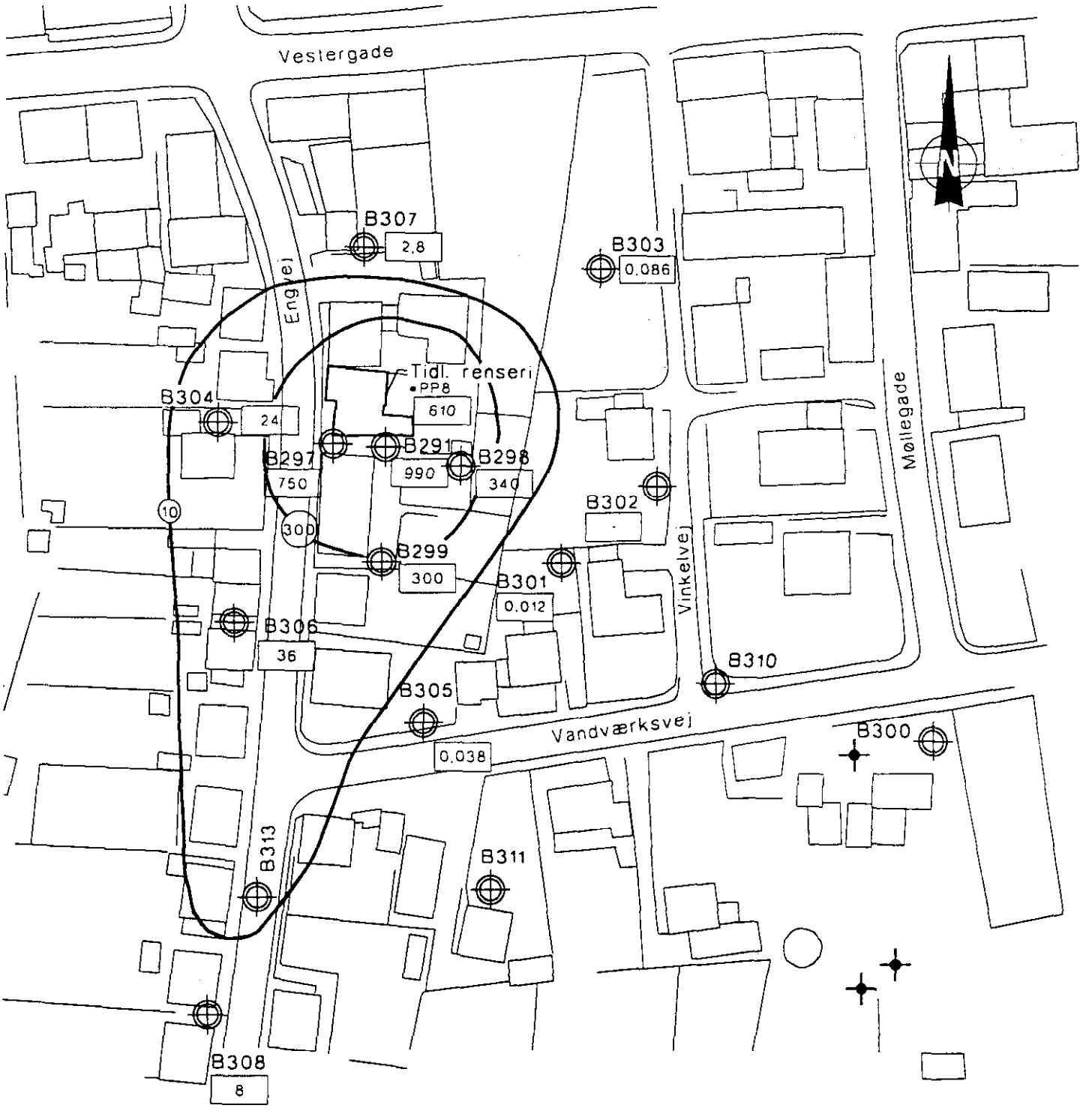
Der er derfor vurderet behov for afværgeforanstaltninger overfor den kortlagte poreluftforurening.

2.2 Afværgekoncept

Som nævnt indledningsvis er det, blandt andet på baggrund af det i denne rapport beskrevne projekt, besluttet at gennemføre afværgeforanstaltningerne ved en kombination af air sparging fra en horisontal boring, afværgepumpning og vakuumekstraktion.

Grundvandsforureningen i kildeområdet - umiddelbart under og nedstrøms det tidligere renseri - søges oprenset ved air sparging fra et horisontalt filter etableret ved styret underboring som vist på figur 7. Dette er valgt, da undersøgelserne i /1-6/ har vist, at grundvandsforureningen er afgrænset til toppen af det terrænnære magasin, og det således er muligt at opnå behandling af den væsentligste del af grundvandsforureningen i kildeområdet.

Princippet i oprensningen er, at det letflygtige PCE strippes fra grundvandet til den indblæste luft, som efterfølgende stiger op i den umættede zone, hvor den fjernes ved vakuumekstraktionen.



Mål 1:1.000

SIGNATURER:

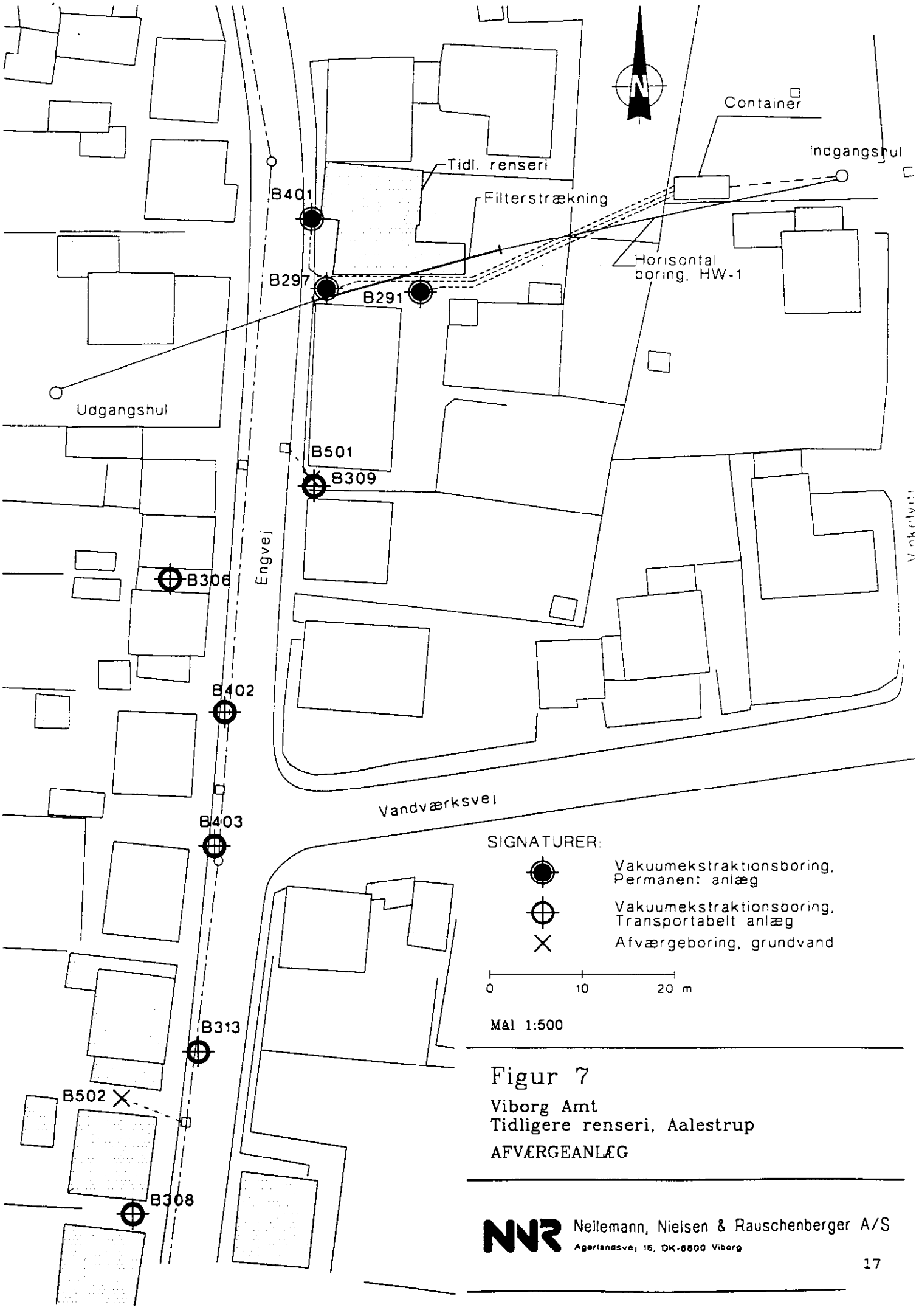
- Boring, filtersat
- Vandværksboring
- 610 — PCE (mg/m³)
- 10 — Isoline for PCE 10 mg/m³, 5,5-7,5 m.u.t.

Figur 6

Viborg Amt
Tidligere renseri, Aalestrup

PCE I PORELUFT 5,5–7,5 M.U.T.

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Agerlandsvej 16, DK-8800 Viborg



Figur 7

Viborg Amt
Tidligere renseri, Aalestrup
AFVÆRGEANLÆG

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Agertandsvej 16, DK-8800 Viborg

Grundvandsforureningen afværges i området indtil ca. 120 m fra den nærmeste af Aalestrup Vandværks i alt 3 indvindingsboringer. Denne zone betegnes vandværkets "nærfelt" og er fastlagt på baggrund af nogle grove overslagsberegninger af indfangningszonen af grundvand, som strømmer til vandværkets indvindingsboringer /7/.

Grundvandsforureningsfanen nedstrøms renseriet afværges i området opstrøms/sideværts vandværket ved traditionel afværgepumpning fra 2 boringer. Afværgeboringerne er vist på figur 7. Dette er valgt, idet grundvandsforureningsfanen nedstrøms renseriet tilsyneladende udelukkende udgøres af opløsningsmidler på opløst form og ikke fri fase. Erfaringer fra litteraturen viser, at opløst grundvandsforurening med chlorerede opløsningsmidler kan reduceres afgørende ved afværgepumpning, såfremt kilden til grundvandsforureningen samtidig afskæres.

Afværgepumpningen i det sekundære magasin er indrettet til at omfatte den del af forureningsfanen, som har et PCE-indhold over 10 µg/l og ligger indenfor nærfeltet.

Poreluftforureningen i kildeområdet afværges ved vakuumekstraktion fra i alt 3 stk. vertikale boringer med et permanent anlæg, mens poreluftforureningen over grundvandsfanen indtil ca. 100 m nedstrøms renseriet oprenses fra ca. 4-5 boringer ved hjælp af et transportabelt vakuumekstraktionssystem. Dette er valgt, da felttests med lignende systemer har dokumenteret passende store influenszoner og høj oprensningseffekt /3, 4, 5/.

3. Tilrettelæggelse af borearbejdet

Borearbejdet fastlægges udfra en samlet vurdering af forundersøgelserne, og i det følgende angives det i parentes, hvem der typisk er ansvarlig for hver enkelt del.

- Fastlæggelse af endelig placering af boringen, såvel horisontalt som vertikalt (rådgiver).

- Fastlæggelse af filterrørets dimension, beskrivelse af boringens filtersætning herunder hulstørrelse i røret, maskestørrelse på væv og eventuel afpropning af ikke blindrørsstrækninger (rådgiver).

- Valg af borerig af hensyn til den ønskede borekraft, der skal være til rådighed (entreprenør).

- Valg af boreværktøj herunder udformning og ståltype på skær og reamere, dette bestemmes af de geologiske forhold (entreprenør).

- Valg af styresystem af hensyn til obstruktioner over det endelige tracé, samt eventuelle forhindringer (sten eller lign.) i jorden, der kan forstyrre signalet fra styresonden (entreprenør).

- Valg af boremudderets sammensætning så den ønskede nedbrydningstid af mudderet opnås, herved forhindres tilslemning af filteret (entreprenør).

3.1 Planlægning af borearbejde

I Aalestrup er borearbejdet tilrettelagt på basis af resultaterne af de foretagne undersøgelsesboringer, og den udleverede plantegning for den ønskede air spargingboring. De fysiske forhold på stedet er bestemmende for boreriggens placering, og for håndtering af den sammensvejste rørstamme på ca. 90 meter, som skal installeres.

Den valgte reamertype (bore-fræsehoved) er en kombinationsreamer. Oprindeligt en ombygget compacterreamer, der er ændret, så reameren også fungerer som en cutterreamer. Herved opnås to ting, dels at de gennemborede formationer ikke komprimeres og fortrænges i et omfang, som forhindrer den ønskede air spargingseffekt, og dels at den anvendte boremudder, på grund af den glatte del af reameren, presses ud i formationens i væg, så denne stabiliseres. Figur 8 viser et eksempel på kombinationsreamer og cutterreamer.

De fysiske forhold på stedet har ligeledes indflydelse på placering af mixeranlæg til blanding af boremudder. For at opnå den bedst mulige kvalitet på boremudderet, skal blandingen foregå under omrøring i op til

8 timer. Ved placering af mixeranlæg, skal der tages hensyn til motorstøj i forhold til beboelse og ønsket om kort afstand til borerig.

3.2 Valg af boremudder

Der er primært 3 ting, som skal opfyldes ved valg af boremuddertype, nemlig at boremudderet er hurtigt nedbrydeligt, så filter og perforering i rør ikke tilslemmes, at boremudderet skal sammensættes, så det er i stand til at stabilisere borehullets væg (sandede aflejringer) mod sammenstyrtning, samt udligne vandtrykket i den aktuelle boredybde.
Endelig skal boremudderet "smøre" boringen, så friktionen nedsættes maksimalt mellem rør og borehullets væg.

For at opnå de ovenfor beskrevne egenskaber, er en boremudder af vandbaseret polymertype svarende til typen DanMud Xan-Vis XCP valgt til opgaven. Nedbrydningstiden på den valgte mudder er 12 timer, og der er medgået ca. 100 kg tørstof og 8000 liter ferskvand til den anvendte muddermængde.

Efter installation og forsegling af filterstrækningen er boringen udviklet ved højtryksinjektion af en chloridopløsning på 0,5 % til fjernelse af boremudder og derefter renpumpet.

3.3 Valg af navigationssystem

Typisk kan der vælges mellem 2 navigationssystemer, som begge er radiosignalbaserede - et trådløst såkaldt walk-over system, og et kabelsystem.

Walk-over systemet som bruges til de fleste forekomne opgaver, er væsentlig hurtigere at anvende end kabelsystemet. Kabelsystemet bruges kun i tilfælde, hvor terræn eller forhold i tracéen umuliggør færdsel på overfladen i tracéen, og hvor der forekommer så store magnetiske forstyrrelser, at trådløse signaler bliver unøjagtige. Under bygninger kan såvel walk-over systemet som kabel systemet anvendes.

Det trådløse styresystem kan bruges til dybder fra 0-25 meter, kabelsystemet har ingen dybdebegrænsning. Det trådløse styresystem er valgt til opgaven i Aalestrup.

3.4 Valg af anlægsdele

I hele projektforløbet er det valgt at inddrage Directed Technologies Drilling Inc.'s (DTD) erfaringer fra planlægning og installering af mere end 140 horisontale boringer i USA. Således er design af air sparging

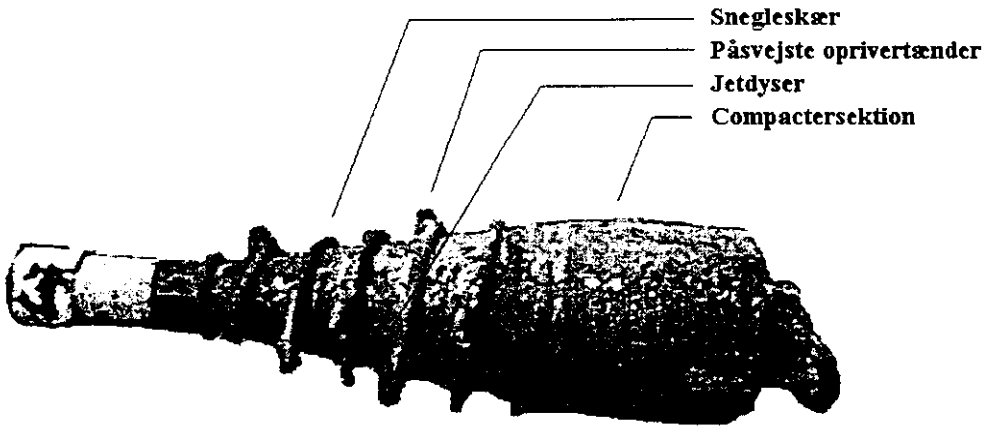
filteret, materialevalg til filter/blindrør/packere/boremudder mv., boring/udvidelse af pilothul, installation/forsegling af filteret og den efterfølgende udvikling af boringen foretaget efter anvisning fra DTD.

I kapitel 4 gives en beskrivelse af anlægsarbejdet og de installerede rør, packere mv.

Figur 8

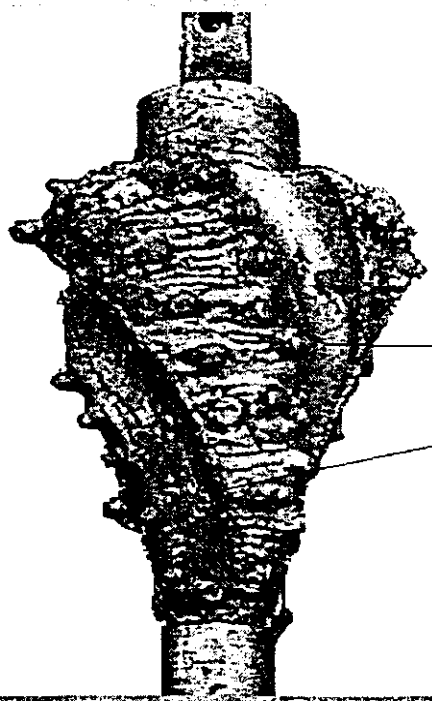
Illustrationer af Reamere

Compactreamer / Combireamer



Denne type brugt i Ålestrup

Cutterreamer



4. Det gennemførte bore- og anlægsarbejde

Til brug for udførelsen af den styrede horisontale boring i Aalestrup, blev der valgt en NAVIGATOR D24 borerig. D24 har en borekraft på 11.000 kg, borer fra 5-300 meter og til dybder på 25 meter, med rørdimensioner fra 50 til 500 mm (se figur 9).

Den horisontale boring (HW-1) er, på baggrund af de udførte undersøgelser på lokaliteten, designet til et maksimalt indblæsningsflow på 170 m^3/h ved et indblæsningstryk på 0,7 bar.

Den anvendte teknik ved udførelse af styrede underboringer er opdelt i flere deludførelser:

- Boring af pilothul
- Forreaming, hvor borehullet udvides
- Reaming til endelig størrelse
- Installation af rør/filter og packere

4.1 Boring af pilothul

Det såkaldte pilothul bores i den planlagte tracé ved fremboring med boreriggens borestænger. På den første borestang er påmonteret et jethoved som indeholder en radiosender (sonde) og et asymmetrisk placeret borestål.

Boremaskinen er i stand til at rotere borerørstammen, og herved bores lige frem. Dette gøres, når det er konstateret, at boringen er korrekt placeret i tracéen. Såfremt boringen begynder at afvige fra den planlagte tracé, stoppes rotationen, og borestængerne presses frem.

Det asymmetrisk placerede borestål tvinger nu borestængerne i den ønskede retning, dvs. tilbage i tracéen.

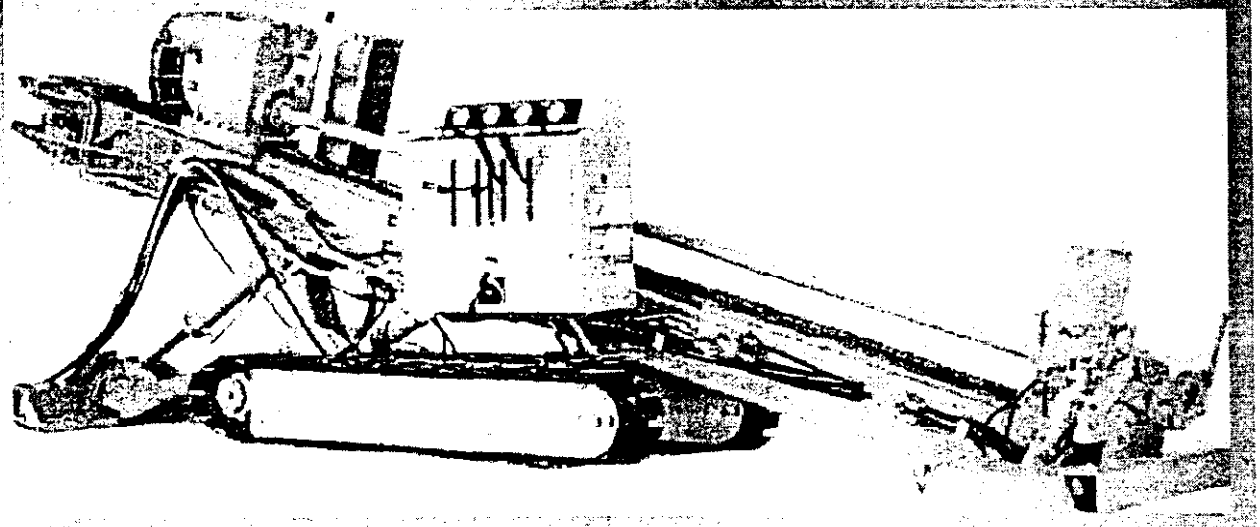
Borestålets anlægsflade placeres med reference til urskiven, idet den aktuelle og ønskede placering aflæses på navigationsudstyrets display. Når den ønskede korrektion af boringen er opnået, fortsættes denne ved rotationsboring.

Under fremboring pumpes borevand/-mudder igennem borestænger til dysserne placeret ved borestålet. Herved opnås såvel en køle-, som smøreeffekt (se figur 10).

Figur 9

RASMUSSEN & SCHIØTZ

NAVIGATOR D24



Borelængde fra 5 - 300 meter
Dybder fra 1 - 25 meter
Rørdimensioner fra 75 - 500 mm

4.2 Forreaming

Afhængig af dimensionen på det planlagte rørmedie og de aktuelle aflejringers beskaffenhed kan boreentreprenøren vælge at udføre en forreaming (eller flere).

Dette gøres, når forskellen på diameteren på det udborede pilothul, og det planlagte rør er forholdsmæssigt stor.

4.2.1 Reaming til endelig størrelse

Reameren fastgøres til den borestang, som er benyttet til pilothullet, og en ny længde borestænger fastgøres efter reameren.

Boreriggen trækker og roterer nu reameren tilbage gennem pilothullet, der udvides til reamerens udvendige diameter. Denne operation kan gentages, så en gradvis udvidelse af borehullet opnås.

Borehullets væg i formationen stabiliseres og smøres, idet boremudder løbende pumpes igennem borestænger, til dysser i reameren (se figur 11). Efter endt reaming er en ny længde borestænger efterladt i borehullet. Dette er nødvendigt for næste operation.

4.3 Installation af rør/filter og packere

Installation af det ønskede rør, her et filter, i borehullet udføres som en forreaming. Dog fastgøres rørmediet til reameren med et specielt trækhoved med indbygget svirvel og erstatter således en ny længde borestænger.

Tolerance på boringers nøjagtighed er ca. 20 cm i alle retninger i almindeligt forekomne formationer. Eventuelle afvigelser er dog fordelt over længere strækninger. Ved boringer i aflejringer med store sten o.l. kan tolerancen være større.

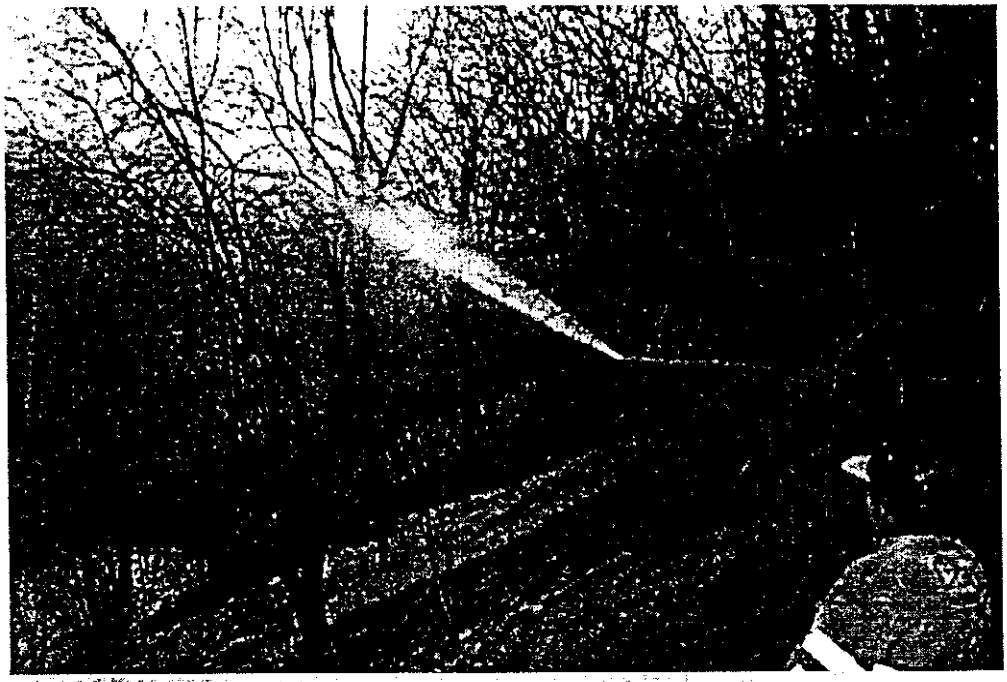
Det installerede air sparging filter er 21 m langt og udført i 10 kN HDPE-PE100 med en ydre og indre diameter på henholdsvis 90 mm og 72 mm.

Filteret er perforeret med ø4 mm cirkulære huller placeret med 20 cm's interval i filterets længderetning. Hullerne er boret radiært og vinklen mellem nabohuller er 60°. Filteret er beviklet med 2 lag grovmasket PE-net, hvorimellem der er placeret en teflondug med en hulstørrelse på 0,1 mm.

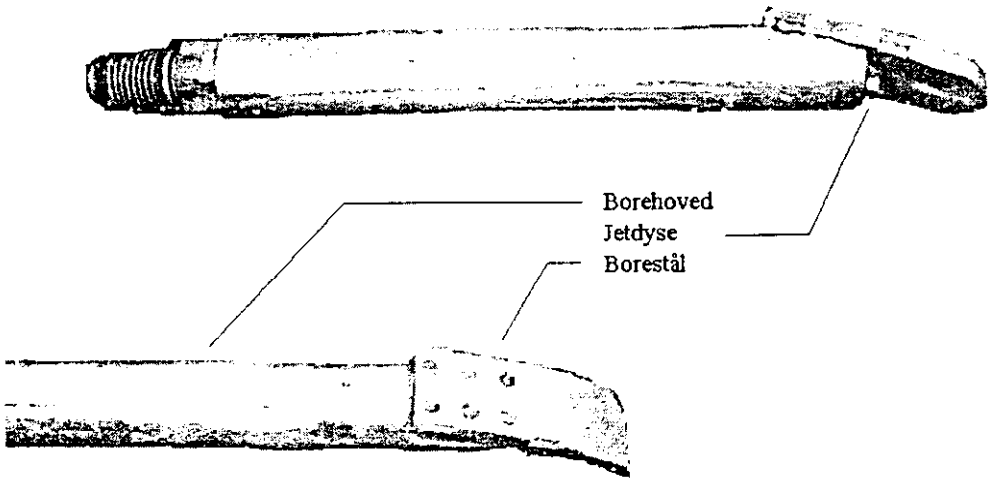
Som blindrør er der i begge ender af filteret anvendt 10 kN HDPE-PE100 med en ydre og indre diameter på henholdsvis 93 mm og 72 m. På boringens indblæsnings- og udgangsside er der anvendt henholdsvis 36 og 33 m blindrør. Den samlede længde af filter og blindrør er således 90 m.

Figur 10

Jetdyser og borehoved

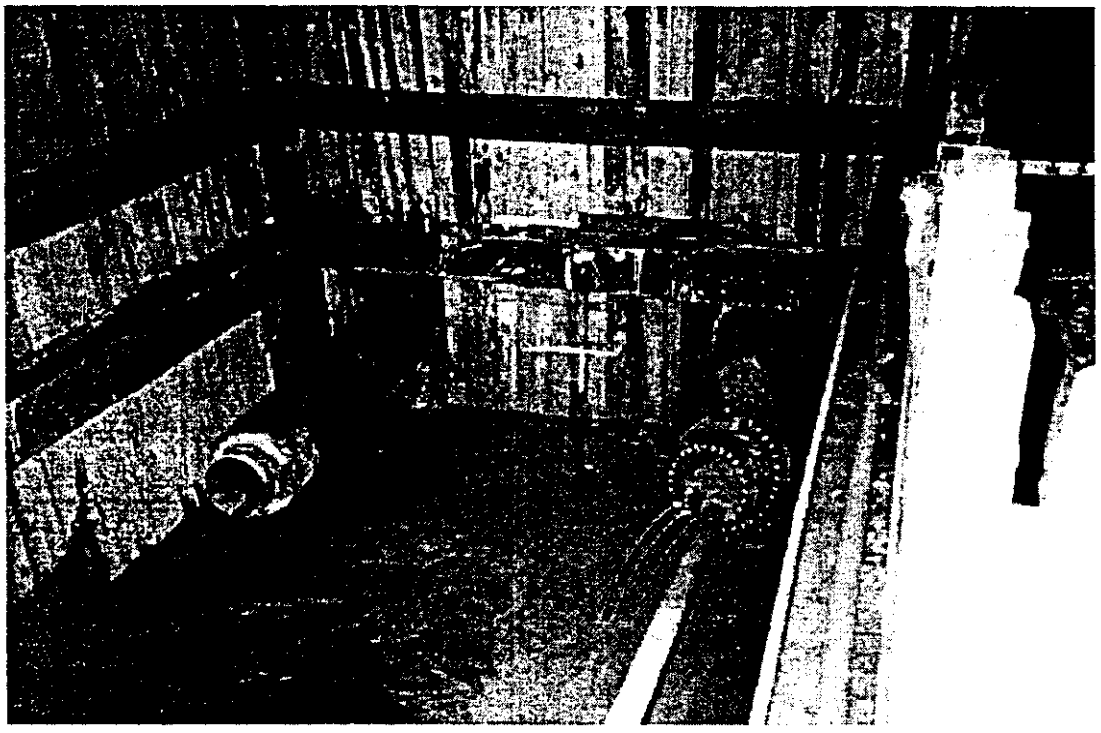


Borehovedets fremboring. Boremudder ses i de fremadrettede jetdyser.



Figur 11

Boremudder / reamer



Reamerens fremkomst i boregrube, efter endt installation af rørmedie.
Boremudder pumpes igennem borerør til dyser i reameren under højt tryk.

Udvendig rørdiameter = ø580 mm
Udvendig reamerdiameter = ø650 mm

På boringens indblæsningsside er blindrøret umiddelbart inden filteret forsynet med en formationspacker af rørboldtypen, mens der på udgangssiden er anvendt 3 stk. packere udført som bagudvendte gummikraver. På begge sider af filterstrækningen er der langs blindrøret forseglet med bentonitblandet (5 %) cement (95 %) til ca. 1,0 m.u.t.

4.4 Tidsforbrug

Den udførte boring i Aalestrup blev udført på 4 arbejdsdage inkl. til- og afrigningstid. Tidsforbruget på borearbejdet var større end ved f.eks. kabelgennemføringer, idet installation af air spargingsanlæg stiller helt specielle krav til forreaming, installation af rør og forsegling af filteret.

Boringer i sandede aflejringer under grundvandsspejlet er vanskeligere end f.eks. boring i moræneler. Årsagen er, at i sandede formationer under vandtryk, vil aflejringen falde sammen bag borehovedet, såfremt der ikke anvendes den rigtige teknik og boremuddersammensætning.

5. Test af afværgeanlæg i kildeområdet

Med henblik på at bekræfte den udførte borings anvendelighed til air sparging og tilvejebringelse af et detaljeret designgrundlag for det permanente afværgeanlæg, er der i det indledende projekt udført en test af vakuumekstraktions- og air spargingsanlægget, som anvendes til oprensningen i kildeområdet.

Testen har omfattet monitering af vakuum- og trykudbredelse ved selvstændig drift af henholdsvis ekstraktionsystemet og air spargingen. Endvidere er influenszonen for air spargingen belyst ved en tracer-test, og det samlede anlæg er prøvekørt over en periode på i alt 13 døgn.

5.1 Vakuum- og trykudbredelse

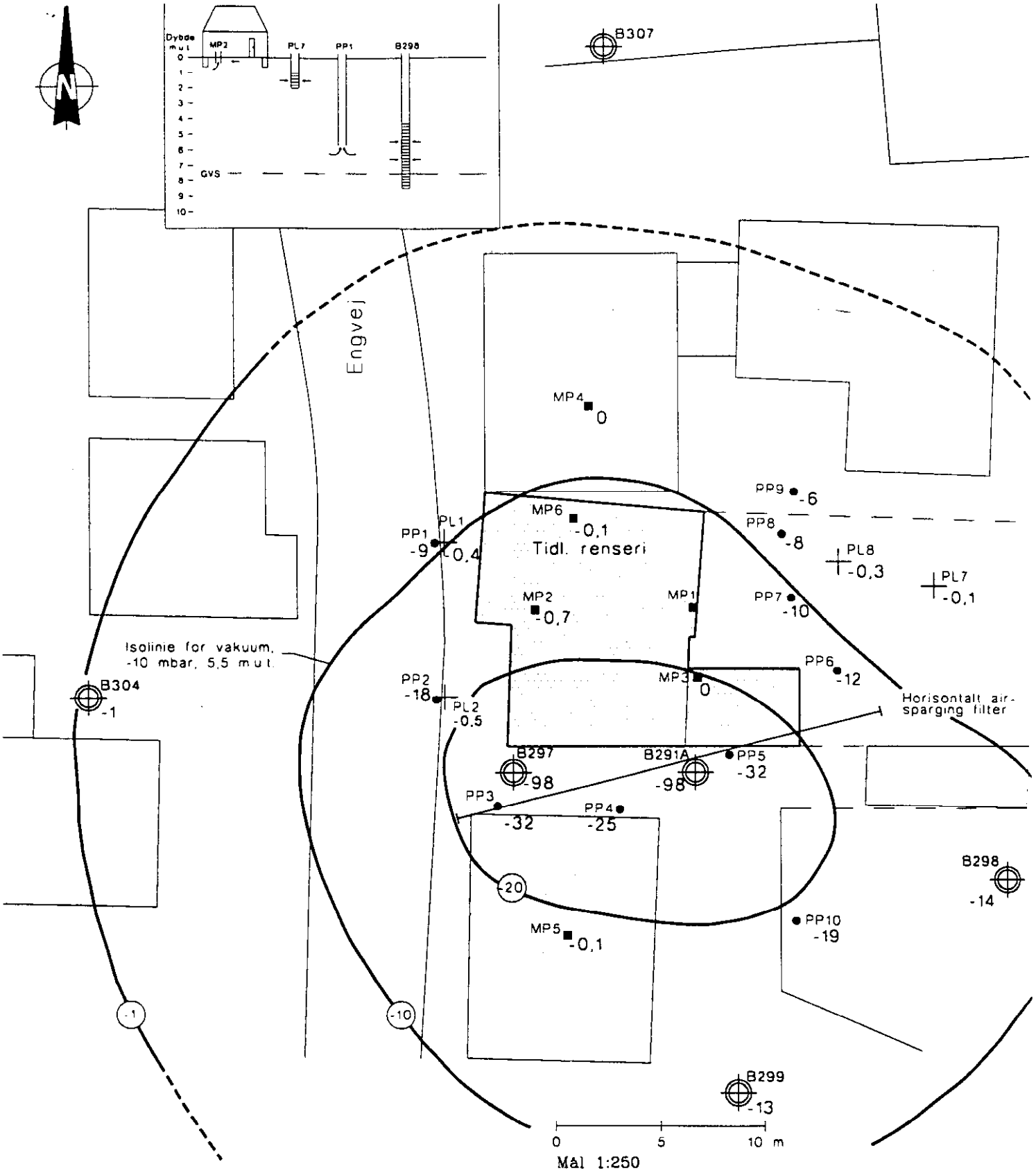
Figur 12 viser vakuumudbredelsen i den umættede zone efter 5 døgns ekstraktion af poreluft fra B291A og B297. Fra de to boringer er der tilsammen ekstraheret ca. 257 m^3/t.

Influenszonen for vakuumekstraktionssystemer defineres ofte som området med et vakuum, som er større end 1 % af vakuumet i pumpeboringen. Ved den aktuelle test var vakuumet i pumpeboringen ca. 98 mbar. Med udgangspunkt i denne definition omfatter influenszonen ved det tidligere renseri området, hvor der ved vakuumekstraktionen registreres et vakuum på minimum ca. 1 mbar (svarende til 1 % af pumpevakuumet på ca. 98 mbar).

Af figur 12 ses, at influenszonen ved vakuumekstraktionen omfatter hele det væsentligt forurenede område ved kilden. De observerede forskelle i vakuumudbredelsen i forskellige retninger tilskrives mindre lokale variationer i jordlagenes kornstørrelsessammensætning og eventuelt vandindhold.

Figur 13 viser trykudbredelsen i den umættede zone efter 1 times air sparging ved et indblæsningstryk på ca. 270 mbar og en ydelse på ca. 83 m^3/t - uden samtidig vakuumekstraktion. Det maksimalt tilladelige indblæsningstryk er fastsat til ca. 700 mbar ud fra et ønske om at undgå frakturering af jordlagene med den indblæste luft.

Det fremgår, at trykudbredelsen i den umættede zone ved air spargingen er ensartet langs hele filterintervallet og omtrent symmetrisk omkring air sparging boringen. Desuden viser målinger, at der er omtrent samme tryk i begge ender af den horisontale boring (HW-1) under air spargingen.



SIGNATURER:

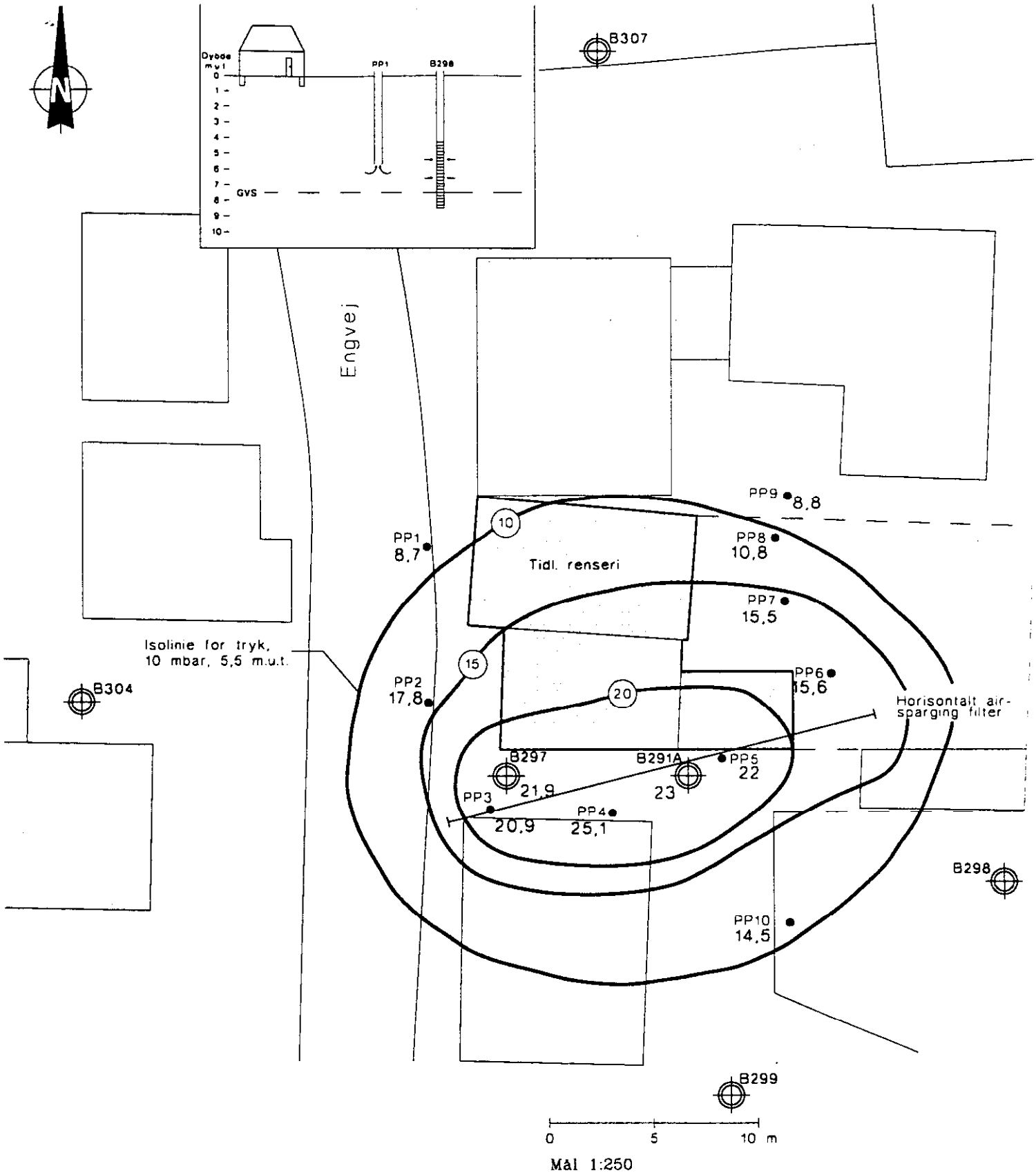
- Boring, filtersat
- PP1 ● Målepunkt for poreluft (5,5 m.u.t.)
- PL1 Boring for poreluft ø25 mm (1-2 m.u.t.)
- ■ MP2 Målepunkt for poreluft (under gulv)
- Matrikelskel
- -10 Isolinie for vakuum, 5,5-7,5 m.u.t., -10 mbar

Figur 12

Viborg Amt
Tidligere renseri, Aalestrup

VAKUUM EFTER 5 DØGNS VAKUUMEKSTRATION FRA B291A OG B297

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Agerlandsvej 16, DK-8800 Viborg



SIGNATURER:

- Boring, filtersat
- PP7 ● Målepunkt for poreluft (5,5 m.u.t.)
- Matrikelskel
- (10) Isolinie for tryk, 5,5-7,5 m.u.t., 10 mbar

Figur 13

Viborg Amt
Tidligere renseri, Aalestrup

TRYK VED AIR SPARGING
(1 TIME VED 83 m^3/h)

Neilemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Agerlandsvej 16, DK-8800 Viborg

Der er således tydelige indikationer på, at der er opnået den ønskede jævne fordeling af den indblæste luft langs hele filterstrækningen.

Air sparging boringen er designet til en maksimal indblæsning på 170 m^3/t. Sammenhørende registreringer af indblæsningstryk og ydelse viser, at denne maksimale indblæsning kan opnås uden overskridelse af det maksimalt tilladelige indblæsningstryk på 700 mbar.

5.2 Tracertest

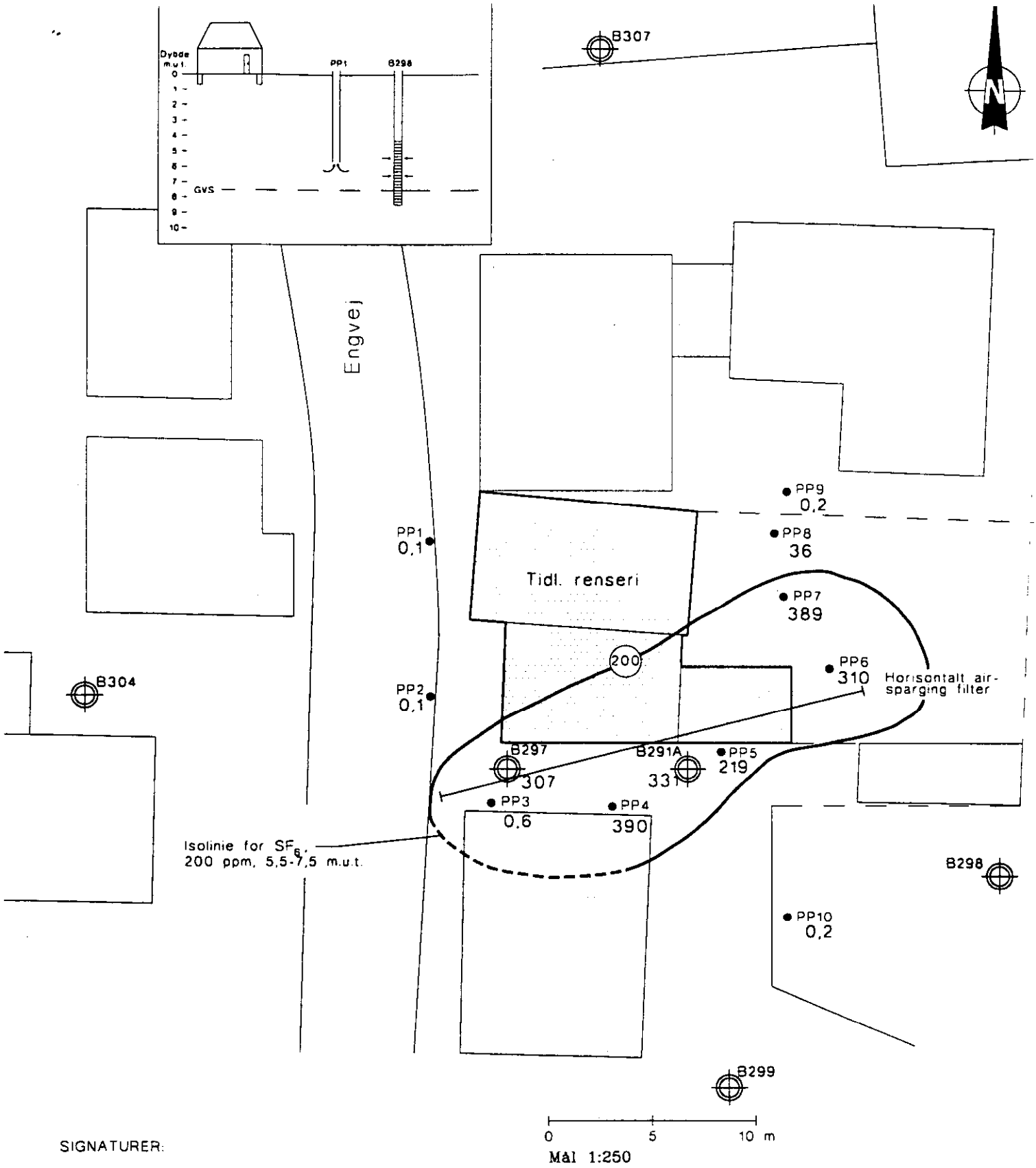
Med henblik på fastlæggelse af influenszonen ved air spargingen er der udført en test med tilsætning af tracergas (SF_6) til den indblæste luft. Da SF_6 har en meget lav vandopløselighed og sorptionskoefficient samt ikke nedbrydes under aerobe forhold, er gassen at betragte som inert og derfor velegnet som tracer.

Tracertesten er afviklet ved en air spargingydelse på 73 m^3/t og en samtidig vakuumekstraktion på 260 m^3/t. Med den aktuelle placering af air sparging og vakuumekstraktionsboringer, som vist på figur 7, sikres herved en luftbevægelse i den umættede zone ind mod ekstraktionsboringerne, som er placeret centralt over air sparging filteret. Influenszonen for air spargingen kan herefter vurderes ud fra fordelingen af tracergas målt i poreluftprober placeret i den umættede zone, når en tilnærmelsesvis stationær tilstand er opnået.

Ved testen er der observeret stationære forhold ca. 2 timer og 40 minutter efter doseringsstart for tracergassen. Ved stationære forhold forstås her, at der er målt samme koncentrationsniveau og fordeling af tracergas ved 2 på hinanden følgende målerunder med ca. 2 timers mellemrum.

Figur 14 viser netop denne "stationære tilstand" og det fremgår, at influenszonen omfatter en væsentlig del af kildeområdet og området umiddelbart nedstrøms herfor.

I PP6 er der dog målt et meget lavt indhold af tracergas ved de udførte målerunder. PP6 er placeret umiddelbart opad ekstraktionsboring B297, nær enden af air sparging filteret og indtaget er placeret ca. 2 meter over grundvandsspejlet. Det lave tracerindhold kan skyldes, at når SF_6-gassen stiger op i den umættede zone, føres størstedelen af SF_6-gassen hen til ekstrationsboring med den kraftige horisontale luftbevægelse. Der sker derfor ikke en væsentlig vertikal spredning af tracergassen til området omkring målepunktet.



SIGNATURER:

PP1 ● Målepunkt for poreluft (5,5 m.u.t.)

Boring, filtersat

Matrikelskel

200 Isolinie for SF_6, 5,5-7,5 m.u.t., 200 ppm

Figur 14

Viborg Amt
Tidligere renseri, Aalestrup

SF_6 (ppm), 3. MÅLERUNDE 14.43 – 15.28, DOSERINGSSTART 10.08

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Agerlandsvej 16, DK-8800 Viborg

5.3 Prøvekørsel af anlæg

Med sigte på at belyse oprensningseffektiviteten og øvrige designparametre for det permanente system er anlægget med vakuumekstraktion fra B291A og B297 samt air sparging fra den horisontale boring (HW-1) prøvekørt over en periode på i alt 13 døgn.

Der er indledt med 6 døgns vakuumekstraktion efterfulgt af 7 døgn med kombineret vakuumekstraktion og air sparging. Før, under og efter testen er forureningsniveauet i såvel poreluft som grundvand moniteret tæt ved hhv. PID-målinger/kulrørsanalyser og grundvands analyser.

Oprensningsmæssigt har prøvekørslen haft en markant effekt på forureningsniveauet i poreluften dels umiddelbart over grundvandsspejlet og dels umiddelbart under gulve på det tidligere renseri. Således er PCE-indholdet umiddelbart over grundvandsspejlet reduceret fra et niveau før testen på op til 990 mg/m^3 til maksimalt 400 mg/m^3 efter testen.

PCE-indholdet under gulve er tilsvarende reduceret fra op til 84 mg/m^3 til maksimalt 44 mg/m^3.

Varigheden af prøvekørslen med air sparging (7 døgn) har været for kort til, at der kan identificeres signifikante tegn på faldende PCE-koncentrationer i grundvandet.

Ved det indledende projekt er der fjernet ca. 21 kg PCE ud af en samlet forureningsmængde vurderet til i størrelsesordenen 100-300 kg.

Oprensningen med det endelige afværgeanlæg forventes ikke at ske i samme hurtige tempo som ved det indledende projekt, og der skønnes at være behov for en samlet driftsperiode på omkring 3 år.

5.4 Sammenfatning

De udførte tests har vist, at metoden med vakuumekstraktion fra vertikale boringer og air sparging fra en horisontal boring er særdeles effektiv overfor forureningen på det tidligere renseri i Aalestrup.

Den horisontale boring er særdeles anvendelig som air sparging boring; den indblæste luft fordeles ligeligt langs hele filterstrækningen, og den opnåede influenszone dækker en væsentlig del af kildeområdet.

Det skal bemærkes, at der for at opnå en funktionsduelig air sparging boring med horisontal filterstrækning må stilles specielle krav til såvel planlægning og design af boringens udbygning.

Ved det indledende projekt er der fjernet ca. 21 kg PCE, og det skønnes, at den samlede driftsperiode vil være på omkring 3 år.

6. Økonomi og tidsrammer

Det beskrevne projektforløb i Aalestrup vurderes at være typisk for mange renserigrunde i Danmark. På baggrund af erfaringer fra blandt andet Aalestrup-projektet vurderes følgende økonomiske og tidsmæssige rammer for et projekt til oprensning af chlorerede opløsningsmidler ved air sparging og vakuumekstraktion.

6.1 Undersøgelser

Forureningsundersøgelserne må påregnes at skulle gennemføres over flere faser.

Første fase vil typisk være målrettet mod at lokalisere forureningen ved potentielle hot spots.

Næste fase vil typisk være rettet mod en afgrænsning af de(n) fundne forurening/er.

Endelig vil der oftest være behov for undersøgelser målrettet mod at afklare, hvilke afværgeteknikker, der kan anvendes.

Afhængig af lokalitetens geologi og forureningsudbredelse vil udgifterne til forureningsundersøgelser typisk være på 150.000 til 500.000 kr. ekskl. moms. Tidsrammerne vil typisk være ½-2 år.

6.2 Skitseprojekt

Udgiften til skitseprojekt vil typisk være på 50.000 til 100.000 kr. ekskl. moms, tidsrammen vil være 1-3 måneder.

6.3 Tests

Såfremt projektet omfatter air sparging og/eller vakuumekstraktion, vurderes det nødvendigt at udføre en test til vurdering af air spargingens/vakuumekstraktionens effektivitet og influenszone.

Udgiften hertil vurderes til 50.000 til 300.000 kr. ekskl. moms, hvor prisspændet primært skyldes forskelle i det nødvendige antal og dybde af boringer, herunder eventuelt en styret underboring.

Tidsrammen vurderes til 1-4 måneder.

6.4 Projektering og udbud

Udgifter til udarbejdelse af detailprojekt og udbudsmateriale, samt bistand ved licitation, tilbudsvurdering og kontraktforhandling m.m. vurderes til 200.000 til 400.000 kr. ekskl. moms. Tidsrammen vil typisk være 2-4 måneder.

6.5 Anlæg

De faktiske omkostninger for udførelsen af den styrede underboring, er opgjort til 2.550 kr. pr. lbm. Opgørelsen omfatter de udgifter som R&S har erholdt internt og externt, til lønninger til boremandskab, teknikertid, materialer, materiel, underentreprenører, samt til- og afrignings- og udstationeringsomkostninger.

Forventet pris for en boring med samme forudsætninger som i Aalestrup, men udført som "normalt udbud", vil efter R&S skøn være på ca. 1.600 kr. pr. lbm.

Prisniveauet på borearbejdet ved in situ-oprensninger, inclusive materialer, vil afhængig af rørdimensioner, borelængder og dybder, antal boringer, jordbundsforhold og de fysiske forhold på stedet, variere fra ca. 1.000 til 3.000 kr. pr. lbm.

6.6 Bygherretilsyn

Bygherrens udgifter til tilsyn i anlægs- og indkøringsperioden vil typisk være 100.000 til 200.000 kr. ekskl. moms.

Indkøringsperioden vil typisk være 3 måneder.

6.7 Årlige driftsudgifter

De årlige driftsudgifter vil naturligvis være stærkt afhængig af forbrug af el og aktivt kul, men vil typisk ligge mellem 300.000 og 500.000 kr. ekskl. moms.

6.8 Sammenfatning

I tabel 6.1 er de overslagsmæssige udgifts- og tidsrammer for ovennævnte punkter sammenstillet.

Aktivitet	Anslået budgetramme (kr. ekskl. moms)	Anslået tidsramme (måneder)
Undersøgelser	150.000 - 500.000	6 - 24
Skitseprojekt	50.000 - 100.000	1 - 3
Tests	50.000 - 300.000	1 - 4
Projektering og udbud	200.000 - 400.000	2 - 4
Anlæg	600.000 - 1.250.000	1 - 3
Bygherretilsyn	100.000 - 200.000	1 - 3
Sum (min. - max.)	1.350.000 - 2.750.000	12 - 41
Årlige driftsudgifter	300.000 - 500.000	

Tabel 6.1
Overslagsmæssige økonomiske og tidsmæssige rammer for et projekt til oprensning af chlorerede opløsningsmidler ved air sparging og vakuumekstraktion. Prisniveau, januar 1997.

Til de anførte tidsrammer skal bemærkes, at der ikke er indregnet tid til myndigheders behandling og godkendelse af de enkelte delaktiviteter.

7. Referenceliste

/1/ Viborg Amt: Engvej 5, Aalestrup kommune, Tidligere renseri, lokalitet 793-149, Registreringsundersøgelse, oktober 1994, revideret februar 1995, N&R Consult A/S for Viborg Amt.

/2/ Viborg Amt: Engvej 5, Aalestrup kommune, Tidligere renseri, lokalitet 793-149, Afgrænsende forureningsundersøgelse, september 1995, Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S for Viborg Amt.

/3/ Viborg Amt: Engvej 5, Aalestrup kommune, Tidligere renseri, lokalitet 793-149, Supplerende forureningsundersøgelse, december 1995, Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S for Viborg Amt.

/4/ Viborg Amt/Miljøstyrelsen: Engvej 5, Aalestrup, affaldsdepot nr. 793-149, Dokumentationsundersøgelser og pilotforsøg, juni 1996. Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S for Viborg Amt og Miljøstyrelsen.

/5/ Viborg Amt/Miljøstyrelsen: Engvej 5, Aalestrup, PID- og poreluftmålinger, juli 1996, notat af 31. juli 1996. Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S for Viborg Amt og Miljøstyrelsen.

/6/ Viborg Amt/Miljøstyrelsen: Engvej 5, Aalestrup, Supplerende undersøgelser af grundvandsforurening, august 1996. Notat af 2. september 1996. Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S for Viborg Amt og Miljøstyrelsen.

/7/ Viborg Amt/Miljøstyrelsen: Engvej 5, Aalestrup, affaldsdepot nr. 793-149, Revideret skitseprojekt, august 1996. Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S for Viborg Amt og Miljøstyrelsen.

/8/ Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet: Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og grundvand, Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 12 1995.

ISSN 0908-9195 ISBN 87-7810-742-3
Pris (inkl. 25% moms): kr. 75,-
Kan købes hos: Miljøbutikken
Telefon: 33 37 92 92 Fax: 33 92 76 90

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**
Strandgade 29 · 1401 København K · Telefon 32 66 01 00