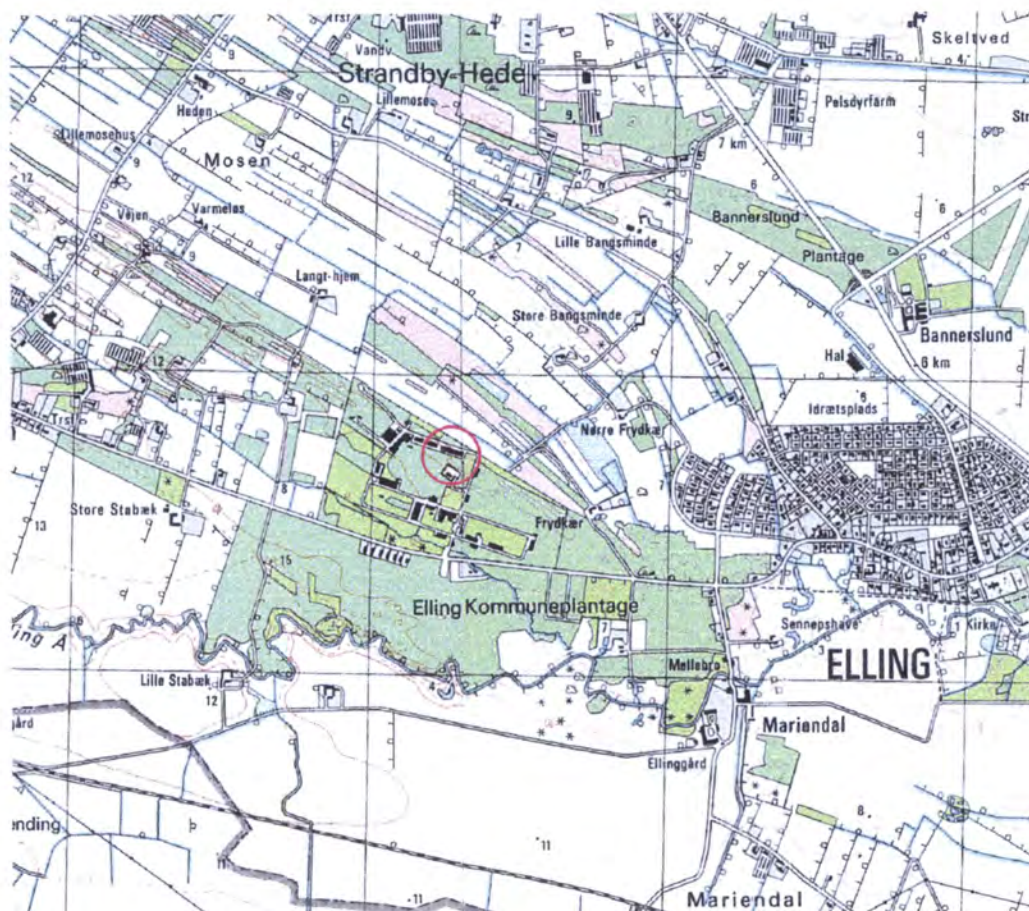


FORSVARETS BYGNINGSTJENESTE

**Trotylstøberi, Elling
Frederikshavn Kommune**

**INDLEDENDE FORURENINGS-
UNDERSØGELSE**

Februar 1997



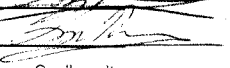
Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S

RÅDGIVENDE INGENIØRER OG PLANLÆGGERE

FORSVARETS BYGNINGSTJENESTE

Trotylstøberi, Elling
Frederikshavn Kommune

INDLEDENDE FORURENINGS- UNDERSØGELSE

Udgave	Betegnelse/Revision	Dato	Udført	Kontrol	Godkendt
1	FBT KOMMENTARER INDGÅR. BASF/VEJEN	7-2-97	LBM	SBT	
		22-1-97	LBM	SBT	

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S

Digtervejen 11 • DK-9200 Aalborg SV • Tlf: 9818 1344 • Fax: 9818 3328 • Tilsluttet F.R.I.

INDHOLDSFORTEGNELSE	SIDE
1. INDLEDNING	4
2. BAGGRUND	6
3. UDFØRTE UNDERSØGELSER, JORD, GRUNDVAND OG BYGNINGSMATERIALER	7
3.1 Borearbejde, jord og grundvand	7
3.2 Udtagning af bygningsmaterialer	8
3.3 Jordprøver	9
3.4 Vandprøver	10
3.5 Bygningsprøver	10
4. GEOLOGI OG HYDROGEOLOGI	12
4.1 Geologi	12
4.2 Hydrogeologi	12
4.3 Vandindvindings- og recipientforhold	13
5. ANALYSERESULTATER	14
5.1 Analyseresultater jordprøver	14
5.2 Analyseresultater vandprøver	14
5.3 Analyseresultater bygningsprøver	15
6. FORURENINGSTILSTAND OG RISIKOVURDERING	16
6.1 Kvalitetskriterier for TNT, RDX og olieprodukter	16
6.2 Opstilling af acceptkriterier for TNT, RDX og olieprodukter	18
6.3 Forureningstilstand, jord	19
6.4 Risikovurdering, den øverste 0,5 meter jord	20
6.5 Risikovurdering, jord beliggende dybere end 0,5 m.u.t.	20
6.6 Forureningstilstand, grundvand	21
6.7 Risikovurdering, grundvand	21
6.8 Forureningstilstand, bygningsmaterialer	22
7. SAMMENFATNING	24
7.1 Sammenfatning	24
8. REFERENCER	28

BILAG

- Bilag 1: Borejournaler.
- Bilag 2: Pejleresultater.
- Bilag 3: Farlighedsvurdering TNT og RDX.
- Bilag 4: Renpumpningsdata.
- Bilag 5: Analyseresultater, TNT og RDX i jord (HTT).
- Bilag 6: Analyseresultater, TNT og RDX i bygningsprøver (HTT).
- Bilag 7: Analyseresultater, olieprodukter i jord.
- Bilag 8: Analyseresultater, TNT i grundvand.
- Bilag 9: Fotodokumentation, bygningsprøver



1:25.000

Figur 1.1

Trotylstøberi, Elling

Frederikshavn kommune

OVERSIGTSKORT

1. INDLEDNING

Nærværende rapport er udarbejdet for Forsvarets Bygningstjeneste (FBT) og Ammunitionsarsenalet (AMA), Elling. Rapporten omhandler TNT-forurening ved og i trotylstøberiet på matr. 2a, 2f m.fl. Elling - Frederikshavn Kommune (se figur 1.1). Nordjyllands Amt har efter lov om affaldsdepoter registreret matrikel 2f som affaldsdepot nr. 813-69, som følge af anden forurening på grunden.

Anledningen til arbejdet er, at det eksisterende produktionsanlæg skal udskiftes, og i forbindelse hermed skal den eksisterende produktionsbygning udvides og ombygges.

Bygningen har været anvendt som trotylstøberi siden midten af 50'erne. Støbe-processerne er koncentreret i midten af bygningen (tårnet), hvor mindre spild af flydende TNT på gulve og delvis vægge ikke har kunnet undgås med det eksisterende produktionsudstyr.

Produktionsudstyret og bygningsdele er regelmæssigt blevet rengjort for TNT. Rengøringen er foretaget med damp og varmt vand. TNT ledes sammen med rengøringsvandet i afløb, og derfra til det tilknyttede biologiske renseanlæg.

Det er ved en tidligere omlægning af en afløbsledning i støberiet konstateret TNT forurening i jordprofilet omkring ledningen. Prøveboringer ved forureningen viste imidlertid, at forureningen var koncentreret omkring ledningen med en meget lille vertikal udbredelse. Forureningen blev efterfølgende bortgravet.

I forbindelse med den forestående ombygning ønsker FBT at fjerne evt. TNT forurening i jorden hvis denne, efter en nøje vurdering, viser sig at udgøre en risiko for arealanvendelsen eller grundvandsressourcen. FBT ønsker endvidere at dokumentere TNT forureningen i bygningsdele, som skal nedbrydes i forbindelse med den forestående ombygning bl.a. med henblik på at afklare deponeringsmuligheder.

Formålet med denne rapport er således:

Jord- og grundvandsforurening

- At udbygge dokumentationsgrundlaget for TNT forurening i jord og grundvand omkring trotylstøberiet.
- At opstille acceptkriterier for TNT i jord og grundvand.

- At foretage en risikovurdering af jord- og grundvandsforurening i relation til arealanvendelsen og nærliggende vandindvindinger.
- At vurdere behovet for eventuelle afværgeforanstaltninger.

Bygningsdele

- At kategorisere og dokumentere TNT belastningen i de enkelte bygningsdele, som skal nedrives i forbindelse med ombygningen.
- At opstille acceptkriterier for TNT mv. i bygningsmaterialer.
- At vurdere deponeringsmuligheder for bygningsdele under hensyn til aktuelt forureningsniveau.

2. BAGGRUND

Tidligere undersøgelser

På nordsiden af trotylstøberiet har Geoteknisk Institut (GI) den 26. okt. 1995 udført en geoteknisk boring til 10 m.u.t. I boringen er der etableret ø25 mm pejlerør.

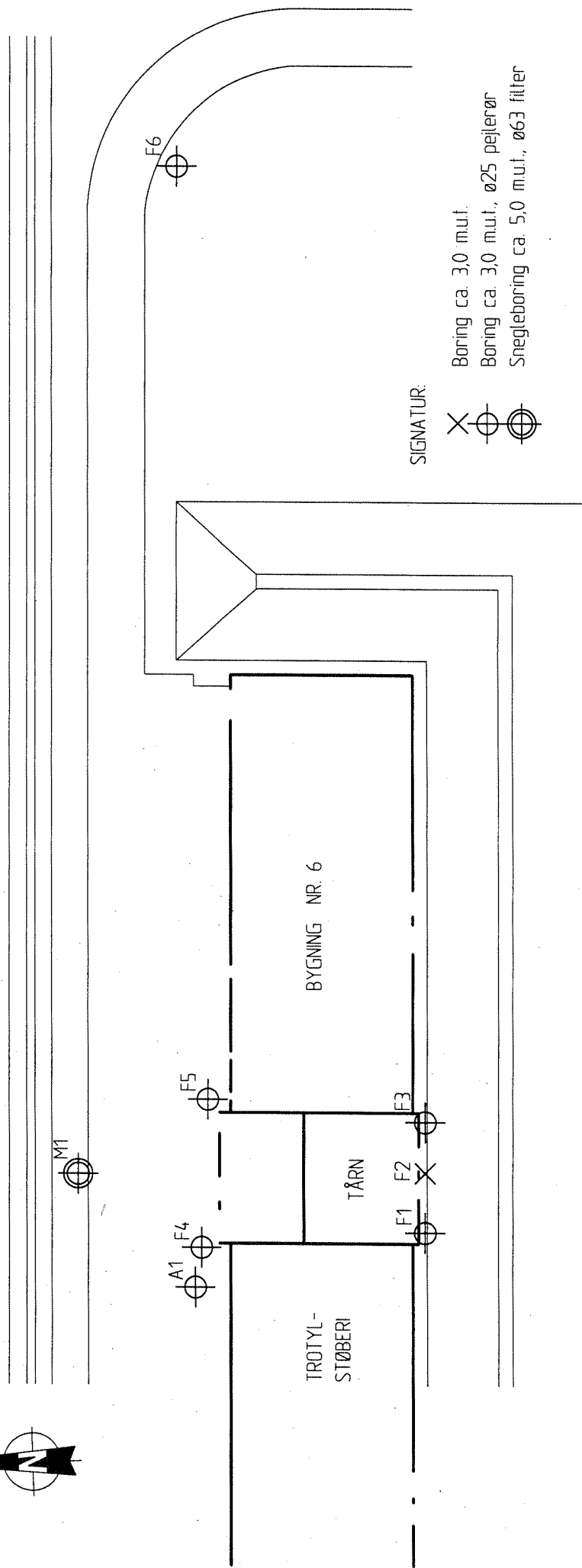
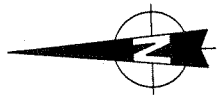
GI har på denne baggrund vurderet: "de optagne jordprøver viser ikke tegn på forurening ved GI's rutinemæssige jordartsbedømmelse, der alene er baseret på udseende og lugt".

I forbindelse med en utæt kloak ved tilslutningen til en afløbsbrønd placeret i trotylstøberiets tårn har GI udført 2 geotekniske boringer med henblik på, at bedømme TNT koncentrationen i jordprofilet.

De udtagne prøver er analyseret for TNT og RDX ved hjælp af HPLC-udstyr hos Hærens Tekniske Tjeneste, Laboratoriesektionen i Hjørring. Analyserne viste væsentlig TNT forurening i jordprofilet omkring ledningen, som dog hurtigt aftog ned til ca. 3 meter under terræn.

I støberiet er der ligeledes udtaget 8 prøver fra byggematerialer (klinker, puds mv.) til analyse for RDX og TNT.

Der kan kun påvises begrænsede mængder sprængstof i materialerne, d.v.s. op til 0,001 % RDX og op til 0,01 % TNT pr. kg TS (TS=tørstof).



SIGNATUR:

- X Boring ca. 3,0 mut.
- ⊗ Boring ca. 3,0 mut., Ø25 pejerør
- ⊗ Snegleboring ca. 5,0 mut., Ø63 filter

Mål 1:400 Sag nr. 96.419.00 21. januar 1997

Figur 3.1
AMA Elling, Frederikshavn
SITUATIONSPLAN



Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Digtervej 11, DK-9200 Aalborg SV

3. UDFØRTE UNDERSØGELSER, JORD, GRUNDVAND OG BYGNINGSMATERIALER

3.1 Borearbejde, jord og grundvand

I forbindelse med undersøgelserne blev der den 5. november 1996 udført 2 stk. 12" forede slagboringer (snegl og sandspand) på arealet (M1 og M2). Begge boringer er ført ca. 5,0 m.u.t.

Herudover blev der udført 6 uforede boringer til 1,5 - 3 m.u.t. med traditionelt håndboreudstyr hhv. traditionelt pælebor til 1,0 m.u.t. og herunder Eigelkamp udstyr (F1 - F6).

Boringsplaceringerne fremgår af figur 3.1.

Boring M1 og M2 er ført ned i den øvre del af grundvandsmagasinet, og filtersat med Ø63 mm PVC filter og blindrør. Placering af filterinterval fremgår af borejournalerne i bilag 1 og tabel 5.2. Boringerne er afsluttet i terræn med betonrør og dæksel.

Boringerne F1, F3, F4, F5 og F6 er filtersat med Ø25 mm pejlerør inden tilbagefyldning. Boring F2 blev tilbagefyldt og tildækket umiddelbart efter udførelsen.

Boringerne er placeret ud fra følgende forudsætninger:

- M1 og M2 er placeret med henblik på at vurdere risikoen evt. grundvandsforurening i området.
- F1-F5 er placeret med henblik på at afdække evt. overfladenær TNT forurening i jordprofilet så tæt på støberiet som muligt. F2 og F3 er endvidere placeret med henblik på at afdække evt. TNT forurening langs afløbsledninger fra støberiet.
- F6 er udelukkende placeret med henblik på at opnå et tilstrækkeligt referencesystem således, at strømningsforholdene i grundvandsmagasinet i området kan dokumenteres.

Idet støberiet ikke var nedvasket/rengjort for TNT på tidspunktet for undersøgelsernes gennemførelse, er der ikke udtaget jordprøver under bygningerne i forbindelse med denne undersøgelse.

Borearbejdet blev udført af brøndborerfirmaet K. Sørensen og søn, Frederikshavn.

Under borearbejdet foretog NNR jordartsbeskrivelse, prøveudtagning og bedømmelse af forureningsgrad. Lagfølgerne fremgår af borejournalerne i bilag 1.

3.2 Udtagning af bygningsmaterialer

Med henblik på at fastlægge TNT/RDX belastningen af de bygningsdele, som skal nedrives i forbindelse med den forestående ombygning, er der den 21. november 1996 foretaget 11 kerneboringer i støberiet og tilstødende lokaler.

Kerneboringerne er gennemført med diamant boreudstyr af Højgaard & Schultz als under tilsyn af AMA og NNR.

I de skønsomt mest belastede bygningsdele blev klinkebelægningen fjernet manuelt inden kerneboring.

Der er for hvert prøvested udboret en Ø100 mm kerne á ca. 100 - 150 mm længde.

Prøvestederne blev inden prøvetagningen opdelt i kategorier afhængig af den skønnede TNT belastning. Mest belastede bygningsdele blev således vurderet at være gulve i produktionsrum, idet de har været udsat for direkte TNT spild og hyppig afvaskning. Tilsvarende blev de mindst belastede bygningsdele vurderet at være vægge i de tilstødende rum, idet der ikke er sket forarbejdning af flydende TNT.

Bygningsdelene er således opdelt i følgende 4 kategorier:

- Kategori 1: Gulve i produktionsrum (tårn)
- Kategori 2: Vægge i produktionsrum (tårn)
- Kategori 3: Gulve i tilstødende rum
- Kategori 4: Vægge i tilstødende rum.

Gulve i tilstødende rum er dog efterfølgende udgået af nedbrydningsentreprisen.

Der er endvidere skelnet mellem følgende bygningsmaterialer, idet materialernes forskellige egenskaber (porøsitet) betinger forskellig optagelse og dermed varierende TNT-indhold:

- A. Klinker
- B. Murværk inkl. puds
- C. Beton

3.3 Jordprøver

Under borearbejdet er der udtaget jordprøver for hver halve boremeter, samt mindst en prøve fra alle gennemborede jordlag.

Der er udtaget i alt 57 jordprøver i rilsanposser. 18 stk jordprøver blev ca. et døgn efter udtagning sendt til HTT (Hærens Tekniske Tjeneste), Hjørring for kemisk analyse.

Jordprøverne er under borearbejdet bedømt visuelt og karakteriseret ved lugt-indtryk.

Jordprøverne er nummererede ud fra boringens nummer og en fortløbende nummerering for prøvetagningsdybden. Første jordprøve udtaget fra boring M1 vil således få prøvenummer M1-1.

En prøve fra hver boring er målt for indhold af flygtige organiske stoffer ved hjælp af Photo Ioniserings Detektor (PID).

PID-målinger er ikke specifikke, men registrerer en række forureningskomponenter som phenoler, aromater og lavere kulbrinter, herunder chlorerede. PID målingerne blev foretaget af NNR med et HNU apparat, model PI 101 med 11.7 eV probe.

Detektoren blev justeret før målingernes start ved hjælp af en 100 ppm. isobutylen kalibreringsgas. Justeringen blev foretaget ved hjælp af span knappen, således at detektoren gav et udslag på ca. 70 PID-enheder.

PID-målingerne blev foretaget ca. 48 timer efter at jordprøverne blev udtaget. Målingerne blev foretaget ved en prøvetemperatur på ca. 20°C. Resultaterne af PID-målingerne fremgår af boreprofilerne i bilag 2.

Der blev konstateret PID-udslag omkring baggrundsniveau i alle prøver. Der er således ikke indikationer på flygtige forureningskomponenter.

3.4 Vandprøver

Boring M1 og M2 blev renpumpet umiddelbart efter udførelsen.

Den 21. november 1996 blev der gennemført forpumpning og prøvetagning fra boring M1 og M2.

Begge borer blev forpumpet i ca. 70 minutter, med en kapacitet på 8-9 liter pr. minut, inden vandprøverne blev udtaget.

Til forpumpning og prøvetagning blev der anvendt 1 stk. Grundfos MP-1 dyk-pumper med PE stigrør. Prøverne blev udtaget i rækkefølgen M1 og M2. For at kontrollere renpumpningen blev der foretaget løbende feltmålinger af lednings-evne, redoxpotentiale, O₂ og vandtemperatur. Resultaterne fremgår af bilag 3.

Vandprøverne blev umiddelbart efter udtagning bragt til Laboratoriet for miljø og levnedsmidler, Hygiejnisk forvaltning, Aalborg, for kemisk analyse.

3.5 Bygningsprøver

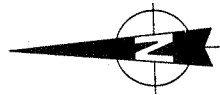
Der er udtaget i alt 21 bygningsprøver til analyse for TNT og RDX.

Bygningsprøverne fordeling på bygningsdele og -materialer fremgår af tabel 3.1.

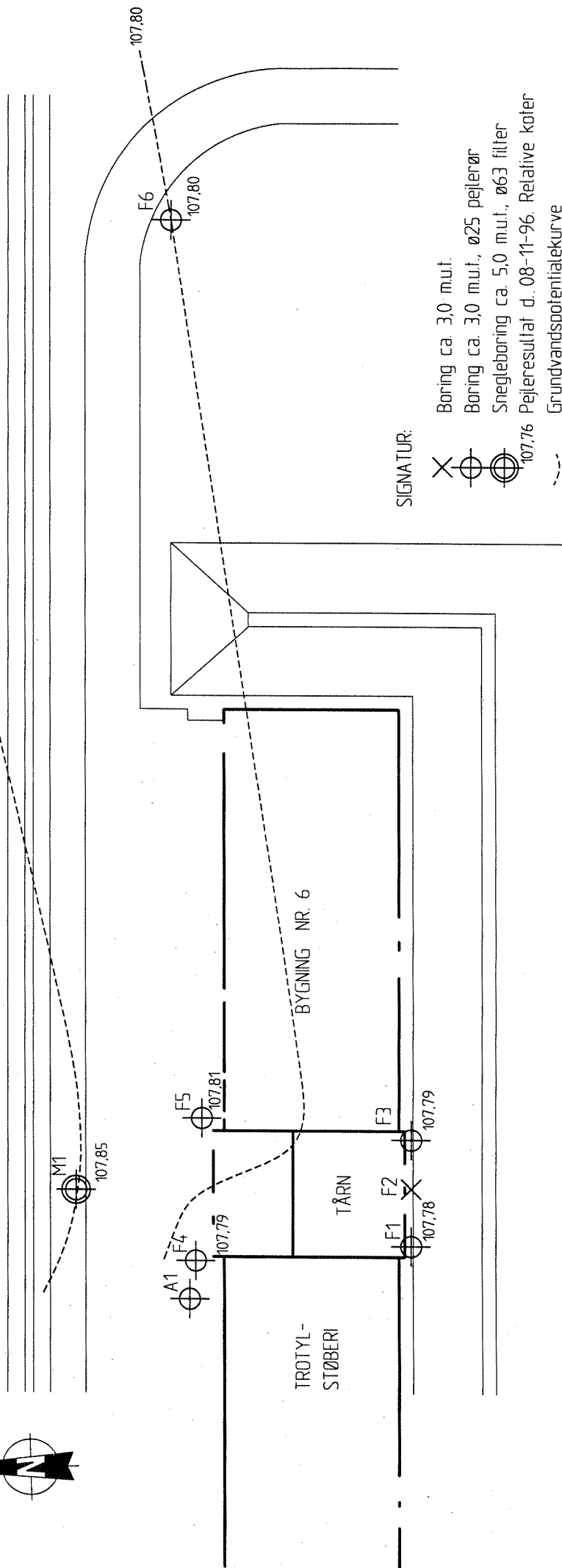
Bygnings- materialer	Bygningsdel			
	Kategori 1: Gulve, prod. rum	Kategori 2: Vægge, prod. rum	Kategori 3: Gulve, tilst.rum	Kategori 4: Vægge, tilst.- rum
Klinker	5	1	-	3
Murværk	-	-	-	3
Beton	6	3	-	-
I alt	11	4	Udgået af ned- rivningen	6

Tabel 3.1: Kategorisering af bygningsprøver fra bygningsdele som er omfattet af nedrivningen. Kategori 3 er efterfølgende udgået af nedrivningsentreprisen.

Prøverne blev umiddelbart efter udboring registreret, fotograferet og derefter nedknust (se bilag 9). Nedknusningen blev foretaget manuelt til en maksimal kornstørrelse på ca. 1,0 -1,5 cm³.



107,85



SIGNATUR:



Boring ca. 3,0 mut.



Boring ca. 3,0 mut., Ø25 pejlør



Snegleboring ca. 5,0 mut., Ø63 filter

Pejleresultat d. 08-11-96 Relative koter

Grundvandspotentialekurve

Mål 1:400

Sag nr. 96.419.00

22. januar 1997

Figur 4.1

AMA Elling, Frederikshavn

POTENTIALEBILLEDE 8-11-96

NVR

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S

Digitervejen 11, DK-9200 Aalborg SV

4. GEOLOGI OG HYDROGEOLOGI

4.1 Geologi

Landskabet imellem Elling og Gaardbosø er præget af et karakteristisk system af smalle sandrygge, RIMMER, adskilte ved noget bredere, nu oftest tørvefyldte lavninger, DOPPER. Rimmerne er dannede af flyvesand, der er aflejret over revler af strandsand. Rimmerne udgår fra egnen ved Lyngshede og breder sig herfra vifteformet mod SV, S og SØ til Elling.

På lokaliteten træffes således vekslende aflejringer af flyvesand og postglaciale marint sand afbrudt af tynde tørvelag. Sandformationerne underlejres ifølge GI's borer i ca. 7 - 9 m dybde af ler, der antageligt er senglacialt yoldialer.

Terræn i området er beliggende i ca. kote 9,5 faldende i nordøstlig og sydvestlig retning.

4.2 Hydrogeologi

Grundvandsmagasinet består af ca. 7 - 30 meter post- og senglacialt sand, der nedadtil afgrænses af yoldialer.

Grundvandsspejlet i området ligger ca. 1,8 - 2,8 meter under terræn svarende til ca. kote 6,7 á 8,3. Vandspejlet varierer afhængigt af årstid og nedbørsforhold. Endvidere påvirkes grundvandsspejlet af den igangværende afværgepumpning ved "Fort West" ca. 25 m vest for boring M1, hvor der indvindes op til 20 m³/døgn.

I borerne ved trotylbygningen er vandspejlet den 8. november 1996 registreret 1,8 til 2,3 m.u.t., jf. bilag 2.

Pejlingerne som er foretaget i forbindelse med denne undersøgelse viser, at potentialebilledet omkring trotylstøberiet er ret fladt med en svag gradient mod SV (se figur 4.1). Det har ikke i forbindelse med undersøgelsen været muligt at vurdere den eksisterende afværgepumpnings betydning for potentialebilledet i området. Det vurderes imidlertid, at de på figur 4.1 markerede forstyrrelser af potentialet lokalt omkring tårnet, er forårsaget af afværgepumpningen ved Fort West.

Pejlerunderne indikerer endvidere ret store nedbørsafhængige vandspejlsvariationer (op til 30 cm. inden for 16 døgn) og AMA oplyser, at der er registreret

variationer op til 1 meter baseret på pejlinger i en tidligere indvindingsboring på Ammunitionsarsenalet.

Afværgepumpningen og de nedbørsafhængige vandspejlsvariationer kan betyde, at grundvandsstrømningen lokalt omkring støberiet kan være mere vestlig end markeret på figur 4.1, og strømningsretningen kan generelt være varierende ved forskellige vandspejlsniveauer.

4.3 Vandindvindings- og recipientforhold

Området omkring AMA herunder Elling by er med enkelte undtagelser vandforsynet fra Frederikshavn Kommunale Værker. Nærmeste større vandindvinding er Nielsstrup vandværk beliggende ca. 2,5 km nord for AMA.

Syd for AMA findes enkelte private indvindinger. Nærmeste enkeltindvinding er således beliggende ca. 800 m syd for trotystøberiet jf. oplysninger fra Frederikshavn Kommunale Værker.

Recipienten i området er Elling Å, som jf. Nordjyllands Amts kvalitetsplan for vandløb og søer er målsat som udsætningsvand og opholds- og opvækstområde for ørred.

BORING NR.	PRØVE NR.	M.U.T.	PRØVEBESKRIVELSE	TNT (mg/kg TS)	RDX (mg/kg TS)
Acceptkriterie, jord				250	
Detektionsgrænse				0,1	0,1
Jordinterval 0,1 - 0,5 m.u.t.					
F1	F1-1	0,1	SANDMULD, trotylh.?, rødbrun.	2.750	430
F1	F1-4	0,5	SANDMULD, gråbrun.	43	4
F2	F2-1	0,1	SANDFYLD, trotylh.?, rødbrun.	116	46
F2	F2-4	0,5	FINSAND, rødbrun.	0,4	-
F3	F3-1	0,1	MULD, trotylholdigt?, rødbrun.	4.007 ¹⁾	1.056 ¹⁾
F3	F3-3	0,5	SANDMULD, gråbrun.	132 ¹⁾	4 ¹⁾
F4	F4-1	0,1	ASFALT, trotylholdig ovf. ?	i.a. ²⁾	i.a. ²⁾
F5	F5-2	0,2	STABILT GRUS.	2,8	0,6
F5	F5-4	0,5	SANDFYLD, enk. sten, muldh., mørkegrå.	0,2	0,6
M1	M1-1	0,1	MULD, sandet, gråt.	34	2,4
Jordinterval 0,6 - 1,0 m.u.t.					
F1	F1-5	1,0	FINSAND, muldholdigt, lyst-brunt.	1	-
F2	F2-5	1,0	FINSAND, gråt.	0,9	0,4
F3	F3-4	1,0	FINSAND, sv. muldh., lysegråt.	10	0,4
Jordinterval 1,1 - 2,5 m.u.t.					
F3	F3-6	2,0	FINSAND, lysegråt.	1	0,1
F4	F4-5	1,5	FINSAND, rødbrun.	0,7	0,4
F5	F5-7	2,0	FINSAND, gulbrun.	-	-
M1	M1-4	2,0	FINSAND, gulbrun.	0,9	0,2
M2	M2-7	2,5	FINSAND, lyst.	-	-

- 1) Vanskelig at analysere pga. tjærelignende substans. Faktiske værdier kan derfor afvige meget fra det fundne. Flere af de resterende prøver indeholdt rester af samme sorte substans.
- 2) Umulig at analysere p.g.a. tjæreindhold.
- Under detektionsgrænsen
- i.a. Ikke analyseret

Tabel 5.1: Analyseresultater TNT og RDX i jordprøver. Ammunitionsarsenalet, Elling bygning 6 (analysearbejde udført af HTT, Hjørring).

5. ANALYSERESULTATER

5.1 Analyseresultater jordprøver

18 jordprøver er analyseret for TNT og RDX på HPLC udstyr hos Hærens Tekniske Tjeneste (HTT) i Hjørring. Jordprøverne er udvalgt på grundlag af den visuelle feltbedømmelse og således, at alle relevante borer og dybdeintervaller er repræsenteret i prøvematerialet.

Analyseresultaterne fremgår af tabel 5.1 samt analyseblanketter i bilag 5.

Som det fremgår af tabel 5.1 er der konstateret TNT indhold i 16 af de 18 jordprøver, med højeste koncentrationer på ca. 4.000 mg/kg i boring F3, 0,1 m.u.t. Tilsvarende er der konstateret RDX indhold i 14 af 18 jordprøver, med højeste koncentrationer på ca. 1.000 mg/kg i boring F3 0,1 m.u.t. Gennemsnitskoncentrationen i den øverste halve meter jord ligger på i størrelsesordenen 800 mg/kg TNT og 170 mg/kg RDX. Forureningen er overvejende tilknyttet overfladenære jordprøver, d.v.s. 0,1-0,5 m.u.t.

Da HTT i forbindelse med analysearbejdet havde problemer med kvantificering af TNT indholdene i enkelte overfladenære prøver, på grund af misfarvning af dichlormethan ekstrakt (tegn på organisk indhold evt. olie/tjære), er 2 delprøver endvidere analyseret for total olie/tjære, BTEX'er samt udvalgte PAH-forbindelser hos Hygiejnisk Forvaltning i Aalborg.

Analyseresultaterne fremgår af bilag 7.

Som det fremgår af bilag 7 er der kun konstateret tjære/olieindhold i den ene af de to prøver. Der er i denne prøve konstateret moderat tjære/olieindhold på hhv. 266 og 47 mg/kg afhængig af, om forureningen kvantificeres overfor en tjære- eller tung fyringsoliestandard. Laboratoriet har imidlertid ikke umiddelbart kunne typebestemme forureningen.

Da der ikke er konstateret indhold af BTEX'er samt PAH-forbindelser i jordprøverne, er der sandsynligvis tale om en nedbrudt forurening med et højtstående olieprodukt.

BORING NR.	DATO	FILTER M.U.T.	PRØVEBESKRIVELSE	FELTMÅLINGER ²⁾			TNT (mg/l)
				REDOX	ILT	LEDN. EVNE	
				(mV)	(mg/l)	(mS/cm)	
Kvalitetskriterie, drikkevand							0,001
Detektionsgrænse							0,03
M1	21/11/96	2,0-5,0	Klar, rødbrun farve (evt. naturlig)	265	3,6	0,42	0,15 ¹⁾
M2	21/11/96	2,0-5,0	Klar, ikke misfarvet	014	1,3	0,32	-

1) Flere uidentificerede toppe i chromatogrammet kan indikere tilstedeværelse af nedbrydningsprodukter i grundvandet.

2) Redox, ilt, ledningsevne - feltmålinger udført af NNR umiddelbart før prøveudtagning.

- Under detektionsgrænsen.

i.a. Ikke analyseret.

Tabel 5.2: Analyseresultater TNT i vandprøver. Ammunitionsarsenalet, Elling bygning 6 (analysearbejde udført af Hygiejnisk forvlatning, Aalborg).

5.2 Analyseresultater vandprøver

2 vandprøver fra den øvre del af grundvandsmagasinet, udtaget i monitoringsboringerne hhv. nord og syd for tårnet, er analyseret for TNT hos Hygiejnisk forvaltning i Aalborg.

Analyseresultaterne fremgår af tabel 5.2. Laboratoriets analyseblanketter samt beskrivelse af analysemetode fremgår af bilag 8.

Som det fremgår af tabel 5.2, er der i vandprøven fra boring M1 nord for tårnet konstateret 150 µg/l TNT, mens der ikke er konstateret TNT indhold i vandprøven fra boring M2 syd for tårnet.

Hygiejnisk forvaltning har ikke umiddelbart mulighed for at identificere RDX og eventuelle nedbrydningsprodukter i vandprøverne. Laboratoriet angiver imidlertid, at chromatogrammerne indikerer tilstedeværelse af flere kvælstofholdige kulbrinter i vandprøverne, sandsynligvis RDX samt nedbrydningsprodukter af TNT og RDX.

5.3 Analyseresultater bygningsprøver

Der er udtaget i alt 21 bygningsprøver til analyse for TNT og RDX på HPLC-udstyr hos Hærens Tekniske Tjeneste (HTT), Laborariesektionen i Hjørring.

Analyseresultaterne fremgår af figur 5.3.

Som det fremgår af tabel 5.3 er der konstateret TNT indhold i 18 af de 21 bygningsprøver, med højeste koncentrationer på 729 mg/kg i murstensprøven fra mellemgangen ved rum 116. Tilsvarende er der konstateret RDX indhold i 15 af 21 bygningsprøver med højeste koncentrationer på 49 mg/kg.

PRØVE NR.	ART	RUM NR.*	PRØVEBESKRIVELSE	TNT mg/kg	RDX mg/kg
Detektionsgrænse				0,1	0,1
Materialeprøver, gulve i tårn					
K1-1	Klinke	107	Ikke synlig TNT mellem klinke og beton. Fuger TNT holdige (rødfarvet).	59	9
B1-1	Beton	107	Ikke synlig TNT efter damprensning.	0,8	-
K1-2	Klinke	107	Fuger og mørtel TNT holdigt.	14	7,4
B1-2	Beton	107	Overflade svagt TNT holdig efter damprensning.	1,8	0,3
K1-4	Klinke	208	Fuger TNT holdige (rødfarvet).	48	3,7
B1-4	Beton	208	Rest TNT på overflade (ved fuger) efter damprensning.	9,7	0,7
K1-6	Klinke	308	Svag TNT belastning i mørtel.	0,7	3
B1-6	Beton	308	Svag TNT-belastning på overflade efter damprensning.	-	-
K1-8	Klinke	408	Svag TNT belastning i fuger og mørtel.	3,8	0,9
B1-8	Beton	408	Svag TNT på overflade efter damprensning.	-	-
B1-10	Beton	301	Betonen lagdelt afretningslag/puds. Markant TNT ophobning (slim) i mellemrum.	11	0,9
Materialeprøver, vægge i tårn					
K2-1	Klinke	107	Ikke synlig TNT.	48	5
B2-1	Beton	107	Ikke synlig TNT.	-	-
B2-2	Beton	208	Ikke synlig TNT.	26	2
B2-3	Beton	408	Ikke synlig TNT.	2	0,9
Materialeprøver, vægge uden for tårn					
K4-1	Klinke	101	Ikke synlig TNT.	0,1	10,4
M4-1	Murværk	101	Ikke synlig TNT.	9	3
K4-2	Klinke	114	Ikke synlig TNT.	240	17
K4-2A	Klinke	114	Ikke synlig TNT. (kontrol af TNT-niveau)	2,3	-
M4-2	Murværk	114	Ikke synlig TNT.	729	49
M4-2A	Murværk	114	Ikke synlig TNT. (kontrol af TNT-niveau)	0,5	-

* Angivne rumnumre er fastlagt med udgangspunkt i tegning 4884 (09/1953).

Tabel 5.3: Analyseresultater for materialeprøver udtaget til kemisk analyse for TNT og RDX.

6. FORURENINGSTILSTAND OG RISIKOVURDERING

De kritiske forureningskomponenter i området vurderes at være TNT, RDX og deres nedbrydningsprodukter samt tunge olieforbindelser. I de følgende afsnit redegøres for de forureningsegenskaber, som er grundlag for opstilling af afværge-/acceptkriterier for jord- og grundvandsforureningen ved trotylstøberiet.

6.1 Kvalitetskriterier for TNT, RDX og olieprodukter

Farlighedsvurdering TNT og RDX

I bilag 3 er der udarbejdet en farlighedsvurdering for TNT og RDX. Efterfølgende er hovedkonklusionerne af farlighedsvurderingen anført.

TNT og RDX er giftige stoffer, som kan medføre både akutte og kroniske effekter ved eksponering af mennesker ved indånding, indtagelse og i mindre grad ved hudkontakt.

Nedbrydning i jord og grundvand er dokumenteret for både TNT og RDX, men RDX nedbrydes hovedsageligt under anaerobe forhold, hvilket kan betyde at RDX er mere eller mindre persistent i iltede grundvandsmagasiner.

Nedbrydningen af TNT og RDX er sjældent fuldstændig, og nedbrydningsprodukterne er i flere tilfælde vurderet som mere giftige end det oprindelige stof. Der er kun lidt kendskab til nedbrydningsprodukternes miljø- og sundhedsmæssige effekter.

TNT og RDX er mobile i jord og kan forventes udvasket til grundvandet. Der er i udlandet fundet jord- og grundvandsforureninger med TNT og RDX i nærheden af installationer, hvor der produceres eller udstøbes TNT/RDX.

Der foreligger ikke forslag til danske jordkvalitets- og drikkevandskriterier for TNT og RDX.

På grundlag af de foreliggende informationer har NNR derfor udarbejdet forslag til jordkvalitets- og drikkevandskriterier, i henhold til normal praksis i Danmark /ref. 5/.

Følgende kvalitetskriterier er foreslået ved følsom arealanvendelse:

- Jordkvalitetskriterium, TNT 25 mg/kg
- Jordkvalitetskriterium, RDX 150 mg/kg
- Drikkevandskriterium, TNT 1 µg/l.
- Drikkevandskriterium, RDX 0,35 µg/l.

Disse kvalitetskriterier anvendes efterfølgende som grundlag for en konkret fastlæggelse af afværge-/acceptkriterier for en evt. oprydning ved trotylstøberiet hos AMA i Elling.

Farlighedsvurdering, olieprodukter

Der er konstateret et begrænset indhold af et tungt olieprodukt i enkelte overfladenære jordprøver.

Olien svarer i kogepunktsinterval til tung fyringsolie, men kan være en blanding af forskellige nedbrudte olieprodukter, såsom gasolie, fuelolie, smøre- og skæreolie samt smørefedt.

Fælles for olieprodukterne er, at de består af forskellige grupper af stoffer med en meget kompleks og varieret sammensætning. De lettere olieprodukter som benzin, petroleum, diesel og fyringsolie er generelt lettere end vand og flyder ovenpå vandspejlet, mens f.eks. tung fuelolie er nærmest immobil i jord. Olieprodukter som diesel og tung fyringsolie besidder en meget ringe akut toksicitet, men især de høje n-alkaner kan være "promotor" for cancer. Da olieprodukter indeholder enkeltstoffer, der betragtes som kræftfremkaldende (benzen, benzo(a)pyren), må tunge olieprodukter vurderes som muligt kræftfremkaldende overfor mennesker, især i forbindelse med hudeksponering.

I /ref. 6/ er det beregnet, at jord højst må indeholde tunge oliekomponenter i en koncentration på 3.000 mg/kg.

Gasolie og tung fyringsolie indeholder PAH'er, hvor nogle PAH'er er kræftfremkaldende. I /ref. 5/ er det med baggrund i eksponering ved indtagelse af, og hudkontakt med jord, fastsat et acceptkriterium for PAH-indhold på 5 mg/kg eller 0,1 mg benzo(a)pyren/kg. Denne grænse sikrer, at PAH bidraget ved kontakt med forurenede jord holdes på et lavt niveau, set i relation til eksponering via andre kilder.

Der er i /ref. 7/ opstillet et jordkvalitetskriterium for gasolie i mikrobiologisk rensede jord på 50 mg/kg TS. Renset jord må anvendes som råjord - uden restriktioner, men må ikke benyttes som muldjord.

6.2 Opstilling af acceptkriterier for TNT, RDX og olieprodukter

Eksponeringsveje

Mennesker kan eksponeres for en jordforurening via følgende eksponeringsveje:

- indtagelse af jord og støv
- hudkontakt med jord
- indånding af gasarter eller jordpartikler
- spisning af afgrøder.

Desuden kan forureningen medføre:

- plantetoksiske effekter
- påvirkning af grundvand og/eller recipienter

som eventuelt kan medføre sundhedsmæssige effekter for mennesker ved indtagelse af drikkevand samt påvirkning af dyre- og planteliv.

Eksponering af mennesker afhænger af, hvilken arealanvendelse der er tale om. Området ved trotylstøberiet, AMA, Elling skal fortsat anvendes af forsvaret til produktionsformål, og derfor er eksponering af mennesker begrænset til hudkontakt med forurenede jord ved anlægsarbejde hvor jorden bearbejdes. Området er ikke beplantet og delvist befæstet.

Acceptkriterier, jord

Ved den nuværende og fremtidige arealanvendelse har den konstaterede jordforurening kun en begrænset sundhedsmæssig betydning for mennesker, og risikoen for kontakt til de forurenede jordlag er tilknyttet anlægsarbejde/gravearbejde. Ved opstilling af afværge-/acceptkriterier for området, er det derfor ikke nødvendigt at anvende kvalitetskriterier for følsom arealanvendelse, idet disse kriterier er unødigt restriktive i forhold til den reelle risiko for hudkontakt og indtagelse af forurenede jord ved trotylstøberiet.

Da analyseresultaterne indikerer at TNT indholdene generelt er højere end RDX indholdet i de enkelte jordprøver, og da kvalitetskriteriet for RDX er 6 gange højere end for TNT vurderes det, at TNT er den kritiske forureningsparameter ved oprydning.

På denne baggrund foreslås det at jordforurening fjernes, hvis jordkoncentrationer overstiger 10 gange kvalitetskriteriet for følsom anvendelse, d.v.s. 250 mg TNT/kg.

Det anbefales endvidere, at der anvendes et acceptkriterium for tunge olieprodukter på 500 mg/kg svarende til 10 gange acceptkriteriet for mikrobiologisk rensset jord.

Acceptkriterier, grundvand

For grundvandet foreslås et acceptkriterium på 50 µg/l for henholdsvis TNT og RDX, idet der ikke foregår vandindvinding til drikkevandsformål på Ammunitionsarsenalet. Det foreslås endvidere, at TNT og RDX koncentrationerne i skellet til AMA, Elling bør tilstræbes, at være mindre end 1 µg/l svarende til drikkevandskriteriet. Dette er dog mindre end den anvendte analysemetodes detektionsgrænse på 30 µg/l.

6.3 Forureningstilstand, jord

Der er fundet høje koncentrationer af TNT og RDX 0,1 m.u.t. i boring F1 og F3 syd for tårnet, hhv. 2.750 og 4.000 mg/kg. Koncentrationerne er stærk faldende med dybden således, at acceptkriteriet på 250 mg TNT/kg overholdes med god margin 0,5 m.u.t. Der er fundet lave koncentrationer af TNT og RDX 0,1 m.u.t. i F2, men acceptkriteriet er ikke overskredet.

Nord for tårnet er der ikke konstateret overskridelser af acceptkriterierne i de analyserede prøver fra boring F4, F5 og M1. Det skal dog bemærkes, at prøven fra F4 0,1 m.u.t. ikke er analyseret på grund af organisk indhold. Prøven er imidlertid med overvejende sandsynlighed TNT forurenet, idet GC-screeningen foretaget af Hygiejnisk Forvaltning indikerer TNT forurening, uden at det dog har været muligt at kvantificere indholdet med den anvendte detektor.

Forureningen stammer sandsynligvis fra rengøringsprocesserne i tårnet, hvor TNT belastet spildevand jf. AMA's oplysninger i flere tilfælde er løbet ud gennem døråbninger, og ud på jord/asfalt/beton hhv. syd og nord for tårnet.

Der er endvidere konstateret en mindre forurening med oliekomponenter. Der er ikke konstateret BTEX'er samt PAH-forbindelser, hvorfor der sandsynligvis er tale om en overfladenær forurening, med tunge oliekomponenter i koncentrationer op til i størrelsesordenen 300 mg/kg.

Kilden til olieforureningen er pt. ukendt, idet der ikke har været anvendt lignende olieprodukter i produktionen.

6.4 Risikovurdering, den øverste 0,5 meter jord

Indholdet af TNT overstiger acceptkriteriet opstillet i afsnit 6.2 umiddelbart syd for tårnet, hvor området er delvist ubefæstet. Der er således risiko for, at der ved anlægsarbejde kan ske eksponering med forurenede jord ved hudkontakt og ved indtagelse eller indånding af jordstøv. Der er ikke risiko for eksponering ved indånding af gasarter eller spisning af afgrøder. Der foreligger ikke information om, hvorvidt forurening kan medføre plantetoksiske effekter, men området bruges ikke til dyrkning af afgrøder bortset fra græs. Der er ikke konstateret væksthæmning i de græsbeklædte skrån timer nord og syd for tårnet.

Udvaskning af forurening fra den TNT-forurenede topjord ved tårnet kan muligvis bidrage til den konstaterede grundvandsforurening, men det er mere sandsynligt at denne stammer fra pt. ikke lokaliserede hotspots f.eks. ved Fort West og grøften nord for trotylstøberiet. AMA oplyser i den forbindelse, at der er foretaget udboring af TNT fra granater ved Fort West, ligesom der i flere tilfælde er afledt TNT-holdigt spildevand til grøften.

Da den konstaterede olieforurening ligger væsentligt under det foreslåede acceptkriterium, vurderes olieforureningen ikke at give anledning til sundhedsmæssige problemer ved den nuværende arealanvendelse ligesom det vurderes, at olieforureningen ikke giver anledning til uacceptabel udvaskning til grundvandet.

Risikovurderingen for de øverste 0,5 meter jord kan sammenfattes således:

Område	Forureningen udgør en risiko					
	Udeluft-problemer	Indeklima-problemer	Hudkon-takt-problemer	Indtagelse af jord	Plante toksiske effekter	Påvirkning af grundvand
AMA, Elling Bygning 6	NEJ	NEJ	JA	JA	NEJ	JA

6.5 Risikovurdering, jord beliggende dybere end 0,5 m.u.t.

TNT- og RDX-koncentrationerne i den dybereliggende jord under 0,5 m.u.t. er generelt på et lavt niveau, og væsentligt under acceptkriterierne opstillet i afsnit 6.2. I F1 og F3 er koncentrationer af TNT i 0,5 m dybde højere end kvalitets-

kriteriet for følsom arealanvendelse, men alle prøver i større dybde har lave og ubetydelige indhold af TNT og RDX.

Det vurderes således at jordforureningen beliggende dybere end 0,5 m, ikke udgør nogen sundhedsmæssig risiko ved den nuværende arealanvendelse, ligesom det vurderes at denne forurening ikke giver anledning til uacceptabel udvaskning til grundvandet.

Risikovurderingen for jord dybere end 0,5 meter kan sammenfattes således:

Område	Forureningen udgør en risiko					
	Udeluft-problemer	Indeklima-problemer	Hudkontakt-problemer	Indtagelse af jord	Plante toksiske effekter	Påvirkning af grundvand
AMA, Elling Bygning 6	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ

6.6 Forureningstilstand, grundvand

I boring M1 er der fundet 150 µg/l TNT. Der er ikke analyseret for RDX.

I chromatogrammet for prøven M1 er der imidlertid andre toppe, som repræsenterer pt. ukendte stoffer i grundvandsprøven. Der er anvendt en kvælstoffølsom detektor ved GC-analysen, og det er derfor sandsynligt at stofferne er kvælstofholdige. Der således efter al sandsynlighed tale om nedbrydningsprodukter af TNT og RDX som omtalt i bilag 3. Laboratoriet har efter anmodning oplyst, at det pt. ikke er muligt at identificere stofferne.

Der er ikke fundet TNT-indhold i boring M2 over detektionsgrænsen, d.v.s. et evt. TNT-indhold er mindre end 30 µg/l.

6.7 Risikovurdering, grundvand

Indholdet af TNT i boring M1 overstiger det beregnede drikkevandskriterium på 1 µg/l TNT, med en faktor 150.

Da der findes private vandindvindinger indenfor en afstand på ca. 800 meter fra støberiet, vurderes det foreløbigt, at der kan være en risiko for uacceptabel påvirkning af grundvand som anvendes til drikkevandsformål.

Da grundvandsstrømningen i området og en evt. forureningsfane ikke er endeligt dokumenteret, er det pt. ikke muligt at foretage en egentlig risikovurdering for grundvand og recipienter.

Jf. bilag 3 er det dog ofte konstateret at TNT nedbrydes i aerobe grundvandsmagasiner, men tilstedeværelse af nedbrydningsprodukter af TNT og RDX (som ikke nedbrydes under aerobe forhold) i større afstand fra kilden, kan ikke afvises.

6.8 Forureningstilstand, bygningsmaterialer

FBT har overslagsmæssigt opgjort, at nedbrydningen medfører følgende mængder fordelt på bygningsmaterialer:

- Klinker 30 m³/ 60 ton
- Murværk 90 m³/130 ton
- Beton 120 m³/290 ton

Den samlede nedbrydningsmængde udgør således i størrelsesordenen 240 m³, svarende til 480 ton ved en gennemsnitlig densitet på 2,0 ton/m³.

Der er konstateret følgende gennemsnitlige TNT og RDX indhold i de enkelte bygningskategorier:

Bygningsmaterialer	Bygningsdel			
	Kategori 1: Gulve, prod. rum (mg/kg)	Kategori 2: Vægge, prod. rum (mg/kg)	Kategori 4: Vægge, tilst.- rum (mg/kg)	Gennemsnit (mg/kg)
Klinker	25	48 ¹⁾	81	46
Murværk	-	-	246	246
Beton	3,9	9,3	-	6
Antal prøver	11 stk.	4 stk.	6 stk.	21 stk.

¹⁾ Kun en prøve.

Tabel 5.4: Gennemsnitlige TNT-koncentrationer i bygningsprøver som er omfattet af nedrivningen. Kategori 3 er udgået af nedbrydningsentreprisen, idet gulve bevares.

Den gennemsnitlige mængdevægtede TNT-koncentration i bygningsmaterialer til nedrivning kan således opgøres til ca. 75 mg/kg. TNT-indholdet i bygningsmaterialerne ligger således under det foreslåede acceptkriterium for TNT-forurenet jord på 250 mg/kg ved ikke følsom arealanvendelse.

7. SAMMENFATNING

7.1 Sammenfatning

Indledning

Rapporten omhandler TNT-forurening ved og i Ammunitionsarsenalets trotylstøberi på matr. 2a, 2f m.fl. Elling - Frederikshavn Kommune.

Trotylstøberiet har været i drift siden midten af 50'erne. Støbeprocesserne er koncentreret i midten af bygningen (tårnet), hvor mindre spild af flydende TNT på gulve og vægge ikke har kunnet undgås med det eksisterende produktionsudstyr. Rengøringen er foretaget med damp og varmt vand, hvor TNT sammen med rengøringsvandet er ført i afløb og derfra til det tilknyttede renseanlæg.

I forbindelse med den forestående ombygning ønsker forsvaret at fjerne evt. TNT forurening, hvis denne viser sig at udgøre en miljømæssig risiko. Ligeledes ønsker forsvaret at dokumentere TNT forurening i bygningsdele, som skal nedbrydes med henblik på at afklare deponeringsmuligheder.

Borearbejde, prøvetagning

I forbindelse med undersøgelserne er der udført 2 stk. slagboringer på arealet (M1 og M2) hhv. nord og syd for støberiet. Begge boringer er ført ca. 5,0 m.u.t. og filtersat i den øvre del af grundvandsmagasinet, med henblik på udtagning af vandprøver.

Herudover er der umiddelbart uden for tårnet udført 5 stk. (F1 - F5) uforede - boringer til 1,5 - 3 m.u.t., med henblik på at dokumentere evt. overfladenær TNT-forurening.

Der er ikke udført boringer i selve støberiet, idet dette ikke var nedvasket/rengjort for TNT på tidspunktet for undersøgelsernes gennemførelse.

Under borearbejdet er der udtaget jordprøver for hver halve boremeter, samt mindst en prøve fra alle gennemborede jordlag, i alt 57 jordprøver. 18 stk jordprøver er efterfølgende sendt til HTT (Hærens Tekniske Tjeneste), Hjørring for kemisk analyse.

Der er endvidere udført forpumpning og prøvetagning af grundvand fra boring M1 og M2 til kemisk analyse hos Hygiejnisk forvaltning, Aalborg.

Udtagning af bygningsmaterialer

Med henblik på at fastlægge TNT belastningen i de bygningsdele som skal nedrives, er der foretaget 11 kerneboringer i støberiet og tilstødende lokaler.

Der er for hvert prøvested udboret og nedknust en Ø100 mm kerne a ca. 100 - 150 mm længde.

Prøvestederne blev inden prøvetagningen opdelt i kategorier afhængig af den skønnede TNT belastning, ligesom der blev skelnet mellem bygningsmaterialer hhv. klinker, murværk og beton.

Analyseresultater

Der er ved kemisk analyse af jordprøver konstateret TNT indhold i 16 af 18 jordprøver, med højeste koncentrationer på ca. 4.000 mg/kg syd for støberiet (se tabel 5.1). Tilsvarende er der konstateret RDX indhold i 14 af 18 jordprøver, med højeste koncentrationer på ca. 1.000 mg/kg, ligeledes syd for støberiet. Forureningen er overvejende tilknyttet overfladenære jordprøver, d.v.s. 0,1-0,5 m.u.t.

Der er endvidere konstateret en mindre overfladenær forurening med nedbrudte olieprodukter op til 266 mg/kg.

I vandprøven fra boring M1 nord for tårnet er der konstateret 150 µg/l TNT, mens der ikke er konstateret TNT indhold i vandprøven fra boring M2 syd for tårnet (se tabel 5.2). Der er ikke analyseret for RDX i vandprøver, idet laboratoriet ikke er i besiddelse af nødvendige standarder. Chromatogrammerne indikerer imidlertid tilstedeværelse af flere kvælstofholdige kulbrinter i vandprøverne, sandsynligvis RDX samt nedbrydningsprodukter af TNT og RDX.

Der er konstateret TNT-indhold i 18 af de 21 bygningsprøver med højeste koncentrationer på 729 mg/kg i en murstensprøve fra en mellemgang (se tabel 5.3). Tilsvarende er der konstateret RDX indhold i 15 af 21 bygningsprøver med højeste koncentrationer på 49 mg/kg.

Acceptkriterier TNT, RDX og olieprodukter

De kritiske forureningskomponenter i området vurderes at være TNT, RDX og deres nedbrydningsprodukter samt tunge olieforbindelser.

TNT og RDX er giftige stoffer, som kan medføre både akutte og kroniske effekter ved eksponering af mennesker ved indånding, indtagelse og i mindre grad ved hudkontakt.

Nedbrydning i jord og grundvand er dokumenteret for både TNT og RDX, men RDX nedbrydes hovedsageligt under anaerobe forhold, hvilket kan betyde at RDX er mere eller mindre persistent i iltede grundvandsmagasiner.

Nedbrydningen af TNT og RDX er sjældent fuldstændig, og nedbrydningsprodukterne er i flere tilfælde vurderet som mere giftige end det oprindelige stof.

Der er kun lidt kendskab til nedbrydningsprodukternes miljø- og sundhedsmæssige effekter.

TNT og RDX er mobile i jord og kan forventes udvasket til grundvandet. Der er i udlandet fundet jord- og grundvandsforureninger med TNT og RDX i nærheden af installationer, hvor der produceres eller udstøbes TNT/RDX.

Der foreligger ikke forslag til danske jordkvalitets- og drikkevandskriterier for TNT og RDX.

På grundlag af de foreliggende informationer har NNR derfor udarbejdet forslag til jordkvalitets- og drikkevandskriterier, i henhold til normal praksis i Danmark.

Ved den nuværende og fremtidige arealanvendelse ved trotylstøberiet, har den konstaterede jordforurening kun en begrænset sundhedsmæssig betydning for mennesker, og risikoen for kontakt til de forurenede jordlag er tilknyttet anlægsarbejde/gravearbejde. Ved opstilling af afværge-/acceptkriterier for området er det derfor ikke nødvendigt at anvende ovennævnte kvalitetskriterier, som gælder for følsom arealanvendelsen, idet disse kriterier er unødigt restriktive i forhold til den reelle risiko for hudkontakt og indtagelse af forurenede jord ved den aktuelle anvendelse til trotylstøberiet.

Det foreslås således at jordforurening fjernes, hvis jordkoncentrationerne overstiger 10 gange kvalitetskriteriet for følsom anvendelse, d.v.s. 250 mg TNT/kg.

Det anbefales endvidere, at der anvendes et acceptkriterium for tunge olieprodukter på 500 mg/kg, svarende til 10 gange acceptkriteriet for mikrobiologisk rensede jord.

For grundvand foreslås et acceptkriterium på 50 µg/l for henholdsvis TNT og RDX, idet der ikke foregår vandindvinding til drikkevandsformål på Ammunitionsarsenalet. Det foreslås endvidere at TNT og RDX koncentrationerne bør tilstræbes, at overholde drikkevandskriteriet ved skellet til AMA.

Forureningstilstand og risikovurdering, jordforurening

Indholdet af TNT i overfladenære jordprøver overstiger acceptkriteriet umiddelbart syd for tårnet, hvor området er delvist ubefæstet. Der er således risiko for, at der ved anlægsarbejde kan ske eksponering med forurenede jord. Der er ikke risiko for eksponering ved indånding af gasarter eller spisning af afgrøder.

TNT- og RDX-koncentrationerne i den dybereliggende jord under 0,5 m.u.t. er generelt på et lavt niveau, og væsentligt under acceptkriterierne, hvorfor forureningen ikke vurderes at udgøre noget sundhedsmæssigt problem. Det vurderes

ligeledes, at den dybereliggende forurening ikke giver anledning til uacceptabel udvaskning til grundvandet.

Udvaskning af forurening fra den TNT-forurenede topjord ved tårnet kan imidlertid bidrage til den konstaterede grundvandsforurening, men det er mere sandsynligt at denne stammer fra pt. ikke lokaliserede hotspots.

Den konstaterede olieforurening vurderes ikke at give anledning til sundhedsmæssige problemer ved den nuværende arealanvendelse ligesom det vurderes, at olieforureningen ikke giver anledning til uacceptabel udvaskning til grundvandet.

Forureningstilstand og risikovurdering, grundvand

Indholdet af TNT i boring M1 overstiger det beregnede drikkevandskriterium på 1 µg/l TNT med en faktor 150, og det foreslåede acceptkriterium med en faktor 3.

Da der findes private vandindvindinger indenfor en afstand på ca 800 meter fra støberiet, vurderes det foreløbigt, at der kan være en risiko for uacceptabel påvirkning af grundvand som anvendes til drikkevandsformål.

Da grundvandsstrømningen i området og en evt. forureningsfane ikke er endeligt dokumenteret, er det pt. ikke muligt at foretage en egentlig risikovurdering for grundvand og recipienter.

Forureningstilstand, bygningsmaterialer

FBT har overslagsmæssigt opgjort, at nedbrydningen omfatter i størrelsesordenen 240 m³ bygningsmaterialer svarende til ca. 480 ton.

Den gennemsnitlige TNT koncentration er på baggrund af de 21 bygningsprøver, og vægtet efter mængder i de enkelte materialekategorier, beregnet til ca. 75 mg/kg.

TNT-indholdet i bygningsmaterialerne ligger således under det foreslåede acceptkriterium for TNT-forurenet jord på 250 mg/kg.

8. REFERENCER

- /1/ Geotekniske rapporter. Frederikshavn. Elling. Tuenvej 120 - Rapport 1 og 2, 1995. Udarbejdet af Geoteknisk Institut for FBT.
- /2/ Oplysninger og tegningsmateriale udleveret af FBT.
- /3/ Besigtigelse af anlægget den 18. september 1996.
- /4/ Geologisk basisdatakort, 1318 III Hjørring, DGU, 1983.
- /5/ Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og drikkevand. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen. nr. 12, 1995.
- /6/ Benzin og dieselolieforurenede grunde, Miljøprojekt nr. 223, Miljøstyrelsen 1993.
- /7/ Acceptkriterier for mikrobiologisk rensed jord. Vejledning fra Miljøstyrelsen. nr.8, 1992.

BILAG 1

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S

RÅDGIVENDE INGENIØRER OG PLANLÆGGERE

BOREJOURNAL

SAG: AMA, Elling, Frederikshavn
LOKALITET: Bygning 6

Dato: 5/11-96
Init./Tilsyn: BIT
Sagnr.: 96.419,00

JORDLAGSBESKRIVELSE				FARVE	LUGT				PID
FIL TER	DY BDE	PRO FIL	PR ØV EN R.	BORINGSNR.: M1		ING EN	SV AG	MID DEL	ST ÆR K
0				MULD, SANDET					
1			1	FIN SAND, sv. muldh.	Lyst				
2			2	FIN SAND, sv. muldh.	gulbrun				
3			3	FIN SAND,	gulbrun				
4			4	FIN SAND					
5			5	FIN SAND, sv. muldholdig	mørkbrun				0
6			6	FIN SAND	Mørkegrå				
7			7	FIN SAND	Mørkegrå				
8			8						
9			9						
10									
FORSEGLING ☐ GRUS ☐ BAGFYLD ☐				TERRÆNKOTE PEJLERØR m m.o. terræn til m.u.t.					
				FILTER 2,0 m.u. terræn til 5,0 m.u.t.					
				DIMENSION 63 mm PVC					
				BOREMETODE Snegl + sandspand					
				FORERØR Ja/Nej					

NNR

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Rådgivende ingeniører og planlæggere
A/S Reg. nr. 48.398, tilsøgt FR.I

Digtervejen 11
DK-9200 Aalborg SV

Telefon 9818 1344
Telefax 9818 3328
Telex 69 848 dencon dk

G:\VM\MASTER\TILSYN\13-2BORJ.NNR

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S

RÅDGIVENDE INGENIØRER OG PLANLÆGGERE

BOREJOURNAL

SAG: AMA, Elling, Frederikshavn

Dato: 5/11-96

LOKALITET: Bygning 6

Init./Tilsyn:

BIT

Sagnr.:

96.419.00

JORDLAGSBESKRIVELSE

FARVE

LUGT

PID

F
I
L
T
E
R

D
Y
B
D
E

P
R
O
F
I
L

P
R
Ø
V
E
N
R.

BORINGSNR.:

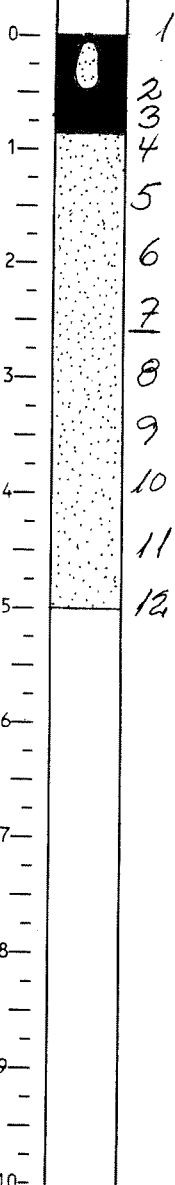
M2

I
N
G
E
N

S
V
A
G

M
I
D
D
E
L

S
T
Æ
R
K



1 — SANDMULD
2 —
3 —
4 — FINSAND
5 — FINSAND
6 —
7 — FINSAND
8 — FINSAND
9 — FINSAND
10 —
11 —
12 —

Gult
Lyst

Lysgråt

0

FORSEGLING ☐

GRUS ☐

BAGFYLD ☐

TERRÆNKOTE
PEJLERØR

2,0 m
m.o. terræn til 5,0 m.u.t.

FILTER

m.u. terræn til m.u.t.

DIMENSION

63 mm PVC

BOREMETODE

Snegl + sandspand

FORERØR

Ja/Nej

NNR

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Rådgivende ingeniører og planlæggere
A/S Reg. nr. 48.398, tilsluttet F.R.I.

Digtervejen 11
DK-9200 Aalborg SV

G:\VM\MASTER\TILSYN\13-2BORJ.NNR

Telefon 9818 1344
Telefax 9818 3328
Telex 69 848 dencon dk

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S

RÅDGIVENDE INGENIØRER OG PLANLÆGGERE

BOREJOURNAL

SAG: AMA, Elling, Frederikshavn
LOKALITET: Bygning 6

Dato: 5/11-96
Init./Tilsyn: BIT
Sag nr.: 96.4/19.00

JORDLAGSBESKRIVELSE				FARVE	LUGT				PID
F I L T E R	D Y B D E	P R O F I L	P R Ø V E N . R.	BORINGSNR.: F1		I N G E N	S V A G	M I D D E L	S T Æ R K
	0		1+2	SANDMULD, TNT ?	Rød-brun				
	-		3	" "	Grå-brun				0
	-		4	" "					-
	1		5	FIN SAND, muldblandet	Lyst, brunt				1
	-		6	FIN SAND	Lysgul				-
	2								2
	-		7	FIN SAND	Lyst				-
	3								3
	-								-
	4								4
	-								-
	5								5
	-								-
	6								6
	-								-
	7								7
	-								-
	8								8
	-								-
	9								9
	-								-
	10								10
FORSEGLING ☐ GRUS ☐ BAGFYLD ☐				TERRÆNKOTE 1.95 m PEJLERØR m.o. terræn til 2.95 m.u.t. FILTER m.u. terræn til m.u.t. DIMENSION mm PVC BOREMETODE Håndgrej FORERØR Ja/Nej					

NNR

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Rådgivende ingeniører og planlæggere
A/S Reg. nr. 48.398, tilsat FR.I

Digitervej 11
DK-9200 Aalborg SV

Telefon 9818 1344
Telefax 9818 3328
Telex 69 848 dencon dk

G:\VM\MASTER\TILSYN\13-2BORJ.NNR

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S

RÅDGIVENDE INGENIØRER OG PLANLÆGGERE

BOREJOURNAL

SAG: AMA, Eiling, Frederikshavn

Dato: 5/11-96

LOKALITET: Bygning 6

Init./Tilsyn: BIT

Sagnr.: 96.419.00

JORDLAGSBESKRIVELSE				FARVE	LUGT				PID
FIL TER	DY BDE	PRO FIL	PRO VEN R.	BORINGSNR.: F2		ING EN	SV AG	MI DDEL	ST ÆRK
0			1+2	SANDEFYLD, TNT	Rødbrun				
-			3	SANDEFYLD,	Rødbrun				0
-			4	FIN SAND	Rødbrun				-
1			5	FIN SAND	Gråt				-
-			6	FIN SAND	Lyst				1
-									-
2									2
-									-
3									3
-									-
4									4
-									-
5									5
-									-
6									6
-									-
7									7
-									-
8									8
-									-
9									9
-									-
10									10

FORSEGLING ☐	TERRÆNKOTE	m	
GRUS ☐	PEJLERØR 1/2	m.o. terræn til	m.u.t.
BAGFYLD ☐	FILTER	m.u. terræn til	m.u.t.
	DIMENSION	mm PVC	
	BOREMETODE	Håndgrej	
	FORERØR	Ja/Nej	

NNR

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Rådgivende ingeniører og planlæggere
A/S Reg. nr. 48.398, tilsluttet F.R.I.

Digitervejen 11
DK-9200 Aalborg SV

Telefon 9818 1344
Telefax 9818 3328
Telex 69 848 dencon dk

G:\VM\MASTER\TILSYN\13-2BORJ.NNR

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S

RÅDGIVENDE INGENIØRER OG PLANLÆGGERE

BOREJOURNAL

SAG: AMA, Elling, Frederikshavn
LOKALITET: Bygning 6

Dato: 5/11-96
Init./Tilsyn: BIT
Sagnr.: 96.419.00

				JORLAGSBESKRIVELSE	FARVE	LUGT				PID
F I L T E R	D Y B D E	P R O F I L	P R Ø V E N R.	BORINGSNR.: F3		I N G E N	S V A G	M I D D E L	S T Æ R K	
	0		1	MULD, TNT?	Rødbrun					0
			2	FYLD/SANDMULD, TNT? m. tegt-	Rødbrun					
			3	SANDMULD murebrokker	Gråbrun					
	1		4	FIN SAND, 3v. muldholdigt	Lysegrå					1
			5	FIN SAND	Lysegul/grå					
	2		6	FIN SAND	Lysegul/grå					2
			7							
	3									3
	4									4
	5									5
	6									6
	7									7
	8									8
	9									9
	10									10

FORSEGLING ☐	TERRÆNKOTE	2,0 m
GRUS ☐	PEJLERØR	m.o. terræn til 3,0 m.u.t.
BAGFYLD ☐	FILTER	m.u. terræn til m.u.t.
	DIMENSION	25 mm PVC
	BOREMETODE	Håndgrej
	FORERØR	Ja/Nej

NNR

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Rådgivende ingeniører og planlæggere
A/S Reg. nr. 48.398, tilsøttet F.R.I.

Digtervejen 11
DK-9200 Aalborg SV

Telefon 9818 1344
Telefax 9818 3328
Telex 69 848 dencon dk

G:\VM\MASTER\TILSYN\13-2BORJ.NNR

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S

RÅDGIVENDE INGENIØRER OG PLANLÆGGERE

BOREJOURNAL

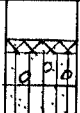
SAG: AMA, Elling, Frederikshavn

Dato: 5/11-96

LOKALITET: Bygning 6.

Init./Tilsyn: BIT

Sagnr.: 96.419.00

JORDLAGSBESKRIVELSE				FARVE	LUGT				PID
F I L T E R	D Y B D E	P R O F I L	P R Ø V E N R.	BORINGSNR.: F4		I N G E N	S V A G	M I D D E L	S T Æ R K
	0-		1	10 cm. ASFALT					
	-		2	M.S.G.					
	-		3	SANDFYLD, evl. grus, sv. muld.	Gulbrun				
	1-		4	FIN SAND, muldholdigt	Gråbrun				
	-		5	FIN SAND	Rødbrun				
	2-		6	FIN SAND, sv. muldholdigt	Gråbrun				0
	-		7	FIN SAND	Gråbrun				
	3-								
	-								
	4-								
	-								
	5-								
	-								
	6-								
	-								
	7-								
	-								
	8-								
	-								
	9-								
	-								
	10-								
FORSEGLING ☐ GRUS ☐ BAGFYLD ☐				TERRÆNKOTE PEJLERØR 2,0 m m.o. terræn til 3,0 m.u.t. FILTER m.u. terræn til m.u.t. DIMENSION 25 mm PVC BOREMETODE snegl til 0,5 m.u.+/hånd FORERØR Ja/Nej					

NNR

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Rådgivende ingeniører og planlæggere
A/S Reg. nr. 48.398, tilsat F.R.I.

Digtervejen 11
DK-9200 Aalborg SV

G:\VM\MASTER\TILSYN\13-2BORJ.NNR

Telefon 9818 1344
Telefax 9818 3328
Telex 69 848 dencon dk

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S

RÅDGIVENDE INGENIØRER OG PLANLÆGGERE

BOREJOURNAL

SAG: AMA, Elling, Frederikshavn
LOKALITET: Bygning 6.

Dato: 5/11-96
Init./Tilsyn: BIT
Sagnr.: 96.419.00

JORDLAGSBESKRIVELSE				FARVE	LUGT				PID
F I L T E R	D Y B D E	P R O F I L	P R Ø V E N R.	BORINGSNR.: F5		I N G E N	S V A G	M I D D E L	S T Æ R K
	0-		1	10cm. ASFALT		✓			
	-		2	MSG					
	-		3	SANDEFYLD, enkelte sten, muldhw.	Mørkegråt	✓			0
	1-		4						
	-		5	FINSAND, muldholdigt	Mørkegråt				
	-		6	FINSAND	Mørkegråt/brun				
	2-		7	FINSAND	Gulbrun				
	-		8	FINSAND	Lysegult				
	-		9	FINSAND	Lysegult	✓			
	3-								
	-								
	4-								
	-								
	5-								
	-								
	6-								
	-								
	7-								
	-								
	8-								
	-								
	9-								
	-								
	10-								

FORSEGLING ☐	TERRÆNKOTE	m
GRUS ☐	PEJLERØR	2,0 m.o. terræn til 3,0 m.u.t.
BAGFYLD ☐	FILTER	m.u. terræn til m.u.t.
	DIMENSION	25 mm PVC
	BOREMETODE	Snegl
	FORERØR	✓/Nej

NNR

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Rådgivende ingeniører og planlæggere
A/S Reg. nr. 48.398, tilsat F.R.I.

Digtervejen 11
DK-9200 Aalborg SV

G:\VM\MASTER\TILSYN\13-2BORJ.NNR

Telefon 9818 1344
Telefax 9818 3328
Telex 69 848 dencon dk

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S

RÅDGIVENDE INGENIØRER OG PLANLÆGGERE

BOREJOURNAL

SAG: <i>AMA, Elling, Frederikshavn</i>				Dato: <i>5/11-96</i>					
LOKALITET: <i>Bygning 6</i>				Init./Tilsyn: <i>BIT</i>					
				Sagnr.: <i>96.419.00</i>					
JORDLAGSBESKRIVELSE				FARVE	LUGT				PID
F	D	P	P	BORINGSNR.: <i>F6</i>		I	S	M	S
I	B	R	R						
L	D	O	Ø						
T	E	F	V						
E			N						
R			R.						
	0—			— <i>SANDMULD</i>	<i>Gråbrun</i>				0—
	—			—					—
	—			—					—
	1—			— <i>FINSAND, sv. muldholdig</i>	<i>Lyst/brunt</i>				1—
	—			—					—
	—			— <i>FINSAND</i>	<i>Lyst</i>				—
	2—			—					2—
	—			—					—
	—			—					—
	3—			—					3—
	—			—					—
	—			—					—
	4—			—					4—
	—			—					—
	—			—					—
	5—			—					5—
	—			—					—
	—			—					—
	6—			—					6—
	—			—					—
	—			—					—
	7—			—					7—
	—			—					—
	—			—					—
	8—			—					8—
	—			—					—
	—			—					—
	9—			—					9—
	—			—					—
	—			—					—
	10—			—					10—
FORSEGLING ☐ GRUS ☐ BAGFYLD ☐				TERRÆNKOTE <i>2,0</i> m PEJLERØR m.o. terræn til <i>3,0</i> m.u.t. FILTER m.u. terræn til m.u.t. DIMENSION mm PVC BOREMETODE <i>Håndgrej</i> FORERØR Ja/ Nej					



Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Rådgivende ingeniører og planlæggere
A/S Reg. nr. 48.398, tilsluttet F.R.I.

Digtervejen 11
DK-9200 Aalborg SV

Telefon 9818 1344
Telefax 9818 3328
Telex 69 848 dencon dk

G:\VM\MASTER\TILSYN\13-2BORJ.NNR

Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S

RÅDGIVENDE INGENIØRER OG PLANLÆGGERE

PEJLESKEMA FOR BORINGER

SAG: . 96419.00 TROTILSTØBERI I ELLING									
LOKALITET: . FREDERIKSHAVN KOMMUNE									
PEJLING NR:	1			2		3		4	
UDFØRT AF:	BIT			BIT					
DATO:	05.11.96			08.11.96					
BORING	A KOTE TIL TOP AF PEJLERØR (m) relativ	B PEJLING (m.u.p.)	C VAND- SPEJL- KOTE (A-B) (m) relativ	B PEJLING (m.u.p.)	C VAND- SPEJL- KOTE (A-B) (m) relativ	B PEJLING (m.u.p.)	C VAND- SPEJL- KOTE (A-B) (m) relativ	B PEJLING (m.u.p.)	C VAND- SPEJL- KOTE (A-B) (m) relativ
M1	109.59	1.835	107.76	1.745	107.85				
M2	109.85	2.145	107.71	2.085	107.77				
F1	109.89	2.180	107.71	2.115	107.78				
F3	109.88	2.165	107.72	2.090	107.79				
F4	109.96	2.260	107.70	2.175	107.79				
F5	109.98	2.250	107.73	2.170	107.81				
F6	109.74	2.045	107.70	1.940	107.80				
A1	109.93	2.160	107.77	2.125	107.81				
A2	109.20	2.150	107.05						
A3	108.97	2.200	106.77						



Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S
Rådgivende ingeniører og planlæggere
A/S Reg. nr. 48.398, tilsluttet F.R.I.

Digtervejen 11
DK-9200 Aalborg SV

Telefon 9818 1344
Telefax 9818 3328
Telex 69 848 dencon dk

G:\sag\96419\00\rap\PEJL01.LBM

BILAG 3 FARLIGHEDSVURDERING AF TNT OG RDX

B3.1 Baggrund

TNT og RDX adskiller sig fra de almindelige forureningskomponenter, som forekommer i tilknytning til civile produktionsvirksomheder ved, at der ikke umiddelbart foreligger tilgængelige oplysninger om stoffernes sammensætning og egenskaber i jord- og grundvandsmiljøet.

Ligeledes findes der ikke danske forslag til acceptkriterier eller redegørelser for toksikologiske og økotoksikologiske data for disse stoffer.

Denne farlighedsvurdering er således udarbejdet som en sammenfatning af forsvarrets eksisterende viden på området ligesom der er gennemført en supplerende informationsindsamling med henblik på, at fremskaffe tilgængelig information om stoffernes miljømæssige og toksikologiske egenskaber herunder erfaringer fra lignende sager i udlandet.

Søværnets Materiel Kommando (Ammunitions- og Laboratoriesektionen) har leveret materiale og en liste over referencer som omfatter egenskaber og disposal/nedbrydning af TNT og RDX. Herudover er der fundet en række artikler i den internationale litteratur om grunde forurenede med TNT og biologisk nedbrydning af TNT-forurenede jord og grundvand. Disse artikler har henvist til anden litteratur, hvor primært US EPA (Environmental Protection Agency) og US ARMY har udarbejdet en del referencemateriale som er blevet fremskaffet.

Herudover er skaffet toksikologiske data om TNT og RDX via Miljøstyrelsen's bibliotek.

De vigtigste referencer er:

- Health Advisory on 2,4,6-trinitrotoluen, US EPA /ref. 11/
- Toxicological profile for RDX, US Department of Health Human Services /ref. 16/
- Groundwater munition residues and nitrat near Grand Island /ref. 10/

Se endvidere referencelisten for supplerende oplysninger.

B3.2 Forekomst og anvendelse

Trinitrotoluen (TNT) har i mange år været anvendt som sprængstof, ofte blandet med andre sprængstoffer /ref. 1/. TNT's lave smeltepunkt tillader, at det kan påfyldes ammunition i smeltet form. TNT anvendes ofte sammen med andre sprængstoffer, f.eks. RDX, PETN, Tetryl, ammoniumpicrat, idet effektiviteten forbedres ved tilsætning af en accelerator (stoffer med et højere iltindhold). Hos AMA-Elling er det primært RDX der anvendes som accelerator.

TNT kan detonere ved kraftig mekanisk påvirkning (f.eks. svarende til et 2 kg lods fald fra en højde på 150 cm) samt ved varmepåvirkning (ca. 300 °C). Høje temperaturer, som medfører pludselig opvarmning af TNT til en temperatur over

300 °C, vil medføre detonation.

I forhold til andre sprængstoffer er TNT stabilt, og der stilles få restriktioner til håndteringen, hvilket er en væsentlig grund til at TNT er et almindeligt anvendt sprængstof. TNT kan endvidere anvendes under vand.

RDX, cyclonite (sym-trimethylentrinitramine eller hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine) er et kraftigt sprængstof, som har været anvendt i mange år sammen med TNT. RDX kan detonere ved kraftig mekanisk påvirkning samt ved væsentlig varmepåvirkning (>205 °C) /ref. 16/.

Ved produktion af TNT dannes et spildprodukt, som i litteraturen omtales som "Red water" på grund af den stærke røde farve. "Red water" indeholder TNT, men også de vandopløselige komponenter 2,4-dinitrotoluen-3-sulfonat og 2,4 dinitrotoluen-5-sulfonat, samt andre pt. ukendte stoffer.

"Pink water" er et spildprodukt som dannes i forbindelse med udstøbning af TNT/RDX i sprænglegemer, bl.a. ved rengøring af udstyr. "Pink water" har en anden sammensætning og et mindre tørstofindhold end "red water", men indeholder ligeledes TNT, ofte sammen med RDX. Den lyserøde/røde farve, fra svagt gul til murstensrød, opstår under neutrale eller basiske forhold, og især under påvirkning af sollys /ref. 11/. En række photonedbrydningsprodukter er fundet i "pink water", bl.a. 2-amino og 4-amino derivativer af dinitrotoluen, nitrotoluen, toluen, nitrobenzen, 1,3,5 trinitrobenzen og 2,4 samt 2,6 dinitrotoluen, som sandsynligvis er urenheder i TNT /ref.11/.

Flere undersøgelser omkring militære sprængstoffabrikker i USA beskriver tilstedeværelse af TNT og RDX i grundvandet /ref.10, 11,16/.

B3.3 Fysisk-kemisk egenskaber

TNT

2,4,6 trinitrotoluen.	Cas. nr 118-96-7	$C_7H_5N_3O_6$
Synonymer:	TNT, trotyl, triton, tritol, tolite, trilite	
Molvægt:	227,15	
Form:	Hvid-gul monokline krystaller	
Smeltepunkt:	80,7 °C	
Kogepunkt:	240 °C	
Vandopløselighed:	130 mg/l ved 20 °C /ref. 11/.	
Damptryk:	0,053 mm Hg (ved 85°C) /ref. 11/	
Deflagrationspunkt:	300 °C	
Omregning luft:	1 ppm = 9,46 mg/m ³	
K _d	1,07 /ref. 12/ eller 4 /ref. 7/.	
	(Jord/vand fordelingskoefficient)	

RDX

Cyclonite:	Cas. nr 121-82-4 $C_3H_6N_6O_6$
Synonymer:	Cyclonite, sym-trimethylentrinitramine, hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5 triazine, 1,3,5-triaza-1,3,5-trinitro-cyclohexan, hexogen, hexolite.
Molvægt:	222,26
Form:	Hvidt pulver
Smeltepunkt:	205 - 206 °C
Kogepunkt:	-
Vandopløselighed:	38,4 - 39,9 mg/l ved 20 °C /ref. 16/.
Damptryk:	1×10^{-9} mm Hg ved 20 °C /ref. 16/
Henry's konstant:	$1,2 \times 10^{-5}$ atm. m ³ /mol
Flammepunkt:	-
Omregning luft:	1 ppm = 9,26 mg/m ³
Log K_{ow}	0,87 /ref. 16/ (octanol/vand fordelingskoefficient)
log K_{oc}	1,8 /ref. 16/ (organisk kulstof/vand fordelingskoefficient)
K_d	1,59 /ref. 12/ (Jord/vand fordelingskoefficient)

De ovenfor angivne fordelingskoefficienter er et udtryk for stoffernes egenskaber og opførelse i jord og grubdvand dvs. hvordan stofferne fordeler sig i hhv. en organisk fase og i vand. K_{ow} er en standard fysisk-kemisk parameter, som kan omregnes til K_d , jord/vand fordelingskoefficient, ved hjælp af nogen teoretiske forhold samt kendskab til jordens organiske indhold. K_d kan måles experimentielt i et laboratorium.

Sorption er en samlet betegnelse for flere fysisk-kemiske processer, bl.a absorption (binding i en anden fase) og adsorption (binding til overflader). Bindningen af organiske stoffer kan være mere eller mindre reversibel, en proces som kaldes desorption. Normalt kan det antages at der sker adsorption af et stof til overfladen af jordens organisk fraktion, men reelt er der tale om en absorption i den organisk fase, og ofte anvendes betegnelsen sorption til at dække disse fordelingsprocesser /ref.19/.

B3.4

Klassificering og acceptkriterier

TNT

Stofklassificering: TNT er klassificeret i Miljøstyrelsens liste over farlige stoffer /ref. 4/, som et eksplosivt og giftigt stof. TNT er klassificeret som eksplosionsfarligt ved stød, gnidning, ild samt andre antændelseskilder. Det er giftigt ved indånding, ved hudkontakt og ved indtagelse, og kan ophobes i kroppen ved gentagen eksponering.

Luft

Arbejdstilsynet /ref. 3/ har opstillet en arbejdsmiljømæssig grænseværdi (loftsværdi) på 0,1 mg TNT/m³ luft.
USA TWA-TLV 0,5 mg TNT/m³ /ref.11/ (8 timers gennemsnit, tærskel grænseværdi).

		USA PEL 1,5 mg TNT/m ³ /ref. 11/ (tilladelig eksponeringsgrænseværdi).
Jord		US army "clean-up" kriterier for jordforurening beregnet udefra drikkevandskriterier og kildestyrke med henblik på at beskytte grundvand ved Cornhusker army ammunitions plant /ref. 12/ • 5 mg/kg TNT • 15 mg/kg 1,3,5-trinitrobenzen (TNB)
Drikkevand	DK	ingen kriterier forefindes
	(USA)	44 µg TNT/l /ref. 10/ >1 µg 2,6-dinitrotoluen /l /ref. 10/ >1 µg 2,4-dinitrotoluen /l /ref. 10/ 200 µg 1,3,5-Trinitrobenzen /l /ref. 12/
RDX		
Stofklassificering:	RDX er ikke klassificeret i Miljøstyrelsens liste over farlige stoffer /ref. 4/.	
Luft	Der findes ingen arbejdsmiljømæssig grænseværdi /ref. 3/. USA TWA-TLV 1,5 mg RDX/m ³ /ref.16/ (8 timers gennemsnit, grænseværdi). USA PEL 1,5 mg RDX/m ³ /ref. 16/ (tilladelig eksponeringsgrænseværdi).	
Jord		US army "clean-up" kriterier for jordforurening beregnet udefra drikkevandskriterier og kildestyrke med henblik på at beskytte grundvand ved Cornhusker army ammunitions plant /ref. 12/ • 10 mg/kg RDX
Drikkevand	DK	ingen kriterier forefindes
	(USA)	35 µg RDX/l /ref. 12/

B3.5 Spredning til omgivelser

TNT

TNT har en begrænset vandopløselighed på 150 - 200 mg/l og adsorberes kun i begrænset opfang i jorden. I /ref. 12/ er det vurderet, at de høje koncentrationer af TNT, som typisk findes i overfladenær jord ved TNT-kilder kan henføres til krystalliseret TNT.

I /ref.12/ er det undersøgt og dokumenteret, at desorption og udvaskning fra jord kan fjerne op til 88% af adsorberet TNT efter tre udvaskninger. Jordens pH har næsten ingen betydning for adsorptionen, men der tilbageholdes mere TNT under reducerede forhold end under oxiderede forhold. Dette betyder, at der ved iltning

af forurenede jordlag (f.eks ved opgravning) kan forekomme øget frigivelse/udvaskning af TNT til grundvand /ref. 12/.

TNT i overfladevand er udsat for photonedbrydning til 1,3,5 trinitrobenzen /ref. 11,12/. Photonedbrydningen er hurtig og betyder, at halveringstiden for TNT i spildevand, som er udsat for sollys er 3 - 24 timer /ref. 11/.

Biologisk nedbrydning af TNT i overfladevand medfører dannelse af 2-amino og 4-amino dinitrotoluener hvor halvringsiden er beregnet til 8 - 25 dage /ref. 11/.

Afdampning er vurderet til at være langsom og ubetydelig i denne sammenhæng /ref. 11/.

I vandprøver med TNT-indhold konstateres der ofte mindre indhold af 2, 6-dinitrotoluen og 2,4 dinitrotoluen og 1,3,5 trinitrobenzen, som kan skyldes nedbrydning af TNT eller urenheder i den oprindelige TNT.

TNT i jord er konstateret nedbrudt til 4-aminodinitrotoluen og 2-amino dinitrotoluen under både reducerede og oxiderede forhold /ref.7,8/.

I /ref. 14/ er TNT nedbrydningsprodukter i jord identificeret. Generelt konstateres der nedbrydningsprodukter, d.v.s. amino-dinitrotoluener, i alle prøver med TNT.

Diverse TNT-nedbrydningsprodukter i grundvand er omtalt i litteraturen /ref. 10/:

- 2,4 dinitrotoluen
- 2,6 dinitrotoluen
- nitrobenzen
- 1,3,5 trinitrobenzen (urenhed i 2,4,6 TNT)

RDX

RDX har en begrænset vandopløselighed, men er mobil i jord og kan udvaskes til grundvand /ref.16/.

Under produktion af RDX dannes ofte mindre mængder octahydro-1,3,5-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocid (HMX), som forurener RDX /ref.16/.

Photonedbrydningen er hurtig og betyder, at halveringstiden for RDX i luft er 1,5 time /ref. 16/. Halveringstiden for RDX i overfladevand udsat for sollys er 9-13 timer /ref. 11/. Photonedbrydningsprodukter er formaldehyd og nitrosaminer, som begge er giftige.

Nedbrydning af RDX under anaerobe forhold til triazines er omtalt i /ref.10/. I /ref.16/ er der opstillet en liste over nedbrydningsprodukter ved anaerob nedbrydning i jord og vand som omfatter: hexahydro-1-nitroso-3,5 dinitro-1,3,5-triazine; hexahydro-,1,3-dinitroso-5-nitro-1,3,5 triazine (DNX); hexahydro-1,3,5-trinitroso-1,3,5-triazine (TNX); hydrazine; 1,1-dimethyl-hydrazine; 1,2 dimethyl-hydrazine;formaldehyde og methanol. Nitrosoprodukter er giftige og hydraziner kan være kræftfremkaldende.

B3.6 Grundvandsforurening med TNT og RDX

I forbindelse med undersøgelse af en TNT forurening fra en ammunitionsfabrik i Nebraska, USA /ref. 10/ blev det observeret at TNT-forurening i grundvand var af mindre omfang end RDX-forureningen. TNT-fanen var således kun nået 0,8 km nedstrøms for kilden, mens RDX blev konstateret i en afstand på op til 6,5 km. Maximum koncentrationen i grundvandet blev målt til 350 µg TNT/l og 300 µg RDX/l.

Det er i forbindelse med denne undersøgelse vurderet, at der kan ske både fotokemisk nedbrydning af TNT før nedtrængning og transport i den umættede zone samt sorption på sand og aerob nedbrydning i den umættede zone /ref. 10/.

Det er i /ref. 10/ vurderet, at sorption til sand er mindre for RDX end for TNT og mere væsentligt; der sker tilsyneladende ikke en signifikant aerob nedbrydning af RDX i grundvandet. Det er usikkert, om der kan ske en begrænset anaerob nedbrydning af RDX i reduceret dybere liggende grundvand /ref. 10/.

B3.7 Miljømæssige effekter

TNT

TNT er toksisk for mennesker og dyr og hæmmer væksten af mange bakterie typer bl.a. gær. Ligeledes er flere af nedbrydningsprodukterne toksiske for dyr.

Ved koncentrationer over 0,5 - 1 mg/l TNT kan biologisk nedbrydning i vand hæmmes /ref. 6/.

Der er konstateret biologiske effekter hos vandorganismer ved TNT koncentrationer fra 0,4 til >100mg/l /ref. 6/.

US Army har i forbindelse med en sag i 1976 anvendt et kriterie på 5 mg/l TNT i overfladevand til beskyttelse af fisk og dyr /ref. 11/.

RDX

Der sker ikke bioakkumulering af RDX i akvatiske organismer, men optagelse i planter er observeret /ref. 16/.

B3.8 Sundhedsmæssige effekter

TNT

TNT kan optages i kroppen ved inhalation via lungerne, indtagelse (spisning) og ved hudkontakt /ref. 11/. Optagelsen er ofte mere end 50%, men TNT nedbrydes i kroppen og udskilles hovedsagelig med urinen. Ved væsentlig eksponering med TNT ses ofte rødfarvning af urinen. Der sker ikke bioakkumulering.

TNT kan give irritation af næse, øjne og hals og give en gulligt misfarvning af huden /ref. 5/. Det kan endvidere medføre methemoglobinemia (cyanosis) dvs. iltmangel i blodet. Kataraktformationer i øjne (grå stær) efter længere tids eksponering er rapporteret i /ref. 11/. Arbejdsmiljøgener og dødsfald er rapporteret i forbindelse med produktion af TNT under første Verdenskrig, hvor der ikke var

tilstrækkelig opmærksomhed om de sundhedsmæssige effekter ved kontakt med TNT.

US EPA vurderer efter forsøg hos US Army Medical Research and Development Command, at TNT er mutagent og kræftfremkaldende i bakterie- og dyreforsøg /ref. 11/.

2,4 DNT og 2,6 DNT er potentielt kræftfremkaldende stoffer. TNT er af US EPA klassificeret som et muligt human kræftfremkaldende stof

På grundlag af dyreforsøg er der i /ref. 11/ beregnet følgende kriterier for TNT:

NOAEL (No Observed Adverse Effect Level - niveau for ingen observerede skadelige effekter) -

- Korttidseksposering (4 uger) 35,3 mg/kg legemesvægt/dag
- Livtidseksposering 1,5 mg/kg legemesvægt/dag

LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level - Laveste niveau for observerede skadelige effekter)

- Eksposering (26 uger) 0,5 mg/kg legemesvægt/dag

På basis af disse data er der i /ref. 11/ fastlagt en acceptabel daglig indtagelse (ADI), hvor der anvendes en usikkerhedsfaktor på 1000. Sikkerhedsfaktor omfatter en faktor ved omregning fra dyreforsøg til mennesker, en faktor 10 fordi der anvendes en LOAEL og en faktor 10 for human variation.

ADI (acceptabel daglig indtagelse) er beregnet til 0,0005 mg/kg legemesvægt/dag /ref. 11/.

RDX

RDX kan optages i kroppen ved inhalation via lungerne og ved indtagelse (spisning) /ref. 16/. Optagelse ved hudkontakt er mindre end ved indtagelse eller inhalation /ref.16/. Ved hudkontakt skal RDX straks afvaskes. Der findes kun begrænsede oplysninger og data om udskillelse af RDX i forsøgsdyr, men RDX udskilles sandsynligvis hovedsagelig via lungerne og urinen, en mindre brøkdel udskilles i afføringen. Der er ikke observeret dødsfald ved eksposering med RDX, men ved indtagelse af høje koncentrationer er der observeret dødsfald i dyreforsøg.

Ved inhalation og indtagelse af RDX observeres kvalme og opkastning. Desuden er der observeret krampe, svimmelhed, hukommelsestab og tab af bevidsthed hos mennesker /ref. 16/. Dyreforsøg indikerer at der er risiko for anæmi (blodmangel) og påvirkning af nyrefunktionen. Der er set hudirritation og grå stær ved høje koncentrationer ved dyreforsøg. På basis af kræft hos en bestemt dyreart har US EPA klassificeret RDX som et muligt kræftfremkaldende stof.

På grundlag af dyreforsøg er der i /ref. 16/ beregnet følgende kriterier for RDX:

- MRL (minimum risk level- minimalt risikoniveau)
Ved akut indtagelse 0,002 mg/kg legemesvægt /dag

- RfD (kronisk referencedosis ved indtagelse (langvarende eksponering))

0,003 mg/kg legemesvægt /dag

B3.9 Danske jordkvalitetskriterier og drikkevandskriterier

I Danmark defineres en TDI (tolerabel daglig indtagelse, svarende til en ADI). Denne fastsættes ud fra et Nul-Effekt-Niveau (NOEAL) eller LOAEL med anvendelse af sikkerhedsfaktorer for at tage højde for manglende data eller forventelig variation /ref. 18/.

Ved beregning af jordkvalitetskriterier er det i Danmark normal praksis at fastlægge den(de) mest kritiske eksponeringsveje og på dette grundlag omregne fra ADI til et konkret jordkvalitetskriterium. I det konkrete tilfælde vurderes den mest kritiske eksponeringsvej at være indtagelse af forurennet jord.

Jordkvalitetskriterier er beregnet med henblik på at beskytte alle befolkningsgrupper, inkl. børn og syge, ved følsom arealanvendelse (f.eks. parcel-hushave), hvor der over en lang årrække opstår hyppig kontakt med forurennet jord.

Ved denne type beregninger anvendes følgende standardindtagelser, som er internationalt anerkendte /ref. 18/.

- Den daglige indtagelse af drikkevand sættes til 2 liter for en person på 70 kg og 1 liter for et barn på 10 kg.
- Den daglige indtagelse af jord og støv sættes til 0,2 g og ved enkeltindtagelser op til 10 g for et barn og 0,025 g for en voksen.

Ved beregning af et jordkvalitets- og drikkevandskriterier anvendes den toksikologisk vurderede værdi for TDI samt værdien for den daglige indtagelse. Der anvendes en jordindtagelse på 0,2 g for et barn på 10 kg for en TDI baseret på effekter efter længere tids eksponering, og 10 g, hvis TDI er baseret på effekter efter enkeltdosis (akutte effekter) /ref. 18/. Drikkevandskriteriet beregnes på grundlag af indtagelse af 2 liter vand af en voksen person på 70 kg /ref. 18/.

Jordkvalitetskriterium, mg/kg,

$$= \frac{\text{TDI (mg/kg lgv/d)} \times \text{barns vægt (kg)} \times 1000(\text{g/kg})}{\text{daglig eksponering (g/d)}}$$

Drikkevandskriterium, µg/l,

$$= \frac{\text{TDI (mg/kg lgv/d)} \times \text{voksens vægt (kg)} \times 1000(\mu\text{g/mg})}{\text{daglig eksponering (l/d)}}$$

I US beregnes drikkevandskriterier i henhold til kræftisiko ved hjælp af følgende formel /ref. 11/:

Drikkevandskriterium, µg/l

$$= \frac{R \times \text{voksens vægt (kg)} \times 1000(\mu\text{g/mg})}{q^* \times \text{daglig eksponering (l/d)}}$$

hvor R er kræftisiko, f. eks. 10^{-4} , 10^{-5} eller 10^{-6}

og q^* er human slope faktor beregnet ved hjælp af en matematisk model, baseret på kræft fundet ved dyreforsøg.

q^* er $0,1 \text{ (mg/kg legemesvægt /dag)}^{-1}$ for RDX /ref. 16/.

En kræftisiko på 10^{-6} beskriver, at der kan forventes ét ekstra kræfttilfælde blandt en population på 1 million over en livstid. En kræftisiko på 10^{-6} anvendes normalt som grundlag for fastlæggelse af kvalitetskriterier i Danmark.

TNT

ADI (acceptabel daglig indtagelse) er ifølge /ref. 11/ $0,0005 \text{ mg/kg legemesvægt/dag}$.

$$\begin{aligned} \text{Jordkvalitetskriterium, TNT} &= 0,0005 \times 10 \times 1000/0,2 \\ &= 25 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Drikkevandskriterium, TNT} &= 0,0005 \times 70 \times 1000/2 \\ &\approx 20 \text{ µg/l.} \end{aligned}$$

q^* er $0,03 \text{ (mg/kg legemesvægt /dag)}^{-1}$ for TNT /ref. 11/.

Drikkevandskriterium iht. mulige kræftfremkaldende egenskaber, TNT

$$\begin{aligned} &= 10^{-6}/0,03 \times 70 \times 1000/2 \\ &= 1 \text{ µg/l} \end{aligned}$$

RDX

RfD (referencedosis ved indtagelse) er ifølge /ref. 16/ $0,003 \text{ mg/kg legemesvægt/dag}$, som svarer til en TDI eller ADI.

$$\begin{aligned} \text{Jordkvalitetskriterium, RDX} &= 0,003 \times 10 \times 1000/0,2 \\ &= 150 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Drikkevandskriterium, RDX} &= 0,003 \times 70 \times 1000/2 \\ &\approx 105 \text{ µg/l.} \end{aligned}$$

q^* er $0,1 \text{ (mg/kg legemesvægt /dag)}^{-1}$ for RDX /ref. 16/.

Drikkevandskriterium iht. mulige kræftfremkaldende egenskaber, TNT

$$\begin{aligned} &= 10^{-6}/0,1 \times 70 \times 1000/2 \\ &= 0,35 \text{ µg/l} \end{aligned}$$

Flere teknikker til behandling af TNT-forurenet vand og jord har været anvendt, inkl. adsorption til aktiv kul, fotolysis, kemisk behandling, slam bassinophold og som anvendt hos AMA i Elling nedbrydning i metalholdig forsikelsesbassin "laksetrappe".

Den af US EPA anbefalede metode til behandling af "rødt vand" er adsorption af TNT mv. på aktiv kul /ref.11/.

Destruktion af overskudssprængstof foretages jf. /ref. 11/ ved kontrolleret sprængning eller afbrænding i åben grav (open pit burning). Hvis TNT-affaldet er tilstrækkelig opblandet med andet materiale, kan det afbrændes f. eks. i et forbrændingsanlæg. Vandblandinger med mere end 55 % TNT er eksplosionsfarlig /ref.17/

I /ref. 8/ er en teknik til behandling af TNT forurenet jord ved tilsætning af amino surfactants (overfladeaktive stoffer) under basiske forhold undersøgt. Tilsætningsstofferne binder TNT og der dannes et uopløseligt, ikke-sprængfarligt udfældningsprodukt, som kan adskilles og efterfølgende brændes eller deponeres. Det vurderes imidlertid i /ref. 8/, at teknikken ikke kan anbefales på grund af en række u hensigtsmæssig problemer med øget toksicitet og udvaskning af surfactants til grundvand.

En undersøgelse /ref. 13/ med kompostering af TNT-affald gav i 1978 lovende resultater, men der er ikke megen omtale af teknikken i litteraturen i de efterfølgende år, og dermed er det usikkert, om metoden er praktisk anvendelig.

Herudover findes der i litteraturen flere omtaler af biologisk nedbrydning af TNT.

I /ref. 13/ er resultater af nedbrydningsforsøg i jord beskrevet, og det konkluderes, at TNT er let nedbrydeligt i jord, men at der sjældent sker en fuldstændigt omsætning til kuldioxid selv ved optimering af nedbrydningsparametrene (ilt, næringsindhold, vand). Undersøgelsen konkluderer, at biologisk nedbrydning er for langsom til, at være anvendelig ved oprydning af større mængder TNT-holdigt affald, og at der med tiden vil ske en udvaskning og nedsivning af TNT i jordprofilet.

Et treårigt forsøg /ref. 15/ med nedbrydning af TNT holdigt vand med koncentrationer på 10 - 50 mg TNT/l i et oxidationsbassin (oxidation ditch) demonstrerer, at TNT nedbrydes til ca. 12 - 20 % aromatiske nitroaminer, hvor 4-amino-dinitrotoluen dominerer. Den trinvis transformation medfører dannelse af aminoprodukter, som til sidst reagerer med at danne komplekse hydrofile produkter. RDX blev ikke nedbrudt. Biologisk nedbrydning af TNT er kun realistisk som afværgeteknik, hvis de oprindelige koncentrationer er lave, f. eks. <7 mg TNT/l, således at der kan opnås en slutkoncentration mindre end 1 mg/l for nedbrydningsprodukter.

I /ref 14/ er nedbrydningsprodukter af TNT identificeret ved analyse af mange forskellige jordprøver fra forskellige grunde forurenet med TNT og RDX. Generelt er nedbrydningsprodukter altid tilstede i jordprøver forurenet med TNT,

ligeledes blev HMX altid fundet i prøver indeholdende RDX.

Tilsyneladende kræver disse biologiske teknikker imidlertid såvel anaerobe og aerobe trin, ligesom nedbrydningsprodukterne ikke er fuldt identificeret og ofte mere toksiske end TNT /ref.9/

B3.11 Sammenfatning

TNT og RDX er mobile i jord og kan forventes udvasket til grundvandet. Der er i udlandet fundet jord- og grundvandsforureninger med TNT og RDX i nærheden af installationer, hvor der produceres eller udstøbes TNT/RDX.

TNT og RDX er giftige stoffer, som kan medføre både akutte og kroniske effekter ved eksponering af mennesker ved indånding, indtagelse og i mindre grad ved hudkontakt.

Nedbrydning i jord og grundvand er dokumenteret for både TNT og RDX, men RDX nedbrydes hovedsageligt under anaerobe forhold, hvilket kan betyde at RDX er mere eller mindre persistent i iltede grundvandsmagasiner.

Nedbrydningen af TNT og RDX er sjældent fuldstændig og nedbrydningsprodukterne er i flere tilfælde vurderet, som mere giftige end det oprindelige stof. Der er kun lidt kendskab til nedbrydningsprodukternes miljø- og sundhedsmæssige effekter.

På grundlag af de foreliggende informationer har NNR beregnet jordkvalitets- og drikkevandskriterier i henhold til normal praksis i Danmark /ref. 18/ og følgende kvalitetskriterier er foreslået ved følsom arealanvendelse:

Jordkvalitetskriterium, TNT	=	25 mg/kg
Jordkvalitetskriterium, RDX	=	150 mg/kg
Drikkevandskriterium, TNT	=	1 µg/l.
Drikkevandskriterium, RDX	=	0,35 µg/l.

Disse kvalitetskriterier anvendes efterfølgende som grundlag for en konkret fastlæggelse af accept-/afværgekriterier for en evt. oprydning ved trotylstøberiet hos AMA i Elling.

De i litteraturen mest veldokumenterede afværgeteknikker til oprensning af TNT/RDX i jord- og grundvand er hovedsagelig afbrænding af TNT-forurenede jord og rensning af grundvand med aktiv kul. Biologiske in-situteknikker er problematiske på grund af dannelse af persistente og/eller giftige nedbrydningsprodukter.

- /ref. 1/ Shreve's Chemical Process Industries, Austin G.T. 5th. Edition. McGraw-Hill. New York. 1984.
- /ref. 2/ Dangerous Properties of Industrial Materials. Sax, N.I. 6th. edition. Van Nostrand Reinhold. New York. 1984.
- /ref. 3/ Arbejdstilsynet. Grænseværdier for stoffer og materialer At-anvisning nr. 3.1.0.2 juli 1994
- /ref. 4/ Miljøstyrelsen. Bekendtgørelse nr 69 af 7. februar 1996. Listen over farlige stoffer.
- /ref. 5/ Patty's Industrial Hygiene and Toxicology. 3rd. revised edition. Vol IIA Toxicology. Ed. Clayton & Clayton. Wiley-Interscience. New York. 1981.
- /ref. 6/ Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. Verschueren K. 2nd. Edition. Van Nostrand Reinholdt. New York. 1983.
- /ref. 7/ Adsorption and desorption of 2,4,6 trinitrotoluen by soils. Pennington, J.C. & Patrick, W.H. Jr. J. Environ. Qual., 19, 559-567, 1990.
- /ref. 8/ 2,4,6-trinitrotoluene- surfactant complexes: Decomposition, mutagenicity, and soil leaching studies. Kaplan, D.L. & Kaplan, A.M. Environ. Sci. technol. 16, (9) 566- 571 1982
- /ref. 9/ Microbial degradation of TNT (trinitrotoluen) in soil. Stoffers, H. Grothkopp, A. & Winterberg, R. 1455 in Contaminated Soil '93 ed. Arendt.F., Annokkée, G.J. Bosman, R. & van den Brinck, W.J. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1993.
- /ref. 10/ Groundwater munition residues and nitrate near Grand Island, Nebraska, USA. Spalding R.F. & Fulton J.W. Journal of Contaminant Hydrology 2, 139-153,1988.
- /ref. 11/ Health Advisory on 2,4,6 Trinitrotoluen. US EPA Report nr. PB90-273566. Prepared by the Army Medical Research and Development Command, Fort Detrick, Frederick, MD 21701. January 1989.
- /ref. 12/ Contaminated Soil Cleanup Objectives for Cornhusker Army Ammunitions Plant. Rosenblatt, D. H. Technical report 8603 US Army Medical Bioengineering Research & development laboratory, Fort Detrick, Frederick, Maryland 21701. May 1986
- /ref. 13./ The biodegradation of TNT in enriched soil and compost systems. Osmon, J.L. & Andrews, C.C. Technical report ARLCD-TR-77032.

Sciences div. Weapons Quality Engineering Center, Naval Weapons Support Center, Crane, Indiana. January 1978.

- /ref. 14/ Identification of TNT transformation products in soil. Walsh, M.E. & Jenkins, T.F. Special report 92-16. U.S. Army Waterways Experimental Station. June 1992.
- /ref. 15/ Biodegradability of TNT: A Three-year Pilot Plant Study. Hoff-sommer, J.C., Kaplan, L.A., Glover, D.J. Report NSWC/WOL-TR-77-136. Naval Surface Weapons Centre, White Oak, Silver Spring, Maryland 20910. February 1978
- /ref. 16/ Toxicological profile for RDX. US Department of Health & Human Services. May, 1993.
- /ref. 17/ Encyclopedia of explosives and related items. Vol 9 Kaye S. M. US Army Armament Research and Development Command Large Caliber New Jersey, 1980.
- /ref. 18/ Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og drikkevand. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen nr. 12. 1995.
- /ref. 19/ Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand: bind 1, kap 7. Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen nr. 20. 1995.

B3.12 Anden litteratur

- Contamination by Chemical Armament Factories. Schneider, U. & König, W. 385-387. in Contaminated Soil '88 ed. Wolf, K., van den Brinck, & Colon, F.J. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1988
- Biological treatment of TNT-contaminated soil by a two stage anaerobic/aerobic process. Daun, G. Lenke, h., Desiere, F., Stolpmann, H., Warrelmann, J., Reuss, M. & Knackmuss, H.J. 337- 346 in Contaminated Soil '95. Ed. Van den Brinck, Bosman, R. & Arendt.F. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1995
- Biodegradation of TNT (2,4,6-trinitrotoluen) in contaminated soil samples by white rot fungi. Majhcherczyk, A. Zeddel, A. & Hüttermann. 1345 - 1351 in Contaminated Soil '93 ed. Arendt.F., Annokké, G.J. Bosman, R. & van den Brinck, W.J. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1993.
- Experience from investigations of the former warfare-related contaminated site of Stadtallendorf/Hessia. Albers, H. & Brozio, D. 903 - 904 in Contaminated Soil '93 ed. Arendt.F., Annokké, G.J. Bosman, R. & van den Brinck, W.J. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1993.

- Conversion products of explosives during combustion - analysis for risk assessment studies of open-pit burning areas. Holl, G. & Schneider, M. 941- 942 in Contaminated Soil '93 ed. Arendt.F., Annokkée, G.J. Bosman, R. & van den Brinck, W.J. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1993.
- In-situ bioremediation of silty soils contaminated with 2,4,6-trinitrotoluen (TNT). Held, T. 1245 - 1246 in Contaminated Soil '95. Ed. Van den Brinck, Bosman, R. & Arendt.F. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1995.
- Removal of 2,4,6-trinitrotoluen from contaminated water with microbial mats. Mondecar, M. Bender, J. Ross, J., George, W. & Preslan, J. 342-345 in Applied biotechnology for site remediation. Ed. Hincee, R.E., Anderson, D.B., Metting, F. B. jr. & Sayles, G.D. Lewis publishers, Boca Raton 1994.
- Bioremediation of TNT (2,4,6-trinitrotoluen) in contaminated soil samples by white rot fungi. Majhcherczyk, A. Zeddel, A. & Hüttermann, A. 365-370 in Applied biotechnology for site remediation. Ed. Hincee, R.E., Anderson, D.B., Metting, F. B. jr. & Sayles, G.D. Lewis publishers, Boca Raton 1994.

Sagsnavn: AMA, ELLING

Prøvepumpning boring nr.: M2

[illegible]

Sagsnr.: 96.419.00

Dato: 21-11-96

[illegible]



HÆRENS TEKNISKE TJENESTE

LABORATORIESEKTIONEN/KRUDTLABORATORIET

REKVIRENT: Ammunitionsarsenalet

EMNE: Analyse af jord for TNT.

RESULTATBESKRIVELSE:

Prøve nr.	Prøvebeskrivelse	Analyse TNT mg/kg TS (ppm)	Analyse RDX mg/kg TS (ppm)
-----------	------------------	----------------------------------	----------------------------------

Jordinterval 0.1 - 0,5 m.u.t.

F1-1	SANDMULD	2750	430
F1-4	SANDMULD	43	4
F2-1	SANDFYLD	116	46
F2-4	FINSAND	0.4	≤ 0.1
F3-1	MULD	4007 (*)	1056 (*)
F3-3	SANDMULD	132 (*)	4 (*)
F4-1	ASFALT	(**)	(**)
F5-3 (***)	STABILGRUS	2.8	0.6
F5-4	SANDFYLD	0.2	0.6
M1-1	MULD	34	2.4

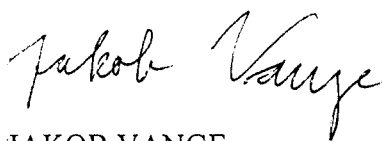
Jordinterval 0.6 - 1.1 m.u.t.

F1-5	FINSAND	1	≤ 0.1
F2-5	FINSAND	0.9	0.4
F3-4	FINSAND	10	0.4

Jordinterval 1.1 - 2.5 m.u.t.

F3-6	FINSAND	1	0.1
F4-5	FINSAND	0.7	0.4
F5-7	FINSAND	≤ 0.1	≤ 0.1
M1-4	FINSAND	0.9	0.2
M2-7	FINSAND	≤ 0.1	≤ 0.1

- (*) Disse prøver var vanskelige at analysere, da de indeholdt tjærelignende substans (?!), som vanskeliggjorde oparbejdningen. Faktiske værdier kan derfor afvige meget fra det fundne. Flere af de resterende prøver indeholdt rester af samme sorte substans.
- (**) Umulige at analysere p.g.a. tjæreindholdet.
- (***) Denne prøve er kaldt F5-2 på posen.



JAKOB VANGE
civilingeniør

TNT/RDX I JORD

Apparatur:

HPLC
Soxlet ekstraktionsapparat med tilhørende glas og filtre
Ovn 50 °C
LiChroSpher 250 x 4 mm 5-µm RP - C18 kolonne
LiChroSpher 4 x 4 mm 5-µm RP - C18 forkolonne
2 stk. 100 ml målekolber
Tragt
injektionssprøjter og tilhørende 0,45 µm filtre

Kemikalier:

Acetonitril
evt. rene standarder af TNT og RDX
Dichlormethan

Prøven tørres til konstant vægt i ovn ved 50 °C. 20 g af de tørrede prøver overføres til soxlet-glas med pimpsten, og ekstraheres i Soxlet-apparat med nedenstående program (140 ml CH₂Cl₂):

200 °C TEMP. LIMIT
130 °C EXTRACTION TEMP.
00h 10 min BOILING TIME
9x15 ml SOLV. REDUCTION
05 h 00 min EXTRACTION TIME
8 min SOLV. RED. B
8 min SOLV. RED. C
2.0 min SOL. RED. INTERVAL
3 s PULSE

Den resterende CH₂Cl₂ afdampes i varmeskab ved 50 °C, og prøven overføres kvantitativt til 100 ml målekolbe med ACN. Hvis der er ACN-uopløselige bestanddele i inddampningsresten, koges prøven med 10 ml ACN 1 time på dampbad før den overføres til målekolbe. Prøverne overføres til vials gennem 0.45 µm filter og køres på HPLC med metoden C:\HPLC\SPILD\RDXTNT.mth. Sekvensen C:\HPLC\SPILD\jord.seq anvendes som skabelon, og i kolonnen Sample amount indtastes den afvejede mængde prøve. (Husk at sætte kolonneovn til 45 °C).

Chrom Method File : C:\HPLC\SPILD\RDXTNT.MTH
Created by : JV on : 28-06-1996 09.27
Edited by : JV on : 25-07-1996 13.11
Description : RDX - TNT in acetone/mursten/mudder m.m.

Number of Times Edited : 16
Number of Times Calibrated : 32

Instrument Conditions :

Liquid Chromatography -

Instrument : HPLC
Column : LiChroSpher RP-C18
Column Length : 250 mm
Particle Size : 5 μ m
Column Diameter: 4 mm
Mobile Phase : ACN/vand 58:42
Flow Rate : 1.1 ml/min
Back Pressure : >100 bar
Temperature : 45
Detector 1 : 255
Detector 2 :
Notes :

Instrument Control Method:

Instrument name : HPLC

Channel Parameters:

Data will be collected from channel A

Channel A signal source: LC235C

Channel B signal source:

Delay Time : 0.00 min.

Run Time : 10.00 min.

Sampling Rate : 2.4414 pts/s

Injection Sampler Method:

Injection Source : Automatic

Loop Size : 10 μ L

Fixed Mode : ON

Injection Volume : 10 μ L

Excess Volume : 10 μ L

Air Cushion : 5 μ L

Inject Delay Time: 0.00 min

Sample Speed : Very Slow

Needle Level : 8%

Flush Cycles : 4

Flush Volume : 1000 μ L

Flush Speed : Fast

Detector Parameters:

Min Wavelength (nm) : 200

Spectral Threshold: Trace

Step	Time	A (nm)	B (nm)	BWA (nm)	BWB (nm)
------	------	--------	--------	----------	----------

1	10.00	255	280	5	5
---	-------	-----	-----	---	---

Mode : AUTO Start Time : 0.10 min End Time : 7.00 min

Sampling Period: 1.6 s

p Parameters:

Step	Time	Flow	buffer	ACN	MeOH	vand	Curve
0	0.1	1.10	0.0	58.0	0.0	42.0	0.0
1	10.0	1.10	0.0	58.0	0.0	42.0	0.0

Ready Time : 15.0 min

Standby Time : 15.0 min

Standby Flow : 0.00 mL/min

Solvent Saver : NO

Saver Equ Time : 0.0 min

Shutdown : NO

Min Pressure : 0 PSI

Max Pressure : 4000 PSI

ed Events:

There are no timed events in the method

1 Time Plot Parameters :

Channel A -- Pages: 1 Offset: 280.000 mV Scale: 350.000 mV

Channel B -- Pages: 1 Offset: 0.000 mV Scale: 1000.000 mV



HÆRENS TEKNISKE TJENESTE

LABORATORIESEKTIONEN/KRUDTLABORATORIET

REKVIRENT: Ammunitionsarsenalet

EMNE: Analyse af byggeskrald for TNT (19 prøver).

RESULTATBESKRIVELSE:

Prøve nr.	Prøvebeskrivelse	Rumnr.	Placering	Analyse TNT mg/kg TS (ppm)	Analyse RDX mg/kg TS (ppm)
-----------	------------------	--------	-----------	-------------------------------------	-------------------------------------

Materialeprøver, gulve i tårn

K1-1	Klinke	107	NV-hjørne, kote 0	59	9
B1-1	Beton	107	NV-hjørne, kote 0	0.8	≤ 0.1
K1-2	Klinke	107	NØ-hjørne, kote 0	14	7.4
B1-2	Beton	107	NØ-hjørne, kote 0	1.8	0.3
K1-4	Klinke	208, repos	Ø-side, kote 3.12	4.8	3.7
B1-4	Beton	208, repos	Ø-side, kote 3.12	9.7	0.7
K1-6	Klinke	308	v. smeltekedel, kote 5.45	0.7	3
B1-6	Beton	308	v. smeltekedel, kote 5.45	≤ 0.1	≤ 0.1
K1-8	Klinke	408	v. tragt, kote 8.50	3.8	0.9
B1-8	Beton	408	v. tragt, kote 8.50	≤ 0.1	≤ 0.1
B1-10	Beton	301	v. procesvand, kote 5.45	11	0.9

Materialeprøver, vægge i tårn

K2-1	Klinke	107	V-væg, ca. kote 0.3	48	5
B2-1	Beton	107	V-væg, ca. kote 0.3	≤ 0.1	≤ 0.1
B2-2	Beton	208	V-væg mod trappe, kote 6	26	2
B2-3	Beton	208	væg v. elevator, kote 9	2	0.9

Materialeprøver, vægge uden for tårn

K4-1	Klinke	101	Forvarmning, Ø for tårn	0.1	10.4
M4-1	Murværk	101	Forvarmning, Ø for tårn	9	3
K4-2	Klinke	114	Gang, V for dør til 116	240	17
M4-2	Murværk	114	Gang, V for dør til 116	729	49



JAKOB VANGE
civilingeniør

Bilag 1 af 3
21.01.1997**Sagsnr. 96.419.00, Trotylstøberi, Elling.**

Analyseresultater på jordprøver modtaget den 18.12.1996

Prøve mrk.	F3-1	F3-3
Lab.nr. P.96-	2889	2890

---- mg/kg ---

Olieprodukter

Benzin	<5	<5
Dieselolie	<10	<10
Tjære	47,0*	<15
Tung fyringsolie	266*	<20

Alkylbenzener

Benzen	<0,10	<0,10
Toluen	<0,10	<0,10
Ethylbenzen	<0,10	<0,10
M/P-xylen	<0,10	<0,10
O-xylen	<0,10	<0,10
Naphthalen	<0,10	<0,10

PAH-forbindelser

Acenaphthylen	<0,10	<0,10
Acenaphthen	<0,10	<0,10
Fluoren	<0,10	<0,10
Phenanthren	<0,10	<0,10
Antracen	<0,10	<0,10
Fluoranthren	<0,10	<0,10
Pyren	<0,10	<0,10
Benzo(a)anthracen	<0,10	<0,10
Chrysen	<0,10	<0,10
Benzo(b)fluoranthren	<0,10	<0,10
Benzo(k)fluoranthren	<0,10	<0,10
Benzo(a)pyren	<0,10	<0,10
Indeno(1,2,3-cd)pyren	<0,20	<0,20
Dibenzo(a,h)anthracen	<0,20	<0,20
Benzo(G,h,i)perylene	<0,20	<0,20

Toppene ved RT 20-30 skyldes sandsynligvis indhold af trotyl og nedbrydningsprodukter.

* Indholdet er beregnet både som tjære og som tung fyringsolie, da det er vanskeligt ud fra kromatogrammet at se, hvilken forurenings type, der er tale om.

Analysemetode: KEM P/01.

Usikkerheder oplyses ved henvendelse til laboratoriet.

21/1-97 L. K. Møller

Laboratoriets attestation



ANALYSEMETODER/DETEKTIONSGRÆNSER - JORDPRØVER

KEM P/01: Tjære

50 g jord tilsættes milliporevand og ekstraheres med dichlormethan. Jorden udtages med ske så repræsentativt som muligt - dog uden omrøring af jordprøven, så tabet af flygtige stoffer bliver begrænset.

Dichlormethanfasen analyseres på gaschromatograf med flammeionisationsdetektor (GC/FID).

Indholdet beregnes over for en passende standard (tjære, tung fyringsolie m.v.).

Detektionsgrænse:

Benzin	5 mg/kg
Dieselolie	10 mg/kg
Tung fyringsolie	20 mg/kg
Tjære	15 mg/kg

KEM P/01: Alkylbenzener

Indholdet beregnes på ovenstående ekstrakt over for en alkylbenzenstandard bestående af følgende enkeltkomponenter:

Detektionsgrænse:

Benzen	0,10 mg/kg
Toluen	0,10 mg/kg
Ethylbenzen	0,10 mg/kg
M/P-xylen	0,10 mg/kg
O-xylen	0,10 mg/kg
Naphthalen	0,10 mg/kg

KEM P/01: PAH-forbindelser

Indholdet beregnes på ovenstående ekstrakt over for en PAH-standard bestående af følgende enkeltkomponenter:

Detektionsgrænse:

Naphthalen	0,10 mg/kg
Acenaphthylen	0,10 mg/kg
Acenaphthen	0,10 mg/kg
Fluoren	0,10 mg/kg
Phenanthren	0,10 mg/kg
Anthracen	0,10 mg/kg
Fluoranthren	0,10 mg/kg
Pyren	0,10 mg/kg
Benzo(a)anthracen	0,10 mg/kg
Chrysen	0,10 mg/kg
Benzo(b+k)fluoranthren	0,10 mg/kg
Benzo(a)pyren	0,10 mg/kg
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,20 mg/kg
Dibenzo(a,h)anthracen	0,20 mg/kg
Benzo(g,h,i)perylene	0,20 mg/kg



Bilag 3 af 3

21.01.1997

ANALYSEMETODER/DETEKTIONSGRÆNSER - VANDPRØVER

KEM P/07;1: Trotyl

25 ml prøve ekstraheres med toluen, hvorefter ekstraktet oprenses og analyseres på gaschromatograf med NP-detektor (GC/NPD).

Detektionsgrænse: 0,03 mg/l

File : OLIE_24.D02

DIESEL 1MG/ML

AUTOSYS 2\MP

Run : 01

Queue : OLIE

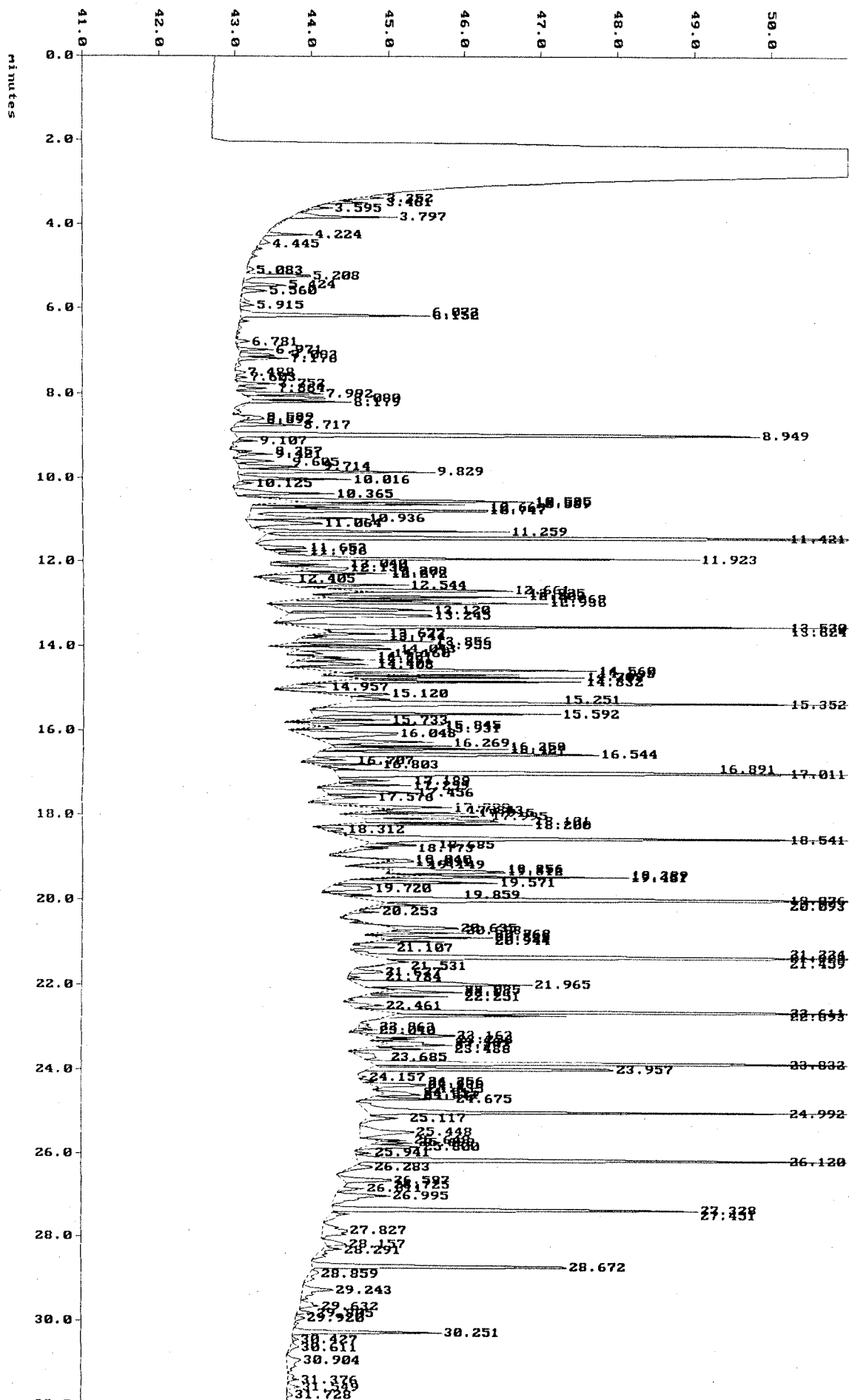
Set Number : 1

Type : Sample

Collection : 13:48:01 Jan 03 1997

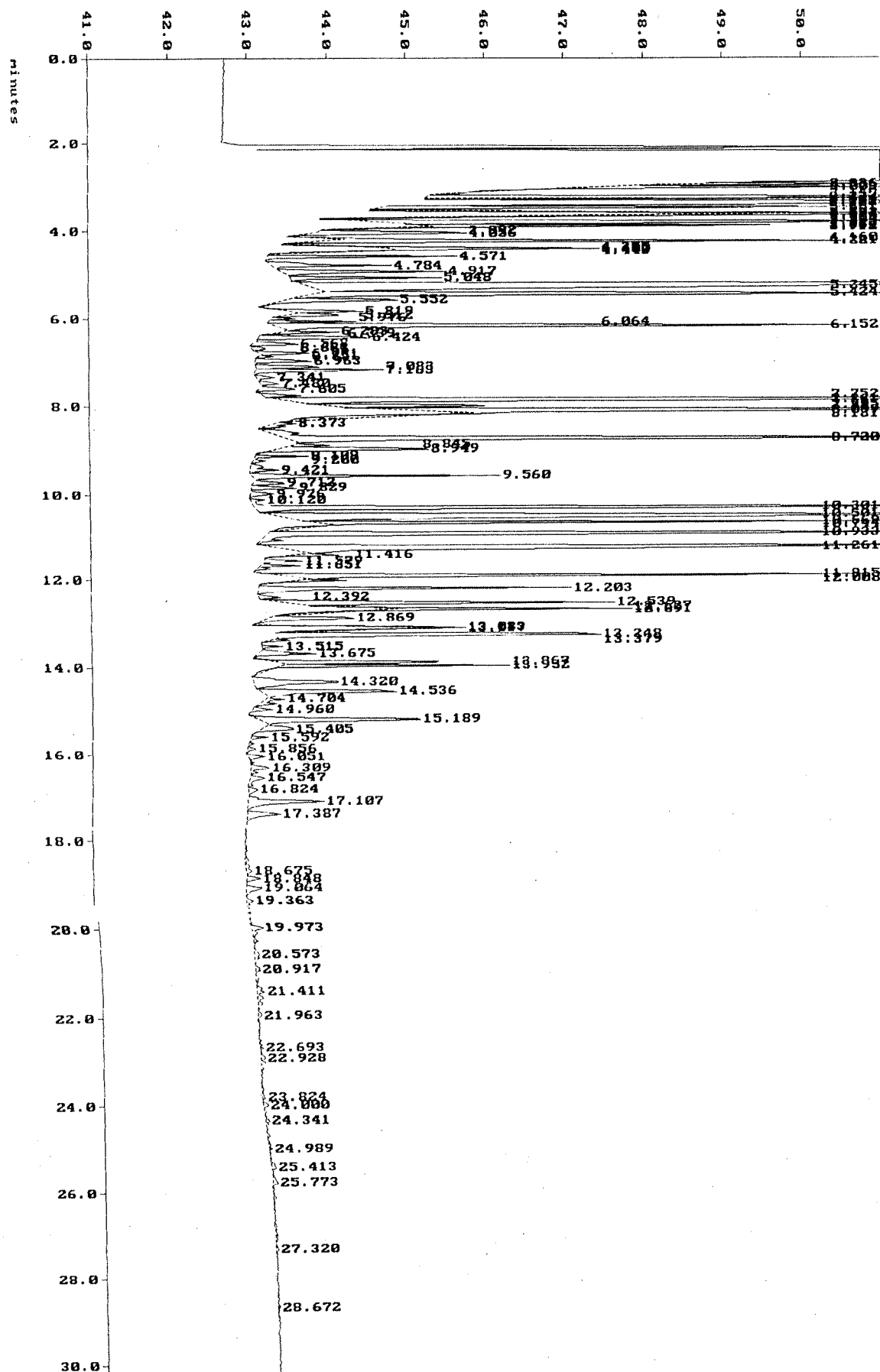
Method : OLIEDUAL [08:03:28 Dec 04 1996]

(OLIE_24.D02) mV



File : OLIE_25.D02 BENZIN 1MG/ML AUTOSYS 2\MP
 Run : 01 Queue : OLIE Set Number : 1 Type : Sample
 Collection : 14:58:20 Jan 03 1997 Method : OLIEDUAL [08:03:28 Dec 04 1996]

(OLIE_25.D02) MV



File : OLIE_36.D02

TJAERE 1MG/ML

AUTOSYS 2\MP

Run : 01

Queue : OLIE

Set Number : 1

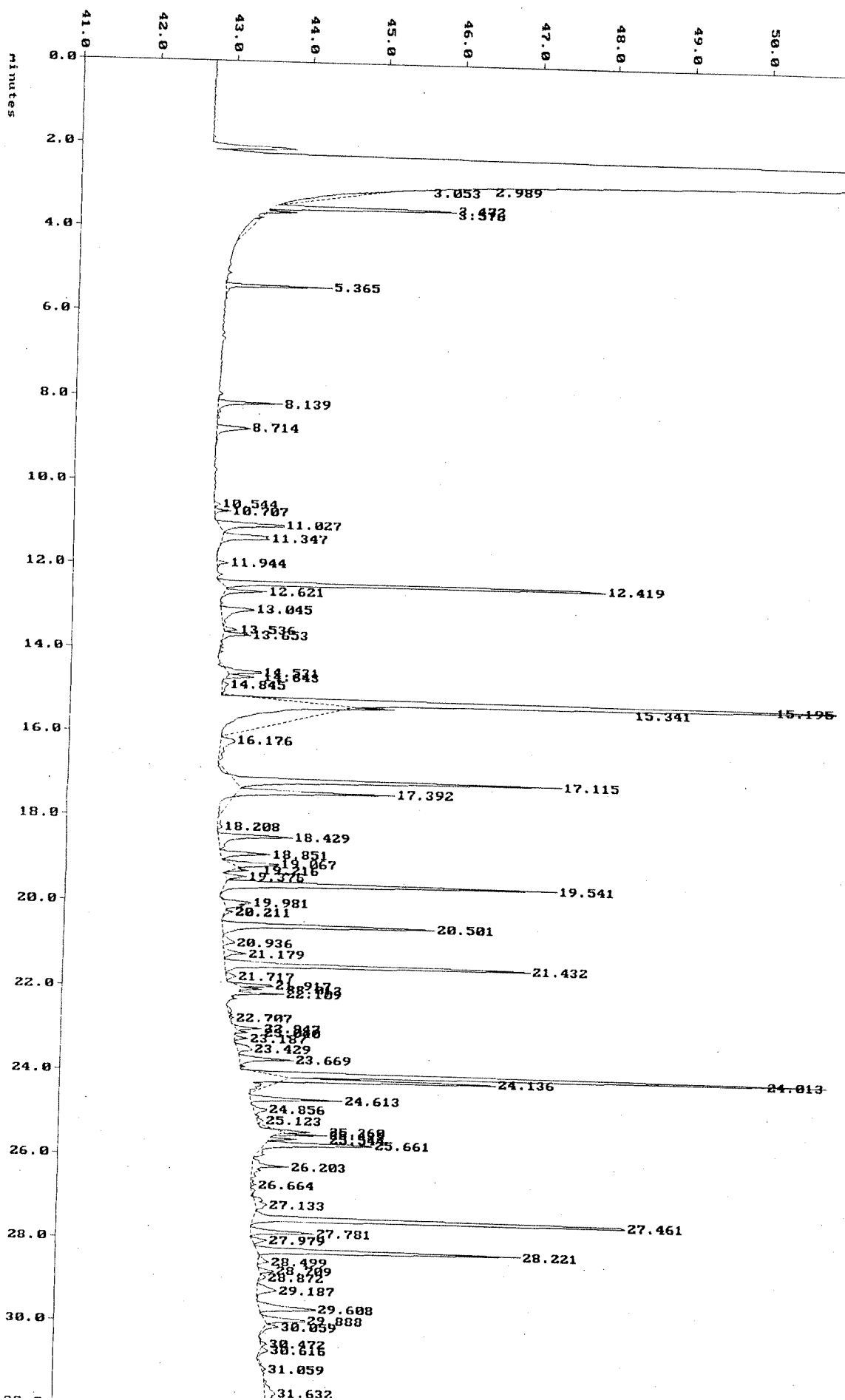
Type : Sample

Collection : 03:50:12 Jan 04 1997

Method : OLIEDUAL

[08:03:28 Dec 04 1996]

(OLIE_36.D02) AU



File : OLIE_26.D02

BTEXN ST.

AUTOSYS 2\MP

Run : 01

Queue : OLIE

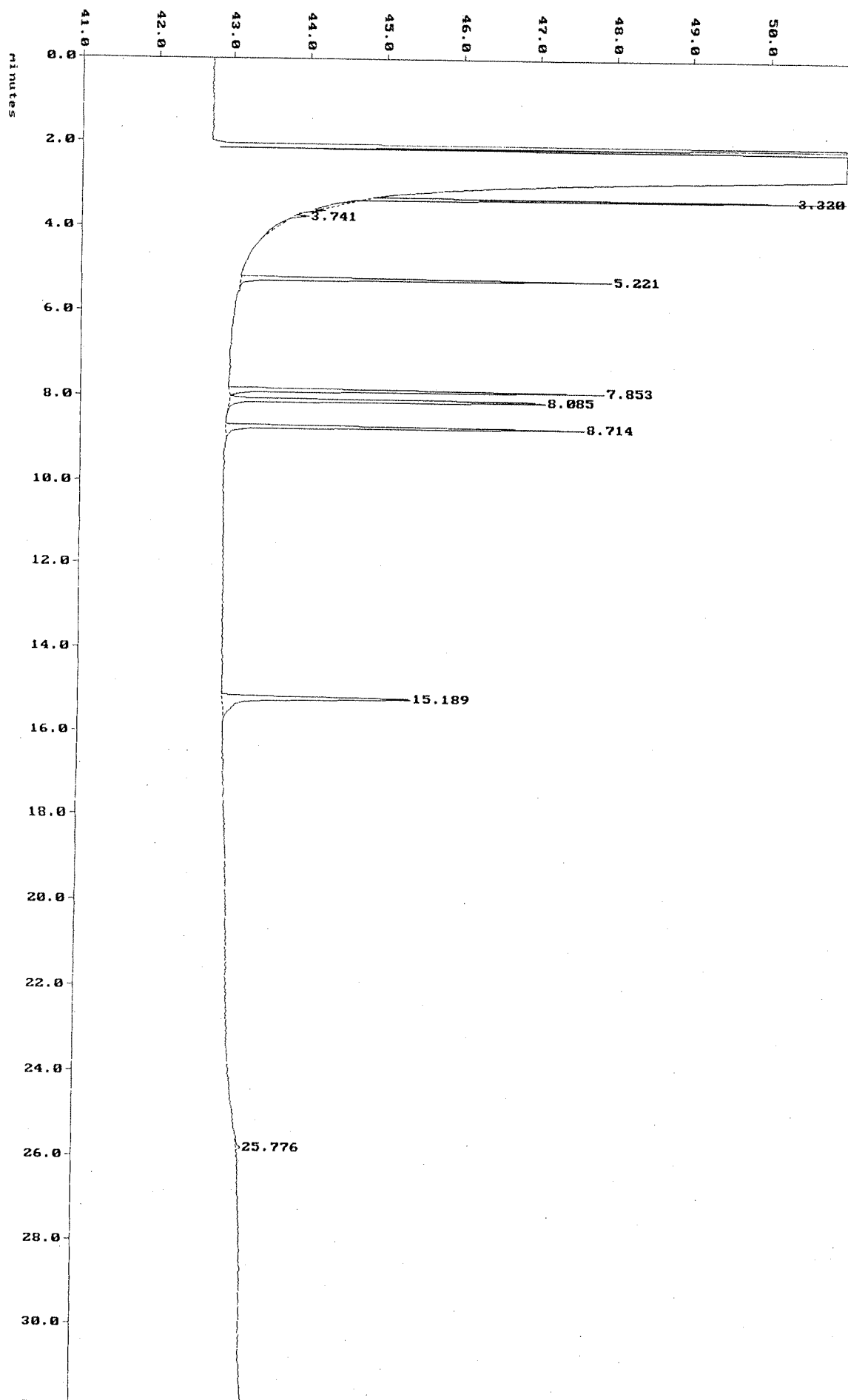
Set Number : 1

Type : Sample

Collection : 16:08:24 Jan 03 1997

Method : OLIEDUAL I 08:03:28 Dec 04 1996 J

(OLIE_26.D02) MV



File : OLIE_21.D02

Run : 02

Collection : 10:17:23 Jan 03 1997

TF0 5MG/ML

Queue : OLIE

Set Number : 1

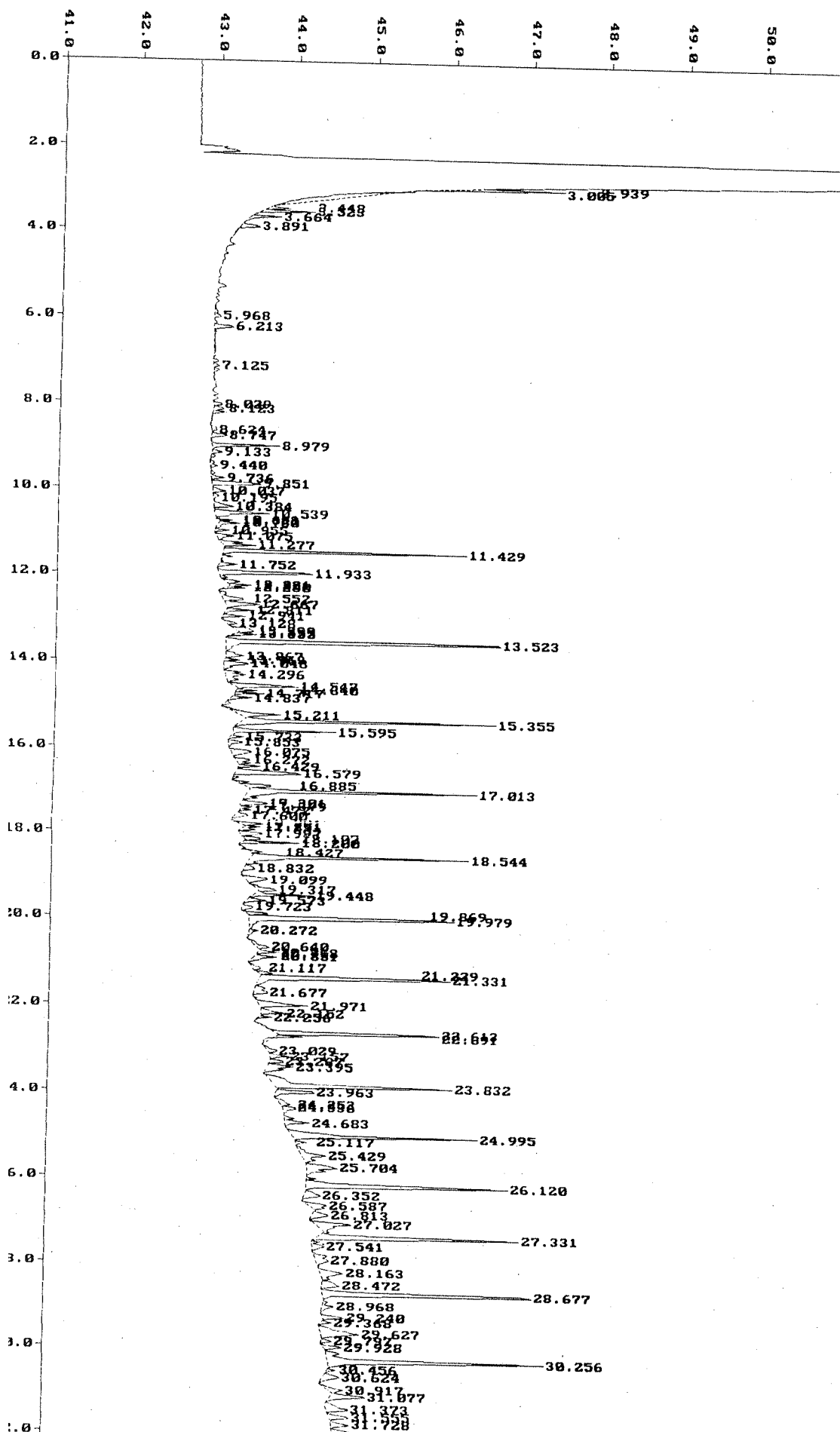
Method : OLIEDUAL

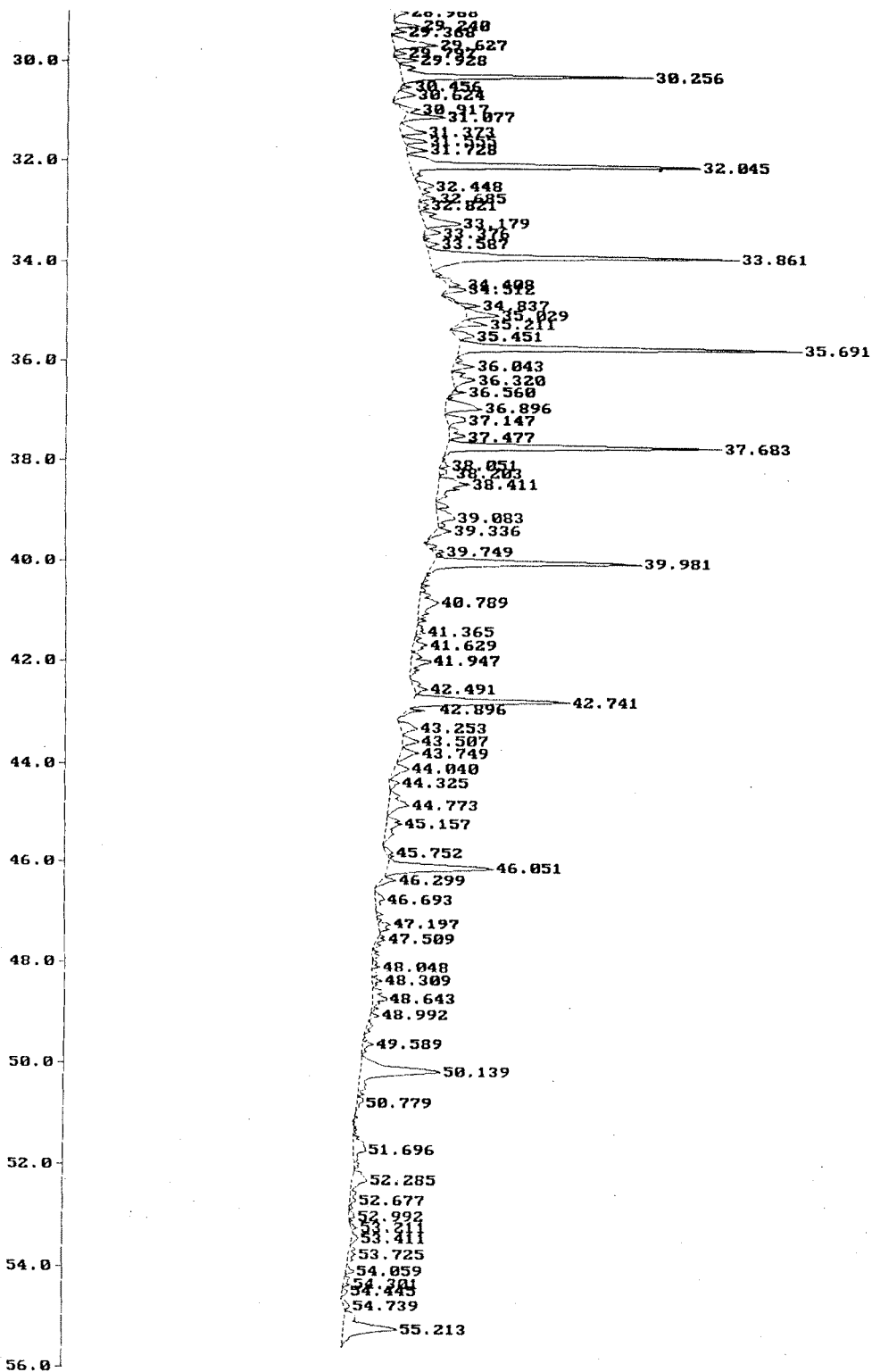
AUTOSYS 2\MP

Type : Sample

[08:03:28 Dec 04 1996]

(OLIE_21.D02) MV





File : OLIE_21.D02 TFO 5MG/ML AUTOSYS 2\MP
 Vial : 17 Inj : 02 Queue : OLIE Set Number : 1 Type : Sample
 Path : C:\OLIE\020197
 Collection : 10:17:23 Jan 03 1997 Meth(B): OLIEDUAL [08:03:28 Dec 04 1996]
 Integration: 10:17:23 Jan 03 1997 Meth(B): OLIEDUAL [08:03:28 Dec 04 1996]
 Report : 12:56:07 Jan 16 1997 Meth(B): OLIEDUAL [08:03:28 Dec 04 1996]
 Sample Amt : 1.00000e+000 Dilution: 1.00000e+000

EXTERNAL STANDARD (AREA)

Retention Time	Area	Component Name
=====	=====	=====
2.939	1.79	Olie
3.005	0.00	Olie
3.448	0.60	Olie
3.523	1.45	Olie
3.664	1.38	Olie
3.891	0.32	Olie
5.968	0.50	Olie

File : OLIE_42.D02

Run : 01

Collection : 10:58:55 Jan 04 1997

Blind

~~DATA~~

Queue : OLIE

Set Number : 1

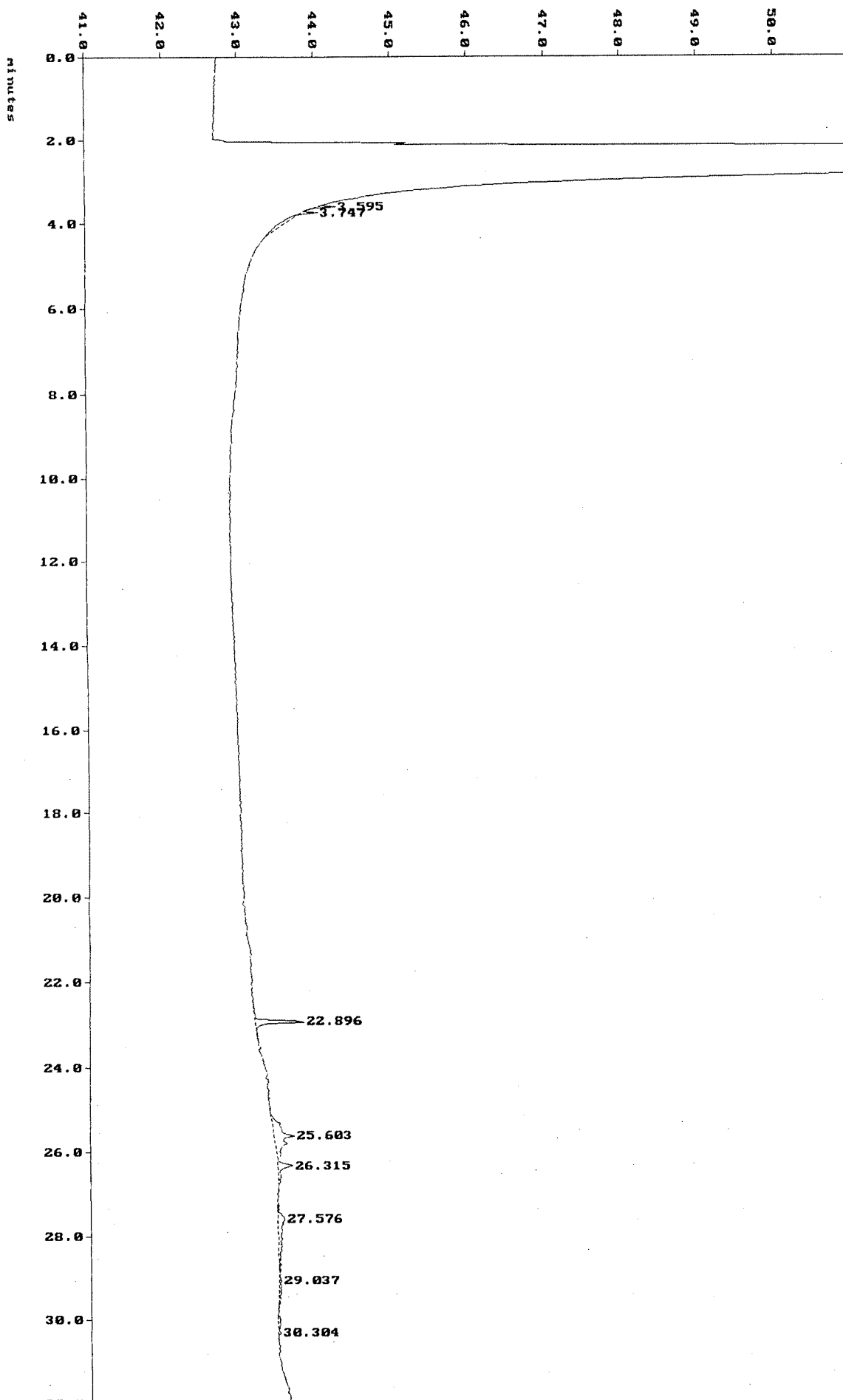
Method : OLIEDUAL

AUTOSYS 2\MP

Type : Sample

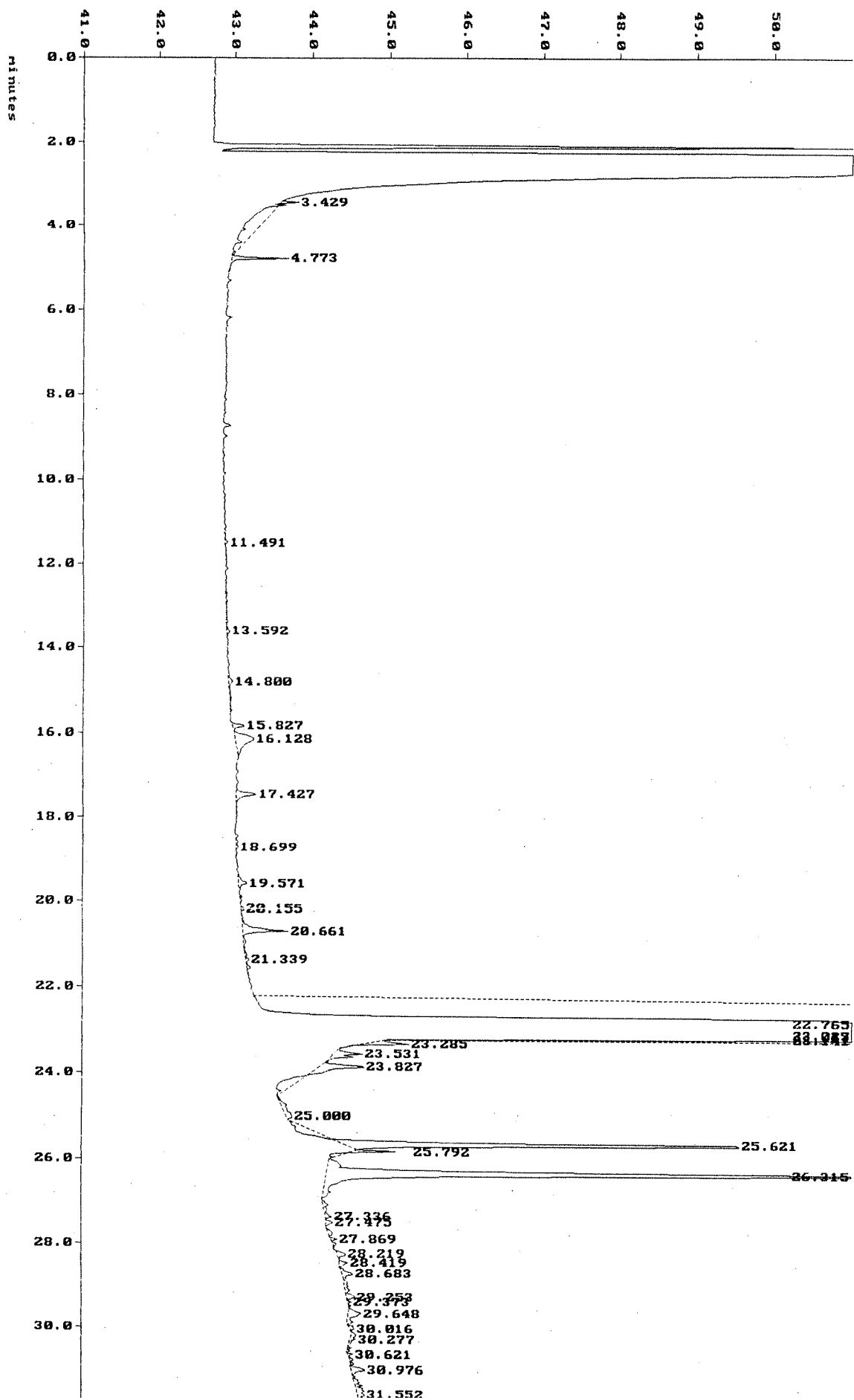
[08:03:28 Dec 04 1996]

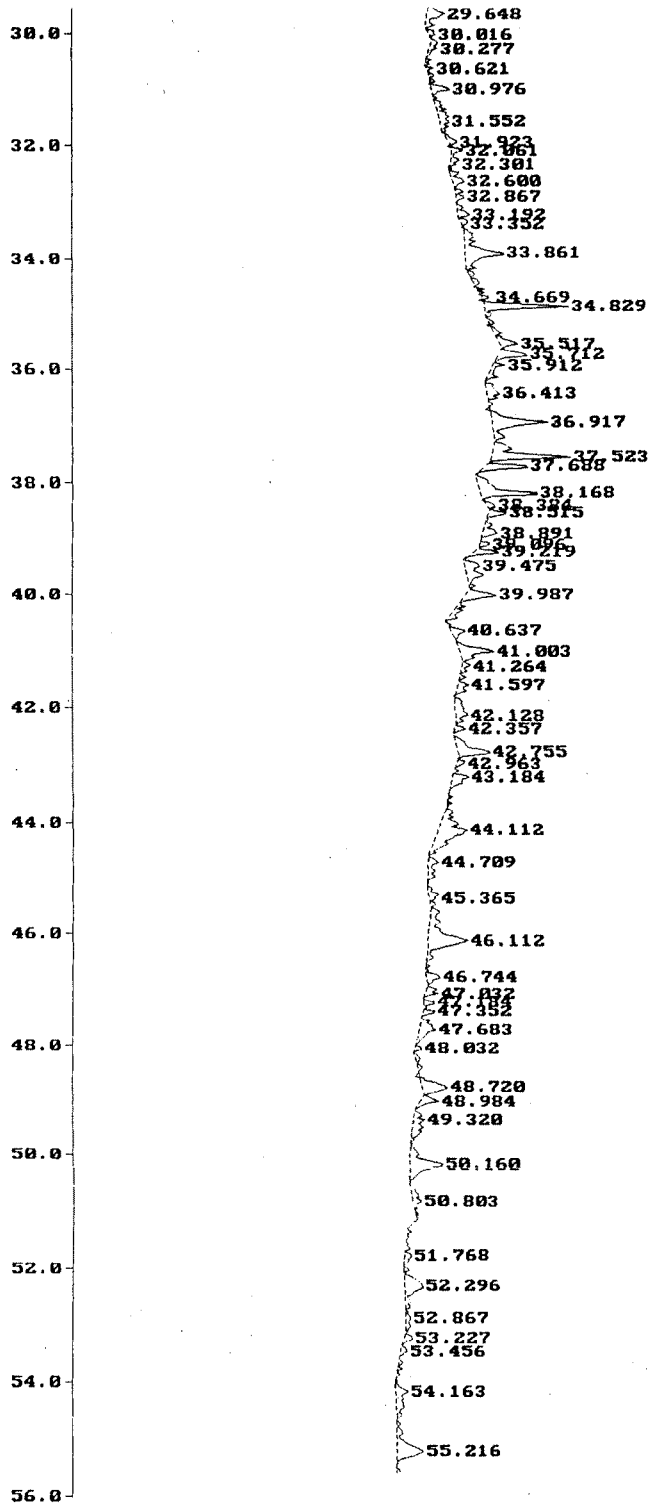
(OLIE_42.D02) mV



File : OLIE_41.D02 P.96.2889 AUTOSYS 2\MP
 Run : 01 Queue : OLIE Set Number : 1 Type : Sample
 Collection : 09:40:50 Jan 04 1997 Method : OLIEDUAL [08:03:28 Dec 04 1996]

(OLIE_41.D02) mV





File : OLIE__41.D02 P.96.2889 AUTOSYS 2\MP
 Vial : 33 Inj : 01 Queue : OLIE Set Number : 1 Type : Sample
 Path : C:\OLIE\020197
 Collection : 09:40:50 Jan 04 1997 Meth(B): OLIEDUAL [08:03:28 Dec 04 1996]
 Integration: 09:40:50 Jan 04 1997 Meth(B): OLIEDUAL [08:03:28 Dec 04 1996]
 Report : 10:36:49 Jan 04 1997 Meth(B): OLIEDUAL [08:03:28 Dec 04 1996]

Sample Amt : 1.00000e+000 Dilution: 1.00000e+000

EXTERNAL STANDARD (AREA)

Retention Time	Area	Component Name
3.429	0.00	Olie
4.773	2.31	Olie
11.491	0.29	Olie
13.592	1.02	Olie
14.800	1.06	Olie
15.827	0.95	Olie
16.128	4.32	Olie
17.427	2.29	Olie
18.600	0.40	Olie

File : OLIE_42.D02

P.96.2890

AUTOSYS 2\KP

Run : 01

Queue : OLIE

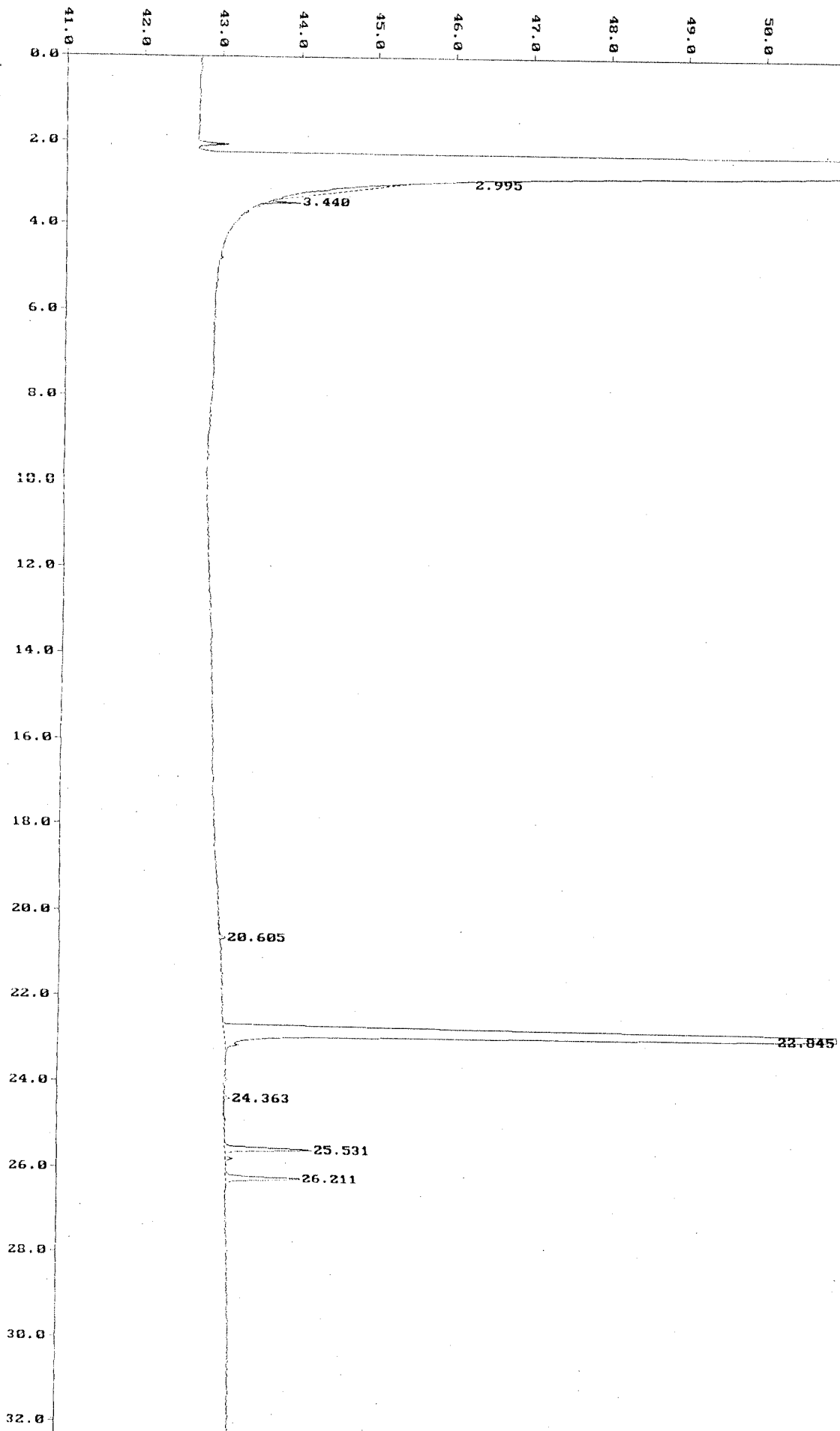
Set Number : 1

Type : Sample

Collection : 12:45:12 Dec 22 1996

Method : OLIEDUAL [08:03:28 Dec 04 1996]

(OLIE_42.D02) mV





RAPPORT D-0753 med 1 prøve

Aalborg, den 21.01.1997

Rapporten er tilsendt:

NN&R A/S

Att. Lars Boye Mortensen

Digtervejen 9

9200 Aalborg SV

Udtagningssted :

AMA Elling Pr.mrk. Boring nr. N2

Udtaget af..... NN&R

Udtaget..... 20.11.1996

Modtaget..... 21.11.1996

Taget i arbejde... 21.11.1996

Omfang..... Andet

Sagsnummer..... 9641900

1289009

851/D022175

NN&R A/S

Analyseparametre	Metode	Grænseværdier		Prøve 0753-1 Org. forurening3
		Vejledende	Højst	Resultater
Trotyl mg/l	P/07			<0.03

Metodeoplysninger kan rekvireres ved henvendelse til laboratoriet. Resultaterne gælder kun for de prøvede emner.
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden laboratoriets skriftlige godkendelse.

Analyseansvarlig(e):


Gerda Krog Mortensen
cand. scient.



RAPPORT D-0752 med 1 prøve

Aalborg, den 21.01.1997

Rapporten er tilsendt:

NN&R A/S

Att. Lars Boye Mortensen

Digtervejen 9

9200 Aalborg SV

Udtagningssted :

AMA Elling. Pr.mrk. Boring nr. N1

Udtaget af..... NN&R

Udtaget..... 20.11.1996

Modtaget..... 21.11.1996

Taget i arbejde... 21.11.1996

Omfang..... Andet

Sagsnummer..... 9641900

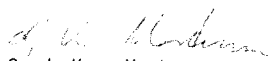
1289009 851/D022175

NN&R A/S

Analyseparametre	Metode	Grænseværdier		Prøve 0752-1 Org. forurening3 Resultater
		Vejledende	Højst	
Trotyl mg/l	P/07			0.15

Metodeoplysninger kan rekvireres ved henvendelse til laboratoriet. Resultaterne gælder kun for de prøvede emner.
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden laboratoriets skriftlige godkendelse.

Analyseansvarlig(e):

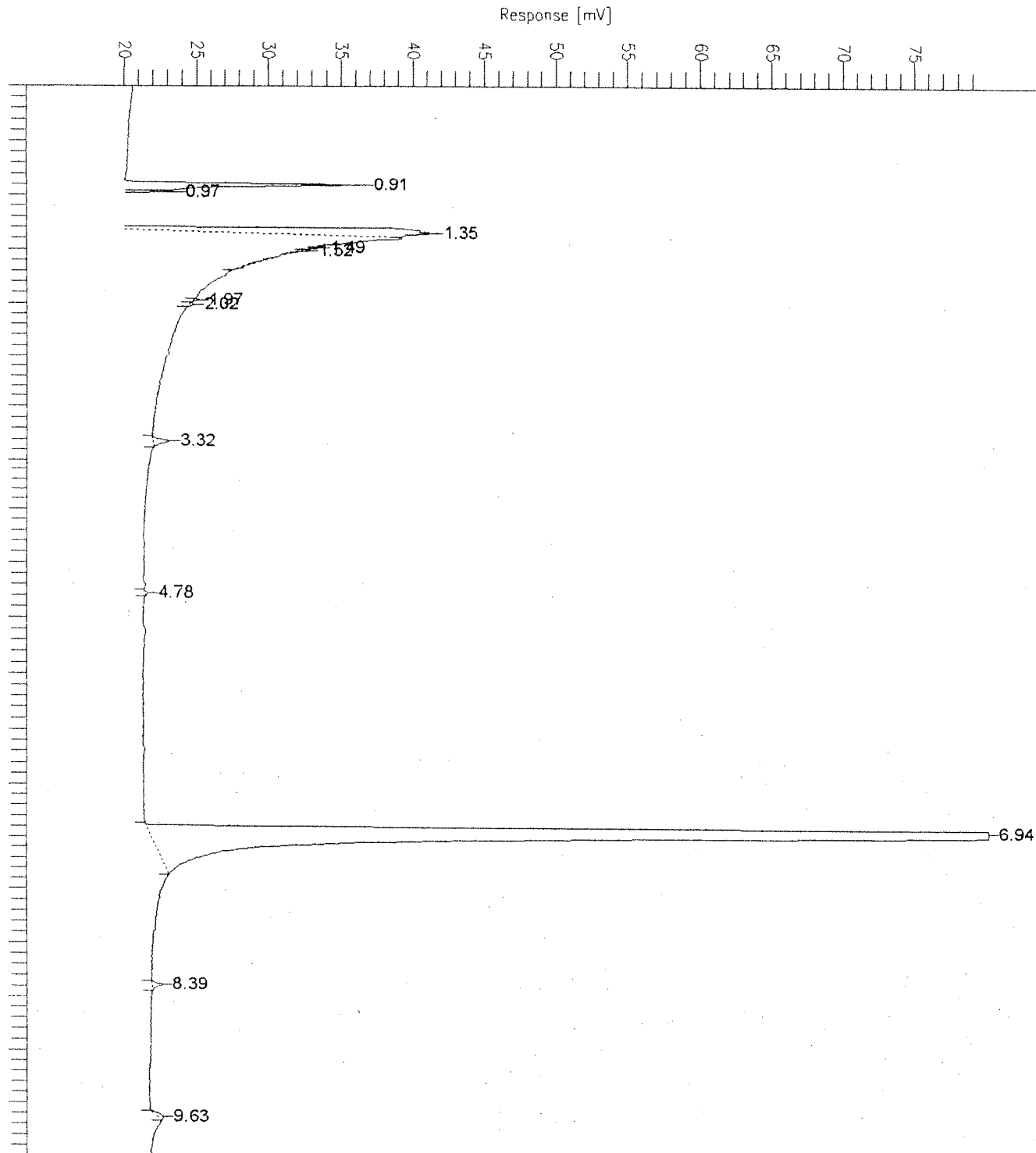

Gerda Krog Mortensen
cand. scient.

Chromatogram

Name : 25ug/ml ST
File : C:\TC4\TROTTL\051296\DATB001.raw
Sample : TNT
Time : 0.00 min
Factor: 0.0

Sample #: 1
Date : 05-12-1996 10.43
Time of Injection: 05-12-1996 10.24
Low Point : 20.00 mV
Plot Scale: 60.0 mV

Page 1 of 1



Chromatogram

Sample Name : 752

FileName : C:\TC4\TROTTL\051296\DATB002.raw

Method : TNT

Start Time : 0.00 min

Scale Factor: 0.0

End Time : 12.00 min

Plot Offset: 20 mV

Sample #: 2

Date : 05-12-1996 11.07

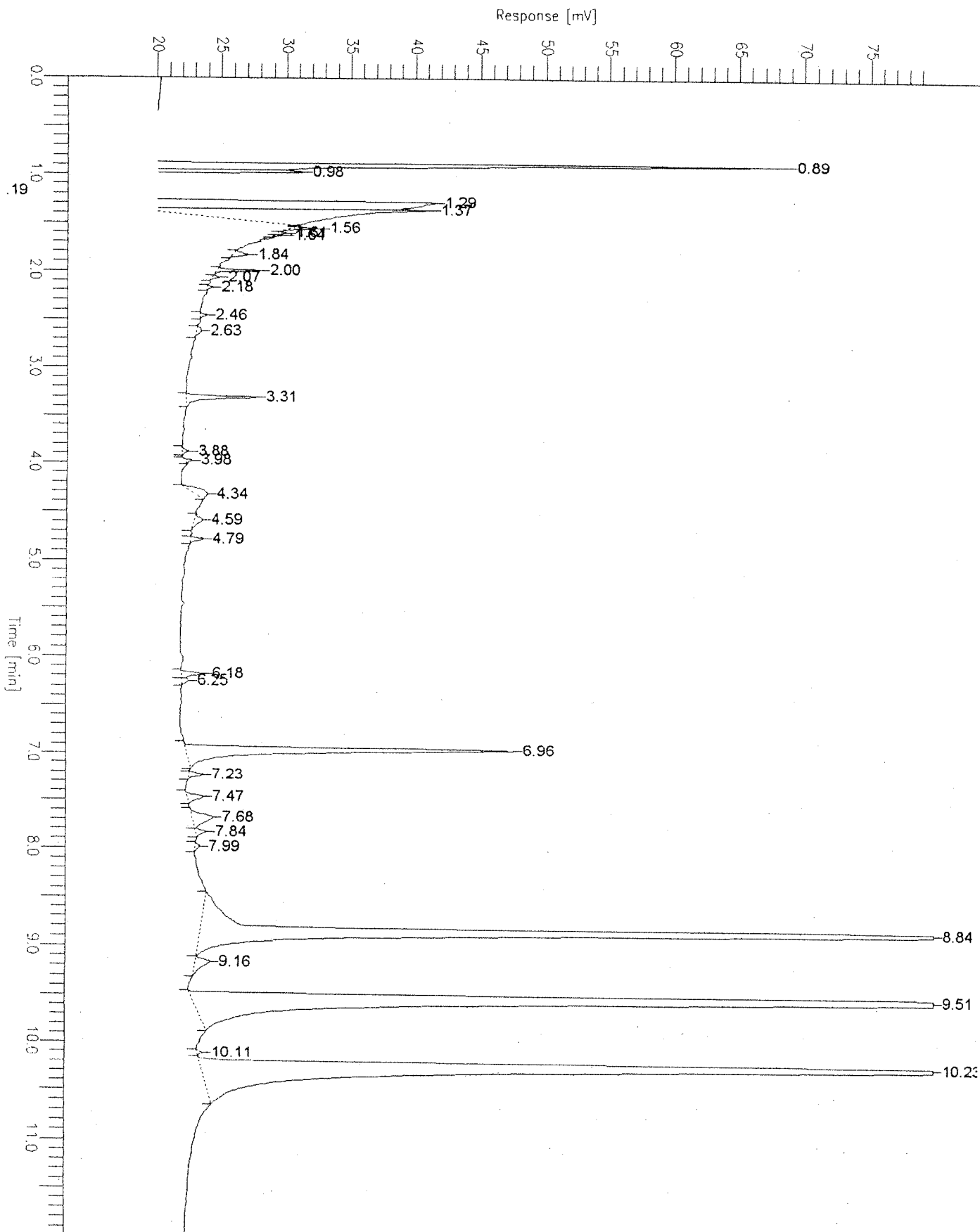
Time of Injection: 05-12-1996 10.48

Low Point : 20.00 mV

Plot Scale: 60.0 mV

Page 1 of 1

High Point : 80.00 mV



KORN SPB-5 NP-detektor

Sample Name : EDB 753

FileName : C:\TC4\SERIER\0312\DATB004.RAW

Method :

Start Time : 0.00 min

Scale Factor: 0.0

End Time : 38.00 min

Plot Offset: 20 mV

Sample #: 4

Date : 21-01-1997 15.00

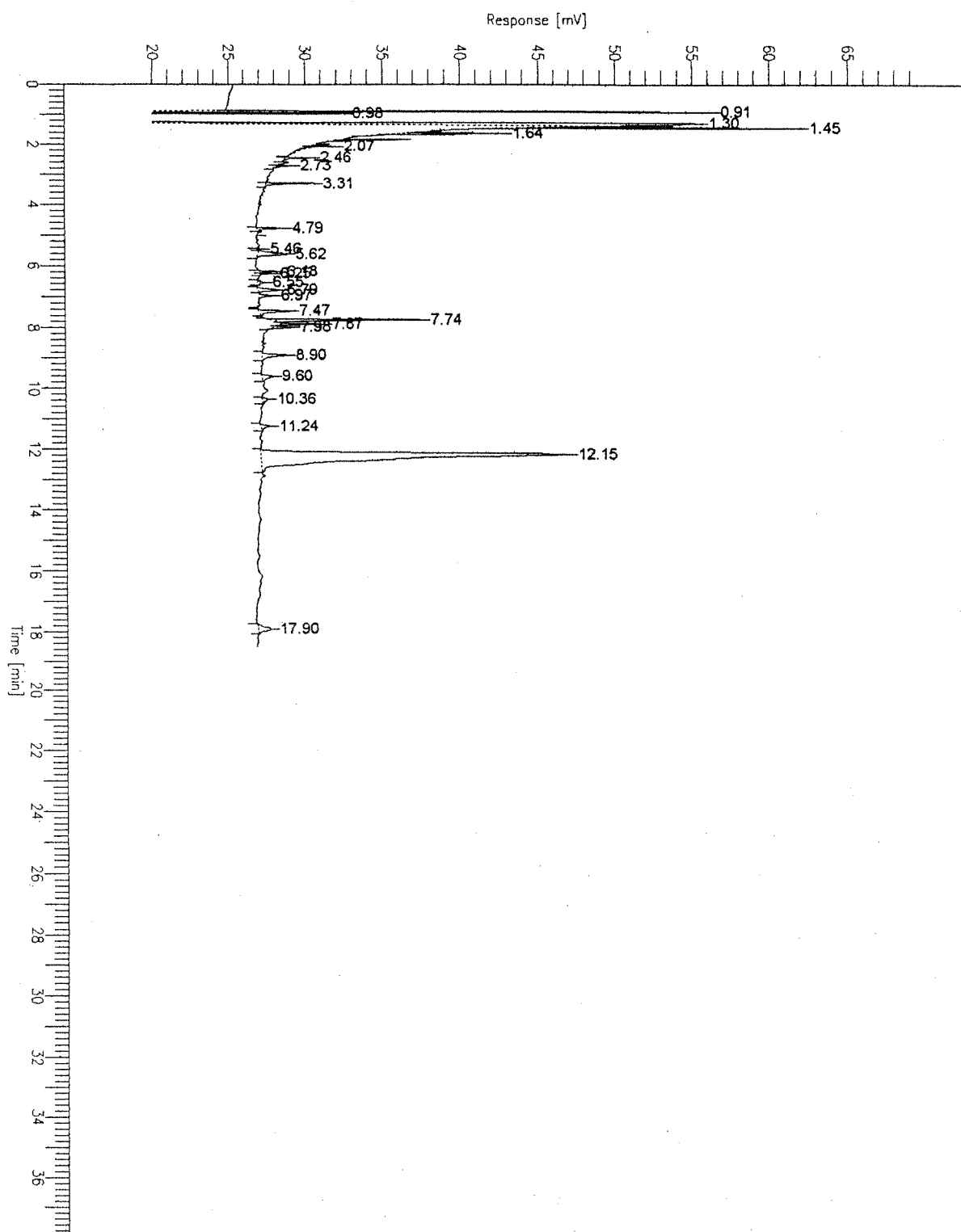
Time of Injection: 03-12-1996 14.01

Low Point : 20.00 mV

Plot Scale: 50.0 mV

Page 1 of 1

High Point : 70.00 mV



Software Version: 4.1<0G07>

Sample Name : 25 ST

Sample Number: 5

Operator : LH

Time : 21-01-1997 15.00

Study : TROTYL

Instrument : AUTOSYS - 5:A

AutoSampler : BUILT-IN

Back/Next : 0/1

Channel : B

A/D mV Range : 1000







