

# DAN GØDNING A/S

Undersøgelse af udslip med gødningsvand på Fredericia Havn



Rekvirent: Dan Gødning A/S  
Dato: 11. november 2016  
DMR-sagsnr.: 2016-0257



**Dansk Miljørådgivning A/S**

*Din rådgiver gør en forskel ...*

Kokbjerg 14, 6000 Kolding

Tlf. 86 95 06 55

E-mail: [kolding@dmr.dk](mailto:kolding@dmr.dk) [www.dmr.dk](http://www.dmr.dk)

## Indholdsfortegnelse

<b>1. Registreringsblad</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Baggrund</b> .....	<b>4</b>
2.1 Grundlag og formål.....	4
2.2 Kortlægningsstatus.....	5
<b>3. Gødningstyper og dets fysisk-kemiske egenskaber</b> .....	<b>7</b>
3.1 Kvælstofkredsløbet .....	8
<b>4. Hændelsesforløb</b> .....	<b>11</b>
<b>5. Feltarbejde og prøveudtagning</b> .....	<b>16</b>
5.1 Udført feltarbejde .....	16
5.2 Prøveudtagning og vandspejlslogning .....	17
5.3 Analyseprogram .....	18
<b>6. Geologi, hydrogeologi og overfladevand</b> .....	<b>19</b>
6.1 Geologi .....	19
6.2 Hydrogeologi .....	20
6.3 Overfladevand .....	20
<b>7. Resultater – kontrolleret forsøg med urea, N-16 og N-32</b> .....	<b>21</b>
7.1 Jordprøver udtaget den 7. marts 2016 ifm. påbud .....	21
7.2 Forsøgsopstilling .....	22
7.3 Resultater fra forsøgsserie A1-A3, vandopløst urea granulat .....	23
7.4 Resultater fra forsøgsserie B1-B3 (N-16) og C1-C3 (N-32) .....	24
<b>8. Resultater af de udførte feltundersøgelser</b> .....	<b>26</b>
8.1 Baggrunds niveauer og kriterier for gødning i jord og grundvand.....	27
8.2 Grøften (området vest for Strandvejen v/Autohuset Vestergaard A/S).....	28
8.3 Ubefæstede arealer ved jernbanen.....	30
8.4 Tankgården og nordlige del af Møllebugtvej.....	34
8.5 Ørige havneareal, syd og øst for jernbanen, herunder Nordkajen og Océankajen ..	35
8.6 Udbredelse i grundvand.....	36
<b>9. Forureningsudbredelse og massebalance (0 og 6 måneder)</b> .....	<b>43</b>
9.1 Kvælstof i jorden umiddelbart efter skaden (0-2 døgn) .....	43
9.2 Kvælstof i jord efter 6 måneder .....	46
9.3 Kvælstof i overfladevand og grundvand efter 6 måneder .....	50
9.4 Samlet opgørelse af kvælstof i jord og grundvand efter 0 og 6 måneder .....	51
<b>10. Risikovurdering</b> .....	<b>53</b>
10.1 Kontakt.....	53
10.2 Grundvand .....	53
10.3 Overfladevand .....	53
<b>11. Oprensingsforslag</b> .....	<b>58</b>
11.1 Forudsætninger.....	58
11.2 Oprensning i tankgården og ubefæstede arealer .....	59
11.3 Oprensning ved befæstede og bebyggede arealer.....	61
11.4 Afværge ved pumpeløsning i grundvandszonen.....	63
11.5 Alternative løsningsmulighed.....	66
<b>12. Referencer</b> .....	<b>67</b>

**Bilagsfortegnelse**

<b>Bilag 1</b>	<b>Oversigtskort</b>
	1.1 Skønnet udbredelse af udslip med gødningsvand
	1.2 Situationsplan (B1-B56)
	1.3 Situationsplan (HB1-HB17)
	1.4 Befæstelse og placering af boringer
	1.5 Digital højdemodel og placering af boringer
<b>Bilag 2</b>	<b>Jord</b>
	2.1 Udbredelse af Total-N (0 - 0,5 m u.t.)
	2.2 Udbredelse af Total-N (1,0 - 3,5 m u.t.)
	2.3 Udbredelse af Total-N (4,0 - 6,0 m u.t.)
<b>Bilag 3</b>	<b>Grundvand</b>
	3.1 Konturering af udbredelsen af Total-N
	3.2 Konturering af udbredelsen af $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$
	3.3 Konturering af udbredelsen af $\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-$
	3.4 Potentialekort (baseret på synkronpejling)
	3.5 Grafer fra datalogning
	3.6 Kornkurver fra sigte- og slemanalyser
<b>Bilag 4</b>	<b>Tankoversigt</b>
<b>Bilag 5</b>	<b>Sikkerhedsdatablade</b> for N18 Urea solution og UAN
<b>Bilag 6</b>	<b>Analyseresultater fra Eurofins Miljø A/S</b>
<b>Bilag 7</b>	<b>Boreprofiler</b>
<b>Bilag 8</b>	<b>Vandprøvetagningskemaer</b>

Sagsbehandlere

Jan Petersen  
Cand. Scient (biologi & kemi)

Kvalitetskontrol

Hans-Henrik Clausen  
CivilingeniørLars Mortensen  
Kontorleder, Civilingeniør

## 1. Registreringsblad

<i>Rekvirent:</i>	Dan Gødning A/S
<i>DMR-sagsnr.:</i>	2016-0257
<i>Sagsbehandlere:</i>	Jan Petersen, Cand.scient. (biologi/kemi) Lars Mortensen, Kontorleder og civilingeniør
<i>Kvalitetskontrol:</i>	Hans-Henrik Clausen, Civilingeniør
<i>Titel:</i>	Undersøgelse af udslip med gødningsvand på Fredericia Havn
<i>Dato:</i>	11. november 2016
<i>Adresse:</i>	Møllebugtvej 7, 7000 Fredericia
<i>Matr.nr.:</i>	3910ø Fredericia Stadsjorder (Møllebugtvej 7)
<i>Grundejer:</i>	Fredericia Havn A/S
<i>Lejer:</i>	Dan Gødning A/S, Møllebugtvej 9, 7000 Fredericia
<i>Kommune:</i>	Fredericia Kommune
<i>Region:</i>	Region Syddanmark
<i>Nuværende arealanvendelse:</i>	Erhverv (produktion og oplagring af flydende gødning)
<i>Kortlægningsstatus:</i>	Ejendommen er kortlagt på vidensniveau 2 (V2)
<i>Grundvandsforhold:</i>	Ejendommen er beliggende i et område uden særlige drikkevandsinteresser og uden for indvindingsopland til almene vandforsyningsanlæg
<i>Recipient:</i>	Ejendommen ligger indenfor bufferzone til målsat recipient (Lillebælt)
<i>Boreentreprenør:</i>	Kristian Rytter A/S (boring B1-B53) Boretchnik A/S (boring B54-B56 samt B39b og B43b)
<i>Analyselaboratorium:</i>	Eurofins Miljø A/S

## 2. Baggrund

DMR A/S har for Dan Gødning A/S gennemført forureningsundersøgelser på Fredericia Havn. På Møllevvej 7 (matr.nr. 3910ø, Fredericia Stadsjorder) er der oplag af blandt andet flydende gødning og palmeolie.

I forbindelse med kollaps af tank 7, indeholdende flydende N32 gødning den 3. februar 2016, er der sket en udledning af gødning fra Møllebugtvej 7. Tanken væltede ud over Strandvejen med udledning af gødning til tankgården og arealer nord for Autohuset Vestergaard A/S, Vestre Ringvej 2, herunder vejrabatter og ubefæstede jernbanespor ved bl.a. Bitumenvej. Kollapset medførte beskadigelse eller kollaps af flere tanke, som derved lækkede flydende N-16 gødning (tank 1-4) og palmeolie. Kapitel 4 indeholder en nærmere beskrivelse af hændelsesforløbet.

Fredericia Kommune har den 20. april 2016 meddelt påbud /1/ om, at Dan Gødning A/S, med hensyn til udledningen af gødning (urea), skal:

- undersøge forureningens vertikale og horisontale udbredelse.
- udarbejde en kvantitativ beskrivelse af forureningen, herunder relevante forureningsstoffer samt virkningerne heraf (risikovurdering, der redegør for kontaktrisiko og påvirkning af grundvand og recipienter).

Fredericia Kommune skriver desuden:

*"På baggrund af undersøgelsens resultater og risikovurderingerne skal der udarbejdes en overslagspris for en fuldstændig oprensning samt en eller flere alternative løsningsmuligheder. Alle løsningsforslag skal som udgangspunkt sikre den nuværende og en eventuel fremtidig mere følsom anvendelse af arealet samt grundvand og recipienter. Hvis der på baggrund af en indledende undersøgelse fremsendes forslag til oprensningen af forureningen, skal kommunens accept heraf indhentes, inden oprensningen iværksættes. Det er dog en forudsætning for en accept, at forureningen er fuldstændig afgrænset".*

Dan Gødning A/S har på den baggrund bedt Dansk Miljørådgivning A/S (DMR) om teknisk bistand til at efterkomme Fredericia Kommunes påbud.

### 2.1 Grundlag og formål

Undersøgelsen er udført med udgangspunkt i undersøgelsesoplæg af 24. juni 2016 /2/. Formålet med undersøgelsen er at efterkomme Fredericia Kommunes undersøgelsespåbud og dermed sikre et beslutningsgrundlag for vurdering af eventuelle videre tiltag.

Fredericia Kommune har i undersøgelsespåbud af 20. april 2016 /1/ geografisk afgrænset påbuddet til Dan Gødning A/S' ejendom og de arealer som Dan Gødning A/S råder over samt en række ejendomme tilhørende tredjemand, som kan være berørt af forureningen.

Kommunen har i den forbindelse indhentet frivilligt samtykke til undersøgelse af eventuel jord- og grundvandsforurening fra følgende<sup>1</sup>:

- Autohuset Vestergaard A/S (matr.nr. 391mg, 391pa),
- Banedanmark (matr.nr. 419a),
- Fredericia Havn (matr.nr. 391mv, 391pe, 391pf, 391pg, 391pæ, 391ob, 423, 424),

---

<sup>1</sup> Alle tilhørende ejerlavet Fredericia Stadsjorder.

- Fredericia Kommune (matr.nr. 7000er, 7000fi, 7000da, 391om, 391ol, 391qv, 391as),
- Fredericia Spildevand og Energi A/S (matr.nr. 416),
- Q8 Danmark (matr.nr. 391lf) og
- TVIS I/S (matr.nr. 391pø).

## 2.2 Kortlægningsstatus

Der har gennem tiden været en række forurenende aktiviteter på de berørte havnearealer. Nedenstående kortudsnit (figur 2.1) viser de forskellige matriklers kortlægningsstatus jf. /3/.



Figur 2.1 Kort med angivelse af V1- (blå) og V2-kortlagte (røde) arealer /3/.

På baggrund af materiale fremsendt af Region Syddanmark er kortlægningsstatus og begrundelse for kortlægningen angivet i nedenstående tabel 2.1.

Adresse	Matr.nr. <sup>1)</sup>	Kortlægningsniveau <sup>2)</sup>	Begrundelse for kortlægning
Depotvej 4	391pæ	V1 (607-00479)	Matriklen er en del af oliehavnen (tidl. YARA Chemicals).
Møllebugtvej 5A	391pg	V1 (607-00478)	Matriklen er en del af oliehavnen.
Møllebugtvej 7/7A/7B	391oø	V2 (607-00604)	Matriklen er en del af oliehavnen. Tanklager for benzinprodukter (ca. 1975-96). Indbygning af flyveaske under ringmursfundament (ca. 4.500 m <sup>2</sup> ) til tankgård (1996).
Møllebugtvej 8	391rq	V1 (607-00605)	Se Møllebugtvej 9/9A
Møllebugtvej 9/9A	391oa (tidl. 391nø)	V1 (607-00605)	Matriklen er en del af oliehavnen (er/har været 20-25 tanke med olie og kemikalier, og matriklen ejet/udlejet til bl.a. BP Chemicals og Sveda Kemi). Tankgård/depot på i alt ca. 6.000 m <sup>3</sup> (etableret 1976). Miljøgodkendelse til import, oplag, aftapning og udlevering af opløsningsmidler (2003).
		V2 (607-00605)	Tegning med angivelse af jordforurening fremsendt af Univar A/S, 19. dec. 2003.
Møllebugtvej 11/11A	391oa	V1 (607-00477)	Matriklen er en del af oliehavnen. Oplag af fyringsolie på mere end 5.900 liter ifm. kunstgødningsproduktion (fra ca. 1987). Ejendommen har tidligere været brugt til arbejde med bitumen.

**Tabel 2.1** Kortlægningsstatus og begrundelse for kortlægning. <sup>1)</sup>: Alle matr.nr. hører under ejerlav Fredericia Stadsjorder. <sup>2)</sup>: Regionens lokalitetsnr. er angivet i parentes.

Som det fremgår af tabel 2.1 er en stor del af havneområdet kortlagt, fordi de pågældende matrikler er en del af "Oliehavnen", hvor der har været håndteret og oplagret store mængder olieprodukter, jf. Vejle Amts kortlægningsbrev af 27. december 2004.

### 3. Gødningstyper og dets fysisk-kemiske egenskaber

Ved skaden i februar 2016 skete der et udslip fra tanke indeholdende gødningstyperne N-32 (tank 7, ca. 4.000 ton total-N) og N-16 (tank 1-4, ca. 780 ton total-N). Det samlede udslip er af Dan Gødning A/S opgjort til ca. 4.800 ton total-N.

N-16 gødning er urea granulat fra BIOFARM. Urea er et produkt fra nedbrydning af proteiner, og det udskilles i opløst form med urinen, deraf det ældre navn "urinstof". BIOFARMs urea granulat er derfor urinstof på fast form. Når Dan Gødning A/S producerer N-16 – N-18 gødning sker det ved opløsning af urea-granulat i vand i forholdet ca. 1:1. I praksis blandes ca. 1 ton vand med 1 ton urea-granulat, hvilket samlet medfører 2 ton eller godt 2,2 m<sup>3</sup> urea-opløsning. I denne urea-opløsning er 16-18 % total-N, svarende til ca. 160-180 kg total-N/m<sup>3</sup> N-16 gødning. På skadestidspunktet var der oplagret N-16 gødning med et indhold på 160 kg total-N/m<sup>3</sup>.

N-32 gødning er kvælstofgødning bestående af ca. 16 % urea (N-16 gødning) tilsat ammoniumnitrat.

Der er ikke tilsat inhibitorer til N16 og N32 gødningen oplagret i tankene før skaden indtraf, hvilket muliggør en høj omsætning og fordampning af ammoniak ved kontakt med eksempelvis jord og planter. Nedenfor beskrives spildstoffernes fysisk-kemiske egenskaber og forventede egenskaber i jord og grundvand. Sikkerhedsdatablade for spildstofferne er vedlagt i bilag 5.

Parameter	N-16 Urea solution Urea granulat i vand (1:1)	N-32 (UAN) UreaAmmoniumNitrat
Indholdsstof(fer)	Urea Urea-granulat opløst 1:1 i vand	Blanding af Ammoniumnitrat og Urea
Vægtfylde [ton/m <sup>3</sup> ]	1,1	ca. 1,32-1,33
Amid-N (urea)	16 %	15,9 % 1 m <sup>3</sup> N-32 indeholder 0,159 m <sup>3</sup> urea
Ammonium-N	-	Ca. 8 % 1 m <sup>3</sup> N-32 indeholder ca. 0,08 m <sup>3</sup> ammonium-N
Nitrat-N	-	Ca. 8 % 1 m <sup>3</sup> N-32 indeholder ca. 0,08 m <sup>3</sup> nitrat-N
Total-N	16 % 160 kg total-N/m <sup>3</sup> N-16	31,7 % 422 kg total N/m <sup>3</sup> N-32
Kemisk formel	CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O, NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>
Molekylvægt [g/mol]	60,06	80,04
Tilstandsform	Klar gullig væske	Farveløs eller brunlig væske
Damptryk [Pa]	0,0016 (v/25 °C)	480
Viskositet [cP]	-	3,1-5,3 (v/20 °C)
Vandopløselighed	Opløseligt	Opløseligt
pH	8,5	6,5-7,5
Smeltepunkt [°C]	-	-26
Kogepunkt [°C]	-	107
Faresymbol	Ingen	Ingen

**Tabel 3.1** Fysisk-kemiske egenskaber for de oplyste spildstoffer. Data er fra Sigma-Aldrich, ECHA, produktblad fra Dan Gødning og BIOFARM.

Som det fremgår af tabel 3.1, er der ikke ammonium-N eller nitrat-N i den rene urea-opløsning N-16, men derimod 16 % amid-N. N-32 produceres ved at tilsættes ca. 8 % ammonium-N og 8 % nitrat-N til 16 % amid-N gødning. I N-32 udgør urea (amid-N) dermed ca. 50 % af indholdet af total-N. Af de spildte 4.000 ton total N fra N-32 udgør urea derfor 2.000 ton.

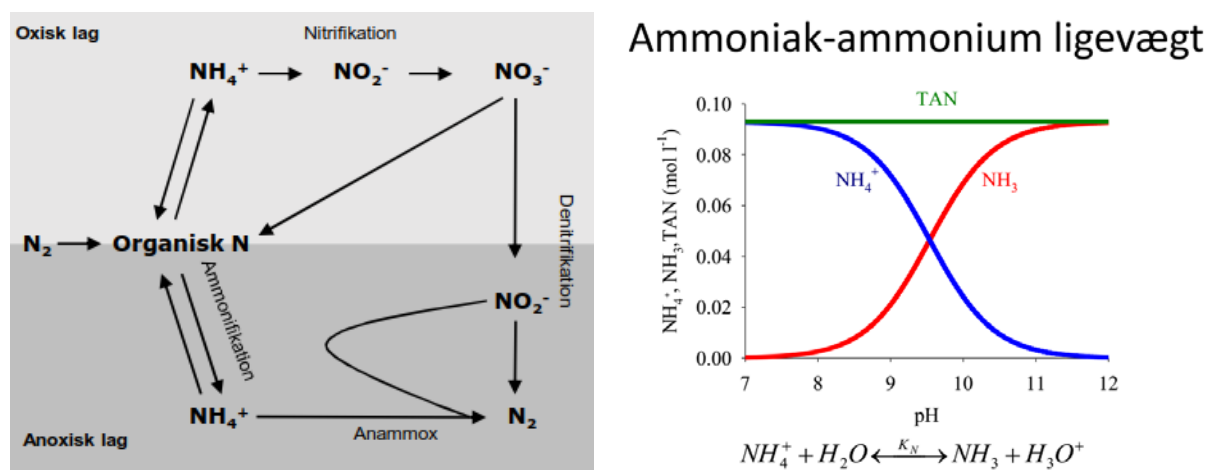


Sammen med de spildte ca. 780 ton N-16 urea-opløsning (uden inhibitor) udgør amid-N (urea) samlet 2.780 ton total-N eller ca. 58 % af den samlede spilmængde på ca. 4.800 ton.

### 3.1 Kvælstofkredsløbet

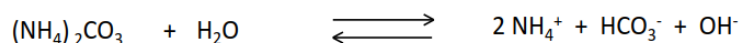
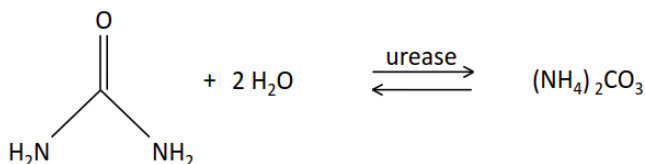
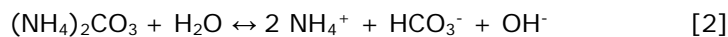
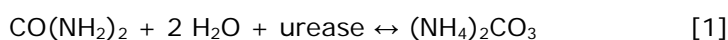
Viden om kvælstofkredsløbet og grundlaget for en databehandling af undersøgelsesresultaterne er blandt andet baseret på møder, samtaler, og granskning af videnskabelige og populære artikler samt lærebogsmateriale. Samarbejdet har omfattet forskere fra Københavns Universitet og Forskningscenter Foulum under Aarhus Universitet. Foulum har haft kapitel 1-9 til gennemsyn og kommentering. Der er desuden anvendt data fra Dansk Meteorologisk Institut (DMI) for regionerne Syd- og Sønderjylland samt Fyn /11/.

Der er fokuseret på processer relateret til gødningsvand spildt på overfladen af jord og/eller befæstede arealer samt processer i dybereliggende jordlag samt grundvandszonen.



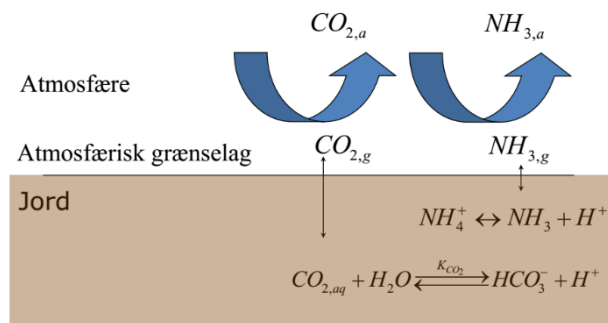
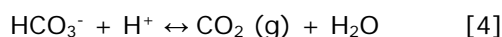
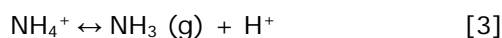
Figur 3.1 Kvælstofkredsløbet og ammoniak-ammonium ligevægten.

Som det fremgår af nedenstående ligevægte hydrolyseres urea under tilstedeværelse af det mikrobielt producerede enzym urease til ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) og hydrogencarbonat (også kaldet bikarbonat,  $\text{HCO}_3^-$ ) /4/, /5/, /6/:



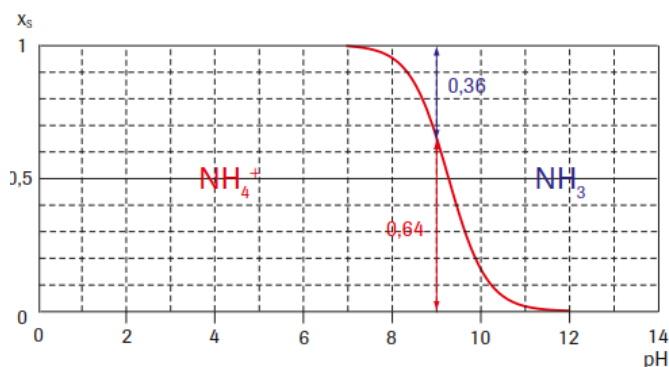
Processen foregår typisk på overfladen af fugtig jord, på planterester eller på levende plantemateriale /6/, og eftersom enzymet urease produceres af en række forskellige organismer i jorden, foregår omdannelsen af urea til ammonium og hydrogencarbonat relativt hurtigt /7/, /8/ med rater på 20-50 mg N/kg/h /15/.

Som det fremgår af reaktionsligning [2], medfører omdannelsen af urea en stigning i pH (i kraft af en stigende koncentration af  $\text{OH}^-$ ), afhængigt af jordens pH og bufferkapacitet /6/. Den ved reaktionsligning [2] dannede ammonium indgår i en pH- og temperaturafhængig ligevægt med ammoniak (se figur 3.1). Både ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) og hydrogencarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) indgår i ligevægt med gasser i atmosfæren, hvorfor der kan forekomme fordampning af ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) og kuldioxid ( $\text{CO}_2$ ) /6/, /9/:



Da kuldioxid ( $\text{CO}_2$ ) er 300 gange mindre vandopløseligt end ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), fordamper  $\text{CO}_2$  hurtigst af de to molekyler. Jf. reaktionsligning [4] og figuren, vil dette medføre en stigning i pH i kraft af et forbrug af  $\text{H}^+$ -ioner. Samlet set forskydes ligevægtene [3] og [4] mod højre, resulterende i en øget risiko for tab af ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) ved fordampning /6/. Jo højere pH, jo større fordampning /4/, /10/.

Forholdet mellem basen ammoniak og den korresponderende syre, ammonium, i en opløsning afhænger af pH og syrestyrkeeksponenten,  $\text{p}K_a$ , som for ammoniumionens vedkommende ligger på 9,24 /12/. Når pH har samme værdi som  $\text{p}K_a$ , er koncentrationerne af ammonium og ammoniak i opløsningen lige store, mens ammonium vil dominere ved lavere pH. Som tommelfingerregel vil der ved pH 8,24 være 90 % ammonium og 10 % ammoniak, mens der ved pH 10,24 vil være 10 % ammonium og 90 % ammoniak. Forholdet mellem syren (ammonium) og basen (ammoniak) som funktion af pH kan afbildes i et såkaldt Bjerrum-diagram (figur 3.2).



**Figur 3.2** Bjerrum-diagram for ammonium og ammoniak (Kristiansen og Cederberg, u.å.).

Sædvanligvis er pH-værdier omkring 7 mest relevante i forbindelse med jordbundskemi, men der er i jordprøverne udtaget på Fredericia Havn målt pH-værdier i intervallet 6,5-9,2 og visse steder helt op til 10. Som det fremgår af Bjerrum-diagrammet, vil der allerede ved pH-værdier omkring 8 være ammoniak i opløsningen, som potentielt kan afdampe. Der vil således i jord eller jordvæske, hvor der er målt pH-værdier over 8 være potentiale for afdampning af ammoniak. I takt med en fordampning af ammoniak kan pH falde grundet en forsurening, da der sker en forskydning af ligevægten mellem  $\text{NH}_4^+$  og  $\text{NH}_3$  i retning mod  $\text{NH}_4^+$ . Med andre ord fordamper der efterhånden mindre ammoniak /10/.

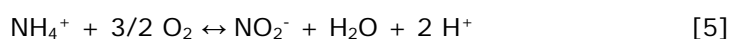
Generelt forventes øget fordampning ved en stor specifik overflade /4/, /8/, og risikoen for fordampning af kvælstof er således relateret til urea spredt på jordoverfladen fx ved udbringning af gødning i et tyndt lag på marker /8/, /10/.

Ammoniakfordampningen er typisk størst (meget stort, /4/) de første seks til 24 timer efter udbringning af urea, særligt på ubevokset jord, hvorefter omfanget af fordampningen aftager /4/. Således vil ca. halvdelen af den samlede ammoniakfordampning fra gylle udbragt på jordoverfladen/marker finde sted i løbet af de første 12 til 24 timer efter udbringning /4/. Noget tilsvarende kan formentlig forventes for gødningsspildet på Fredericia Havn. Forskellige faktorer har indflydelse på fordampningen af ammoniak fra urea, herunder temperatur, vindhastighed og nedbørsmængde.

Fordampningen af ammoniak fra urea stiger med stigende temperatur /4/, /9/, /10/, /13/, hvorfor fordampningen er større i sommerhalvåret end i vinterhalvåret /4/. Allerede ved lave temperaturer er der imidlertid risiko for en vis ammoniakfordampning fra urea /10/. Ammoniakfordampningen stiger med stigende vindhastighed /4/, /9/. De første seks dage efter spildet lå middelvindhastigheden i intervallet 5-10 m/s, hvorefter den faldt til under eller lige omkring 5 m/s /11/.

Da der kan forekomme store tab af kvælstof i form af ammoniak ved anvendelsen af urea som gødning i landbruget /13/, tilsættes sædvanligvis en urease-inhibitor, som nedsætter hastigheden, hvormed urea hydrolyseres til ammonium og hydrogencarbonat /9/. Eftersom der ikke er tilsat en sådan inhibitor til det spildte gødningsvand, forventes det, at i hvert fald en del af den spildte urea hurtigt er blevet omdannet til ammonium. Afdampningen i Fredericia forventes derfor at være markant højere end referencer med urea, N-16 og N-32 tilsat inhibitor. Der kan formentlig forventes en maksimal fordampning på 20-50 % af det tilførte kvælstof /8/, /10/.

Udover ligevægtene mellem urea, ammonium og ammoniak, er også processerne nitrifikation og denitrifikation væsentlige i kvælstofkredsløbet. Denitrifikation muliggøres af anaerobe forhold /7/. Nitrifikation er en iltforbrugende proces /7/, og er navnet på den biologiske proces ved hvilken ammonium (eller ammoniak) iltes over nitrit til nitrat /7/:



De to processer faciliteres blandt andet af to forskellige aerobe bakteriegrupper, hhv. *Nitrosomonas* [5] og *Nitrobacter* [6] /14/. Nitrifikation er således afhængig af tilstedeværelsen af ilt. Der kan forekomme afgrænsede anaerobe mikromiljøer i den umættede zone. Under anaerobe forhold foregår der denitrifikation, hvor blandt andet en anden gruppe af bakterier (*Pseudomonas*) kemisk reducerer nitrat til  $\text{N}_2\text{O}$  og  $\text{N}_2$ , der afgasser til atmosfæren /14/.

Både ammonium og nitrat kan optages af planterne eller immobiliseres af mikroorganismer. Derudover kan nitrat udvaskes til grundvandet, nitrat og ammonium kan udvaskes med overfladevand og  $\text{NH}_3$  og  $\text{N}_2$  kan afgasse til atmosfæren.

#### 4. Hændelsesforløb

Onsdag den 3. februar 2016 kollapsede tank 7 med et udslip af ca. 4.000 ton N-32 gødning. Tanken flækkede mod nord og N-32 gødningsvand strømmede ud i nordlig retning i form af en gødningsbølge på flere meters højde. Ved udstrømningen blev den tomme tank 12 ødelagt og endte på Strandvejen, se figur 4.1. Ved lækagen og udstrømningen blev tank 7 presset tilbage, således at tank 1, 2 og 3 med oplag af N-16 urea-opløsning ligeledes blev beskadiget. Fra tank 1-3 er der i alt udledt ca. 320 ton kvælstof i form af N-16 Urea-opløsning. Ved uheldet blev rørføringer til tank 4 beskadiget, hvilket medførte en udsivning af ca. 480 ton kvælstof fra tank 4 i form af N-16 urea-opløsning. Det samlede udslip er dermed opgjort til samlet ca. 4.800 ton total N.

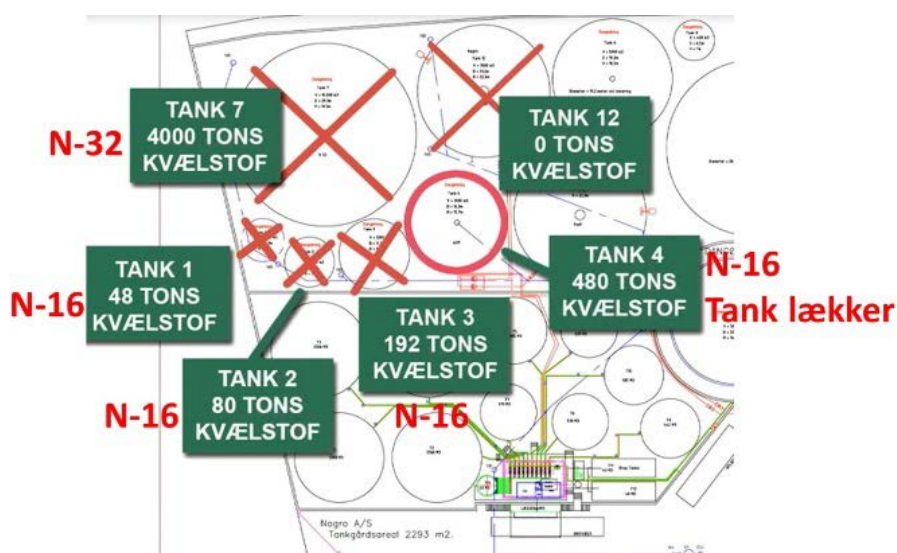


**Figur 4.1** Beskadigede tanke umiddelbart efter udslippet (tank 12 ligger på Strandvejen).



**Figur 4.2** Beskadigede tanke umiddelbart efter udslippet.

En oversigt og navngivning af de enkelte tanke fremgår bilag 4, og på nedenstående figur 4.3 er det angivet, hvilke af disse tanke, der var omfattet af kvælstofudslippet den 3. februar 2016.



**Figur 4.3** Tanke og lækkede mængder gødning.

Der er ved skaden ligeledes sket udledning af oplagret palmeolie (oplagret af Nagro A/S), hvilket er afrapporteret i en særskilt undersøgelsesrapport i henhold til det foreliggende påbud og undersøgelsesprogram.

Ved skaden er N-32 gødningsvand strømmet mod nord og dels afledt via grøften langs bane-dæmningen og dels reflekteret på baneskrænten. En illustration af N-32 udstrømningen er vist på nedenstående figur 4.4.



**Figur 4.4** Udstrømning af N-32 fra tank 7.



**Figur 4.5** Udstrømning af N-16 fra tank 1-3.

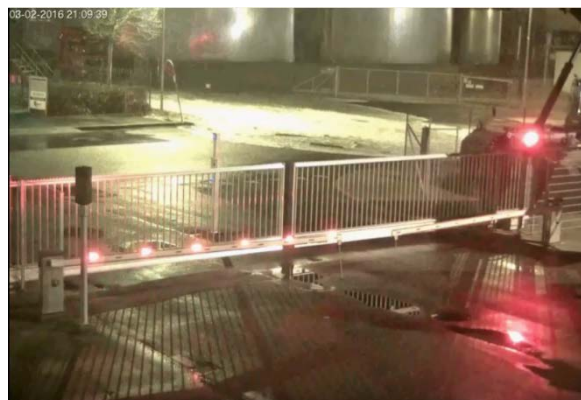
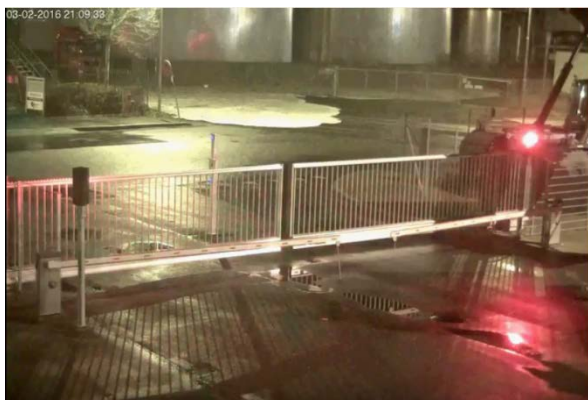
På figur 4.4 og 4.5 er det illustreret, hvorledes tank 7 blevet skubbet baglæns (sydøstlig retning) ved udstrømningen, således at tank 1-4 er beskadiget. Ved denne beskadigelse er der sket en udstrømning af N-16 gødning i primært sydlig til sydvestlig retning (figur 4.5).

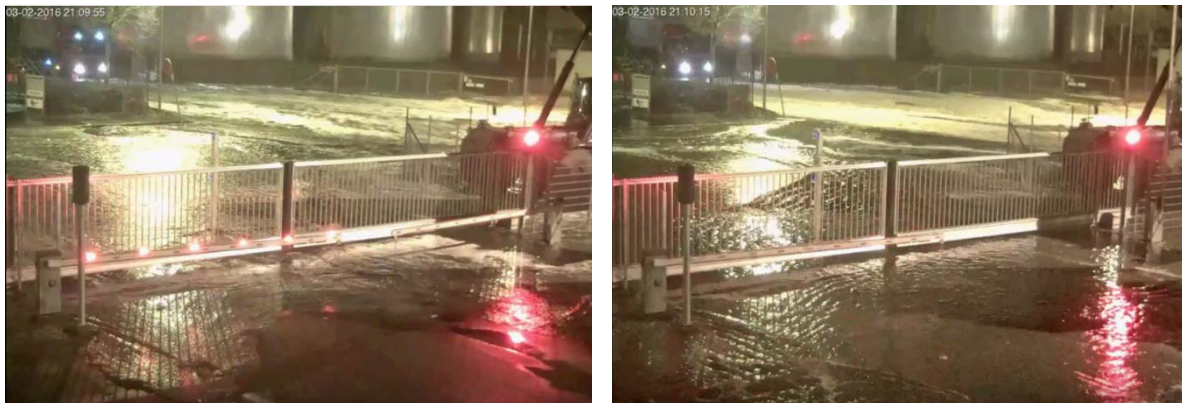
Af figur 4.6 og 4.7 ses hvordan gødningsvand ligger på arealerne ved Autohuset Vestergaard A/S dagen efter udslippet fandt sted.



**Figur 4.6 og 4.7** Spild på arealer v/Vestergaard Auto (Foto: Vestergaard Auto A/S, den 4. februar 2016).

Klip fra videomateriale fra havnens overvågningskameraer viser udstrømning mod kajkanten (samlet på figur 4.8).





**Figur 4.8** Udklip af optagelser fra et af APD's overvågningskameraer på Fredericia Havn (kilde: youtube.com).

På figur 4.9 og 4.10 ses det, hvordan gødningsvand også ligger langs banelegemet.



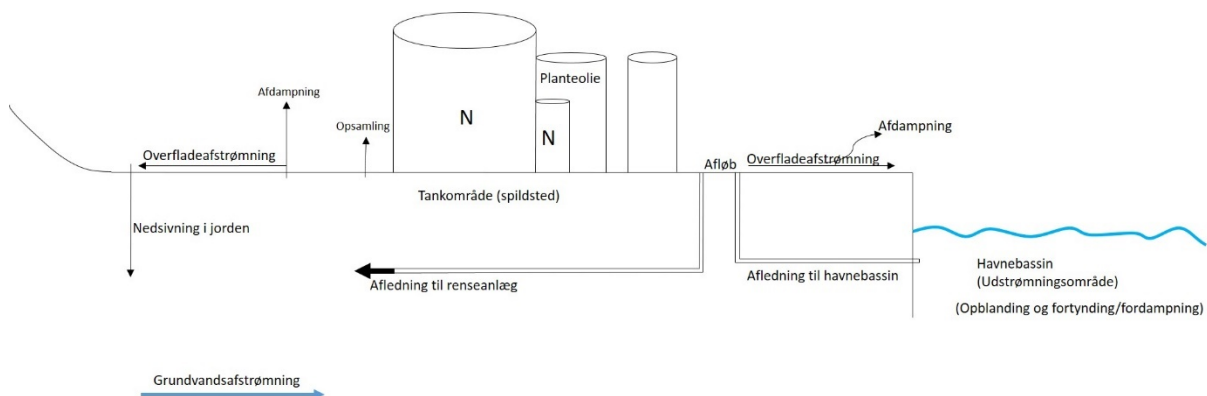
**Figur 4.9 og 4.10** Banelegemet langs med og sydøst for Strandvejen. Billederne er taget samme sted og mod NV fra Nyhavnvej.

På baggrund af observationer, foto- og videomateriale samt besigtigelser er der udarbejdet en situationsplan med den registrerede udbredelse af spildet med N-16 og N-32 gødning, se figur 4.11 (bilag 1.1). Den digitale højdemodel (bilag 1.5) viser endvidere de terrænmæssige forskelle på havneområdet, herunder de lavtliggende områder, hvor den flydende gødning har kunnet strømme passivt.



**Figur 4.11** Skønnet udbredelse af spild med N-16 og N-32 gødning (gul indramning).

På baggrund af hændelsesforløbet er der skitseret en konceptuel spredningsmodel (se figur 4.12). Modellen viser de potentielle spredningsveje ved skaden. Undersøgelserapporten fokuserer på udledning til jord og grundvand samt den dertilhørende risiko.



**Figur 4.12** Mulige spredningsveje for spildet af gødningsvand.

Nærværende undersøgelse er målrettet en kortlægning af gødning i jord og grundvand. Foreliggende oplysninger om gødningsmængder opsamlet ved den akutte indsats, afledt til kloak og renseanlæg samt fordampning er kort kommenteret.

#### *Gødning tilledt Fredericia centralreosanlæg og opsamlet fra spildområdet*

Ifølge skrivelse fra Fredericia Spildevand og Energi A/S dateret 7. april 2016 /17/ oplyses det, at de mængder, som blev tilledt, var så store, at bakterierne ikke var i stand til at omsætte. På centralreosanlægget måles indholdet af ammonium og nitrat løbende, og der blev påvist en faktor 10 højere end det normale indhold på 27 mg ammonium/l og 1,2 mg nitrat/l. Som det fremgår af notatet, er der tilledt 2.300 m<sup>3</sup> vand til sparebassinet, hvori der er målt et indhold på 262 mg ammonium/l og 111 mg nitrat/l. Til sammenligning indeholder N-32 gødning i ren form ca. 105.000 mg ammonium-N/l (105 kg/m<sup>3</sup>). Det påviste ekstraindhold af ammonium-N i de tilbageholdte 2.300 m<sup>3</sup> svarer derfor til en 400 gange fortyndet N-32 gødning.

Tilledningen til sparebassinet er påbegyndt kl. 23, med et flow på 2.300 – 4.600 m<sup>3</sup>/h, da det tager 30-60 min. at fylde de 2.300 m<sup>3</sup>.

Som det fremgår af kapitel 3 indeholder N-16 ikke ammonium og nitrat, men udelukkende kvælstof i form af amid-N. Det betyder, at de foreliggende analyser ikke vil detektere en tilledning af N-16 gødning, da dette betinger analyser for total-N, udover ammonium- og nitratmålingerne. Den påviste faktor 10 forøgelse af ammonium og nitrat antages derfor at være forårsaget af N-32 gødning, tilledt via riste langs bl.a. Strandvejen. Forøgelsen af ammonium og nitrat, differencen i forhold til normalen, kan beregnes til ca. 235 mg ammonium/l (= kg/m<sup>3</sup>) og ca. 110 mg nitrat-N/l (= kg/m<sup>3</sup>), hvilket medfører en samlet ekstramængde ammonium-N og nitrat-N i de 2.300 m<sup>3</sup> på henholdsvis 541 kg N og 253 kg N.

1 m<sup>3</sup> N-32 indeholder ca. 422 kg total N, hvoraf ammonium-N udgør ca. 25 % af kvælstofindholdet, dvs. 1 m<sup>3</sup> N-32 indeholder ca. 105 kg eller 0,105 ton ammonium-N. De 541 kg ammonium-N samlet i de 2.300 m<sup>3</sup>, kan dermed omregnes til at repræsentere ca. 5 m<sup>3</sup> ufortyndet N-32 eller ca. 2 ton total-N (inkl. amid-N).

Ifølge Fredericia Spildevand og Energi A/S er det beregnet, at der i dagene 4. og 5. februar 2016 blev udledt 4 ton urensset kvælstof gennem renseanlægget, hvor andelen af organisk kvælstof (amid-N) ikke indgår i beregningerne.

Trekantområdets Brandvæsen har overfor Fredericia Kommune oplyst, at de ikke har opsamlet og bortskaffet hverken gødning eller palmeolie /17/. Fredericia Kommune har efterfølgende indsamlet oplysninger om opsamlet gødning hos de virksomheder i området, som kommunen har kendskab til havde iværksat oprydning på deres ejendomme som følge af hændelsen den 3. februar 2016. Resultatet heraf er, at der samlet set er indsamlet og bortskaffet ca. 1.200 ton væske fra de berørte områder. Opgørelsen er baseret på oplysninger fra Autohuset Vestergaard A/S, shipping.dk, ADP A/S, Recover Nordic (opsamlet på havnearealer). Der foreligger ikke oplysninger om den totalt opsamlede kvælstofmængde. Af kommunens opgørelse fremgår ikke de 49 tons total-N, der er opsamlet i tankgården på Møllebugtvej 7.



## 5. Feltarbejde og prøveudtagning

Undersøgelingsprogrammet /2/ er baseret på en besigtigelse af tilgængelige arealer og de oplysninger, som DMR A/S har haft til rådighed om udslippet af flydende gødning, herunder om udslippets udbredelse og sammensætning. Undersøgelingsprogrammet /2/ er i henhold til det foreliggende påbud /1/ drøftet, revideret og godkendt ved Fredericia Kommune.

Indledningsvist blev området besigtiget med henblik på placering af borerne, ligesom adgangsvæje og -forhold blev noteret. LIFA A/S Landinspektører udførte i uge 30 og 31 afsætning af henholdsvis håndboringerne HB1-HB17 og de planlagte borer B1-B53.

Enkelte borer blev efterfølgende flyttet op til flere meter, blandt andet for at opretholde sikkerhedsafstand til ledninger i jorden. Samtlige udførte borer (B1-B56) er derfor efterfølgende GPS-indmålt i uge 40 efter de sidste borerers udførelse (målenøjagtighed på  $\pm 5$  cm). Borerne B7 og B8 var på indmålingstidspunktet dækket af jernplader, og vurderes af LIFA A/S at være genfundet indenfor ca. 0,5-1,0 m.

For at kunne fastlægge strømningsretningen med så stor præcision som muligt blev de 10 borer (B2, B5, B10, B24, B31, B33, B40, B42, B46 og B52), hvori der er installeret vandstandsloggere, desuden indmålt ved geometrisk nivellement (målenøjagtighed på  $\pm 1$  mm).

Koordinater er målt i koordinatsystemet UTM32 (euref89). Koter er bestemt i forhold til DVR90. Situationsplan med de indmålte borer (B1-B56) fremgår af bilag 1.2.

### 5.1 Udført feltarbejde

#### 5.1.1 Håndboringer

Den 19.-20. juli 2016 blev der udført 17 håndboringer (HB1-HB17). Håndboringerne HB1-HB6 er placeret med ca. 50 meters afstand i et ubefæstet område umiddelbart bag (nordvest for) Vestergaard Auto ("grøften"), mens HB7-HB17 er placeret i banelegemet i et ubefæstet område mellem Bitumenvej og Møllebugtvej, afgrænset af Depotvej i nordøst og Nyhavnvej i sydvest. Håndboringerne blev ført til 1 m u.t., og der blev fra hver boring udtaget to jordprøver til kemisk analyse. Der blev således udtaget en blandeprøve fra dybdeintervallet 0,1-0,5 m u.t. samt en jordprøve fra 1 m u.t. Dog blev der ikke udtaget en jordprøve fra 1 m u.t. i HB3. De indmålte borerers placering fremgår af situationsplanen i bilag 1.3.

#### 5.1.2 Miljøtekniske borer

Der er i perioden den 3.-10. august 2016 udført 53 uforedede miljøtekniske borer (B1-B53) med 6" sneglebor.

Hovedparten af borerne er placeret i ubefæstede arealer (fx jord, grus, græs og beplantning), men nogle borer er placeret i befæstede arealer (fliser, brosten, asfalt), blandt andet på grund af risiko for ledningsbeskadigelse.

Borerne er som udgangspunkt ført til 6 m u.t. med henblik på gennemboring af fyldlaget til overside af lavpermeable lag, og filtersat med  $\phi 63$  mm filter 0,5-6 m u.t. I forbindelse med borearbejdet var det dog ikke muligt at føre borerne B1 (til 4,5 m u.t.), B16 (3 m u.t.), B19 (2,5 m u.t.) og B23-B24 (5 m u.t.) til den planlagte dybde på grund af sten, og disse borer er filtersat fra 0,5 til borerens bund.

Der er den 27.-28. september 2016 udført fem supplerende borer med det formål at afgrænse spildet. De to af borerne (B39a og B43a) blev udført med henblik på vertikal afgrænsning af det målte indhold af kvælstof i henholdsvis boringen B39 og B43, og disse borer er begge udført med foring og ført til 10 m u.t. Borerne B54-B56 er udført med henblik på horisontal afgrænsning af spildet med palmeolie og kvælstof. Boring B54 og B56 (uforedede) blev ført til 6 m u.t. og filtersat 0,5-6 m u.t., mens boring B55 (foret) blev ført til 10 m u.t. Boreprofiler er vedlagt som bilag 7.

Borearbejdet blev udført af certificerede boreentreprenører med A-bevis (Bekendtgørelse nr. 1826 af 16. december 2015) og med miljøtilsyn ved DMR A/S.

Boringernes placering fremgår sammen med angivelse af områdets befæstelsestype af situationsplanen i bilag 1.4.

## **5.2 Prøveudtagning og vandspejlslogging**

Felt- og laboratoriarbejdet blev udført i henhold til DMR's kvalitetshåndbog og almene retningslinjer for branchen. Dansk Miljørådgivnings (DMR's) kvalitetsstyringssystem er certificeret i henhold til DS EN ISO 9001:2008.

### **5.2.1 Jordprøver**

I de udførte boringer blev der udtaget jordprøver i Rilsan-pose til PID-måling i DMR's laboratorium fra dybderne 0,2 m u.t., 0,5 m u.t. og derefter for hver halve meter til bund af boringen. Der blev i felten foretaget en geologisk beskrivelse og en vurdering af eventuelt indhold af forurening ud fra jordens udseende og lugt. På baggrund af feltobservationer og PID-målinger blev jordprøver til analyse udvalgt til analyse. Endvidere blev der udtaget jordprøver i redcap-glas med tætsluttende låg til eventuel senere kemisk analyse.

Alle jordprøver opbevares på køl i redcap-glas med tætsluttende låg i mindst 6 mdr. hos analyselaboratoriet med henblik på udførelse af eventuelt supplerende analyser. Endelig er der udtaget jordprøver fra boring B55 til bestemmelse af kornstørrelsen til brug for bestemmelse af den hydrauliske ledningsevne (k) og dermed flux.

### **5.2.2 Vandprøver**

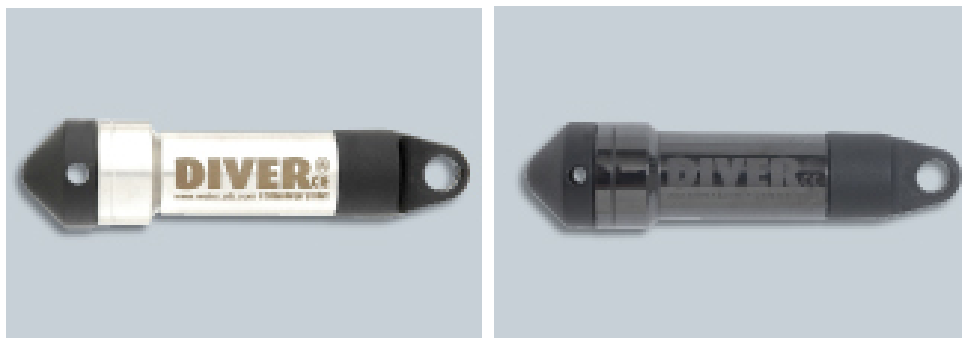
Grundvandsprøver fra filtrene i boring B1-B53 blev udtaget den 2. og 5. september 2016, og fra boring B54-B56 den 3. oktober 2016. Prøverne blev udtaget med whalepumpe efter forpumpning. Data vedrørende prøveudtagningen, herunder pejleresultater og målinger af ledningsevne, ilt, pH og temperatur, er vedlagt i bilag 8.

### **5.2.3 Vandstandslogging**

Med det formål at kortlægge strømningsforholdene, blev der den 12. august 2016 installeret vandstandsloggere (divere) af typen MiniDiver og CeraDiver fra ROTEK A/S (figur 5.1) i 10 filtersatte boringer (B2, B5, B10, B24, B31, B33, B40, B42, B46 og B52), som er fordelt over hele projektområdet, dog med særlig fokus omkring spildområdet. Desuden blev der installeret en CeraDiver yderst på molen (kaj 23) i Møllebugthavnen til måling af vandstandsændringer i havnebassinet. Denne diver var placeret i et plasticrør fastspændt til molen. Plasticrøret har i en periode kun været fastgjort i et punkt, indtil det den 5. oktober 2016 blev fastgjort af ADP A/S. Dette vurderes ikke at have haft større betydning for resultatet af datalogningen. Diverne er placeret i grundvandet, hvor de foretager kontinuerlige målinger af vandspejlsniveau ved at måle vandtrykket ved en indbygget tryksensor.

For at kunne korrigere for det tryk som det atmosfæriske tryk (barometertryk) påfører vandspejlet, er der endvidere ophængt en BaroDiver (MiniDiver i luftmedium) på havneområdet. Kompensation for barometertryk er efterfølgende beregnet i softwaren Diver-Office 2016. De kompenserede værdier er relateret til de indmålte koter for toppen af boringerne (referencepunkt).

Dataloggerne er indstillet til at logge data for hvert 30. minut, og er senest tappet for data den 14. oktober 2016. Datalogningen fortsætter indtil videre med henblik på kortlægning af eventuelle årstidsvariationer i strømningsforholdene. Resultaterne er brugt til at fastlægge en strømningsretning i det terrænnære grundvand, hvilket tidligere har været udfordret på grund af et uensartet vandspejlsniveau, formentlig som følge af påvirkning fra dræn og vandstandsvariationer i havet /20/.



**Figur 5.1** Vandstandsloggere af typen MiniDiver (venstre) og CeraDiver (højre).

### 5.3 Analyseprogram

#### 5.3.1 Jordanalyser

Jordprøver udtaget i Rilsan-posere blev tempereret i ca. 18-24 timer ved rumtemperatur, hvorefter der blev foretaget PID-måling på prøverne. Der blev anvendt en PID-måler af mærket Mini Rae Lite, som var kalibreret med en 100 ppm isobuthylengasblanding. Det højeste udslag blev noteret. PID-målingen giver et mål for jordens indhold af flygtige gasser som ammoniak, jf. det godkendte undersøgelsesoplæg /2/. PID-udslag på 1-5 kan dog skyldes jordens naturlige indhold af organisk stof. PID-resultater fra de udførte boringer fremgår af boreprofilerne i bilag 6.

På baggrund af feltobservationer, geologisk bedømmelse af samtlige jordprøver samt PID-målinger blev jordprøver udvalgt til kemisk analyse.

Da det spildte gødningsvand bestod af en blanding af urea og uorganisk kvælstof i form af  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  og  $\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-$ , er det i analyseprogrammet valgt, at jordprøver analyseres for nitrit-nitrat, ammonium-/ammoniak-N og total-N (Eurofins Miljø A/S tilbyder ikke urea-analyser på jordprøver). Derudover er pH medtaget i analysepakken, da pH er en vigtig parameter i forhold til at beskrive, hvilken form kvælstof befinder sig på. Endelig er der for udvalgte jordprøver lavet glødetabsmålinger for at få et mål for indholdet af organisk stof. Udvalgte jordprøver er desuden analyseret for kulbrinter.

#### 5.3.2 Vandanalyser

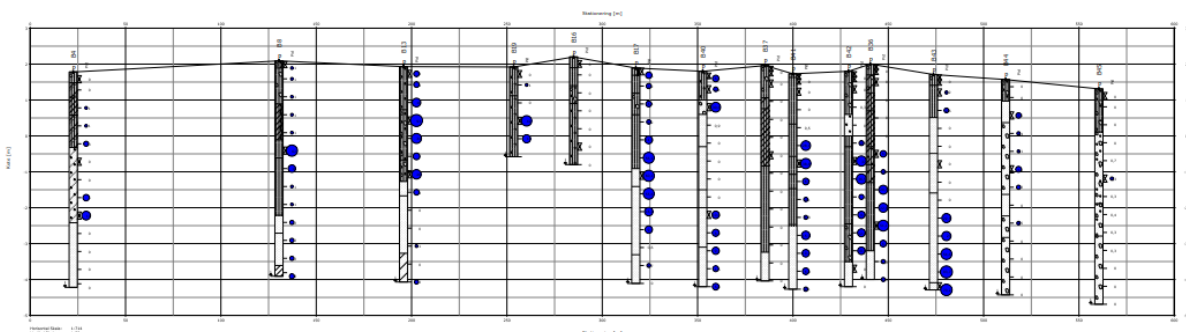
Grundvandprøver analyseres for nitrit, nitrat, ammonium-/ammoniak-N, total-N og pH. Derudover er udvalgte vandprøver analyseret for urea.

#### 5.3.3 Kornstørrelsesfordeling

Kornstørrelsesfordeling er udført af DMR Geoteknik A/S på jordprøver fra boring B55 jf. Laboratoriehåndbogen, dgf-bulletin 15, dec. 2001.

## 6. Geologi, hydrogeologi og overfladevand

På baggrund af lokale data fra den netop gennemførte undersøgelse (bilag 7) samt regionale boredata fra eksempelvis Jupiter (GEUS' landsdækkende database), er der i det følgende udarbejdet en beskrivelse af de geologiske og hydrogeologiske forhold. Beskrivelsen har blandt andet gjort brug af geologiske snit fra programmet GeoGIS2020. Et eksempel på det er vist i figur 6.1.



Figur 6.1 Eksempel på geologisk snit fra GeoGIS2020.

### 6.1 Geologi

Området øst for Strandvejen er relativt fladt med DVR90 koter i omegnen af +2 m. Veje er typisk beliggende i lavere niveau end de omkringliggende arealer. Vest for Strandvejen er terrænet relativt fladt. Mod nordvest afgrænses undersøgelsesområdet af en kraftig stigning i terrænet ved den gamle kystklint, hvor terrænet stiger til DVR90 kote +10 til +18. Umiddelbart nedenfor kystklinten er stedvist en lavning med DVR90 koter på +1,5.

De geologiske forhold i undersøgelsesområdet kan simplificeres til et højtliggende sandlag og underliggende og ældre lag primært bestående af ler.

#### Øvre Sandlag

Generelt træffes overvejende sand i de øverste 6 m. Sandet varierer i kornstørrelse, dog med hyppig forekomst af mellemkornet sand.

Sandet er blandt andet fyldsand, da arealet syd for Strandvejen er indvundet, det vil sige opfyldt med blandt andet indpumpet havsand (og stedvist også grus). Da dette fyldsand stammer fra havet, er grænsen til det underliggende postglaciale havaflejrrede sand svær at identificere. Det vurderes dog, at fyldsandet andrager tykkelser fra ca. 1 m til over 5 m, og udgør dermed de primære aflejringer i de påvirkede jordlag. Det postglaciale marine sand er ligesom det overliggende fyldsand varierende i kornstørrelse og grusindhold, men dog med et gennemgående indhold af mellemkornet sand.

Der er ved sigteanalyser påvist en hydraulisk ledningsevne,  $k$ , på  $6-7 \cdot 10^{-4}$  m/s i det trufne postglaciale sand. Det skønnes, at værdien for det trufne fyldsand, hvor dette består af indpumpet havsand, er i samme størrelsesorden.

I det trufne fyldsand er der varierende forekomster af lag med lavere permeabilitet, primært lerlag (med påvist  $k = 2 \cdot 10^{-8}$  m/s) og lerede sandlag. I det postglaciale sand findes lokalt lavpermeable gytjelage (med påvist  $k = 2 \cdot 10^{-8}$  m/s), der forekommer relativt vilkårligt. Der er stedvist truffet gytjelag op til ca. 2 m tykkelse (bl.a. DGU-nr. 125.591)

I mange af undersøgelsesboringerne er de postglaciale marine lag ikke gennemboret, særligt i undersøgelsesområdets østlige del, således at de postglaciale marine aflejrings undergrænse i dette område ligger dybere end kote ca. -2 (4 m u. t.). De postglaciale lag kiler ud ved den

gamle kystklint (mod nordvest) og forsvinder for foden af kystklingen tæt på terræn. Langs den gamle kystklint er der truffet lag tolket som postglaciale ferskvands-, skred- og nedskyldsaflejringer af postglacial alder (B52, understøttes af eksisterende boringer fra GEUS' borearkiv).

#### *Underliggende ældre lag*

Under de permeable sandlag træffes tertiære aflejringer primært bestående af ler og siltet sand. De tertiære aflejringer ligger højest tættest på kystklingen og falder således mod Lillebælt, hvor de tertiære lag ikke mødes i et stort antal boringer med bund i kote ca. -2 til -3 (4–5 m u. t.) i den østlige dele af undersøgelsesområdet.

De tertiære aflejringer træffes i flere boringer i den centrale og nordlige del af undersøgelsesområdet, og dybere boringer fra GEUS' Jupiterdatabase møder også tertiære lag i undersøgelsesområdets østlige del. De tertiære lag udgøres typisk af Miocæn glimmerler og –sand (siltet) underlejret af Eocæn Lillebæltssler, der træffes i enkelte boringer i kote ca. -13 m (15 m u. t.). I den vestligste del af undersøgelsesområdet udgøres overfladen af Tertiæret i et par boringer af såkaldt "Søvind Mergel" af Eocæn alder.

Der er i undersøgelsesboringerne, såvel som i de eksisterende boringer på området, kun mødt ganske få indslag af glacielle aflejringer. I boring DGU-nr. 125.591 og 125.981 i områdets østlige del, er der truffet glacielle lag af moræneler og smeltevandssand over de tertiære lag. De postglacielle aflejringer hviler således typisk direkte på tertiære aflejringer. De tertiære lags overflade er ved kystklingen i vest typisk beliggende i ca. kote 0 (2 m u. t.) og falder mod sydøst for centralt i undersøgelsesområdet at ligge i kote -2 til -4 m (4 – 6 m u. t.) og i den østligste del af undersøgelsesområdet i kote -8 til -9 m (10 – 11 m u. t.) Der er ved sigteanalyser påvist en hydraulisk ledningsevne,  $k$ , på  $5 \cdot 10^{-6}$  m/s i det trufne siltholdige glimmersand. Den hydrauliske ledningsevne i de tertiære lerlag er ikke påvist, men vurderes at være betragteligt lavere end for glimmersand.

## **6.2 Hydrogeologi**

Der er efterpejlet i undersøgelsesboringerne ca. 2 måneder efter borearbejdets afslutning, dog væsentligt kortere tid for de supplerende boringer. Det sekundære vandspejl er ved efterpejlingerne truffet i kote -0,3 til +1,7 m. Vandspejlsobservationerne er beliggende højest i området ved den gamle kystklint og falder generelt mod Lillebælt.

Niveauet af det sekundære grundvandsspejl i undersøgelsesområdet er afhængig af årstid, nedbør og vandstandsvariationerne i Lillebælt. Sidstnævnte påvirkes af niveauet for almindeligt tidevand, 0,2 til 0,4 m ifølge /11/, samt lokale og regionale forhold for vindstuvning, strømning mv. Der er ingen grundvandsinteresser eller almene vandforsyninger inden for mere end 2 km fra spildområdet. Nærmeste målsatte recipient er Lillebælt, som er beliggende umiddelbart sydøst for spildområdet. Spildområdet er beliggende i et område med begrænsede drikkevandsinteresser (OBD). Nærmeste område med særlige drikkevandsinteresser (OSD) ligger mere end 4 km mod vest.

Da de postglacielle aflejringer altovervejende består af sand forventes høj permeabilitet. De indlejrede gytjelag er lavpermeable og der kan forventes lokale vandspejl beliggende over disse lag. De øverste tertiære lag består primært af glimmerler og glimmersand. Glimmerleret er i sig selv lavpermeabelt, men er ofte med silt- og finsandsslirer, der selvsagt øger permeabiliteten. Det trufne glimmersand er permeabelt, men indeholder typisk silt og evt. ler, der nedsætter permeabiliteten i forhold til det trufne postglacielle sand.

## **6.3 Overfladevand**

Spildområdet er beliggende på Fredericia Havn, der ligger helt ned til Lillebælt, der er målsat kystvand.

## 7. Resultater – kontrolleret forsøg med urea, N-16 og N-32

Ved skaden den 3. februar 2016 strømmede N-16 og N-32 gødning ud over befæstede og ubefæstede arealer. Som det fremgår af kapitel 3 er N-16 gødning en ren vandig opløsning af urea, og kvælstofindholdet er udelukkende amid-N. N-16 gødning indeholder dermed ikke ammoniak-ammonium eller nitrit-nitrat. N-32 gødning er en N-16 gødning, der er tilsat 7,9 % ammonium-N og 7,9 % nitrat-N, dvs. et samlet kvælstofindhold på ca. 32 % (deraf nævnet N-32 gødning), hvor organisk kvælstof i form af urea (amid-N) udgør 16 %. Indholdet af ammoniak-ammonium i jordprøver afspejler hydrolysen af urea via enzymet urease. Omdannelsen af urea kan medføre en stigning i pH (i kraft af en stigende koncentration af OH<sup>-</sup>), jf. afsnit 3.1, afhængigt af jordens pH og bufferkapacitet /6/.

En omsætning (hydrolyse) af urea har påvirket forureningsbilledet fra skadestidspunktet den 3. februar og til jord- og vandprøver er udtaget til analyse i bl.a. marts og august til oktober måned.

### 7.1 Jordprøver udtaget den 7. marts 2016 ifm. påbud

Som det fremgår af undersøgelsespåbuddet /1/ har Fredericia Kommune udtaget 4 jordprøver til fastsættelse af forureningsniveauet i jorden (se tabel 7.1). Prøverne 1-4 er udtaget i områder, hvor der forventes at forekomme forurening med kvælstof som følge af udledningen. Af undersøgelsespåbuddets bilag fremgår det, at jordprøverne er udtaget den 7. marts 2016. De 4 forurenede jordprøver er ifølge DMR's oplysninger de første jordprøver, der er udtaget og analyseret efter skaden, selvom jordprøverne dermed er udtaget 33 dage efter skaden er sket.

Alle jordprøver er udtaget i en dybde af 0 – 0,15 meter under terræn (m u.t.), hvor jordprøve 1-2 er udtaget i grøften beliggende nord for Strandvejen, hvor en stor mængde N-32-gødning blev tilledt og nedsivet. Jordprøve 3 og 4 er udtaget ved Bitumenvej på ubefæstede arealer, hvor påvirkningen forventes at være høj. Analyserapporter fremgår af undersøgelsespåbuddet /1/ og er gengivet nedenfor.

Parameter	Enhed	Prøve 1	Prøve 2	Prøve 3	Prøve 4
Tørstof	%	59	80	79	81
Total-N	mg/kg TS	2.200	1.800	2.000	1.200
Ammoniak+ammonium-N	mg/kg TS	1.300	1.000	520	440
Nitrit+nitrat-N	mg/kg TS	320	84	24	16
Organisk-N (beregnet)	mg/kg TS	580	716	1.456	744

Tabel 7.1 Analyseresultater i de 4 påvirkede jordprøver udtaget 0–0,15 m u.t.

Som det fremgår af analyserapporterne er der i de 4 jordprøver påvist et indhold af total-N fra 1.200-2.200 mg/kg TS med et gennemsnitlig indhold af total-N på 1.800 mg/kg TS. Det højeste indhold er påvist i grøften ved jordprøve 1, hvor der endvidere er et lavt tørstofindhold (højt vandindhold).

De påviste koncentrationer i prøve 4 er under baggrunds niveauet for total-N, hvorimod prøve 1-3 er overskrider baggrunds niveauet af total-N med en faktor 0,6 til 1,7. Indholdet af ammonium-ammoniak er til gengæld en faktor ca. 90 til 260 over indholdet af uorganisk kvælstof i baggrundsprøve 5. Det høje indhold af ammonium-ammoniak vurderes at være resultatet af en hydrolyse af urea. pH fremgår ikke af analyserapporten, men det forventes at pH i jordprøve 1-4 er højere end jordprøve 5. En højere pH vil øge fordampningen af ammoniak, selvom ammoniakfordampningen teoretisk bør begrænse en pH-stigning, se kapitel 3.

Det har ikke været muligt at måle urea i jordprøver, men urea (amid-N) kan skønnes ud fra forskellen i total-N og uorganisk kvælstof, hvilket medfører et indhold af organisk kvælstof som urea i jordprøve 1-4 på 580-1.456 mg amid-N/kg TS.

Da de ovennævnte jordprøver er udtaget 33 dage efter skaden, vurderes det ikke at repræsentere start- og max. koncentrationer af gødning i jorden umiddelbart efter skaden. For at belyse startkoncentrationer af total-N, ammoniak-ammonium samt nitrit-nitrat ved udledning af N-16 og N-32 på Fredericia Havn, er der udført småskalaforsøg ved DMR i Kolding.

## 7.2 Forsøgsopstilling

Ved DMR's laboratorium i Kolding er der foretaget kontrollerede jordforsøg. Hvert jordforsøg er udført i plasticbatter på 60 liter, hvor rent og ikke-påvirket topjord er pakket i batterne, således at hver kasse har indeholdt 44 liter jord eller ca. 25 kg jord. Jorden er opbygget og komprimeret i batterne med en ønsket massefylde på ca. 1,8 kg/l og en skønnet porøsitet på 0,3-0,4.

Hver kasse er etableret med ø63 mm filterrør med henblik på mulighed for pejling af vandstand i batterne samt eventuelle kontrolmålinger i vandfasen (ikke udført). Alle forsøg er udført som trippelforsøg, dvs. 3 identiske forsøg for hver af gødningstyperne N-16, N-32 og urea-opløsning (produceret af urea-granulat inden forsøget). Forsøgsdata er angivet i tabel 7.2.

Parameter	Forsøgsserie		
	Opløst urea-granulat A1-A3	N-16 (urea) B1-B3	N-32 (urea + tilsat) C1-C3
Volumen	44 l	44 l	44 l
Jordmængde	ca. 25 kg	ca. 25 kg	ca. 25 kg
Porøsitet	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4
Gødningsform	opløst urea granulat	N-16	N-32
Startdato	26.09.2016	19.09.2016	19.09.2016
Tilsat mængde, væske	5 liter	5 liter	5 liter

**Tabel 7.2** Data for batch jordforsøg.

Forsøgene er gennemført udendørs i en lukket og overdækket varegård, og jordprøverne har derfor ikke været udsat for nedbør og udvaskning. Da forsøgene gennemføres i batch, kan der ikke ske en fortynding eller udvaskning af tilført gødning. Der er periodisk udtaget jordprøver til akkrediteret analyse for pH, tørstof, glødetab på tørstof, total-N, ammoniak-ammonium-N og nitrit-nitrat-N. Udvalgte foto fremgår nedenfor (figur 7.1-7.4).



**Figur 7.1** Foto af forsøgsopstilling B1-B3 (N-16 gødning) med filterrør



**Figur 7.2** Mætning af batter og jord med gødningsvand (A1-A3).



**Figur 7.3** Udleveret N-32, N-16 og urea-granulat fra Dan Gødning A/S.



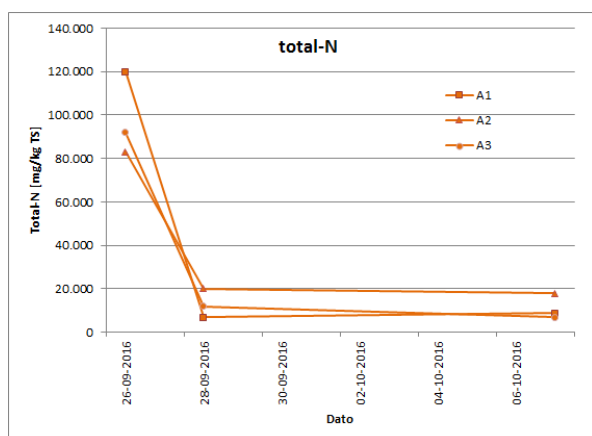
**Figur 7.4** Forsøgsopstilling A1-A3, B1-B3 og C1-C3.

Som det fremgår af figur 7.2 blev batchforsøg og jordoverflader mættet med 5 liter gødningsvand, som inden for 5-20 min. infiltrerede jordlagene. I forsøgs-kassernes bund står der ca. 5 cm frit gødningsvand, hvilket vurderes at udgøre ca. 3-4 liter. Under forsøgene er mængden af "frit" gødningsvand aftaget grundet fordampning. Alle jordprøver er udtaget som blandeprøver fra de øverst 20 cm af jordlagene i forsøgs-kasse A-C. De første jordprøver er udtaget mindst 2 timer efter endt infiltration, dvs. startkoncentrationerne repræsenterer afdrænet jord.

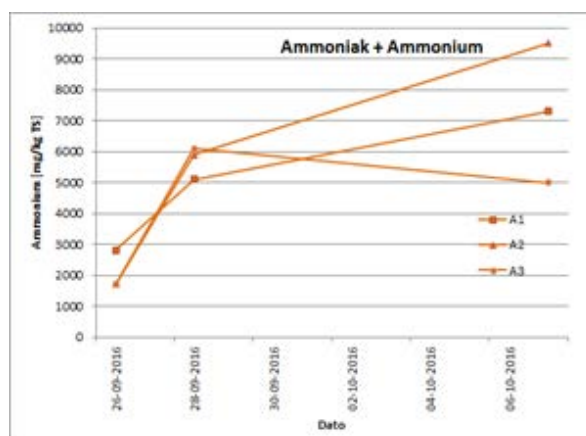
Med den valgte forsøgsopstilling vurderes ændringer i indhold af total-N, ammoniak-ammonium og nitrit-nitrat at kunne dokumenteres. Målet er via de simple forsøg at få et niveau for den reelle fordampning og omsætning af gødningsstoffer ved udslippet fra Dan Gødning A/S. Forsøgene er udført over en periode på ca. 6 uger fra september til oktober 2016. Fra skaden i februar 2016 og frem til undersøgelserne blev påbegyndt i august 2016 er der gået ca. 6 måneder eller minimum 180 dage.

### 7.3 Resultater fra forsøgsserie A1-A3, vandopløst urea granulat

Forsøget er påbegyndt den 26. september 2016. Startkoncentrationen af total-N i afdrænet jord er analyseret til 83.000-120.000 mg/kg TS. Der er udtaget jordprøver fra forsøgsserie A1-A3 efter 0, 2 og 11 dage. Forsøgene og prøvetagning samt analyse pågår fortsat, men analysetiden har medført, at flere data ikke kan medtages i denne rapport. Analyseresultater er vedlagt som bilag 6 og er illustreret for total-N og ammoniak-ammonium nedenfor på figur 7.5 og 7.6.



**Figur 7.5** Indhold af total-N i jordprøver fra forsøgsserie A1-A3.



**Figur 7.6** Indhold af ammoniak-ammonium i jordprøver fra forsøgsserie A1-A3.

Jordprøver til bestemmelse af startkoncentrationer er udtaget den 26. september 2016 ca. 120 min. efter gødningen er tilsat. Prøverne betragtes som repræsentative for forsøgets start. Jordprøver er afsendt til det akkrediterede laboratorium Eurofins i poser og glas, hvor de typisk inden for 48 timer er sat i analyse og ekstraktion. Som det fremgår af figur 7.5 og 7.6 er der i denne periode allerede sket en markant hydrolyse af urea, da der i prøve A1-A3 er påvist



indhold af ammoniak-ammonium på 1.700-2.800 mg-N/kg TS, hvilket er markant over baggrunds niveauet på maksimalt 15 mg/kg TS. Dette forhold indikerer en høj hydrolyse af urea via jordbakterier og enzymet urease, selv i dokumenteret "ikke-påvirket" overfladejord. Forsøgene er udført med rent muldjord fra et udyrket ikke kortlagt areal ved Kokbjerg 14.

Som det fremgår af figur 7.5. falder indholdet af total-N drastisk de første 2 døgn (den 28. september 2016). I løbet af de to døgn er indholdet af total-N reduceret med 76-94 %. Derimod stiger indholdet ammoniak-ammonium til 5.100-6.100 mg/kg TS. Stigningen afspejles blandt andet i en fordampning af ammoniak, hvilket konstateres som ammoniaklugt ved forsøgsserierne.

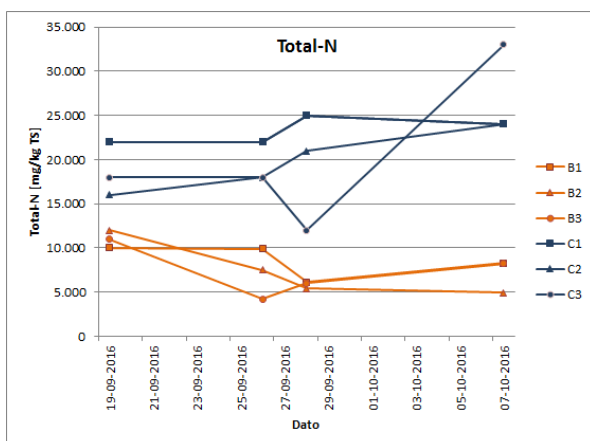
I takt med fordampningen af basen ammoniak sker der imidlertid en forsuring, hvilket bør medføre en forskydning af ligevægten mellem  $\text{NH}_4^+$  og  $\text{NH}_3$  i retning mod  $\text{NH}_4^+$ . Uagtet denne hypotese er der i jordprøverne fra A1-A3 påvist en høj pH på 8,7-9,1, hvilket er tæt på ligevægtens syrestyrkeeksponent,  $\text{pK}_a$  på 9,24. Når pH har samme værdi som  $\text{pK}_a$ , er koncentrationerne af ammonium og ammoniak i opløsningen lige store. Jo højere pH, jo større fordampning /4/, /10/.

Indholdet af ammoniak-ammonium stiger fortsat efter 11 dage og pH øges til 9,0-9,2 samtidig med, at indholdet af total-N er faldet til 6.800-18.000 mg/kg TS. Dette indikerer en høj hydrolyse af urea og fordampning inden for 2 uger. Det stemmer godt overens med øvrige erfaringer, hvor der ved udbringning af urea forventes en høj ammoniakfordampning de første 6 til 24 timer efter selve udbringningen, særligt på ubevokset jord /4/. Herefter aftager omfanget typisk og således vil minimum 50 % af den samlede ammoniakfordampning fra fx gylle udbragt på jordoverfladen finde sted i løbet af de første 12 til 24 timer efter udbringning /4/.

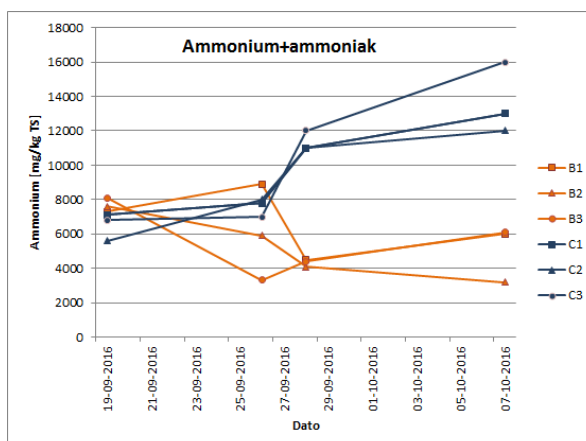
Forsøgsserie A1-A3 dokumenterer, at en hydrolyse af ren urea er meget høj (76-94 %) de første døgn, ligesom der pågår en høj fordampning af ammoniak. Det gennemsnitlige restindhold er efter 2 døgn analyseret til 13.000 mg total-N/kg TS, svarende til ca. 10-15 % af startkoncentrationen af total-N, hvilket stort set fastholdes i den resterende forsøgsperiode.

#### 7.4 Resultater fra forsøgsserie B1-B3 (N-16) og C1-C3 (N-32)

De to trippelforsøg med N-16 og N-32 gødning er påbegyndt den 19. september 2016 og omfatter fire monitoringsrunder, hvor jordrøver er udtaget efter 0, 7, 9 og 18 dage. Forsøgene og prøvetagning samt analyse pågår fortsat, men analysetiden har medført at flere data ikke kan medtages i denne rapport. Analyseresultater er vedlagt som bilag 6 og er illustreret for henholdsvis total-N og ammoniak-ammonium nedenfor på figur 7.7 og 7.8.



Figur 7.7 Indhold af total-N i jordprøver fra forsøgsserie B1-B3 (N-16) og C1-C3 (N-32).



Figur 7.8 Indhold af ammoniak-ammonium i jordprøver fra forsøgsserie B1-B3 (N-16) og C1-C3 (N-32).

De gennemsnitlige startkoncentrationer af N-16 og N-32 ved forsøgets start den 19. september er målt til henholdsvis 11.000 mg-N/kg TS (B1-B3, N-16) og 18.000 mg-N/kg TS (C1-C3, N-32). Disse værdier antages at være det bedste bud på maksimale koncentrationer i afdrænet overfladejord tilledt N-16 og N-32 gødning, som på havnen i Fredericia.

Analog til forsøgsserie A1-A3 ses der også i forsøgsserien B1-B3 med N-16 (ren urea, amid-N) et højt indhold af ammoniak-ammonium selv ved "dag 0" på 7.667 mg/kg TS, selvom N-16 ikke indeholder ammoniak-ammonium i opløst/ren form, hvilket må skyldes hydrolyse i prøveglassene inden analyse.

I N-32 forventes et indhold af ammoniak-ammonium ved "dag 0", da N-32 indeholder 25 % ammonium ud af det samlede kvælstofindhold. Uagtet dette startindhold er det analyserede indhold af ammonium- ammoniak i forsøgsserie C1-C3 (N-32) 6.500 mg/kg TS, hvilket er mindre end den rene urea-opløsning i N-16. Dette forhold dokumenterer en høj hydrolyse af urea i både N-16 og N-32, ligesom et højere pH indhold i B1-B3 øger ammoniakfordampningen og reducere ammoniakfordampningen ved N32 gødningen.

Det er velkendt, at tabet via ammoniakfordampning ved kontakt med jord er væsentligt lavere fra N36 (urea + ammonium og nitrat end fra en ren urea opløsning (N-16, urea-opløsning) grundet pH-forholdene /4/. Tilstedeværelsen af nitrat reducerer pH, fordi der dannes syre /4/. Som det fremgår af kapitel 3 er pH i N-16 oplyst til 8,5 og pH i N-32 gødning er 6,5-7,5 (neutral).

I forsøgsserie C1-C3 (N-32) stiger hydrolysen og dermed andelen af ammoniak-ammonium i gennem forsøgsperioden, men pH er forholdsvis konstant omkring 8,7-8,8.

Indholdet af nitrit-nitrat er dog generelt lavt i A1-A3 (urea) og B1-B3 (N-16) i forsøgsperioden, hvilket kunne indikere, at nitrifikationsprocessen forløber langsomt, men det kunne omvendt også indikere et højt forbrug af nitrit-nitrat på grund af denitrifikation, hvor nitrit-nitrat reduceres til N<sub>2</sub>, som afdamper til atmosfæren /14/. I forsøgsserie C1-C3 er der påvist et signifikant indhold af nitrit-nitrat, hvilket også er forventelig, da netop nitrat-N udgør 25% af den samlede kvælstofmængde i N32.

Ud fra de foreliggende undersøgelsesdata vurderes den initiale jordkoncentration af total-N ved udledning af N16 og N32 gødning til jord (efter nedsivning) at være i størrelsesordenen 11.000-18.000 mg-N/kg TS.

## 8. Resultater af de udførte feltundersøgelser

I dette kapitel redegøres for resultaterne fra den udførte undersøgelse, der har omfattet 17 håndboringer og 56 miljøtekniske boringer til afgrænsning af gødningsvandets udbredelse. Boringerne placering fremgår af nedenstående situationsplan (figur 8.1) samt bilag 1.2. I alt er der i jorden foretaget 150 akkrediterede analyser for henholdsvis ammonium/ammoniak, nitrit-nitrat og total-N. Ved borearbejdet er der ikke konstateret synlige visuelle tegn på spildet med gødningsvand, men i en række af boringerne er der konstateret ammoniaklugt. Feltobservationer samt PID-målinger fremgår af borejournalerne i bilag 7. For at fremme overblikket er gennemgangen af undersøgelsesresultaterne opdelt i følgende områder og afsnit:

- Afsnit 8.1: Baggrunds niveauer og kriterier for gødning i jord og grundvand
- Afsnit 8.2: Grøften (området vest for Strandvejen v/Autohuset Vestergaard A/S)
- Afsnit 8.3: Ubefæstede arealer ved jernbanen
- Afsnit 8.4: Tankgården og nordlige del af Møllebugtvej
- Afsnit 8.5: Øvrige havneareal, syd og øst for jernbanen, herunder Nordkajen og Oeankajen
- Afsnit 8.6: Udbredelse i grundvandet



**Figur 8.1** Situationsplan med placering af udførte miljøboringer (røde og grønne cirkler).

Udbredelsen af total-N i jord er vist for tre dybder i bilag 2.1-2.3. Tilsvarende er udbredelsen af total-N,  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  og  $\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-$  i grundvand vist i bilag 3.1-3.3. Den anvendte konturering er foretaget ved metoden triangulering.

## 8.1 Baggrundsniveauer og kriterier for gødning i jord og grundvand

Miljøstyrelsen har ikke fastsat kvalitetskriterier for kvælstof i jord og grundvand /19/. I henhold til undersøgelsesoplægget /2/ er det aftalt, at der på baggrund af målinger af total-N i boringer placeret udenfor spildområdet, beregnes og vurderes lokalitetsspecifikke baggrundsværdier for indholdet af total-N. I det godkendte undersøgelsesoplæg forudsættes et indhold af total-N på op til 25 % over baggrundsværdien som udgangspunkt at være afgrænsende.

### 8.1.1 Baggrundsniveau i jord

Fredericia Kommune har godkendt undersøgelsesprogrammet, hvor det fremgår, at baggrundsniveauet fastsættes ud fra et gennemsnit af indholdet af total-N målt i de tre boringer (boring B22, B51 og B53). Der accepteres en overskridelse på op til 25 % over dette baggrundsniveau i afgrænsningen af udslippet horisontale og vertikale udbredelse.

Bestemmelse af baggrundsniveauet er baseret på de tre aftalte boringer, som alle er placeret uden for spildområdet (B22, B51 og B53). Resultaterne af de kemiske analyser for indhold af kvælstof i jordprøver fremgår af tabel 8.1. Analyserapporter fra Eurofins Miljø A/S er vedlagt i bilag 6.

Bo- ring	Dybde	pH	Tør- stof	Gløde- tab	BTEX	Kulbrinter	NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Total-N
	[m u.t.]		[%]	[% TS]	[mg/kg TS]				
B22	0,5	7,5	83	4,8	#	#	10	13	<b>1.300</b>
	2,5	4,0	81	0,82	#	<5	< 5	< 5	130
B51	0,2	7,8	88	2,5	#	#	8,9	11	420
	2,5	8,6	84	0,29	#	#	< 5	< 5	< 100
	5,0	7,6	86	7,0	#	#	< 5	< 5	100
B53	0,2	7,1	86	3,2	#	#	8,1	9	<b>1.400</b>
	1,5	5,6	69	4,8	#	#	13	< 5	<b>1.900</b>
	3,0	7,3	76	17	#	#	13	< 5	<b>1.100</b>

**Tabel 8.1** Analyseresultater for jordprøver fra de tre referenceboringer.

Som det fremgår af tabel 8.1 er pH i de tre boringer generelt omkring 7. Der er dog påvist pH værdier på 4,0, 5,6 og 8,6, som umiddelbart ikke kan forklares i naturlig jord. Indholdet af organisk stof varierer tilsvarende fra 0,29-17 %. Der er ikke påvist kulbrinter. Indholdet af ammoniak-ammonium i jordprøverne er lavt, da der maksimalt er påvist et indhold på 13 mg/kg TS. Sædvanligvis findes størstedelen af kvælstoffet i jord bundet til organisk materiale, mens kun en mindre andel er tilgængeligt som uorganisk kvælstof i form af ammonium eller nitrat /16/, hvilket også afspejles i resultaterne.

Det gennemsnitlige indhold af de akkrediterede analyser udtaget i jordprøver fra boring B22, B51 og B53 er beregnet til 800 mg total-N/kg TS. Med en accepteret overskridelse på 25 % over baggrundsniveauet, kan det aftalte skæringskriterium beregnes til 1.000 mg/kg TS /2/.

### 8.1.2 Baggrundsniveauer i grundvand

I det terrænnære grundvand er der i henhold til undersøgelsesoplægget /2/ udtaget og analyseret vandprøver fra de tre boringer placeret udenfor spildområdet (boring B22, B51 og B53). Afgrænsningsniveauet er også her aftalt til at være 25 % over baggrundsniveauet.

Resultaterne af de kemiske analyser for indhold af kvælstof i grundvandet fremgår af tabel 8.2. Analyserapporter fra Eurofins Miljø A/S er vedlagt i bilag 6.

Boring	pH	NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/l]	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	Urea [mg/l]	Total-N [mg/l]
B22	6,8	14	0,037	1	1,1	i.a.	14
B51	6,8	2,2	< 0,015	< 0,1	< 0,1	i.a.	2,6
B53	6,5	0,18	< 0,015	< 0,1	< 0,1	i.a.	2,3
Grundvandskvalitetskriterium	i.f.	i.f.	i.f.	i.f.	i.f.	i.f.	i.f.

**Tabel 8.2** Analyseresultater for kvælstof i grundvand fra de tre referenceboringer (i.a.: Ikke analyseret, i.f.: Ikke fastsat).

I de 3 boringer er pH forholdene stabile omkring 6,5-6,8. I vandprøver er der påvist et indhold af total-N på 2,3-2,6 mg/l i boring B51 og B53, hvorimod indholdet i B22 er 14 mg/l. De påviste indhold genfindes som ammoniak-ammonium og nitrit-nitrat. Den gennemsnitlige baggrundsværdi for total-N er beregnet til 6,3 mg/l, svarende til et vejledende afgrænsningsniveau på 7,9 mg N/l.

## 8.2 Grøften (området vest for Strandvejen v/Autohuset Vestergaard A/S)

Cirka 70 m nord for Dan Gødnings tankanlæg er der en grøft langs volden til banelegemet. Denne grøft er beliggende direkte i udstrømningsretningen for N-32 gødning fra tank 7, hvorfra vandet skyllede over Strandvejen ved skaden. I uge 30 (2016) er grøften opmålt ved landmålere fra COWI. Grøften er i alt ca. 300 m lang og med en registreret bredde på op til 15 m. Opmålingen dokumenterer, at grøften udgør et bassin med mulighed for opstuvning af gødningsvand, hvor grøftens bundareal er opmålt til 4.689 m<sup>2</sup>.

Til undersøgelse af spildet med flydende gødning blev der indledningsvist i uge 29 udført håndboringer i grøften (HB1-HB6). Disse blev senere suppleret med de nævnte miljøtekniske boringer, både i grøften og det øvrige område på den vestlige side af Strandvejen. Boringernes placering fremgår af situationsplanen vedlagt som bilag 1.3. Resultaterne af de kemiske jordanalyser fra dette område fremgår af tabel 8.3. Analyserapporter fra Eurofins Miljø A/S er vedlagt i bilag 6.

Bo-ring	Dybde [m u.t.]	pH	Tørstof [%]	Glødetab [% TS]	BTEX [mg/kg TS]	Kulbrinter [mg/kg TS]	NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/kg TS]	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/kg TS]	Total-N [mg/kg TS]
HB1	0,1-0,5	8,9	90	-	-	-	1.600	500	2.000
	1,0	8,9	86	-	-	-	4.000	140	5.700
HB2	0,1-0,5	8,7	91	-	-	-	840	350	1.400
	1,0	8,8	88	-	-	-	1.600	500	2.200
HB3	0,1-0,5	8,9	91	-	-	-	490	110	850
	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
HB4	0,1-0,5	8,9	85	-	-	-	6.900	650	11.000
	1,0	8,7	86	-	-	-	1.300	400	2.000
HB5	0,1-0,5	8,8	85	-	-	-	5.200	180	8.600
	1,0	7,2	41	-	-	-	2.900	710	18.000
HB6	0,1-0,5	8,8	88	-	-	-	1.800	470	2.600
	1,0	8,0	82	-	-	-	800	280	1.300
B20	0,2	6,4	90	-	#	#	14	17	1.400
	2,5	7,5	89	-	#	#	< 5	< 5	< 100
B21	0,2	8,2	89	-	#	#	< 5	7,1	760
	2,5	7,2	85	-	#	#	6,1	< 5	410
B23	0,2	7,8	91	-	#	27	7,4	< 5	520
	1,5	8,6	81	-	#	#	< 5	< 5	< 100
	4,0	8,4	73	-	#	#	6,8	< 5	500
B24	0,2	8,8	88	1,3	#	#	3.500	3.100	7.700
	1,5	7,4	79	-	#	#	77	19	470
	4,0	7,2	78	-	#	#	13	< 5	1.500
	5,0	7,9	76	-	-	-	17	< 5	1.100
B25	0,2	8,9	94	-	#	320	820	390	1.200
	1,5	8,3	83	-	#	#	18	< 5	210
B26	0,2	8,1	83	1,7	#	#	830	330	2.100
	1,5	8,8	80	0,82	#	#	3.200	670	2.800
	4,0	7,8	75	0,79	#	#	65	< 5	< 100
B27	0,2	9,6	92	-	#	#	540	77	620
	0,5	8,8	88	1,4	#	#	3.200	340	2.400
	2,0	9,4	86	-	#	110	260	52	290
B50	0,2	8,0	95	-	#	#	170	140	520
	0,5	8,0	87	-	#	#	110	83	640
	2,0	8,3	86	-	#	#	7,1	< 5	270
B52	0,2	8,8	98	-	#	#	< 5	< 5	130
	2,0	8,0	85	-	#	#	< 5	< 5	470
	3,0	7,8	83	-	#	#	< 5	< 5	170

Tabel 8.3 Analyseresultater for jordprøver fra området v/Autohuset Vestergaard.

Som det fremgår af tabel 8.3 er der påvist de højeste indhold af total-N i håndboringer udført i grøften, benævnt HB1-HB6, se nedenstående kortudsnit (figur 8.2).



Figur 8.2 Kortudsnit over grøften med placering af bl.a. håndboring HB1-HB6.

I håndboringerne (HB1-HB6) er der påvist høje indhold af ammoniak-ammonium, hvilket kan stamme fra N-32 gødningen og/eller være resultatet af en hydrolyse af urea. Forskellen mellem total-N og uorganiske kvælstof indikerer, at der fortsat er organisk stof som urea i grøften. Det forhøjede indhold af nitrit-nitrat kan på tilsvarende vis stamme direkte fra indholdet i N-32 og/eller være resultatet af en nitrifikation.

I håndboring HB5 er der påvist indhold af kvælstof på 18.000 mg N/kg TS (HB5, 1,0 m u.t.), hvilket er det højeste indhold, der er observeret ved hele undersøgelsen. Også i HB4 (0,1-0,5 m u.t.) er der målt et kraftigt indhold på 11.000 mg N/kg TS. Det bør erindres, at jordprøver og analyser er foretaget ca. 6 måneder efter spildet er sket. De påviste indhold er i overensstemmelse med feltforsøgene omtalt i afsnit 7.4, hvoraf startkoncentrationerne i jord ud fra forsøgene skønnes at være i størrelsesordenen 11.000-18.000 mg-N/kg TS umiddelbart efter skaden.

Det høje kvælstofindhold i HB5 er også registreret i den nærliggende boring B24 (op til 7.700 mg N/kg TS; 0,2 m u.t.), der er placeret umiddelbart sydvest for HB5. De kraftige kvælstofindhold i grøfteområdet er aftagende i HB6. Ved den senere måling omtrent samme sted som HB6 blev der ikke målt indhold over baggrundsniveauet, og dermed vurderes spildet at være afgrænset ved B23, der er placeret tæt på Vestre Engvej.

Også i de øvrige boringer langs grøften er der, med undtagelse af HB3, målt betydelige kvælstofindhold (HB1, HB2 og B26). Dette gør sig også gældende for B27, der ligger i strømningsretningen for udslippet af flydende gødning. I de analyserede jordprøver fra disse boringer er der påvist høje indhold af ammoniak-ammonium og nitrit-nitrat. Bemærk at resultaterne for boring B26 (1,5 m u.t.) og B27 (0,5 m u.t.) er atypiske, da indholdet af ammoniak-ammonium overstiger indholdet af total-N, hvilket ikke bør være teknisk muligt. Eurofins A/S har tjekket alle data og udført dobbelt- og trippelanalyser på udvalgte jordprøver, og på den baggrund fastholdes alle resultater. Eurofins A/S oplyser i mail den 6. september, at "*rådata for total-N for alle de analyserede prøver er gennemgået. Kørslerne viser som nævnt for jer en indikation på, at et organisk indhold interfererer på vores resultater, men gennemgangen af data viser også, at vi overholder de analysetekniske krav i henhold til Kvalitetsbekendtgørelsen, BEK nr. 914 af 27/06/2016, hvorfor vi i dag har besluttet at frigive resultaterne*".

I de øvrige boringer (B20, B21, B23 og B52) er der målt mindre indhold af kvælstof ved både total-N og ammonium-ammoniak, og der kan derfor ikke påvises en signifikant påvirkning fra udslippet med flydende gødning i disse boringer. I boringerne B25 og B50 er indholdet af total-N under det forventede baggrundsniveau, men her er der målt indhold af ammonium-ammoniak og nitrit-nitrat, der indikerer påvirkning fra udslippet med gødningsvand.

### **8.3 Ubefæstede arealer ved jernbanen**

Det ubefæstede areal ved og omkring baneområdet er opmålt til ca. 5.900 m<sup>2</sup>. Resultaterne af de kemiske jordanalyser fremgår af tabel 8.4. Analyserapporter fra Eurofins Miljø A/S er vedlagt i bilag 6.

Bo-ring	Dybde [m u.t.]	pH	Tør-stof [%]	Gløde-tab [% TS]	BTEX [mg/kg g TS]	Kulbrinter [mg/kg TS]	NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/kg TS]	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/kg TS]	Total-N [mg/kg TS]
HB7	0,1-0,5	8,4	92	-	-	-	260	110	650
	1,0	7,3	82	-	-	-	460	330	<b>1.300</b>
HB8	0,1-0,5	9,0	89	-	-	-	1.500	300	<b>1.100</b>
	1,0	8,9	95	-	-	-	1.600	690	<b>2.400</b>
HB9	0,1-0,5	8,5	91	-	-	-	330	88	540
	1,0	8,3	95	-	-	-	350	200	770
HB10	0,1-0,5	8,7	89	-	-	-	720	160	<b>1.600</b>
	1,0	8,6	89	-	-	-	1.100	250	<b>2.800</b>
HB11	0,1-0,5	8,0	88	-	-	-	400	97	980
	1,0	7,9	85	-	-	-	53	< 5	530
HB12	0,1-0,5	7,1	93	-	-	-	54	38	150
	1,0	9,0	89	-	-	-	1.700	350	<b>1.900</b>
HB13	0,1-0,5	7,7	92	-	-	-	380	51	390
	1,0	8,0	87	-	-	-	530	29	630
HB14	0,1-0,5	6,4	82	-	-	-	670	150	<b>1.600</b>
	1,0	8,4	89	-	-	-	470	100	800
HB15	0,1-0,5	8,6	88	-	-	-	2.300	190	<b>2.800</b>
	1,0	8,2	82	-	-	-	560	240	880
HB16	0,1-0,5	5,2	86	-	-	-	380	160	<b>1.100</b>
	1,0	7,5	87	-	-	-	300	15	490
HB17	0,1-0,5	7,8	85	-	-	-	980	40	1.200
	1,0	6,2	77	-	-	-	1.600	220	<b>2.900</b>
B5	0,5	8,0	93	-	#	#	6,9	140	350
	3,0	7,8	83	-	#	#	7,2	< 5	390
B6	0,2	8,0	92	-	#	#	< 5	< 5	370
	2,5	8,9	79	1,2	#	#	3.200	680	<b>3.300</b>
	3,5	6,3	81	-	-	-	8,9	< 5	< 100
B14	0,5	9,0	86	1,5	#	37	1.500	360	<b>2.100</b>
	4,5	8,5	75	1,1	#	#	1.600	880	<b>4.300</b>
	5,5	5,6	80	-	-	-	48	39	800
B28	0,2	8,3	96	-	#	490	130	100	400
	1,5	8,7	84	-	#	#	120	40	300
B29	0,5	8,4	85	-	#	100	1.000	240	<b>1.400</b>
	3,5	9,0	82	0,34	#	34	1.600	370	<b>2.000</b>
	4,5	8,6	77	-	-	-	490	97	700
B30	0,2	8,8	93	-	#	200	490	47	930
	2,0	8,9	84	-	#	#	1.300	210	<b>1.500</b>
	3,0	4,3	51	-	-	-	270	15	<b>4.300</b>
	4,0	5,9	79	-	-	-	100	90	290
B31	0,2	5,2	80	-	#	#	240	140	1.000
	2,5	8,9	91	-	#	#	750	250	<b>1.100</b>
	4,5	9,2	76	-	#	#	86	24	500
B32	0,5	6,3	82	-	#	58	63	34	<b>1.600</b>
	2,5	9,0	87	-	#	#	800	150	<b>1.200</b>
	5,0	7,1	73	2,5	#	#	45	16	<b>2.000</b>
	5,5	7,5	58	-	-	-	31	< 5	210
B33	0,2	4,8	83	-	#	#	18	16	470
	2,5	8,8	81	-	#	#	400	60	660
B38	0,2	6,3	95	-	#	20.000	< 5	< 5	410
	2,5	9,0	80	3,9	#	#	7.000	200	<b>12.000</b>
	6,0	8,5	77	-	#	#	750	26	<b>1.100</b>
B39	0,2	5,6	88	-	#	73.000	-	-	-
	1,0	7,8	91	-	#	24	680	16	710
	2,5	8,9	86	-	#	#	450	130	760
	6,0	8,9	80	1,0	#	#	1.400	300	<b>1.800</b>
	8,0	7,3	73	-	-	-	23	< 5	<b>1.300</b>

Tabel 8.4 Analyseresultater for jordprøver i baneområdet.

Som det fremgår af tabel 8.4, er der i baneområdet påvist indhold af olieforbindelser over jordkvalitetskriteriet i fire boringer (B28, B30, B38 og B39), hvor der i overfladeprøven for



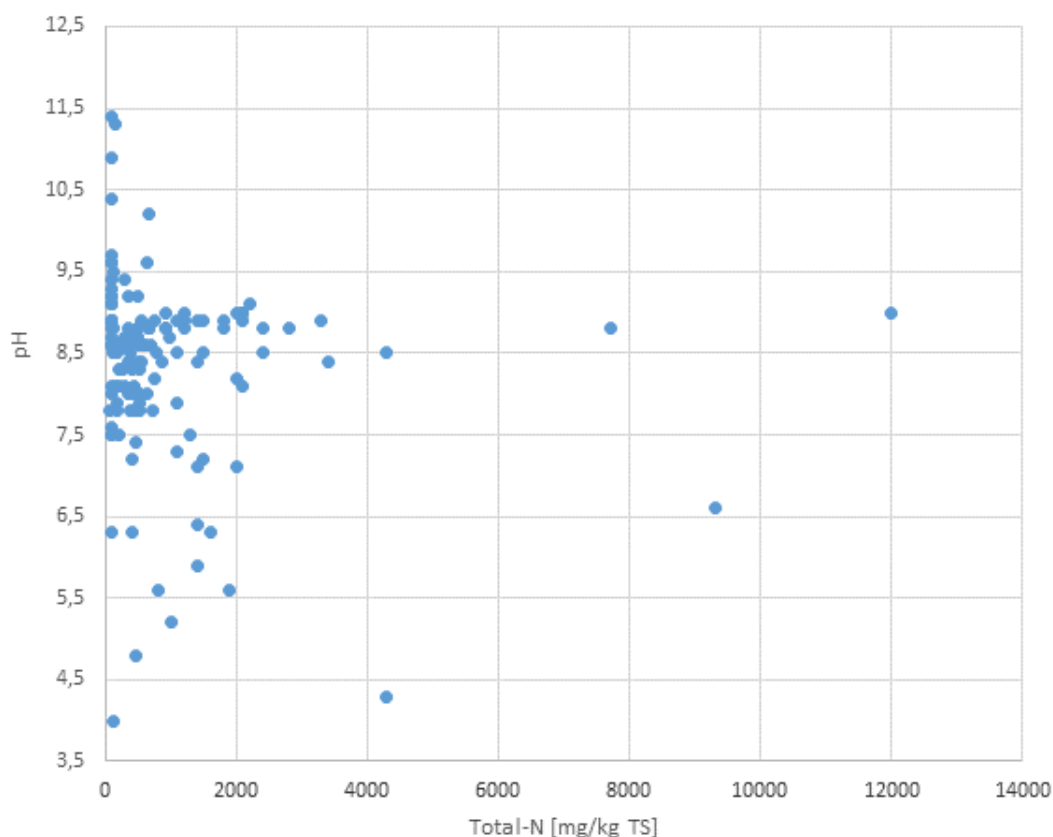
boring B39 er påvist et indhold på 73.000 mg/kg TS. Generelt vil indhold af næringsstoffer og ilt medvirke til en øget mikrobiel nedbrydning af olieforbindelser.

I jordprøver udtaget fra arealer langs jernbanen parallelt med Strandvejen og i nordlig retning fra boring B5 til B33 (B5, B6, B14, B28-B33, HB7-HB11, HB14-HB17), er der påvist et gennemsnitligt indhold af total-N i de øverste 1,5 m på ca. 1.200 mg N/kg TS (fra 300-2.900 mg N/kg TS), mens indholdet i grundvandszonen (>1,5 m u.t.), hvor håndboringerne ikke indgår, gennemsnitligt er beregnet til ca. 1.500 mg N/kg TS (fra 100-4.300 mg N/kg TS). Indholdet af total-N i baneområdet overstiger generelt baggrundsværdien for total-N.

Boringerne repræsenterer et areal på ca. 7.000 m<sup>2</sup>.

Det høje indhold af uorganisk kvælstof kan skyldes en påvirkning fra N-32-gødning, der indeholder 7,9 % ammonium-N og nitrat-N. Tilsvarende kan indholdet være resultatet af en hydrolyse af urea. Det høje indhold af uorganisk kvælstof muliggør endvidere en høj fordampning af ammoniak, hvilket bekræftes af ammoniaklugte i området fra februar. Mandskab fra Dan Gødning A/S har gentagne gange bemærket, at lugten af ammoniak i jord og luft er aftaget efter sommeren, hvor afdampningen ligeledes er højest pga. temperaturforholdene.

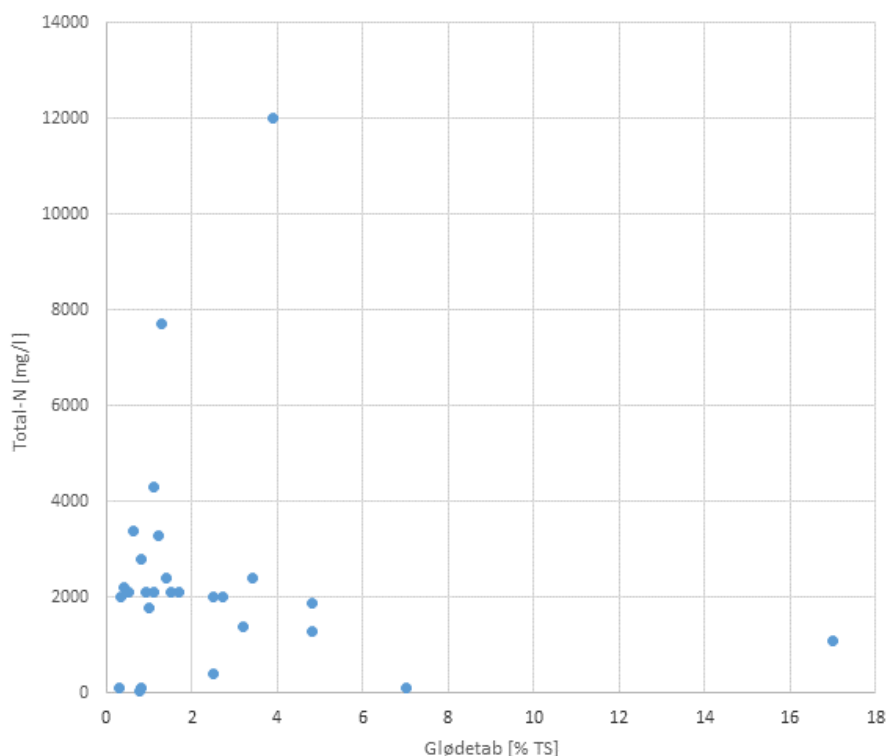
Afdampningen påvirkes af pH-forholdene. Nedenstående figur 8.3 nedenfor viser sammenhængen mellem pH og indholdet af total-N for alle jordprøver.



**Figur 8.3** Sammenhæng mellem målt pH i jordprøver og påvist indhold af total-N.

Figur 8.3 viser en tendens til høje pH forhold i jordprøver uafhængig af indholdet af kvælstof i jordprøver. Jordprøver er udtaget efter 6 måneder, hvor der er foregået en hydrolyse af urea, som medfører en stigning i pH. Forskere fra Foulum har vurderet, at de aktuelle pH forhold i jordprøverne er høje og i en række prøver på et maksimum /23/.

Da kvælstof i jorden kan indbygges i organisk stof og dermed give anledning til et højt naturligt indhold af kvælstof, er indholdet af organisk stof undersøgt. Som et mål for indholdet af organisk stof er der foretaget glødetabsanalyser på udvalgte jordprøver med et højt indhold af total-N. Analyseresultaterne fremgår af tabellerne 8.1, 8.2-8.6 og er afbildet i figur 8.4. Desuden fremgår resultaterne af analyserapporter fra Eurofins Miljø A/S vedlagt i bilag 6.



**Figur 8.4** Sammenhæng mellem glødetab og indhold af total-N.

Som det fremgår af figur 8.4, kan der ikke påvises en klar og entydig sammenhæng mellem de målte indhold af total-N og glødetabet (organisk indhold). Langt størstedelen af målingerne viser et relativt lavt glødetabsniveau og dermed lavt organisk indhold (med undtagelse af B53, hvor der blev målt et indhold på 17 % TS 3 m u.t.). På den baggrund vurderes de målte indhold af total-N primært at stamme fra spildet med flydende gødning.

### 8.3.1 I sporarealet efter delingen ned mod Nordkajen

I sporarealet efter delingen ned mod Nordkajen, hvor B38-B39 og HB12-HB13 er udført, er der påvist betydeligt højere indhold af total-N. Således er der målt op til 12.000 mg N/kg TS (B38; 2,5 m u.t.). Indholdet er afgrænset vertikalt ved prøven fra 6 m u.t., hvor indholdet er på 1.100 mg N/kg TS. Ligeledes er der i naboboringen B39 målt betydelige indhold, som dog er tiltagende fra 6 m u.t. (fra 1.800 mg N/kg TS i 6,0 m u.t. til 9.300 mg N/kg TS i 6,5 m u.t.). Indholdet er aftaget til 1.300 mg N/kg TS 8,0 m u.t. De samme forhold er registreret i boring B43, hvor de målte indhold dog er lavere (2.100 mg N/kg TS i 6,0 m u.t. og 1.500 mg N/kg TS 6,5 m u.t.). Derimod er indholdet i håndboringerne HB12 og HB13 (0-1 m u.t.) betydeligt lavere. Selvom indholdet af total-N i HB13 ligger under baggrunds niveauet, så er der målt indhold af uorganisk kvælstof, der indikerer en påvirkning fra skaden.

Det gennemsnitlige indhold af total-N i de øverste 1,5 m i dette område er på ca. 1.000 mg N/kg TS (fra 150-1.900 mg N/kg TS), mens indholdet i grundvandszonen (>1,5 m u.t.) gennemsnitligt er beregnet til ca. 5.000 mg N/kg TS (fra 760-12.000 mg N/kg TS).

#### 8.4 Tankgården og nordlige del af Møllebugtvej

I henhold til det godkendte undersøgelsesprogram /2/, er der ikke udført miljøtekniske boringer i selve tankgården på Møllebugtvej 7. I henhold til miljøgodkendelserne er tankgårdens bund udført som tæt betonbelægning. Tankgårdens areal er ca. 7.150 m<sup>2</sup>.

Derudover har undersøgelsesaktiviteter som miljøtekniske boringer ikke været muligt i tankgården grundet ødelagte installationer og oplag af bl.a. afrenset PFAD/CPO. En nedbrydning af tankanlægget pågår og forventes afsluttet i november måned 2016. I vurdering af resultaterne er massen af kvælstof beregnet i jord og grundvand ud fra de foreliggende resultater, herunder under tankområdet.

Nedenstående tabel 8.5 indeholder oplysninger og resultater for boringer udført ved tankgården og den nordlige del af Møllebugtvej. Resultaterne af de kemiske jordanalyser fra dette område fremgår af tabel 8.5. Analyserapporter fra Eurofins Miljø A/S er vedlagt i bilag 6.

Bo-ring	Dybde [m u.t.]	pH	Tørstof [%]	Glødetab [% TS]	BTEX [mg/kg TS]	Kulbrinter [mg/kg TS]	NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/kg TS]	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/kg TS]	Total-N [mg/kg TS]
B34	0,2	9,0	93	0,92	#	#	1.400	370	<b>2.100</b>
	2,5	8,2	81	2,7	0,11	570	1.400	28	<b>2.000</b>
	4,0	8,4	83	-	#	#	410	80	550
B35	0,2	9,1	92	0,39	#	#	1.500	320	<b>2.200</b>
	4,5	8,8	82	-	#	#	400	62	500
	5,5	8,0	77	-	#	#	13	< 5	100
B36	0,2	9,2	94	-	#	#	< 5	< 5	< 100
	2,5	8,1	85	-	#	80	140	7,8	440
	4,5	8,6	81	-	1,1	3,6	430	16	570
B37	0,2	8,9	96	-	#	#	< 5	< 5	< 100
	2,5	8,4	82	-	#	#	32	< 5	350
B40	1,0	8,0	94	-	#	#	99	240	490
	4,0	8,5	85	-	#	#	75	26	180
B41	0,2	9,1	95	-	#	#	< 5	< 5	< 100
	2,5	8,7	86	-	#	#	630	140	970
B42	0,2	8,9	96	-	#	#	< 5	< 5	< 100
	2,5	8,6	79	-	#	#	520	57	600
	5,5	8,3	75	-	#	#	150	< 5	220
B43	0,2	8,6	93	-	#	130	< 5	23	210
	2,5	8,5	83	-	#	#	69	28	130
	6,0	8,9	80	0,53	#	#	1.400	530	<b>2.100</b>
	6,5	8,5	71	-	-	-	100	83	<b>1.500</b>
	8,0	8,9	79	-	-	-	< 5	< 5	< 100
B44	1,0	8,5	72	3,4	#	710	1.300	510	<b>2.400</b>
	2,5	8,4	73	0,61	#	130	140	410	340
	3,5	8,6	87	-	-	-	< 5	110	140
B45	0,2	8,6	94	-	#	#	6,5	14	300
	2,5	8,0	81	-	#	98	< 5	210	430
B46	0,2	8,7	95	-	#	#	< 5	34	370
	0,5	8,6	97	-	#	#	56	78	190
	2,5	8,2	75	-	#	310	-	-	-
	5,0	8,5	79	-	0,15	250	190	< 5	790
B47	0,5	8,4	94	-	#	#	180	130	370
	3,0	8,8	82	-	#	#	610	240	930
	6,0	8,6	81	-	#	#	230	60	350
B48	0,2	8,3	92	-	#	86	330	140	530
	1,0	8,8	94	-	#	#	1.300	540	<b>1.800</b>
	4,0	7,5	80	-	#	#	34	< 5	< 100
B49	0,5	8,1	92	-	#	#	82	68	300
	1,0	9,2	93	-	#	#	300	19	350
	4,0	7,9	79	-	#	#	63	8,6	170

Tabel 8.5 Analyseresultater for jordprøver fra området ved tankanlæg og nordlige del af Møllebugtvej.

Som det fremgår af tabel 8.5 er der i dette område påvist indhold af olieforbindelser over jordkvalitetskriteriet i fire boringer (B34, B43, B44 og B46), hvor der i overfladeprøven for boring

B44 (1,0 m u.t.) er påvist et indhold på 710 mg/kg TS. Generelt vil indhold af næringsstoffer og ilt medvirke til en øget mikrobiel nedbrydning af olieforbindelser. Der er et sammenfald med det højest påviste indhold af total-N, da der i boring B44 er påvist 2.400 mg total-N i jordprøven udtaget 1,0 m u.t. Dette indhold er afgrænset vertikalt med 340 mg N/kg TS 2,5 m u.t. Udover boring B44, er der påvist indhold, der overskrider baggrundsniveauet for total-N, i B34, B35, B43 og B48. Det gennemsnitlige indhold af total-N i de øverste 1,5 m er beregnet til ca. 700 mg N/kg TS (fra < 100-2.400 mg N/kg TS), mens indholdet i grundvandszonen (> 1,5 m u.t.) gennemsnitligt er beregnet til ca. 600 mg N/kg TS (fra 100-2.100 mg N/kg TS), hvilket er under baggrundsniveauet for total-N.

### 8.5 Øvrige havneareal, syd og øst for jernbanen, herunder Nordkajen og Oceankajen

Det øvrige havneområde er kortlagt via 16 miljøtekniske boringer. Resultaterne af de kemiske jordanalyser fra dette område fremgår af tabel 8.6. Analyserapporter fra Eurofins Miljø A/S er vedlagt i bilag 6.

Bo- ring	Dybde	pH	Tør- stof	Gløde- tab	BTEX	Kulbrinter	NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Total-N
	[m u.t.]		[%]	[% TS]	[mg/kg TS]				
B1	0,2	8,7	95	-	0,29	150	< 5	< 5	< 100
	2,5	8,6	83	-	#	#	< 5	< 5	< 100
B2	0,2	9,6	95	-	#	#	< 5	< 5	< 100
	2,0	9,4	86	-	#	#	< 5	8,3	< 100
B3	0,2	11,4	97	-	#	#	5,3	11	< 100
	2,0	9,2	88	-	#	#	< 5	15	< 100
B4	0,2	8,5	92	-	#	230	< 5	< 5	150
	2,5	8,1	83	-	#	120	14	< 5	< 100
	4,0	10,9	81	-	#	160	20	< 5	< 100
B7	0,2	8,9	95	-	#	63	< 5	< 5	< 100
	2,0	8,5	86	-	#	#	73	94	130
	3,5	8,9	81	-	#	#	910	320	1.400
	4,0	8,4	78	-	-	-	490	46	860
B8	0,2	8,5	98	-	#	76	< 5	< 5	380
	2,5	9,0	87	-	#	#	1.000	260	920
B9	0,2	9,1	94	-	#	#	< 5	< 5	< 100
	2,5	8,9	82	-	#	#	11	< 5	< 100
B10	0,2	10,4	95	-	#	#	< 5	23	< 100
	0,5	9,6	98	-	#	#	< 5	8,6	< 100
	2,0	9,3	86	-	#	#	< 5	< 5	< 100
B11	0,2	11,3	97	-	#	#	29	41	150
	0,5	8,9	97	-	#	#	23	45	< 100
	1,5	9,1	93	-	#	#	< 5	< 5	< 100
B12	0,2	8,1	96	-	#	#	< 5	140	210
	1,0	8,8	97	-	#	#	110	47	350
	3,5	8,6	80	-	#	#	390	63	530
B13	0,2	7,9	93	-	#	#	260	140	510
	1,5	8,9	96	-	#	#	430	140	560
	3,0	8,8	84	-	#	#	770	85	650
B15	0,2	> 12	95	-	#	#	< 5	18	< 100
	1,0	10,2	88	-	#	#	570	32	660
	3,0	8,1	89	-	#	38	17	< 5	140
B16	0,2	8,9	91	-	#	#	< 5	< 5	< 100
	2,5	9,5	90	-	#	#	11	10	110
B17	0,2	5,9	87	-	#	27	310	200	1.400
	3,0	9,0	72	1,1	#	#	1.700	280	2.100
	4,0	8,7	85	-	-	-	380	47	480
B18	0,5	9,7	96	-	#	#	< 5	< 5	< 100
	2,0	8,8	83	-	#	#	11	18	100
	6,0	8,7	85	-	0,49	2,3	250	11	430
B19	0,2	8,7	96	-	#	850	170	300	490
	1,5	8,8	91	-	#	#	1.000	290	1.200
	2,0	8,8	92	-	-	-	400	160	660

Tabel 8.6 Analyseresultater for jordprøver fra øvrige havnearealer.

Som det fremgår af tabel 8.6 er der i det øvrige havneområde påvist indhold af olieforbindelser over jordkvalitetskriteriet i tre boringer (B1, B4 og B19), hvor der i overfladeprøven fra boring B19 (0,2 m u.t.) er påvist et indhold på 850 mg/kg TS.

I havneområdet er der kun i boring B17 målt indhold af total-N, der overskrider 1.500 mg N/kg TS (2.100 mg N/kg TS; 3,0 m u.t.). Denne boring står i nærheden af B38 og B39, hvor der, som tidligere beskrevet, blev påvist høje indhold af total-N.

Til gengæld er der i 8 boringer påvist indhold af uorganisk kvælstof som kan indikere en påvirkning i grundvandszonen fra opløst ammoniak-ammonium og nitrit-nitrat, hvilket kommenteres yderligere i afsnittene om grundvandsforurening. Det gennemsnitlige indhold af total-N i de øverste 1,5 m er ca. 320 mg N/kg TS (fra 100-1.400 N/kg TS), mens indholdet i grundvandszonen (>1,5 m u.t.) gennemsnitligt er beregnet til ca. 440 mg N/kg TS (fra 100-2.100 mg N/kg TS).

### 8.6 Udbredelse i grundvand

Der er udtaget vandprøver fra samtlige 56 boringer (B1-B56), som alle er analyseret for ammonium-ammoniak ( $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ ), nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrit-nitrat ( $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ ) og total-N, ligesom der er målt pH på samtlige vandprøver. Endelig er der udført i alt 9 analyser af urea i grundvandet, svarende til de boringer i og omkring kildeområdet, hvor der er målt høje indhold af ammonium-ammoniak, hvilket ifølge Eurofins Miljø A/S, er en indikator, for hvor urea kan forventes at forekomme i betydeligt koncentrationer. I uge 29 blev der også udtaget en vandprøve (OF1) i grøftens overfladevand ved håndboring HB2, se bilag 2.1), som lugtede kraftigt af ammoniak og virkede tydelig påvirket/forurenede med gødningsvand.

Resultaterne af de kemiske analyser for indhold af kvælstof i grundvandet fremgår af tabel 8.7. Analyserapporter fra Eurofins Miljø A/S er vedlagt i bilag 6.

Boring	pH	$\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ [mg/l]	$\text{NO}_2^-$ [mg/l]	$\text{NO}_3^-$ [mg/l]	$\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ [mg/l]	Urea [mg/l]	Total-N [mg/l]
OF1	-	1.100	-	-	850	< 1	2.100
B1	7,8	0,71	0,053	1	1,1	i.a.	5,3
B2	7,3	0,38	< 0,015	2,3	2,3	i.a.	4,8
B3	7,2	3,2	0,038	33	33	i.a.	34
B4	7,3	4,4	< 0,015	< 0,1	< 0,1	i.a.	5,7
B5	6,9	200	210	280	490	i.a.	680
B6	8,6	680	1,1	210	210	i.a.	910
B7	9,0	2.800	21	1.200	1.200	i.a.	4.000
B8	8,6	730	38	300	340	i.a.	1.000
B9	7,7	15	1,4	6,8	8,2	i.a.	28
B10	7,2	3,2	< 0,015	0,35	0,35	i.a.	3,1
B11	7,3	8,4	< 0,015	0,52	0,53	i.a.	11
B12	8,3	530	44	130	170	i.a.	720
B13	8,9	920	7,7	280	280	i.a.	1.200
B14	7,2	370	2,6	230	230	i.a.	1.100
B15	7,2	56	0,85	9,9	11	i.a.	61
B16	9,2	3.800	8,1	980	990	i.a.	4.400
B17	8,1	700	6,9	81	88	i.a.	700
B18	7,9	390	16	34	50	i.a.	420
B19	8,0	740	8	280	290	i.a.	990
B20	6,6	3,6	< 0,015	< 0,1	< 0,1	i.a.	3,5
B21	7,1	3,1	< 0,015	< 0,1	< 0,1	i.a.	3,9
B22	6,8	14	0,037	1	1,1	i.a.	14
B23	6,6	0,67	< 0,015	< 0,1	< 0,1	i.a.	0,95
B24	8,3	480	0,91	210	210	i.a.	770
B25	6,9	33	0,3	< 0,1	0,32	i.a.	34
B26	7,9	460	45	120	170	i.a.	640
B27	8,1	610	1,2	420	420	154	1.000
B28	7,4	350	3,1	110	120	i.a.	470
B29	8,8	2.800	14	710	720	< 1	3.600

Boring	pH	NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/l]	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	Urea [mg/l]	Total-N [mg/l]
B30	7,4	530	3,8	190	190	i.a.	740
B31	8,6	2.000	20	810	830	< 1	2.700
B32	8,9	4.300	0,035	1.500	1.500	< 1	5.600
B33	7,8	1.300	1,8	760	760	i.a.	2.100
B34	8,6	1.800	44	510	550	< 1	2.300
B35	8,6	2.200	110	550	660	i.a.	2.800
B36	8,6	1.400	5,6	130	140	i.a.	1.400
B37	7,4	610	1,7	24	26	i.a.	610
B38	8,9	4.100	8,7	1.300	1.300	64,1	5.500
B39	8,9	5.000	8,5	810	820	< 1	5.700
B40	8,7	1.300	1,9	290	290	i.a.	1.600
B41	8,4	1.400	29	270	300	< 1	1.600
B42	8,3	770	< 0,015	< 0,1	< 0,1	i.a.	770
B43	9,1	3.400	9,9	1300	1300	< 1	4.600
B44	7,1	22	< 0,015	0,14	0,15	i.a.	19
B45	7,4	150	3,2	78	81	i.a.	230
B46	7,3	210	0,03	150	150	i.a.	340
B47	8,8	1.100	7,4	360	370	i.a.	1.700
B48	7,4	38	0,088	5,5	5,6	i.a.	40
B49	7,4	710	8,4	380	380	i.a.	1.000
B50	6,8	190	82	120	200	i.a.	390
B51	6,8	2,2	< 0,015	< 0,1	< 0,1	i.a.	2,6
B52	6,9	0,6	0,031	< 0,1	0,1	i.a.	1,7
B53	6,5	0,18	< 0,015	< 0,1	< 0,1	i.a.	2,3
B54	7,3	0,23	< 0,015	< 0,1	< 0,1	i.a.	0,89
B55	7,3	97	4	120	120	i.a.	360
B56	7,7	15	< 0,015	< 0,1	< 0,1	i.a.	13
Grund- vands- kvali- tetskri- terium	i.f.	i.f.	i.f.	i.f.	i.f.	i.f.	i.f.

**Tabel 8.7** Analyseresultater for kvælstof i grundvand (i.a.: Ikke analyseret, i.f.: Ikke fastsat)

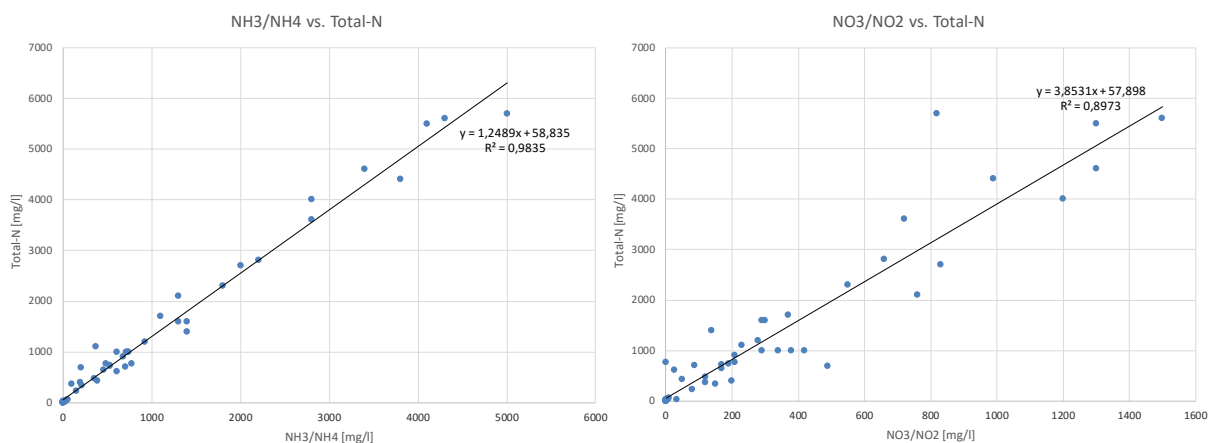
Total-N er summen af alle N-forbindelser i de pågældende vandprøver, men som det fremgår af analysedata, så er der som regel en mindre forskel mellem total-N og summen af de øvrige parametre. Denne forskel tillægges måleusikkerhed. Det samme gør sig gældende for den variation, der er mellem de målte indhold af nitrit-nitrat i forhold til summen af nitrit og nitrat.

Som det fremgår af tabel 8.7, er indholdet af total-N i størstedelen af vandprøverne betydeligt større end baggrundsniveauet på 6,3 mg N/l. På baggrund af resultaterne vurderes spildet med gødningsvand at være afgrænset horisontalt i sydlig retning ved boring B1, B2, B20-B22, B53 og B54. Langs grøften er spildet afgrænset ved bandedæmningen. Det skal i den forbindelse nævnes at både Fredericia Kommune og Bandedanmark har oplyst, at de, indenfor projektområdet, ikke har dræn eller lignende, der er ført under banelegemet. I nordlig retning afgrænser B51 og B52 spildet med kvælstof i grundvandet, og i nordøstlig retning vurderes B56, trods et indhold på 13 mg N/l at være afgrænsende, ikke mindst fordi boringen er placeret umiddelbart udenfor projektområdet, som svarer til den skønnede udbredelse af flydende gødning.

Analyseresultaterne for ammonium-ammoniak, nitrit-nitrat og total-N er afbildet i figur 8.5, som illustrerer, at indholdet af total-N stort set svarer til summen af de uorganiske parametre. Det vil sige, at indholdet af organisk bundet kvælstof enten er meget lavt eller slet ikke til stede. Dette bekræftes af urea-analyserne, hvor der er målt indhold under detektionsgrænsen (1 mg/l) i syv af prøverne, og indhold på henholdsvis 64 og 154 mg/l i boring B38 og B27. Desuden ses det, at ammonium udgør langt størstedelen af den uorganisk bundne kvælstof og dermed også af total-N.

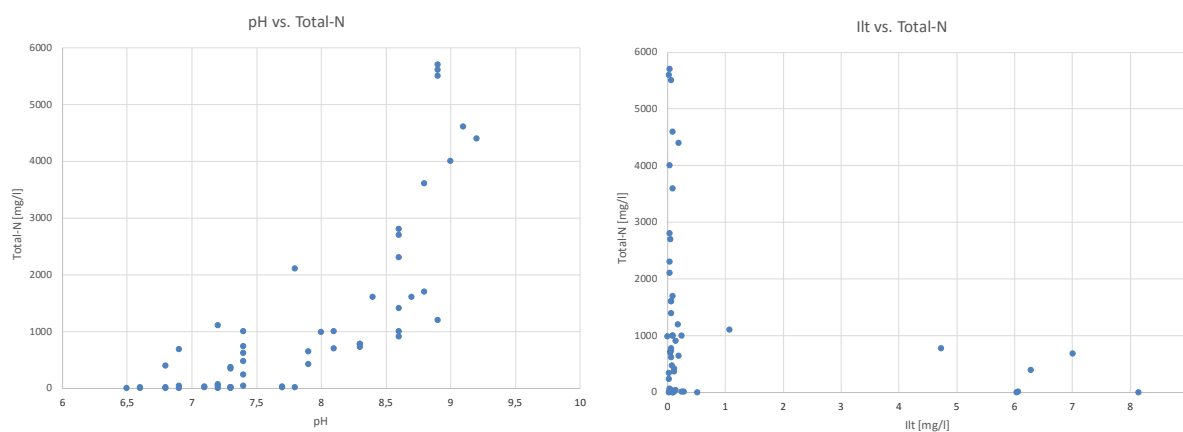
**Figur 8.5** Kvælstofindhold i grundvandsprøver fra boring B1-B56.

Sammenhængen mellem de målte indhold af total-N og henholdsvis ammoniak-ammonium og nitrit-nitrat fremgår desuden af figur 8.6. Heraf ses, at der er en lineær sammenhæng mellem indholdet af både total-N og ammonium-ammoniak og nitrit-nitrat. Vær dog opmærksom på de forskellige inddelinger af x-aksens skala, hvilket skyldes den relativt store forskel på indholdet af ammonium-ammoniak og nitrit-nitrat.



**Figur 8.6** Total-N som funktion af henholdsvis ammoniak/ammonium (tv) og nitrit-nitrat (th).

I figur 8.7 er indholdet af total-N i vandprøverne afbildet som funktion af henholdsvis pH og de målte iltindhold.



**Figur 8.7** Total-N som funktion af pH (tv) og ilt (th) i grundvand.

Det ses, at pH stiger med de målte indhold af total-N i grundvandet. Iltindholdet er i langt størstedelen af prøverne mindre end 1 mg/l. Da indholdet af ammonium (og ammoniak) samtidigt udgør hovedparten af de målte indhold af total-N, indikerer det, at der generelt er anaerobe (iltfrie) forhold i grundvandszonen.

Når der måles indhold af nitrit-nitrat i den mættede zone, vurderes det at hænge sammen med, at der særligt på de ubefæstede arealer, er en konstant ilttilførsel via diffusion fra den atmosfæriske luft samt infiltration af iltholdigt nedbør ved regnhændelser. Iltten indgår i nitrifikationsprocessen, hvorved ammonium omdannes til nitrit-nitrat. Nitrit og nitrat vil blive udvasket fra den umættede zone og dermed bidrage til de indhold af nitrit og nitrat, der målt i grundvandszonen. Denne udvaskning vil ikke alene foregå ved regnhændelser, men også ved fluktuationer i grundvandspejlet. Derfra transporteres nitrit og nitrat via grundvandet mod havnen.



### 8.6.1 Grundvandsstrømning

#### Strømningsretning

På baggrund af en synkronpejlerunde foretaget den 14. oktober 2016, hvor vandspejlsniveauet blev målt i samtlige borer, er nedenstående potentialekort udarbejdet (figur 8.8). Potentialekortet er desuden vedlagt som bilag 3.4.



**Figur 8.8** Potentialekort for grundvandet (grønne pile angiver strømningsretning).

Som det fremgår af potentialekortet, så falder potentialet i det terrænnære grundvand fra den nordligste del af grøften i sydøstlig retning mod havnebassinet, svarende til en sydøstlig strømningsretning. Potentialet i det terrænnære grundvand fra den sydligste del af grøften falder i en syd-sydøstlig retning. Strømningsretningen er som ventet mod Møllebugthavnen, men altså med mindre forskelle afhængigt af, hvor på havnen vandet strømmer.

#### Hydraulisk gradient (i)

Den hydrauliske gradient (i) angiver hældningen på vandspejlet i de enkelte magasiner. En høj gradient giver en større strømningshastighed og dermed en større opblanding i magasinet, hvilket resulterer i en lavere koncentration. Gradienten, der er bestemt ud fra potentialekortet, varierer over projektområdet, og er størst (0,011) i området mellem grøften og tankområdet (område A), hvorfra den aftager i nedstrøms retning. Ved selve tankområdet (område B) er gradienten bestemt til 0,006 og mellem tankområdet og havnefronten ved Møllebugtvej (område C) er gradienten aftaget til 0,004. Gradienterne er angivet i tabel 8.8. Fluxplaner svarende til område A-C er angivet på figur 10.1.

På den resterende del af havnen, omfattende Nordkajen og Oeankajen, aftager gradienten yderligere. Da pejlingerne er foretaget ved højvande, kan det ikke udelukkes, at der i denne periode kan forekomme en mindre opstuvning af grundvand, som afstrømmer til havnen, når vandet der trækker sig tilbage.

#### Hydraulisk ledningsevne (k)

Den hydrauliske ledningsevne (k) udtrykker magasinets permeabilitet og typiske værdier kan

generelt variere med flere størrelsesordener, og er dermed ofte en af de mest usikkert bestemte parametre i risikovurderingen. Den hydrauliske ledningsevne kan estimeres ved kornkurvefordeling, slugttests, pumpetest i en enkelt boring eller ved pumpetests med observationsboringer. I dette tilfælde er den bestemt ved kornstørrelsesfordeling (efter DS 415). Resultatet fremgår af tabel 8.8. Kornkurver er vedlagt som bilag 3.6.

Dybde [m u.t.]	$d_{10}$ [mm]	$k$ [m/s]	Jordbeskrivelse
0-2,0	i.a.	i.a.	Fyld, Sand, mellem, muldet, enkelte gruskorn, mørkebrunt
2,5-3,5	0,0013	$1,7 \cdot 10^{-8}$	Fyld, Ler, siltet, sandet, muldpletter, rodrester, Mn-udfældninger, okkerbrunt-lysebrunt-brunt, vådt
4,0-4,5	0,25	$6,3 \cdot 10^{-4}$	Sand, fint-mellem, gruset, gråt, vådt
5,0-6,0	0,26	$6,8 \cdot 10^{-4}$	Sand, fint-mellem, gråt, vådt
6,5-7,5	0,013	$1,7 \cdot 10^{-6}$	Gytje, svagt leret, svagt sandet, planterester, glimmerholdigt, mørkegråt, vådt
8,0-10,0	0,022	$4,8 \cdot 10^{-6}$	Sand, fint, siltet, glimmerholdigt, gråt, vådt

**Tabel 8.8** Hydraulisk ledningsevne for forskellige dybder i boring B55 (efter DS 415) (i.a.: ikke analyseret).

### Strømningshastighed

Vandføringen eller strømningshastigheden,  $v$ , er bestemt ud følgende udtryk:  $v = k \cdot i / e_{\text{eff.}}$ , hvor  $k$  er jordlagets hydrauliske ledningsevne,  $i$  er den hydrauliske gradient og  $e_{\text{eff.}}$  er den effektive porøsitet. Den effektive porøsitet er valgt ud fra  $1/24$ . De beregnede strømningshastigheder fremgår af tabel 8.9.

Område	Hydraulisk ledningsevne ( $k$ ) [m/s]	Hydraulisk gradient ( $i$ ) [m/m]	Effektiv porøsitet ( $e_{\text{eff.}}$ )	Vandføring ( $v$ ) [m/s]	Vandføring ( $v$ ) [m/døgn]
A	$6,5 \cdot 10^{-4}$	0,011	0,3	$2,4 \cdot 10^{-5}$	2,1
B	$6,5 \cdot 10^{-4}$	0,006	0,3	$1,3 \cdot 10^{-5}$	1,1
C	$6,5 \cdot 10^{-4}$	0,004	0,3	$0,87 \cdot 10^{-5}$	0,75

**Tabel 8.9** Grundvandsdata.

Det terrænnære grundvand på Fredericia Havn strømmer dermed med en hastighed på mellem  $0,87 \cdot 10^{-5}$  og  $2,4 \cdot 10^{-5}$  m/s, svarende til en strømning på 0,75-2,1 m/døgn.

Med en afstand mellem grøften bag Autohuset Vestergaard og Møllebugthavnen (ved nordlige del af Møllebugtvej) på ca. 220 m, vil det således tage mellem 107 og 294 døgn at tilbagelægge denne afstand.

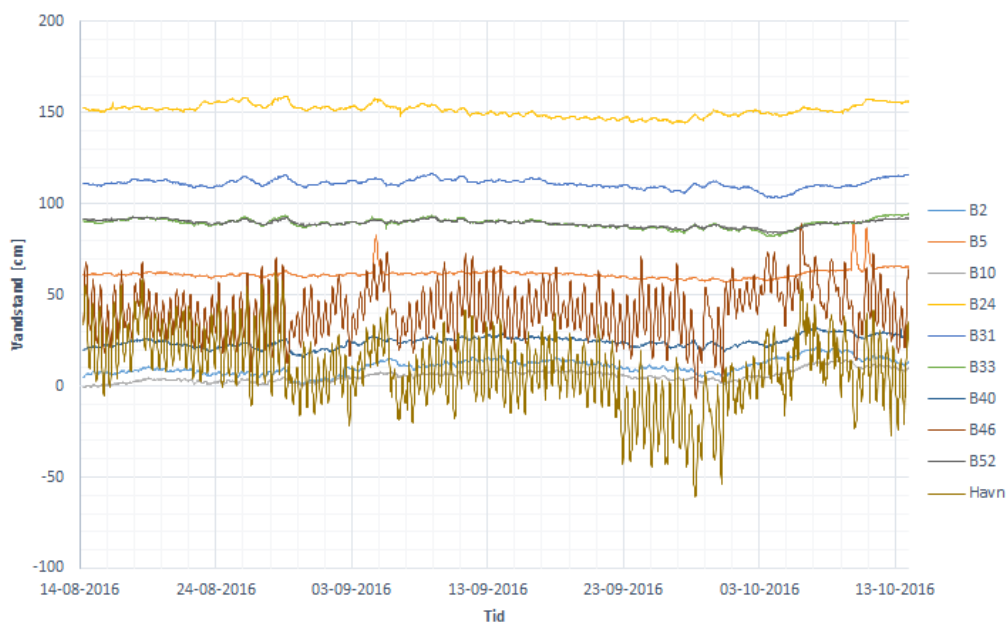
Fra grøften i nedstrøms retning til Océankajen er der ca. 600 m, og det vil derfor tage 291-801 døgn at tilbagelægge denne strækning.

### Vandstandslogning

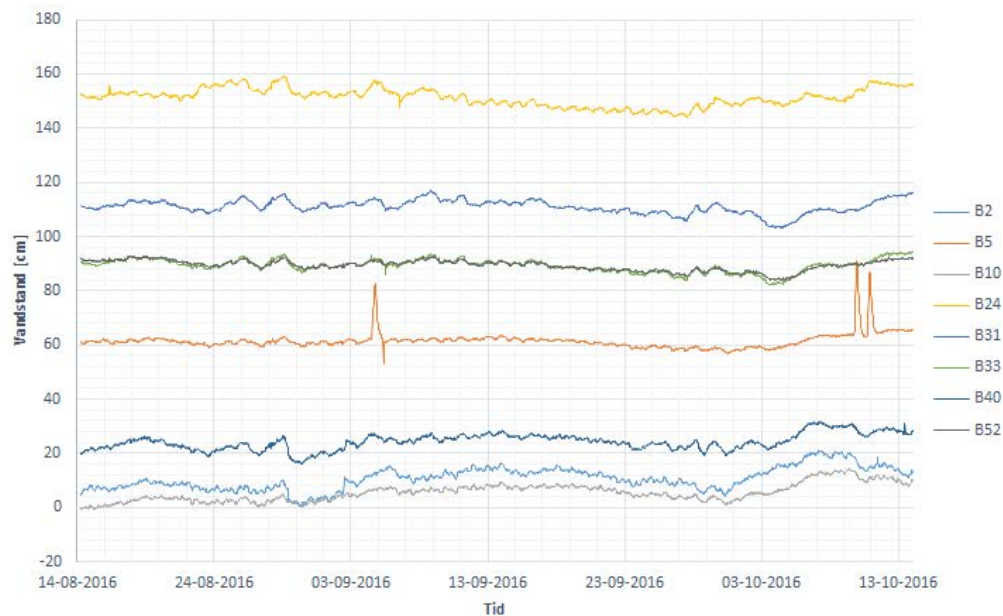
Der er siden den 12. august foretaget registrering af vandstands niveauet i 10 filtersatte boringer via diverse placeret i boring B2, B5, B10, B24, B31, B33, B40, B42, B46 og B52 samt ved molen (kaj 23) i Møllebugthavnen. Data er tappet for perioden 14. august til 14. oktober, hvorefter der er foretaget beregninger til compensation for barometertryk, og data er relateret til indmålte koter for top af boringer. Beregningerne er foretaget i programmet Diver-Office 2016. Resultatet af målingerne fremgår af figur 8.9. På figur 8.10 er målingerne fra havnen og B46 fjernet for bedre at kunne se vandstandsvariationerne i de øvrige boringer.

Som det fremgår af figur 8.9 er der stort sammenfald mellem de målinger, der er foretaget i boring B46 og i havnen, hvilket viser, at B46 er kraftigt påvirket af havnens vandstandsændringer. Af figur 8.9 og 8.10 ses det, at også de øvrige boringer er påvirket af de vandstandsændringer, der sker i havnebassinet, men dog i langt mindre grad.

Data fra vandstandsloggerne bekræfter den beskrevne strømningsretning, og dokumenterer samtidig, at strømningsretningen har været uændret gennem måleperioden, undtagen for boring B46, der som nævnt ovenfor, i højere grad har fulgt havvandets vandstandsændringer.



**Figur 8.9** Vandstandsændringer som funktion af tid (data fra alle diverse for perioden 14. august til 14. oktober 2016).



**Figur 8.10** Vandstandsændringer som funktion af tid (data fra alle diverse med undtagelse af diver i B46 og Havn, for perioden 14. august til 14. oktober 2016).

## 9. Forureningsudbredelse og massebalance (0 og 6 måneder)

Kapitel 9 indledes med en vurdering af nedsivet gødningsvand på land i døgnene umiddelbart efter udslippet. Herefter redegøres for massebalancen i jord og grundvand efter 6 måneder. Sidst i kapitlet sammenholdes beregninger og resultater fra 0 og 6 måneder med henblik på at verificere og kvalificere den samlede massebalance ved spildet og mængden som er omsat og afdampet som ammoniak.

### 9.1 Kvælstof i jorden umiddelbart efter skaden (0-2 døgn)

Det samlede udslip af gødning er opgjort til ca. 4.800 ton total N, hvoraf organisk kvælstof fra urea-opløsning (amid-N) udgør 2.780 ton eller ca. 58 % af den samlede spildmængde på ca. 4.800 ton.

Gødningsvandet vurderes primært at være nedsivet i jorden i de ubefæstede arealer ved grøften bag Autohuset Vestergaard A/S og i de ubefæstede banearaler.

#### *Skønnet frit gødningsvand i grøften efter skaden*

Efter skaden er der registreret gødningsvand i grøfteområdet bag Autohuset Vestergaard. Dette område er opmålt af COWI og udgør et "badekar" baseret på volumenet under kote 2,03. Det samlede areal under kote 2,03 udgør 7.145 m<sup>2</sup> og volumenet med frit gødningsvand er i dag beregnet til at være 599 m<sup>3</sup>, svarende til gennemsnitlig dybde på 8 cm. Det er ikke muligt at fastslå i hvilket omfang badekarret før ulykken har været dybere, men i tillæg til biler og gødningsvand er blevet fyldt op med sten, mudder og stabilgrus flyttet med bølgen af gødningsvand.

Baseret på badekarrets minimumsvolumen – og efter mætning af jorden i hele grøftens arealmæssige udstrækning, jf. nedenfor – har der efter ulykken stået gødningsvand, der med en koncentration på 422 kg total-N/m<sup>3</sup> (jf. tabel 3.1) svarer til 252 ton total-N.

Der har på hegnspele i området kunnet konstateres ætsninger op til netop kote 2,03, hvilket viser, at gødningsvandet har stået op til dette niveau i flere dage efter ulykken. Set i lyset af nedsivningshastighed beskrevet nedenfor, viser dette, at der er sket en stabilisering af gødningsvandets højde efter en relativ hurtig mætning af de underliggende jordlag.

#### *Beregningsmetode 1: Mættet gødningsvand i jordens porevolumen*

I de ubefæstede arealer er overfladerne domineret af muld langs rabatter og grøfteområdet bag Autohuset Vestergaard, ligesom hele det ubefæstede banearal er sandede aflejringer. Nedsivningshastigheden i sandede aflejringer (K-værdi) i umættet zone er erfaringsmæssigt 0,001 til 0,0001 m/s eller henholdsvis 3,6 m/time og 0,36 m/time /18/. Det betyder, at en umættet zone på eksempelvis 1,5 m reelt kan infiltreres inden for 30 min til ca. 4 timer ved opstuvning af vand. Det tunge N32 gødningsvand har en massefylde på 1,32 kg/l, hvilket medfører en højere nedsivningshastighed end vand. Den udførte undersøgelse dokumenterer en høj tilledning og nedsivning af gødningsvand til jord og grundvand - i både ubefæstede og befæstede arealer.

Det koncentrerede N32 gødningsvand har en koncentration på 320 g total-N/kg og en vægtfylde på 1,32-1,33 kg/l. Det betyder at 1 m<sup>3</sup> gødningsvand vejer ca. 1.320 kg og at der i 1 m<sup>3</sup> N32 gødning er 422 kg total-N. Ved skaden antages grøftens umættede zone fyldt med koncentreret N32 gødning. Ved en porøsitet på 0,3 medfører det et indhold på ca. 127 kg total-N/m<sup>3</sup> jord. I beregningen antages en fuld mætning fra 0-2 m u.t., da det er dokumenteret, at gødningsvand er tilledt, opløst og transporteret til og med grundvandet. Det er endvidere dokumenteret, at der er sket nedsivning i terrænnære jordlag selv i befæstede arealer, hvilket dog er udeladt af beregninger anført i tabel 9.1. I tabel 9.1 er den potentielle restmængde gødning, som kan være afledt til renseanlæg, Lillebælt, opsamlet ved den akutte indsats o.lign. beregnet som

differencen mellem et kendt udslip på 4.800 ton og den beregnede mængde kvælstof tilledt og mættet i de øvre jordlag.

Område	Jordvolumen [m <sup>2</sup> & m <sup>3</sup> ]	Fyldt porevolumen [kg/m <sup>3</sup> ]	Sum total-N [ton N]	Samlet udledt og nedsivet mængde kvælstof i ubefæstede arealer [ton N]
Grøft	4.689 m <sup>2</sup> 9.378 m <sup>3</sup>	ca. 127	ca. 1.200	2.700
Baneareal	5.900 m <sup>2</sup> 11.800 m <sup>3</sup>	ca. 127	ca. 1.500	
Frit gødningsvand i grøften bag Autohuset Vestergaard				250
Redegjort				2.950
Potentielt restmængde kvælstof nedsivet under andre arealer på havnen, afledt til renseanlæg, udledt Lillebælt, afdampet ved branden og opsamlet ved den akutte indsats.				1.850
Total				4.800

**Tabel 9.1** Beregning af gødning tilledt jordlag i ubefæstede arealer og derefter grundvand.

Beregninger anført i tabel 9.1 medfører en samlet tillægning til jordlag i ubefæstede arealer på land på ca. 2.950 ton kvælstof, og en øvrig gødningsmængde på ca. 1.850 ton (ca. 39 % af det samlede spild), som kan være tilledt Lillebælt, renseanlægget og være tilbageholdt i jord og grundvand på land uden for det definerede område (grøft + baneområde).

#### Beregningsmetode 2: Kvælstof beregnet ud fra jordkoncentrationer

Som bilag 2 er vedlagt konturerede kort over udbredelsen af kvælstof i de øvre jordlag, som eksempelvis indholdet af kvælstof fra 0-0,5 m u.t. efter 6 måneder. Såfremt det orange område med koncentrationer over 2.000 mg/kg TS efter 6 måneder defineres som kildeområde umiddelbart efter skaden, selvom der i den mellemliggende periode på 6 måneder er sket en kombineret omsætning og fordampning, kan dette areal opgøres til 13.747 m<sup>2</sup>.

Det forudsættes af gødningsvand er trukket ned i gennem den umættede zone og opblandet i grundvandszonen til ca. 6 m u.t., hvilket medfører et samlet påvirket jordvolumen på ca. 82.500 m<sup>3</sup>.

Selv efter 6 måneders omsætning og fordampning er der i grøften påvist koncentrationer i jorden på op til 11.000-18.000 mg/kg TS. Ved de udførte forsøg med N32 og N16 (kap. 7) er de gennemsnitlige startkoncentrationer af N-16 og N-32 ved forsøgets start den 19. september ligeledes målt til henholdsvis 11.000 mg-N/kg TS (B1-B3, N-16) og 18.000 mg-N/kg TS (C1-C3, N-32).

I tabel 9.2 er der udført beregninger af massen af kvælstof i jorden i døgnene efter skaden med en gennemsnitlig koncentration på henholdsvis 11.000 mg/kg TS og 18.000 mg/kg TS. I tabel 9.2 er den potentielle restmængde gødning, som kan være afledt til renseanlæg, Lillebælt, opsamlet ved den akutte indsats o.lign. beregnet som differencen mellem et kendt udslip på 4.800 ton og den beregnede mængde kvælstof tilledt og bundet i jord og grundvand umiddelbart efter skaden.

Jordvolumen [m <sup>3</sup> ]	Massefylde [kg/m <sup>3</sup> ]	Kvælstofindhold [mg/kg]	Kvælstofindhold [kg/ton]	Samlet kvælstofindhold i jorden [ton N]	
82.500	1.800	11.000	11	1.630	
	1.800	18.000	18		2.670
Frit gødningsvand i grøften bag Autohuset Vestergaard				250	250
Redegjort				<b>1.880</b>	<b>2.920</b>
Potentielt restmængde kvælstof afledt til renseanlæg, Lillebælt, afdampet ved branden og opsamlet ved den akutte indsats.				<b>2.920</b>	<b>1.880</b>
Total				<b>4.800</b>	<b>4.800</b>

**Tabel 9.2** Beregning af gødning tilledt jord- og grundvand i kildeområde i døgnene efter skaden.

Beregninger anført i tabel 9.2 medfører en samlet tillægning til jord- og grundvand samt overfladevand i grøften på 1.880-2.920 ton kvælstof, og en øvrig tilsvarende mængde gødning som kan være tilledt Lillebælt, dvs. 40-60% tilledt på land og 40-60% til renseanlæg, Lillebælt m.v.

#### Sammenfatning – beregningsmodel 1 og beregningsmodel 2

Den opgjorte mængde kvælstof i jorden er overordnet set ikke afhængig af, om beregningsmodel 1 og 2 anvendes.

#### Frigivelse af ammoniak grundet hydrolyse og tilsat ammonium i N32

Som det fremgår af kapitel 3 indgår ammonium-ammoniak i en ligevægt, hvor ammoniak frigives og afgasser ved stigende pH. Det er veldokumenteret i publicerede artikler /4-7,9-10,14-16/, at en frigivelse af ammoniak på 30-50 % ved udbringning på landbrugsarealer inden for de første døgn vil forekomme. Både forskningscenter Foulum /23/ og Københavns Universitet /8/ bekræfter, at den samme grad af afgasning må forventes at forekomme på Fredericia Havn, hvor der endvidere er påvist høje, maksimale, pH forhold i jordlagene, hvilket forstærker afgasningen, grundet en forskydelse af ligevægten /23/.

Som omtalt i kapitel 7 er dette forhold ligeledes bekræftet ved kontrollerede jordforsøg med N32, N16 og urea udført ved DMR's laboratorium. I forsøgene med den rene urea-opløsning er der selv ved startprøven udtaget efter få timer påvist ammonium-ammoniak på 7.700 mg/kg TS ud af et samlet gennemsnitlig kvælstofindhold på 11.000 mg/kg TS, dvs. 70% af den samlede kvælstofmængde i N16 er inden for de første 48 timer omdannet fra urea til ammonium-ammoniak med en høj potentiel afdampning af ammoniak grundet høje pH forhold i jorden. N32 indeholder i forvejen 25 % ammonium, og der er ved "jordprøve 0" påvist et indhold af ammonium på ca. 35 %, hvilket vurderes at være forårsaget af en lavere pH i N32 ift. N16, se kapitel 7.

Ovennævnte observationer af en høj omsætning/hydrolyse af urea bekræftes ved, at der ud af de 10 vandprøver analyseret for urea ikke er påvist urea over laboratoriets detektionsgrænse i 8 vandprøver, dvs. ingen indhold af urea i 80 % af vandprøver uagtet en udledning af urea på 2.800 ton ud af de 4.800 ton kvælstof. Der er kun i to vandprøver påvist et indhold af urea på 64 og 154 mg/l.

Opsummeret betragtes det som veldokumenteret og sandsynliggjort, at der ved spildet må forventes en fordampning af ammoniak i størrelsesordenen 30 % kort tid efter skaden. Fra skaden og frem til undersøgelsesresultaterne udført efter 6 måneder vurderes det derfor som validt at forudsætte en afgasning af ammoniak på 30 %. I nedenstående tabel er den forventede

afgasningen og frigivelse af kvælstof via ammoniak beregnet for de to udførte beregninger af startkoncentrationer.

Beregningsmetode	Beregnet mængde kvælstof ved skaden i jord [ton]	Afgasning ammoniak [%]	Mængde afgasset kvælstof [ton N]	
1	2.700	30	810	
2	1.630-2.670	30		490-800
Grøft	252	30	76	76
Samlet			886	566-876

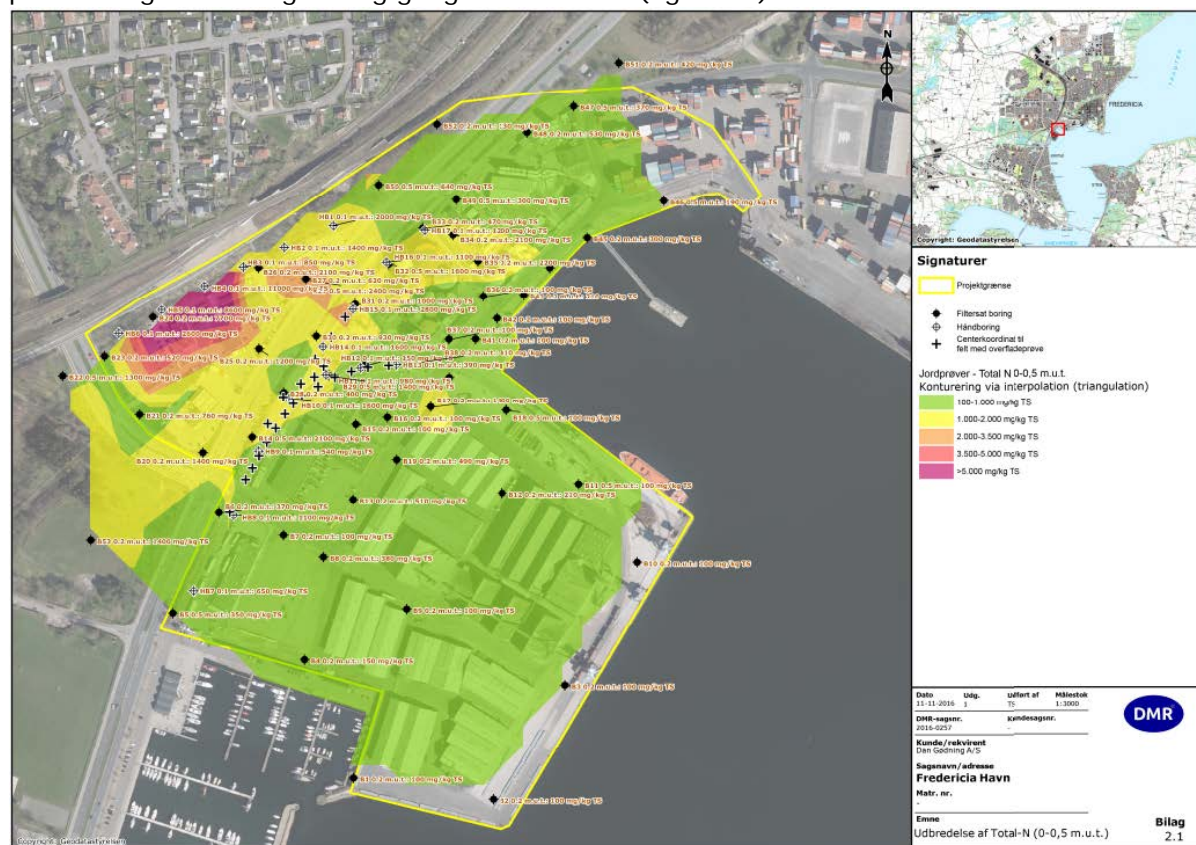
**Tabel 9.3** Skønnet fordampning på land fra udslippet.

Som det fremgår af tabel 9.3 forventes den samlede fordampning af ammoniak på land at være i størrelsesordenen 570-890 ton kvælstof.

I de følgende afsnit redegøres for påvist kvælstof i jord og grundvand ved undersøgelsen udført efter 6 måneder, dvs. efter en frigivelse og afdampning af ammoniak. Som nævnt er dette forhold bekræftet ved feltundersøgelser, hvor der i modsætning til perioden lige efter skaden, er påvist ingen eller kun svag lugt af ammoniak i langt størstedelen af de udførte borer (B1-B56), som er etableret 6 måneder efter skaden.

## 9.2 Kvælstof i jord efter 6 måneder

Udbredelsen af kvælstof i de øvre jordlag fra 0-0,5 m u.t. efter 6 måneder er vist på situationsplan vedlagt som bilag 2.1 og gengivet nedenfor (figur 9.1).

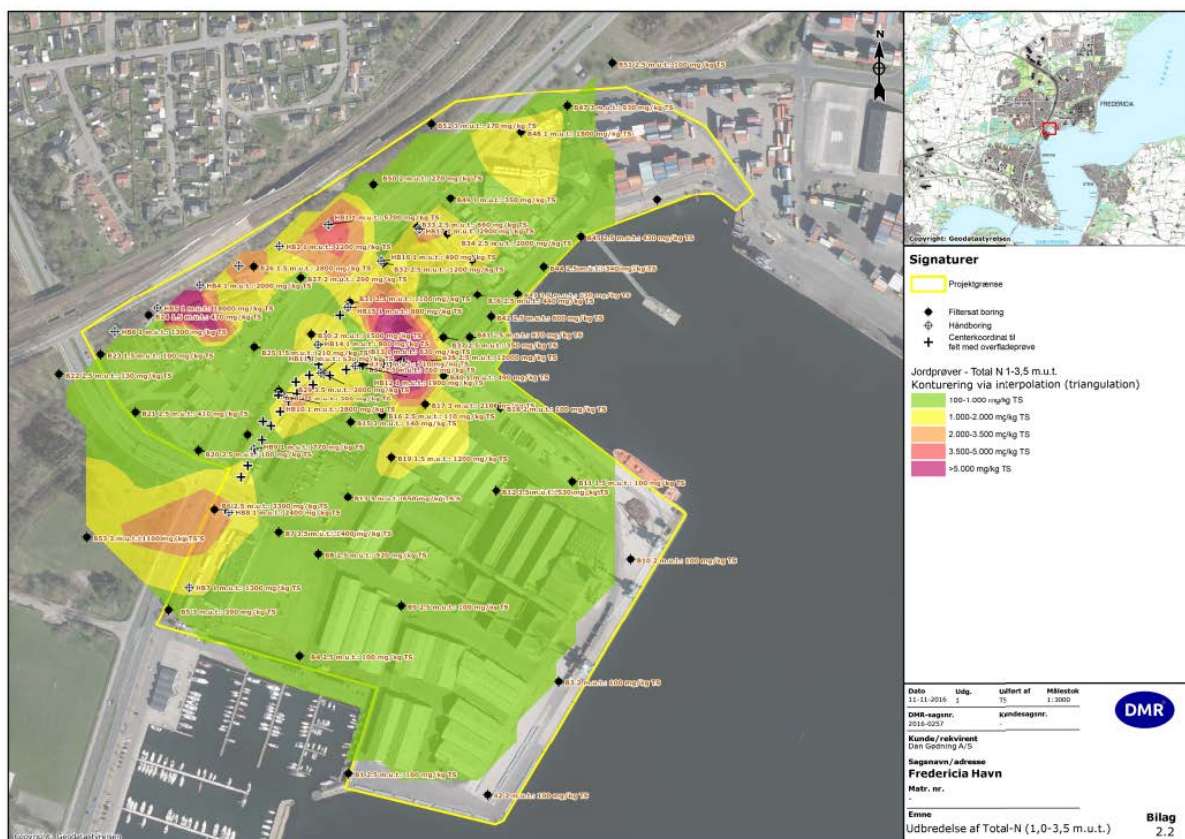


**Figur 9.1** Udbredelse af kvælstof i overfladejorden (0-0,5 m u.t.) efter ca. 6 mdr.

Fredericia Kommune har godkendt undersøgelsesprogrammet, hvor det fremgår, at baggrundsniveauet fastsættes ved et gennemsnit af indholdet af total-N målt i de tre borer (boring B22, B51 og B53), hvor en overskridelse på 25 % over baggrundniveauet kan betragtes som

afgrænsende. I kapitel 8.1 er det gennemsnitlige baggrunds niveau af kvælstof analyseret til 800 mg/kg TS, hvilket med et tillæg på 25% medfører et afgrænsningskriterium på 1.000 mg/kg TS /2/. De grønne arealer repræsenterer dermed områder som baggrunds niveauet (ikke påvirkede arealer), hvorimod de øvrige farvede arealer må anses for påvirket af udledningen.

Udbredelsen af kvælstof i jordlagene fra 1-3,5 m u.t. efter 6 måneder er vist på situationsplan vedlagt som bilag 2.2 og gengivet på nedenstående kortudsnit (figur 9.2).

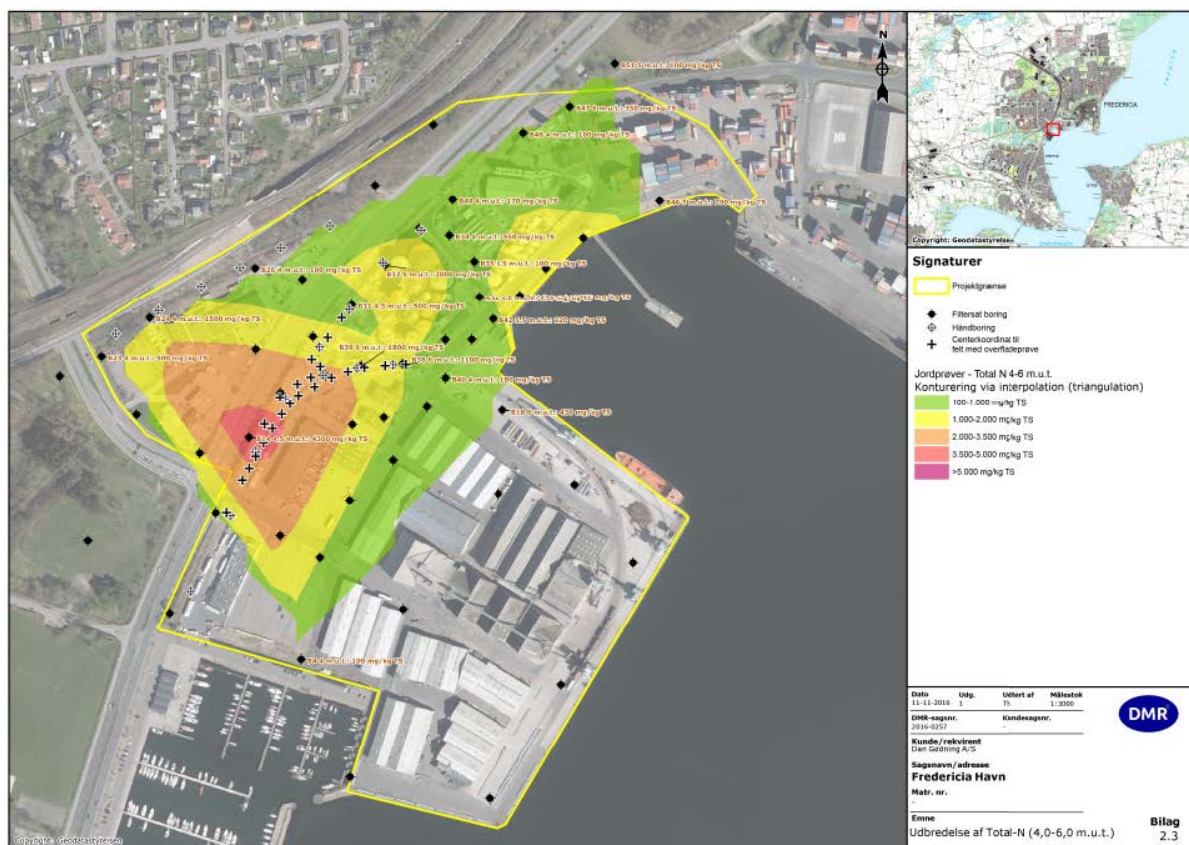


Figur 9.2 Udbredelse af kvælstof (1-3,5 m u.t.) efter ca. 6 mdr.

GIS-kortet med udbredelsen i jordlag fra 1-3,5 m u.t. viser udbredelsen af total-N i jorden i og umiddelbart over grundvandszonen. I de grønne områder er der fortsat påvist maksimalt 1.000 mg N/kg TS, hvilket er identisk med det aftalte afgrænsningskriterium. Som figur 9.2 viser, er der fortsat efter 6 måneder et hotspot-område i grøfteområdet nordvest for Strandvejen, men samtidig også "nye/tilbageværende" kildeområder ved og nedstrøms tankgården og det ubefæstede banearial. Udbredelsen indikerer en transport og spredning i jord i forbindelse med mætning og via grundvandet til dybereliggende områder med fortsat højt indhold af kvælstof. Resultaterne vurderes at understøtte opfattelsen af en høj omsætning/hydrolyse af organisk kvælstof (urea) i topjorden, da hotspot-området ved eksempelvis det ubefæstede banearial ikke er påvist i de overliggende jordlag fra 0-0,5 m u.t. Dette kan samtidig være forårsaget og forstærket af fordampning og udvaskning via nedbør.

Resultaterne for jordprøver udtaget i lagene fra 4-6 m u.t. er vist på situationsplan vedlagt som bilag 2.3 og gengivet på nedenstående kortudsnit (figur 9.3).





**Figur 9.3** Udbredelse af kvælstof (4-6 m u.t.) efter ca. 6 mdr.

Udbredelsen af kvælstof (total-N) i jordlagene fra 4-6 m u.t. repræsenterer udbredelsen af total-N i jorden i det sekundære grundvand svarende til 2-4 m under grundvandsspejlet. Som figur 9.3 illustrerer, er der ikke påvist et dybereliggende hotspot-område fra 4-6 m u.t. i grøfteområdet nordvest for Strandvejen. Disse hotspot-områder er efter 6 måneder transporteret nedstrøms, men der vil i forbindelse med nedbør ske en løbende udsivning og påvirkning af grundvandszonen i grøfteområdet fra overliggende jordlag med højt kvælstofindhold.

### 9.2.1 Masseberegninger af kvælstof i jord efter 6 måneder

På baggrund af de foreliggende resultater og konturerede udbredelser i jorden, kan den tilbageværende mængde kvælstof efter 6 måneder estimeres. Nedenfor er beregninger udført for 3 jorddybder (0-1 m u.t.; 1-4,0 m u.t. og 4-6 m u.t.) ud fra påviste koncentrationer og konturerede udbredelser.

Område [mg/kg TS]	Interval [m u.t.]	Areal, opmålt [m <sup>2</sup> ]	Jordvolumen [m <sup>3</sup> ]	Min. total-N [ton]	Max. total-N [ton]
100-1.000	0-1,0	191.356	191.356	34	344
	1-4,0	183.506	550.518	99	991
	4-6,0	62.582	125.164	23	225
<b>Baggrunds niveau (op til 1.000 mg/kg TS)</b>				<b>156</b>	<b>1.561</b>

Område [mg/kg TS]	Interval [m u.t.]	Areal, opmålt [m <sup>2</sup> ]	Jordvolumen [m <sup>3</sup> ]	Min. total-N [ton]	Max. total-N [ton]
1.000-2.000	0-1,0	49.972	49.972	90	180
	1-4,0	44.410	133.230	240	480
	4-6,0	40.617	81.234	146	292
<i>Delsum</i>	-	-	-	<b>476</b>	<b>952</b>
2.000-3.500	0-1,0	5.998	5.998	22	38
	1-4,0	12.939	38.817	140	245
	4-6,0	22.678	45.356	163	286
<i>Delsum</i>	-	-	-	<b>325</b>	<b>568</b>
3.500-5.000	0-1,0	2.452	2.452	15	22
	1-4,0	3.409	10.227	64	92
	4-6,0	2.583	5.166	33	46
<i>Delsum</i>	-	-	-	<b>112</b>	<b>161</b>
>5.000	0-1,0	3.555	3.555	32	65
	1-4,0	4.316	12.948	117	280
	4-6,0	-	-	-	-
<i>Delsum</i>	-	-	-	<b>149</b>	<b>345</b>
<b>Total over baggrunds niveau (over 1.000 mg/kg TS)</b>				<b>1.062</b>	<b>2.026</b>

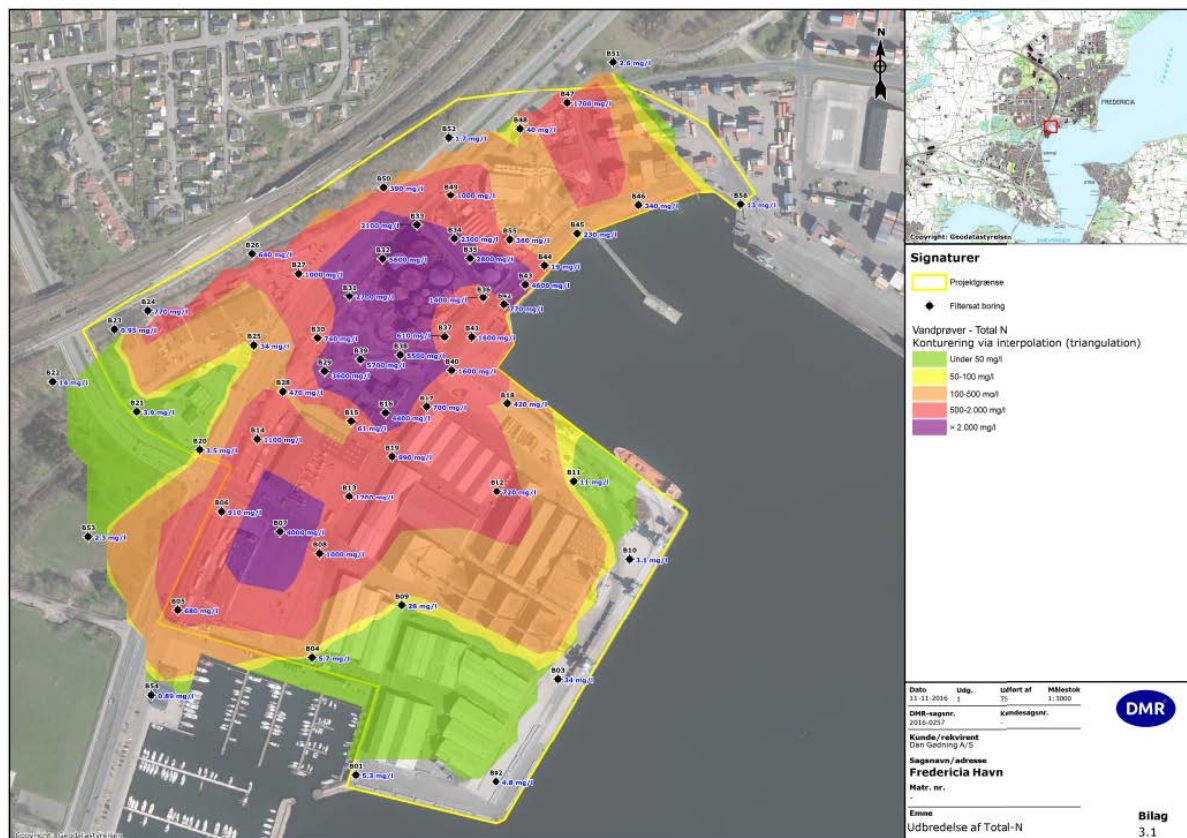
**Tabel 9.4** Opgørelse af koncentrationsintervaller, arealer, jordvolumen og mængder total-N for delområder og total efter 6 måneder og uden fordampning.

I fraktionen op til 1.000 mg/kg TS er der i alt estimeret et indhold af total-N på 1.561 ton. Dette indhold skal i henhold til det godkendte undersøgelsesprogram opfattes som repræsentativt for det naturlige organiske indhold af kvælstof i jorden, svarende til det gennemsnitlige baggrunds niveau på 800 mg/kg TS tillagt 25 %. Den maksimale koncentration i området med over 5.000 mg/kg TS er baseret på det gennemsnitlige indhold af jordkoncentrationer over 5000 mg/kg TS i borerne, beregnet til 10.200 mg/kg TS fra 0-1 m u.t. og 12.000 mg/kg TS for jordlag fra 4-6 m u.t. Det påpeges at der i boring b39 er påvist 9.300 mg/kg TS i jordprøven udtaget 6,5 m u.t., men denne påvirkning og masse indgår ikke i opgørelsen i tabel 9.4.

Den samlede mængde tilbageværende kvælstof udover baggrunds niveauet (dvs. fra 1.000 mg/kg TS) i jorden efter 6 måneder er i tabel 9.4 estimeret til samlet 1.062-2.026 ton total-N. Mængden af kvælstof fra 0-1 m u.t. er beregnet til kun 159-240 ton N, hvilket er meget lavt set i forhold til de estimerede jordkoncentrationer beregnet umiddelbart efter skaden, de påviste startkoncentrationer ved forsøg osv. De lave påviste mængder kvælstof i de terrænnære jordlag opfattes som dokumentation for en høj omsætning (hydrolyse), afdampning af ammoniak og udvaskning fra jordlagene beliggende i primært ubefæstede arealer.

### 9.3 Kvælstof i overfladevand og grundvand efter 6 måneder

Grundvandszonen er generelt startende fra 1,5-2,0 m u.t. og udbredelsen af opløst kvælstof antages at være opblandet og fordelt i hele vandvolumenet indtil 6 m u.t. Resultaterne fra vandprøver udtaget i de 56 filtersatte boringer er vist på situationsplan vedlagt som bilag 3.1 og gengivet på nedenstående kortudsnit (figur 9.4).



**Figur 9.4** Udbredelse af kvælstof i grundvandszonen.

Udbredelsen i grundvandszonen viser, at nedsivningen og opløsningen af kvælstof fra grøfteområdet er aftagende efter 6 måneder, da indholdet i grundvandszonen under grøfteområdet ligger i intervallet 500-2.000 mg/l. Det nuværende kildeområde er koncentreret omkring areaerne øst og sydøst for Strandvejen, hvor der er målt kvælstofindhold på over 2.000 mg/l. Ved nedbør må der forventes pulsdoseringer og udvaskning fra ubefæstede kildeområder i jord beliggende over grundvandsspejlet, som grøfte- og baneområdet. Der er ligeledes påvist områder med høje koncentrationer i grundvandet på det sydlige havneområde. Dette stemmer godt overens med potentialeforholdene, hvor der udover strømningsretningen mod Møllebugthavnen også er en strømningsretning mod netop sydøst. De grønne områder illustrerer indhold på under 50 mg/l, hvilket er over baggrunds niveauet på typisk 13 mg/l. Hot-spot områder er farvelagt med lilla og repræsenterer indhold af total-N over 2.000 mg N/l.

Indhold af kvælstof i grundvandszonen er estimeret nedenfor for de enkelte delområder. Ved en vandsøjle på 4 m (2-6 m u.t.) vil hver 1.000 m<sup>2</sup> repræsentere et vandvolumen på ca. 1.200 m<sup>3</sup> med en anvendt porøsitet på 30 % i grundvandszonen.

Område [mg/l]	Areal [m <sup>2</sup> ]	Vandvolumen [m <sup>3</sup> ]	Min. total-N [ton]	Max. total-N [ton]
50	45.885	55.062	-	3
50-100	9.672	11.606	1	1
100-500	64.819	77.783	8	39
500-2.000	88.628	106.354	53	213
> 2.000	33.360	40.032	80	80
<b>Total</b>	-	-	142	336

**Tabel 9.5** Opgørelse af koncentrationsintervaller, arealer, vandvolumen og mængder total-N for delområder og total.

Den samlede mængde tilbageværende kvælstof i grundvandszonen efter 6 måneder er beregnet til samlet 142-336 ton total-N.

#### 9.4 Samlet opgørelse af kvælstof i jord og grundvand efter 0 og 6 måneder

For at give et overblik er de beregnede massebalancer for 0 og 6 måneder samlet i tabel 9.6 samt differencen mellem beregnet og påvist indhold efter 6 måneder, hvor denne forskel tilskrives fordampning af ammoniak.

	Interval [ton N]	
	Minimum i jord efter 6 måneder	Maksimum i jord efter 6 måneder
<b>Beregningsmetode 1:</b>		
Forventet startindhold af kvælstof, inkl. frit gødningsvand i grøft uden 30% fordampning	2.950	2.950
Kvælstof (total-N) i jord efter 6 måneder	1.062	2.026
Kvælstof (total-N) i grundvand efter 6 måneder	142	336
Forskel på beregnet startmasse og påvist restindhold i jord og grundvand efter 6 måneder	1.746	588
Forskel i procent på beregnet (0 mdr.) og påvist efter 6 mdr. [%]	59 %	20 %
<b>Beregningsmetode 2:</b>		
Forventet startindhold af kvælstof, inkl. frit gødningsvand i grøft uden 30% fordampning	1.880	2.922
Kvælstof (total-N) i jord efter 6 måneder	1.062	2.026
Kvælstof (total-N) i grundvand efter 6 måneder	142	336
Forskel på beregnet startmasse og påvist restindhold i jord og grundvand efter 6 måneder	676	560
Forskel i procent på beregnet (0 mdr.) og påvist efter 6 mdr. [%]	36 %	19 %

**Tabel 9.6** Masseopgørelse af kvælstof (total-N) i ved skaden og efter 6 måneder.

Tabel 9.6 sammenstiller estimeret massebalance i døgnene efter skaden beregnet ved to metoder sammenholdt med de påviste indhold i jord og grundvand efter 6 måneder. Differencen mellem 0 og 6 måneder er opgjort til 19-59 %. De beregnede afdampningsprocenter må betegnes som sammenfaldende med forventningerne, se blandt andet /4-7, 9-10,14-16/.

Opsummeret betragtes det derfor som veldokumenteret og sandsynliggjort, at der, efter ulykken, er sket en fordampning af ammoniak i størrelsesordenen 30 %.

Beregningerne er sammenfattet i nedenstående tabel 9.7.

Område	ton total-N – interval [ton N]	
Kvælstof (total-N) i jord efter 6 måneder	1.062	2.026
Kvælstof (total-N) i grundvand efter 6 måneder	142	336
Fordampning på 30 %, se tabel 9.3	570	890
Frit gødningsvand i grøften	252	252
Gødningsvand tilledt Fredericia renseanlæg	Ukendt	Ukendt
Kvælstof indhold i 1.200 ton opsamlet væske/vand ved den akutte indsats	Ukendt	Ukendt
Gødning bundet til palmeolien	2	2
<b>Sum</b>	<b>2.028</b>	<b>3.506</b>
Potentiel restmængde kvælstof afledt til renseanlæg, Lillebælt, af-dampet ved branden og opsuget ved den akutte indsats	2.772	1.294

**Tabel 9.7** Massebalance og opgørelse af total-N.

Sammenholdt med en samlet udledning af gødning på 4.800 ton, kan den potentielle mængde gødning tilledt bl.a. Lillebælt, renseanlægget og opsamlet væske ved den akutte indsats opgøres til ca. 1.294-2.770 ton kvælstof eller 27-58 % af den samlede spildmængde. Tilsvarende er mængden af gødning tilledt jord og grundvand på land beregnet til 40-70 % af det samlede spild på 4.800 ton kvælstof.

## 10. Risikovurdering

På baggrund af undersøgelsens resultater er der udarbejdet en risikovurdering i forhold til arealanvendelsen (kontakt), områdets grundvand og målsat overfladevand.

### 10.1 Kontakt

Der er ved undersøgelsen målt kvælstofindhold i jorden på op til 18.000 mg/kg TS. De forhøjede indhold af kvælstof vurderes ikke at udgøre en risiko for områdets nuværende anvendelse til erhverv, men det kan ikke udelukkes, at områder med de højeste indhold af kvælstof kan udgøre en risiko for arealanvendelsen, hvis denne overgår til følsom anvendelse fx bolig. En omdannelse af havneområdet til boligområde vil i forvejen betinge rene jordaflejringer i de øvre 0,5 m i ubefæstede jordarealer. De forhøjede kvælstofindhold kan desuden udgøre en potentiel påvirkning i forbindelse med gravearbejde og flytning af kvælstofholdig jord i form af frigivelse og lugt af ammoniak.

### 10.2 Grundvand

Fredericia Havn ligger i et område med begrænsede drikkevandsinteresser (OBD) og med en afstand til nærmeste område med særlige drikkevandsinteresser (OSD) på mere end 4 km (mod vest). Afstanden til nærmeste indvindingsboringer til almen vandforsyning er desuden større end 2 km. Strømningen i det terrænnære grundvand sker i retning mod havnen (sydøstlig og syd-sydøstlig retning), og dermed i retning væk fra OSD og indvindingsboringer til almen vandforsyning. På baggrund af de geologiske og hydrogeologiske beskrivelser i kapitel 6 vurderes grundvandet altovervejende at strømme horisontalt i de permeable sandlag, svarende til det terrænnære (sekundære) grundvand. Det vurderes derfor, at de målte indhold af kvælstof i grundvandet ikke udgør en risiko for områdets grundvandsressource.

### 10.3 Overfladevand

Til vurdering af om udsivning af kvælstofholdigt grundvand til havnen kan udgøre en risiko for Lillebælt, der er målsat overfladevand, er der foretaget en fluxberegning, så det kan estimeres hvor meget kvælstof, der kan forventes at strømme i havnen. Resultatet af fluxberegningerne følger nedenfor og vil sammen med kendskabet til de lokale strømningsforhold mv. indgå i en risikovurdering i forhold til målsat overfladevand.

#### 10.3.1 Flux

Først er der beregnet en horisontal stofflux i det terrænnære grundvand ud af kildeområdet. Fluxen er estimeret ved at betragte tværsnit gennem kildeområdet, og beregne efter følgende udtryk:

$$J = (H \cdot B) \cdot C \cdot k \cdot i,$$

hvor J er fluxen [g/år], H og B er hhv. højde og bredde af tværsnittet [m], C er koncentrationen [ $\mu\text{g/l}$ ] = [ $\text{mg/m}^3$ ], k er den hydrauliske ledningsevne [m/s] og i er den hydrauliske gradient [m/m].

Grundvandet vil fortrinsvist bevæge sig i de områder, hvor der er den største permeabilitet, hvilket for boring B55 vil sige dybden 4-6 m u.t. Ifølge den geologiske beskrivelse er det vurderet, at dette lag af fyldsand varierer over havnearealet, og at det andrager tykkelser på mellem 1-5 m. På grund af variationen i de forskellige geologiske lags udbredelse, der er observeret i boreprofilerne (bilag 7), er der i det følgende foretaget fluxberegninger for både en hydraulisk ledningsevne på  $1,7 \cdot 10^{-8}$  m/s (k-værdi for 2,5-3,5 m u.t. jf. tabel 8.8) og en hydraulisk ledningsevne på  $6,51 \cdot 10^{-4}$  m/s (gennemsnitlig k-værdi for 4-6 m u.t. jf. tabel 8.8). Den mættede zone er antaget at have en udbredelse på 4 m (2-6 m u.t.).



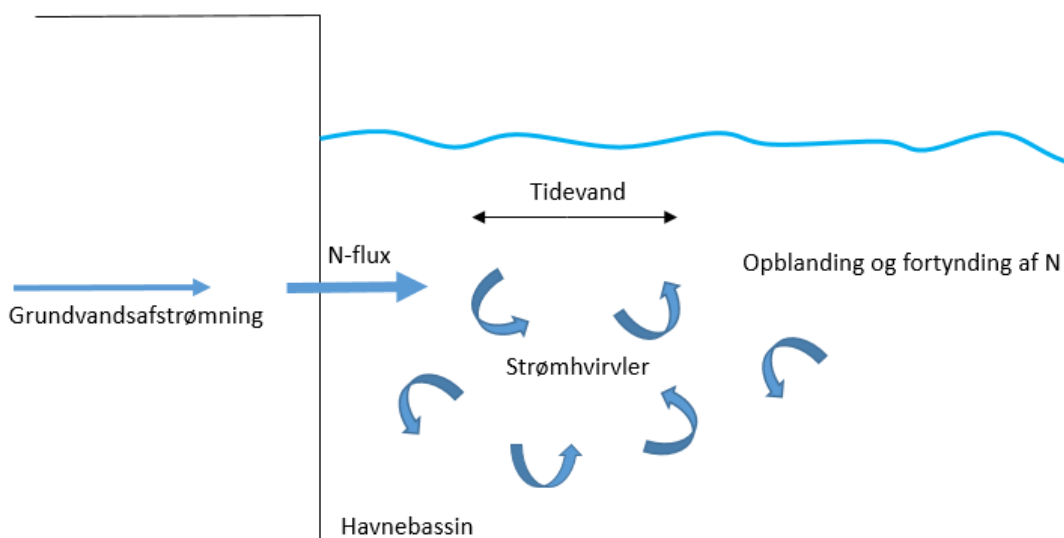
medfører en forskel i fluxen på op til ca. en faktor 42.000. Det er ud fra en konservativ betragtning valgt kun at regne videre på den højeste fluxværdi. Ud for denne forudsætning vurderes der hvert døgn over en kort årrække teoretisk at kunne strømme op til ca. 1.266 kg kvælstof ud i havnen og dermed Lillebælt. Den samlede mængde kvælstof i grundvandszonen efter 6 måneder er i kapitel 8 opgjort til 142-336 ton. Såfremt der ikke opløses og tilføres kvælstof fra den umættede zone, vil grundvandsforureningen teoretisk være udvasket efter ca. 110-265 dage eller ca. 4-9 måneder.

Det skal dog bemærkes, at der i beregningen af total-N, der strømmer til havet, ikke er taget højde for nedbrydning og sorption, hvilket betyder, at fluxen opfattes som konservativ. Ved adsorption til jordmatricen ved den horisontale strømning sker der en forsinkelse af spredningen og en reduktion af koncentrationen og dermed en reduceret flux. Samtidig vil mikroorganismer i jord og grundvand reducere mængden af kvælstof. Samlet set vil det medvirke til en mindre stoftransport.

### 10.3.2 Strømningsforhold

Udsivningen af kvælstof sker over hele havnefronten i forskellige dybder. Når det kvælstofholdige grundvand siver ud i havnebassinet vil der ske en fortynding i vandmasserne, og dermed vil koncentrationen af kvælstof falde jo længere man kommer væk fra udledningsfronten. I den sammenhæng er de aktuelle strømningsforhold i havnen helt styrende for graden af opblanding og dermed fortyndingen.

Udstrømningen af kvælstof til havnebassinet er skitseret i nedenstående figur 10.2.



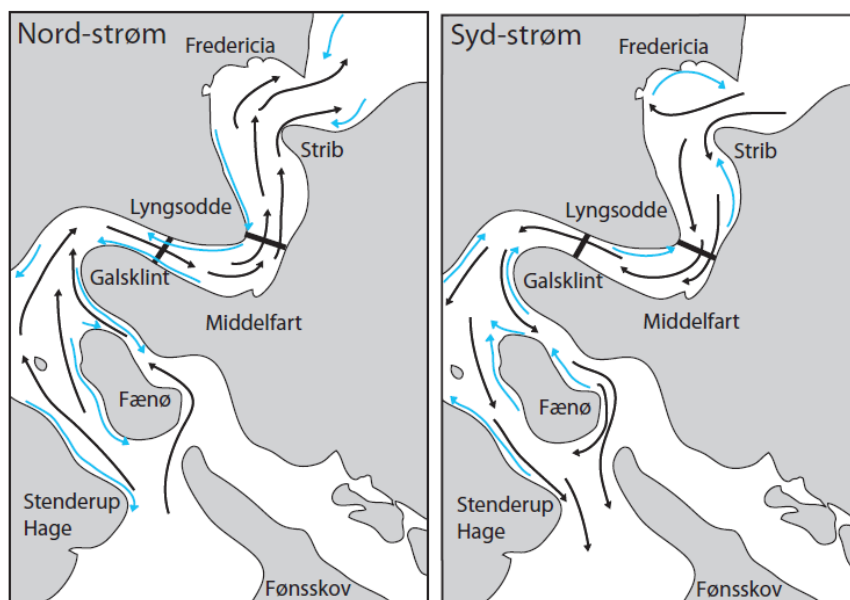
Figur 10.2 Udstrømning af kvælstof til havnebassinet.

#### idvand

Der kan løbe en meget kraftig strøm gennem Snævringen i Lillebælt. Mellem 3 og 5 knob er ikke ualmindeligt i kulingsvejr, og selv under rolige vindforhold løber strømmen som regel med flere knob /21/. Det er vindretningen, der bestemmer hvilken vej vandet strømmer, men også afvanding fra Østersøen spiller en rolle, særligt om foråret, hvor overskudsvand fra floderne betyder, at den nordgående strøm kan være stærk. Kystnært vil strømmen ofte opføre sig anderledes end ude i åbent farvand (se figur 10.3). Snævringens kraftige slyngninger giver markante områder med idvand, hvor vandet trækkes i modsat retning af hovedstrømmen /21/. Disse strømhvirvler driver ind i Fredericia Havn, der ligger åbent ud til Lillebælt som en bøjning på



den kraftige hovedstrøm. Rotationsretning og strømhastighed for idvandet skifter med strømretningen i Lillebælt, dvs. ca. 4 gange i døgnet, baseret på tidevandsfrekvensen /22/. Der er altså tale om et ret dynamisk system med kraftigt skiftende strømforhold og en kraftig vandudskiftning. Således vil selv et beskedent idvand på 0,5 knob (0,257 m/s) i havnebassinet flytte hele vandsøjlen med godt 900 meter pr. time. Den del af havnefronten, der er påvirket af kvælstofholdigt grundvand udgør ca. 800 meter, hvilket betyder, at alt vand langs kajerne udskiftes hver time ved en strømningshastighed på 0,5 knob. Med en antagelse om at strømmen langs kajen har en bredde på 30-50 meter, hvor vanddybden gennemsnitligt er 12 meter, vil der for et givet udsivningspunkt passere ca. 8–13 millioner m<sup>3</sup> vand i døgnet.



Figur 10.3 Strømningsforhold i Lillebælt /21/.

#### Tidevand

I Fredericia Havn sker der desuden en kraftig fortynding som følge af den vandudskiftning, der sker i forbindelse med tidevandsændringer i havnen. Ifølge tidevandstabel for danske farvande /11/ varierer tidevandet i Fredericia Havn med ca. 0,4 meter mellem høj og lavvande. Dette optræder to gange i løbet af en 24,5 timers cyklus, hvilket svarer til en tidevandsbaseret vandudskiftning mellem havnen (anslået areal på 93.000 m<sup>2</sup>) og Lillebælt på ca. 72.882 m<sup>3</sup>/døgn. Sammenholdt med effekten af idvandet, udgør tidevandseffekten således en mindre del af den samlede vandudskiftning i Fredericia Havn.

#### 10.3.3 Resulterende kvælstofkoncentration i havnen

På baggrund af ovenstående beregninger af flux og vandudskiftning i havnen, er der beregnet en koncentration af kvælstof i havnen. Der er taget udgangspunkt i den ovenfor beskrevne vandudskiftning. Med en beregnet flux på 1.266 ton N/døgn betyder det, at den afstrømmende kvælstof fortyndes i en sådan grad, at kvælstofkoncentrationen i havnen vil være ca. 95-157 µg/l (se tabel 10.2).

Flux [kg N/døgn]	Vandudskiftning [m <sup>3</sup> /døgn]	N-koncentration [µg/l]
1.266	8,1·10 <sup>6</sup> - 13,4·10 <sup>6</sup>	95 - 157

Tabel 10.2 Beregnet kvælstofkoncentration i havnebassinet som følge af flux fra grundvandszonen.

Ifølge Region Syddanmark anvendes et kvalitetskrav på 50 µg N/l. Der er dermed tale om en overskridelse af kvalitetskravet inde i havnebassinet på en faktor ca. 2-3. Det kan på den baggrund ikke udelukkes, at spildet med flydende gødning den 3. februar 2016 fortsat kan udgøre en mindre risiko for målsat overfladevand. Til sammenligning kan det oplyses, at det gennemsnitlige indhold i udledningen fra centralreanseanlægget var på 350 µg ammonium-N/l og 1.100 µg nitrat-N/l. Det forventes, at de målte kvælstofindhold vil opblandes i Lillebælt i vandsøjlen.

Det er oplyst, at der i et notat nyligt udarbejdet af COWI /25/ fremgår, at vandføringen gennem Lillebælt (udenfor havneområdet) typisk er tidevandspåvirket og på omkring 6.600 m<sup>3</sup>/s, og i særlige tilfælde (ca. 2-3 gange om året) helt op på 30.000 m<sup>3</sup>/s /25/. Såfremt den daglige udsivning på 1.266 kg N/døgn fortsætter længere ud i Lillebælt, vil der med en typisk strømning på 6.600 m<sup>3</sup>/s være et bidrag fra kvælstoffluxen på ca. 2 µg N/l, hvilket ikke vil have en effekt – om nogen – der kan måles på havmiljøet i Lillebælt.

Som det fremgår af kapitel 8 strømmer det terrænnære grundvand med en hastighed på mellem  $0,87 \cdot 10^{-5}$  og  $2,4 \cdot 10^{-5}$  m/s, svarende til en strømning på 0,75-2,1 m/døgn, det vil sige at transporttiden fra grøften bag Autohuset Vestergaard (kildeområde) og til Møllebugthavnen (ved nordlige del af Møllebugtvej) vil være mellem 107 og 294 døgn eller 4-10 måneder. Ved Møllebugthavnen må der forventes at pågå en svag løbende flux og tilledning af kvælstof via grundvandet.

Fra grøften i nedstrøms retning til Oceankajen er der ca. 600 m, og det vil derfor tage 291-801 døgn at tilbagelægge denne strækning eller 10-27 måneder. Ved Oceankajen må fluxen forventes at stige de kommende år indtil den maksimale flux er nået, hvorefter fluxen igen vil falde grundet en gennemstrømning af grundvandszonen med rent/upåvirket grundvand.

## 11. Oprensningsforslag

Ifølge undersøgelsespåbuddet dateret 20. april 2016 /1/, skal der på baggrund af undersøgelsens resultater og risikovurderingerne udarbejdes en overslagspris for en fuldstændig oprensning samt en eller flere alternative løsningsmuligheder. Alle løsningsforslag skal som udgangspunkt sikre den nuværende og en eventuel fremtidig mere følsom anvendelse af arealet samt grundvand og recipienter.

### 11.1 Forudsætninger

Med henblik på opfyldelse af påbuddet er der udarbejdet oprensningsforslag, som over tid skal sikre en genopretning til hidtidig tilstand. Valg af afværgeteknik er opdelt i forhold til restindhold af kvælstof beliggende over grundvandsspejlet (umættet zone) og kvælstof i jord og grundvand i mættet zone, dvs. grundvandszonen.

Klassisk jordudskiftning af terrænære aflejringer ved forureninger er en velkendt, og den mest anvendte, oprensningsteknik. Af denne grund er økonomien til en fjernelse af kvælstof i overfladejorden til 1,5 m u.t. prissat. Det forudsættes, at jordudskiftningen udføres i jordlag, hvor der er påvist indhold fra 2.000 mg/kg TS. Såfremt der vælges et lavere oprensningskriterium på eksempelvis 1.000 mg/kg TS, vil omkostninger naturligvis forøges markant, da indsatsområdet øges med ca. en faktor 10, fra 5.500 m<sup>2</sup> (orange – fra 2.000 mg/kg TS) til ca. 50.000 m<sup>2</sup> (gul – 1.000-2.000 mg/kg TS).

Der er forudsat en jordudskiftning i hele det påvirkede område med indhold over 2.000 mg-N/kg TS, dvs. både ubefæstede, befæstede og bebyggede arealer. Prissætningen er baseret på vejledende enheds- og erfaringspriser samt officielle prislister.

Ved et eventuelt oprensningspåbud forudsættes gennemført en detailprojektering med de berørte grundejere og lejere, herunder projektering, verifikation af omfang, mængder og priser ved udbudsrunder. Omkostninger til detailprojekteringen er medtaget i budgettet.

Som det fremgår af kapitel 8-10 er den kortlagte påvirkning med kvælstof i jord og grundvand i den mættede zone omfattende og opgjort til et samlet areal på op til 210.000 m<sup>2</sup>. En jordudskiftning til 6-7 m u.t. med dertilhørende grundvandssænkninger vurderes ikke at være en realistisk afværgestrategi.

Som afværgeteknik over for kvælstof i grundvandszonen, vurderes en hydraulisk pumpeløsning som mest kost-effektivt, hvorfor denne afværge er beskrevet og prissat. Den hydrauliske løsning skal sikre en fjernelse af hotspot-områder med kvælstof samt reducere påvirkning og risikoen i forhold til Lillebælt.

Afværgeløsningen er forudsat aktiv over en periode på 2 år, hvorefter indholdet i grundvandszonen (jord og grundvand) forventes nedbragt til et acceptabelt slutniveau i forhold til risikoforhold og baggrunds niveauer. Som det fremgår af kapitel 10 vil der i denne periode pågå en løbende tilstrømning af ikke påvirket iltet grundvand opstrøms, som ligeledes vil medvirke til en naturlig genopretning af forholdene. Tilsvarende vil nedbørsperioder naturligt medvirke til en opløsning af kvælstof i infiltrerende regnvand med deraf følgende omsætning og udvaskning til grundvandszonen. På alle ubefæstede arealer forventes eksisterende bevoksning samtidig at forbruge af eventuelt tilgængelig kvælstof i overfladejorden.

Analog til afværgeprojekteringen af en jordudskiftning, betinger en projektering af en hydraulisk afværge involvering af de rette interessenter samt detailprojektering af pumpeanlæg, ledningsnet og tilslutning i forhold til de eksisterende forhold og ledningsnettets afledningskapacitet. DMR har ved den afsluttende projektering anmodet Fredericia Spildevand og Energi A/S om oplysninger vedr. kapacitet på ledningsnettet samt bidragsætser. DMR har ikke modtaget svar

inden rapportens deadline, og økonomien er baseret på de officielle enhedspriser på afledningsbidrag og særbidrag.

I det følgende er en oprensning i følgende tre områder beskrevet og prissat:

- Afsnit 11.2: Oprensning i tankgården og ubefæstede arealer.
- Afsnit 11.3: Oprensning ved befæstede og bebyggede arealer.
- Afsnit 11.4: Afværge ved pumpeløsning i grundvandszonen.

### **11.2 Oprensning i tankgården og ubefæstede arealer**

Som det fremgår af kapitel 9 er restindholdet af kvælstof i jorden over grundvandsspejlet (umættet zone) beskrevet og karakteriseret ved kvælstof fra 0-0,5 m u.t. samt illustreret på bilag 2.1.

I de grønne områder er der påvist op til 1.000 mg N/kg TS, hvilket typisk er baggrundsniveauet, som dog også kan være højere. Det gennemsnitlige indhold af total-N i baggrundsprøverne er 800 mg/kg TS. De gule områder repræsenterer indhold fra 1.000-2.000 mg-N/kg TS, hvilket opfattes som overgangen mellem baggrundsindholdet til områder med højere kvælstofindhold.

Som bilag 2.1. illustrerer, er der nordvest for Strandvejen v/Autohuset Vestergaard A/S og det bagvedliggende grøfteområde, fortsat efter 6 måneder et område med høje indhold af total-N (hot-spot) i topjorden, ligesom der fra tankgården og mod Autohuset Vestergaard er et område med koncentrationer fra 2.000 mg/kg TS. Det samlede areal med jordforurening fra 0-1 m u.t. med et indhold på over 2.000 mg/kg TS er opmålt til ca. 6.000 m<sup>2</sup>, hvoraf ca. 500 m<sup>2</sup> er ubefæstede og det resterende areal på ca. 5.500 m<sup>2</sup> er befæstede eller bebygget. Det bebyggede areal og arealer med nedgravede tanke, halvtage og tekniske anlæg som underjordiske tanke, støttemure er opgjort til ca. 1.500 m<sup>2</sup>. I disse områder må der påregnes ekstraordinære høje omkostninger til jordudskiftninger.

Der forudsættes en oprensning til 1,5 m u.t. i hele området, herunder Dan Gødnings tankgård. Omkostninger til nedbrydning af tanke, betongulve og reetablering af selvsamme er ikke medtaget i budgettet, da disse aktiviteter (og omkostninger) allerede pågår i forbindelse med en genopbygning af anlægget. Tankgården er opmålt til 7.150 m<sup>2</sup>, hvormed en jordudskiftning til 1,5 m u.t. svarer til 10.725 m<sup>3</sup>.

I nedenstående budget er omkostningerne til en oprensning i tankgården og ubefæstede arealer prissat til ca. 12,4 mio. kr. ekskl. moms. I budgettet bør der forventes en usikkerhed på +/- 15 %, dvs. oprensningsomkostninger kan få et niveau på op til 14,3 mio. kr. ekskl. moms. Beløb afsat til usikkerhed indgår ikke i sumbeløbet i tabel 11.1.

Pos. 1.	ARBEJDE: JORDUDSKIFTNING AF RESTINDHOLD FRA 0-1,5 M U.T. - UBEFÆSTEDE	Enhed	Antal	Enhedspris [ex. moms]	Sum [kr. ex. moms]
1.1.	<b>Tankgården:</b> Potentiel jordudskiftning i tankgården. Tankgården er opmålt til 7.150 kvm. Der forudsættes en jordudskiftning til 1,5 m u.t. Postering omfatter opgravning og læsning af jord samt transport. Der er ikke indregnet ekstra jordmængder grundet graveanlæg.	m <sup>3</sup>	10.725	125	1.340.625
1.2.	<b>Tankgården:</b> Modtagelse af jord med kvælstof. Enhedspris forventes at være på niveau med lettere forurenede jord. Prisen er ikke inklusiv evt. gammel forurening med olieforbindelser. Der er forudsat en bortkørsel af ca. 19.300 ton jord, beregnet med en massefylde på 1,8 ton/m <sup>3</sup>	ton	19.305	70	1.351.350
1.3.	<b>Tankgården:</b> Reetablering af tankgård med rent komprimeret sand. Reetablering af betongulv i tankgården er ikke inkluderet i postering, da dette arbejde er indeholdt i genopbygningen.	m <sup>3</sup>	10.725	95	1.018.875
1.4.	<b>Tankgården:</b> Omkostninger til nedbrydning af tankgård og tankgulv affoldes i forvejen af Nagro A/S og Dan Gødning A/S og er derfor prissat til 0 kr.	Sum	1	0	0
1.5.	<b>Hot-spot område, ubefæstede:</b> Jordudskiftning af ubefæstede hotspot områder med indhold fra 2.000 mg N/kg TS. Områder omfatter grøften og grønne arealer i det forurenede område, se bilag 2. Arealet er opmålt til ca. 500 m <sup>2</sup> . Der forudsættes en jordudskiftning til 1,5 m u.t. Postering omfatter opgravning og læsning af jord samt transport.	m <sup>3</sup>	750	110	82.500
1.6.	<b>Hot-spot område, ubefæstede:</b> Modtagelse af jord med kvælstof. Enhedspris forventes at være på niveau med lettere forurenede jord. Prisen er ikke inklusiv evt. gammel forurening med olieforbindelser. Der er forudsat en massefylde på 1,8 ton/m <sup>3</sup> .	ton	1.350	70	94.500
1.7.	<b>Hot-spot område, ubefæstede:</b> Reetablering af udgravninger med rent komprimeret sand.	m <sup>3</sup>	750	95	71.250
1.8.	Drift af byggeplads, sikkerhed, skiltning og arbejdsmiljø i arbejdsperiode (skønnet).	Sum	1	85.000	85.000
1.9.	Projektledelse, miljøtilsyn, prøvetagning, byggemøder og afrapportering.	Timer	70	850	59.500
1.10.	Akkrediterede analyser til dokumentation. Der forudsættes udtaget prøver i felter på maks. 200m <sup>2</sup> samt gravefrontprøver.	Antal	40	800	32.000
1.11.	Ekstraomkostning til rensning af gammel/øvrige jordforurening på havnearealet fra olie og tungmetaller er prissat til en ekstraomkostning på 400 kr/ton	ton	20.655	400	8.262.000
<b>Delsum, postering 1</b>					<b>12.397.600</b>

**Tabel 11.1** Budget for oprensning i tankgård og ubefæstede arealer.

Såfremt Nagro A/S udfører en oprensning i tankgården, kan omkostninger prissat i afværgeøkonomien for Dan Gødning til disse aktiviteter udelades/reduceres, hvilket naturligvis også er gældende i det modsatte tilfælde.

Som det fremgår er der i budgettet taget højde for eventuel gammel/anden forurening med eksempelvis olieforbindelser fra de kendte V2-kortlagte områder samt eventuel ukendt forurening. Denne ekstraomkostning er kapitaliseret til 400 kr./ton. I forbindelse med en eventuel jordflytning forventes afregning baseret på dokumentationsprøver udtaget per 30 ton.

Ud fra en risikovurdering opfattes et indhold af kvælstof under tankgården og ved de ubefæstede arealer som grøften bag Autohuset Vestergaard ikke at udgøre en risiko for den nuværende eller en fremtidig mere følsom arealanvendelse.

### **11.3 Oprensning ved befæstede og bebyggede arealer**

Som nævnt i det foregående afsnit, forudsættes de befæstede og bebyggede arealer med indhold på over 2.000 mg N/kg TS at udgøre ca. 5.500 m<sup>2</sup>. Det bebyggede areal og arealer med nedgravede tanke og tekniske anlæg er opmålt til 1.500 m<sup>2</sup>, hvor der må påregnes ekstraordinære høje omkostninger til jordudskiftninger.

I nedenstående budget er omkostninger til en oprensning til 1,5 m u.t. i det befæstede og bebyggede område prissat til ca. 20,3 mio. kr. ekskl. moms. I budgettet fremgår de anvendte mængder, enhedspriser og øvrige forudsætninger. Der er ikke taget højde for eventuel kompensation for driftstab og eventuel leje af midlertidige bygninger i afværgeperioden. I budgettet bør der forventes en usikkerhed på +/- 15 % (indgår ikke i sumbeløbet i tabel 11.2), dvs. oprensningsomkostningerne kan få et niveau på op til ca. 23,4 mio. kr. ekskl. moms.

Pos. 2	ARBEJDE: JORDUDSKIFTNING AF RESTINDHOLD FRA 0-1,5 M U.T. - BEFÆSTEDE OG BEBYGGEDE	Enhed	Antal	Enhedspris [ex. moms]	Sum [kr. ex. moms]
2.1.	<b>Befæstede arealer:</b> Fjernelse og reetablering af nye befæstede arealer i etaper, således at der kan udføres jordudskiftning. Befæstelse består af SF-sten eller asfalt. Området er opmålt til ca. 4.000 m <sup>2</sup> . Selve fjernelsen af belægninger udgør 90-100 kr/m <sup>2</sup> . Trafikeret område. Asfaltering er komplet med to lag asfalt samt slidlag.	m <sup>2</sup>	4.000	350	1.400.000
2.2.	<b>Befæstede arealer:</b> Jordudskiftning til 1,5 m u.t. Området er opmålt til ca. 4.000 kvm. Der forudsættes en jordudskiftning til 1,5 m u.t. opgravning og læsning af jord samt transport. Der er ikke indregnet ekstra jordmængder grundet graveanlæg.	m <sup>3</sup>	6.000	125	750.000
2.3.	<b>Befæstede arealer:</b> Modtagelse af jord med kvælstof. Enhedspris forventes at være på niveau med lettere forurenede jord. Prisen er ikke inklusiv evt. gammel forurening med olieforbindelser. Jordmængde beregnet med en massefylde på 1,8 ton/m <sup>3</sup>	ton	10.800	70	756.000
2.4.	<b>Befæstede arealer:</b> Løbende reetableringer af sektionvis udgravninger med rent komprimeret sand og stabilt grus til udlægning af SF-sten og asfalt igen.	m <sup>3</sup>	6.000	135	810.000
2.5.	<b>Bebyggede arealer:</b> Indendørs jordudskiftning til 1,5 m u.t., hvor jordudskiftningen er prissat til 1.100 kr/m <sup>3</sup> . Rømning af lokaler (100 kr/m <sup>3</sup> ), opbrydning af gulv (ca. 200 kr/m <sup>2</sup> ) og nødvendig sektionvis understøbning (1.400 kr/m <sup>2</sup> ) inkluderet i m <sup>2</sup> prisen. I prisen er afsat 100 kr/m <sup>2</sup> til afdækning/stovskærme, så drift kan opretholdes. Området er opmålt til ca. 1.500 m <sup>2</sup> og omfatter Autohuset Vestergaard og tankstationen samt områder der er overdækket eller etableret installationer som tanke, som betinger høj sikkerhed/forsigtighed. Der forudsættes en jordudskiftning til 1,5 m u.t. opgravning og læsning af jord samt transport.	m <sup>3</sup>	2.250	2.900	6.525.000
2.6.	<b>Bebyggede arealer:</b> Modtagelse af jord med kvælstof. Enhedspris som lettere forurenede jord. Prisen er ikke inklusiv evt. gammel forurening med olieforbindelser. Jordmængde beregnet med en massefylde på 1,8 ton/m <sup>3</sup> .	ton	4.050	70	283.500
2.7.	<b>Bebyggede arealer:</b> Retableringer af udgravninger med rent komprimeret sand, indendørs, under tag og ved installationer.	m <sup>3</sup>	2.250	350	787.500
2.8.	<b>Bebyggede arealer:</b> Retableringer af bebyggede arealer som gulve, hvor gulvopbygning med isolering og betonstøbning er prissat til 750 kr, 200 kr til udbedring af installationer som kloak, vand og el. Afsluttende reetablering af gulve med klinker, tæpper som eksisterende er i snit prissat til kr. 350 kr/m <sup>2</sup> samt en skønnet enhedspris på 175 til maling og slutrengøring.	m <sup>2</sup>	1.500	1.475	2.212.500
2.9.	Skønnet omkostning til reetablering af beplantning.	Sum	1	80.000	80.000
2.10.	Drift af byggeplads, sikkerhed, skiltning og arbejdsmiljø i arbejdsperiode (skønnet).	Sum	1	400.000	400.000
2.11.	Projektledelse, projektering, miljøtilsyn, prøvetagning, byggemøder og afrapportering.	Timer	350	850	297.500
2.12.	Akkrediterede analyser til dokumentation. Der forudsættes udtaget prøver i felter per 200m <sup>2</sup> samt gravefrontprøver.	Antal	110	800	88.000
2.13.	Ekstraomkostning til rensning af gammel/øvrige jordforurening på havnearealet fra olie og tungmetaller er prissat til en ekstraomkostning på 400 kr/ton	ton	14.850	400	5.940.000
	<b>Delsum, postering 2</b>				<b>20.330.000</b>

**Tabel 11.2** Budget for oprensning i befæstede og bebyggede arealer.

Som det fremgår er der i budgettet taget højde for eventuel gammel/anden forurening med eksempelvis olieforbindelser fra de kendte V2-kortlagte områder samt eventuel ukendt forurening. Denne ekstraomkostning er kapitaliseret til 400 kr./ton. I forbindelse med en eventuel jordflytning forventes afregning baseret på dokumentationsprøver udtaget per 30 ton.

Ud fra en risikovurdering opfattes et indhold af kvælstof udover baggrunds niveauet på befæstede og bebyggede arealer ikke at udgøre en risiko for den nuværende arealanvendelse, ligesom en infiltration og udvaskning til grundvandszonen er minimal.

### 11.4 Afværgelse ved pumpeløsning i grundvandszonen

Som det fremgår af kapitel 8, er der foretaget automatisk vandspejlslogning i det påvirkede område. Ud fra pejledata er potentialeforholdene kortlagt. Generelt falder potentialet i det terrænnære grundvand fra den nordligste del af grøften i østlig retning mod havnebassinet, svarende til en sydøstlig strømningsretning. Potentialet i det terrænnære grundvand fra den sydligste del af grøften falder i en sydøstlig retning. Strømningsretningen er som ventet mod Møllebugthavnen, men altså med mindre forskelle afhængigt af, hvor på havnen vandet strømmer, se bilag 3.4.

Den hydrauliske gradient ( $i$ ) varierer over projektområdet, og er størst (0,011) i området mellem grøften og tankanlægget (område A), hvorfra den aftager i nedstrøms retning. Ved tankområdet (område B) er gradienten bestemt til 0,006 og mellem tankanlægget og havnefronten ved Møllebugtvej (område C) er gradienten aftaget til 0,004. Gradienterne er angivet i tabel 8.9.

Som det fremgår af tabel 10.1, er der beregnet en flux på mellem 0,005 og 1.266 kg N/døgn. Kvælstoffluxen fra plan A strømmer mod plan B, som dækker hele arealet for kvælstofudbredelsen og som står tilnærmelsesvist vinkelret på strømningsretningen. På den baggrund vurderes der hvert døgn teoretisk at strømme 1.266 kg kvælstof ud i havnen og dermed Lillebælt.

Ved den udførte undersøgelse er der fortsat påvist høje koncentrationer i grundvandszonen, hvilket dokumenterer, at der fortsat pågår en transport og udstrømning til Lillebælt, hvilket fremadrettet må forventes at være aftagende og ophøre af sig selv inden for en kort årrække.

I denne periode kan en oppumpning af forurenede grundvand i hotspot-områder være en måde til at nedbringe og fjerne opløst kvælstof i grundvandszonen. Ud fra de aktuelle forhold forudsættes etablering af 6 pumpeboringer med en pumpeydelse på hver 5 m<sup>3</sup>/h (samlet 30 m<sup>3</sup>/h), som alle etableres som traditionelle pumpeboringer fra 6-8 m u.t. Boringerne udføres som Ø125mm pumpeboringer afsluttet og integreret i brønde med låse og kørefaste plader.

Det forudsættes at boringer etableres i hot-spotområder, som eksemplificeret på figur 11.1.



Figur 11.1 Illustration af forventede placeringer af pumpeboringer.



Boringerne forudsættes bestykket med Grundfos SQE-5 pumper og dertilhørende PLC som CU301 og overordnet Grundfos SRO-anlæg med GSM opkobling. Alle pumpeboringer forudsættes tilsluttet offentlig kloak. Selve rensningen af oppumpet vand forudsættes derfor rensset på Fredericia centralrenseanlæg i stedet for en særskilt on-site rensning. Ved denne løsning udnyttes eksisterende anlæg og installationer, og hvor der afregnes i henhold til aftalte aflednings- og særbidrag. Afværgeren forudsætter en udledningstilladelse samt forudgående pumpe- og detailprojektering. Et on-site afværganlæg som et membran-anlæg kan opstilles på havnen, men det vurderes ikke at være økonomisk fordelagtig, ligesom anlægget vil være sårbart over for ændringer i flow, koncentrationer og lignende.

Det er forudsat, at der anvendes en aktiv pumpeperiode på 2 år, hvor pumpeydelsen dog halveres i 2. år grundet en forventning om høj effekt og deraf lave koncentrationer. Via SRO-anlægget og online-registrering af ammonium og nitrat i vandet kan anlæggets drift optimeres i forhold til koncentrationer. Anlægget opbygges endvidere med 8-10 vandspejlsloggere i monitoringsboringer, som ligeledes er opkobles på GSM-netværk, så anlæggets drift og kontrollen over forureningen kan overvåges og dokumenteres.

I nedenstående budget er omkostninger til en oprensning prissat til ca. 9,1 mio. kr. ekskl. moms. I budgettet bør der forventes en usikkerhed på +/- 15 %, dvs. oprensningsomkostningerne kan få et niveau på op til 10,4 mio. kr. ekskl. moms.

3	ARBEJDE: AFVÆRGE I GRUNDVANDSZONEN VED OPPUMPNING	Enhed	Antal	Enhedspris [ex. moms]	Sum [kr. ex. moms]
3.1.	<b>Pumpeboringer:</b> Etablering af minimum 6 stk. pumpeboringer i hotspotområder. De 6 pumpeboringer etableres i pumpebrønde med filterrør som Ø125mm til 6-8 m u.t. Postering omfatter borearbejde, filtersætning og etablering af brønd med kørefast og aflåselig dæksel samt reetablering omkring borested. Pris til borearbejde er prissat til 9.500 kr. ex. moms, brønd til 5.000 kr. ex. moms og kørefast dæksel med lås til 6.000 kr ex. moms samt 1.000 kr til asfaltering/reetablering.	stk.	6	21.500	129.000
3.2.	<b>Pumpeboringer:</b> Tilslutning af pumpebrønde til eksisterende kloak, bestyknin af pumper som Grundfos SQE5 pumper med SRO styreenhed samt tilslutning af vandspejlslogger og strømforsyning i borer. Der er forudsat snit 30 l/m. kloaktilslutning per boring, dvs. ca. 180 m, prissat til 1.500 kr/lbm eller 45.000 kr per pumpeboring. SQE pumpe med kabler og loggersystem er prissat til 15.000, ligesom enhedspris per pumpe til PLC/SRO-anlæg er 5.000. Montering, programmering og klargøring ved entreprenør er prissat til 20.000 per. pumpeenhed.	stk.	6	85.000	510.000
3.3.	<b>Indkøring, opsætning, pumpeforsøg:</b> Pumpeanlæg skal indkøres via kontrolleret pumpeforsøg i alle borer samt opsætning af styresystem, overvågning. Postering er ekskl. rådgivning og afledningsomkostninger i testperiode. Testperioden per boring forventes at være 14 dage.	stk.	6	15.000	90.000
3.4.	<b>Afledningsmængde, årlig:</b> Fra de 6 borer forventes en ydelse på ca. 5 m <sup>3</sup> per time, dvs. en samlet ydelse på forventet 30m <sup>3</sup> per time eller ca. 720 m <sup>3</sup> per døgn. Denne mængde er ikke medregnet i delsum for postering 3.	m <sup>3</sup> /år	365	720	262.800
3.5.	<b>Vandafledningsbidrag år 1:</b> Enhedspris er fastsat til trin 3 (over 20.000m <sup>3</sup> ) til 15.10 kr/m <sup>3</sup> . Ved en koncentration på 5.000 mg/l tilføres 5 kg-N/m <sup>3</sup> , hvilket medfører særbidrag på ca. 3,5 kr/m <sup>3</sup> . Priser aflæst på www.frse.dk og opgjort til i alt 18,6 kr/m <sup>3</sup> .	m <sup>3</sup>	262.800	18,60	4.888.080
3.6.	<b>Yderligere afværgedrift år 1:</b> Elforbrug sættes til 2,5 kW pr. pumpe/boring svarende til 131.400 kWh for de 6 borer over 12 måneder. Der regnes med 2 kr./kWh. Der er derudover afsat 40.000 til eftersyn og justeringer af pumperne.	år	1	302.800,00	302.800
3.7.	<b>Afværgedrift år 2:</b> Der forudsættes en afværgedrift på yderligere 12 måneder, hvor der anvendes sekventiel drift (1 times pause + 1 times drift). Der regnes med halvdelen af elforbrug og afledningsbidrag fra post 3.5 og 3.6. Hertil 30.000 kr. til eftersyn og justering/udskiftning af pumper	år	1	2.605.440	2.605.440
3.8.	<b>Monitering:</b> Der forudsættes 2 årlige monitoringer med udtagning af grundvandsprøver samt kontrol af installationer, drift, inkl. monitoringsnotat. Prøvetagning udtages dels fra pumpeboringer og de 53 monitoringsboringer.	stk.	4	35.000	140.000
3.9.	Projektledelse, miljøtilsyn, prøvetagning, byggemøder og afrapportering ved en driftsperiode på 2 år.	Timer	250	850	212.500
3.10.	Akkrediterede analyser til dokumentation.	Antal	400	500	200.000
	<b>Delsum, postering 3</b>				<b>9.077.820</b>

Tabel 11.3 Budget for en oprensning i grundvandszonen.

Oprensningsomkostningerne i grundvandszonen er direkte proportional med oppumpet vandmængde. Det betyder, at lavere og højere nødvendige pumpeydelse vil påvirke økonomien angivet i tabel 11.3.

De samlede opretningsomkostninger er opgjort til ca. 42 mio. kr. ekskl. moms, hvilket med en usikkerhed på +/- 15 % kan medføre et samlet opretningsbudget på 48 mio. kr. ekskl. moms.

### **11.5 Alternative løsningsmulighed**

Under henvisning til den foreliggende rapport er det dokumenteret, at kvælstof er naturligt forekommende i jord og grundvand samt at indholdet allerede er nedbragt markant over 6 måneder. Det påvirkede område er beliggende ved et havneområde, som gennemstrømmes af ikke påvirket grundvand, som over en periode på 4-10 måneder gennemstrømmer det påvirkede område. På tilsvarende vis vil mikrobiel omsætning og nedbør medføre en udvaskning og reduktion af kvælstof i jord og grundvand.

På havneområdet er der ikke følsom arealanvendelse som boliger og institutioner, og flere af ejendommene er i forvejen kortlagte. Havneområdet er afspærret og der er generelt ikke adgang for uvedkommende. Tilsvarende udgør det påviste indhold i jord og grundvand ikke en risiko for områdets drikkevandsinteresser.

DMR kan – som alternativ til de beskrevne afværgeteknikker – nævne muligheden for en løbende kontrol og dokumentation af den naturlige omsætning af kvælstof og transport mod Lillebælt ved et monitoringsprogram. Programmet anbefales i givet fald at omfatte kontrolprøver i filtersatte boringer og en fortsat monitoring af grundvandsstanden. Monitoring kan udføres over 1, 3 eller 5 og 10 år, eller en kombination heraf. Monitoringsomkostninger per runde inkl. analyser og rapportering skønnes at være 160-180.000 kr. ex. moms.

## 12. Referencer

- /1/ Påbud til Dan Gødning A/S, CVR. Nr. 13495173, om undersøgelser af jordforurening som følge af udledning af gødning fra tanke på adressen Møllebugtvej 7, 7000 Fredericia, matr.nr. 3910ø, Fredericia Stadsjorder. Dateret 20. april 2016.
- /2/ Undersøgelsesoplæg "2016-0257 - 2016-06-24 Undersøgelsesprogram, endeligt (Dan Gødning, Fredericia Havn)", udarbejdet af DMR A/S for Dan Gødning A/S, 24. juni 2016.
- /3/ Danmarks Miljøportal, dmp.dk
- /4/ Sommer, G.S. (1990): Ammoniakfordampning fra gylle og urea. Landbo-nyt. Årg. 44, nr. 12, s. 9-14.
- /5/ Tinoco, Jr., I., Sauer, K., Wang J.C., og Puglisi, J.D. (2002): Physical Chemistry. Principles and Applications in Biological Sciences. 4th Edition. Pearson Prentice Hall, Pearson Education International.
- /6/ Jensen, L.S. (2016b): Nitrogen Reactions in Soil and Plant Availability of Fertilizer Nitrogen (N). Forelæsningsnoter. Plante- og Jordvidenskab, Institut for Plante- og Miljøvidenskab, Københavns Universitet.
- /7/ Harremoës, P. og Malmgren-Hansen, A. (1990): Kvælstofomsætning. I: Lærebog i Vandforurening. 1. udgave. Kap. 4.5, s. 141-146. Polyteknisk Forlag, Anker Engelsejlsvej 1, 2800 Lyngby.
- /8/ Jensen, L.S. (2016a): Personlig kommunikation. Telefonsamtale 14. september 2016. Professor i Jordfrugtbarhed og Recirkulering af Affaldsressourcer. Plante- og Jordvidenskab, Institut for Plante- og Miljøvidenskab, Københavns Universitet. Tlf.: 3533 3470, mail: lsj@plen.ku.dk.
- /9/ Kelstrup, L. (2014): Tab af N giver ringere effekt af flydende gødning. Magasinet Mark. Februar 2014, s. 19.
- /10/ Nielsen, M. (1991): Kvælstof er ikke bare kvælstof – Ammoniakfordampning fra urea. Erhvervsjordbruget. Vol. 2, s. 6-7.
- /11/ Danmarks Meteorologiske Institut, dmi.dk
- /12/ Larsen, E. og Madsen, H.E.L. (2001): Fysisk og uorganisk kemi. 4. udgave. Polyteknisk Forlag, 2800 Kgs. Lyngby.
- /13/ Sommer, G.S. (1993): Ammoniakfordampning fra handelsgødning. Grøn viden. Nr. 113, s. 1-4. Landbrugsministeriet, Statens Planteavlsvforsøg.
- /14/ Smith, R.L. og Smith, T.M. (2003): Biogeochemical cycles. I: Elements of Ecology. 5. udgave, Pearson Education, Inc., s. 433-447.
- /15/ Kandeler, E. og Gerber, H. (1988): Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. Biol. Fert. Soils, 8, s. 199–202.
- /16/ Butterbach-Bachl, K., Gundersen, P., Ambus, P., Augustin, J., Beier, C., Boeckx, P., Dannemann, M., Gimeno, B.S., Ibrom, A., Kiese, R., Kitzler, B., Rees, R.M., Smith,

- K.A., Stevens, C., Vesala, T. og Zechmeister-Boltenstern, S. (2011): Nitrogen processes in terrestrial ecosystems. I: The European Nitrogen Assessment. Red.: Sutton, M.A., Howard, C.M., Erisman, J.W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., Grinsven, H.v. og Grizzetti, B. Cambridge University Press.
- /17/ Partshøring vedrørende udkast til afgørelse om overhængende fare for miljøskade, Fredericia Kommune, 1. juni 2016.
- /18/ Høringssvar vedr. Fredericia Kommunes udkast til afgørelse om overhængende fare for miljøskade i forbindelse med udslip af gødning til Lillebælt, 8. august 2016.
- /19/ Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand Miljøstyrelsen, juni 2015.
- /20/ Undersøgelsesrapporten "Univar Møllebugtvej 9a, Fredericia. Indledende forureningsundersøgelse og oprensningsscenarier", udarbejdet af Tauw og COWI A/S, september 2010.
- /21/ "Komma's havnelods 2011-2013" af Bent Lyman. Udgivet af Lindhardt og Ringhof, juni 2012 (ISBN-nr. 9788711380239).
- /22/ Mailkorrespondance med Asger Vestergaard, COWI A/S, den 5. November 2016.
- /23/ Oplysninger og kommentarer fra professor Jørgen Eriksen, professor Jørgen Eivind Olesen, seniorforsker Søren O. Petersen og seniorforsker Peter Sørensen, Foulum, Aarhus Universitet.
- /24/ Oprydning på forurenede lokaliteter – Appendikser. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 7 (1998).
- /25/ Udslip fra uheld på Fredericia Havn, Havmiljø. MEMO for Dan Gødning A/S, COWI A/S, 4. august 2016.

Bilag N.1

# Bilag 1



Bemærk: Koter anført i  
**DVR90**

Signaturforklaring:

- ✖ Miljøboring - målt på top af rør
- ✖ Miljøboring - koter angivet med 3 decimaler er målt på kant af krave - punkt målt er markeret med grøn spray
- ✖ Terrænpunkt

TR: Kote, ved top af rør

TK: Terræn kote

NB: B7 og B8 er ikke målt ind, da de er tildækket af jernplader. Der er målt en terrænkote indenfor ca. 1m ved siden af.

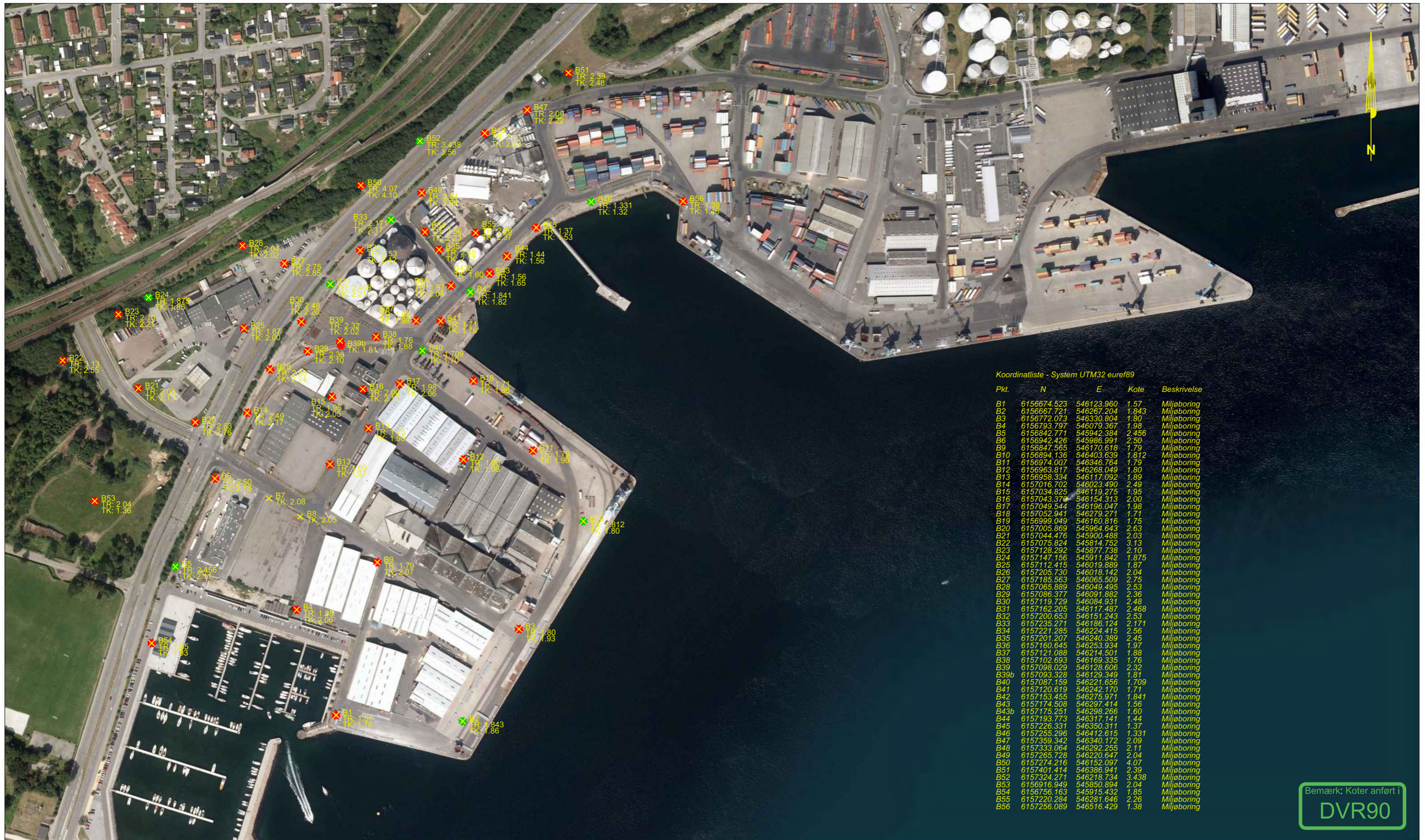
DMR - Fredericia Havn

Bilag 1.1

Opmåling af miljøboringer på Fredericia Havn og omkring liggende arealer.		Olaf Nielsen	
Opmålt d. 2016.10.10 - Redigeret d. 2016.10.28		Sagsansvarlig	
J.nr.: 20162195	JMK	Mål: 1:4000	A3
		28. okt. 2016	



**LANDINSPEKTØRER**



Bemærk: Koter anført i  
**DVR90**

Signaturforklaring:

- ✖ Miljøboring - målt på top af rør
- ✖ Miljøboring - koter angivet med 3 decimaler er målt på kant af krave - punkt målt er markeret med grøn spray
- ✖ Terrænpunkt

TR: Kote, ved top af rør

TK: Terræn kote

NB: B7 og B8 er ikke målt ind, da de er tildækket af jernplader. Der er målt en terrænkote indenfor ca. 1m ved siden af.

DMR - Fredericia Havn

Bilag 1.2

Opmåling af miljøboringer på Fredericia Havn og omkring liggende arealer.  
Opmålt d. 2016.10.10 - Redigeret d. 2016.10.28

Olaf Nielsen

Sagsansvarlig

J.nr.: 20162195 JMK Mål: 1:4000 A3

28. okt. 2016



**LANDINSPEKTØRER**

LIFA A/S Vendersgade 26E 7000 Fredericia

Tlf. 75911200 www.lifa.dk e-mail land@lifa.dk





Koordinatliste - System UTM32 euref89

Pkt.	N	E	Kote	Beskrivelse
HB1	6157237.18	546096.95	2.09	håndboring
HB2	6157215.14	546047.40	1.84	håndboring
HB3	6157195.53	546005.56	1.76	håndboring
HB4	6157175.74	545966.22	1.73	håndboring
HB5	6157151.59	545922.82	1.76	håndboring
HB6	6157127.83	545879.46	1.98	håndboring
HB7	6156866.81	545955.22	1.97	håndboring
HB8	6156943.28	545995.73	1.84	håndboring
HB9	6157008.44	546021.37	1.95	håndboring
HB10	6157062.03	546052.14	2.00	håndboring
HB11	6157086.21	546089.61	1.90	håndboring
HB12	6157093.40	546124.73	1.86	håndboring
HB13	6157096.55	546161.06	1.72	håndboring
HB14	6157114.44	546086.50	2.01	håndboring
HB15	6157152.29	546116.87	2.05	håndboring
HB16	6157200.33	546151.01	2.16	håndboring
HB17	6157232.61	546189.89	2.04	håndboring

Signaturforklaring:

- ★ Håndboring opmålt, med terrænkote

DMR - Fredericia Havn

Bilag 1.3

Opmåling af håndboringer på Fredericia Havn og omkring liggende arealer.  
Opmålt d. 2016.07.26

Olaf Nielsen  
Sagsansvarlig

J.nr.: 20162195 imo Mål: 1:2000 A3

26. jul. 2016

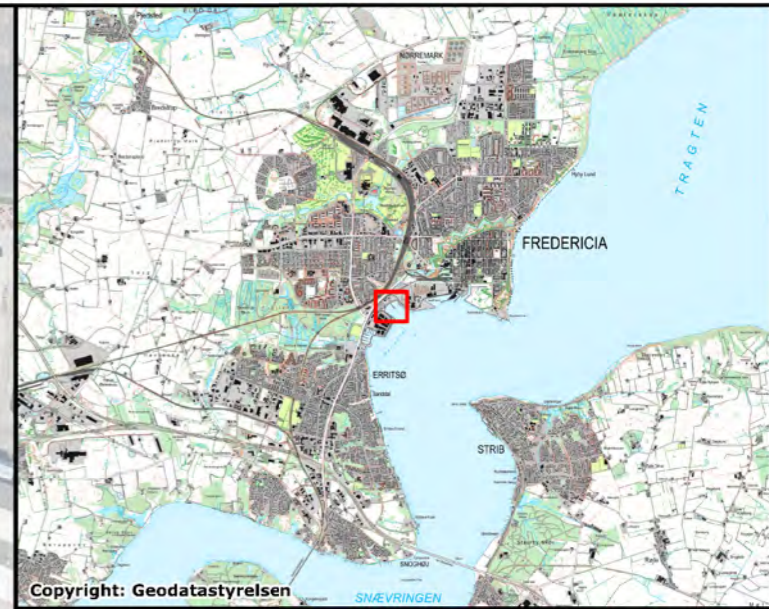
Bemærk: Koter anført i  
**DVR90**











**LANDINSPEKTØRER**

LIFA A/S Vendersgade 26E 7000 Fredericia

Tlf. 75911200 www.lifa.dk e-mail land@lifa.dk



### Signaturer

-  Projektgrænse
-  Filtersat boring
- Belægningstyper**
-  Asfalt
-  Beton
-  Fliser
-  Græs
-  Grus/bar jord
-  Anden belægning

Dato	Udg.	Udført af	Målestok
11-11-2016	1	TS	1:3000

DMR-sagsnr.	Kundesagsnr.
2016-0257	-

**Kunde/rekvirent**  
Dan Gødning A/S

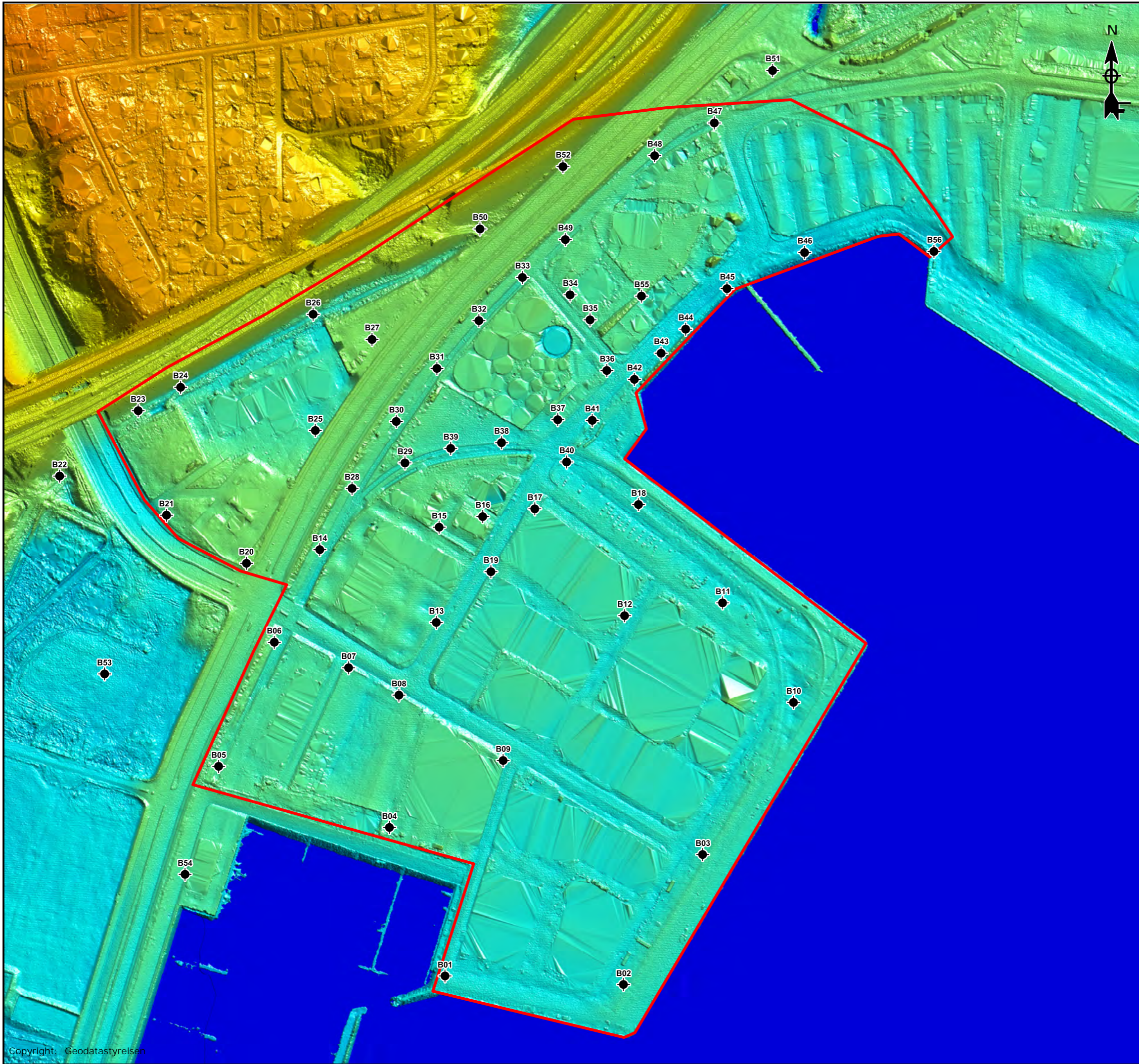
**Sagsnavn/adresse**  
**Fredericia Havn**

Matr. nr.  
-

Emne  
Befæstelse og placering af borer



**Bilag**  
1.4



Copyright: Geodatastyrelsen

- Projektgrænse
- Filtersat boring

Digital terrænmodel (Meter DVR 90)  
(Kilde: Geodatastyrelsen)

- 17,0 m
- 2,5 m
- 0,07 m

Dato	Udg.	Udført af	Målestok
11-11-2016	1	TS	1:3000
DMR-sagsnr.	Kundesagsnr.		
2016-0257	-		



Kunde/rekvirent  
Dan Gødning A/S

Sagsnavn/adresse  
**Fredericia Havn**

Matr. nr.  
-

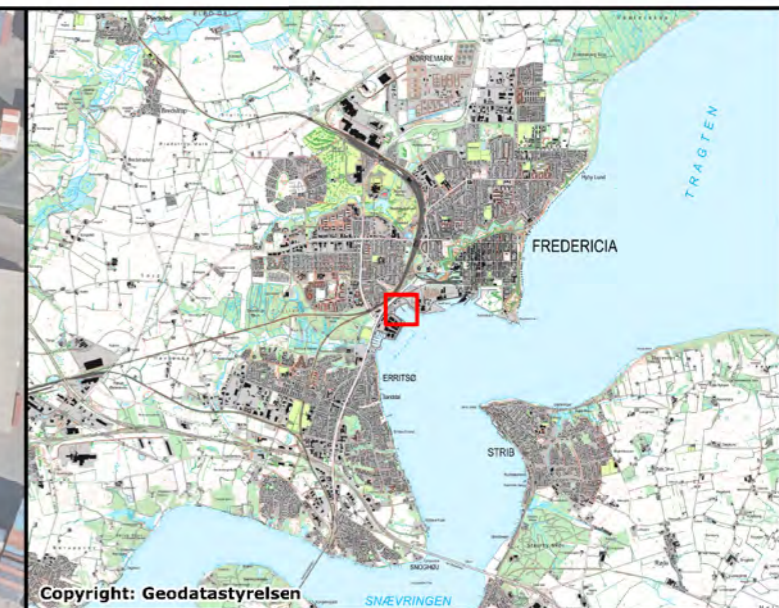
Emne  
Digital højdemodel og placering af boringer

Bilag  
1.5

Copyright: Geodatastyrelsen

Pædiformat: A3

## Bilag 2



**Signaturer**

- Projektgrænse
- Filtersat boring
- + Håndboring
- Centerkoordinat til felt med overfladeprøve

Jordprøver - Total N 0-0,5 m.u.t.  
 Konturering via interpolation (triangulation)

- 100-1.000 mg/kg TS
- 1.000-2.000 mg/kg TS
- 2.000-3.500 mg/kg TS
- 3.500-5.000 mg/kg TS
- >5.000 mg/kg TS

Dato	Udg.	Udført af	Målestok
11-11-2016	1	TS	1:3000
DMR-sagsnr.	Kundesagsnr.		
2016-0257	-		
<b>Kunde/rekvirent</b>			
Dan Gødning A/S			
<b>Sagsnavn/adresse</b>			
Fredericia Havn			
Matr. nr.			
-			
<b>Emne</b>			
Udbredelse af Total-N (0-0,5 m.u.t.)			





### Signaturer

- Projektgrænse
- Filtersat boring
- + Håndboring
- + Centerkoordinat til felt med overfladeprøve

Jordprøver - Total N 1-3,5 m.u.t.  
 Konturering via interpolation (triangulation)

- 100-1.000 mg/kg TS
- 1.000-2.000 mg/kg TS
- 2.000-3.500 mg/kg TS
- 3.500-5.000 mg/kg TS
- >5.000 mg/kg TS

Dato	Udg.	Udført af	Målestok
11-11-2016	1	TS	1:3000

DMR-sagsnr.	Kundesagsnr.
2016-0257	-

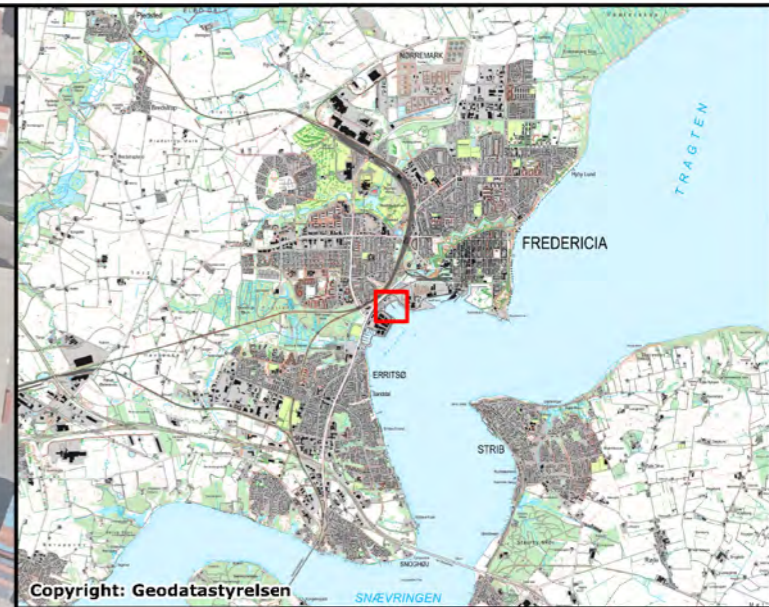
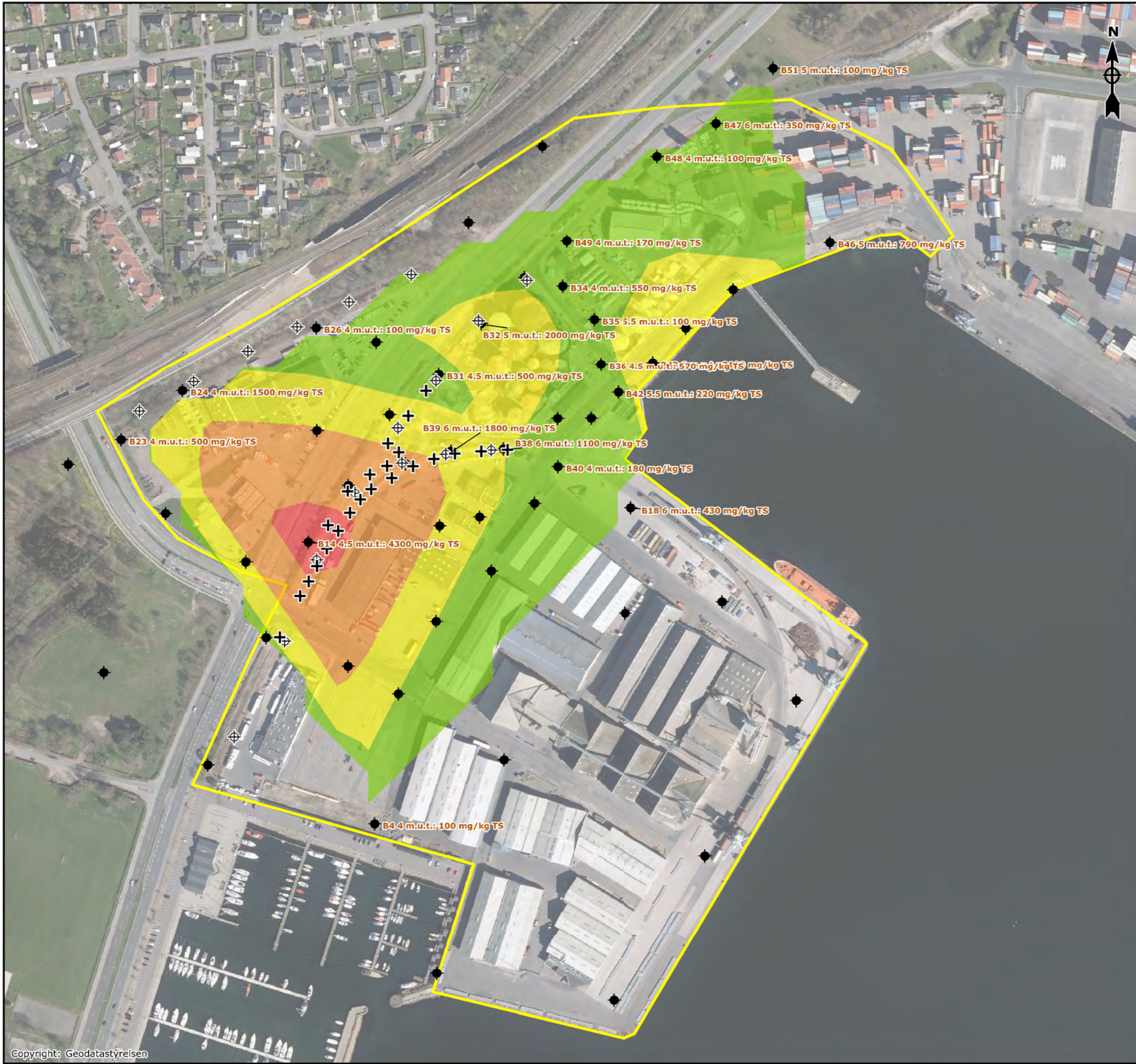
**Kunde/rekvirent**  
 Dan Gødning A/S

**Sagsnavn/adresse**  
 Fredericia Havn

Matr. nr.  
 -

Emne  
 Udbredelse af Total-N (1,0-3,5 m.u.t.)





### Signaturer

- Projektgrænse
- Filtersat boring
- + Håndboring
- + Centerkoordinat til felt med overfladeprøve

Jordprøver - Total N 4-6 m.u.t.  
 Konturering via interpolation (triangulation)

- 100-1.000 mg/kg TS
- 1.000-2.000 mg/kg TS
- 2.000-3.500 mg/kg TS
- 3.500-5.000 mg/kg TS
- >5.000 mg/kg TS

Dato	Udg.	Udført af	Målestok
11-11-2016	1	TS	1:3000

DMR-sagsnr.	Kundesagsnr.
2016-0257	-

**Kunde/rekviert**  
 Dan Gødning A/S

**Sagsnavn/adresse**  
 Fredericia Havn

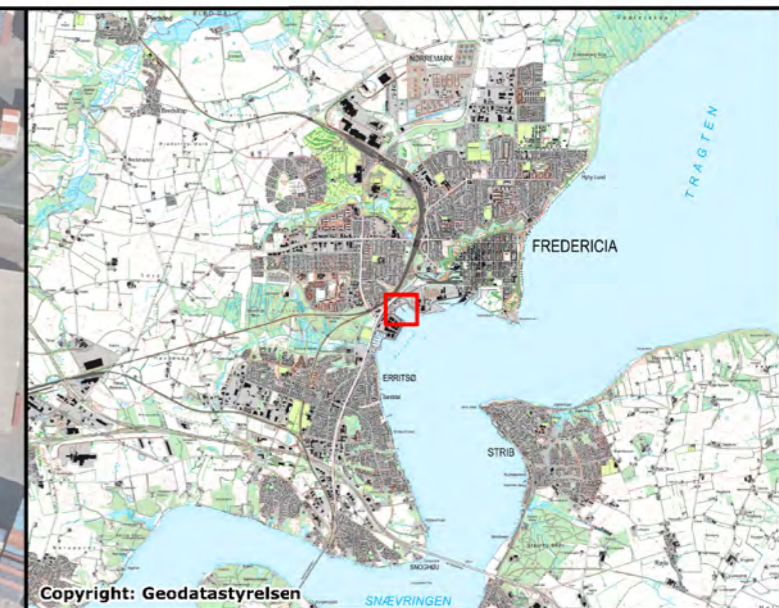
**Matr. nr.**  
 -

**Emne**  
 Udbredelse af Total-N (4,0-6,0 m.u.t.)



# Bilag 3



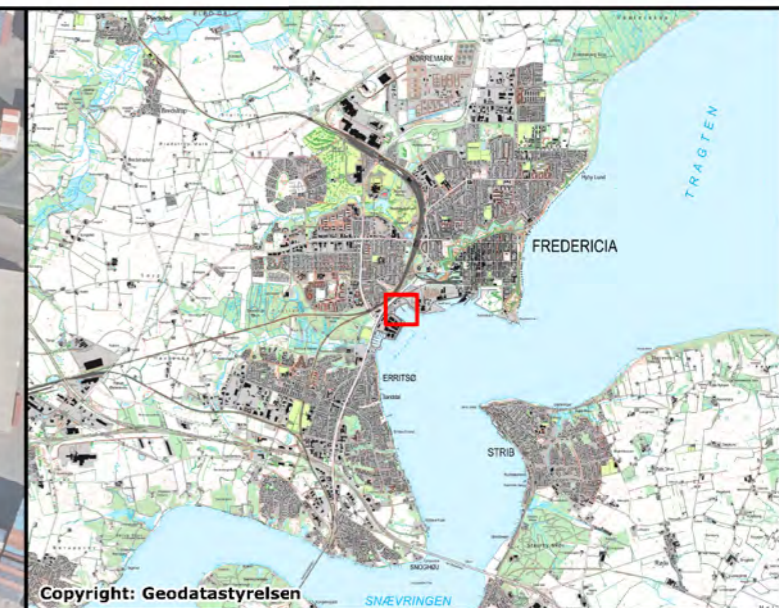


**Signaturer**

- Projektgrænse
  - Filtersat boring
- Vandprøver - Total N  
Konturering via interpolation (triangulation)
- Under 50 mg/l
  - 50-100 mg/l
  - 100-500 mg/l
  - 500-2.000 mg/l
  - > 2.000 mg/l

Dato	Udg.	Udført af	Målestok
11-11-2016	1	TS	1:3000
DMR-sagsnr.	Kundesagsnr.		
2016-0257	-		
<b>Kunde/rekviert</b>			
Dan Gødning A/S			
<b>Sagsnavn/adresse</b>			
Fredericia Havn			
Matr. nr.			
-			
<b>Emne</b>			
Udbredelse af Total-N			





**Signaturer**

- Projektgrænse
- Filtersat boring

Vandprøver - Ammoniak/Ammonium  
Konturering via interpolation (triangulation)

- Under 50 mg/l
- 50-100 mg/l
- 100-500 mg/l
- 500-2.000 mg/l
- > 2.000 mg/l

Dato	Udg.	Udført af	Målestok
11-11-2016	1	TS	1:3000

DMR-sagsnr.	Kundesagsnr.
2016-0257	-

**Kunde/rekvirent**  
Dan Gødning A/S

**Sagsnavn/adresse**  
**Fredericia Havn**

Matr. nr.  
-

Emne  
Udbredelse af Ammoniak/Ammonium





**Signaturer**

- Projektgrænse
- Filtersat boring

Vandprøver - Nitrat/Nitrit  
Konturering via interpolation (triangulation)

- Under 50 mg/l
- 50-100 mg/l
- 100-500 mg/l
- 500-2.000 mg/l

Dato	Udg.	Udført af	Målestok
11-11-2016	1	TS	1:3000

DMR-sagsnr.	Kundesagsnr.
2016-0257	-

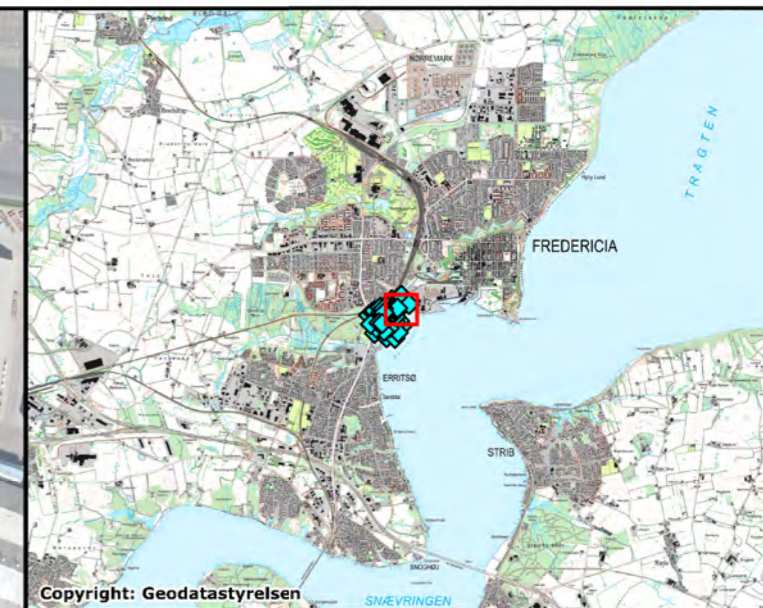
**Kunde/rekviert**  
Dan Gødning A/S

**Sagsnavn/adresse**  
**Fredericia Havn**

Matr. nr.  
-

Emne  
Udbredelse af Nitrat/Nitrit



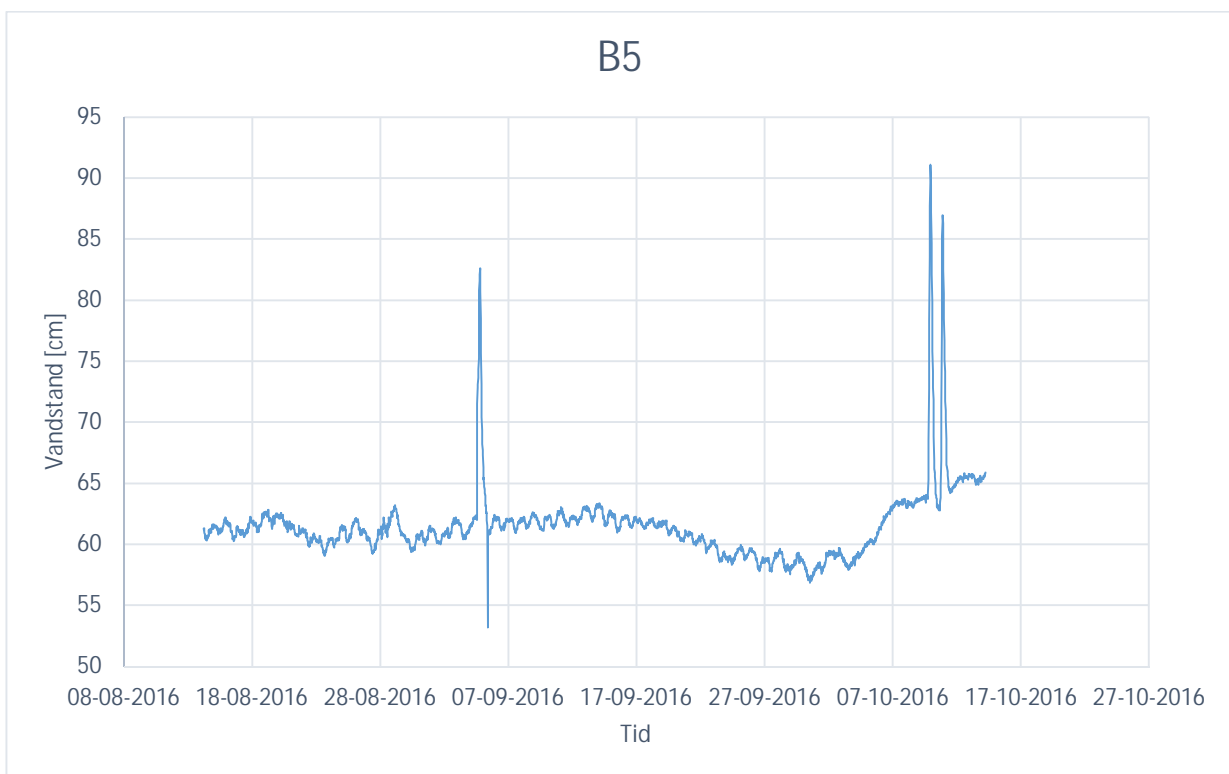


**Signaturer**

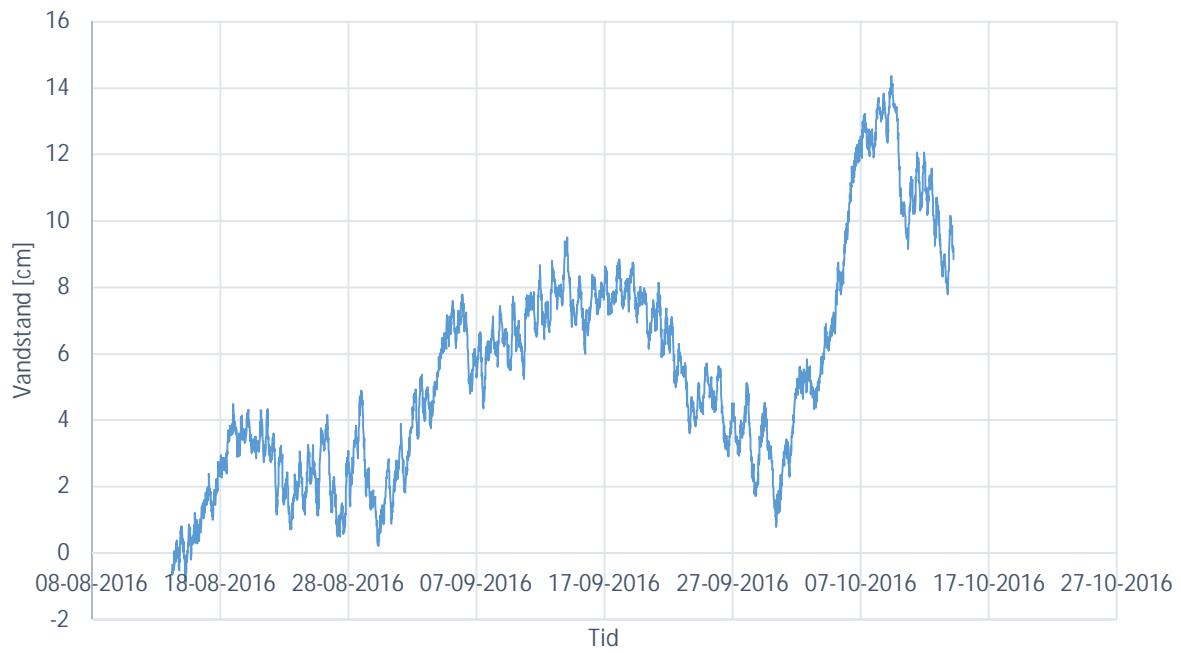
- Projektgrænse
- Synkronpejlerunde 14/10-2016  
(meter DVR90)
- ◆ Pejlet grundvandskote
- Potentialelinje

Dato	Udg.	Udført af	Målestok
11-11-2016	1	TS	1:3000
DMR-sagsnr.	Kundesagsnr.		
2016-0257	-		
<b>Kunde/rekvirent</b> Dan Gødning A/S			
<b>Sagsnavn/adresse</b> <b>Fredericia Havn</b>			
Matr. nr. -			
Emne Grundvandspotentiale			

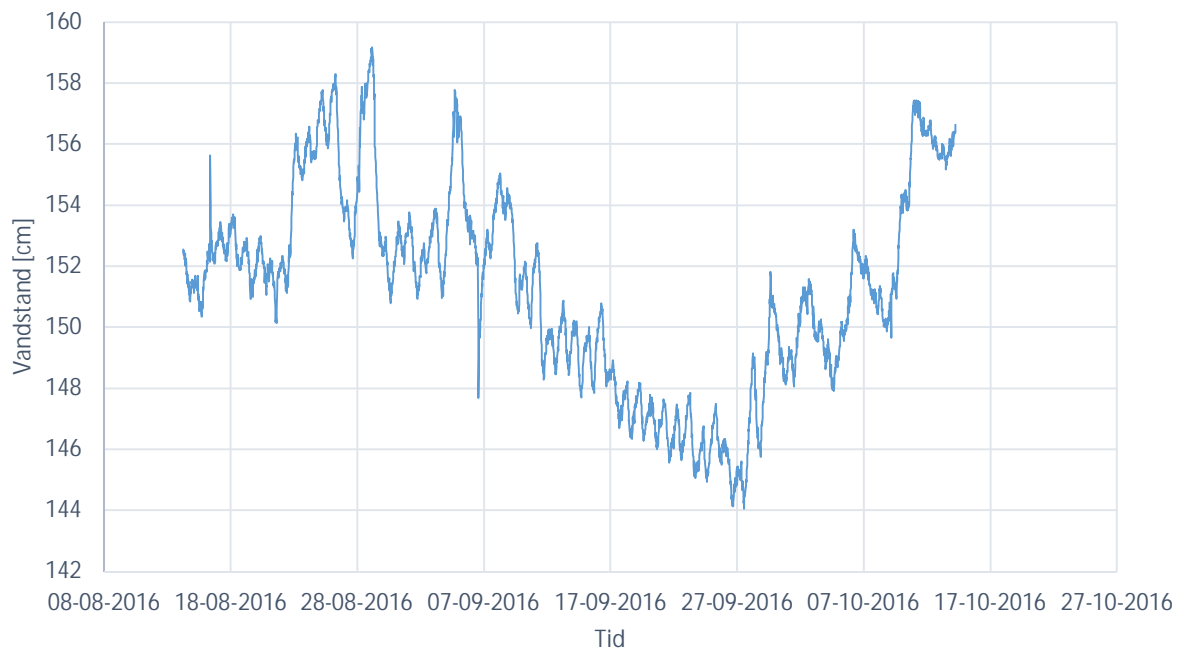




### B10



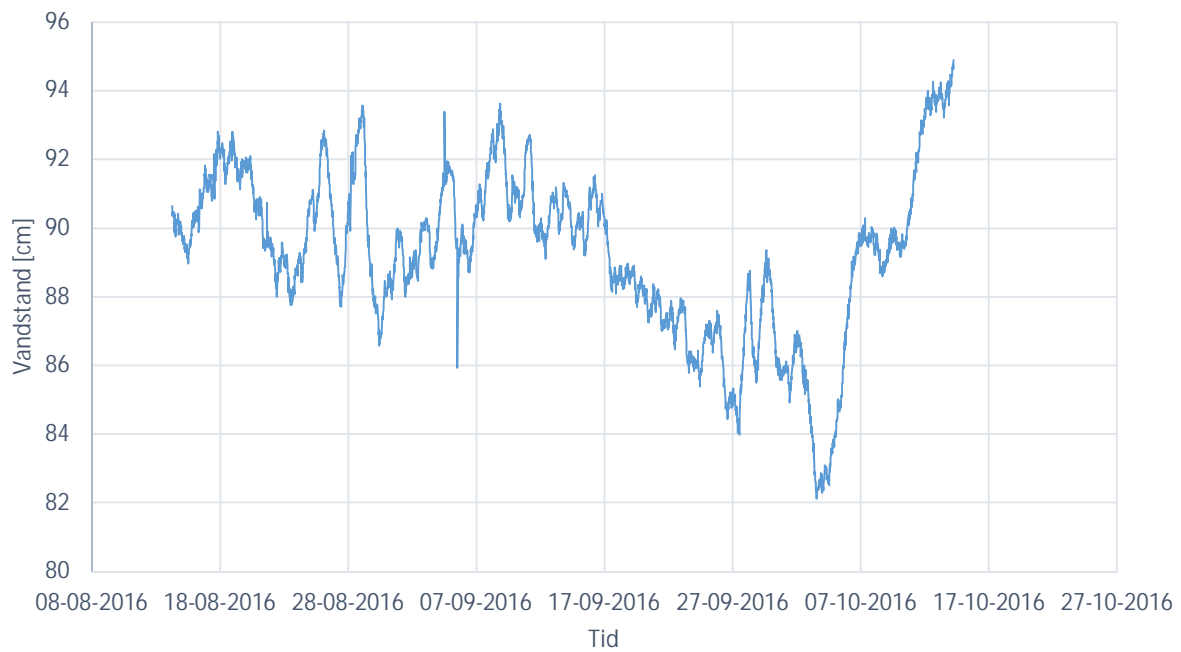
### B24



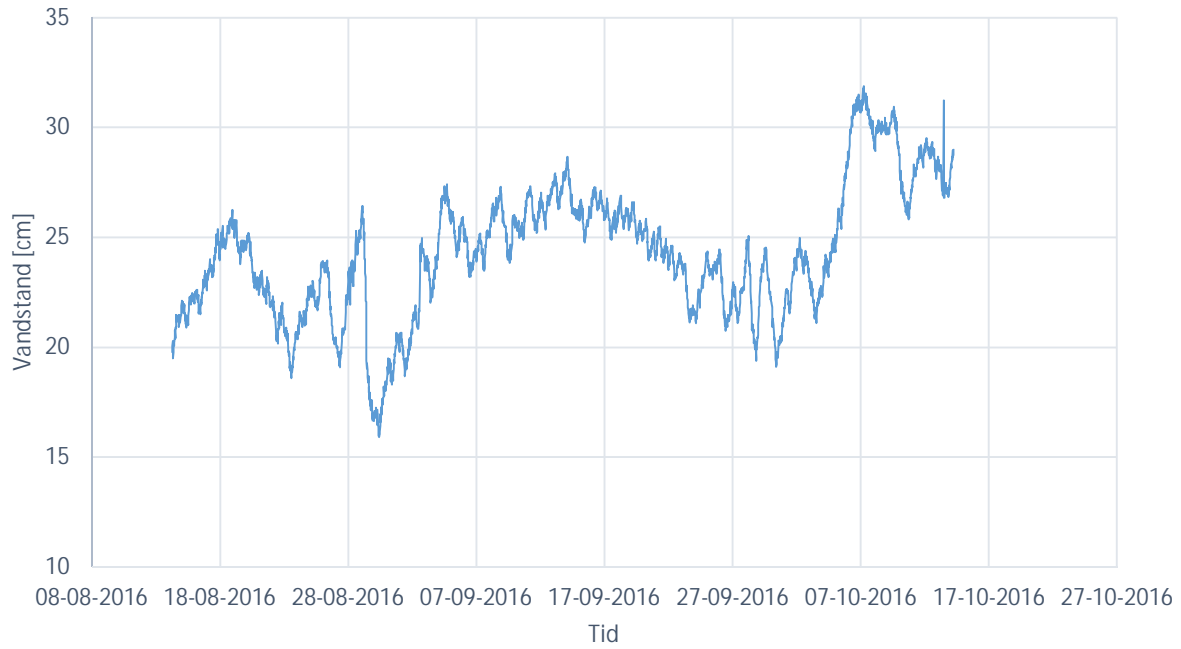
### B31



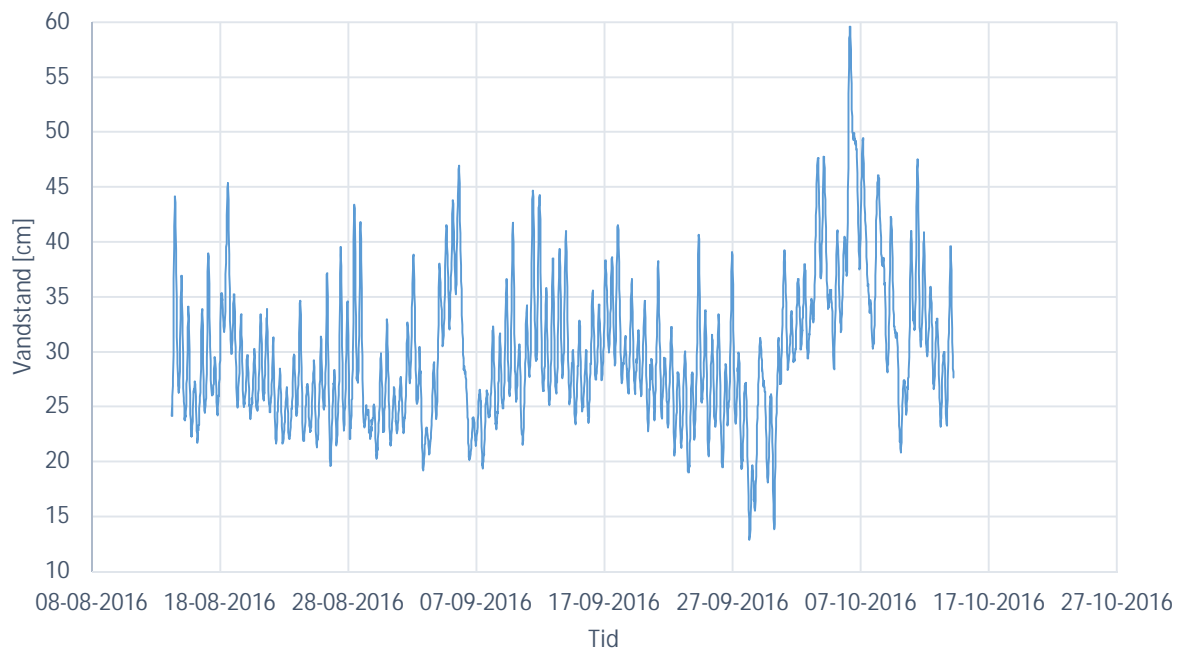
### B33



B40

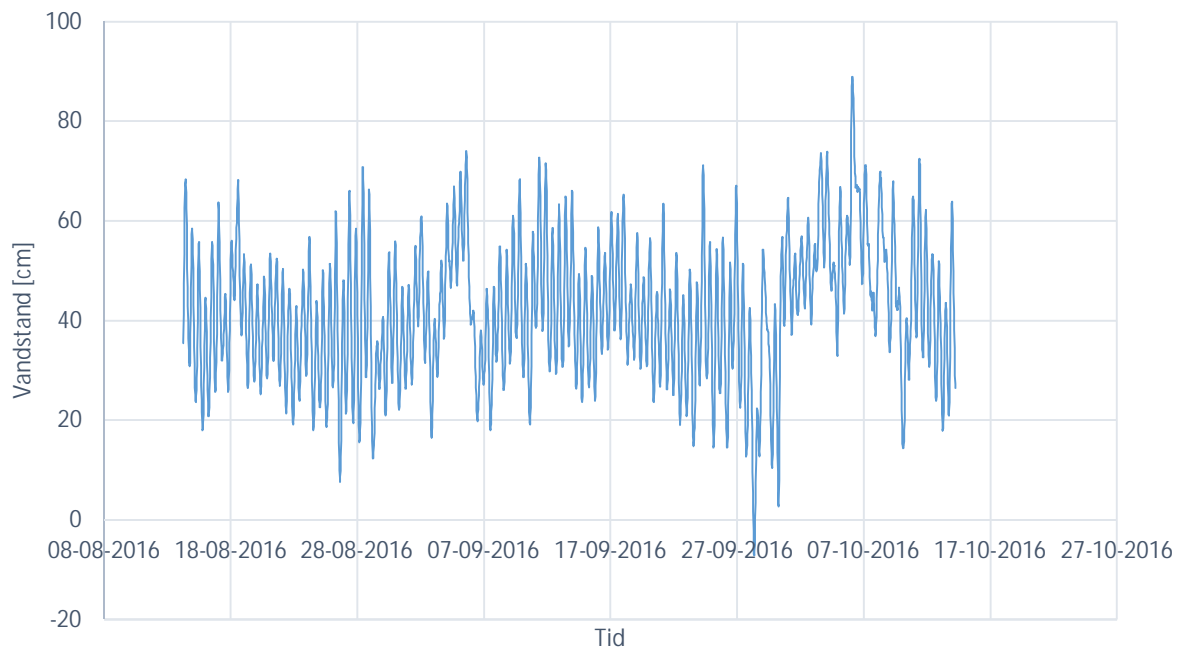


B42

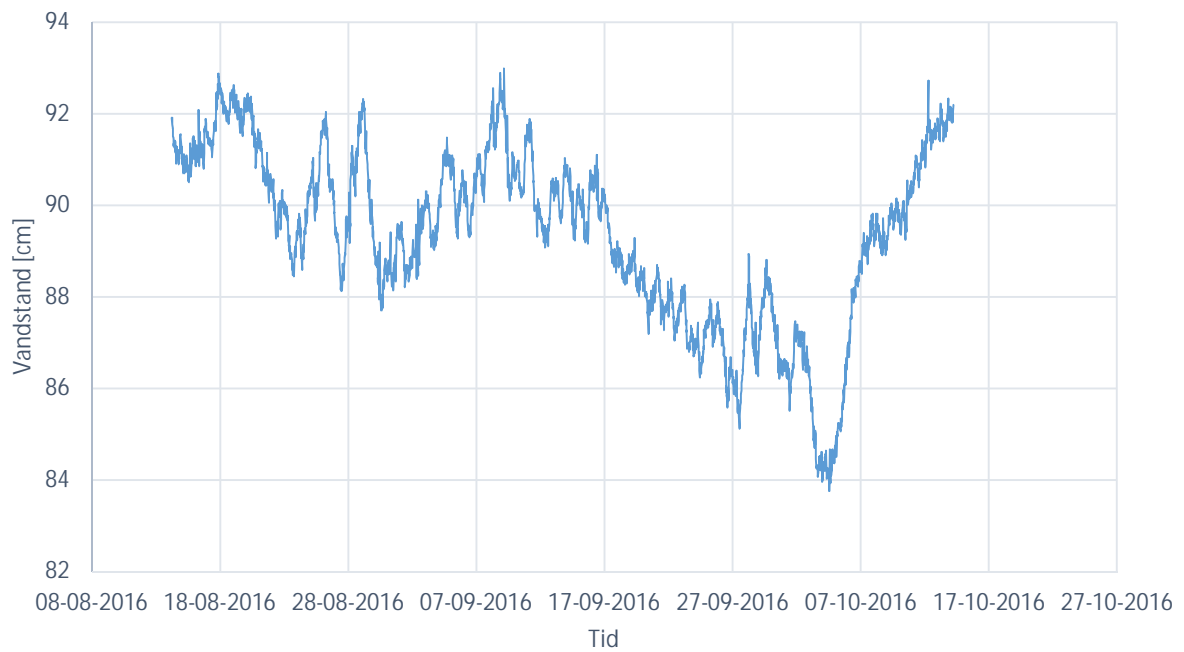




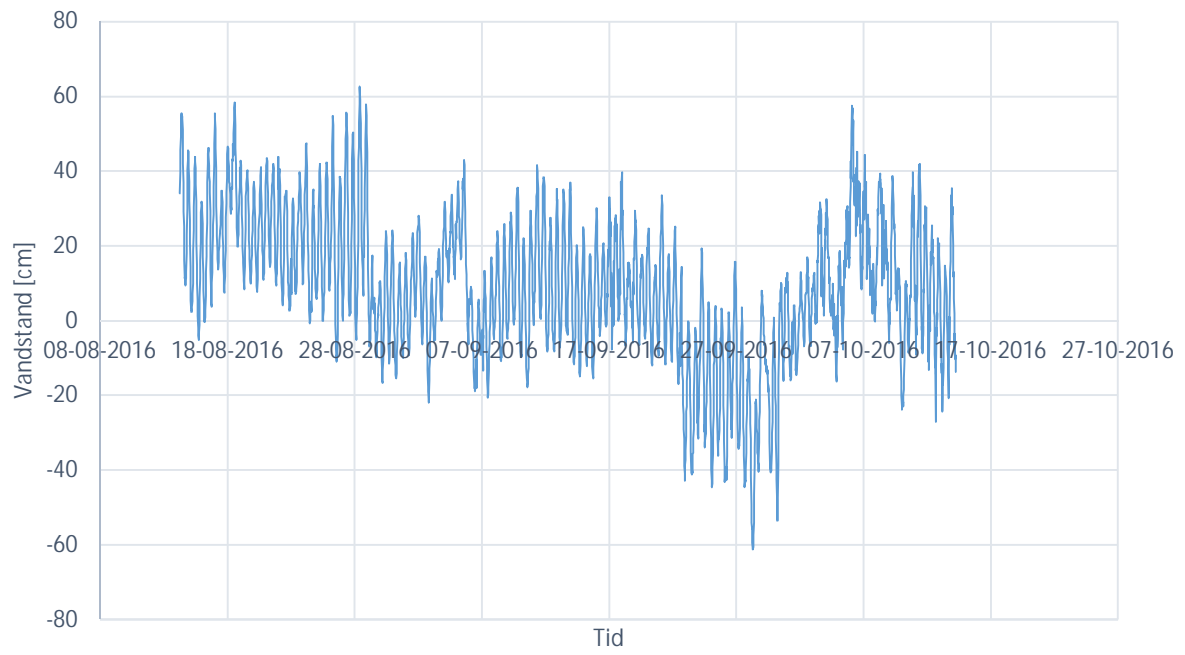
B46



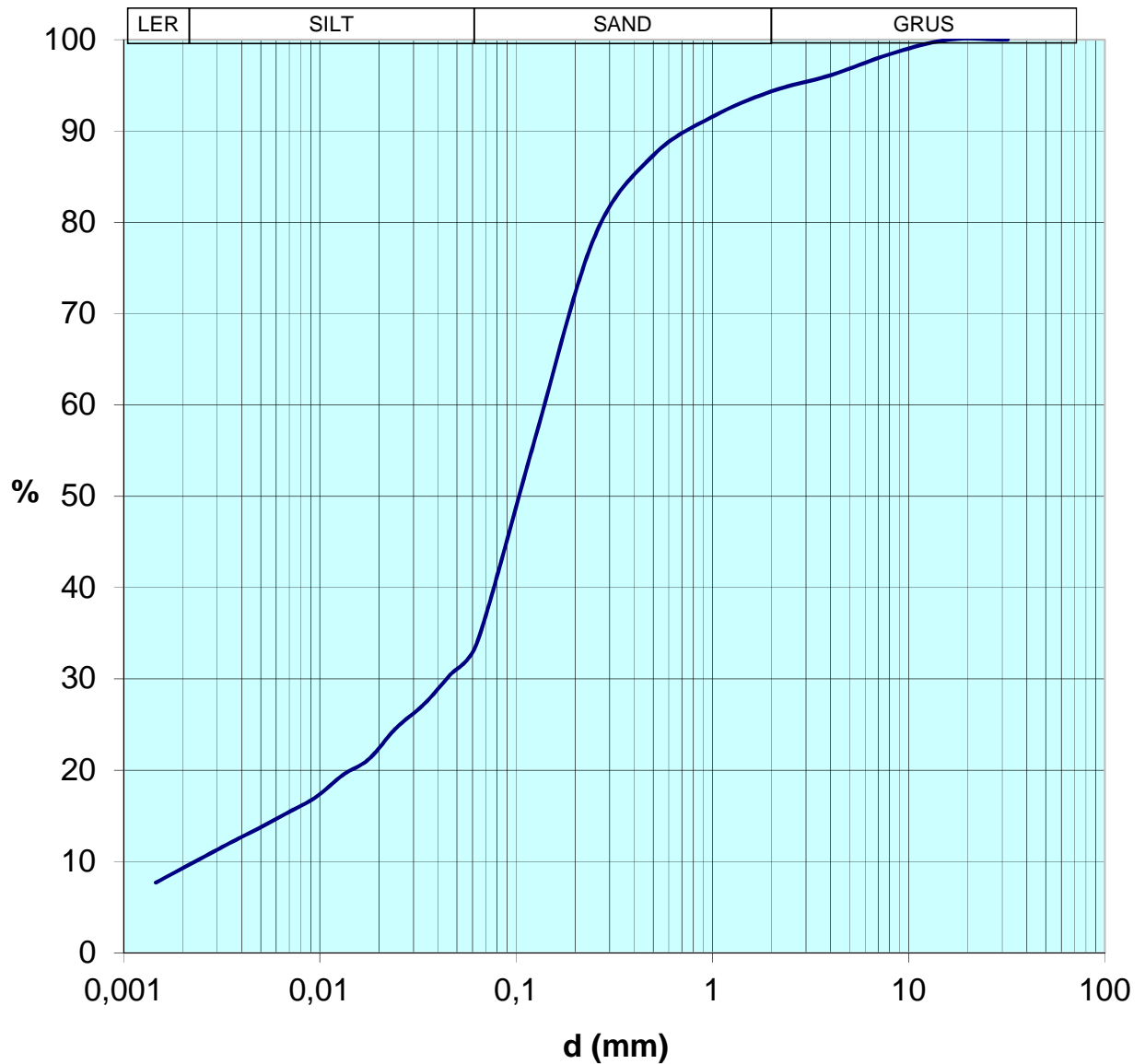
B52



# Havn



# KORNKURVE



Boring 55/ 2,5-3,5 m u.t.

På den udtagne prøve er der d. 12 oktober 2016 udført forsøg til bestemmelse af kornkurven.

**DMR-Geoteknik** Industrivej 10A, 8680 Ry

**KORNKURVE**

Sag nr.: **2016-0257 Fredericia Havn**

Bilag nr.:

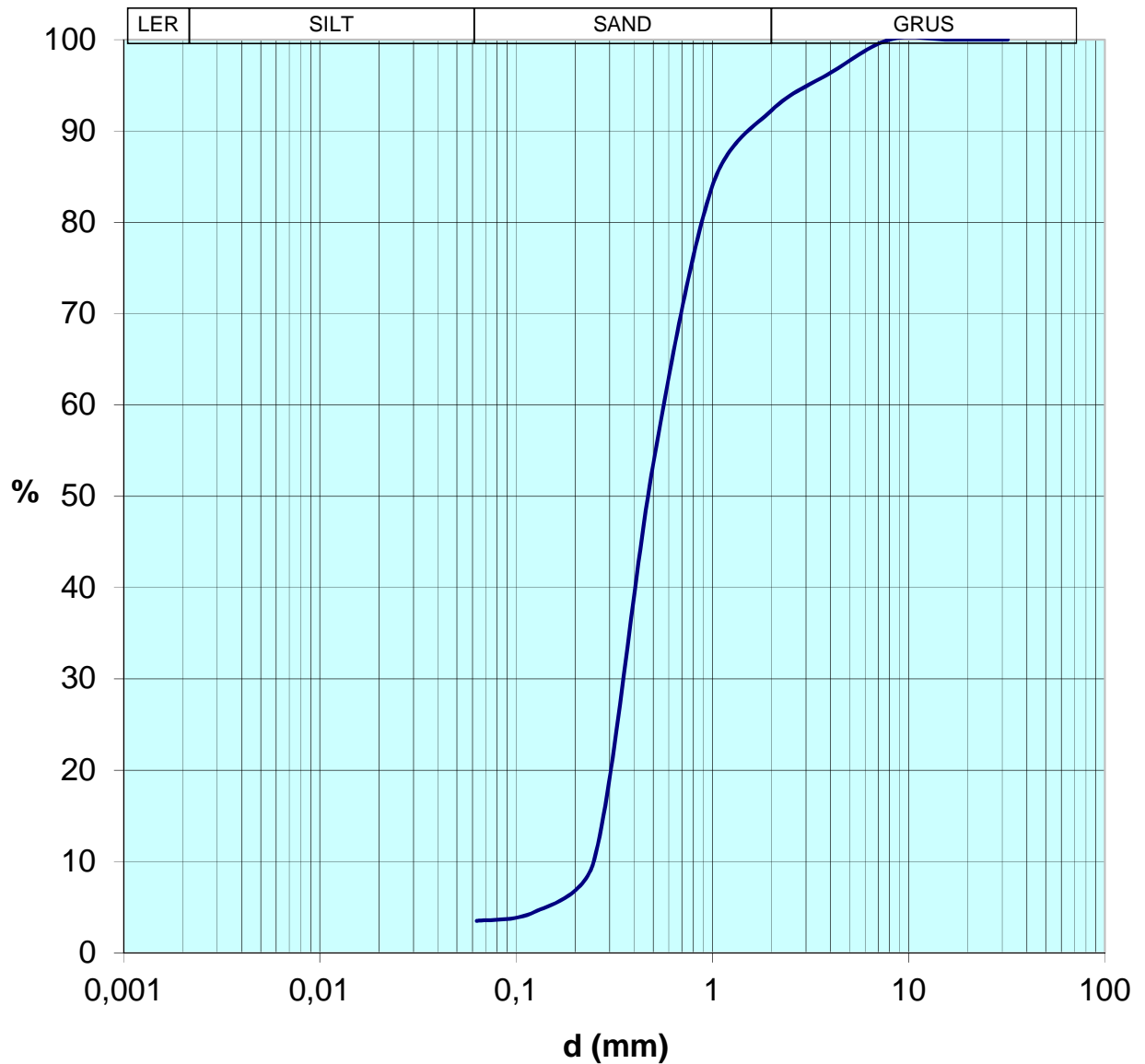
Dato: **12-10-2016**

Udført: **MEF**

Kontrolleret: **CGT**

Godkendt: **CGT**

# KORNKURVE



Boring 55/ 4,0-4,5 m u.t.

På den udtagne prøve er der d. 12. oktober 2016 udført forsøg til bestemmelse af kornkurven.

**DMR-Geoteknik** Industrivej 10A, 8680 Ry

**KORNKURVE**

Sag nr.: **2016-0257 Fredericia Havn**

Bilag nr.:

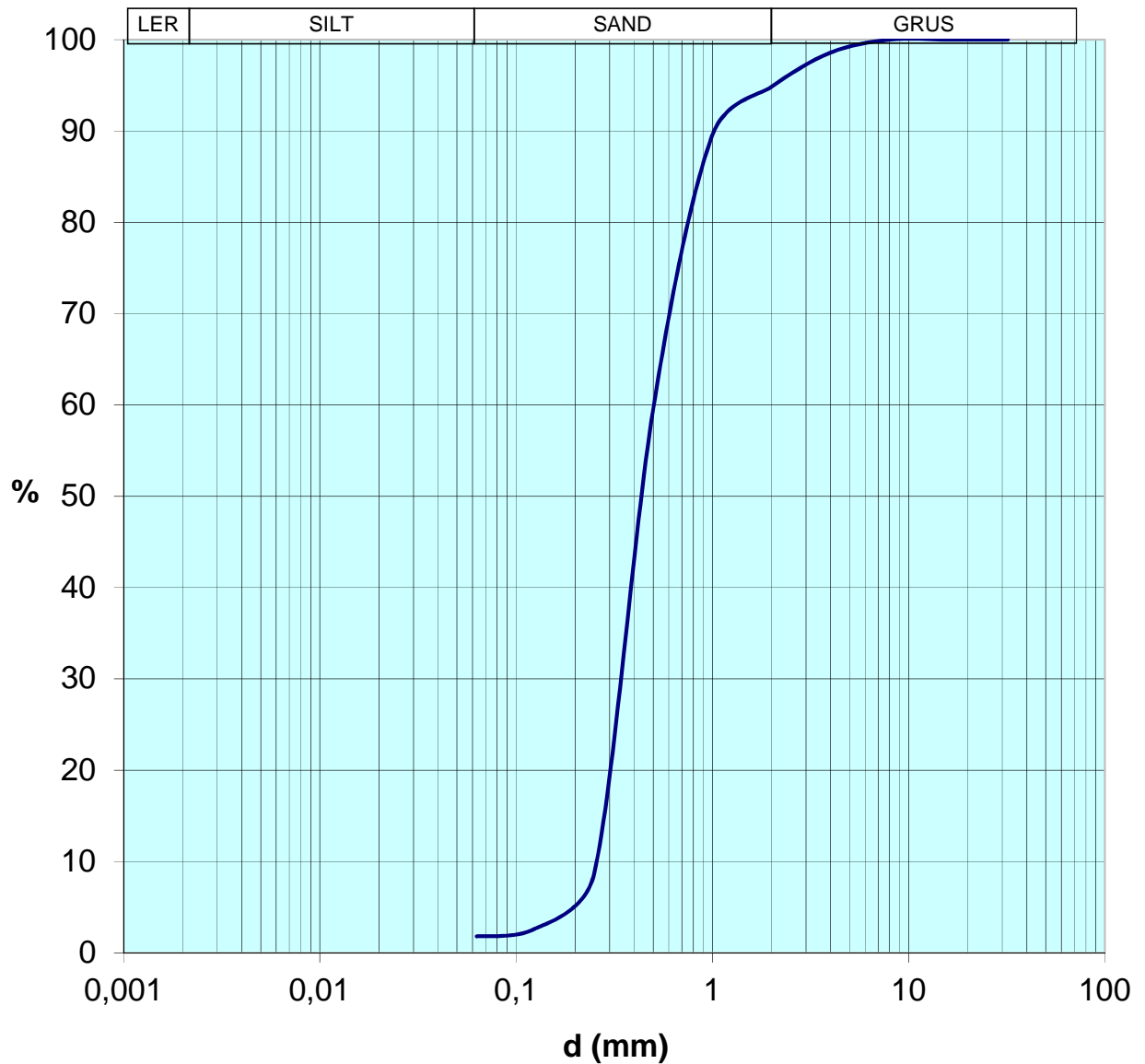
Dato: **12-10-2016**

Udført: **MEF**

Kontrolleret: **CGT**

Godkendt: **CGT**

# KORNKURVE



Boring 55/ 5,0-6,0 m u.t.

På den udtagne prøve er der d. 12. oktober 2016 udført forsøg til bestemmelse af kornkurven.

**DMR-Geoteknik** Industrivej 10A, 8680 Ry

**KORNKURVE**

Sag nr.: **2016-0257 Fredericia Havn**

Bilag nr.:

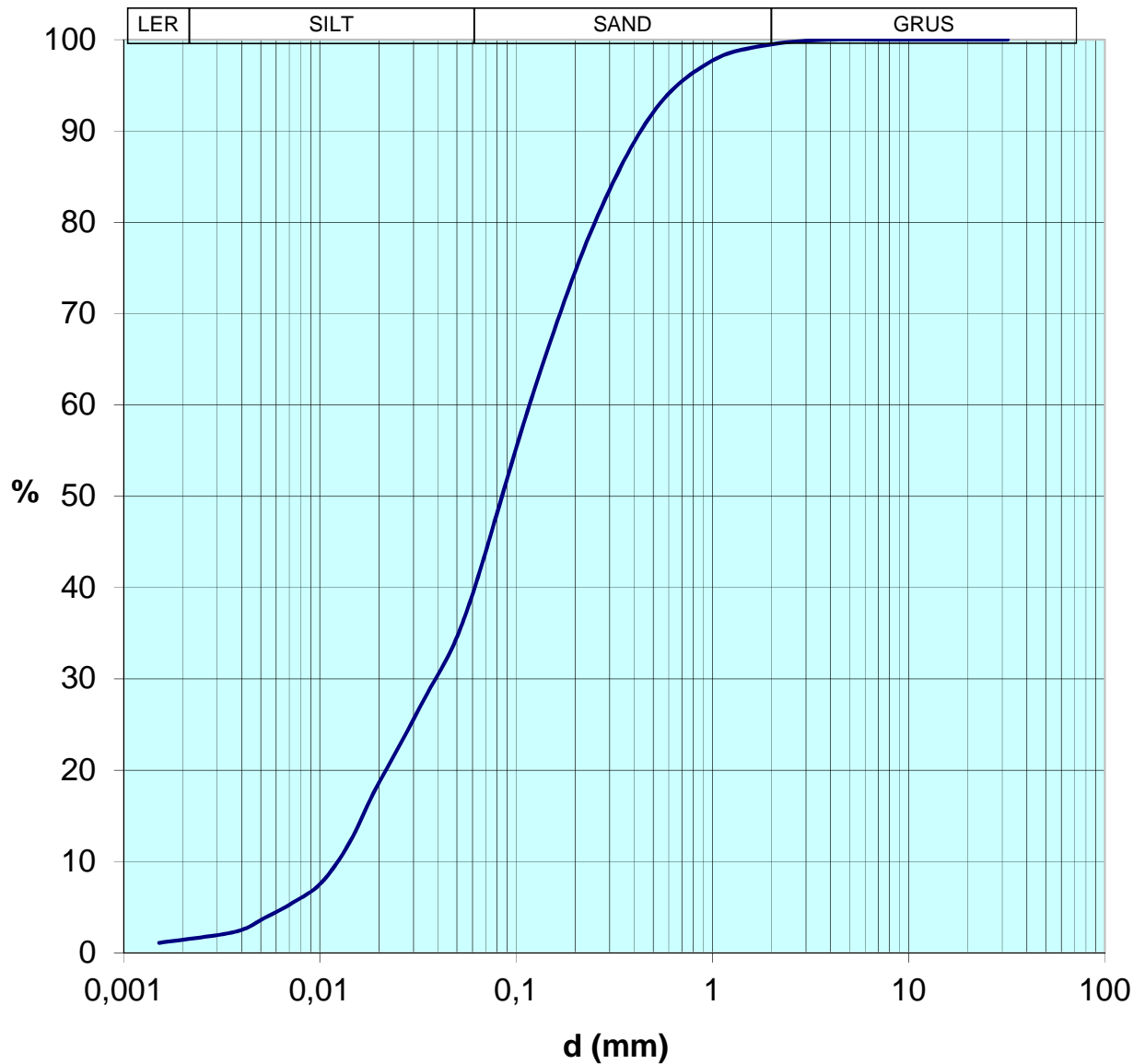
Dato: **12-10-2016**

Udført: **MEF**

Kontrolleret: **CGT**

Godkendt: **CGT**

# KORNKURVE



Boring 55/ 6,5 - 7,5 m u.t.

På den udtagne prøve er der d. 12 oktober 2016 udført forsøg til bestemmelse af kornkurven.

**DMR-Geoteknik** Industrivej 10A, 8680 Ry

**KORNKURVE**

Sag nr.: **2016-0257 Fredericia Havn**

Bilag nr.:

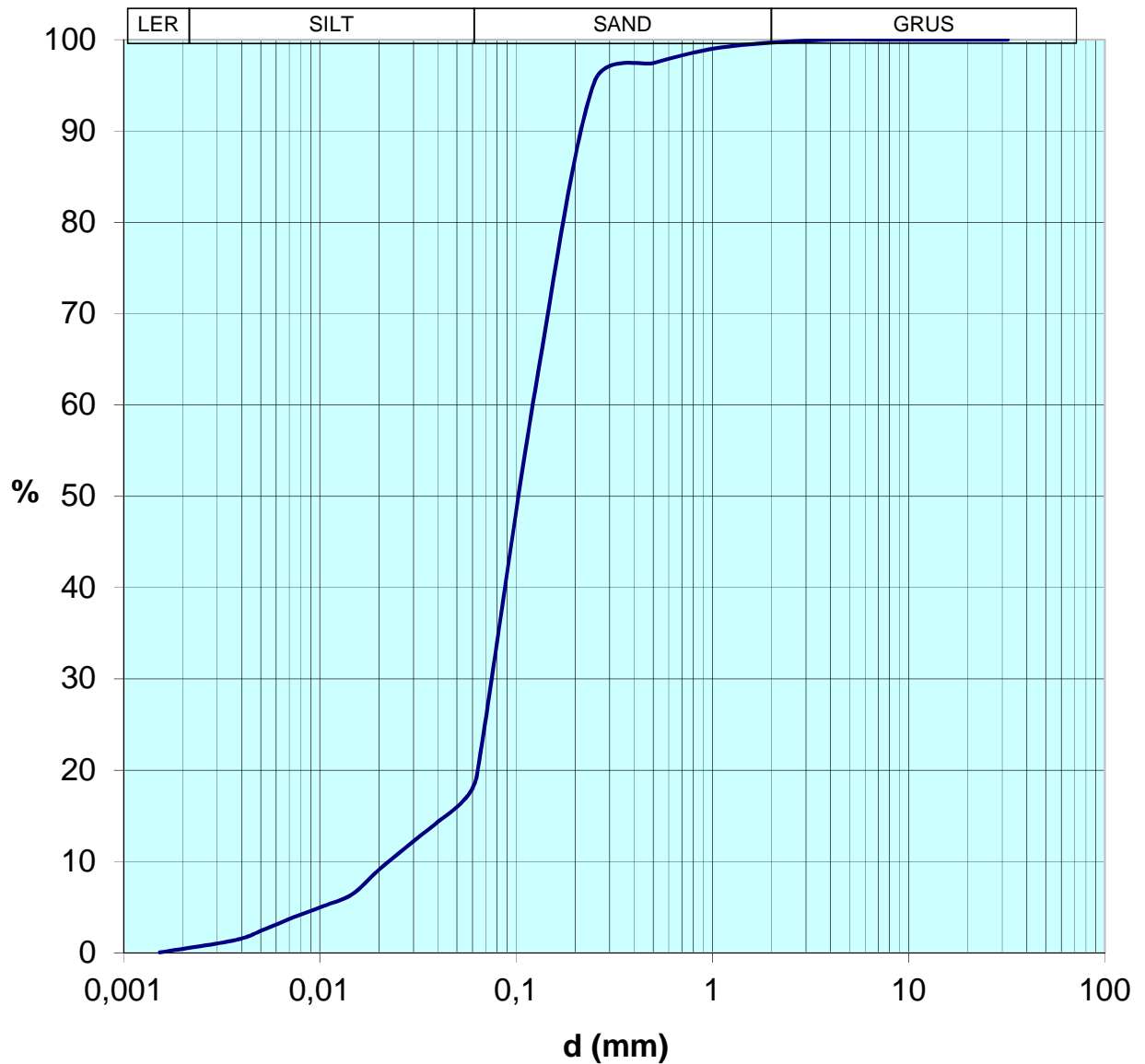
Dato: **12-10-2016**

Udført: **MEF**

Kontrolleret: **CGT**

Godkendt: **CGT**

# KORNKURVE



Boring 55/8,0-10,0 m u.t.

På den udtagne prøve er der d. 12 oktober 2016 udført forsøg til bestemmelse af kornkurven.

**DMR-Geoteknik** Industrivej 10A, 8680 Ry

**KORNKURVE**

Sag nr.: **2016-0257 Fredericia Havn**

Bilag nr.:

Dato: **12-10-2016**

Udført: **MEF**

Kontrolleret: **CGT**

Godkendt: **CGT**

Bilag N.4

# Bilag 4



3 TANK CONTAINER MED SOJA

30T | 20T | 20T

SIGNATURFORKLARING:

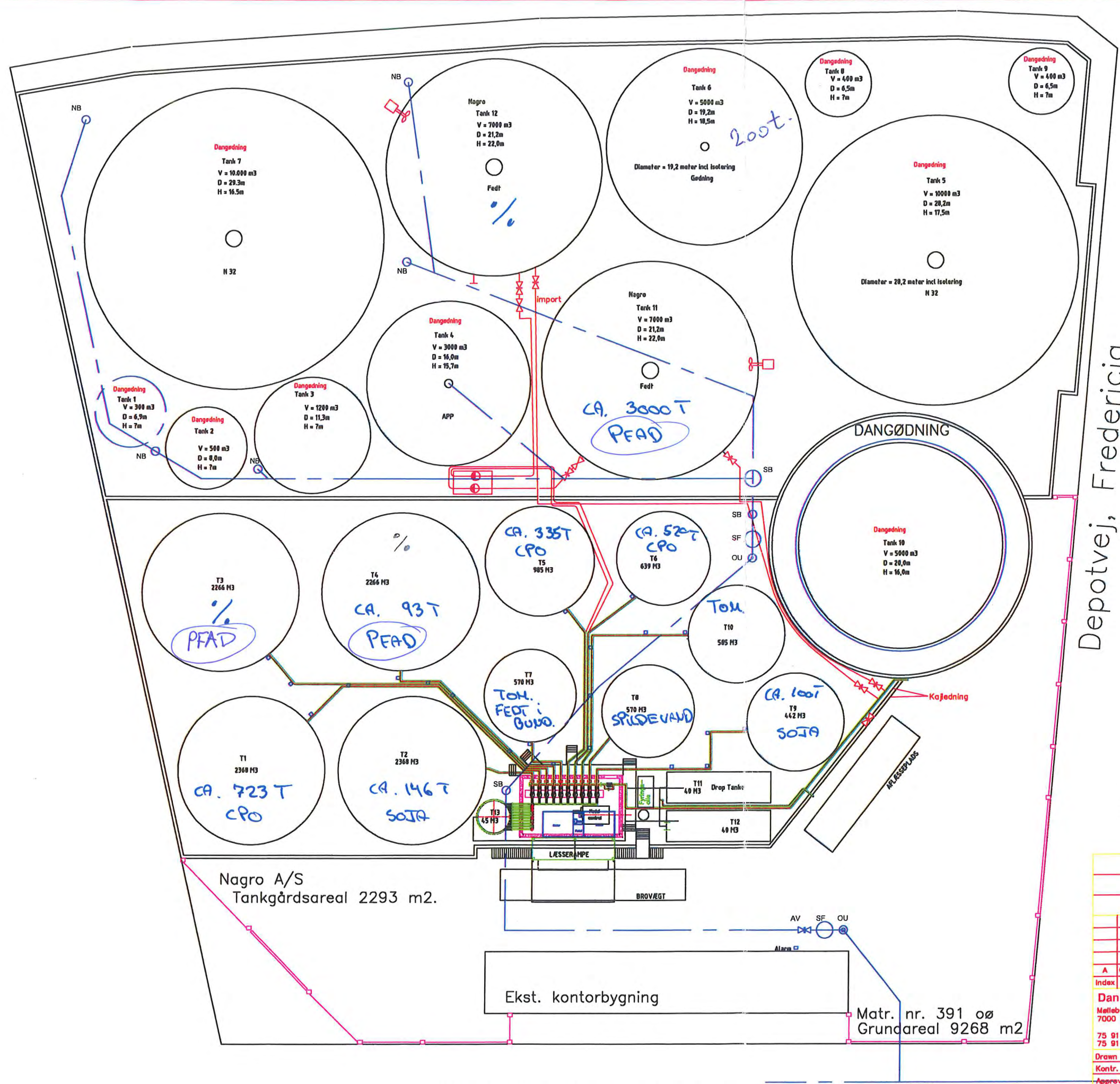
- REGNVANDSLEDNING
- SB: SAMLEBRØND
- NB: NEDGANGSBRØND
- SF: SANDFANG
- OU: OLIEUDSKILLER
- AV: AFSPÆRRINGSVENTIL

NOTE:

Tegning er ikke 100% målfast.

IDE. TIL TANK 11.  
VARMESPIRAL OPPE FRA OG SF  
SUGE SÅRTIDLIG.

Depotvej, Fredericia



Nagro A/S  
Tankgårdsareal 2293 m<sup>2</sup>.

Ekst. kontorbygning

Matr. nr. 391 oø  
Grundareal 9268 m<sup>2</sup>



Møllebugtvej, Fredericia

A 03.10.12 bwn ckm Opdatering/Indtegning af kloakbrønde og ledninger.			
Index	Date:	Drawn by:	Check
Dan Gødning A/S		Møllebugtvej 7	
Møllebugtvej 7		Kloaktegning	
75 91 19 33		Skanda A/S	
75 91 09 71		Danlævej 35	
Drawn 15.06.07 CKM		9550 Mariager	
Kontr.		Denmark	
Approv.		Tlf. 0045 98 58 30 33	
Type:		Fax 0045 98 58 35 30	
Format: A3		DG-M7-03-01A	
Katalog:		Revision:	
		Project nr.:	

Bilag N.5

# Bilag 5

# Safety data sheet

Revision: 19-07-2012  
Replaces: 26-07-2010  
Version: 01.00/EU-UK

---

## SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking

### 1.1. Product identifier

Trade name: N 18 Ureasolution

### 1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Recommended uses: Fertilizer

### 1.3. Details of the supplier of the safety data sheet

Distributor: Dan Gødning A/S  
Møllebugtvej 7  
7000 Fredericia  
Denmark  
Tel: +45 76201480  
Fax: +45 76201499  
Email: info@dangodning.dk  
Contact person: Frank Skov

### 1.4. Emergency telephone number

Emergency telephone number: +45 76201480  
Emergency telephone comments: The emergency telephone is open 24 hours.

---

## SECTION 2: Hazards identification

### 2.1. Classification of the substance or mixture

DPD-classification:

The product shall not be classified as hazardous according to EU classification and labelling rules.  
Most serious harmful effects: May cause slight irritation to the skin and eyes.

### 2.2. Label elements

Hazard designation: The product shall not be classified as hazardous according to EU classification and labelling rules.

### 2.3. Other hazards

The product does not contain any PBT or vPvB substances.

---

## SECTION 3: Composition/information on ingredients

### 3.2. Mixtures

Registration number	CAS/EC No.	Substance	DSD-classification/ CLP-classification	w/w%	Note
.	57-13-6	Urea	-	<45	.
.	200-315-5	.	.	.	.

Please see section 16 for the full text of R-phrases and H-phrases.

---

## SECTION 4: First aid measures

### 4.1. Description of first aid measures

Inhalation:	Seek fresh air. Product decomposes in fire conditions or when heated to high temperatures, and inflammable and toxic gases may be released. Symptoms of poisoning may occur even after several hours. In case of inhalation of vapours, keep patient under medical observation for at least 48 hours.
Ingestion:	Wash out mouth thoroughly and drink 1-2 glasses of water in small sips. Seek medical advice in case of persistent discomfort.
Skin:	Remove contaminated clothing. Wash the skin with water. Seek medical advice in case of persistent discomfort.
Eyes	Flush with water (preferably using eye wash equipment) until irritation subsides. Seek medical advice if symptoms persist.
Other information:	When obtaining medical advice, show the safety data sheet or label.

### 4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed

May cause slight irritation to the skin and eyes.

### 4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

Treat symptoms. No special immediate treatment required.

---

## SECTION 5: Firefighting measures

### 5.1. Extinguishing media

Suitable extinguishing media Extinguish with powder, foam, carbon dioxide or water mist. Use water or water mist to cool non-ignited stock.

Unsuitable extinguishing media Do not use water stream, as it may spread the fire.

### 5.2. Special hazards arising from the substance or mixture

Product decomposes in fire conditions or when heated to high temperatures, and inflammable and toxic gases may be released.

### 5.3. Advice for firefighters

Move containers from danger area if it can be done without risk. Avoid inhalation of vapour and flue gases – seek fresh air. Wear Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA) with chemical resistant gloves.

---

## SECTION 6: Accidental release measures

### 6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

For non-emergency personnel: Stop leak if this can be done without risk. Wear safety goggles if there is a risk of eye splash.

For emergency responders: In addition to the above: Normal protective clothing equivalent to EN 469 is recommended.

### 6.2. Environmental precautions

Prevent spillage from entering drains and/or surface water.

### 6.3. Methods and material for containment and cleaning up

Contain and absorb spill with sand or other absorbent material and transfer to suitable waste containers. Wipe up minor spills with a cloth.

### 6.4. Reference to other sections

See section 13 for instructions on disposal.

---

## SECTION 7: Handling and storage

### 7.1. Precautions for safe handling

Wash hands before breaks, before using restroom facilities, and at the end of work. Running water and eye wash equipment should be available. See section 8 for type of protective equipment.

### 7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

The product should be stored safely, out of reach of children and away from food, animal feeding stuffs, medicines, etc. Do not expose to heat (e.g. sunlight). Store away from other chemicals.

### 7.3. Specific end use(s)

None.

---

## SECTION 8: Exposure controls/personal protection

## 8.1. Control parameters

Legal basis: Directive 2000/39/EC as subsequently amended.  
Contains no substances subject to reporting requirements.

## 8.2. Exposure controls

Appropriate engineering controls: Wear the personal protective equipment specified below. See also section 7.1.

Personal protective equipment, eye/face protection: Wear safety goggles if there is a risk of eye splash. Eye protection must conform to EN 166.

Personal protective equipment, skin protection: Plastic or rubber gloves recommended.

Personal protective equipment, respiratory protection: Not required.

Environmental exposure controls: Ensure compliance with local regulations for emissions.

---

## SECTION 9: Physical and chemical properties

### 9.1. Information on basic physical and chemical properties

State: Liquid  
Colour: Clear / Yellowish  
Odour: Amine odour  
Odour threshold: No data  
pH (solution for use): No data  
pH (concentrate): 8,5  
Melting point/freezing point: No data  
Initial boiling point and boiling range: No data  
Flash point: No data  
Evaporation rate: No data  
Flammability (solid, gas): No data  
Upper/lower flammability limits: No data  
Upper/lower explosive limits: No data  
Vapour pressure: No data  
Vapour density: No data  
Relative density: 1,1  
Solubility: No data  
Partition coefficient n-octanol/water: No data  
Auto-ignition temperature: No data  
Decomposition temperature: 150-200 °C  
Viscosity: No data  
Explosive properties: No data  
Oxidising properties: No data

### 9.2. Other information

None.

---

## SECTION 10: Stability and reactivity

### 10.1. Reactivity

Reacts with strong acids and strong alkalis under the generation of nitrous gases and ammonia.

### 10.2. Chemical stability

The product is stable when used in accordance with the supplier's directions.

### 10.3. Possibility of hazardous reactions

None known.

### 10.4. Conditions to avoid

Avoid heating and contact with ignition sources.

### 10.5. Incompatible materials

Strong alkalis/ Strong acids.

### 10.6. Hazardous decomposition products

The product decomposes when combusted or heated to high temperatures and the following toxic gases can be formed: Nitrous gases/ Sulphur oxides.

---

## **SECTION 11: Toxicological information**

### **11.1. Information on toxicological effects**

Acute toxicity - oral:	Ingestion may cause discomfort. The product does not have to be classified. Test data are not available.
Acute toxicity - dermal:	The product does not have to be classified. Test data are not available.
Acute toxicity - inhalation:	The product does not have to be classified. Test data are not available. Product decomposes in fire conditions or when heated to high temperatures, and inflammable and toxic gases may be released. Symptoms of poisoning may occur even after several hours. In case of inhalation of vapours, keep patient under medical observation for at least 48 hours.
Skin corrosion/irritation:	Can be irritating after prolonged skin contact. The product does not have to be classified. Test data are not available.
Serious eye damage/eye irritation:	May cause eye irritation. The product does not have to be classified. Test data are not available.
Sensitisation:	The product does not have to be classified. Test data are not available.
Mutagenicity:	The product does not have to be classified. Test data are not available.
Carcinogenic properties:	The product does not have to be classified. Test data are not available.
Reproductive toxicity:	The product does not have to be classified. Test data are not available.
Toxicity in case of single exposure:	The product does not release hazardous vapours. The product does not have to be classified. Test data are not available.
Toxicity in case of repeated or prolonged exposure:	The product does not have to be classified. Test data are not available.
Aspiration hazard:	The product does not have to be classified. Test data are not available.
Other toxicological effects:	None known.

---

## **SECTION 12: Ecological information**

### **12.1. Toxicity**

The product is used as a fertilizer and is not expected to harm the environment when used according to the recommendations. The product does not have to be classified. Test data are not available.

### **12.2. Persistence and degradability**

Test data are not available. Promotes growth in the vegetation. The product is relatively quickly metabolized by organisms occurring in nature.

### **12.3. Bioaccumulative potential**

Test data are not available.

### **12.4. Mobility in soil**

Test data are not available.

### **12.5. Results of PBT and vPvB assessment**

The product does not contain any PBT or vPvB substances.

### **12.6. Other adverse effects**

None known.

---

## **SECTION 13: Disposal considerations**

### **13.1. Waste treatment methods**

Do not discharge large quantities of concentrated spills and residue into drains. Contact the local authorities.

EWC code: Depends on line of business and use, for instance 02 01 09 Agrochemical waste other than those mentioned in 02 01 08.

Absorbent/cloth contaminated with the product: EWC code: 15 02 03 Absorbents, filter materials, wiping cloths and protective clothing other than those mentioned in 15 02 02.

Empty, cleansed packaging should be disposed of for recycling.

---

#### **SECTION 14: Transport information**

##### **ADR/RID**

14.1. UN number -  
14.2. UN proper shipping name -  
14.3. Transport hazard class(es) -  
14.4. Packing group -  
Hazard identification number -  
Tunnel restriction code: -  
14.5. Environmental hazards -

##### **ADN**

14.1. UN number -  
14.2. UN proper shipping name -  
14.3. Transport hazard class(es) -  
14.4. Packing group -  
14.5. Environmental hazards -  
Environmental hazard in tank vessels: -

##### **IMDG**

14.1. UN number -  
14.2. UN proper shipping name -  
14.3. Transport hazard class(es) -  
14.4. Packing group -  
14.5. Environmental hazards -  
IMDG Code segregation group: -

##### **ICAO/IATA**

14.1. UN number -  
14.2. UN proper shipping name -  
14.3. Transport hazard class(es) -  
14.4. Packing group -

##### **14.6. Special precautions for user**

-

##### **14.7. Transport in bulk according to Annex II of MARPOL73/78 and the IBC Code**

-

---

#### **SECTION 15: Regulatory information**

##### **15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture**

Special provisions: None.

## 15.2. Chemical safety assessment

Chemical safety assessment has not been performed.

---

### SECTION 16: Other information

Changes have been made in the following sections:

All sections.

Abbreviation explanations:

PBT: Persistent, Bioaccumulative and Toxic  
vPvB: Very Persistent and Very Bioaccumulative

R-phrases:

No R-phrases.

H-phrases:

No H-phrases.

Training:

A thorough knowledge of this safety data sheet should be a prerequisite condition.

---

SKP/ Bureau Veritas HSE Denmark A/S Birkemosevej 7, DK-6000 Kolding T: +45 75508811, F: +45 75508810, E-mail: infohse@dk.bureauveritas.com, Web: www.hse.bureauveritas.dk (Made in Toxido®) EU\_UK



SC "Achema"  
Safety data sheet

In accordance with Regulation (EC) 1907/2006 (REACH), Annex II

**Liquid Nitrogen Fertilizers (UAN)**



Page 1 of 8

Revision date:  
2016-01-20  
Version No. 1  
Revision No. 6

**1. IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE AND OF THE COMPANY**

**1.1 Product identifier**

**Trade name of mixture** – Liquid Nitrogen Fertilizers (UAN)

**Composition:** a mixture of ammonium nitrate and urea.

**Identification of ingredients:**

**Trade name:** Ammonium nitrate;

**INDEX number as listed in Annex VI of CLP:** Not listed

**CAS number.** 6484-52-2

**EC number:** 229-347-8

**REACH registration number:** 01-2119490981-27-xxxx

**Chemical name:** Urea;

**INDEX number as listed in Annex VI of CLP:** Not listed

**CAS number.** 57-13-6

**EC number:** 200-315-5

**REACH registration number:** 01-2119463277-33-xxxx

**1.2 Relevant identified uses of the mixture and uses advised against**

**1.2.1 Uses:** Used as a main and/or additional fertilizer for winter and summer crops, sugar beet, mangel – (wurzel), grasslands and potatoes.

**1.2.2 Uses advised against:** None.

**1.3 Details of the supplier of the safety data sheet:**

Manufacturer: AB Achema

Full address: Jonalaukio k., Ruklos sen., LT55550

Country: Lithuania

Tel. Nr.: +370 349 56465; +370 349 52074

URL website: [www.achema.com](http://www.achema.com)

Email: [m.vaidila@achema.com](mailto:m.vaidila@achema.com)

**1.4 Emergency telephone number:** +370 5 2362052 or 112.

**2. HAZARDS IDENTIFICATION**

**2.1 Classification of the substance**

**2.1.1 Classification according to Regulation No. 1272/2008:** not classified as hazardous. According to "Assessment of ammonium nitrate based fertilizers as eye irritant for classification purpose. A report prepared by Fertilizers Europe" (14 July 2011) product is not classified as eye irritation Cat. 2.

**2.1.2 Additional information:**

Full text of precaution phrases is in chapter 16.

SC "Achema"  
Safety data sheet



In accordance with Regulation (EC) 1907/2006 (REACH), Annex II

Liquid Nitrogen Fertilizers (UAN)

2.2 Label elements

Labeling according to Regulation No. 1272/2008:

- P102 - Keep out of reach of children;
- P220 - Keep/Store away from clothing /food/drinks/animal foodstuffs/ combustible materials;
- P262 - Do not get in eyes, on skin, or on clothing;
- P280 - Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection;
- P305+P351+P338 - IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing;
- P337+P313 - If eye irritation persists: Get medical advice/attention;
- P301+P315 - IF SWALLOWED: Get immediate medical advice/attention;
- P264 - Wash hands thoroughly after handling.

2.3 Other hazards. According to Annex XIII of Regulation (EC) No 1907/2006, no PBT and vPvB assessment has been conducted since product is inorganic.

3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

3.1. Mixtures. According to the Regulation (EC) No 1907/2006 the product is a multi-constituent.

Hazardous ingredient.

CAS no.	EC no.	REACH registration no.	Content	IUPAC name	Classification in compliance with Regulation (EC) No. 1272/2008 (CLP)
6484-52-2	229-347-8	01-2119490981-27-xxxx	30-47 % (w/w)	ammonium nitrate	Oxidising solids Cat. 3, H272, Eye irritation Cat. 2 ; H319. Specific conc. limits: eye irritation Cat. 2: > 80,0 % ≤ 100,0 %

4. FIRST-AID MEASURES

4.1 1 Description of first aid measures

- Inhalation:** Does not affect respiratory tract, non-hazardous.
- Skin contact:** Wash affected skin (body) with water; change affected clothing.
- Eye contact:** Wash with plenty of water at least for 10 minutes; if irritation persists, apply to doctor.
- Ingestion:** Do not cause vomiting, rinse mouth with water; give the affected person plenty of water or milk to drink; apply to doctor.

4.2 Most important symptoms and effects:

None known.

4.3 Indication of any immediate medical attention and special treatment needed:

None.

5. FIRE-FIGHTING MEASURES

5.1 Extinguishing media

- Suitable:** not applicable because the product is nonflammable, non-explosive liquid.
- Not suitable:** not applicable because the product is nonflammable, non-explosive liquid.

SC "Achema"  
Safety data sheet

In accordance with Regulation (EC) 1907/2006 (REACH), Annex II



Liquid Nitrogen Fertilizers (UAN)

Page 3 of 8

**5.2 Special hazards arising from the substance or mixture**

None.

**5.3 Advice for firefighters**

None.

**6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES**

**6.1 Personal precautions, protective equipment and emergency procedures.**

Use personal safety measures as specified in clause 8.

**6.2 Environmental precautions**

Keep away from getting into a rain drainage system or trenches an/or ditches.

**6.3 Methods and material for containment and cleaning up**

Pump (scoop) as much as possible of the spilled substance/ preparation into tight containers and eliminate the remains with dry sand. Pumped (taken away) product may be used according to its purpose again. Prevent spread fertilizer from accessing water pools.

**6.4 Reference to other sections**

See section 8 for personal protective equipment and section 13 for waste disposal.

**7. HANDLING AND STORAGE**

**7.1 Precautions for safe handling**

General occupation hygiene: While spraying manually (during fertilizing process) use water-proof coat, rubber gloves, protective glasses and head protection; always spray downwind. After finish of work, wash hands with soap.

Storage requirements: fertilizers should be kept above the crystallization temperature, depending on the marque: UAN-28 > -16 °C, UAN-30 > -9 °C, UAN -32, > 0 °C. Liquid Nitrogen fertilizer (UAN) packed in small packages should be kept in closed storehouses, protected against moisture. Containers for keeping UAN may be produced of carbon steel, as corrosion inhibitor used in the preparation ensures anti-corrosion coefficient at least of 90 %. After emptying the containers, they must be refilled only using a gas mask of PS-1 category, as gas ammonia may be contained therein.

Directions for limited allowable quantities of the substance/preparation to be stored under the specified conditions: in compliance with applicable General Rules for Storage of Hazardous Chemical Substances and Preparations; not regulated by the Company.

**7.2 Conditions for safe storage, including any incompatibilities.**

**Incompatible products:** Storage with any other chemical substances is not recommended, as possible reactions are not identified.

**Requirements to packages:** Transported by railway or truck tanks prepared especially for transportation of this kind of fertilizers: clean, hermetic and technically sound; packed into 1-50 dm<sup>3</sup> polyethylene packages in compliance with applicable standardizing documents to ensure safe transportation and storage. May be packed in the customer's package, which must be clean and hermetic (carbon steel containers, tanks, barrels); must be fastened tight while carrying.

## 8. EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

### 8.1 Control parameters

Maximum allowable value for long-term exposure: not specified, however 10 mg/m<sup>3</sup> (according to ammonium nitrate) is recommended.

### 8.2 Exposure controls

**8.2.1 Appropriate engineering controls:** Not necessary.

**8.2.2. Individual protection measures:**

**Respiratory protection:** Not necessary.

**Skin and body protection:** Working gloves, if sprayed manually: wear rubber gloves during the fertilizing process.

**Eye protection:** Wear protection glasses during the fertilizing process.

**Other protection:** Wear cotton working clothes, special boots; if sprayed manually, rubber coat is required.

**Hygiene measures:** After finishing work, wash your hands with soap.

## 9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

### 9.1 Information on basic physical and chemical properties

**Appearance:** Colourless or brownish liquid without any sediment.

**Odour:** Mild ammonia odor could be felt.

**pH:** 6,5 ÷ 7,5

**Melting/Freezing temperature:** - 26°C.

**Boiling temperature:** 107°C.

**Flash point:** The substance is inorganic. In accordance with Column 2 of REACH Annex VII, flash point does not need to be conducted in case the substance is inorganic.

**Flammability:** Non flammable (based on molecular structure).

**Surface tension:** Not surface active (based on molecular structure)

**Vapour pressure:** 480 Pa.

**Relative density:** 1,265 ÷ 1,292 (UAN-28); 1,285 ÷ 1,315 (UAN-30); 1,305 ÷ 1,325 (UAN-32).

**Solubility in water:** The preparation is water solution, so it may be diluted with water without any limits.

**Partition coefficient n-octanol/water:** The substance is inorganic. In accordance with Column 2 of REACH Annex VII, the partition coefficient n-octanol/water does not need to be conducted in case the substance is inorganic.

**Auto ignition temperature:** In accordance with REACH Annex XI, testing may be omitted if testing does not appear scientifically necessary. Liquid nitrogen fertilizers have no explosive properties. However, Liquid nitrogen fertilizers do not contain groups that may react with oxygen and therefore will not auto-ignite at temperatures between room temperature and melting point. Therefore, a study is not considered necessary.

**Decomposition temperature:** >210 °C decomposition starts.

**Viscosity:** 3,06 mPa s (at 20°C), 2,08 mPa s (at 40°C) (UAN-28);

3,95 mPa s (at 20°C), 2,57 mPa s (at 40°C) (UAN-30);

5,26 mPa s (at 20°C), 3,36 mPa s (at 40°C) (UAN-32).

**Oxidizing properties:** Non-classified as oxidizing substance in compliance with 1999/45 EC.

**Explosive properties:** Non explosive

**9.2 Other information.**

Make	Content of nitrogen, %				Crystallization
	N (total), %	N-NH <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>2</sub>	
UAN-28	28 ± 0,6	7 ± 0,7	7 ± 0,7	14 ± 1,4	-16 °C
UAN-30	30 ± 0,6	7,5 ± 0,7	7,5 ± 0,7	15 ± 1,5	-9 °C
UAN-32	32 ± 0,6	8 ± 0,8	8 ± 0,8	16 ± 1,6	0 °C

**10. STABILITY AND REACTIVITY**

**10.1 Reactivity**

Stable under regular conditions (see section 7, handling and storage).

**10.2 Chemical stability**

Stable under regular conditions, does not have cumulative properties, does not form any toxic compounds with other substances contained in the air or drainage waters.

**10.3 Possibility of hazardous reactions**

Possible dangerous reactions with other chemicals are unknown; do not mix with other substances. After defreezing, the properties are not changed.

Need for and the presence of stabilizers: not necessary.

**10.4 Conditions to avoid**

Possible dangerous reactions with other chemicals are unknown; do not mix with other substances. Store below the crystallization temperature to avoid package damages.

**10.5 Incompatible materials**

None without changing the physical state of the substance.

**10.6 Hazardous decomposition products**

None without changing the physical state of the substance.

**11. TOXICOLOGICAL INFORMATION**

**11.1. Information on toxicological effects:**

**11.1.1. Acute toxicity:**

LD<sub>50</sub>(rats) > 2000 mg NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> / kg; LD<sub>50</sub>(rats) > 2000 mg CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> / kg.

**11.1.2. Skin irritation or/and sensitization:** Not irritating. No sensitizing effect to skin known.

**11.1.3. Effect on human beings:** Does not affect respiratory tract. In skin (eye) contact after rinsing with water no remaining health impacts are identified.

**11.1.4. Mutagenicity:** Negative.

SC "Achema"  
Safety data sheet

In accordance with Regulation (EC) 1907/2006 (REACH), Annex II

Liquid Nitrogen Fertilizers (UAN)



11.1.5. Carcinogenicity: Negative.

11.1.6. Reproductive toxicity: Negative.

11.1.7. Sub-acute toxicity: None.

## 12. ECOLOGICAL INFORMATION

### 12.1 Toxicity

Ecotoxicity (toxicity to water and soil organisms, other animals and plants): if spread, undiluted preparation may destroy vegetation and cause death in fish.

### 12.2 Persistence and degradability

**Biodegradation:** Nitrate ion is a dominated form for nutrition of vegetation.

**Hydrolysis:** No hydrolysable group is present.

### 12.3 Bioaccumulative potential

Ammonium nitrate and urea do not have any bioaccumulative properties; do not form any toxic compound with other substances present in the air or drainage waters.

### 12.4 Mobility in soil

**Adsorption coefficient:** Well-soluble in water; NO<sub>3</sub> ion is extremely mobile; NH<sub>4</sub> cation is absorbed in soil.

### 12.5 Results of PBT and vPvB assessment

According to Annex XIII of Regulation (EC) No 1907/2006, no PBT and vPvB assessment has been conducted since product is inorganic.

12.6 Other hazards effect: None.

## 13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

### 13.1 Waste from residues:

The contaminant free UAN waste according to Regulation (EC) No. 1357/2014 is classified as non-hazardous waste. Depending on degree and nature of contamination dispose of by use as fertilizer or to an authorised waste facility. Do not empty into drains. Dispose of this material in a safe way and in accordance with all applicable local and national regulations.

### Package waste disposal:

After UAN fertilizers discharge, the railway and truck tanks are further used for UAN fertilizers transportation. The solution, after railway and truck tanks inside water washing, can be used as fertilizer.

## 14. TRANSPORT INFORMATION

### 14.1 UN Number

None

### 14.2 Proper shipping name

**Safety data sheet**

In accordance with Regulation (EC) 1907/2006 (REACH), Annex II

**Liquid Nitrogen Fertilizers (UAN)**

Page 7 of 8

Liquid Nitrogen Fertilizers (UAN).

**14.3 Transport hazard classes**

None

**14.4 Packaging group**

None

**14.5 Other information:** The product is not classified as hazardous substance according to the Orange Book and International Transport Codes RID (Railway), ADR (Road) and IMDG (sea transport).

**15. REGULATORY INFORMATION****15.1 Safety, health and environmental regulation/legislation specific for the substance or mixture:**

- Regulation (EC) 1907/2006 (REACH);
- in compliance with Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006;
- Commission regulation (EU) No 453/2010, amending Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council on the Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals (REACH);
- in compliance with Regulation (EU) No 1357/2014 for the replacement of Annex III Directive 2008/98/EC regarding the criteria for evaluating hazardous waste.
- in compliance with applicable Procedure of Safety Data Sheet Requirements and Supply thereof to Professional Users;
- in compliance with HN23 Maximum Allowable Concentrations of Hazardous Chemical Substances and Preparations in Working Environment. General Requirements;
- in compliance with HN36 Banned and Restricted Substances;
- in compliance with applicable Regulations for Workers' Protection against the Impact of Chemical Factors and Regulations for Workers' Protection against Carcinogenous and Mutagenous Impacts;
- in compliance with applicable Law on Waste Disposal of the Republic of Lithuania;
- in compliance with applicable Law on Package and Package Waste Handling of the Republic of Lithuania;
- in compliance with applicable Rules on Waste Disposal;
- in compliance with applicable Rules on Labeling of Items (Products) to be Sold in Lithuania and Referring Price thereof.
- in compliance with Law on Chemical Substances and Preparations of the Republic of Lithuania.
- "Assessment of ammonium nitrate based fertilizers as eye irritant for classification purpose. A report prepared by Fertilizers Europe" (14 July 2011).

**15.2 Chemical safety assessment**

As in accordance with Regulation No. 1272/2008 liquid nitrogen fertilizers (UAN) are not classified as hazardous consequently in accordance with REACH Article 14 no Chemical Safety Assessment has been carried out for this mixture.

**16. OTHER INFORMATION**

There is no additional data that may be important to consumers' safety and health, as well as environment protection.

**SC “Achema”**  
**Safety data sheet**



In accordance with Regulation (EC) 1907/2006 (REACH), Annex II

**Liquid Nitrogen Fertilizers (UAN)**

Page 8 of 8

Used abbreviations:

ADR – European Agreement on Dangerous Goods by Road;

IATA- International Air Transport Organization;

IMO – International Marine Organization;

RID – Regulations Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail;

SMGS – International Agreement on Carriage of Loads by Rail.

H272 May intensify fire; oxidizer;

H319 Causes serious eye irritation;

P102 - Keep out of reach of children;

P220 - Keep/Store away from clothing /food/drinks/animal foodstuffs/ combustible materials;

P262 - Do not get in eyes, on skin, or on clothing;

P280 - Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection;

P305+P351+P338 - IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing;

P337+P313 - If eye irritation persists: Get medical advice/attention;

P301+P315 - IF SWALLOWED: Get immediate medical advice/attention;

P264 - Wash hands thoroughly after handling.

The information provided in this safety data sheet is correct to the best of our knowledge, information, and belief at the date of its publication. The information given is designed only as guidance for safe handling, use, processing, storage, transportation, disposal, and release and is not to be considered a warranty or quality specification. The information relates only to the specific material designated and may not be valid for such material used in combination with any other materials or in any proceed, unless specified in the text.

Revision date:

2016-01-20

Version No. 1

Revision No. 6

The end of Safety Data Sheet.