

NPo-forskning fra Miljøstyrelsen

Nr. B16 1990

Kortlægning af potentialiet for nitratreduktion



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

621.42.
84
621.42.

Om NPo-forskningsprogrammet

NPo-forskningsprogrammet skal tilvejebringe viden om, hvordan kvælstof (N), fosfor (P) og organisk stof (o) omsættes i jord og påvirker søer, vandløb, fjorde, hav og grundvand.

Denne rapport er een af de ca. 50, der udsendes som et resultat af NPo-forskningsprogrammet. Med Miljøstyrelsen som ansvarlig for programmets gennemførelse er der sat ca. 70 NPo-projekter i gang ved 25-30 institutioner.

Op gennen 1970'erne og i 80'ernes begyndelse kom der en stigende erkendelse af, at udledninger af næringsstoffer kunne blive en trussel mod livet i vandløb m.v. – og af at der kunne ske en nitratforurening af grundvandet. Den eksisterende viden blev i 1984 samlet af Miljøstyrelsen i den såkaldte NPo-rapport.

Rapporten førte til, at Folketinget i 1985 vedtog de første indgreb for at begrænse forureningen med næringsstoffer – ved at stille krav om, hvordan landbruget skal opbevare og sprede husdyrgødningen.

For at skaffe en større viden om næringsstofferne indvirkning på naturen afsatte Folketinget samtidig 50 mill. kr. til dette forskningsprogram – som løber fra 1985 og frem til udgangen af 1990.

NPo-forskningsprogrammet blev yderligere aktuelt med Folketingets vedtagelse af Vandmiljøplanen i 1987. Her vil NPo-programmets resultater indgå som et vigtigt baggrundsmateriale for vurderingen af Vandmiljøplanens virkninger.

Til at sikre den faglige og økonomiske afvejning af forskningen blev der nedsat en styringsgruppe, som således har haft det øverste ansvar for NPo-programmets gennemførelse. Desuden blev der nedsat tre koordinationsgrupper, som hver har haft det faglige ansvar for deres område: jord og luft, grundvand og overfladevand.

Rapporterne udsendes i serien »NPo-forskning fra Miljøstyrelsen« – som er opdelt i A, B og C publikationer:

- A er rapporter om jord og luft
- B er rapporter om grundvand
- C er rapporter om vandløb, søer og marine områder

Miljøstyrelsen har været sekretariat for arbejdet og har sammen med koordinationsgrupperne stået for redaktionen af denne rapportserie.

621.42.

Kortlægning af potentiallet for nitratreduktion

Ulfborgområdet

Peter Gravesen, Henning Kristiansen, Niels Kelstrup
og Kaj Strand Petersen
Danmarks Geologiske Undersøgelse

MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEKET
Strandgade 29
1401 København K

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

INDHOLD

SAMMENDRAG	5
1. INDLEDNING	7
2. MATERIALER OG METODER	9
2.1 Arkivdata	9
2.2 Boringer	10
2.3 Sedimentanalyser	11
2.3.1. Valg af analysemetode	12
2.3.2 Vurdering af reduktionskapaciteten	14
2.4 Grundvandsanalyser	15
2.5 Kortlægning og profiler	15
2.5.1. Kvartærgeologisk kort	16
2.5.2. Geologisk basisdatakort	18
2.5.3. Prækvartærkort	21
2.5.4 Geologiske profiler	22
2.5.5. Reservoirkort	23
2.5.6. Grundvandspotentialekort	23
2.5.7. Iltningsfrontkort	25
2.5.8. Nitratreduktionspotentiale kort	27
3. RESULTATER	34
3.1. Geologiske forhold	34
3.1.1. Terræn	34
3.1.2. Tertiære aflejringer	35
3.1.3. Kvartære aflejringer	37
3.2 Hydrogeologiske forhold	38
3.3 Geokemiske forhold	39
3.3.1 Oxideret sand og grus	39
3.3.2 Sedimenter med reducerende stoffer	46
3.3.3 Regionale nitratreduktionsforhold	48
4. DISKUSSION OG KONKLUSION	49
4.1 Metodik	49

4.2	Præsentation	53
4.3	Anvendelse	53
4.4	Konklusion	55
REFERENCER		56

SAMMENDRAG

Rapportens indhold	Denne rapport beskriver en metode til at fremstille regionale kort over jordlagenes nitratreduktionspotentiale. Kortet er udarbejdet på baggrund af de geologiske, hydrogeologiske og geokemiske forhold i et bakkeø-hedeslette område i Vestjylland (Ulfborg).
Metodens forudsætninger	Metoden er udviklet ud fra den forudsætning, at der skal anvendes eksisterende data. I denne forsøgskortlægning er de eksisterende data dog suppleret med data fra ni nye boringer. På prøver fra disse boringer er jordarternes nitratreduktionskapacitet bestemt, og suppleret med data fra andre undersøgelser giver resultaterne et tilstrækkeligt overblik over kapaciteten i området. For at omsætte jordarternes nitratreduktionskapacitet til et kort i regional skala, hvor en sammenhæng vertikalt og horisontalt kan demonstreres, er en række temakort blevet fremstillet.
Temakort	Ved sammenstilling af data fra disse kort er det endelige kort over nitratreduktionspotentialet blevet fremstillet.
Kort over nitratreduktionspotentialet	Nitratreduktionskortet indeholder tre temaer: 1. Grundvandsspejlets beliggenhed, 2. Nitrat/iltningsfrontens beliggenhed og 3. Arealer der er klassificeret med hensyn til jordarternes nitratreduktionskapacitet. Klassifikationen består i tre elementer: Placering af jordarterne i en tredelt skala med lav, middel eller høj reduktionskapacitet, tildeling af disse værdier til jordlagene i en vertikal reservoiropdeling og en horisontal afgrænsning i områder med samme opbygning og nitratreduktionskapacitet.
Resultater i Ulfborg området	Med hensyn til Ulfborg området viser kortet, at der ofte findes en ret tyk oxideret zone uden

reduktionskapacitet i de øverste smeltevandsaflejringer. Under reduktions-iltfronten, som almindeligvis ligger under grundvandsspejlet, optræder også smeltevandsaflejringer med en lav reduktionskapacitet. I store dele af området er disse lag underlejret af smeltevandsler-moræner med middel reduktionskapacitet, samt smeltevands-sand med lav reduktionskapacitet. Hvor der er højtliggende miocæne lag med brunkul og pyrit er reduktionskapaciteten høj.

Anvendelse af kortet

De tre temaer på kortet kan sammenholdes med temaer på andre relevante kort, når problemer angående nitratforholdene i grundvandet skal løses. Ved anvendelse af kortet er det imidlertid vigtigt at vurdere de processer og den transport, der foregår i et givet reservoir og sammenholde disse forhold med f.eks. resultaterne fra NPo-projekternes proces- og transport studier ved Rabis bæk og Syv bæk.

Konklusioner

Konkluderende om kortlægningsmetoden og dens datagrundlag kan siges, at i næsten alle egne af landet findes relevante data til at fremstille et kort over nitratreduktionspotentiallet, og at det vil være hensigtsmæssigt at fremstille et kortsæt på landsplan til arbejdsbrug.

1. INDLEDNING

Formål	Kortlægningen af nitratreduktionspotentialet i Ulfborg området i Vestjylland er udført som et pilotprojekt, hvis formål det er at forsøge at anvise metoder til at kortlægge de geologiske lags evne til at reducere nitrat ved vandets passage gennem den umættede og den mættede zone (grundvandszonen).
Mekanismer og processer	Næringsstofkoncentrationen i det nedsivende vand fra rodzonen afhænger af arealanvendelsen og dyrkningspraksis på agerbrugsarealerne. De mekanismer og processer i den geologiske lag-søjle, som forårsager nitratreduktion og fosfatbinding, varierer efter jordarternes sammensætning og deres strukturelle forhold. Nitrat- og fosfatkoncentrationer ovenover og i de forskellige grundvandsmagasiner er således bestemt af næringsstofbelastningen og af de geologiske forhold, især jordarternes mineralogiske og geo-kemiske sammensætning og jordlagenes tykkelser.
Sårbarhedsprojekt	I forbindelse med 2. etape af Danmarks Geologiske Undersøgelses sårbarhedsprojekt er blevet undersøgt nogle af de mekanismer og materialer, som er ansvarlige for nitratreduktionen (Kristiansen & Hansen, 1986, Ernstsén & Lindgreen, 1985). Disse undersøgelser er blevet fortsat og udbygget gennem processtudierne i bla. værkstedsområderne ved Rabis Bæk og Syv Bæk. Analyseresultater, fortolkninger og metoder udviklet gennem disse projekter er blevet udnyttet i dette kortlægningsprojekt.
Anvendelse af kortet	Et kort over nitratreduktionspotentialet, som udarbejdes efter metoden, der beskrives her, tænkes anvendt sammen med regionale vurderinger af kvælstofbelastninger på landbrugsarealer og

naturarealer som grundlag for planlægning af vandindvinding og grundvandsbeskyttelse. Kortet kan endvidere tænkes benyttet ved belysning af årssagerne til eksisterende høje nitratkoncentrationer i grundvandet i bestemte egne samt danne grundlag for placering af erstatningsboringer til vandforsyningsboringer, som indvinder vand med for høje nitratkoncentrationer.

Ulfborg området
Kortlægninger

Ulfborg området er valgt som pilotområde, da det i dette område var muligt at belyse forholdene i både bakkesø- og hedeslette miljøer samt gennemgå jordarter af forskellig alder og sammensætning. På grundlag af de geologiske og hydrogeologiske data er foretaget en regional kvartærgeologisk og hydrogeologisk kortlægning, der har ført frem til udarbejdelse af kortet over nitratreduktionspotentialet (nitratreduktionskapaciteten) i området. Det er imidlertid hensigten, at metoden, som er udviklet, skal kunne anvendes i andre dele af landet, da kortet kan udarbejdes på grundlag af eksisterende data, de fleste overvejende indsamlet eller lagret på Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU) (Gravesen, 1985, 1986).

Basismateriale

I forbindelse med projektet er fremstillet en række kort og geologiske profiler, udført vand- og sedimentanalyser samt foretaget boreprøvebeskrivelser. Dette materiale er samlet i Gravesen et al., (1990).

2. MATERIALER OG METODER

Beliggenhed

Det kortlagte område svarer til Kort- og Matrikelstyrelsens kortblad 1115 III Ulfborg i målestoksforhold 1:50.000, og det vil sige, at området er ca. 600 km² stort. Beliggenheden kan ses på fig. 1. Kortlægningens datagrundlag stammer dels fra arkiver og databaser ved Danmarks Geologiske Undersøgelse dels fra aktiv indsamling under projektet.

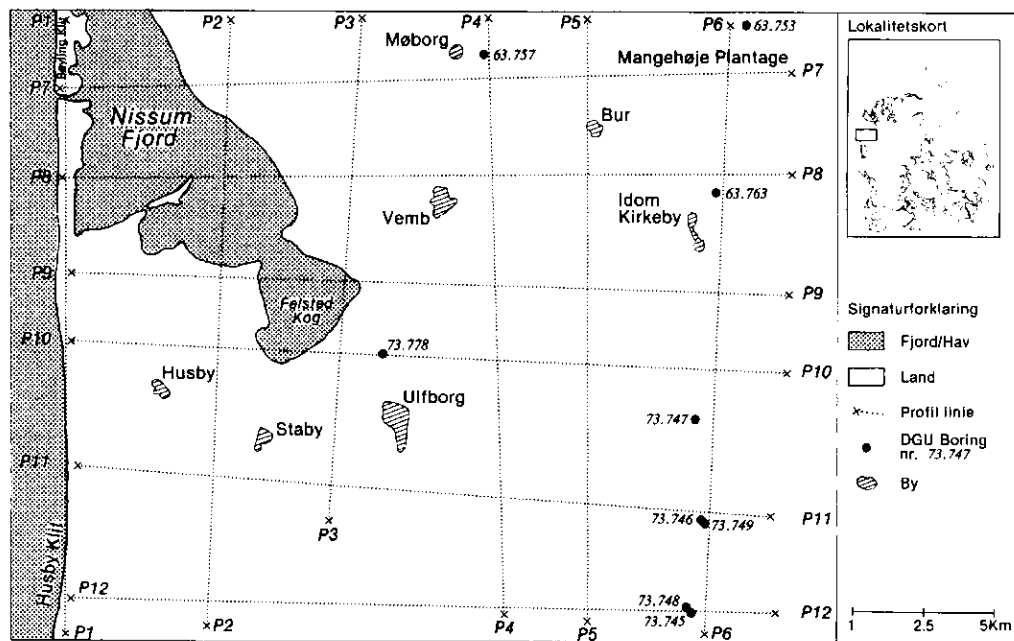


Fig. 1. Kort over det undersøgte område

2.1 Arkivdata

Arkiver og

De anvendte arkivdata fra fire arkiver/data-

databaser	baser ved DGU: borearkivet, grundvandskemiregisteret, karteringsarkivet og råstofarkivet. I borearkivet opbevares oplysninger fra vandforsyningsboringer, miljøboringer, råstofboringer, videnskabelige boringer og geotekniske boringer (Gravesen, 1986). Indenfor Ulfborg kortbladet findes ca. 2.000 boringer, som er blevet lagret i DGU's ZEUS-boringsdatabase (Gravesen & Fredericia, red., 1984), således at alle data fra boringer, som er relevante for projektet, har været tilgængelige på EDB-medie. De mange boringsdata har været det væsentligste datamateriale, både med hensyn til geologiske og hydrologiske oplysninger. Mulighederne for at kunne regionalisere jordarternes nitratreduktionsevne på en rimelig tilfredsstillende måde afhænger klart af datatætheden og de enkelte boringers beskrivelse af jordarterne i dybden, oplysninger, der kun kan fås fra boringerne.
Geologiske data Hydrogeologiske data	
Grundvandskemiske data	Fra DGU's grundvandskemiregister over råvandsanalyser har det været muligt at udtrække analyser fra boringer med oplysninger om nitratindholdet. Dette antal er meget beskedent, og disse data kan kun anvendes til at understøtte andre data, der skal beskrive jordartens reduktionsevne. I DGU's karteringsarkiv er hentet det færdigkortlagte område 1115 III NØ samt en stor del af 1115 III NV, som blev udarbejdet i årene 1943-1957. Fra råstofarkiverne ved DGU er der hentet data om råstofgrave, bl.a. om jordartens sammensætning og strukturer.
Karteringsdata	
Råstofdata	

2.2 Boringer

Indenfor projektet er der udført 9 boringer. Formålet med boringerne har været:

- udtagning af grundvands- og sedimentprøverne

Sedimentprøverne skulle være typiske jordarter for området. Det vil sige, at boringerne skulle placeres, således at de fleste typiske jordarter kunne udtages

- medvirke til at verificere den geologiske model for området. Det vil sige, at det første og andet kriterium for placering af boringerne skulle samarbejdes på en sådan måde, så begge formål blev opfyldt.

Boringstyper	Boringerne er udført af DGU's boresektion. De otte boringer er udført som 6" tørborring med sandspandsudstyr, mens den sidste boring er en rammeboring. Deres placeringer kan ses på fig. 1 med angivelse af DGU's borearkivnumre. Der
Sediment- og vandprøver	er udtaget sediment- og vandprøver til nærmere analyse (se afsnit 2.3, 2.4). Sedimentprøverne, der er udtaget for hver halve meter, er geologisk beskrevet efter metoden i Gravesen & Knudsen (1981), og disse beskrivelser kan ses i
Prøvebeskrivelse	Gravesen et al., (1990). Prøvebeskrivelsen giver vigtige oplysninger angående jordarternes sammensætning og alder i den umættede og mættede zone, hvor især hovedjordartstype, kornstørrelse, bikomponenter, mineralogi, farve og alder er nøgleparametre. Alle data fra de 9 boringer er indlæst i Zeus databasen, ligesom de er medtaget på det geologiske basisdatakort og profilerne.

2.3 Sedimentanalyser

Formål	Formålet med kemiske analyser af sedimentprøver fra området har været at få et indtryk af indholdet af nitratreducerende stoffer i de forskellige sedimenttyper. Standardmetoder til bestemmelse af nitratreduktionskapaciteten i laboratoriet kendes ikke. Årsagen hertil er
--------	---

bl.a., at arten af nitratreducerende materialer i jordlagene i den umættede zone og i grundvandszonen er forskellige og ikke fuldstændigt kendte.

Nitratreduktion

Nitratreduktion (denitrifikation) medfører omdannelse af nitrat (NO_3^-) til frit kvælstof (N_2). Under processen sker der en samtidig oxidation af komponenter som organiske stoffer, methan (CH_4), reducerede svovlforbindelser især pyrit (FeS_2) og ferrojernforbindelser (FeII). I et område med geologiske forhold som i Ulfborgområdet (se afsnit 3.1) vil der især kunne ske en nitratreduktion under grundvandsspejlet i sedimenter, som indeholder brunkul og pyrit (Kristiansen & Hansen, 1986), men stedvis kan der også forekomme lerlag med reducerede jernforbindelser, som kan reducere nitrat (Ernstsen & Lindgreen, 1985).

2.3.1. Valg af analysemetode

Processtudier Rabis bæk og Syv bæk

I forbindelse med processtudier i værkstedsområdet Rabis Bæk er der udført bestemmelse af organisk kulstof (TOC), reducerede svovlforbindelser og reducerede jernforbindelser på sedimentprøver (Kristiansen et al., 1990), og på prøver fra morænelersprofiler i Sydsjælland er der bestemt organisk kulstof, total jern og andelen af ferrojern ved Mössbauer spektroskopi (Ernstsen, 1990). Formålet med disse analyser har været at bestemme nitratreduktionskapaciteten i prøver af forskellig karakter, men et så omfattende analyseprogram vil være for kostbart at anvende i forbindelse med en kortlægning af reduktionskapaciteten i et større område. Et delformål med processtudier i de to omtalte områder har derfor også været at udpege analysemetoder, som var billigere og hurtigere til

en bestemmelse af reduktionskapaciteten end de metoder, der har været anvendt i forbindelse med processtudierne.

COD	I forbindelse med NPo-programmet iøvrigt er gennemført studier af muligheden for at bestemme nitratreduktionskapacitet ved anvendelse af COD-bestemmelser (Chemical Oxygen Demand). Analysemetoden er baseret på en vådkemisk oxidation af reducerende stoffer med kaliumdichromat-svovlsyre ($\text{KCr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$). Metoden bestemmer således summen af reducerende stoffer som f.eks. organisk stof, reducerede jernforbindelser og reducerede svovlforbindelser. COD-bestemmelser har vist sig at korrelere godt med indholdet af organisk kulstof (TOC) i sedimentprøver fra Rabis Bæks opland og har været velegnet til en bestemmelse af ilttingsfrontens beliggenhed ved analyser af prøver fra en boring i Mangehøj plantage i Ulfborg området (Pedersen, 1988). På baggrund af de omtalte undersøgelser blev det besluttet at vælge COD-bestemmelser som et udtryk for den tilgængelige nitratreduktionskapacitet i sandede prøver fra Ulfborg området.
Sandprøver	
Lerprøver	COD-bestemmelser på lerede prøver udtaget såvel i Ulfborg området som fra boringer på Sydsjælland viser meget høje værdier svarende til en nitratreduktionskapacitet på 10-20 g NO_3 pr. kg. jord. Undersøgelser af lerprøver udtaget på Sjælland fra den oxiderede rødlerzone og fra den reducerede blålerzone viser, at forskellen på indholdet af reducerende stoffer mellem prøver fra de to zoner svarer til i størrelsesordenen 10-15 g ferrojern (Fe II) pr. kg ler. Da der medgår 5 mol. ferrojern til reduktion af 1 mol. nitrat modsvares denne mængde 2.2-3.3 g NO_3 pr. kg lerjord (Ernstsen og Lindgreen, 1985).

og Ernstsens, 1990). COD-bestemmelser anvendt på lerede prøver synes således at give urealistisk høje værdier for nitratreduktionskapaciteten. Årsagen til dette er sandsynligvis, at den kraftige vådkemiske behandling af lerprøver med kaliumdichromat - svovlsyre medfører en næsten fuldstændig nedbrydning af lerminerallerne og en fuldstændig oxidation af såvel gitterbundet ferrojern som eventuelle andre reducerende stoffer, som er inaktive i forbindelse med de oxidationsprocesser, som finder sted ved naturlige processer i forvitningszonen.

2.3.2 Vurdering af reduktionskapaciteten

Reduktions-
kapacitet i sand

Sedimentprøver til bestemmelse af COD er udvalgt fra forskellige borer i Ulfborg området og fra forskellig dybdeintervaller. Ved udvælgelsen af prøver er der taget hensyn til farve og lithologi efter boreprøvebeskrivelsen, således at variationen af jordtyperne i området er blevet dækket nogenlunde. Den tilgængelige nitratreduktionsværdi er beregnet ud fra den totale reduktionskapacitet målt ved COD-bestemmelser ved fradrag af en blindværdi. Denne blindværdi er baseret på COD-bestemmelser på prøver fra den umættede zone eller gule oxiderede prøver fra grundvandszonen. Blindværdien er sat til 50 mækv. ilt eller nitrat pr. kg jord. Denne værdi svarer nogenlunde til maksimumsniveauer for oxiderede sandprøver. I virkeligheden vil den ofte være lavere, men er valgt som standard for at undgå overestimering af nitratreduktionskapaciteten ved opdeling af de forskellige sedimenttyper i kategorier (se også afsnit 2.5.8).

På grund af de forhold, som er omtalt i afsnit

Reduktions-
kapacitet i ler

2.3.1 er resultaterne af COD-bestemmelserne ikke lagt til grund for vurderingen af nitrat-reduktionskapaciteten i lerede prøver. Her er kategoriseringen baseret på variationsmønsteret i lerjordes totale indhold af ferrojern, idet der er regnet med, at halvdelen er tilgængelig for nitratreduktion.

2.4 Grundvandsanalyser

Uorganiske
analyser

Grundvandsprøver til uorganiske kemiske analyser er udtaget fra boringerne DGU nr. 73.746, Trolldoft, 73.747 Sandfær, 73.748 St. Skovby, og 73.749 Trolldoft. Lokalteter for disse boringer er vist på figur 1. Grundvandsprøverne er udtaget for hvert ½-meterinterval. Prøverne er analyseret for nitrat (NO_3^-), klorid (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}), alkalinitet, opløst jern ($\text{Fe} < 0,1 \text{ mm}$) samt i nogle af prøverne supplerende variable.

2.5 Kortlægning og profiler

Hjælpekort og
profiler

For at nå frem til det endelige kort, kort over nitratreduktionspotentiallet i Ulfborg områdets jordarter, er der fremstillet en række kort og profiler, som har dannet grundlag for det konklusive kort. De fleste kort er velkendte geologiske kort, og metoderne, der anvendes for at fremstille dem, er beskrevet andetsteds. Der vil derfor i denne rapport kun være en kortfattet gennemgang af disse korttyper med referencer til, hvor der kan læses mere om dem. Kortene og profilerne er fremstillet i målestoksforholdene 1:25.000 eller 1:50.000 og har normalt et format på 56,5 cm x 45 cm. Kortene er derfor ikke gengivet i eller vedlagt denne rapport bortset fra to eksempler på profilerne samt det endelige kort over nitratre-

Målestoksforhold

duktionsforholdene. Kopier af alle kortene kan derimod findes i Gravesen et al., (1990).

2.5.1. Kvartærgeologisk kort

Arkivarbejde	Det kvartærgeologiske kort er fremstillet for at give en tredimensional afbildning af de kvartære aflejringer, som i dette område er beliggende på tertiære formationer. I forbedelsesfasen inden feltarbejdet blev samlet og kombineret alle tilgængelige data fra DGU's arkiver vedrørende kortbladet, heriblandt oplysninger fra de geologiske basisdatakort.
Feltarbejde	Under feltarbejdet er alle åbne profiler (kystkliner og råstofgrave) opsøgt, og de er gennemgået og opmålt. Der er anvendt kortmateriale i 1:25.000 fra Kort- og Matrikelstyrelsen. Karteringen er udført ved hjælp af et 1 m langt håndbor, hvormed der er udtaget prøver med en prøvetagningstæthed på mellem 100-200 m afhængig af områdets kompleksitet. Prøvernes sammensætning bestemmes i felten. Områder med ens jordartssammensætning er afgrænset, og deres indbyrdes aldersmæssige placering er bestemt. Ved udtegningen er endvidere anvendt fotogrammetrisk tolkning.
Sammenstilling	Den kvartærgeologiske kortlægning af Ulfborg, kortet 1115 III, har således været en del af NPo-projektet, mens tidligere i årene 1943-1957 er størstedelen af kortbladene 1115 III NØ og NV blevet karteret. Feltobservationerne blev indtegnet på atlasblade i målestoksforholdet 1:40.000, men senere er disse kort blevet omsat til målestoksforholdet 1:50.000 (Fig. 2). Karteringen af de resterende dele af området (resten af 1115 III NØ og NV samt SØ og SV) er sket i målestoksforholdet 1:25.000 i perioden

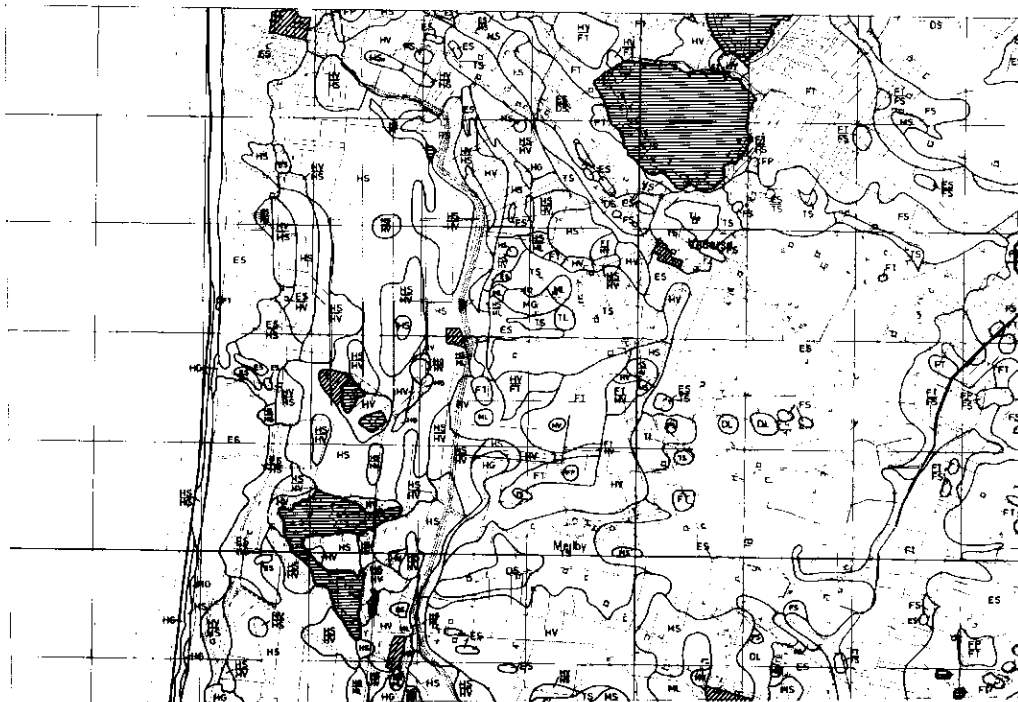


Fig. 2 Udsnit af det Kwartærgeologiske kort. Hvert kvadrat er 1x1 km. Kortet er fremstillet i målestoksforholdet 1:50.000. Signaturer: ES: flyvesand, HS: postglacialt marint sand; HG: postglacialt marint grus; HV: vekslende postglaciale marine lag; FS: postglacialt ferskvandssand, FT: postglacial ferskvandstørv; TS: senglacialt ferskvandssand; TL: senglacialt ferskvandsler; MS: glacialt morænesand; ML: glacialt moræneler; DL: glacialt smeltevandssler. Reproduceret med tilladelse af Kort- og Matrikelstyrelsen (A 204/87).

1985-1989. Endelig er alle kortdelene sammen-
tegnet til et kort i 1:50.000 og som kortet
foreligger nu, bygger det således på to i tid
adskilte karteringer, men udført efter de samme
principper.

Supplerende
litteratur

Nærmere beskrivelser af de kvartærgeologiske
kort kan ses i Petersen & Rasmussen (1987) og
Petersen et al., (1990).

2.5.2. Geologisk basisdatakort

Cirkeldiagrammer

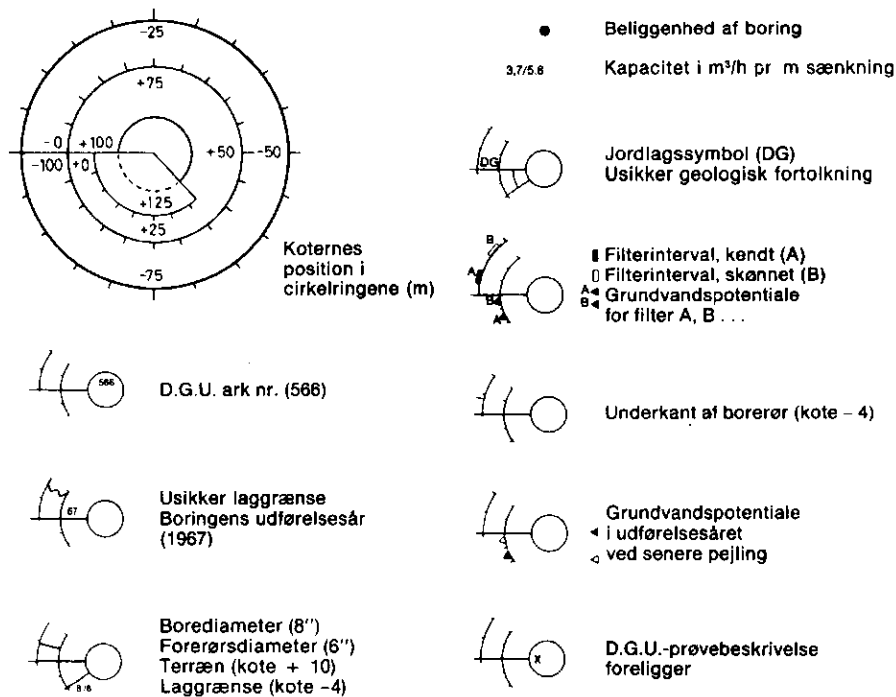
Ud fra de boringer, som er indlæst i ZEUS bo-
ringsdatabasen, er udtegnet cirkeldiagramplot
for området i målestoksforholdet 1:25.000.
Boringsdata er således afbildet som cirkeldia-
grammer, hvor mange af de vigtigste informatio-
ner om boringerne kan aflæses (Fig. 3). Plot-
tene er blevet redigeret, således at flest
mulige boringer kunne være på dem, uden at de
blev tegnet oven på hinanden (Fig. 4). De ni
boringer fra projektet er medtaget på plottene.

Geologisk tolkning

På de redigerede plot er foretaget en geologisk
tolkning af boringernes lag ud fra oplysninger
på borejournalerne i borearkivet, især prøvebe-
skrivelserne foretaget af geologer, brøndborere
m.fl. Den geologiske fortolkning består i

Geologisk model

etablering af en overordnet geologisk model for
området, således at jævndreende lag med ens
sammensætning kan korreleres og følges fra
boring til boring. På samme måde kan jævndreende lag med forskellig sammensætning også
korreleres. Ved at følge denne procedure kan
man på cirkeldiagrammer følge beliggenheden af
reservoirerne og deres begrænsede lag, da disse
altid vil befinde sig samme sted i cirkeldia-
grammet. Det fortolkede cirkeldiagramkort, det
geologiske basisdatakort, giver således et tre-



JORDLAGSSYMBOLER

A	Grundfjeld	M1	Morænesilt (siltet till)
B	Brønd	ML	Moræneler (leret till)
BK	Danien bryozokalk, koralkalk	MS	Morænesand (sandet till)
C	Kul, brunkul	MV	Vekslede små moræneleg (till)
D	Diatoméaflejringer (ikke postglaciale)	MZ	Morænesten (stenet till)

Fig. 3 Signaturforklaring til det geologiske basisdatakort, som viser cirkeldiagramtemaet. Den geologiske fortolkning er nedlagt i cirkeldiagrammerne med farver (Gravesen, 1990). Jordlagssymbolerne er kun angivet som eksempler. Se også fig. 4.

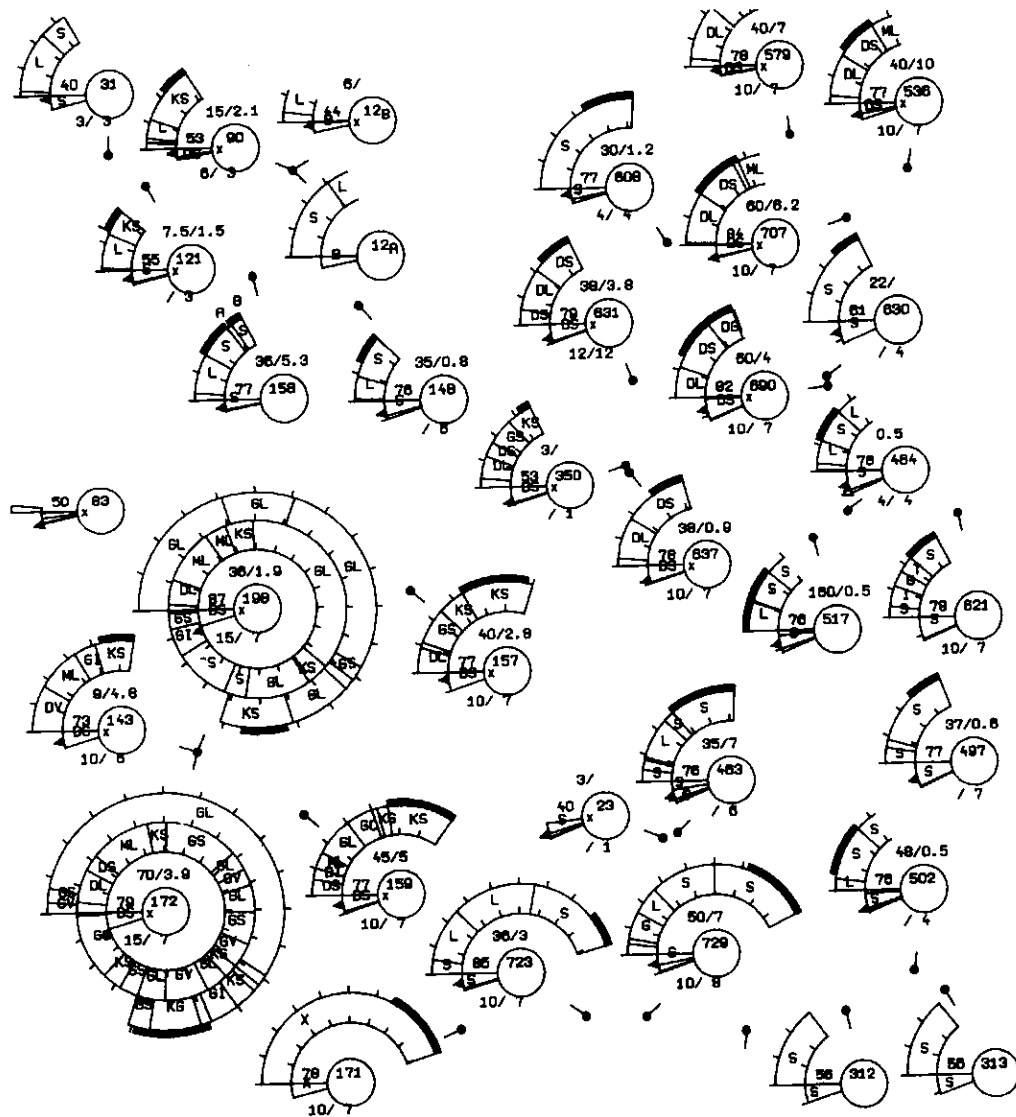


Fig. 4 Udsnit af det geologiske basisdatakort 1115 III, der viser cirkeldiagramtemaet (Gravesen, 1990). Forklaring fig. 3.

Geologisk basisdatakort	dimensionelt billede af den geologiske opbygning, idet tætliggende boringer kan illustrere en fladeudbredelse af lagene udover det vertikale profil.
Geologisk snit	Kortet viser i dette område geologiske lag ned til ca. kote +200 meter, mens de højeste områder ligger i ca. kote +60 meter. Dette vil sige, at aflejringer fra væsentlige dele af de kvartære og tertiære tidsafsnit er kortlagt og dermed et bredt udsnit af de jordlag, som er relevante i relation til nitratreduktion.
Supplerende litteratur	Kortet foreligger i målestoksforholdet 1:50.000 som bilag i Gravesen et al. (1990). Nærmere redegørelse for korttypen kan findes i Andersen (1973) og Andersen & Gravesen (1989).
<u>2.5.3. Prækvartærkort</u>	
Prækvartær-overfladen	Grænsefladen mellem de tertiære lag (her miocæne glimmer- og kvartsaflejringer) og de kvartære lag (istids-, mellemistids- og efteristidsaflejringer) kaldes for prækvartæroverfladen. Der er i anden sammenhæng udført en kortlægning af prækvartæroverfladens højdeforhold i målestoksforholdet 1:100.000 (Stockmarr, i forberedelse). Kortet er tegnet som et konturkort ud fra koterne for fladens beliggenhed i boringerne suppleret med data fra daglokaliteter. Ekvidistancen er 5 meter. Dette tema er suppleret med fordelingen af de tertiære formationer på prækvartæroverfladen (Gravesen, i forberedelse). Denne jordartsfordeling er sammenstillet ud fra de geologiske oplysninger fra det geologiske basisdatakort suppleret med mere præcise data om jordarternes aldersforhold på borejournalerne.
Højdeforhold	
Formationer	

Geologiske forhold	Kortet afslører dale og højdeområder i den prækvartære overflade og giver hermed også forklaring på store kvartære lagtykkelser i nogle områder. Afstanden fra overfladen til de miocæne formationer har en væsentlig betydning i denne sammenhæng, idet det nitratreducerende brunkul og pyrit har sin oprindelse fra de miocæne lag, der ofte er omlejret i det overliggende kvartære sand- og gruslag.
Supplerende litteratur	Kortet findes som bilag i Gravesen et al., (1990). Udarbejdelse af denne korttype er bl.a. beskrevet i Binzer og Andersen (1979).
<u>2.5.4 Geologiske profiler</u>	
Tolv profiler	For at understøtte og supplere de fremstillede geologiske kort, som er beskrevet i de foregående tre afsnit, er udarbejdet tolv profiler gennem området. De seks profiler forløber nord-syd, mens de andre seks profiler forløber vest-øst, og deres placering kan ses på fig. 1.
Målestok	Profilerne er plottet direkte ud fra ZEUS boreringsdatabasen med en længdemålestok på 1:25.000 og højdemålestok på 1:500 (overhøjning 50 x). Jævnaaldrende lag er korreleret fra boring til boring, og sammenhængende lag er således udtegnet på profilerne, ligesom at terrænforhold er skitseret. Eksempel på disse profiler ses på figur 5. Alle profiler indgår som bilag i Gravesen et al. (1990).
Geologisk model	Ud fra det kvartærgeologiske kort, det geologiske basisdatakort, prækvartærkortet og de geologiske profiler er der opstillet en overordnet geologisk model for hele området, som beskrives kortfattet i afsnit 3.1.

2.5.5. Reservoirkort

Reservoirer	Reservoirkortet er udtegnet ud fra de geologiske kort og profilerne. Der er kortlagt reservoirer bestående af sand og grus (DGU-symboler: S, G, DS, DG, KS, KG, GS, HS, HG, ES, FS) og de ovenfor og underliggende begrænsende lag (DGU-symboler: ML, DL, DI, GI, GL, GC, C, L, I, HL, HI, FL, FT). Jordartstypernes udbredelse og tykkelser er vurderet horisontalt og vertikalt, og der er afgrænset arealer med ensartet opbygning. Der er desuden taget hensyn til deres indhold af brunkul og pyrit. Indenfor hvert areal er angivet jordartstyper og lagtykkelser markeret i rigtig aldersmæssig rækkefølge som f.eks. 5 meter smeltevandssand øverst over 10 meter smeltevandssler liggende over 15 meter smeltevandssgrus og -sand med 50 meter glimmerler liggende nederst. Dette angives ved: DS(5)/DL(10)/DG(15)/GL(50).
Begrænsende lag	
Arbejdskort	
	Reservoirkortet er et arbejdskort, der skal overføre de geologiske data til nitratreduktionskortet. Det er fremstillet som fire kort i 1:25.000. Det er ikke rentegnet og foreligger derfor heller ikke som bilag.

2.5.6. Grundvandspotentialekort

Grundmateriale	Grundmaterialet til kortet over grundvandspotentialet er de målinger af grundvandsstanden, der blev udført i forbindelse med boringernes udførelse. Disse data blev i 1982 af Ringkøbing amt anvendt til fremstilling af et grundvandspotentialekort, der har tjent som udgangspunkt for det fremstillede kort (Ringkøbing amtskommune, 1982). Boringerne i området er
----------------	---

udført i løbet af en lang årrække, hvorfor de grundvandsstande, der er baggrund for kortene, repræsenterer mange år. På fig. 6 ses antallet af vandstandsmålinger fordelt på 5 års perioder. Det ses, at der er en uensartet fordeling kortbladene imellem, således har NØ-bladet forholdsvis få målinger før 1965 og SV-bladet forholdsvis få målinger efter 1960. Der er til fremstilling af de foreliggende kort lagt mest vægt på målingerne fra perioden 1972-1977. Målinger indenfor denne periode er vægtet relativt ved hjælp af en tidsserie fra en pejlestation. Fejl som følge af forkerte terrænkoteaflysninger og vandstandsmålinger er forsøgt afsløret ved et plot for hvert kortblad af vandstandskote versus terrænkote, idet markante afvigelser fra en lineær sammenhæng er anset for tegn på fejl. Det har ikke været muligt på grund af boringernes spredning at relatere ækvipotentialekurverne til et bestemt reservoir. Der er derfor for de enkelte delområder anvendt data fra det reservoir, der er repræsenteret ved flest borer. Der er således mange fejlkilder, hvorfor kortet ikke kan betragtes som en eksakt konstruktion, men som et skøn over grundvandspotentialet.

2.5.7. Iltningsfrontkort

Nitratfronten Nitratfrontens beliggenhed kan placeres der, hvor indholdet af nitrat i grundvandet bliver nær 0. I praksis er det ofte let at placere den, hvis der er udarbejdet et profil med tætliggende prøver (Kristiansen et al., 1990, Ernstsens et al., 1990, Ernstsens, 1990). Lagene over nitratfronten har opbrugt deres evne til at reducere nitrat, mens der under fronten stadig er et potentiale til stede. Ved

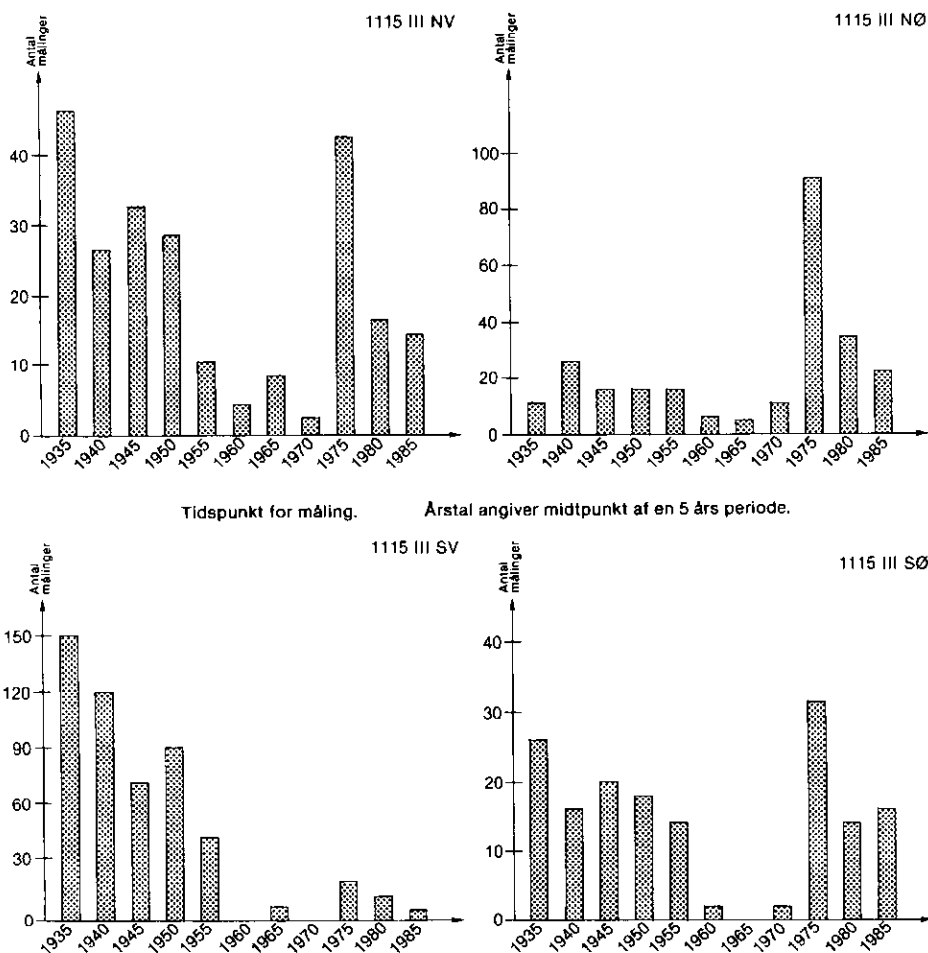


Fig. 6. Grundvandsstandsmålinger fordelt på 5 års perioder på delkortbladene

Iltningsfronten

de processtudier, der er foregået i værksteds-områderne og arbejdet med nitratreduktionen i moræner har det vist sig, at der er et sammenfald mellem nitratfronten og iltningensfronten i profilerne. Iltningensfronten er beliggende der, hvor de oxiderede gule og gulbrune lag afløses af reducerede brungrå og grå lag. Ved dette projekt har det kun været muligt at få

udarbejdet få nitratprofiler, og det er derfor ikke muligt at udarbejde et dækkende nitrat-frontkort for hele området. De foreliggende data er dog samlet på et kort i Gravesen et al. (1990). På dette kort er analysedata indtegnet på cirkeldiagrammer visende forskellige koncentrationer.

Konturering af
Iltningsfronten

For at kunne regionalisere "nitrat-fronten" er iltningsfronten i stedet anvendt. Dette er sket ved at udsøge iltningsfronten i borerne i ZEUS databasen ud fra beskrivelsen af lagenes farver, hvor fronten så er bestemt som bunden af det sidste lag med brunlige farver. Iltningsfronten er kontureret med kontureringsprogrammet UNIKORT og udtegnet som fire kort i 1:25.000. Det konturerede kort er blevet sammenholdt med de geologiske kort og nitratfrontkortet, hvorefter kurvernes forløb samt kurveantallet er blevet justeret i overensstemmelse hermed. Konturerne angiver frontens beliggenhed i kote og er tegnet med en ækvidistance på 5 meter.

2.5.8. Nitratreduktionspotentialer kort

Datamateriale

Kortet over nitratreduktionspotentialer eller reduktionskapaciteten er udarbejdet ud fra de tidligere omtalte kort, profiler, analyser af jordarter udtaget ved borerne, analyser af grundvand udtaget ved borerne og søgninger i

Temaer

ZEUS boringsdatabasen ved DGU. På selve kortet er medtaget følgende tre temaer: 1. Kurver over grundvandspotentialer, 2. Kurver for iltningsfronten/nitratfronten i jordlagene, 3. Arealer klassificeret ud fra jordarternes nitratreduktionskapacitet under iltning/nitratfronten.

Hver af disse temaer omtales kortfattet:

Grundvands-
potentiale

1. Grundvandspotentialekurver

Begrundelsen for, at temaet er medtaget på det endelige kort, er selvfølgelig, at det er jordarternes reduktionsevne over og i grundvandszonen, som er interessant for at bedømme fremtidige forureningsfarer mod grundvandet, og derfor skal og må der i enhver situation tages hensyn til grundvandsspejlets beliggenhed. På kortet er potentialelinierne optegnet med fuldt optrukne kurver.

Iltningsfront

2. Iltningsfront-nitratfront kurver

Dette tema (iltningensfronten) er centralt for konstruktion af områdets reduktionsevne. Det forudsættes, at jordarterne fra jordoverfladen og ned til fronten har opbrugt deres nitratreduktionsevne. Det vil sige, at der er tale om oxiderede jordarter uden pyrit, organisk materiale eller betydeligt indhold af Fe^{++} (se fig. 7). Under iltningensfronten er der derimod muligheder for, at jordarterne kan have betydelig reduktionsevne alt efter størrelse af indholdet af de ovennævnte komponenter. Iltningensfrontkurverne findes som punkterede linier på det endelige kort.

Arealklassifi-
kation

3. Arealer med jordarternes nitratreduktionskapacitet (NRK)

Dette tema fremstår som fladedækkende arealer indenfor hvilke jordarterne under iltningensfronten er klassificeret i kategorier: Lav NRK, mellem NRK og høj NRK. Der er desuden klassificeret ned til 50 meters dybde under iltningensfronten, dog således at hvis tykke lag i klassen høj NRK nås, standses opdelingen. Dette betyder, at de dybe miocæne reservoirer, der ligger under tykke marine miocæne lag, ikke vil

indgå i klassifikationen. Indenfor de enkelte arealer er der således angivet jordartsprofilen under iltningsfronten med f.eks. følgende kode: 1 (10), 3 (5), 2 (15), der betyder: 10 meter jordart med lav NRK over 5 meter jordart med høj NRK, som igen ligger over 15 meter jordart med mellem NRK.

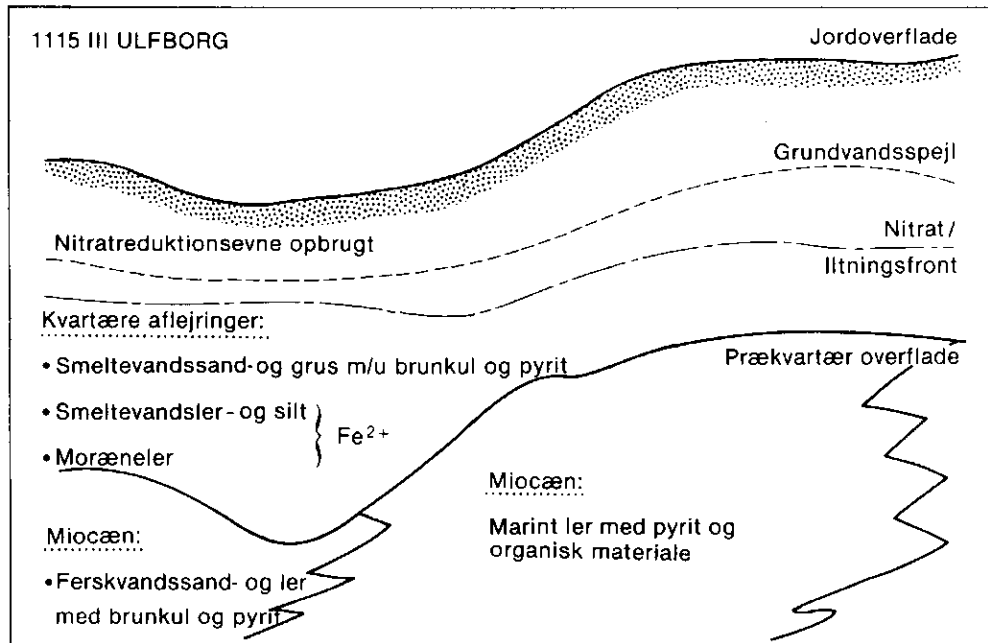


Fig. 7. Principskitse visende de geologiske lagtyper i Ulfborg området med deres indhold af nitratreducerende materialer.

NRK-kategorier

Klassifikation af de tre kategorier kan ses på fig. (8). Denne klassifikation er udarbejdet ud fra analysedataet beskrevet i afsnit 2.3.

Beregning af NPK sandsedimenter

De udregnede værdier for NRK i mg NO₃⁻ pr. kg. er fremkommet ud fra følgende analyser og beregninger. I de sandede sedimenter er reduk-

tionskapaciteten beregnet ud fra COD-bestemmelser (Chemical Oxygene Demand) og bestemmelser af totalt organisk kulstof (TOC) (Pedersen, 1988). Prøver hertil er fra Rabis bæk opland og Ulfborg området. COD-bestemmelser på oxiderede gullige sandprøver svarer til en værdi på 250-450 mg O₂/kg jord. Denne værdi, som svarer til 30-56 mækv/kg jord, er som nævnt i afsnit 2.3.2 en baggrundsværdi, som ikke medfører nitratreduktion. Ved beregning af den tilgængelige nitratreduktion er denne værdi fratrasket som en blindværdi (50 mækv/kg jord). Den beregnede reduktionskapacitet på grålige reducerede sandprøver med lignit og pyrit er foretaget ud fra indhold af organisk kulstof .

JORDARTERNES NITRATREDUKTIONSKAPACITET			
NRK KATEGORI	BETEGNELSE	TILGÆNGELIG NRK mg NO ₃ ⁻ / kg jord	SEDIMENT TYPER
0	INGEN RK	0	SAND, OXIDERET GULLIGT - GUL BRUNT LER, GULBRUNT
1	LAV	0 - 620	SAND, OXIDERET M. SILT OG LER SAND, REDUCERET, GRÅT
2	MIDDEL	620 - 2500	SAND, GRÅT, GRÅSORT M. LIGNIT PYRIT LER, GRÅT
3	HØJ	> 2500	LER, FEDT, GRÅT, GLIMMERLER, BRUNKUL ALLE LAG MED HØJT ORGANISK INDHOLD

Fig. 8. Klassifikation af jordarternes nitratreduktionskapacitet (NRK). Værdierne omsat til

kg N/ha/10 cm jordlag er følgende: NRK kat. 1: 0-260; NRK kat. 2: 210-845 og NRK kat. 3: >845.

(TOC) i de udtagne prøver fra de to ovennævnte områder. Der findes smeltevandsaflejringer og miocæne sandaflejringer på andre lokaliteter med et betydeligt højere indhold af brunkul, hvilket f.eks. er kendt fra tidligere undersøgelser ved Kongenshus Mindepark (Kristiansen & Hansen, 1986). Denne gruppe af sandsedimenter kan derfor have en betydelig variation i reduktionskapacitet, som går ud over de niveauer, som er anført i tre målte og beregnede eksempler nedenfor:

Beregnings-
eksempler

- a. Gult oxideret sand, som ikke har et indhold af særlige reducerende stoffer, kan have en total reduktionskapacitet på <60 mækv NO₃⁻/kg jord. Det svarer som tidligere til en tilgængelig reduktionskapacitet på 0.
- b. Gult delvis oxideret sand med silt- eller lerindhold har en total reduktionskapacitet er på 0-50 mækv NO₃⁻/kg jord. Den tilgængelige reduktionskapacitet er på 50-100 mækv NO₃⁻/kg jord, hvilket svarer til 0-620 mg NO₃⁻/kg jord. I klassifikationen (fig.5) indgår disse jordarter i kategori 1, lav NRK. Gråt, reduceret sand uden reducerende materialer regnes også til den gruppe af sedimentter.
- c. Gråt, reduceret sand med brunkul og/eller pyrit har en total reduktionskapacitet på 100-500 mækv NO₃⁻/kg. Her er den tilgængelige kapacitet på 50-450 mækv NO₃⁻/kg sva-

rende til 620-5380 mg NO₃⁻/kg jord. Den gruppe jordarter indgår i klassifikation i gruppe 2, middel NRK.

Lersedimenter

I lersedimenter er reduktionskapaciteten beregnet ud fra det totale jernindhold, og andelen af gitterbundet ferrojern bestemt med Mössbauer spektrometer, idet der gås ud fra, at reduktionskapaciteten stort set stammer fra ferrojern. Mössbauer spektrometri på lerprøver såvel fra den oxiderede zone (rødlerzone: gult eller gulbrunt ler) som fra den reducerede zone (blålerzonen: grøngråt eller olivengråt ler) viser, at kun en del af det gitterbundne ferrojern oxideres (Ernstsen, 1990). Der er derfor også i disse sedimenter regnet med en ikke-tilgængelig blindværdi. COD-bestemmelser er ikke velegnede til at bestemme NRK på lerprøver. Værdier for f.eks. glimmerler har vist sig at være meget høje, idet et indhold af organiske stoffer (evt. brunkul) skal lægges til ferrojernindholdet. Det samme gælder post-glaciale marine og ferskvandslersedimenter. Tre eksempler på målte værdier er omtalt nedenfor:

Beregnings- eksempler

- d. Gulbrunt oxideret ler uden reducerende stoffer har en total reduktionskapacitet på 50-125 mækv NO₃⁻/kg jord. Dette svarer til en tilgængelig NRK på 0.
- e. Det grå reducerende ler med et højt indhold af ferrojern (Fe II) har en total NRK på 125-350 mækv NO₃⁻/kg. Den tilgængelige NRK er på 50-200 mækv NO₃⁻/kg svarende til 620-2500 mg NO₃⁻/kg jord.
- f. Reduceret gråt og sort glimmerler med ferrojern, som kan være med eller uden brunkul

og pyrit, har en total NRK på >500 mækv NO₃⁻/kg, dvs. en tilgængelig NRK på >200 mækv NO₃⁻/kg svarende til >2500 mg NO₃⁻/kg jord.

Brunkulslag, tørvelag, gytjelag og andre fin-kornede sedimenttyper med et meget højt organisk indhold har ligeledes en tilgængelig NRK på over 2500 mg NO₃⁻/kg jord.

Fremstilling af kortet

Kortet over nitratpotentialitet for hele Ulfborg blev derefter fremstillet efter nedenstående procedure, og hovedelementerne, der skal tages hensyn til, kan ses på fig. 7:

- A. På grundlag af det geologiske basisdata-kort, det kvartærgeologiske kort, prækvartærkortet og de tolv profiler blev reservoirkortet udtegnet. Jordarterne i aquiferen og aquitarderne blev bedømt og udtegnet efter de principper, som er omtalt under afsnit 2.5.5.
- B. Reservoirkortet blev sammenholdt med ilt-ningsfrontkortet, og reservoirklassifikationen fra ilt-ningsfronten og nedad blev noteret i hvert afgrænset areal. Der blev klassificeret ned til 50 meter under ilt-ningsfronten. Arealerne med samme eller næsten samme reservoiropbygning blev slået sammen til større arealer, da det ved kort-lægnings i denne målestok er nødvendigt at generalisere og simplificere. En meget stor detailrigdom med mange delarealer vil gøre overskueligheden mindre og dermed kortet mindre anvendeligt. Der blev taget hensyn til, at de marine miocæne aflejringer med store lagtykkelser i princippet må have uendelig NRK.

C. Reservoirsymbolerne med supplerende jordartsoplysninger og tykkelsesangivelserne blev derefter omsat til det kodesystem, der tidligere er omtalt.

D. De tre temaer blev sat sammen på et kort i 1:50.000 (kort 1).

3. RESULTATER

En kortlægning af den karakter, som er udført her, giver en lang række resultater af geologisk, hydrogeologisk og geokemisk art. I denne rapport er imidlertid kun medtaget de resultater, som har betydning for jordarternes nitratreduktionspotentialer. Da projektet endvidere har haft som sit hovedmål at være et metodepilotprojekt, er de resultater, som er meget specifikt relateret til Ulfborg området, kun omtalt kortfattet.

3.1. Geologiske forhold

Geologisk
opbygning

Den geologiske opbygning af Ulfborg området samt jordarternes sammensætning og udbredelse er meget centrale elementer i forståelsen for udarbejdelsen af kortet over nitratreduktionspotentialer. Hovedlinierne i disse forhold vil blive givet her, mens mere detaljerede geologiske oplysninger kan fås i Petersen et al., (1990) og Gravesen (i forberedelse).

3.1.1. Terræn

Fjordområder

Terrænet indenfor det kortlagte område varierer en hel del. Det ligger i kote +1 m til +2 m mod nordvest ved Torsminde og falder til under kote 0 mod sydvest ved Felsted Kog. Mod øst

Bakkeø	stiger terrænet ind mod Skovbjerg bakkeø, hvor det ved f.eks. Nørhede kan nå op på kote +65 m. Skovbjerg bakkeø afgrænses mod nord af en buet linie Holstebro-Bur-Vemb-Ulfborg-Tim Stationsby. Bakkeøen gennemstrømmes af Madum å, Lilleå og Idom å. Nord og vest for Skovbjerg bakkeø
Hedeslette	findes et stort sletteland, der med et jævnt fald demonstrerer den ydre del af de gamle flodsletter fra sidste istid. I randen mellem hedeslette og bakkeø løber Storåen. Hedeslettefladen går mod vest jævnt over i Nisum Fjord og Stadil Fjords lavtliggende marksprægede egne. Ude ved den nuværende kyst findes unge
Klitter	klitdannelser, som kan nå helt op til omkring kote +10 m, og stedvist helt op til kote +26 m. Mod nord findes mindre bakkeøer, f.eks. ved Møborg og ved Sønder Nisum træffes også et mindre bakkeøkompleks.

3.1.2. Tertiære aflejringer

Miocæn	Indenfor Ulfborg kortet træffes på daglokaliteter og i borerer fire forskellige miocæne formationer. Ældst og dermed nederst i dele af
Arnum Formation	området er den marine Arnum Formation og den
Odderup Formation	ikke-marine Odderup Formation, som er dannet delvis samtidigt (Sorgenfrei, 1958). Begge formationer er karakteriseret ved at bestå af en hyppig vekslen af forskellige jordartstyper: glimmerler, glimmersilt, glimmersand, kvartsand ofte med en del organisk materiale og pyrit. Den marine formation indeholder desuden lag af skaller og skalfragmenter samt kalkkonkretioner, mens den ikke-marine indeholder brunkul. Over disse formationer følger i en mindre del af området de yngre marine Hodde og Gram
Hodde Formation	formationer (Rasmussen, 1966). Hodde Formationen består overvejende af sort glimmerler med finkornet organisk materiale og pyrit, mens

Gram Formation	det brune og grå Gram glimmerler kun har et mindre indhold af organisk materiale, men undertiden findes en del skaller og skalfragmenter.
Brunkul, organisk materiale, pyrit	De miocæne aflejringer består således af sedimentter med et til tider stort indhold af brunkul, finkornet organisk materiale og pyrit, som findes på delvis primært leje. Brunkul, som er dannet ud fra planter gennem en tørvedannelse, er således aflejret og dannet på stedet. Det er imidlertid almindeligt at finde omlejret brunkul i flodaflejret miocænt sand, undertiden i store mængder. I marint miocænt sand kan der også forekomme omlejret brunkul og pyrit. Det vil være mest sandsynligt at finde det omlejrerede materiale i sandlag, der skærer sig ned i brunkuls- eller lerlag eller som findes over brunkulslagene.
Prækvartær-overfladen	Grænsefladen mellem de miocæne aflejringer og de kvartære aflejringer (istids og efteristidsaflejringer) kaldes prækvartær-overfladen. Fladen er et resultat af floderosion efter miocæn tidsafsnittet samt gletscher- og smeltvandserosion i kvartærperioden. Denne flade
Relief	har et kraftigt relief i området, som også kortet over prækvartær-overfladen afslører (Gravesen et al., 1990). Miocæne aflejringer findes nær ved terræn på den sydlige del af Nørhede (Jordhøj) og ved Skærum mølle sydøst for Vemb. I det meste af området ligger overfladen mellem kote +5 m og +20 meter. Der findes imidlertid en dybereliggende dal med et vest-nordøst løbende strøg mellem Nees Kirkeby og Lintorp mose og et nord-syd løbende strøg mellem Lintorp mose og Skråstrup. Vest-nordøst dalens bund ligger i kote +40 m - +60 m, mens prækvartær-overfladen i dalens centrale og sydlige del er

beliggende lavere end kote +100 m.

3.1.3. Kvartære aflejringer

Tykkelser	Det kvartære dække over de miocæne aflejringer er for størstedelen af området ganske tyndt: 10-20 meter, men enkelte steder findes dog tykkelser på 80-90 meter. De største tykkelser af de kvartære sedimenter falder ikke sammen med de morfologisk højest beliggende områder,
Kvartære dale	men de falder sammen med lavereliggende kvartære dale, som ligger over begravede prækvartære dale. De prækvartære dale er udfyldt af store mængder smeltevandssand og -grus samt moræneler og -sand. Disse to istids aflejringstyper findes udbredt i området. På Skovbjerg bakkeø er de kvartære aflejringer fra næstsidste istid, saale, stærkt præget af de underliggende miocæne aflejringer. Moræneaflejringerne er gråbrune med glimmerindhold, mens de dominerende smeltevandsaflejringer ofte er finkornede med glimmer og lidt brunkul. På hedesletten mod nord findes mere grovkornet smeltevandssand og -grus fra sidste istid, weichsel, øverst i profilerne, men både her og mod vest findes talrige, sammenhængende lag af smeltevandsler, formodentlig fra saale.
Skovbjerg bakkeø	
Hedeslette	
Omlejret brunkul og pyrit	I weichsel smeltevandssandet forekommer også omlejret brunkul og pyrit, som har en uregelmæssig og uforudsigelig forekomstmåde. Materialet er eroderet løs fra brunkulslag eller miocæne sandlag af smeltevand. Transporten videre frem er sket gennem et flettet flodsystem på hedesletten, hvor floderne hele tiden skifter leje, og hvor erosion og aflejring hyppigt veksler. Aflejring af lette brunkulstykker kan kun være sket i områder, hvor der har været beskeden strømstyrke i floden, som f.eks. i afsnørede bassiner og i læ bag for-

skellige bankestrukturer. Disse aflejringsområder er vanskelige at forudsige i et flettet flodsystem, og transport og aflejring af brunkul kan være sket gentagne gange.

Flyvesand

Flyvesandsaflejringer findes udbredt i området, og de består af oftest finkornet sand med et varierende indhold af plantemateriale. De store flyvesandsområder inde i land bl.a. på Skovbjerg bakke er dateret til grænsen mellem istidens slutning og den efterfølgende postglaciale tid (TL-datering, Mejdahl, 1987). Helt unge klitter findes i en bræmme langs kysten. I åerne findes postglacial tørv, gytje og sand med planterester, mens større sammenhængende ferskvandsdannelser med organisk indhold findes over marine aflejringer i store områder mod vest mellem Stadil fjord og Nisum fjord. De marine aflejringer består af strandvoldskomplekser samt af sand, silt og ler med plantemateriale, stedvist som dele af en marskdannelse. De postglaciale lag er forholdsvis tynde, men de kan som nævnt indeholde nitratreducerende plantemateriale.

Marine aflejringer

3.2 Hydrogeologiske forhold

Reservoirirer

I området udnyttes 4-5 over hinanden liggende grundvandsreservoirirer. Dybden til reservoirirerne varierer fra få meter under terræn til ca. 190 m. Reservoirirbjergarterne er i overvejende grad kvartære sand- og grusaflejringer, men i de dybeste reservoirirer er der tale om tertiære kvartssand- og grusaflejringer. Den hydrauliske ledningsevne har ikke nogen systematisk relation til dybden til reservoirirerne og varierer med en faktor 20 fra ca. 1×10^{-3} til ca. $20 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sek}$. På fig. 9 er vist fordelingen

Hydraulisk ledningsevne

Specifik kapacitet af den specifikke kapacitet pr. m-sænkning på

Transmissivitets- værdier	de 4 kortblade, som denne kortlægning omfatter. Værdierne stammer fra de renpumpninger, der er foretaget i forbindelse med udførelsen af boringerne og med forbehold overfor forskelle i filterdiameter, pumpetid og partiel udnyttelse af reservoirerne kan den variation, der fremgår af fig. 9, suppleres med transmissivitetsværdierne for områdets kvadranter NV, NØ, SØ og SV: $4-5 \times 10^{-3}$, $2-3 \times 10^{-3}$, $2-2,5 \times 10^{-3}$ og $1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sek.}$
Kurveforløb	Ekvipotentialekurvernes forløb er præget af god forbindelse mellem vandløb og grundvandsreservoirer, således at vandløbene ved deres drænde effekt opdeler områderne i en række grundvandsrygge (-skel) parallelle med vandløbene. I området nord for Storåen (den nordøstligste del af området) er grundvandsryggene nordøst-sydvest orienterede med strømretninger divergerende udfra denne i sydlig retning. Syd for Storåen er grundvandsryggene orienterede sydøst-nordvest med grundvandsstrømmen i nordlig retning. Grundvandspotentiallet når i områdets sydøstligste del +45 m eller med grundvandet 20-25 m u.t. I områdets vestligste del er grundvandspotentiallet mellem +0 og +5, med grundvandet 0-2 m u.t. Grundvandsgradienterne, der generelt er mindst på langs ad grundvandsryggene, varierer mellem få o/oo og få o/o.
Grundvands- potentialle	
Grundvands- gradient	

3.3 Geokemiske forhold

3.3.1 Oxideret sand og grus

Oxiderede sand- og grusaflejringer forekommer i de øverste kvartære lagserier i såvel bakkeøer som på hedesletter i Ulfborgområdet. Tykkelsen af disse sedimenter varierer stærkt efter de geologiske forhold (se afsnit 3.1.3).

Aflejringerne er karakteriseret ved gulbrune-brune farver på grund af indholdet af oxiderede jernforbindelser (Fe III). Sedimenter af denne karakter indeholder lidt materiale med reducerede jernforbindelser (Fe II) i form af silikater som amphiboler og pyroxener og oxider som magnetit og ilmenit. Ferrojern fra disse mineraler kan efterhånden oxideres under forbrug

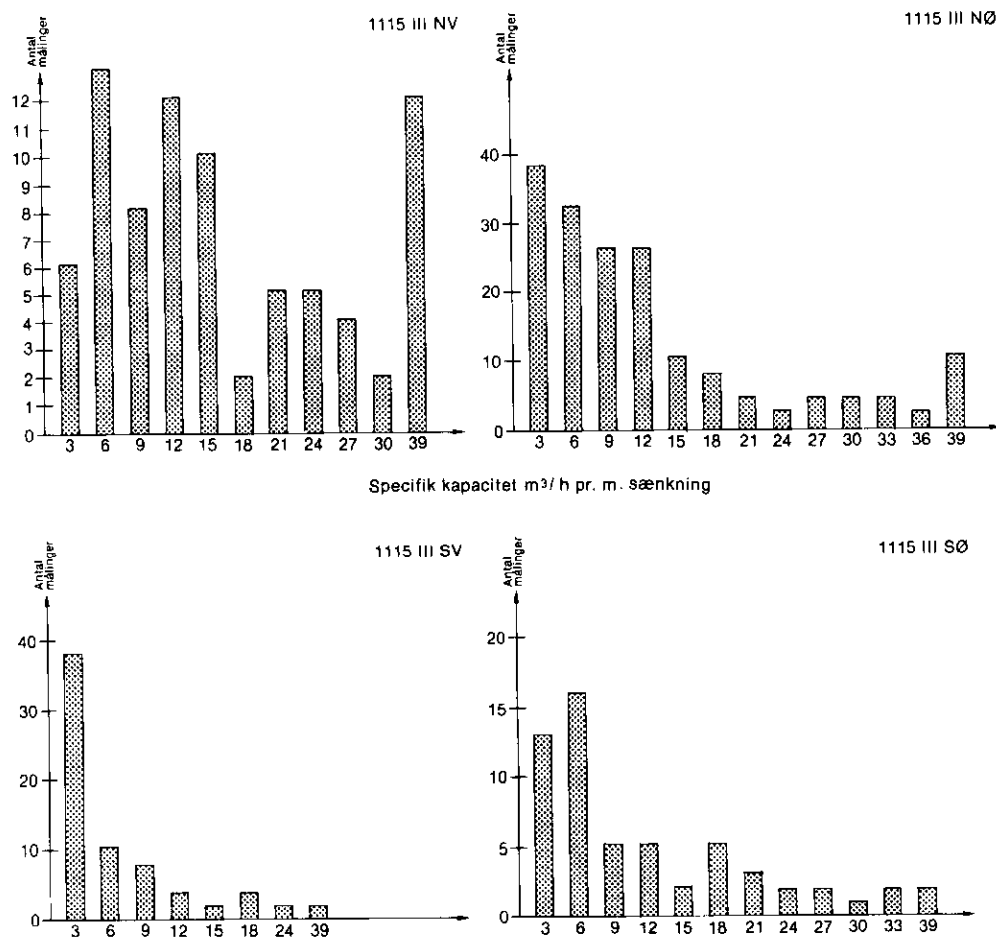


Fig. 9. Fordelingen af den specifikke kapacitet pr. m-sænkning på de fire delkortblade.

af ilt (O_2) eller nitrat (NO_3^-). Oxidationsprocesserne forløber imidlertid langsomt i forhold til det nedsivende vands og det øverste grundvands strømningshastigheder. For ferrosilikat som amphiboler er proceshastigheden anslået til størrelsesordenen 4×10^{-5} mol NO_3 pr. l årligt svarende til 2-3 mg NO_3^-/l i sandede sedimenter som i det vestlige Jylland (Postma, 1990, Postma and Brockenhuus-Schack, 1987). Som følge af de omtalte forhold er disse processer af ringe betydning for koncentrationen af nitrat i det nedsivende vand fra landbrugsarealer og det øverste grundvand under sådanne arealer.

Som eksempler på lokaliteter med oxiderede sandede sedimenter er i tabellerne 1-3 vist sedimentkarakter og analyser af COD i prøver fra udvalgte intervaller samt beregnet nitratreduktionskapacitet i prøver fra borelokaliteterne DGU nr. 73.746 Troldtoft I, 73.747 Sandfær I og 73.745 St. Skovbjerg.

Dybde m u.t.	Sediment	COD mækv. O_2 kg tørstof	Nitratreduk. kap. beregnet mækv. NO_3/kg
1 -10	Sand, gulbrunt		
10 -20	do olivenbrunt		
20 -30	do do		
29.5-30	do do	41	<1
31.5-32	do do	43	<1
32.5-33	do do	50	<1
34.5-35	do do	56	6
36.5-37	do do	46	<1
38.5-39	do do	39	<1
40.5-41	do do	32	<1

Tabel 1 Boring 73.746 Troldtoft I, GVS 28-29 m u.t.

Det ses af tabel 1, at hele det gennemborede profil har sandede sedimenter af gulbrun-olivenbrun farve, og at reduktionskapaciteten beregnet ud fra COD-bestemmelser er under bestemmelsesgrænsen, bortset fra niveauet 34.5-35 m u.t., hvor den er en anelse højere, men ikke over usikkerhedsgrænsen ved sådanne beregninger.

Naturvand

Fra boringen er udtaget grundvandsprøver for hvert $\frac{1}{2}$ -meterinterval fra en dybde på ca. 30 m u.t. (lige under grundvandsspejlet) til boringens bund i en dybde på ca. 39 m u.t. Analyse-resultaterne viser en grundvandstype, der svarer til nedsivning fra naturarealer (plantage og hede) med nitratkoncentrationer på 0.3-2.5 mg NO₃⁻/l og sulfatkoncentrationer på 3-10 mg SO₄²⁻/l. Til trods for det meget lave nitratniveau i hele profilet er der ingen indikationer for nitratreduktion, idet prøven fra det dybeste niveau i ca. 39 m u.t. har en koncentration på 1.1 mg NO₃⁻/l.

Sandfær I

Dybde m u.t.	Sediment	COD mækv. O ₂ kg tørstof	Nitratreduk. kap. beregnet mækv. NO ₃ /kg
1 -10	Sand, gulbrunt		
10 -20	do gul-gråbrunt		
20 -30	do do		
32.5-33	do olivenbrunt	42	<1
34.5-35	do gulbrunt		52 2
37.5-38	Sand/silt, olivenbrunt	70	20
39 -39.5	do do	104	54

Tabel 2 Boring 73.747 Sandfær I, GVS ca. 32 m u.t.

Det ses af tabel 2, at der i de øverste ca. 35 m af profilet er gullige-olivenbrune sedimenter med en lav reduktionskapacitet under eller nær bestemmelsesgrænsen. I de mere finkornede (siltede) sedimenter fra ca. 35-40 m u.t. stiger reduktionskapaciteten beregnet efter COD-bestemmelserne.

Der er udtaget grundvandsprøver til kemisk analyse for hvert ½-meterinterval fra ca. 33 m u.t. til ca. 38 m u.t. Kemiprofiler fra analyser af grundvandsprøver er vist på fig. 10.

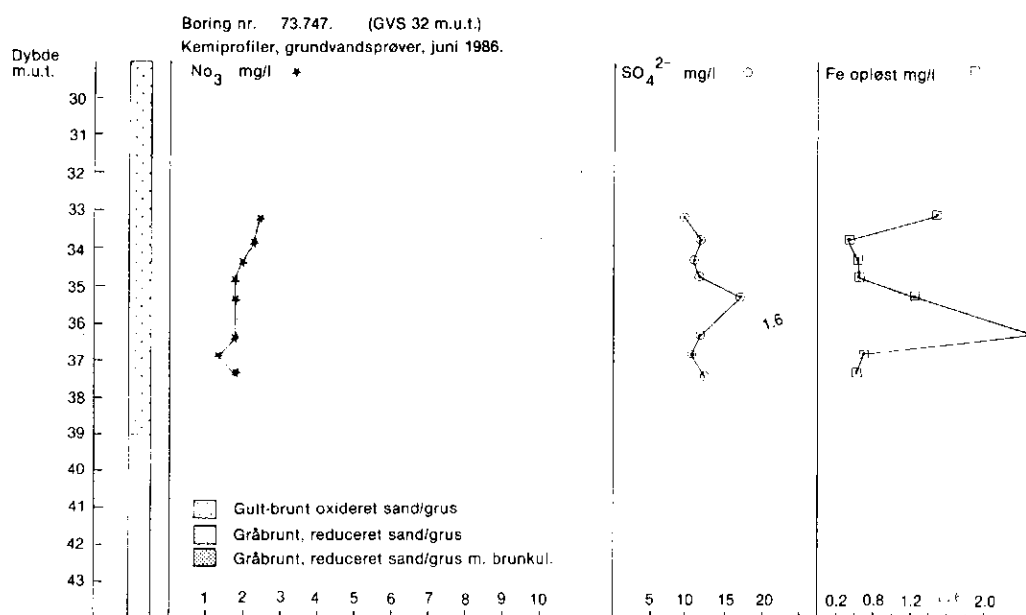


Fig. 10. Kemianalyser af grundvandet fra boring 73.747

Naturvand

Profilerne viser, at der er tale om en grundvandstype, der stammer fra nedsivning fra na-

turarealer (plantage og hede) med lave nitrat-koncentrationer (0.7-2.5 mg NO₃⁻/l) og lave sulfatkoncentrationer (10-17 mg SO₄²⁻/l). Profilerne viser ingen tegn på nitratreduktion ned gennem profilet, heller ikke i den øverste del af de mere siltede sedimenter. Selvom COD-værdierne i de siltede sedimenter er højere end i sandet, tyder det ikke umiddelbart på, at disse værdier er udtryk for en væsentlig højere tilgængelig nitratreduktionskapacitet i de olivenbrune siltholdige sedimenter.

St. Skovbjerg

Dybde m u.t.	Sediment
0.5- 1.5	Sand, lyst brungråt
1.5- 2.0	Ler, siltet, mørkt gulbrunt
2.0- 5.0	Sand, gulbrunt-gråbrunt
5.0-10.0	Sand/grus, gulbrunt
10.0-12.0	Sand, gråbrunt-gulbrunt
12.0-13.0	Sand, mørkt grungråt
13.0-14.0	Ler, fedt, brunsort, glimmerholdigt
14.0-15.0	Sand, gråbrunt
15.0-20.0	Sand, gråbrunt

Tabel 3 Boring 73.745 St. Skovbjerg, GVS
5.5-6.5 m u.t.

Det ses af tabel 3, at der ned til en dybde af ca. 12 m u.t. er oxiderede sedimenter (gulbrune). I en dybde på 13-14 m u.t. er der fedt mørkt ler med glimmer, som hører til gruppen af sedimenter med stor reduktionskapacitet. Der er ikke udført COD-bestemmelser på prøver fra denne boring.

Ramneboring

Grundvandsprøver er udtaget fra en ramneboring,

DGU nr. 73.748 for hvert $\frac{1}{2}$ -meterinterval fra grundvandsspejlet til 7,5 m u.t. Rammeboringen er udført tæt på boring 73.745, men fra bunden af en grusgrav med vandrejsning ca. til terræn. Dybder for grundvandsprøver skal således tillægges ca. 6 m, når kemiprofilet fra rammeboringen skal sammenholdes med niveauerne for de forskellige jordlag i boring 73.745. Kemiprofiler for grundvand er vist på figur 11.

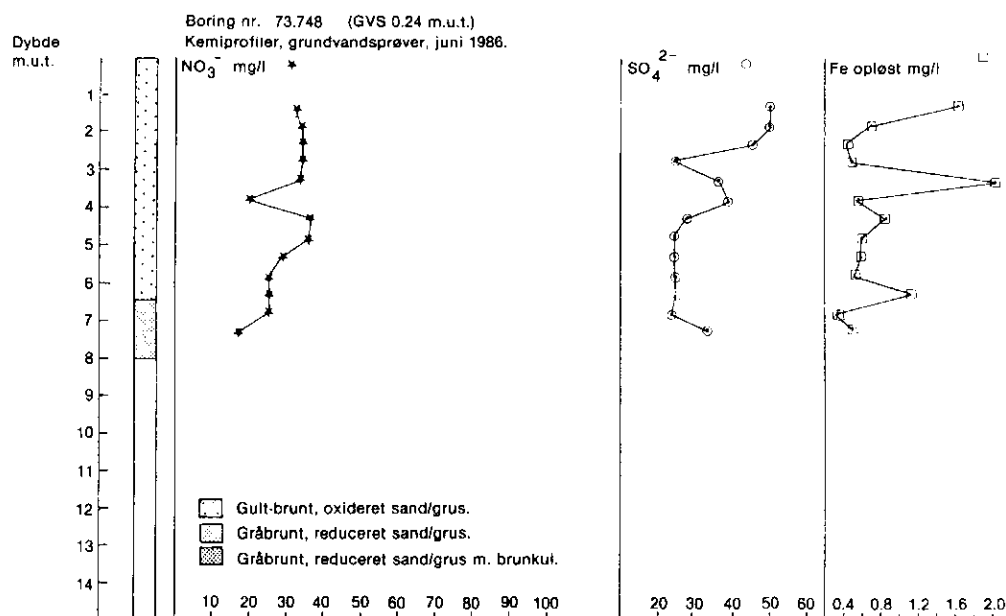


Fig. 11. Kemianalyser af grundvandet fra boring 73.748

Det ses af figur 11, at grundvandet i hele profilet har nitratkoncentrationer på 20-35 mg NO₃⁻ pr. l. Der er tale om en vandtype, som kan være af blandet oprindelse (dyrkede arealer og plantage og hede), idet nitratkoncentrationerne er noget under halvdelen af det normale for det nedsivende vand fra dyrkede arealer. Den kemi-

Blandingsvand

ske sammensætning af grundvandslaget i de øverste 2 m af profilet med høje sulfatkonzentrationer (ca. 50 mg SO_4^{2-} pr. l) og i enkelte niveauer høje koncentrationer af opløst jern (1-2 mg Fe pr. l), kan dog også tyde på en vis påvirkning fra nærliggende moser med pyritforvitring. I det dybeste interval (7-8 m u.t.) ses en svag tendens til nitratreduktion og stigning i sulfatkonzentrationen. Denne dybde svarer omtrent til intervallet 13-14 m u.t. i boring nr. 73.745, hvor der er fundet brunsort fedt glimmerler.

- Mangehøj Plantage En anden lokalitet med oxiderede sand- og gruslag er DGU nr. 63.755 Mangehøj Plantage, hvor der fra terræn til ca. 60 m u.t. er gullige og gulbrune sedimenter. COD-bestemmelser fra udvalgte prøver i dybdeintervallet 40-58 m u.t. viste, at den beregnede nitratreduktionskapacitet når under 1 mækv. NO_3^- pr. kg tørstof i alle prøverne. Fra ca. 60 m u.t. til boringens bund i en dybde på 66 m u.t. fandtes gråbrune til sorte sedimenter af finsand med glimmer og i nogle niveauer ler og brunkulspartikler. Der er ikke bestemt COD på disse prøver, men reduktionskapaciteten er sandsynligvis høj (over 50 mækv. NO_3^- pr. kg tørstof).
- Hyldal, Møborg Ved lokaliteten DGU nr. 63.757 Hyldal, Møborg består de gennemborede jordlag fra terræn til en dybde på 26.5 m u.t. af sandede gullige til brungrå moræneaflejringer. COD-bestemmelser på udvalgte prøver fra 20-26 m u.t. viste alle en beregnet nitratreduktionskapacitet på under 1 mækv. NO_3^- pr. kg tørstof.

3.3.2 Sedimenter med reducerende stoffer

Sedimenter med reducerende stoffer kan være

Brunkul og organisk stof sandede sedimenter med brunkulsfragmenter eller lerede sedimenter med organisk stof (glimmerler).

Estrup Plantage I det undersøgte område er sådanne sedimenter fundet med flere lokaliteter. DGU nr. 63.763 Estrup Plantage har gulbrunt til brungråt oxideret sand fra terræn til ca. 13 m u.t. Fra denne dybde og til boringens bund 18 m u.t. bliver sedimenterne mere gråbrune og indeholder lidt brunkulsfragmenter. I tabel 4 er vist resultaterne af COD-bestemmelser på prøver fra udvalgte intervaller.

Dybde m u.t.	Sediment	COD mækv. O ₂ pr. kg tørstof	Nitratreduk. kap. beregnet mækv. NO ₃ /kg
9.5-10.0	Sand, brungråt	21	<1
11.0-11.5	Sand, brungråt	20	<1
12.0-12.5	Sand, brungråt	24	<1
14.0-14.5	Sand, gråbrunt	684	634
17.5-18.5	Sand, gråbrunt	906	856

Tabel 4 Boring 63.763 Estrup Plantage

Det ses af tabel 4, at den beregnede nitratreduktionskapacitet er under bestemmelsesgrænsen fra 9.5-12.5 m u.t., mens den bliver høj i det brunkulsholdige sediment fra intervallet 14-18.5 m u.t.

Nørholm I boringen DGU nr. 73.778 Nørholm er der sedimenter med et stort indhold af reducerende stoffer i hele profilet fra terræn til boringens bund i ca. 20 m u.t. I niveauet fra 1 m u.t. til ca. 4 m u.t. er der udfra COD-bestem-

melser beregnet en nitratreduktionskapacitet på fra 1000-2500 mækv. NO₃ pr. kg tørstof. Sedi-
menterne i dette niveau består af sand, gytje
og ler med en del plantemateriale.

Jordlagene fra en dybde på ca. 4 m u.t. til
bunden i ca. 20 m u.t. består af sand, ler og
silt med mørke olivengrå farver stedvis med
angivelse af et indhold af pyrit. Nitratreduk-
tionskapaciteten er beregnet udfra COD-bestem-
melser til et niveau på 200-900 mækv. NO₃ pr.
kg tørstof.

Der er ikke udtaget grundvandsprøver fra borin-
gerne DGU nr. 63.755, 63.707, 63.763 og 73.778.
Det må imidlertid anses for overvejende sand-
synligt, at der er nitratfrit vand i de niveau-
er, hvor indholdet af reducerende stoffer er
højt.

3.3.3 Regionale nitratreduktionsforhold

Øverste smelte-
vandssand

Smeltevandsler
og moræneler

Nederste
smeltevandssand

Kortet over nitratreduktionspotentialer viser
fordelingen af de geologiske lag i relation til
deres evne til at reducere nitrat. I største-
delen af området består de øverste lag af oxi-
deret og/eller reduceret smeltevandssand med
lav kapacitet. Tykkelserne ligger gennemsnit-
ligt mellem 5 og 10 meter, men stedvist har
sandet væsentligt større tykkelser. Det er
ikke ualmindeligt, at et 10-20 meter tykt lag
af smeltevandsler eller moræneler adskiller det
frie smeltevandsreservoir fra et eller flere
nære smeltevandsreservoirs. Disse lerlag er
ofte klassificeret med middel reduktionskapaci-
tet, mens det underliggende 10-20 meter nedre
sand hører til kategori et: lav kapacitet. Det
nedre sand kan dog undertiden indeholde brun-
kul, hvorfor det flyttes til også at tilhøre

kategori 2.

Miocæne lag

I dele af området optræder der højtliggende miocæne aflejringer med organisk materiale og pyrit. Store tykkelser af glimmerler er en effektiv reduktionsfaktor, men også glimmersand og kvartssand med brunkul har betydning. Disse forhold er jo kun interessante i denne sammenhæng, hvis der er grundvandsreservoirs i de miocæne sandlag, men netop i de vestlige dele af Jylland er der boret dybt ned for at indvinde grundvandet og undgå nitratforurening.

Postglaciale lag

I de kystnære egne indgår både flyvesand og marint postglacialt ler og sand i reservoirs og dæklag. Disse lagtyper kan indeholde betydelige mængder organisk materiale, der placerer den i en højere reduktionskapacitet end smeltevandsaflejringerne.

4. DISKUSSION OG KONKLUSION

4.1 Metodik

Kortlægningen er udført på grundlag af foreliggende data suppleret med indsamling af data indenfor projektet samt data fra andre NPo-projekter. For at den beskrevne metode kan anvendes optimalt i andre områder må der derfor foreligge data i et lignende omfang. Dette er tilfældet for nogle typer af data, mens andre typer måske kun er tilstede i beskedent omfang. De tre grundlæggende datagrupper er geologiske data, hydrogeologiske data og geokemiske data.

Geologiske data Daglokaliteter

De geologiske data fås fra daglokalitets- og feltobservationer og fra borer. Den første type giver oplysninger om især de øverste dele af den umættede zones sammensætning og struk-

turer, men også fingerpeg om, hvordan eventuelle strukturelle forhold kan forventes at fortsætte nedad i jordlagene. Disse data kan bl.a. findes i geologisk litteratur, men især fra regionale kortlægninger. DGU's kvartærgeologiske kortlægning, som startede i 1888 giver i beskrivelser og kortmateriale data fra store dele af landet, men desværre ikke fra alle områder. Den landsdækkende råstofgeologiske kortlægning giver desuden supplerende oplysninger fra råstofgrave, og disse kort foreligger i alle amtskommuner. Det vil sige, at i det meste af landet foreligger oplysninger om jordarts-sammensætningen af de øverste meter af den umættede zone, men med forskellig detaljeringsgrad.

Geologiske data Boringer

Geologiske data fra boringer giver både oplysninger om jordarterne i den umættede og den mættede zone. DGU har registreret oplysninger om 230.000 boringer i borearkivet og heraf er de ca. 150.000 lagrede i ZEUS-databasen. Det meste af landet er således dækket med EDB-lagrede boringer, hvilket er væsentligt, når store datamængder skal behandles. I gennemsnit findes ca. 2.000 boringer pr. "2 cm" kort (landområde), som på Ulfborgbladet, hvilket er i underkanten af det optimale. For både at kunne trække oplysninger om jordarternes sammensætning, farve og alder ud af databasen skal disse oplysninger være lagrede i næsten fuldt omfang. Dette er kun tilfældet for ca. 40.000 af boringer, mens de resterende indeholder de geologiske data i forkortet form. Det betyder f.eks., at kun i områder med oplysninger i udvidet form er det muligt at få udtegnet iltningsfronten automatisk fra databasen. I andre områder må iltningsfronten udtegnes manuelt ud fra oplysninger fra borejournalerne. Derudover vil det

altid være nødvendigt at konsultere de originale prøvebeskrivelser, når detaljer om reser-
voirbjergarter og dæklag skal medtages ved en
kortlægning (f.eks. oplysninger om mindre ind-
hold af brunkul, som er væsentligt i denne
sammenhæng).

Hydrogeologiske
data

Oplysninger om grundvandsspejlet fås også fra
databoringerne i borearkivet. Der er i afsnit
2.5.6 blevet gjort opmærksom på de fejlkilder,
der optræder på grund af den aldersmæssige
spredning, der er på målingerne. Fremover vil
disse forhold også have betydning for de data,
som indhentes ved boringernes udførelse, men i
alle amtskommunerne vil der i fremtiden blive
pejlet i de boringer, der indgår i grundvands-
overvågningen. Disse tidsserier vil kunne med-
virke til at vægte de øvrige pejldata ved en
videre anvendelse. Når grundvandspotentialekor-
tet skal udtegnes er det mest hensigtsmæssigt,
at data er EDB-lagrede som i ZEUS databasen,
hvorfra plot over boringsnumre, dato og kote
for grundvandsstand kan udtegnes. De fremtidig
e pejleserier fra grundvandsovervågningen bli-
ver ligeledes EDB-lagret i DGU's nye pejldata-
base.

Sedimentkemiske
data

De sedimentkemiske data er yderst sparsomme i
Ulfborgområdet. Dette vil sandsynligvis også
være tilfældet i de øvrige dele af landet. Det
er imidlertid sandsynligt, at de resultater,
som er opnået i dette projekt og de andre NPo-
projekter: Rabis bæk projektet (Kristiansen
et al., 1990), Langvad Å projektet (Ernstsen,
et al., 1990), morænelersprojektet (Ernstsen,
1990) samt tidligere undersøgelser, giver en
ramme for nitratreduktionsværdier i danske
sedimenter, som kan anvendes andre steder i
landet. En række sedimenttyper (f.eks. kalkse-

dimenter, fede tertiære lere, en række bornholmske bjergarter m.v.) er ikke blevet undersøgt i disse projekter, men relativt få analyser vil kunne placere dem i klassifikationssystemet.

Grundvands- kemiske data

Analyser af nitrat, fosfor og andre kemiske kemiske dataparametre i grundvandet er sammen med de sedimentkemiske data væsentlige for at kunne fastsætte typen af nitratreducerende og fosfatbindende sedimenter samt deres udbredelse nedad og opad i reservoirerne. Der er kun få analyser i området med nitrat- og fosfordata, som kan kalibrere nitrat/iltningsfront. Mange af de foreliggende analyser er på råvand udtaget kort tid efter boringernes udførelse, mens et antal er udført i forbindelse med Ringkøbing amtskommunes grundvandsundersøgelser. Analyser af råvand (og renvand) vil i fremtiden ske i større omfang i forbindelse med amtskommunernes grundvandsovervågning.

Datamængde

Samlende om de tre hovedgrupper af data kan siges, at i alle dele af Danmark eksisterer relevante data, manuelle eller EDB-lagrede, som kan anvendes til at udarbejde et kort over nitratreduktionspotentialitet som det foreliggende. De manglende sedimentkemiske data kan relativt let indhentes via et mindre analyseprogram.

Sammenstilling og generalisering

Fremstilling af kortet sker ved en generalisering og sammenstilling i hovedgrupper af de relevante data. Det er derfor vigtigt at have en helhedsopfattelse af et undersøgt område mere end at koncentrere sig om mindre detaljer i et delområde. Til dette er udarbejdelse af en geologisk model for området, der beskriver de geologiske lags udbredelse, sammensætning,

Geologisk model

dannelse, alder, væsentlig (Gravesen, 1989, Gravesen et al. 1990, Petersen et al. 1990). Omsætning af denne viden til et operationelt temakort med inddragelse af hydrologi og kemi, er derefter den opgave, der skal udføres.

4.2 Præsentation

Tre temaer	Nitratreduktionskortet er fremstillet med tre temaer: iltningsfront, grundvandspotentiale og klassificerede reduktionsområder. Disse tre temaer, som er illustreret med liniekonturer og fladesignaturer, er nær den øvre grænse for
Informationer	Informationer, der bør være på et kort. Derfor er der set bort fra at bringe flere informationer, som også kunne være relevante som f.eks. eksisterende anvendte reservoirer, reservoirsedimenterne m.v. Imidlertid betragtes kortet som læsbart af specialister og teknikere, som arbejder med grundvandsspørgsmål, når de har læst nærværende rapport. Ved videre anvendelse af metodikken kunne det nok være hensigtsmæssigt at anbringe flere basisinformationer i signaturforklaringer ud over de, der forklarer temaerne på kortet. Det kunne f.eks. være relevant at anbringe NRK-skemaet med klassifikationer på kortet.

4.3 Anvendelse

Vandindvinding	Kortet over nitratreduktionspotentialer kan anvendes sammen med regionale vurderinger af
Grundvands-	kvalstofbelastninger på landbrugsarealer og
beskyttelse	naturarealer som grundlag for planlægning af vandindvinding og grundvandsbeskyttelse. Kortet kan også benyttes ved belysning af årsagerne til eksisterende høje nitratkoncentrationer i grundvandet i bestemte egne. Desuden kan det danne grundlag for placering af erstatnings-

boringer til vandforsyningsboringer, som indvinder vand med for høje nitratkoncentrationer.

Praktisk anvendelse

Det er hensigten, at metoden, som er udviklet, skal kunne anvendes i andre dele af landet, da kortet kan udarbejdes på grundlag af eksisterende data, hvis omfang på landsplan er omtalt i afsnit 4.2. Den praktiske anvendelse beskrives nedenfor ud fra den forudsætning, at kortets baggrund kendes.

Indenfor et givet areal eller et punkt er det muligt at besvare en række spørgsmål:

- 1) Beliggenhed af grundvandsspejl (i kote) og grundvandets strømningsretning
- 2) Beliggenhed af iltningsfront/nitratreduktionsfront (i kote)
- 3) Jordarternes nitratreduktionskapacitet ned til 50 meters dybde udtrykt i kategorier 1-3 (fig. 5) samt tykkelsen af de enkelte klassificerede jordlag. Hermed er også via fig. 5 angivet sedimenttyper, men ikke om det drejer sig om f.eks. sand eller lerlag.

Andre kort

Når der arbejdes med kortet, skal det således opfattes som et kort med tre temaer. Alt efter hvilken opgave, der skal løses, må det sammenholdes med andre relevante temakort som f.eks. kvælstofbelastningskort over landbrugsarealerne, kort over vandindvindingsinteressesområder, kort over forureningskilder og kort over nuværende grundvandsindvinding som alle er mere overordnede kort. Det kan også sammenholdes med andre typer geologiske, hydrogeologiske og geokemiske kort, der kan anvendes som supplement. Det er derfor hensigtsmæssigt at fremstille kortet i transparent til at lægge over andre kort.

Landsdækkende
kortsæt

Kortet vil især være anvendeligt ved den amtskommunale og kommunale vandplanlægning og sagsbehandling, men også ved statslige vurderinger af nitratforureningsproblematikken kan et landsdækkende kortsæt være yderst brugbart.

4.4 Konklusion

- Det er muligt ud fra arkivdata at fremstille et operationelt kort over nitratreduktionspotentialt.
- Det er almindeligvis store datamængder, der indgår, og derfor er det hensigtsmæssigt, at disse data er EDB-lagrede.
- Arbejdsprocessen frem til det endelige kort indeholder opgaver, der kræver ekspertise indenfor reservoirgeologi, hydrogeologi og sediment- og grundvandskemi.
- Detailforhold og baggrundsmateriale tillader fremstilling af kort i 1:50.000. Udarbejdelse i en større målestok, f.eks. 1:25.000 vil almindeligvis ikke være rimeligt, dog kan specialundersøgelser i delområder tillade en større målestok.
- Det fremstillede kort er et temakort med tre deltemaer med speciel vægt på nitratreduktionstemaet. Kortet er ikke et sårbarhedskort, men det kan være grundlag for udarbejdelse af et specifikt sårbarhedskort over nitrat, f.eks. i overensstemmelse med anvisningerne i Andersen & Gosk (1989).
- Resultatet af projektet, fremstilling af nitratkortet, er i overensstemmelse med de tanker og oprindelige projektbeskrivelser, som blev lagt frem i 1986.

REFERENCER

- Andersen, L.J., 1973: Cyclogram technique for geological mapping of borehole data. Geological Survey of Denmark III. Series. No. 41, Copenhagen, 25 pp.
- Andersen, L.J. & Gravesen, P., 1989: Cyclogram Maps in the Interpretation of Pumping Test. - I. Moore, J.E., Zaporozec, A.A., Scallany, S.C. & Varney, T.C.: Recent Advances in Ground-Water Hydrology, pp. 598-604.
- Andersen, L.J. & Gosk, E., 1989: Applicability of Vulnerability Maps - Environ. Geol. Water Sci., Vol 13, No. 1, pp. 39-43.
- Binzer, K. & Andersen, C., 1979: Eksempel på kort over prækvartæroverfladens højdeforhold. - Danm. Geol. Unders., Årbog 1978, pp. 119-129.
- Ernstsen, V., 1990: Nitratreduktion i moræner. - NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. B 2.
- Ernstsen, V. & Lindgreen, H., 1985: Uorganisk nitratreduktion og -reduktionskapacitet i et morænelersprofil. Slutrapport for delprojekt 2.5 i sårbarhedsprojektets 2. etape. - Danm. Geol. Unders., Int. rap., 33, 61 pp.
- Ernstsen, V., Gravesen, P., Nilsson, B., Genders, S. & Fredericia, J., 1990: Transport og omsætning af N og P i Langvad Å's opland. I, - NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. B 6.
- Gravesen, P., 1985: Data fra Danmarks Geologiske Undersøgelse vedrørende geologi, hydrogeologi og grundvandskemi. - ATV-møde 6. juni. Naturlig grundvandskvalitet og grundvandsmonitoring, 16 pp.
- Gravesen, P. 1986: Grundvandssystemerne ved Danmarks Geologiske Undersøgelse - databa-

- ser og anvendelse. I Vattenarkivsystemer i Norden. Nordisk expertmöte, Esbo, Nordiskt Hydrologisk Program, NHP-rapport nr. 12, pp. 179-199.
- Gravesen, P., 1989: Undersøgelser ved Vejen losseplads. Geologiske forhold - Lossepladsprojektet, Rap. H 10, Miljøstyrelsen, 102 pp.
- Gravesen, P., 1990: Geologisk basisdatakort 1115 III Ulfborg. - Danm. Geol. Unders.
- Gravesen, P. & Knudsen, J., 1981: Beskrivelse af boreprøver fra vandforsyningsboringer ved Danmarks Geologiske Undersøgelse. - Vandteknik, 5, pp. 111-118.
- Gravesen, P. & Fredericia, J. (red.) 1984: ZEUS-geodatabasesystem. Borearkivet. Data-beskrivelse, kodesystem og sideregistre. - Danm. Geol. Unders., Ser. D., 259 pp.
- Gravesen, P., Kristiansen, H., Kelstrup, N. & Petersen, K.S., 1990: Regional kortlægning af Ulfborg området. Nitratreduktionspotentiale og fosforforhold. NPo-projekt 2.11 - Danm. Geol. Unders., Int. rap. 40, + bilagskassette.
- Kristiansen, H. & Hansen, E.Z., 1986: Sårbarhedsprojektet. Reducerende stoffer i undergrunden i et hedesletteområde. Slutrapport for delprojekt 2.4 i sårbarhedsprojektets 2. etape. - Danm. Geol. Unders., Int. rap., 13, 89 pp.
- Kristiansen, H., Brusch, W., Gravesen, P. & Genders, S., 1990: Transport og omsætning af N og P i Rabis Bæks opland. - NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. B 5.
- Mejdahl, V., 1987: TL-Datering. Nordisk laboratorium for termoluminescens-datering. Vejledning for brugere. - Nord. Lab. Termol. - dat., Risø, Int. rap., 18 pp.
- Petersen, K.S. & Rasmussen, L.Aa., 1987: A geo-

- logical concept of the map sheet Rønde based on dynamic structures - Danm. Geol. Unders., Ser. C, 8, 58 pp.
- Petersen, K.S., Rasmussen, L.Aa. & Pedersen, K.S., 1990: Det geologiske kortblad 1115 III Ulfborg. Forekommende jordarter og deres rumlige udbredelse. - Danm. Geol. Unders., Ser. D.
- Pedersen, J., 1988: Nitratreduktion i undergrunden. - Note til kursus i jord- og grundvandsforureningskemi. Eksternt kursus på Danmarks Tekniske Højskole, 29.-31. august, 1988, 24 pp.
- Postma, D., 1990: Processes of nitrate reduction in a sandy aquifer - NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. B 8.
- Postma, D. & Brockenhuus-Schack, S., 1987: Diagenesis of iron in Proglacial sand deposits of Late- and Post-Weichselian Age. - Jour. Sed. Petrol., vol. 57, pp. 1040-1053.
- Rasmussen, L.B., 1966: Molluscan Faunas and Biostratigraphy of the Marine Younger Miocene Formation in Denmark, Part 1: Geology and Biostratigraphy - Danm. Geol. Unders., II rk., 88 pp.
- Ringkøbing amtskommune, 1982: Grundvandspotentiale. Kortene 1115 III NØ, SØ, NV, SV. - Ringkøbing amtskommune. Amtsvandinspektøren, Dec. 1982.
- Sorgenfrei, Th., 1958: Molluscan Assemblages from the Marine Middle Miocene of South Jutland and their Environments. - Denm. Geol. Unders., II rk., 79, vol I og II, 502 pp.

Registreringsblad

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K.

Serietitel, nr.: NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, B16

Udgivelsesår: 1990

Titel:

Kortlægning af potentialet for nitratreduktion

Undertitel: Ulfborgområdet

Forfatter(e):

Gravesen, Peter; Kristiansen, Henning; Kelstrup, Niels;
Petersen, Kaj Strand

Udførende institution(er):

Danmarks Geologiske Undersøgelse

Resumé:

Der er udviklet en metode til at fremstille regionale kort over jordlagenes nitratreduktionspotentiale. Kortet er udarbejdet på baggrund af de geologiske, hydrogeologiske og geokemiske forhold i et bakkeø-hedesletteområde i Vestjylland (Ulfborg). For at omsætte jordarternes nitratreduktionskapacitet til et kort i regional skala er en række temakort blevet fremstillet som grundlag.

Emneord:

reduktion; jord; kortlægning; boringer; geologiske modeller;
nitrogen CAS 7727-37-9

ISBN: 87-503-8840-1

ISSN:

Pris: 70,- (inkl. 22 % moms)

Format: A5

Sideantal: 60 s. + 1 kort

Md./år for redaktionens afslutning: november 1990

Oplag: 500

Andre oplysninger:

Rapport fra koordinationsgruppe B for grundvand

Tryk: Luna-Tryk ApS, København

NPo-forskning fra Miljøstyrelsen

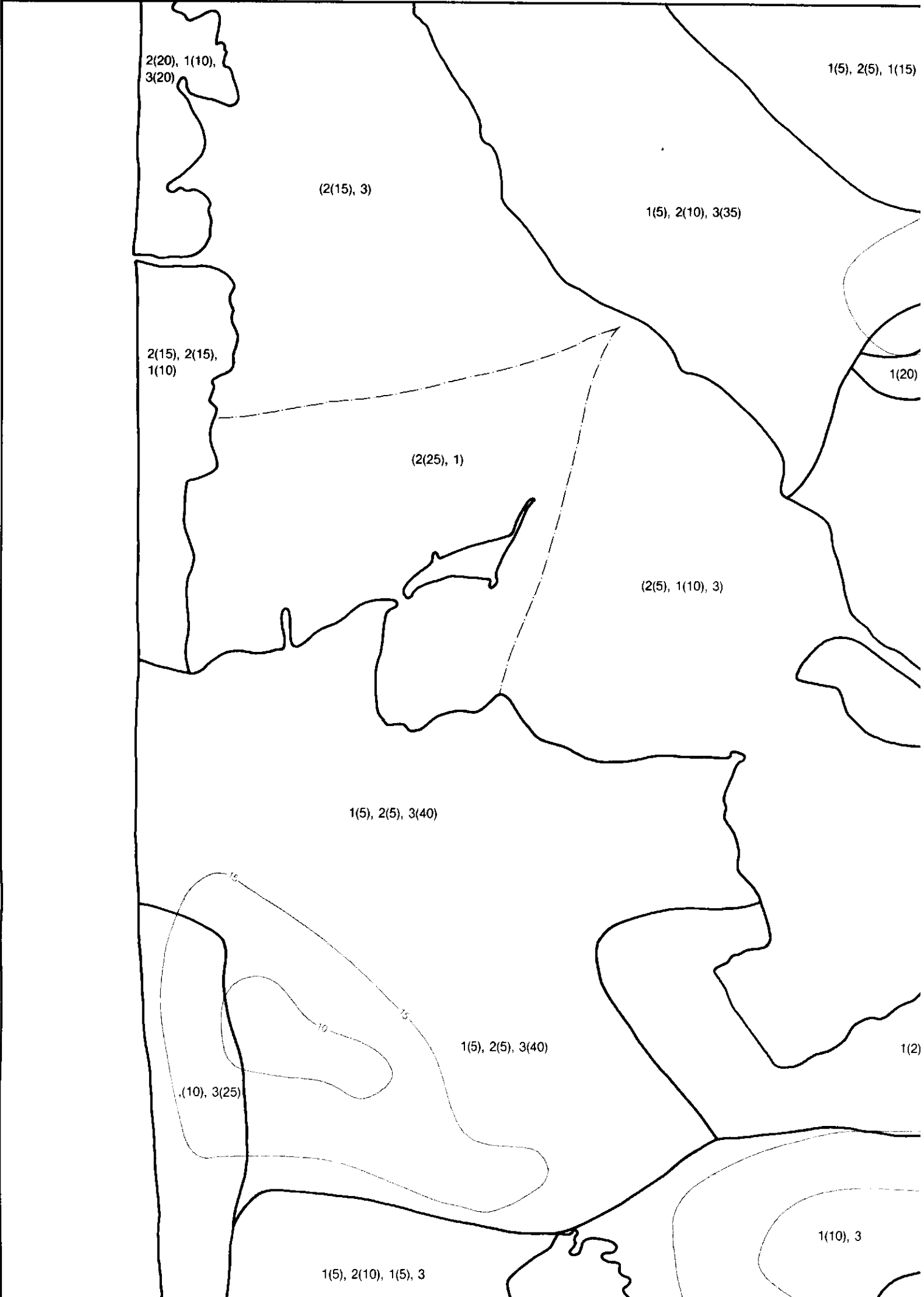
Rapporter fra koordinationsgruppe B for grundvand

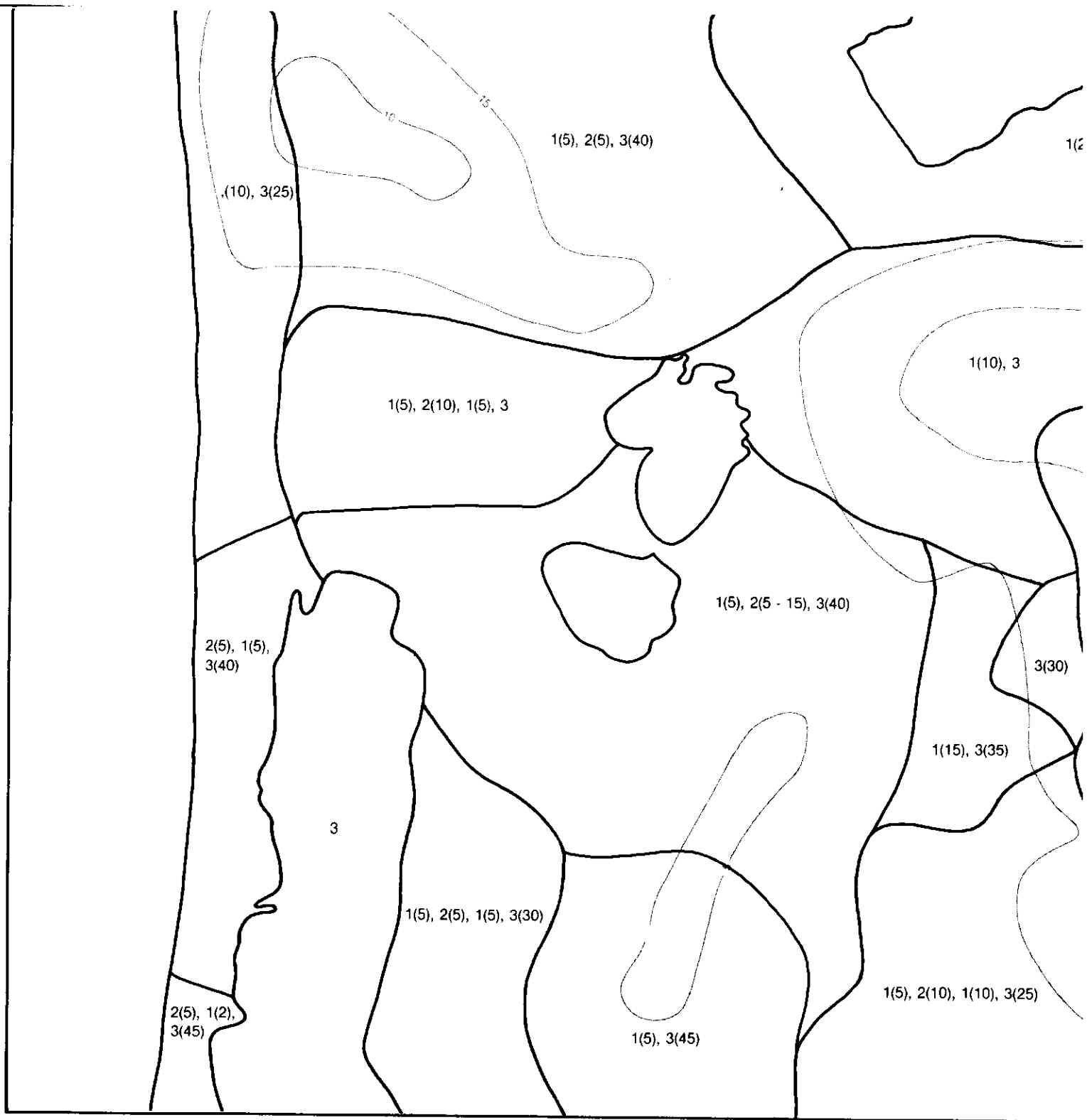
- Nr. B 1 : Kemisk nitratreduktion med jern(II)forbindelser
- Nr. B 2 : Nitratreduktion i moræner
- Nr. B 3 : Nitratreduktion og organisk stof i grundvandsmagasiner
- Nr. B 4 : Nitrat og fosfat i grundvand/drikkevand fra områder i Danmark
- * Nr. B 5 : Transport og omsætning af N og P i Rabis Bæks opland
- Nr. B 6 : Transport og omsætning af N og P i Langvad Å's opland. I
- Nr. B 7 : Transport og omsætning af N og P i Langvad Å's opland. II
- Nr. B 8 : Nitratreduktionsprocesser i Rabis hedesletteaquifer
- Nr. B 9 : Afstrømning og transport til Rabis og Syv Bæk
- Nr. B10 : Geokemiske processer i et grundvandsmagasin
- Nr. B11 : Grundvandsbelastning fra to landbrug på sandjord
- * Nr. B12 : Fluktuationer i grundvandets nitratinhold
- Nr. B13 : Flow and Transport Modelling – Rabis Field Site
- Nr. B14 : Drainage Flow Modelling – Syv Field Site
- Nr. B15 : Regional model for næringssalttransport og -omsætning
- Nr. B16 : Kortlægning af potentialet for nitratreduktion
- Nr. B17 : Klimastationer i NPo-værkstedsområder
- Nr. B18 : Grundvandsmoniteringsnet i Danmark
- Nr. B19 : Field Investigations of Preferential Flow Behaviour

De med * mærkede titler er ikke trykt på udgivelsesdagen for denne rapport, men forventes trykt i løbet af 1990.

Nr. B8 er tidligere annonceret med titlen:
Processes of nitrate reduction in a sandy aquifer

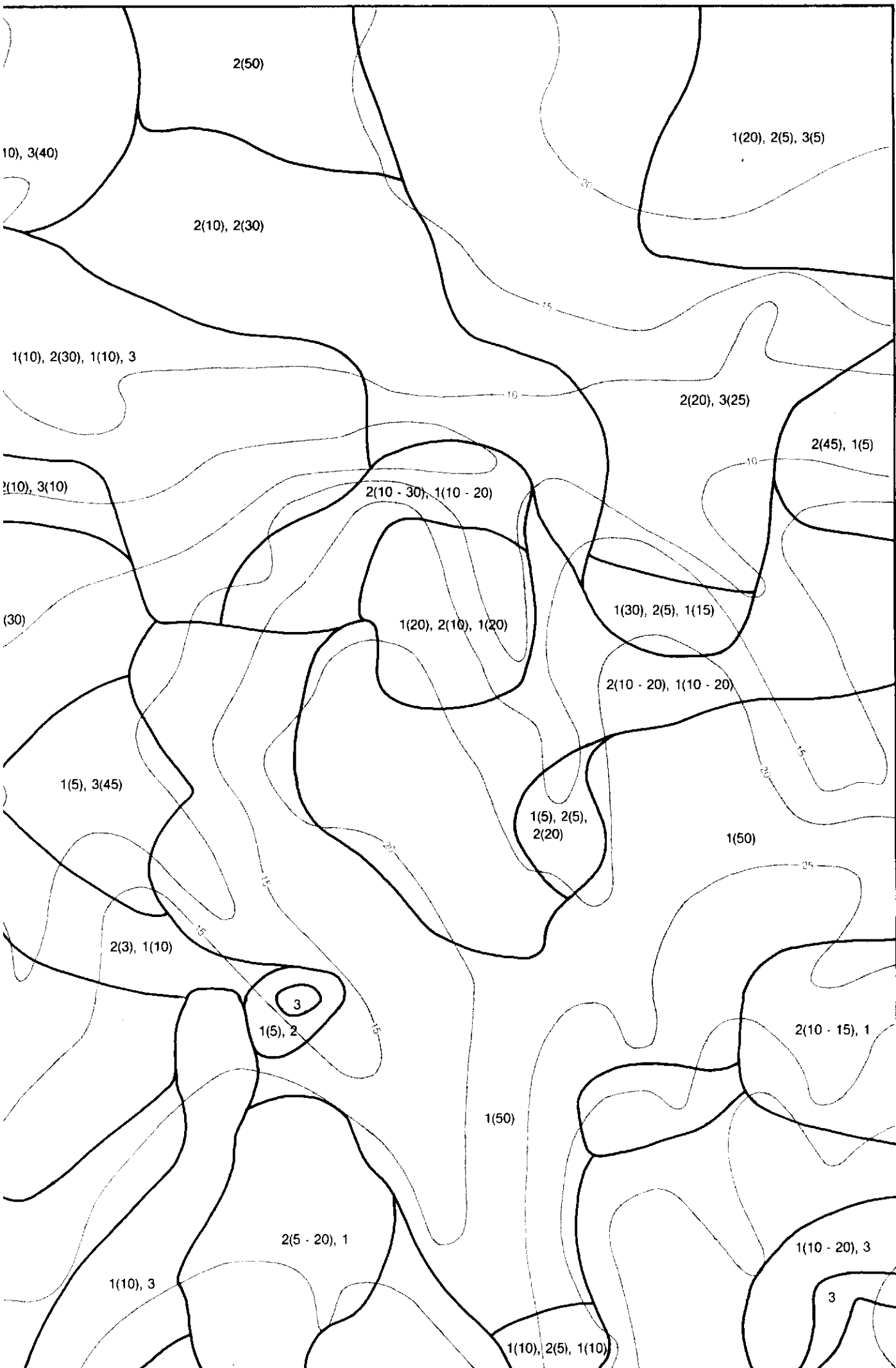
1115 III ULFBORG





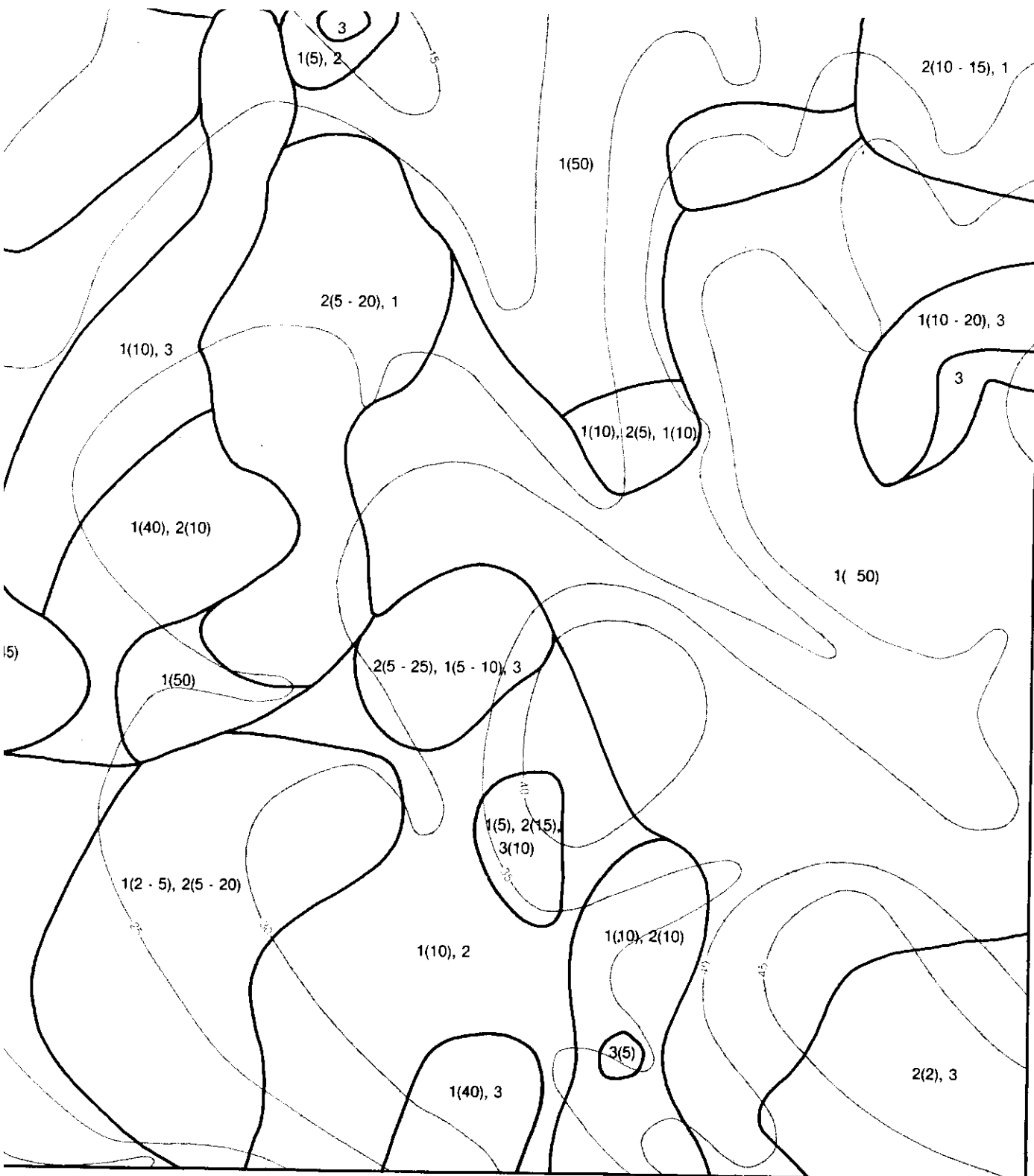


NITRATREDUKTIONSPOTENTIALALET

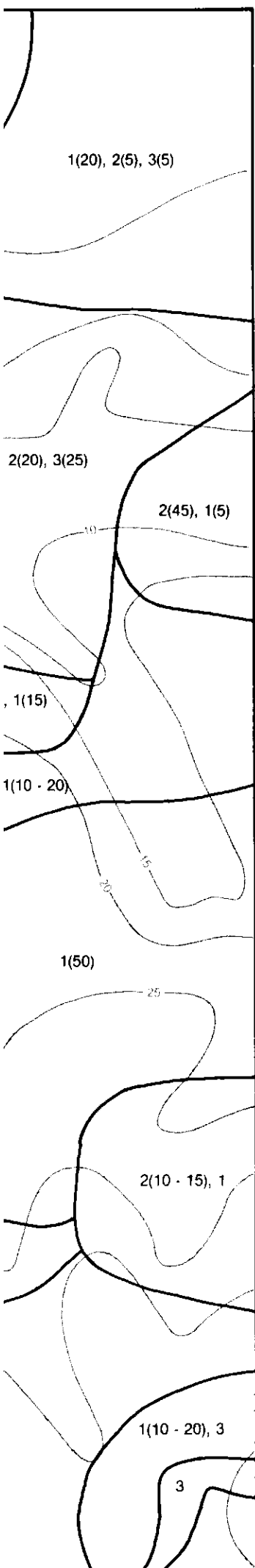


SIGN

1(10)



Fremstillet af: Peter Gravesen, Henning Kristiansen og Niels Kelstrup



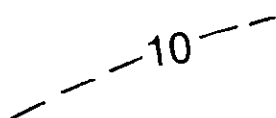
SIGNATURFORKLARING:

1(10), 2(5 - 10), 3 Arealer med klassifikation af jordarternes nitratreduktionssevne samt lagernes tykkelser i ().

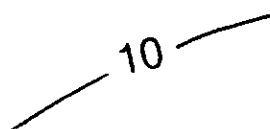
Klassifikation:

1. Lav reduktionsevne
2. Middel reduktionsevne
3. Høj reduktionseven

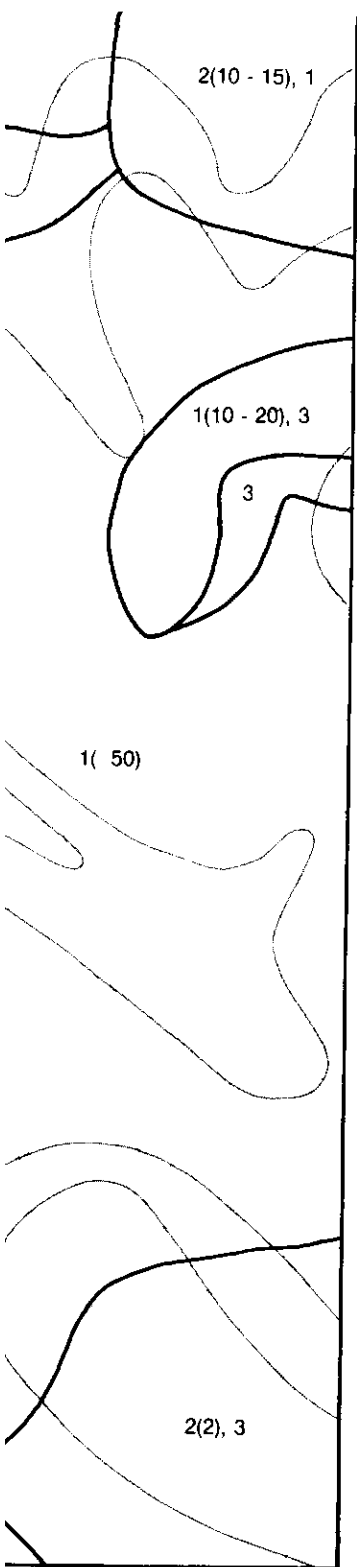
eks.: 1(10) betyder jordart med lav reduktionsevne med en lagtykkelse på 10 meter



Iltningsfront (kote).



Grundvandsspejl (kote)



ansen og Niels Kelstrup

1 : 55.000

DGU

Danmarks Geologiske Undersøgelse

Thoravej 8

2400 NV

1990

Kortlægning af potentiallet for nitratreduktion

57

Der er udviklet en metode til at fremstille regionale kort over jordlagenes nitratreduktionspotentiale. Kortet er udarbejdet på baggrund af de geologiske, hydrogeologiske og geokemiske forhold i et bakkeø-hedesletteområde i Vestjylland (Ulfborg). For at omsætte jordarternes nitratreduktionskapacitet til et kort i regional skala er en række temakort blevet fremstillet som grundlag.



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 31 57 83 10

Pris kr. 70.- inkl. 22% moms

ISBN nr. 87-503-8840-1