

MapField projektet

Nye operationelle teknologier og koncept til brug i en målrettet kvælstofregulering er nu udviklet i Innovationsfondsprojektet MapField. Lokale geofysiske og geokemiske data om undergrundens beskaffenhed giver mulighed for en mere præcis beregning af den lokale kvælstofretention i grundvandet. Denne detaljerede viden kan danne grundlag for en ny målrettet kvælstofregulering af landbruget.

BIRGITTE HANSEN &
ANDERS VEST CHRISTIANSEN

Introduktion

MapField er navnet på et stort forskningsprojekt under Innovationsfonden som har løbet fra 2018-2022 og er forkortelse for "Field-scale mapping for targeted N-regulation and management". Tretten institutioner har samarbejdet for at opnå viden til mere målrettet kvælstof(N)-regulering af landbruget (boks 1).

Visionen i MapField har været at udvikle teknologier og koncepter, som kan være med til at sikre en økonomisk og bæredygtig udvikling af den danske landbrugsproduktion samtidig med at Danmark kan leve op til kravene i EU's miljødirektiver. Det nye koncept er udviklet for at danne grundlag for en mere målrettet N-regulering af landbruget på markniveau, hvor indsatser for at nedbringe udvaskningen af kvælstof til miljøet bl.a. tilpasses den lokale N-omsætning i undergrunden.

Konceptet er baseret på indsamling af data, der giver detaljeret viden om transporten og omsætningen af kvælstof i grundvandet. På dette grundlag kan der fremstilles kort over N-retentionen i grundvandet. N-retention er betegnelsen for den naturlige omsætning i



Foto: Peter Klaus Warna-Moors

vandmiljøet af reaktivt kvælstof (fx nitrat, NO_3^-) til lattergas (N_2O) eller helt til inaktivt kvælstof (N_2) i atmosfæren.

Den totale N-retention i et opland er forskellen mellem udvaskningen af kvælstof fra markernes rodzone og udledningen af kvælstof i vandløbet ved udløbet fra oplandet. På

landsplan er N-retentionen i vandmiljøet opgjort til 64% (udvaskning fra rodzonen = 191,6 ton N og samlet N-tilførsel til kystvande er 68,6 ton N) for perioden 1990 – 2010 /1/.

I et opland kan der både foregå N-omsætning i A) grundvandet, B) den umættede zone inkl. rodzonen, C) ådale og lavbundsområder og D) vandløb og søer (figur 1). Den samlede N-retention for et opland er således et resultat af den totale omsætning af N i zone A-D. I MapField har der været fokus på N-retention i grundvandet altså zone A (figur 1), hvor den største del af N-retentionen foregår. På landsplan er det estimeret, at N-retentionen i grundvandet og ved terrænnære processer (A+B) udgør 88 %, og i ådale, lavbund, vandløb og søer 12 % af den totale N-retention for

Boks 1: Samarbejdspartnere i MapField projektet

Forskningsinstitutioner:

- De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)
- Aarhus Universitet: Institut for Geoscience, Ecoscience, Agroøkologi, Ingeniørvidenskab og Virksomhedsledelse
- Københavns Universitet, Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi

Øvrige partnere:

- Miljøstyrelsen, SEGES, Aarhus Geosoft, NIRAS, Region Midtjylland og Foreningen af Rådgivende Ingeniører.

perioden 1990 – 2010 /1/.

Udvikling af undersøgelsesmetoder og et samlet koncept

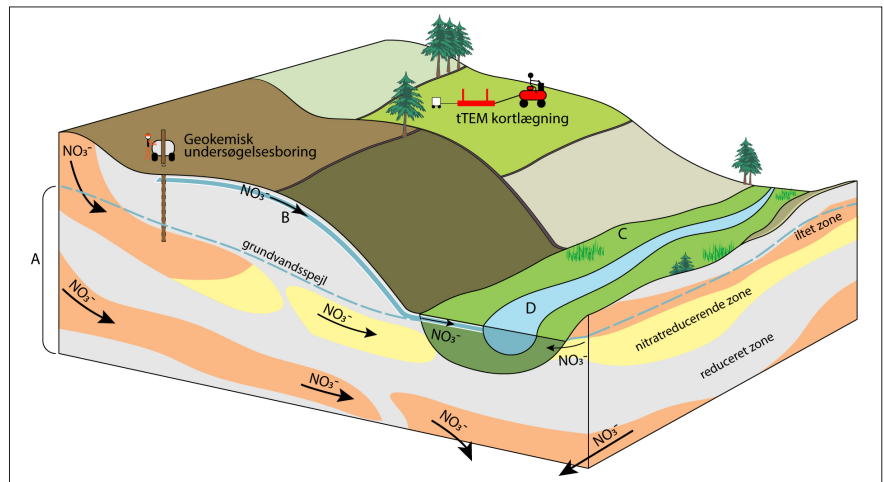
Teknologier og konceptet fra MapField beskrives i dette særnummer af Vand & Jord i 10 artikler.

Konceptet for kortlægning af N-retentionen i grundvandet har fået navnet N-MAP. N-MAP-konceptet består af fem overordnede trin (boks 2) som beskriver processen med fremstilling og implementering af N-retentionskort for grundvandet i et opland.

Trin 1: Indsamling af eksisterende viden over de agronomiske samt de hydrogeologiske og geokemiske forhold i undergrunden. Trin 2: Kortlægning af geologien med et nyudviklet geofysisk tTEM instrument til N-retentionskortlægning /2/. tTEM instrumentet har også andre anvendelsesmuligheder i jord- og grundvandsforureningssager /3/. Trin 3: Geokemiske undersøgelser af kvælstofomsætningen i grundvandet fra borer. Placering af borer tager udgangspunkt i tTEM kortlægningen /4/. Trin 4: Modellering hvor geologien, N-omsætningen, N-udvaskningen og grundvandstrømningen bliver integreret for hele oplandet. Heraf fremstilles N-retentionskort, som beregner udledningen af kvælstof til vandløbene gennem grundvandet i forhold til udvaskningen fra rodzonen /5,6,7,8/. Trin 5: Anvendelse af N-retentionskortet for oplandet i en mere målrettet N-regulering. I MapField er N-retentionskortet for to oplande ved Skive Fjord brugt til at illustrere, hvordan en mere målrettet N-regulering kan udformes. Ved Skive Fjord er der store krav til reduktion af N-udledningen i de nye Vandmiljø III planer, som er i udkast (Vandområdeplanerne 2021-2027 (mst.dk)). Der har været dialog med landmænd i områderne om økonomi og mulige ændringer af gødningsplaner og sædskifter samt valg af nye tiltag og virkemidler, som kan reducere N-udvaskningen og -udledningen til vandløb /9, 10/.

N-retentionskort for grundvandet

I MapField er der undersøgt seks oplande, som enten indgår som validerings- eller demonstrationsområder (figur 2). Valideringsområder er udvalgt for at teste de udviklede metoder mod lange tidsserier af måledata i fire LOOP-områder, som indgår i det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur, NOVANA. LOOP-områderne repræsenterer forskellige jordtyper, udvaskning, landskaber, geologi og landbrugspraksis. Kvaliteten af det øvre grundvand, drænvand og overfladevand overvåges med en høj prøvetagningsfrekvens.



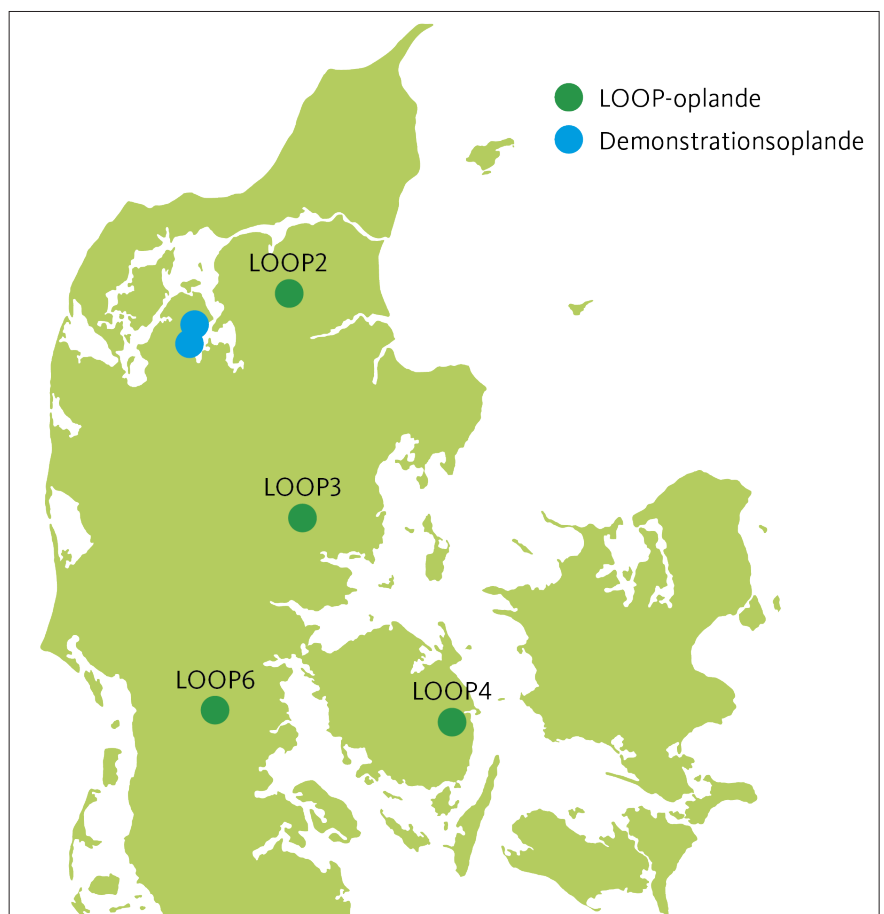
Figur 1. Konceptuel blokmodel af de vigtigste strømningsveje og processer for N-retention i landskabet og undergrunden. N-retention foregår i A) grundvandszonen, B) den umættede zone inkl. rodzonen, C) ådale og lavbundsområder og D) vandløb og søer /2/.

Demonstrationsområderne skal vise potentialet i MapField metoderne til at udvælge og placere virkemidler optimalt i landskabet, så N-udvaskningen til vandmiljøet kan reduceres omkostningseffektivt. På baggrund af viden fra valideringsområderne er N-MAP-konceptet afprøvet i disse områder samtidig med, at lokale landmænd og andre interessenter er inddraget. De to demonstrationsområder (Hagens Møllebæk og Hulebro Bæk) er beliggende ved siden af hinanden og afvander til Skive Fjord

på Østsalling nord for Skive.

Med N-MAP-konceptet udarbejdes der N-retentionskort for grundvandszonen målrettet ID15-oplande, der i dag er den mindste skala for N-regulering på ca. 15 km² i gennemsnit. I 2020 er der ved hjælp af den nationale kvælstofmodel /1/ udarbejdet N-retentionskort for alle 3351 ID15-oplande i Danmark med én værdi for hvert opland.

Formålet med MapField er at udarbejde mere detaljerede N-retentionskort indenfor et



Figur 2. Placeringen af de seks undersøgte oplande i MapField.

Boks 2: De fem trin i N-MAP-konceptet for kortlægning af N-retentionen i grundvandet i et opland

Trin 1:

Eksisterende viden bliver gennemgået i undersøgelsesområdet

Landbrugsdriften i oplandet og kravet til reduktion af kvælstofudledningen undersøges både i forhold til grundvand, overfladevand og det marine miljø. Der skabes et foreløbigt overblik over undergrunden og overfladevandssystemet samt behovet for nye data.

Trin 2:

Undergrunden bliver scannet

Et nyudviklet scanningsinstrument kaldet tTEM danner meget detaljerede billeder i 3D af undergrundens strukturer ned til 100 meters dybde, som afgør, hvordan vandet strømmer i jorden.

Trin 3:

Centrale steder bliver undersøgt nærmere

Vand- og jordprøver fra dybe borerings indsamles og analyseres. Resultaterne afgør, hvor og hvordan kvælstof omsættes i undergrunden.

Trin 4:

Kort over kvælstofretention bliver fremstillet

De indsamlede data indbygges i en 3D strømning- og kvælstofomsætningsmodel, og der fremstilles kort over kvælstofretentionen på markniveau.

Trin 5:

Valg af virkemidler bliver analyseret

De nye kort over kvælstofretentionen tages i anvendelse, og der bliver arbejdet med nye arbejdsgange til gødningsplaner og valg af virkemidler i et samarbejde mellem landmænd, rådgivere og ansvarlige myndigheder ift. gældende og kommende planlægning og lovgivning.

der). Det betyder fx, at virkemidler som efterafgrøder eller udtagning af landbrugsjord kan målrettes områderne med lav retention. Variationen i N-retentionen i grundvandet mellem markerne skyldes, at de geologiske lag og N-omsætningen i undergrunden varierer meget indenfor oplandet. N-MAP-konceptet er dermed specielt relevant i oplande, hvor der kan forventes en stor variation i N-retentionen i grundvandet mellem marker på grund af en heterogen geologi og en varieret omsætning af kvælstof. N-MAP-konceptet vil selvfølgelig også være meget relevant at anvende i oplande, hvor der er et behov for flere data end der eksisterer i dag for at øge sikkerheden på estimeringen af N-retentionen.

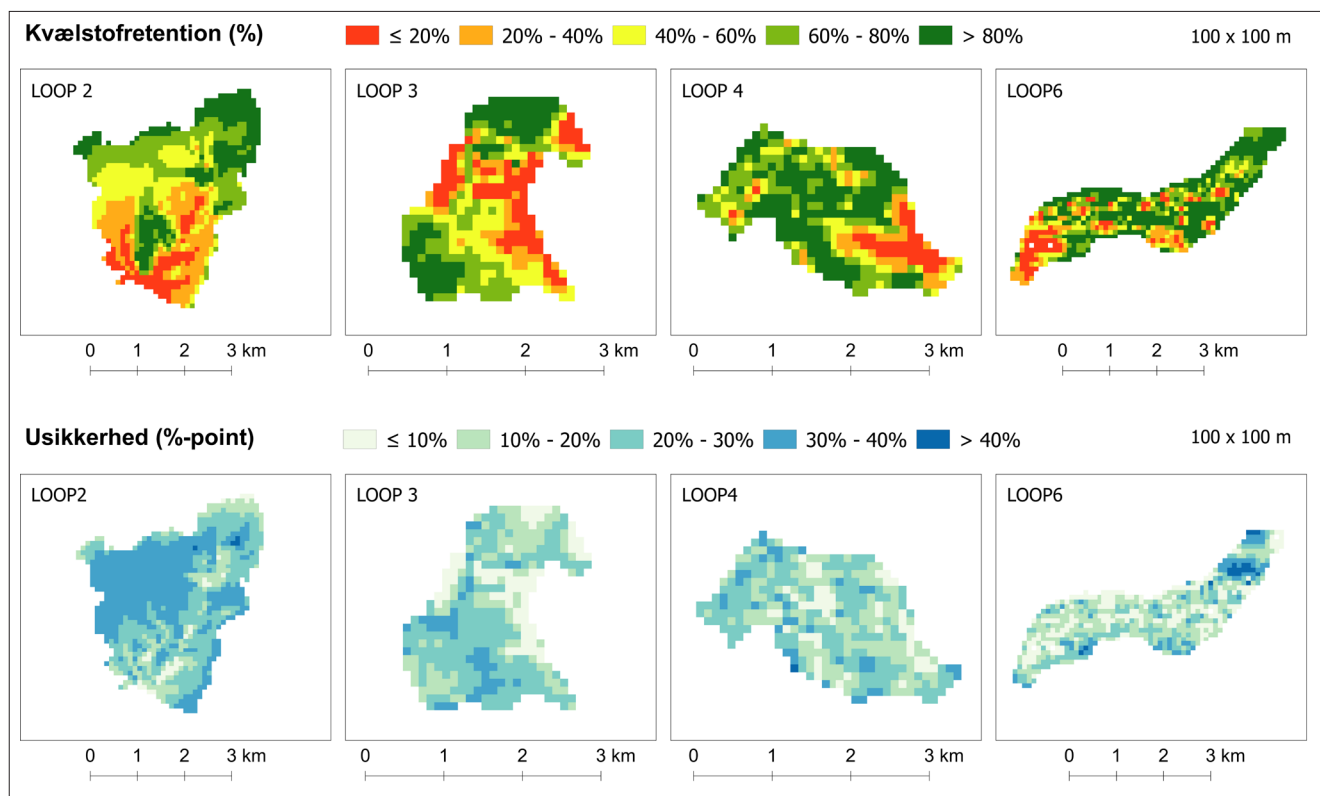
Detaljeringsgrad og usikkerhed

Bestemmelse af usikkerheden på grundvandets N-retention er en central del af modelleringen med N-MAP-konceptet. Der er fokus på både nøjagtighed og præcision. Præcisionen angiver, hvor godt en række lige sandsynlige modelresultater, kan ramme det samme resultat. Præcisionen er med andre ord den variation, man har på sine resultater, når man sammenligner resultaterne indbyrdes. Nøjagtigheden eller korrektheden angiver derimod, hvor godt et givet modelresultat kan ramme den "sande" værdi, hvilket kan være en måleværdi af fx grundvandspotentialet eller N-transporten i vandløb.

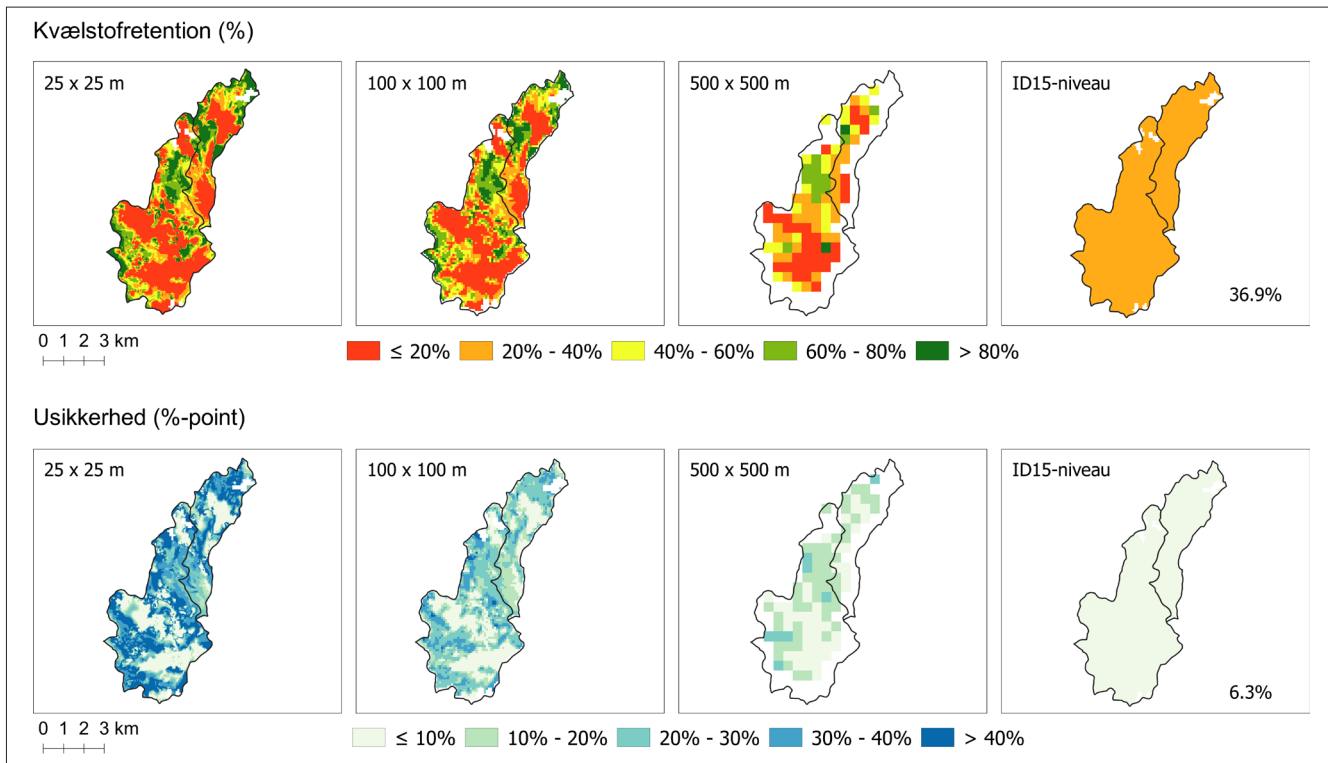
ID15-opland og dermed på mindre skala end de kort der anvendes i administrationen af N-reguleringen i dag. Figur 3 viser N-retentionskort for de fire LOOP-områder på 100 m x 100 m skala, som hver består af tre mindre ID15-oplande. Sammen med N-retentionskortene er også vist tilhørende kort over usikker-

heder.

De detaljerede kort over N-retentionen i de fire LOOP-områder viser alle et potentiale for mere målrettet N-regulering indenfor oplandene, da der fx både forekommer områder med høj N-retention > 80% (grønne områder) og lav N-retention ≤ 20% (røde områder).



Figur 3. N-retentionskort (øverst) med tilhørende usikkerheder (nederst) for fire LOOP-områder udarbejdet med N-MAP-konceptet på 100 m x 100 m skala. I beregningen af usikkerheden indgår variationen på de hydrologiske, geologiske og geokemiske inputparametre mens fx usikkerheden på N-udvaskningen endnu ikke indgår.



Figur 4. N-retentionskort for grundvandet fra demoområderne Hagens Møllebæk og Hulebro Bæk ved Skive Fjord. Der ses stor variation i N-retentionen for grundvandet indenfor områderne og dermed potentiale for målrettet N-regulering. Det ses, at usikkerheden stiger (præcisionen falder) ved større detaljeringsgrad. I beregningen af usikkerheden indgår variationen på de hydrologiske, geologiske og geokemiske inputparametre mens fx usikkerheden på N-udvaskningen endnu ikke er indgået.

Nøjagtigheden er der arbejdet med i MapField i strømningsmodellen for grundvandet, hvor trykniveau, vandløbsafstrømning og vandløbstransport kalibreres mod målte værdier. Præcisionen på N-retentionen er bestemt ved hjælp af geostatistisk modellering og ved at udregne variationen. Variationen på grundvandets N-retention bestemmes således på 500 lige sandsynlige modeller. Disse bygger på udfaldsrummet for de inputvariable, der indgår i modellen fx relateret til undergrundens strukturer, redoxforhold og N-omsætningsrater /8/.

N-retentionskort for grundvandet for demoområderne Hagens Møllebæk og Hulebro Bæk ved Skive Fjord er vist i figur 4. Detaljeringsgraden på 25 m × 25 m svarer til diskretiseringen i grundvandsmodellen. Både en detaljeringsgrad på 100 × 100 m (1 ha) og 500 × 500 m (25 ha) viser en stor rumlig variation fra ≤ 20% til >80% mellem delområder, og dermed et stort potentiale for målrettet N-regulering. Den samlede N-retention i grundvandet for oplandene har en værdi på ca. 37%. Det ses, at usikkerheden falder ved større detaljeringsgrad og når ca. 6% på oplandsniveau. I beregningen af usikkerheden indgår variationen på de hydrologiske, geologiske og geokemiske (omsætningsrater) inputparametre. Udvasningen fra rodzonen varierer ikke.

Anvendelse af N-MAP-konceptet

I 2017 skrev det Økonomiske Råd, at der nationalt set kan spares 20-30% ved at målrette N-reguleringen af landbruget for at nå målene i EU's Vandrammedirektiv. Dette blev beregnet til at udgøre en årlig besparelse på 120-200 mio. DKK for Danmark /11/. Den økonomiske gevinst opnås ved at øge målretningen af tiltag på markerne til at reducere N-udvaskningen. Herved fokuseres indsatsen af fx efterafgrøder til et mindre areal og til arealer, hvor der opnås størst miljøeffekt. Dette kan reducere omkostningerne for landmanden som illustreret i demoområderne /9, 10/.

Det vil kræve en investering at implementere N-MAP i flere oplande eller i hele landet. Når der tages udgangspunkt i omkostningerne i MapField for aktiviteterne (boks 1) så kan der beregnes en hektarpris på ca. 1.175 DKK for et typisk ID15 opland på ca. 1500 ha. Implementering af N-MAP på alle marker i Danmark giver et overslag på ca. 3,5 mia. DKK, hvis estimater fra MapField anvendes. Det vil være oplagt at målrette implementeringen til marker, hvor der er krav til målrettet N-regulering. Dette vil reducere udgiften betydeligt. Det må ligeledes antages at en indsats i større skala vil bringe de estimerede priser ned ved effektivisering.

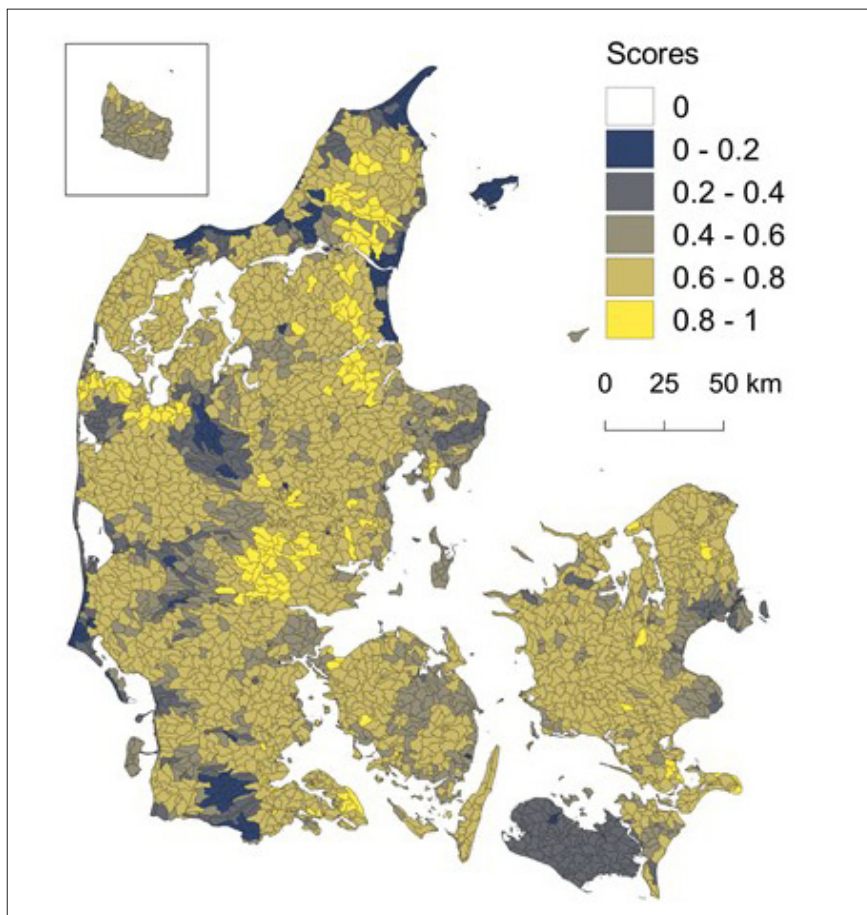
En anden mulighed vil være at implementere N-MAP i oplande med den største geolo-

giske og geokemiske kompleksitet og dermed det største potentiale for målrettet N-regulering på mindre skala. I MapField er der udviklet et sådant prioriteringsværktøj, hvor områder med høj geologisk og redox kompleksitet i undergrunden gives den højeste prioritet /12/. Disse højt prioriterede oplande er vist med den højeste score (lyse områder) i figur 5 /12/. Der kan foretages en yderligere prioritering ved at fravælge oplande, hvor dræntransporten er styrende for en lav N-retention eller hvor N-retentionen hovedsageligt foregår i overfladevandsystemet.

Konklusion og perspektiver

Med MapField er der opnået flere vigtige overordnede resultater, som kan blive til gavn for den fremtidige målrettede N-regulering af landbruget:

1. Der er udviklet teknologier og koncepter (kaldet N-MAP) til en mere præcis bestemmelse og forståelse af grundvandets N-retention
2. N-retentionskort for grundvandet i de seks undersøgte områder viser et stort potentiale for målrettet N-regulering indenfor et opland på grund af stor rumlig variation i N-retentionen.
3. Jo større detaljeringsgrad på N-retentionskortene, jo større usikkerhed. Fokus på bestemmelse af usikkerheden ved forskellig



Figur 5. Prioriteringen af ID15-område for implementering af N-MAP-konceptet i forhold til den geologiske og geokemiske kompleksitet af undergrunden. Område med højeste prioritet er vist med højeste score (lyse farver). /12/

detaljeringsgrad af N-retentionskortene i et opland giver mulighed for at træffe et valg om detaljeringsgrad i den fremtidige mere målrettede N-regulering.

4. N-retentionskort for grundvandet i demonstrationsområderne ved Skive Fjord viser, at virkemidler kan placeres mere omkostningseffektivt i landskabet.
5. Implementering af N-MAP konceptet på alle marker i Danmark vil kræve en betydelig investering over en længere årrække. Prioriteringsværktøjet giver mulighed for at udvælge områder hvor der er størst potentiale for målrettet N-regulering. Dette kan gøres ved at fokusere på områder med stor geologisk og geokemisk kompleksitet i undergrunden.

6. MapField-metoderne kan også anvendes i andre sammenhænge fx i forbindelse med jordforurening, råstofindvinding og grundvandsbeskyttelse.

Referencer

- /1/ Højberg, A. L., Thodsen, H., Børgesen, C.D., Tornbjerg, H., Nordstrøm, B.O., Troldborg, L., Hoffmann, C.C., Kjeldgaard, A., Holm, H., Audet, J., Ellermann, T., Christensen, J.H., Bach, E.O. og Pedersen, B.F. 2021. National kvælstofmodel – version 2020. Metode rapport. GEUS Specialrapport. https://www.geus.dk/Media/637576521860083405/NKM2020_Rapport_18maj2021_web.pdf
- /2/ Pedersen, J.B., Christiansen, A.V., Auken, E. & Sandersen, P. 2022. Geoscanner til overfladenær kortlægning. Vand & Jord, nr. 4, s. 142-144

- /3/ Jørgensen, F. 2022. tTEM i jord- og grundvandsforureningssager. Vand & Jord, nr. 4, s. 169-172
- /4/ Kim, H., Jakobsen, R., Aamand, J. & Hansen, B. 2022. Ny viden om nitratreduktion i undergrunden. Vand & Jord, nr. 4, s. 137-140
- /5/ Christiansen, A.V. & Foged, N. 2022. Fra geofysik til 3D-modeller. Vand & Jord, nr.4, s. 145-147
- /6/ Madsen, R.B., Sandersen, P.B.E., Møller, I., Hansen, T.M., Hansen, B., Christiansen, A.V. & Kim, H. 2022. Geostatisk model af geologi og redox. Vand & Jord, nr. 4, s. 148-151
- /7/ Blicher-Mathiesen, G., Wienke, J., Boel, M. & Frederiksen, R.R. 2022. Nitratudvaskning på markniveau. Vand & Jord, nr. 4, s. 152-154
- /8/ Frederiksen, R.R., Christiansen, A.V., Blicher-Mathiesen, G. & Hansen, B. 2022. Et grundvandsretentionskort på lokal skala. Vand & Jord, nr. 4, s. 156-159
- /9/ Graversgaard, M., Jacobsen, B.H., Nygaard, K., Schaper, S., Iversen, S., Odgaard, M.V. & Dalgaard, T. 2022. Vand & Jord, nr. 4, s. 160-162
- /10/ Jacobsen, B.H. & Ørum J. E. 2022. Økonomisk gevinst ved detaljeret retentionskortlægning. Vand og Jord, nr. 4, s. 166-168
- /11/ De Økonomiske Råd. Økonomi og Miljø. 2017. Regulering af landbrugs kvælstofudledning. Grønne afgifter og effektiv miljøregulering. Ægte opsparring. <https://dors.dk/vismandsrapporter/oekonomi-miljoe-2017>
- /12/ Voutchkova, D.D., Christiansen, A.V., Højberg, A.L., Iversen, B.V., Jacobsen, B.H., Willerslev, E., Blicher-Mathiesen, G., Holm, H.W., Møller, I., Koch, J., Nygaard, K., Nørgaard, L.B., Thorling, L., Sandersen, P.B.E., Schaper, S., Hvid, S.K., Dalgaard T. & Hansen, B. 2021. Prioritization tool for implementing the N-MAP concept. Eds.: Voutchkova, D.D. & Hansen, B. Geological Survey of Denmark and Greenland. GEUS report 2021/67. <https://data.geus.dk/gpub-landingpage/?id=34627>

BIRGITTE HANSEN (bgh@geus.dk) er seniorforsker ved De Nationale Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) og ANDERS VEST CHRISTIANSEN er professor ved Institut for Geoscience, Aarhus Universitet.

MapField projektet er finansieret af Innovationsfonden (885000025B) med medfinansiering fra Miljø- og Landbrugsstyrelsen.

Særlig tak til Rasmus Rumph Frederiksen, Denitza Voutchkova, Hyojin Kim og Jacob Lind Bendtsen for udarbejdelse af figurer.