

UDVASKNING AF NÆRINGSSTOFFER TIL GRUNDVAND OG BELASTEDE
FJORDE UNDERSØGT PÅ STORE OPLANDE

Projektchef, Anders Refsgaard
Civ. ing., Torsten Jacobsen
Agronom, Robert Nøddebo Poulsen
DHI – Institut for Vand & Miljø

ATV MØDE
Vintermøde om grundvandsforurening

VINGSTEDCENTRET
9. – 10. marts, 2004

BAGGRUND OG RESUME

Mange års intensiv landbrugsdrift har i mange tilfælde ført til overbelastning af indre danske farvande og fjorde med næringsstoffer og deraf følgende faldende vandkvalitet. Gennemførelsen af Vandrammedirektivet vil bl.a. fokusere på dette, men den danske Vandmiljøplan III er ligeledes et skridt mod strammere regler og tiltag for at begrænse denne belastning.

Udvasknings- og oplandsmodeller til beskrivelse af nitratudvaskningen til grundvandszonen samt transporten og nedbrydningen gennem grundvands- og overfladevandssystemerne vil uvilkårligt være et vigtigt værktøj til prioritering af indsatsen i oplandet og til vurdering af konsekvensen af disse tiltag på den samlede belastning. Der er tidligere anvendt forskellige metoder til vurdering af nitrats skæbne fra udvaskning til recipient; en simpel metode baseret på bestemmelse af oplandsbaserede reduktionsfaktorer og en procesbaseret metode, der forholder sig til, hvor processerne foregår. Den simple metode baserer sig på beregninger af udvaskning sammenholdt med målinger af nitratfluksen ud af et opland, og kan anvendes i "stationære" systemer til en vurdering af gennemsnitlig fjernelse, mens den procesbaserede beskriver de faktiske strømningsveje og omsætninger i oplandet. Nærværende artikel omhandler udelukkende den procesbaserede metode, og hensigten med artiklen er at besvare nedenstående spørgsmål belyst gennem 2 anvendelser på henholdsvis Odense Fjords opland (ca. 1200 km²) og Ringkøbing Fjords opland (ca. 3500 km²):

- Kan procesbaserede oplandsmodeller beskrive det fysiske system tilstrækkeligt realistisk til at kunne anvendes som redskab i prioritering af indsatsen i oplandet – og dermed være et redskab i forvaltningen til at prioritere og planlægge indsatsen mod nitratforureningen?
- Er oplandsmodeller brugbare i Vandrammedirektiv sammenhæng?
- Hvilke områder bidrager mest til nitratbelastningen af recipienterne i de 2 oplande, og kan resultaterne generaliseres til andre områder?
- Hvad er konsekvensen af forskellige tiltag til begrænsning af kvælstofudvaskning til grundvandszonen (landbrugs- og gødningspraksis) og belastningen til overfladevand (vådområder, afskæring af dræn osv.)?

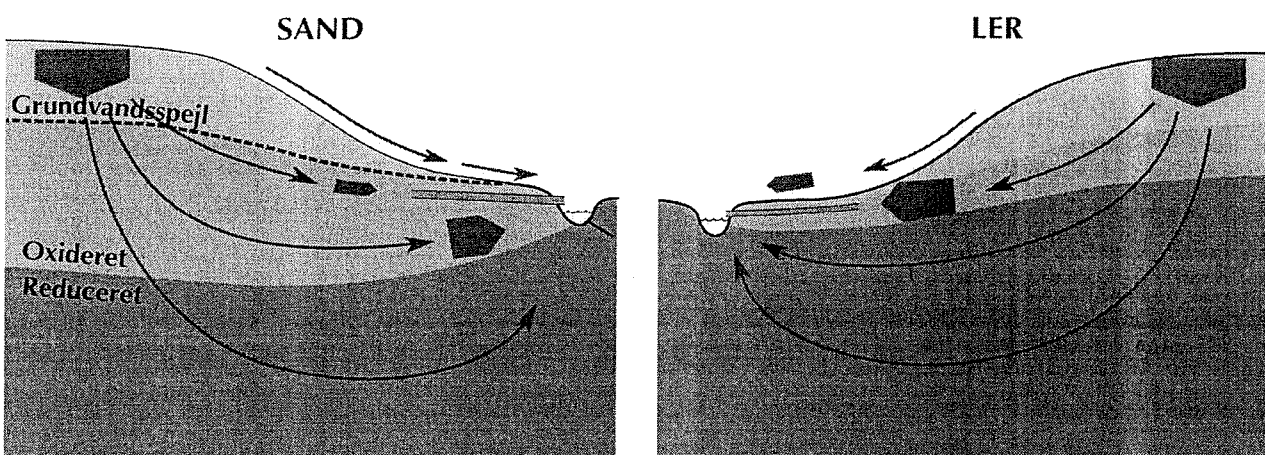
Konklusionerne fra projekterne er, at anvendelse af en proces- og modelbaseret tilgang til vurdering af nitratbelastningen af grundvand, vandløb og vådområder og indre farvande, i mange henseender er uvurderlig. Beregninger af scenarier har givet et betydelig indsigt i forskellige virkemidlers effekt både mht. til udvaskning fra rodzonen og transport til recipienter. Derudover er der i modellen implementeret en beskrivelse af omsætning i vandløbsbunden samt i vådområder, som ikke tidligere har været medtaget i modelbeskrivelser af transport og omsætning af næringsstoffer i oplandsbaserede modeller. Samtidig kan den modelmæssige tilgang hjælpe til udpegning af, i hvilke områder, der med fordel kan foretages yderligere undersøgelse med henblik på implementering af tiltag.

KONCEPTET

Landbrugsdriften Danmark er formentlig skyld i den altovervejende del af forekomst af næringsstoffer i grundvand og recipienter. Således vurderes det i /3/, at 68% af den samlede vandbårne

næringsstofbalance til Odense Fjord udgøres af landbruget. Belastningen af de indre danske farvande med nitrat hidrører for størstedelens vedkommende fra udstrømning via vandløb og dræn af nitratholdigt vand. Nitraten i dette vand stammer hovedsageligt fra udvaskning af kvælstof fra landbrugsområder. Udvasningen af nitrat vil ligeledes belaste grundvand, vandløb og søer.

Idealiseret stammer nitraten fra transport på jordoverfladen, i dræn og i den oxiske grundvandszone. Figur 1 (Wiggers og Thorling, 2002) viser principielt, hvordan transporten foregår på sand-dominerede områder og på ler-dominerede områder; på sand-dominerede områder er den oxiske zone typisk tykkere, fordi nedsivende iltholdigt vand har trykket den nitratreducerende zone længere ned end på ler-dominerede jorde, hvor der til gengæld foregår en større transport på jordoverfladen og i dræn.



Figur 1. Principskitse, som viser transportveje for nitrat på ler- henholdsvis sand-dominerede oplande.

Beskrivelsen eller modelleringen af denne belastning må derfor nødvendigvis indeholde de styrende strømnings-, transport- og omsætningsmæssige relationer for på troværdig vis at kunne anvendes til at beskrive, hvad der sker, hvis man ændrer på de fysiske forhold i systemet. De overordnede vigtigste domæner i *strømningssystemet* er:

- Infiltration, fordampning og perkolation;
- Overfladenært grundvand (oxisk zone);
- Dybere grundvand (reduceret zone);
- "Hurtig" vandløbsafstrømning i form af drænvand og overfladisk/overfladenær afstrømning;
- "Langsom" vandløbsafstrømning, udsivende grundvand;
- Søer og vådområder.

Det er vigtigt ikke alene at kunne repræsentere disse hovedstrømningsbidrag indenfor oplandet, men også sammenhængende strømningsveje fra opstrømsbeliggende deloplande til slutrecipienten og dermed, hvilke nitratreducerende zoner vand og stof vil passere igennem. Derfor skal strømningssystemet indeholde følgende:

- en model eller modul til beskrivelse af nedbør, fordampning, infiltration og perkolation fra jordoverfladen til grundvandszonen;
- en grundvandsmodel, som beskriver strømning i forskellige zoner af grundvandet specielt i den øvre oxiske og den nedre reducerede zone;
- en vandløbsmodel integreret med grundvandsmodellen, således at både den hurtige dræn- og overfladenære afstrømning og den og langsomme dybe grundvandstilstrømning beskrives. Samtidig skal vandløbsmodellen indeholde søer og vådområder, da disse både har betydning for både afstrømnings- og især omsætningsforholdene.

Kvælstof gennemløber en række omdannelser og processer fra det tilføres på markerne til det genfindes i grundvand og åer. I selve rodzonen kan kvælstoffet optages af planterne, immobilisering i organisk stof, der igen kan mineraliseres og denitrificeres. Nitrat kan også forsvinde undervejs fra rodzonen til de kystnære områder. De vigtigste *transport- og omsætningsforhold* i systemet, der skal være indeholdt i oplandsmodellen, udgør:

- nitratudvaskning fra rodzonen som funktion af bl.a. arealanvendelse, landbrugsdrift herunder afgrødeforhold, jordtyper, gødningsforhold, vanding osv. Denne udvaskning udgør suverænt det største bidrag til belastningen og skal medtages i en beregning;
- Reduktion af nitrat i undergrunden. Det kan ske, hvis nitraten på sin vej mod vandløbet passerer en anaerob zone i grundvandet;
- Reduktion af nitrat i de ånære områder, enten i humusholdige områder i ådalene eller i selve åbunden, der ofte indeholder organisk sediment.

Det forventes, at reduktionen i grundvand er hurtig i forhold til opholdstiden, sådan at reduktionen "løber til ende", mens nitrutfjernelsen i ånære områder ikke nødvendigvis er fuldstændig. Nitratreduktion ved grundvandets passage gennem vandløbsbunden forekommer afhængigt af vandløbsbundens beskaffenhed og indhold af organisk stof i sedimenter. Under modelkalibreringen vil det blive vurderet, hvor stor en rolle denne proces kan spille (ud fra en vurdering af vand og stof-flux gennem å-bunden). Det forventes, at processen spiller en signifikant rolle, og den vil blive indført i modellen som en distribueret førsteordens henfaldsrate.

På tilsvarende vis sker der en betydelig omsætning i vådområder. Denne omsætning er ligeledes afhængig af opholdstiden, og det har ligeledes vist sig, at den er afhængig (begrænset) af tilførslen af nitrat samt temperaturen. Vådområdernes potentiale for N-fjernelse er beskrevet i forhold til vådområdetype, dvs. opdelt i infiltration og overrisling. Der angives en infiltrationskapacitet, der kontrollerer, hvor stor en del af det tilførte stof, der vil kunne reduceres i henholdsvis jorden og på overfladen. Der benyttes væsentlig højere potentielle omsætningsrater ved infiltration.

Kvælstof kan ligeledes fjernes undervejs i vandløbet. I hurtigtstrømmende vandløb er omsætningen lille, men omsætningen er betydningsfuld i søer, som vandet passerer undervejs. Opholdstiden for nitraten er her en afgørende faktor for, hvor stor den endelige omdannelse bliver.

Det er således vigtigt at kunne modellere de ovennævnte processer i sammenhæng for at få det fulde overblik over transportveje og konsekvenser i ændringer i disse i belastningen af recipienter.

En sådan model skal indeholde følgende:

- Udvaskning af nitrat samt transport og omsætning i rodzonen;
- Transport og omsætning i oxiske grundvandslag samt dræn;
- Transport og omsætning i reducerende grundvandslag;
- Transport og omsætning i vådområder og i overgangszonen mellem vandløb og grundvand;
- Transport og omsætning i vandløb, søer og enge.

Det er til vurdering af oplandsbelastningen til recipienter valgt at anvende rodzonemodellen DAISY til beregning af nedbør-, fordampning- og infiltrationsprocesserne og de tilhørende beregninger af nitratudvaskning og omsætning i rodzonen. Modellen anvendes sammen med en integreret hydrologisk model bestående af grundvandsmodellen MIKE SHE og vandløbsmodellen MIKE 11. Den hydrologiske model simulerer de ovenfor nævnte strømnings- og transportprocesser. Der er i forbindelse med senere omtalte projekteksempler foretaget nødvendig udvidelse af modelkomplekset, som muliggør beregning af omsætning i overgangszonen mellem grundvand og vandløb, ligesom der er arbejdet med at forbedre modellens beskrivelse af omsætningen i vådområder.

Som omtalt ovenfor er der forskellige processer, som tilsammen betyder, at den udvaskning af kvælstof, som sker på markerne ikke er den samme som den observerede belastning af recipienter. Typisk vil man forsøge at fastlægge beliggenheden af grænsen mellem det oxiske og det reducerende grundvandsmiljø, da dette har en central betydning for omsætning i grundvandszonen. Modelmæssigt beskrives denne omsætning momentant og totalt, således at grundvand, som har været i "kontakt" med den reducerede zone ikke indeholder nitrat.

Vandløbsmodellen modtager vand og nitrat fra grundvandsmodellen samt organisk stof i form af BOD (inklusive ca. 30% organisk kvælstof), ammonium-kvælstof og nitrat-kvælstof fra punktkilder (rensingsanlæg og andre tilledninger). Det organiske kvælstof, som er indeholdt i det tilledte BOD, mineraliseres i modellen til ammonium, som ved nitrifikation kan omdannes til nitrat. Endelig inkluderer vandløbsmodellen nitrats henfald ved denitrifikation.

I større søer, som indgår som en del af vandløbssystemet, beskrives omsætningen på tilsvarende måde som i vandløbene. Der er mulighed for justering af omsætningskonstanterne for de forskellige processer, således at omsætningshastigheden kan differentieres i vandløb og søer.

Vandløbsmodellen modtager tre typer tilstrømning fra grundvandsmodellen, nemlig overfladeafstrømning, drænastrømning og grundvandsindstrømning. Som omtalt ovenfor sker der en reduktion - helt lokalt på op til 75% - af nitratindholdet ved passagen gennem vandløbsbunden, hvor der ofte vil forekomme iltfrie forhold. Der er derfor inkluderet en fjernelse af nitrat i grundvandsudvekslingen, specificeret som en maksimal årlig kapacitet (ved 20 grader). Den aktuelle nitratfjernelse ved passage gennem vandløbsbunden reduceres i henhold til den sæsonbestemte temperaturvariation samt af den øjeblikkelig tilførte nitratmængde.

Vådområder (engarealer, moser og småsøer) langs åerne modtager i vandløbsmodellen vand og nitrat fra grundvandsmodellens overfladeafstrømning og drænastrømning. I Odense Fjord pro-

jektet er følgende koncept anvendt: For hvert vådområde, der ligger tæt ved vandløbene og søerne, knyttes et areal til hvert af de nærliggende beregningspunkter i vandløbsmodellen. Overflade- og drænastrømningen til hvert af disse beregningspunkter "sendes" gennem det tilhørende vådområdeareal, hvor omsætning/reduktion beregnes efter samme princip som omsætning ved passage af vandløbsbunden. I Ringkjøbing Fjord projektet er følgende koncept anvendt: I henhold til DMUs definerede vådområdetyper indeholder en potentiel infiltration med høj fjernelse (2000 kg N/ha/år), og den resterende del omsættes efter hvad der svarer til overrisling/lavvandet sø, 200-300 kgN/ha.

De indgående konstanter må som regel kalibreres, da der ikke findes direkte målinger til at bestemme dem, og det vil som regel være formålstjenligt med en efterfølgende sensitivitetsanalyse, så betydningen af forudsætningerne kan kvantificeres.

I mange sammenhænge er det ikke nødvendigt at anvende den meget komplicerede transport- og omsætningsmodel. Foreksempel skal det ofte vurderes, hvor det umiddelbart bedst kan betale sig at foretage indgreb og begrænsninger i udvaskningen af kvælstof – eller i det hele taget foretage yderligere undersøgelser - og her kan man med fordel anvende et simplere koncept; ved at anvende en partikkelmodel er det relativt nemt og hurtigt med grundvandsmodellen at bestemme arealer, hvorfra strømningsbidrag til recipienter hovedsageligt udgøres af drænstrømning og strømning i den oxiske zone. Derved har man foretaget en første udpegning af områder, hvor der bør foretages yderligere undersøgelser for at detaljere og konkretisere, hvor og hvilke tiltag, der giver størst effekt.

PROJEKTEKSEMPEL ODENSE FJORD

Projektet er gennemført som et led i forberedelserne til Vandmiljøplan III (VMPIII), idet man gennem modellering vil undersøge, hvor der yderligere og mest effektivt (efter implementeringen af VMPII) kan sættes ind for at reducere næringsstofudledningen fra det åbne land, samt at bestemme en sammenhæng mellem udvaskning og miljøtilstand i vandområder. Der er benyttet en regional tilgang til ovenstående problemstilling med anvendelse af hele oplandet til Odense Fjord, og projektet er som sådan i tråd med Vandrammedirektivet. Det anses for vigtigt at kende sammenhængen mellem kilder, transportvej og miljøeffekter således at man f.eks. kan bestemme effekten af bestemte indgreb.

Det ovenfor omtalte koncept med anvendelse af DAISY, MIKE SHE og MIKE 11 til beskrivelse af udvaskning, vand- og stoftransport samt omsætning i oplandet blev implementeret primært gennem modifikation af eksisterende modeller. Således blev en eksisterende DAISY GIS model til bestemmelse af nettonedbør udvidet til beskrivelse af nitratudvaskning ved inddragelse af information omkring sædskifter, gødningstildeling, husdyrhold osv. Den Nationale Vandressource Model (DK-modellen) blev modificeret til at anvende et finere net (500 m i stedet for 1000 m) og en eksisterende MIKE 11 model blev koblet sammen med grundvandsmodellen. Til bestemmelse af miljøtilstanden i Odense Fjord blev en eksisterende MIKE 3 model anvendt.

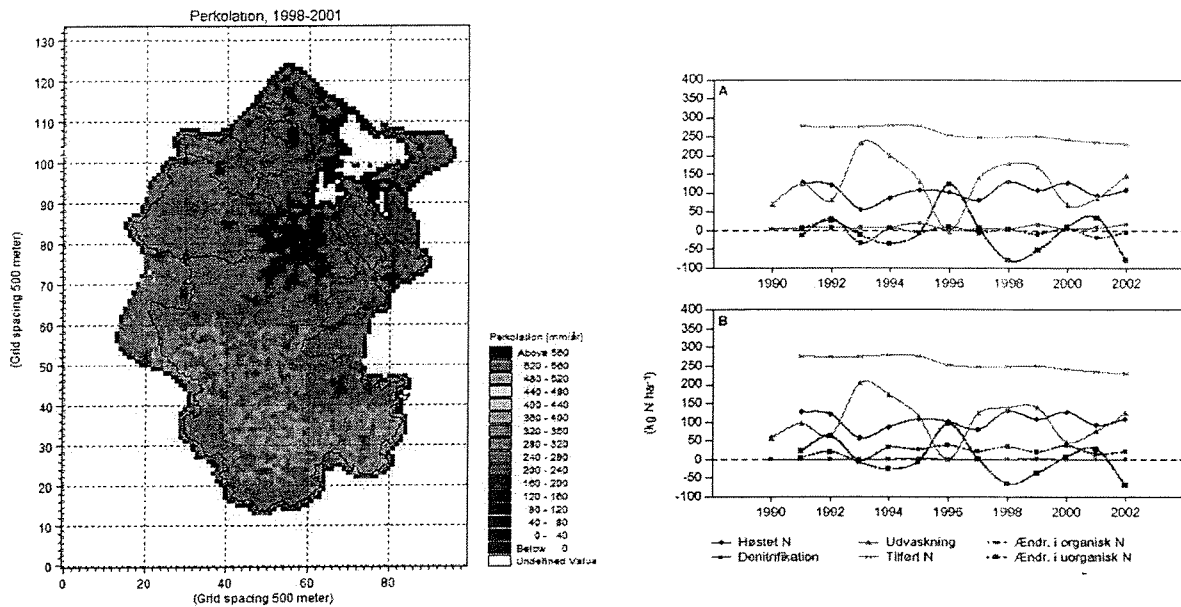
Der blev ikke foretaget nogen egentlig kalibrering af strømningsmodellerne, selv om disse hidtil ikke havde været kalibreret sammen, idet DK-modellen oprindeligt er kalibreret i et 1000 m net med en alternativ bestemmelse af grundvandsdannelsen. Derimod blev det forsøgt at opnå i gennemsnit den samme grundvandsdannelse i oplandet med DAISY som med den i DK-modellen anvendte metode. Ved tilpasningen af modellerne blev der endvidere fokuseret på den overfladedominerede del af vandkredsløbet, da oplandet er domineret af drænedede områder med moræneler som hovedbestanddel – områder, som typisk giver anledning til hurtig afstrømning via dræn.

DAISY modellen indeholdt et stort antal beregningssøjler, og med en beregningstung aggregeringsproces mellem DAISY og MIKE SHE var det vanskeligt at presse mange beregninger igennem inden for de tidlige og økonomiske rammer af projektet, men der blev i gennemsnit opnået god overensstemmelse mellem grundvandsdannelsen med de to forskellige metoder, mens den tidlige og arealmæssige fordeling var ganske forskellig. Disse forhold vanskeliggjorde således en effektiv kalibrering og validering af det samlede modelkompleks til beskrivelse af vand- og stoftransport.

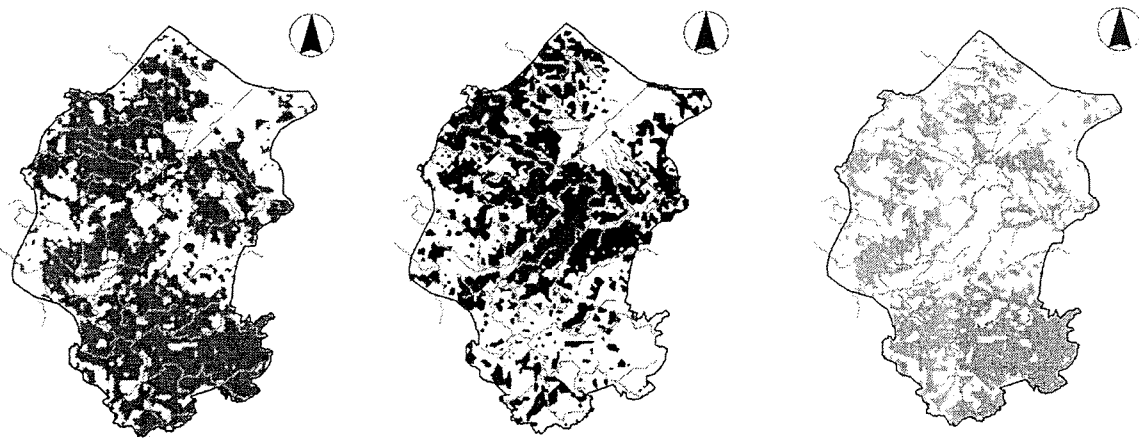
Der er opnået en god overensstemmelse mellem tidligere estimater af udvaskningen foretaget af Fyns Amt og beregningerne med DAISY, ligesom der er opnået god overensstemmelse mellem tilført mængde N og fraført ved høst, udvaskning, fordampning og denitrifikation. Der er dog betydelige variationer i både den tids- og arealmæssige fordeling, hvilket ses af Figur 2.

Modelberegningerne stemmer ligeledes godt overens med målinger af nitratkoncentration, foretaget i boringer i de to nederste grundvandsmagasiner, mens der næsten ingen observationsdata findes fra det øverste grundvandsmagasin. En reduktion af udvaskningen fra rodzonen kan forventes at slå procentuelt direkte igennem på nitratkoncentrationen i det underliggende grundvand.

Den samlede fjernelse af nitrat, beregnet fra bunden af rodzonen på markerne til fjorden, er i Odense Fjords opland vurderet til ca. 60%. Dette betyder, at som gennemsnit vil under halvdelen af det kvælstof, som udvaskes fra markerne, nå frem til Odense Fjord. Modellen beregner, at der er betydelig forskel i størrelsen af fjernelsen mellem de enkelte deloplande. Partikelbaneanalyser viser, hvorfra i oplandet der vil ske den største transport af nitrat til dræn og videre til vandløb – se Figur 3. Modelberegninger viser, at der er betydelige forskelle i nitratreduktionen mellem forskellige oplande, og at der således er en gevinst ved at lave en differentieret indsats i oplandet. Modellen viser, at der kan være forskelle fra 44% til 93% reduktion i grundvandet med et gennemsnit på 52% for oplandet til Odense Fjord. Modelberegningerne i deres nuværende form er dog ikke tilstrækkeligt nøjagtige på lokal skala til at udgøre det administrative grundlag for udpegning af sårbare områder på markblokniveau, hvilket i øvrigt heller ikke været et mål med dette projekt.



Figur 2 Beregnet N-udvaskning dels som gennemsnit for perioden 1998-2001 samt N-balancen for to forskellige jorde over en længere periode. A) JB6 og B) JB4 – begge med svinebrug.



Figur 3 Partikelbaneberegninger, som viser områder med forskellige strømningsmæssige egenskaber i form af skæbnen af det dannede grundvand: a) områder, hvor hovedparten går gennem dræn til vandløb; b) områder, hvor hovedparten går gennem den reducerende zone; c) områder, hvor hovedparten går gennem dræn og mindsteparten gennem den reducerende zone.

Beregningerne med den samlede modelkompleks har vist, at nitratreduktionen i gennemsnit for hele oplandet er ca. 60% når vådområder og vandløb medtages i beregningerne, altså i overensstemmelse med vurderingerne. Der er dog forskellige forhold, som tyder på, at reduktionen i vådområder kan være underestimeret.

Forskellige scenarier er blevet undersøgt med modellen for at undersøge effekterne af forskellige indgreb i udvaskningen af nitrat og i belastningen af grundvand, vandløb og fjorden. For det første er effekten af fuld implementering af VMPII i oplandet undersøgt, og efterfølgende er kombinationer af forskellige virkemidler herunder forbedret foderudnyttelse, forbedret udnyttelse af husdyrgødning, målrettet anvendelse af efterafgrøder, genetablering af vådområder, skovrejsning, udtagning af dyreenheder samt nedsættelse af gødningsnorm undersøgt.

Fuld implementering af VMPII viser sig at give en stor reduktion i både udvaskningen og belastningen af vandløb, vådområder, grundvand og fjord. Alene udvaskningen fra rodzonen reduceres med ca. 37% som gennemsnit over oplandet. Det antages, at reduktionen i grundvand er den samme procentuelt, men der sker en mindre tilstrømning af nitrat til vådområder og vandløb, som derved reducerer mindre. Transporten til Odense Fjord er estimeret med modellen til 1496 tons i slutsituationen.

Kombinationer af de øvrige tiltag til begrænsning af transporten af nitrat til Odense Fjord er gennemregnet med DAISY og efterfølgende med transport- og omsætningsmodellerne. I alt er der gennemregnet yderligere 6 scenarier, hvilket har givet reduktioner i udvaskningen på mellem 169 og 878 tons – altså op til en reduktion af den forventede slutsituation fra VMPII med næsten 60%. Det skal dog understreges, at det mest effektive scenarium er usikkert grundet forskellige forhold omkring det fremtidige forventede valg af afgrøder.

Hovedkonklusionerne på scenarieberegningerne er:

- Alle scenarier har en positiv effekt på udvaskningen fra rodzonen og transporten af nitrat til Fjorden;
- Scenarierne er ikke additive – f.eks. vil etablering af vådområder i visse tilfælde have begrænset effekt, fordi omsætningen er begrænset af tilførslen af nitrat;
- Nogle tiltag giver en umiddelbar forbedring, mens langtidsvirkningen er mindre – for andre er det den omvendte situation. Dette forhold skyldes udviklingen i kvælstofpuljerne i jorden, som kan være forskellige;
- Der kan være betydelige forskelle i implementering af tiltag i forskellige dele af oplandene. Nogle dele bidrager overhovedet ikke til belastningen af fjorden, fordi al nitrat reduceres i grundvandet eller andre dele af strømmingssystemet undervejs til Fjorden – en reduktion i udvaskningen fra disse områder vil selvsagt ikke have nogen effekt på belastningen til fjorden.

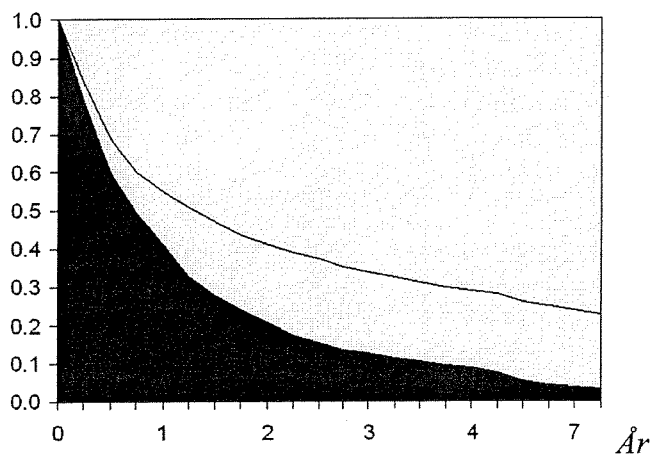
PROJEKTEKSEMPEL RINGKJØBING FJORD

Projektet er gennemført som et led i undersøgelse af yderligere muligheder for at forbedre miljøtilstanden i Ringkjøbing Fjord, som gennem en årrække allerede har været genstand for forskellige tiltag til forbedringer. Genopretningsprojektet for Skjern Å har været et af flere tiltag i Fjordens opland. Målet er, at der skal ske en reduktion af nitratbelastningen fra oplandet med 35% ud over den reduktion, der allerede er opnået med implementeringen af VMPII tiltag.

Den modelmæssige tilgang er den samme som i ovenfor omtalte projekteksempel, men omsætning i vådområder, vandløb og søer væsentlige mere betydende og dermed givet tilsvarende større vægt i projektet. Oplandet til Ringkjøbing Fjord er domineret af Skjern Å's opland, men også mindre oplande har stor betydning for tilstrømningen til fjorden, bl.a. Stadil Fjords opland. Et centralt spørgsmål med hensyn til effekter af tiltag til begrænsning af N-belastning er, indenfor hvilket tidsrum man skal forvente at se forbedringer. Især grundvandskomponenten af det hydrologiske system forsinker effekten, hvilket Vandmiljøovervågningens målinger demonstrerer i forhold til effekter af VMPII.

Transportmodellen giver mulighed for at analysere, hvor hurtigt ændringer i N-udvaskningen manifesterer sig i belastningen til fjorden. Der introduceres en enheds stofpuls i grundvandsmodellen svarende til en kortvarig udvaskning fra rodzonen. Igennem modelsimuleringen registreres til et givet tidspunkt, hvor stor en del af stoffet, der er reduceret i grundvandszonen, hvor stor en del, der har nået overfladevandssystemet (og dermed i realiteten fjorden da transporttid i overfladevand er negligibel i forhold til transporttid i grundvandsmagasinerne).

Normeret Masse



Figur 4 Simuleret impulsresponsfunktion

I Figur 4 viser underste "område" andelen af nitrat i grundvandet, mellemste "område" er andelen i overfladevand og øverste "område" er omsat nitrat. Ved simuleringens start er al stof i grundvandszonen. Igennem simuleringsperioden vil en andel af stof reduceres i grundvandszonen (ca. 70 % efter 7 års simulering). En del af stoffet transporteres til overfladevandssystemet, og efter ca. 2 år har ca. 25 % af det tilledte stof nået vandløbssystemet. Andelen stiger svagt over de følgende 5 år og svarer til de dybe magasiners bidrag.

Simuleringen kan bruges til at estimere indenfor hvilket tidsrum, der kan forventes forbedringer fra mark til fjord og benyttes her til at afgøre, hvilken simuleringsperiode, der bør vælges for modelscenarierne. Resultatet af impulsrespons-simuleringen viser, at langt størstedelen af effekten målt på ændringer i stofbalancen for overfladevand vil finde sted indenfor 2-3 år.

I skrivende stund er der foretaget én af flere scenarieberegninger, nemlig en udpegning af områder, hvor tiltag vil have størst effekt. Dette er foretaget på tilsvarende måde som med modellen

for Odense Fjord, nemlig ved undersøgelser med brug af partikkelmodellen til vurdering af transportveje fra mark til fjord.

DISKUSSION

En modelbaseret tilgang til vurdering af belastningen af grundvand, vandløb og vådområder og indre farvande med nitrat er i mange henseender uvurderligt. Beregninger af scenarier har givet et betydelig indsigt i forskellige virkemidlers effekt både mht. til udvaskning fra rodzonen og transport til recipienter. Derudover er der i modellen implementeret en beskrivelse af omsætning i vandløbsbunden samt i vådområder, som ikke tidligere har været medtaget i modelbeskrivelser af transport og omsætning af næringsstoffer i oplandsbaserede modeller. Samtidig kan den modelmæssige tilgang hjælpe til udpegning af, hvilke områder, der med fordel kan foretages yderligere undersøgelser i med henblik på implementering af tiltag.

Der er stadig dog visse tekniske problemer og usikkerheder med modellering af nitrat i store oplande, hvilket giver beregningerne mindre vægt end forventet. Der var i projektet for oplandet til Odense Fjord problemer med simuleringen af afstrømningen i Odense Å om efteråret og vinteren. Dette bevirker, at simulering af nitratbelastningen ikke er tilfredsstillende i hele simuleringssperioden. Forventningerne til at opnå et bedre resultat var klart tilstede ved projektets start.

De tekniske problemer i oplandsmodellen til Odense Fjord kan primært henføres til manglende mulighed for kalibrering af en grundvandsmodel koblet med en rodzonemodel samt til en vis grad skalaproblemer. Oplandsmodellen til Ringkøbing Fjord har ikke tilsvarende problemer, primært fordi denne model, som ligeledes er baseret på en eksisterende grundvandsmodel for Ringkøbing amt, er kalibreret med nettonedbør beregnet af rodzonemodellen.

Som sådan anses potentialet for anvendelse af avancerede modeller til oplandsberegning af nitratbelastning, transport og omsætning for stort. Samme modeltyper skal anvendes i forbindelse med implementering af Vandrammedirektivet, hvilket betyder, at mange af de eksisterende grundvandsmodeller rundt om i amterne vil – i modificeret form – kunne anvendes til at gennemføre de nødvendige analyser.

REFERENCER

- /1/ Wiggers, L., Thorling, L. (2002): Nitratreduktion – betydning for vandkvaliteten i overfladevand og grundvandsressourcen. Teknisk notat, Århus Amt.
- /2/ Styczen, M., Thorsen, M., Refsgaard, A., Christiansen, J.S., Hansen, S. (1999): Non-point pollution modeling at different scales and resolution, based on MIKE SHE. In: Proceedings from DHI Software Conference, june 1999.
- /3/ Nielsen, K., Andersen, H.E, Larsen, S.E., Kronvang, B., Stjernholm, M., Styczen, M., Poulsen, R.N., Villholth, K., Krogsgaard, J., Dahl-Madsen K.I., Friis-Christensen, A., Uhrenholdt, J., Hansen, I.S., Pedersen, S.E, Jørgensen, O., Windolf, J., Jensen, M.H, Refsgaard, J.C., Hansen, J.R., Ernstsén, V., Børgesen, C.D., Wiggers, L. (2004): Odense Fjord, Scenarier for reduktion af næringsstoffer. Faglig rapport fra DMU nr. XX (foreløbig udgave).