
Udfordringer ved målrettet regulering af kvælstof – og hvordan projektet TReNDS vil bidrage til en løsning

Målrettet regulering til reduktion af kvælstof tab fra dyrkede arealer vil være langt mere omkostningseffektiv end en ensartet regulering. Det kræver dog en detaljeret viden om transport og omsætning af kvælstof på lille skala. Gennem detaljerede feltstudier og modellering vil forskningsprojektet TReNDS bidrage med ny viden, metoder og teknikker, der vil understøtte en målrettet regulering.

ANKER LAJER HØJBERG, JENS CHRISTIAN REFSGAARD, ANNE LAUSTEN HANSEN, CHARLOTTE KJÆRGAARD, BO VANGSØ IVERSEN, PETER ENGESGAARD & FLEMMING GERTZ

Baggrund

Kvælstof er vitalt for planteproduktionen og udbringes derfor på landbrugsarealer for at optimere udbyttet af afgrøderne. Det er dog ikke alt kvælstoffet der optages af planterne og det anslås at ca. 40 % af den kvælstof der tilføres i landbruget også fjernes fra markerne i form af udbytte og biomasse, mens de resterende 60 % potentielt kan tabes til vandmiljøet /1/. Tabet af kvælstof er problematisk både i forhold til grundvandet, som vi indvinder til drikkevand og hvor grænseværdien er 50 mg nitrat/l, og i forhold til vores vandløb, søer og kystvande, hvor kvælstof bl.a. er en betydende faktor for algeopblomstring, der kan resultere i iltvind.

Kvælstof forsvinder naturligt, men ikke lige meget overalt

Kvælstof der udvaskes fra rodzonen, primært i form af nitrat, transporteres via grundvandet til overfladevandet (vandløb, søer og vådområder) og videre til de marine områder. Under transporten omsættes en del af nitraten via

naturlige processer, primært denitrifikation, hvor nitrat under iltfrie forhold omsættes til frit kvælstof (N₂), der afgasser til atmosfæren. Baseret på udvikling af en national model til beskrivelse af transport og omsætning af kvælstof, er det estimeret at ca. 70 % af kvælstoffet forsvinder under transport fra rodzonen til de marine områder /2/.

Fra et sted til et andet kan der dog være stor forskel på, hvor meget nitrat der nedbrydes. I de nationale estimater /2/ blev fjernelsen af kvælstof estimeret for topografiske oplande med en middel størrelse på 15 km² (ID15-oplande). Resultaterne fra forskningsprojektet NiCA /3/ viste, at fjernelsen af kvælstof kan variere betydeligt over selv meget små afstande (100 m-skala).

Regulering af kvælstof

Den danske regulering til reduktion af kvælstof tabet har historisk været baseret på en ensartet tilgang, hvor alle landbrugsarealer er pålagt de samme restriktioner og krav om virkemidler. Dette har været effektivt til en optimering af kvælstofanvendelsen og til at nedbringe forbruget. Resultatet er, at udledningen til havmiljøet er næsten halveret siden de første vandmiljøplaner i midten af 1980'erne ligesom der er sket en nedgang i nitratkoncentrationen i det øvre iltede grundvand mange steder. I de seneste vandområdeplaner /4/ er der imidlertid påpeget et behov

for en yderligere reduktion af kvælstof tabet til de danske kystoplande, før disse kan leve op til målsætningen i EU's Vandramme Direktiv om god økologisk tilstand.

En fortsat ensartet regulering vil ikke være optimal, og Natur- og Landbrugskommissionen anbefalede derfor i 2013 en målrettet tilgang, der tager højde for recipienternes sårbarhed og naturens egen evne til at omsætte eller tilbageholde kvælstof. En målrettet regulering er også ét af hovedelementerne i Fødevare- og Landbrugspakken, der blev vedtaget i 2016. Her blev der givet mulighed for en øget anvendelse af kvælstof på dyrkningsfladen, ligesom nogle af de tidligere obligatoriske virkemidler bortfaldt. Disse lempelser skal delvist modvirkes af de såkaldte kollektive virkemidler, der primært består af konstruerede mini-vådområder, vådområder i vandløb og skovrensning. I områder hvor de kollektive virkemidler ikke er tilstrækkeligt skal der suppleres med en målrettet regulering.

Målrettet indsats - udfordringer

Der er generel enighed om, at kvælstofreguleringen bør målrettes til "hot-spots"-områder, dvs. at indsatsen koncentrerer sig til områder, hvor kvælstof tabet er størst og indsatsen derfor har størst effekt. Det kræver imidlertid, at vi kan identificere disse områder. Til dette er det ikke tilstrækkeligt at estimere kvælstof tabet ud af rodzonen. Det er også nødvendigt at

tage højde for hele transportvejen og omsætningen mellem rodzonen og recipienten (søer, vandløb, havet eller grundvandsmagasinerne).

Kendskab til den samlede transport og omsætning af kvælstof er en stor udfordring, dels på grund af manglende viden omkring omsætning af nitrat i forskellige typer landskaber og under forskellige hydro-biogeokemiske forhold og dels på grund af den naturlige heterogenitet, der har betydning for hvor meget der omsættes. Nogle af de elementer, der er centrale for transport og omsætning af nitrat, og hvor der samtidigt er betydelige behov for mere viden, inkluderer: Markdræn, lavbundsområder samt geokemien i undergrunden. Disse elementer undersøges nærmere i forskningsprojektet TReNDS (Transport and Reduction of Nitrate in Danish Landscapes at Various Scales, www.nitrat.dk), hvor der endvidere arbejdes på at inddrage lokale data og viden i en fremtidig forvaltningsstrategi der er tilpasset den mere målrettede tilgang.

Forskningsprojektet TReNDS

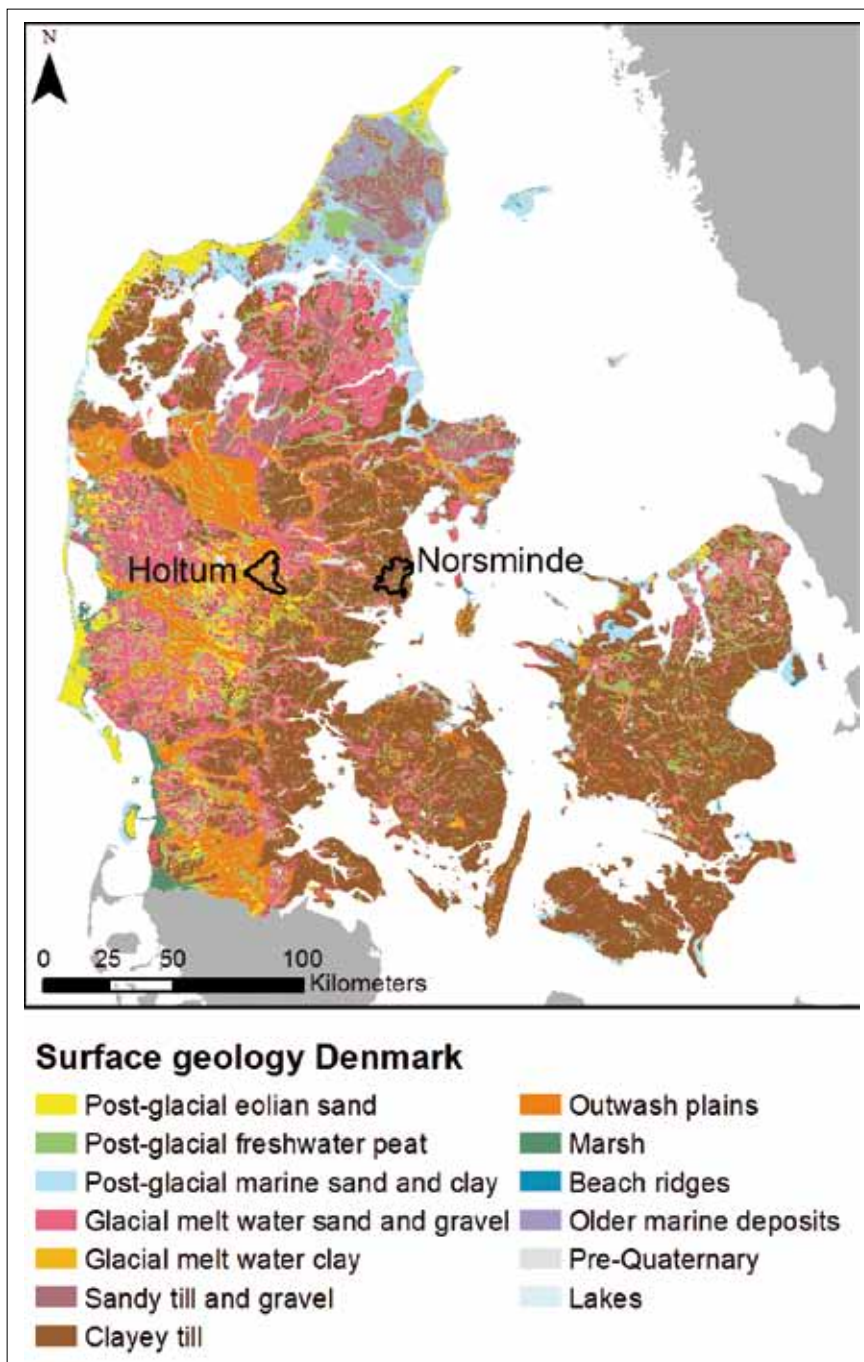
Det overordnede formål for TReNDS projektet er at forbedre det faglige vidensniveau der er nødvendigt for at kunne implementere en målrettet regulering. Dette sker gennem feltaktiviteter og udvikling af teknologier og modelleringskoncepter for en omkostnings-effektiv vurdering af nitratomsætningen og belastningen af grundvand og overfladevand i forskellige landskaber. Der arbejdes ud fra en to-strengt tilgang, med udvikling af metoder og værktøjer, der understøtter såvel en national screening samt detaljerede lokale studier.

I projektet gennemføres detaljerede undersøgelser i lavbundsområder i hhv. Norsminde, som er et stærkt kuperet morænelandskab samt i Holtum, der er et sandet opland vest for den jyske højderyg (figur 1). De to lokaliteter er hydrogeologisk meget forskellige med en systematisk dræning i det meste af Norsminde opland, mens området i Holtum i langt højere grad er domineret af grundvandsstrømning og dræning via naturlige vandløb. Som supplement til de to lavbundsområder, vil forskellige teknikker blive afprøvet på andre lokaliteter for at dække over en større variation af typiske danske hydrogeologiske forhold.

Studierne i TReNDS er opdelt i fem fokusområder som er illustreret på figur 2 og beskrevet nærmere i det følgende.

Markdræn

Markdræn kan have stor betydning for transporten af vand og kvælstof fra de dyrkede

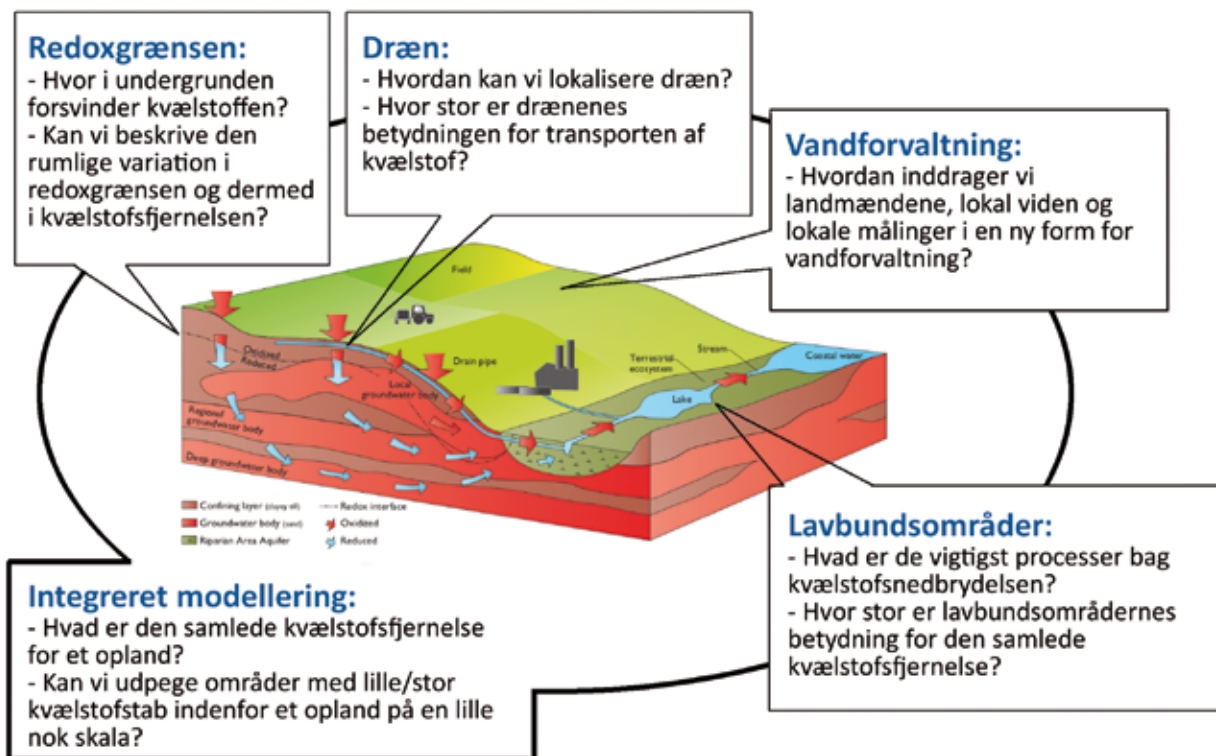


Figur 1. TReNDS feltlokaliteter i Norsminde og Holtum

arealer. Hvor meget der transporteres via dræningerne afhænger dog af de lokale hydrogeologiske forhold samt dræningens udformning og effektivitet. I forhold til etablering og dimensionering af målrettede drænvirkemidler er det afgørende at kende det samlede drænedet areal samt drænudløb fra markerne. I nogle tilfælde eksisterer der oprindelige drænkort med information om dræningens placering, men i andre tilfælde er disse kort ikke korrekte. Dette kan eksempelvis forekomme, hvor kortene har været anvendt i en projekteringsfase, som der er afvejet fra ved selve udførelsen. Endvidere er der mange steder, hvor der slet ikke eksisterer drænkort.

Nogle få udenlandske studier har haft succes med en kortlægning af dræn vha. den geofysiske metode GPR (Ground Penetrating Radar). I TReNDS afprøves og justeres denne metode for at teste dens brugbarhed under danske forhold (figur 3). Dette sker på seks lokaliteter med varierende jordtekstur, vandindhold samt drænuformning (type, dybde og densitet) og for at kunne evaluere metoden, er der kun medtaget marker med eksisterende troværdige drænkort. Ved analyse af data testes det, i hvilken udstrækning kortlægningen kan forbedres ved at kombinere GPR dataene med geofysiske EMI-data (elektromagnetisk induktion), der giver informationer

Fokusområder i TReNDS



Figur 2. Fokusområder i projektet TReNDS

om jordens tekstur.

På udvalgte lokaliteter vil der endvidere blive udført sporstofforsøg med Bromid, der bl.a. vil indgå i detaljeret modellering af drændynamikken samt til vurdering af, hvor stor en andel af den infiltrerende vand, der afledes via drænene.

Omsætning af nitrat i lavbundsarealer

Lavbundsarealer i ådale er ofte karakteriseret ved et stort indhold af organisk materiale, som er aflejret gennem tiden som resultat af en dynamisk udvikling af vandløb, søer og moser og et varierende plantedække. Med den store pulje af organisk materiale udgør lavbundsarealer potentielt effektive biogeo-

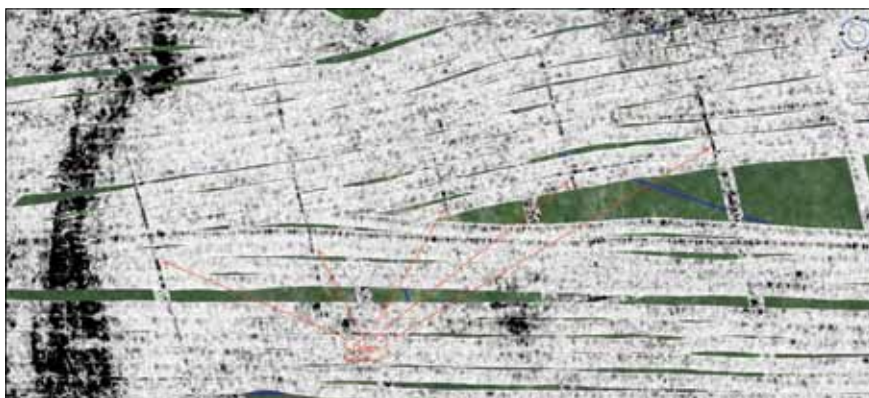
kemiske reaktorer med mulighed for en betragtelig omsætning af nitrat.

Lavbundsarealer i ådale vil typisk udgøre udstrømningsområder, dvs. der sker en tilstrømning fra dybereliggende grundvand, der er infiltreret i andre områder. Nitratholdigt vand kan således blive transporteret via grundvandet til lavbundsområderne, hvor nitraten kan omsættes. Nitratomsætningen i lavbundsarealerne har derfor ikke blot lokal betydning, men kan også have betydning for den samlede omsætning, og dermed det samlede kvælstofstab, for et meget større opland. Endvidere er lavbundsarealer interessant i forhold til naturlig rensning af drænvand. Mange steder føres drænen direkte til vandløb

under lavbundsarealer og "bypasser" således reaktoren i lavbundsarealet. En effektiv og billig indsats kan derfor være at afbryde drænene i ådalsskrænten, så drænvandet kan oversvømme og infiltrere over lavbundsarealet.

Tilstedeværelsen af organisk materiale er imidlertid ikke tilstrækkelig til at sikre en omsætning af nitrat. Før der sker en omsætning skal det nitratholdige vand transporteres til reaktoren og til områder hvor der hersker anaerobe forhold. Hydrogeologien i lavbundsarealerne spiller derfor, i lighed med de biogeo-kemiske forhold, en afgørende rolle for hvor stor nitratomsætningen er. Lavbundsarealer udgør således komplekse hydro-biogeo-kemiske miljøer, hvor omsætningen af nitrat varierer betydeligt fra sted til sted.

På de to TReNDS-lokaliteter i Norsminde og Holtum opbygges en detaljeret viden gennem omfattende hydrogeofysisk og geologisk kortlægning, etablering af transekter til monitorering af strømningsforhold, vandkvalitet samt redoxforhold (figur 4), og observationer i vandløb. Understøttet af detaljeret modellering analyseres data fra lavbundsområderne med henblik på at forstå småskalaprocesserne og identificere de betydende processer for transport og omsætning af nitrat i lavbundsområder.



Figur 3. Eksempel på identificering af dræn netværk på lavbundsareal i Norsminde vha. GPR.



Figur 4. Lavbundsområder ved Holtum og Norsminde, med transekt af piezometre (nederst venstre) til observation af vandstand og udtagning af vandprøver.

Redoxforhold i grundvand

Den største naturlige omsætning af nitrat sker under transport fra rodzonen til overfladevandssystemet. I områder hvor der er ilt tilstede for en mikrobiel aktivitet, vil der ikke ske en omsætning af nitrat. Sådanne forhold findes generelt i de øvre dele af grundvandszonen. I de dybere dele vil iltten være opbrugt. Her vil der være anaerobe forhold og der vil typisk ske en relativ hurtig omsætning af nitrat, der i forhold til grundvandets strømningshastighed kan antages at være momentan.

Overgangen mellem den overvejende iltede og anaerobe del af grundvandszonen kaldes redoxgrænsen og denne har således stor betydning, når det skal estimeres hvor og hvor meget nitrat der forsvinder i undergrunden. Redoxgrænsens beliggenhed kan bestemmes på baggrund af farvebeskrivelser af sedimentkerner, hvor et skift fra generelt rød-/brunlige til grå-/grønlig farver indikerer overgangen fra oxiderede til reducerede sedimenter. Det er imidlertid ressourcekrævende at udføre borer og da dybden til de reducerede sedimenter samtidigt kan variere betydeligt over små afstande, er redoxgrænsens placering og rumlige variation generelt dårligt bestemt.

I TReNDS udvikles en redox-probe til in-situ-måling af redoxforholdene i undergrunden. Proben er en direct-push-probe, dvs. den

hamres ned i undergrunden, og kan monteres på en standard geoprobe-rig. Foruden redoxforholdene udvikles også moduler til supplerende måling af eksempelvis elektrisk ledningsevne ligesom der kan udtages vandprøver. Proben vil være langt mere omkostningseffektiv end traditionelle borer. Den nye probe vil give mulighed for at opnå et langt større datamateriale, der kan anvendes ved vurdering af nitratreduktionen lokalt og som vil danne basis for udvikling af en metodik til forbedring af det eksisterende nationale kort over redoxgrænsens beliggenhed.

Integreret oplandsmodellering

Den øgede viden opnået gennem de detaljerede feltaktiviteter skal nyttiggøres på en større skala, så den kan anvendes ved en regional og national screening af nitrattransport og -omsætning. Dette vil ske gennem en opskalering af de dominerende processer identificeret i lokalstudierne, så de kan medtages i en integreret oplandskalamodel. Specielt vil der fokuseres på en forbedret repræsentation af drænttransport og strømning i lavbundsarealer samt deres betydning for transport og omsætning af nitrat. Endvidere vil den integrere-

Faktaboks

TReNDS er et nationalt forskningsprojekt finansieret af innovationsfonden med en samlet bevilling på 15 mio. kr. Projektet startede 1. januar 2015 og løber i fire år indtil udgangen af 2018. Der er i alt 13 partnere:

GEUS (Koordinator)

Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet

Ejlskov A/S

Sorbisense A/S

SEGES

Rambøll

Laval University, Quebec, Canada

US Depart. of Agriculture, Agricultural Research Service, Columbus, Ohio, US

University of Melbourne, Australia

Illinois University, Urbana-Campaign, Illinois, US

Odder kommune

Styrelsen for Vand og Naturforvaltning, SVANA

rede modellering blive anvendt til at kvantificere, hvordan den naturlige heterogenitet i undergrundens redoxforhold influerer på den estimerede nitratomsætning samt usikkerheden heri.

Lokal viden og forvaltning

Ved udarbejdelsen af vandområdeplaner for anden planperiode (2015-2021), blev lokale Vandråd med succes inviteret med til udvikling af lokale planer for tiltag i vandløb, hvor de bidrog med lokal viden og data. Vandrådenes rolle i tredje planperiode ligger endnu ikke fast, men deres rolle i forhold til kvælstofindsatsen har bl.a. været diskuteret. I TReNDS udforskes disse muligheder fra forskellige indgangsvinkler. Bl.a. afprøves forskellige håndholdte måleinstrumenter til indsamling af lokale data. Hermed fås en større grad af engagement af de lokale landmænd, og målet er at lokale data kombineret med landmændenes specifikke viden, skal hjælpe med at identificere optimale løsninger lokalt.

Endvidere samarbejder TReNDS med Norsminde Fjords oplandsråd (<http://oplandsraad-norsminde-fjord.dk/>) med henblik på at udforske, hvordan der opnås en større grad af medbestemmelse under de næste vandområdeplaner fra 2021. Dette vil kræve en ny national forvaltningsstrategi, hvor der åbnes op for en større grad af lokal forvaltning blandt lokale myndigheder, landmænd og interessenter.

Det giver dog også en række udfordringer i forhold til den lokale organisering og en stor udfordring ligger i at finde balancen mellem national og lokal vandforvaltning. De seneste års erfaringer peger dog på, at styrkelse af den lokale inddragelse kan være til fordel for alle aktører.

TReNDS adresserer således udfordringer af såvel faglige og administrative/organisatoriske karakter, i en erkendelse af, at der er behov for en udvikling på flere fronter før den målrettede regulering af kvælstofanvendelsen bliver operationel. I TReNDS har vi hovedfokus på områder, der er identificeret som de største udfordringer gennem tidligere projekter, mens vi i projektet samarbejder med øvrige forsknings- og udviklingsprojekter om relaterede emner. Inden for de næste par år skal de kollektive virkemidler indføres (med så målrettet placering som muligt), hvorefter den målrettede regulering skal implementeres. Der er således et stort tidsmæssigt pres på at få øget vidensniveauet på fokusområderne i TReNDS.

Referencer

- /1/ Olesen JE (2016) Kvælstofudfordringen - Hvad indebærer målrettede indsats og målrettet regulering i kvælstofindsatsen, Momentum+, nr. 2 maj 2016, 14-16.
- /2/ Højberg AL, Windolf J, Børgesen CD, Troldborg L, Tombjerg H, Blicher-Mathiesen G, Kronvang B,

Thodsen H & Ernsten V (2015) National kvælstofmodel, Oplandsmodel til belastning og virkemidler. Metode rapport - Revideret udgave september 2015. GEUS, 111 s.

/3/ Refsgaard JC, Hansen, AL, He X (2015) Nitratreduktionskort på markskala – kan det lade sig gøre? Vand og Jord 22(1), 23-26.

/4/ SVANA, Vandområdeplaner 2015-2021 <http://svana.dk/vand/vandomraadeplaner/vandomraadeplaner-2015-2021/vandomraadeplaner-2015-2021/>

ANKER LAJER HØJBERG, seniorforsker og koordinator af TReNDS (alh@geus.dk), JENS CHRISTIAN REFSGAARD, professor og ANNE LAUSTEN HANSEN, Post Doc er alle ansat i Hydrologisk afdeling ved GEUS.

CHARLOTTE KJÆRGAARD og BO VANGSØ IVERSEN er henholdsvis seniorforsker og lektor ved Institut for Agroøkologi, Aarhus universitet.

PETER ENGESGAARD er professor ved Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns universitet.

FLEMMING GERTZ er landskonsulent ved SEGES.

Yderligere information om projektet kan findes på hjemmesiden www.nitrat.dk, eller ved deltagelse i midtevejsseminaret, der afholdes d. 28. februar 2017 i Århus – tilmelding kan ske via hjemmesiden



Nedbrydning af sulfonamider i polske floder

Op til 90% af oralt indtagne stoffer udskilles i urin hos mennesker og dyr. Medicinske stoffer kan derfor havne i vandmiljøet, hvor de kan have negative effekter.

Et polsk studie undersøgte sulfonamider, som er en gruppe af stoffer med antibakteriel virkning. Stofferne anvendes kun sjældent i human medicin, men almindeligt i landbruget. Der kan være op til 400 mg i gødning, hvilket kan forårsage resistens i jordbakterier og,

efter udsivning til vandmiljøet, mulige negative effekter på akvatiske organismer.

Forskerne indsamlede 19 vandprøver fra to stærkt forurenede floder i Øvre Silesien med 12 aktive kulminer, metalindustrier og en befolkning på 3 millioner. Umiddelbart efter indsamling blev en koncentreret opløsning af 4 sulfonamider tilsat til vandprøverne. Herefter blev koncentrationen af stofferne fulgt gennem 28 dage. Før forsøgene undersøgte forskerne effekten af sulfonamider på mikroorganismer i vandet. Efter 18 timer var der en betydelig væksthæmning, men efter to dage aftog hæmningen. Dette tyder på at mikroorganismene blev hæmmede men tilpasser sig efter noget tid.

Forskerne fulgte bionedbrydningen af de 4 stoffer over tid. Sulfa-methoxazol var det mest resistente med en halveringstid på i gennemsnit 72 dage og stoffet burde derfor klassificeres som persistent ifølge Stockholm konventionen om persistente organiske stoffer,

da halveringstiden er over 2 måneder. De 3 øvrige sulfonamider (sulfathiazol, sulfanilamid og sulfadiazin) blev hurtigt nedbrudt.

Den faktor med størst effekt på bionedbrydningen var temperaturen, med en betydelig lavere nedbrydning ved lav temperatur. Lav pH reducerede også nedbrydningen ligesom en høj salinitet. Lav turbiditet reducerede ligeledes nedbrydningen, fordi partiklerne i vandet understøtter mikroorganismer.

Undersøgelserne indikerer, at miljøeffekterne af sulfonamider kan forventes at være størst i den kolde vintersæson.

Kilde: Adamek, E., Baran, W & Sobczak, A. (2016): Assessment of the biodegradability of selected sulfa drugs in two polluted rivers in Poland: Effects of seasonal variations, accidental contamination, turbidity and salinity. *Journal of Hazardous Materials*, 313: 147-158. DOI: 10.1016/j.hazmat.2016.03.064

CH