

Overfladisk afstrømning fra marker

Overfladisk afstrømning er en mulig transportvej for vand og stof fra marker til vandløb og søer. Historisk har overfladisk afstrømning dog ikke været i fokus, selvom der har været opmærksomhed på omfanget af vanderosion på marker. Mere ekstreme nedbørshændelser og mere nedbør i den sårbare efterårsperiode med sparsom vegetation på markerne kan ændre på dette. Derfor viser vi i denne artikel nye målinger af overfladisk afstrømning, betydning for stoftilførsel til vandløb og en ny kortlægning for risikoen for overfladisk afstrømning.

BRIAN KRONVANG, NIELS B. OVESEN,
DOMINIK ZAK & GOSWIN HECKRATH

Introduktion

Overfladisk afstrømning er kun én af flere transportveje for næringsstoffer, pesticider og sediment fra mark til overfladevand (Boks 1). De andre transportveje er strømmingen gennem drænrør, øvre grundvand og dybere grundvand, som alle er meget vigtigere for dannelsen af afstrømningen i et vandløb. Men selvom overfladisk afstrømning ikke vægter så meget i levering af vand, kan det medtage meget høje koncentrationer af jord og hertil tilknyttede stoffer, som igen kan give anledning til meget høje pulskoncentrationer af sediment, fosfor og pesticider i vandløb (Kronvang et al., 1997; Rasmussen et al., 2013). Under lokale kraftige nedbørs- og afstrømningshændelser opstår der ofte en betydelig jorderosion og dermed en stor flytning og omfordeling af jord i landskabet.

Overfladisk afstrømning fra marker til vandløb og søer er i mange af vore nabolande



Figur 1: Afgrænsning af område fra mark med overfladisk afstrømning og installation af V-overfald med måling af vandstand og udtag af vandprøver med automatisk start af ISCO-prøvetager lige før vandløbet, som ligger langs træerne bag ved V-overfaldet. I foto'et til venstre ses en etableret intelligent randzone (IBZ), som to aflange damme i kanten af marken. Overfladeafstrømningen fra marken løber langs IBZ'en til erosionsgrøften og V-overfaldet.

Boks 1: Transportveje for vand og stof fra mark til overfladevand.

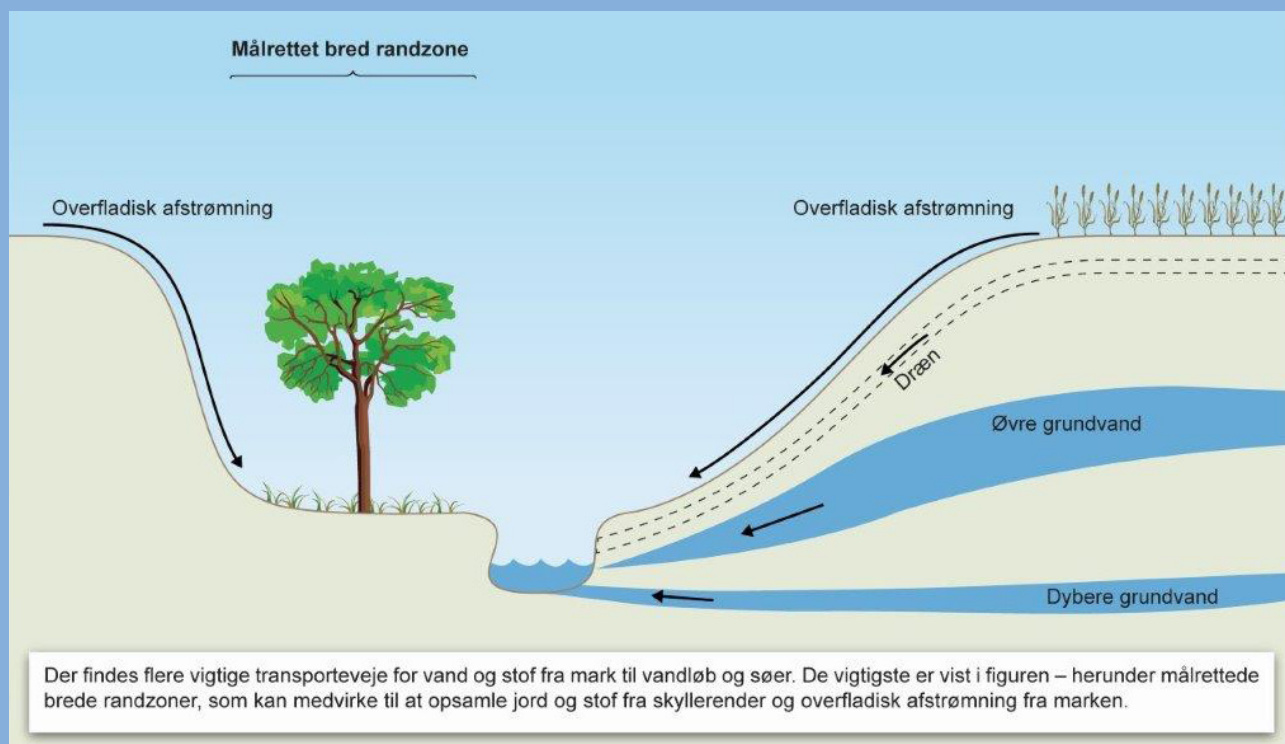


Foto af jorderosion og sedimentation på marken ved Spjald optaget fra en drone i efteråret 2014 – der er en ca. 20 m udrykket randzone før vandløbet som er omkranset af træer.

en af de vigtigste transportveje for tilførsel af sediment, fosfor og pesticider (Felding et al., 1997; Berenzen et al., 2005; Tang et al., 2012; Bechmann, 2012). I Danmark har vi hidtil ikke betragtet overfladisk afstrømning som en vigtig transportvej for vand og stof til vandløb og søer. Det skyldes nok mest, at de første målinger af betydningen af overfladisk afstrømning under naturlige feltforhold på to lokaliteter ikke fandt overfladisk afstrømning af nogen betydning (Hasholt et al., 1990). Derimod er der i mindre erosionsplot forsøg konstateret overfladisk afstrømning på 11-42 mm/år ved Ødum og 41-163 mm/år ved Foulum (Hansen & Nielsen, 1995). Under alle omstændigheder er der sikre tegn i målingerne af nedbør og temperatur på, at vores klima ændrer sig mod et vådere efterår med mere ekstreme nedbørsmængder og dermed større risiko for overfladeafstrømning (Andersen et al., 2006; Jensen m.fl., 2017; Collentine and

Futter, 2018).

I et nyt studie har Onnen et al. (2019) udført en landsdækkende modellering af vanderosionen og dens betydning i Danmark. Sådan en kortlægning kan være med til at udpege risikoarealerne og dermed guide mod en målretning af indsatser med implementering af virkemidler som forskellige typer af randzoner.

I denne artikel vil vi ud fra et konkret eksempel på målinger og modellering af overfladisk afstrømning vise dennes betydning for vand- og stoftilførsel til overfladevand. Vi vil demonstrere en ny metode til kortlægning af, hvor der er stor risiko for vand- og stoftilførsel til overfladevand, samt de mulige virkemidler som kan reducere problemets omfang.

Hvornår sker der overfladisk afstrømning?

Overfladisk afstrømning finder sted under

især tre forskellige forhold. Den ene er når overjorden er frossen og der smelter sne eller det regner på frossen jord. Den anden er når jorden efter længere tids nedbør er blevet vandmættet, og der ikke kan nedsive mere vand i jorden. Så vil den overskydende nedbør løbe ned af marken mod de laveste punkter, som dannes af vandløb og søer. En tredje forekomst af overfladisk afstrømning er i perioder med ekstreme nedbørsmængder hvor jordens infiltrationskapacitet overskrides. I disse skybrud vil overskydende nedbør danne overfladisk afstrømning. Jordens infiltrationskapacitet er afhængig af blandt andet jordens tekstur, indhold af organisk stof og underjordens evne til at filtrere vandet – herunder om marken er afvandet med drænrør. Bare for 20-30 år siden var det især snesmeltning på frossen jord som gav anledning til stor overfladeafstrømning. I dag med vores ændrede klima er det de to andre processer som

giver anledning til overfladisk afstrømning. Spørgsmålet er hvor meget vand og stof tager denne transportvej?

Når vandet strømmer ned mod de laveste punkter på marken dannes der ofte små og store skyllerender, som eroderer i jorden og transporterer jordpartikler med sig med deres indhold af organisk stof, næringsstoffer, mv. En del af dette materiale kan igen blive deponeret når hastigheden i det overfladiske vand aftager pga. mindre fald, nedbremsning af vandet ved modstand fra permanent vegetation i f.eks. randzonen og nedsivning af vandet i randzonen (Kronvang et al., 2005). Det er netop på den måde, at udyrkede randzoner kan virke som en buffer mellem den skrånende mark og vandløb/sø (Boks 1).

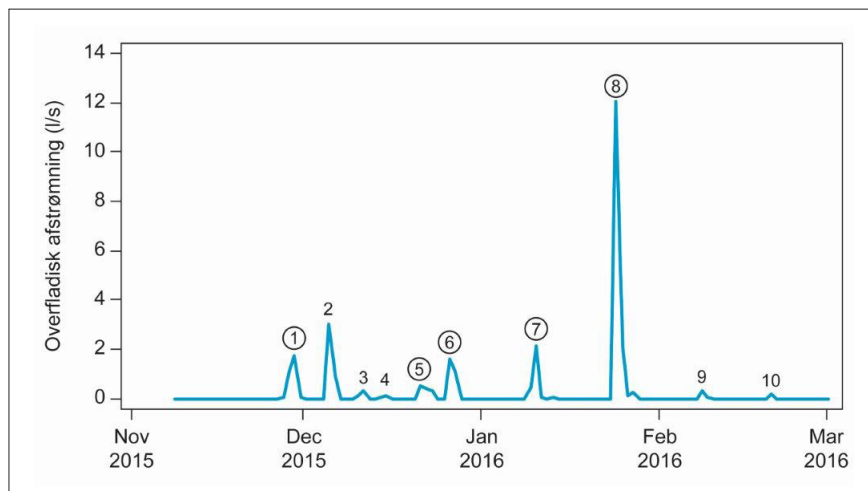
Målinger af overfladisk afstrømning

I et forskningsprojekt (BufferTech) finansieret af Innovationsfonden målte vi igennem en vinterperiode i 2015/16 den overfladiske afstrømning fra en drænet mark efter kornafgrøde på en bakkeø nær Spjald i Vestjylland (figur 1). Målingerne blev udført med målinger af vandføring i et konstrueret V-overfald i en grøft dannet som en stor erosionsrille på den nedre del af marken mod vandløbet. Området af marken som leverer overfladisk afstrømning til V-overfaldet er afgrænset ved hjælp af den nye højdemodel (0,4 m x 0,4 m) og udgør i alt 5,2 ha. Ved en stigning i vandstand til V-overfaldets underkant blev en automatisk prøvetager (ISCO) startet, der efterfølgende udtog vandprøver fra V-overfaldet med hyppige tidsintervaller (24 vandprøver indenfor 7 timer).

Overfladisk afstrømning fandt sted i alt 10 gange i vinteren 2015-2016 fra november til marts (figur 2). Der er dog meget stor forskel i betydningen af de enkelte hændelser, den klart mest betydende for vandafstrømning fandt sted i januar 2016.

Der blev udtaget vandprøver under 5 af disse ti hændelser, og vandprøverne blev analyseret for suspenderet stof, samt fosfor- og kvælstoffraktioner. Et eksempel på de målte stofkoncentrationer under en hændelse i december 2015 er vist i figur 3.

Koncentrationen af både sediment, total P og total N er høj i den indledende fase af afstrømningen og falder hen igennem hændelsen (figur 3). Koncentrationen af opløst fosfat er nærmest konstant gennem hændelsen, mens koncentrationen af nitrat stiger lidt (figur 3). Der er stor forskel på hvor meget vand og stof som tabes i den enkelte hændelser med overfladisk afstrømning (tabel 1). Der er således et meget lille tab af suspenderet stof og fosfor med overfladisk afstrøm-



Figur 2: Antal hændelser med overfladisk afstrømning i vinteren 2015-2016. Med ring omkring er vist hændelser hvor der blev udtaget vandprøver til analyse.

ning i januar 2016, hvor der var tale om snesmeltning på frossen jord (tabel 1). Derimod ses der i efteråret et stort tab af suspenderet stof og fosfor med overfladisk afstrømning (tabel 1). Når der er tale om kvælstof, betyder tabet med overfladisk afstrømning ikke ret meget og der er for det meste tale om et tab af organisk N fra marken. Dog er der i perioden med snesmeltning også et tab af nitrat-N.

Den samlede afstrømning af vand fra marken under overfladisk afstrømning i vinteren 2015-16 er beregnet til 48 mm. Med den overfladiske afstrømning er sedimenttabet fra marken opgjort til 56 kg/ha, mens tabet for total fosfor var på 0,27 kg P/ha og for total kvælstof på 0,30 kg N/ha. Hovedparten af fosfor og kvælstof er partikelbundet, for kvælstof i form af organisk stof, mens fosfor både er bundet i uorganiske forbindelser og i organisk stof.

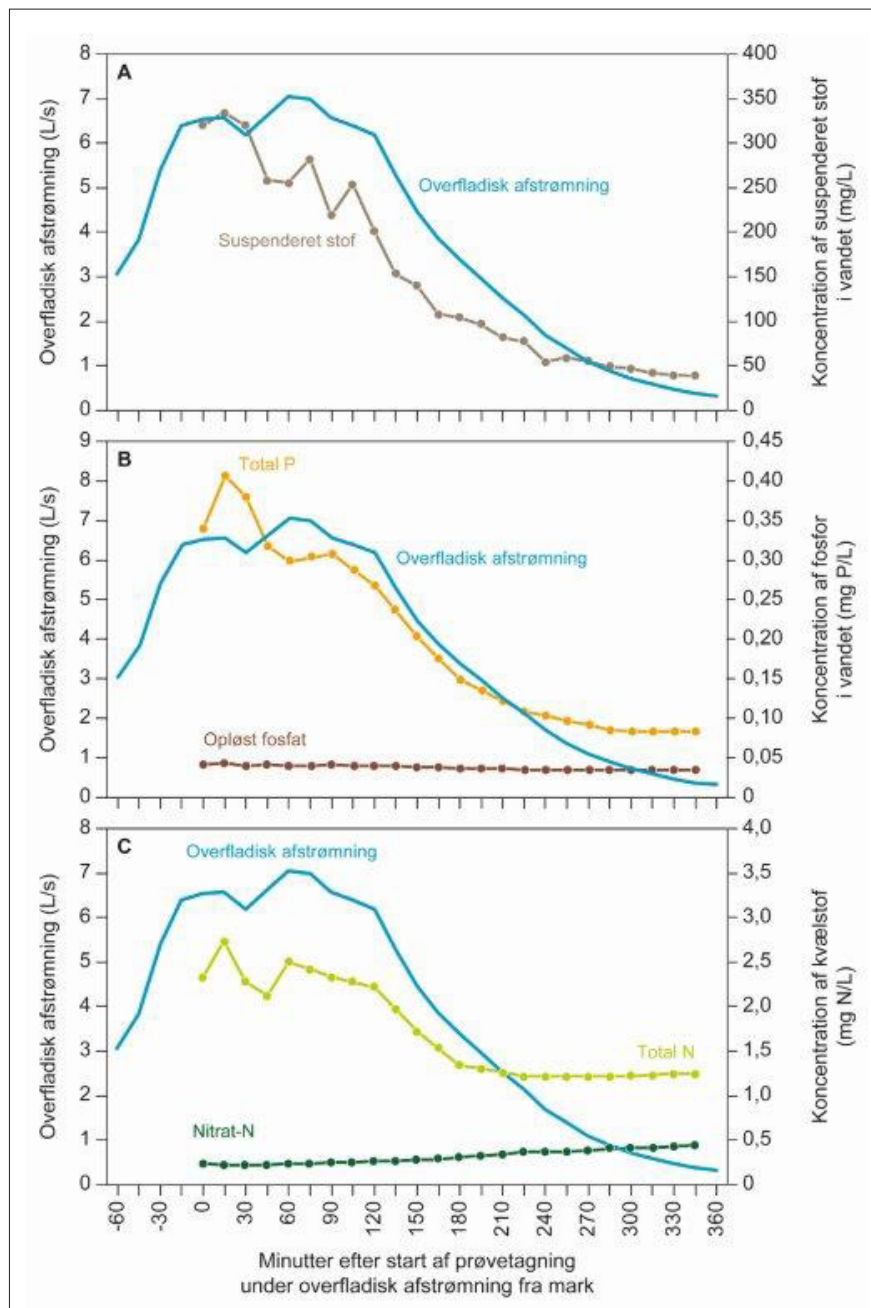
Et risiko kort for overfladisk afstrømning

Der er udviklet en ny landsdækkende vanderosions- og sedimentationsmodel, som på baggrund af en række parametre simulerer den gennemsnitlige erosion og sedimentation over lange tidsrum (mange år) på marker og

det øvrige landskab i et grid på 10 m x 10 m under de danske forhold (Onnen et al., 2019). Én af modellens stærke sider er den gode afspejling af de naturligt forekommende overfladiske afstrømningsmønstre i landskabet. På baggrund af denne model er sedimenttilførsel til vandområder med overfladisk afstrømning også blevet estimeret langs med vandløb og søer. Et eksempel for området omkring Spjald er vist i figur 4. Modellen simulerer en langtidsl levering af sediment på 217 kg/ha/år fra den del af marken hvor det aktuelle tab blev målt i vinteren 2015-16. Det målte sedimenttab på 54 kg/ha er i samme størrelsesorden som det modellerede langtidstab. Direkte sammenligninger mellem de langsigtede modelberegninger og enkelte sæsonmålinger er vanskelige at fortolke. Det skyldes at i det enkelte år spiller nedbør, afgrøder og jordbearbejdning på marken en stor rolle for den aktuelt forekommende erosion og overfladisk afstrømning, som medfører mere eller mindre kraftige afvigelser fra de gennemsnitlige modelberegninger. På grundlag af en tidsserie fra markblokdata-basen antager modellen et korn-sædskifte for området, svarende til en moderat høj risikofaktor forbunden med dyrkning.

Tabel 1: Målinger af vand- og stoftransport fra mark gennem V-overfaldet til vandløbet i forbindelse med 5 hændelser med overfladisk afstrømning i vinteren 2015/16.

Dato for prøvetagning i vinteren 2015/16	Hændelse med overfladisk afstrømning	Vandmængde	Mængde af suspenderet stof	Mængde af total fosfor	Mængde af total kvælstof
		(m ³)	(kg)	(kg)	(kg)
27-28/11	Regn	254	73,6	0,37	0,44
21-23/12	Regn	103	57,0	0,25	0,40
26-27/12	Regn	232	49,1	0,06	0,47
9-11/1	Snesmeltning	227	1,6	0,06	0,90
24-27/1	Snesmeltning	1249	1,0	0,11	2,38



Figur 3: Vandføring under en hændelse med overfladisk afstrømning samt koncentrationen af suspenderet stof (A), total fosfor og opløst fosfat (B) og total kvælstof og nitrat-N (C).

I vores undersøgelse var der dyrket med korn på marken i Spjald i det aktuelle måleår.

Modellen kan anvendes af landbrugsrådgivningen og myndighederne til en overordnet vurdering af de naturgivne forhold for vanderosion og stoftransport i landskabet. Således vil den kunne understøtte en målrettet udlægning af randzoner og intelligente bufferzoner langs vandløb og søer. Landmænd kan derfor nøjes med at etablere randzoner hvor det giver mening set i forhold til deres virke som buffer for sediment, næringsstof og pesticidtab på længere sigt.

Perspektivering

Vores målinger af overfladisk afstrømning fra

marken i Spjald viser tydeligt, at overfladisk afstrømning har en stor betydning for tilførsel af sediment og næringsstoffer til vandløb. Skiftet fra at snesmeltning har været den dominerende faktor for overfladisk afstrømning til kraftig og vedvarende regn har med baggrund i vores målinger tydeligvis yderligere øget betydningen af overfladisk afstrømning som transportvej for stof. Derimod giver snesmeltning tydeligvis anledning til at mere vand tilføres vandløb over meget korte tidsrum, hvilket formentlig giver de største afstrømnings og oversvømmelser i og omkring vandløb.

Det nye kortgrundlag som kan forudse risikoen for levering af sediment via overfladisk afstrømning til vandløb skal valideres

yderligere før det kan anvendes som et kvantitativt værktøj. Men kortgrundlaget kan givetvis allerede nu guide for, hvor det er relevant at etablere målrettede brede randzoner og de nye intelligente bufferzoner ((Zak et al., 2018)).

Referencer

- Andersen, H.E., Kronvang, B., Larsen, S.E., Hoffmann, C.C., Jensen, T.S. & Rasmussen, E.K., 2006: Climate-change impacts on hydrology and nutrients in a Danish lowland river basin. *Science of the Total Environment* 365: 223-237.
- Bechmann, M. 2012. Effect of tillage on sediment and phosphorus losses from a field and a catchment in south eastern Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 62(2): 206-216.
- Berenzen, N., Lentzen-Godding, A., Probst, M., Schulz, H., Schulz, R. and Liess, M. 2005. A comparison of predicted and measured levels of runoff-related pesticide concentrations in small lowland streams on a landscape level. *Chemosphere* 58: 683–691.
- Collentine, D. and M. Futter. 2018. Realising the potential of natural water retention measures in catchment flood management: trade-offs and matching interests. *J. Flood Risk Management* 11: 76-84. doi:10.1111/jfr3.12269.
- Felding, G. Mogensen, B.B., Sørensen, J.B. and Hansen, A.C., 1997. Surface runoff of pesticides from farmland to streams and lakes. *Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen*, No 29, 1997. 76 p.
- Hansen A.C. and Nielsen, J.D., 1995, Runoff and loss of soil and nutrients. In: *Danish Institute of Plant and Soil Science: Surface runoff, erosion and loss of phosphorus at two agricultural soils in Denmark – plot studies 1989-92*, SP-report No 14, 1995. pp 149-188.
- Hasholt, B., Breuning-Madsen, H., Kuhlman, H., Hansen, A. C. & Platou, S. W., 1990. Erosion og transport af fosfor til vandløb og søer. *NPo-forskning fra Miljøstyrelsen*, nr. C12, Miljøstyrelsen, 120 s.
- Kronvang, B., Laubel, A. & Grant, R. 1997. Suspended Sediment and Particulate Phosphorus Transport and Delivery Pathways in an Arable Catchment, Gelbæk Stream, Denmark. *Hydrological Processes* 11: 627-642
- Kronvang, B., Laubel, A.R., Larsen, S.E., Andersen, H.E. & Djurhuus, J. 2005: Buffer zones as a sink for sediment and phosphorus between the field and stream. *Danish field experiences. - Water Science & Technology* 51(3-4): 55-62
- Onnen, N., Heckrath, G., Stevens, A., Olsen, P., Greve, M.B., Pullens, J.W.M., Kronvang, B. and Van Oost, K. 2019. Distributed water erosion modelling at fine spatial resolution across Denmark. *Geomorphology* 342: 150-162.
- Rasmussen, J.J., McKnight, U.S., Loinaz, M.C., Thomsen, N.I., Nilsson, M., Bjerg, P.L., John Binning, P. and Kronvang, B. 2013. A catchment scale evaluation of multiple stressor effects in headwater streams. *Science of the Total Environment* 442: 420-431.