Udledte næringsstoffers påvirkning af vandkvalitet

Tilledningen af kvælstof (N) og fosfor (P) til tre vestjyske åer kan korreleres med målinger af disse parametre i vandløbene. Udledninger fra rensningsanlæg, dambrug, landbruget, regnvand samt "natur" af N og P er bestemt for 80erne og for ca. 2004. Beregnede koncentrationer sammenholdes med målt vandkvalitet i perioden.

Jeppe Edens, Bent Hasholt & Andreas Bech Mikkelsen

Siden 70erne er der sket en reduktion i udledningen af sekundære forureningsindikatorer: Kvælstof – N, Fosfor – P til Varde Å. En sådan reduktionen bør medføre tilsvarende fald i koncentrationerne i åløbene. Dette er forsøgt verificeret ved en række målinger i åen.

Institut for Geografi og Geologi (IGG) på Københavns Universitet udførte i perioden 1970 til 2007 jævnlige målinger af vandkvalitet en række steder i Varde Å systemet. Disse målinger samt et bachelorprojekt udført på IGG i efteråret 2010 danner grundlaget for denne artikel, ref /1/ og /2/. Ribe Miljøcenter (Ribe MC) har stillet en række målinger til rådighed. Målingerne omfatter stort set de samme parametre som IGGs måledata.

Oplandene

Varde Å løber mod vest mellem bakkeøer vest for den midtjyske højderyg. Ifølge "Landbrugsatlas Danmark" består jordbunden i området af sandjord (0 – 5 % ler) samt i den østlige del også lerblandet sandjord. Åen har flere tilløb fra øst, se figur 1.

IGGs målinger er foretaget på lokaliteterne Mølby bro (Grindsted Å), Lavborg bro (Ansager Å) og Hostrup bro (Holme Å). Ribe MCs målinger for Grindsted Å er foretaget ved landsbyen Eg lidt opstrøms for Mølby Bro. Ribe MCs målinger for Ansager og Holme åer er fra samme position som IGGs. Oplandsarealerne fremgår af tabel 1 og vist sammen med vandføringen beregnet på basis af /3/.

Grindsted Å er den mest forurenede. To større byer – Grindsted og Billund - leder renset spildevand til åen, og desuden er der udløb fra Grindsted Products. Der er en klar reduktion over tid i belastningen grundet rensningsanlægene (R-anlæg) og afskæring af tidligere udløb til åerne.

Ansager Å er ikke særligt belastet. Der er kun to mindre bysamfund, der udleder renset spildevand – Donslund og Krogager. Holme Å er heller ikke belastet. Der er kun tre mindre bysamfund, der udleder renset spildevand – Hovborg, Vorbasse og Starup/ Tofterup. Regnvands udledning er kun væsentlig for så vidt angår de to større byer.

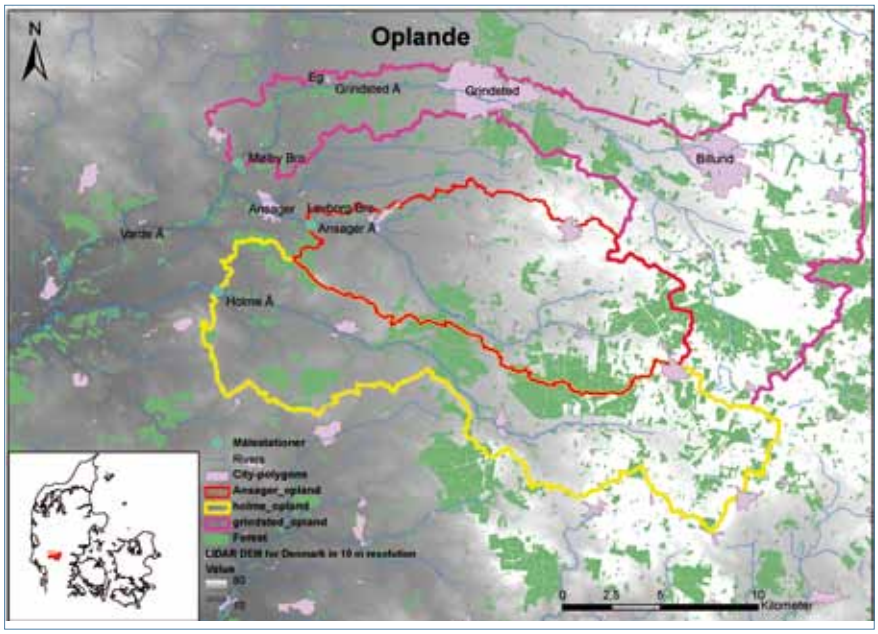
Dambrugene bidrager til forureningen, selvom der er sket en reduktion i antallet. Udviklingen er anskueliggjort i tabel 2.

Måleresultater

IGGs målinger har omfattet følgende: Temperatur, Vandstand, Vandføring, Ledningstal, Suspenderet Stof samt en række kemiske parametre som Cl- mg/l, HCO^{3-} mg/l, Ca^{++} mg/l, Mg^{++} mg/l, SO^{4-} mg/l, pH, Na^{+} mg/l, K^{+} mg/l, P opløst μg/l, P tot μg/l, NO_3-N mg/l. Af disse er anvendt opløst fosfor, total fosfor og NO_3-N. Ribe MC supplerer med ammoniak + ammonium, nitrat + nitrit, total kvælstof, orthofosfat samt total fosfor.

Kvælstof kommer dels fra punktkilder som R-anlæg, regnvand og dambrug dels fra diffuse kilder specielt landbrugets brug af gødningsstoffer. Måleresultaterne for de tre åer er vist på figur 2. Signifikans-testen viser et signifikant fald, $p \leq 0{,}001$.

Målingerne bekræfter at Grindsted Å er mest forurenet, men at situationen er under langsom bedring. De to andre åer er langt mindre forurenet og også i bedring. En undersøgelse af udvalgte år viser en årstidsvaria-



Figur 1.

Tabel 1. *Oplandarealer og Middel Vandføring*

	Opland, km²	q middel, l/s/km2	Q middel, m³/s
Grindsted Å, Egbro	200	14,0	2,8
Grindsted Å, Mølby	221	14,0*	3,09*
Ansager Å, Lavborg	130	15,6	2,04
Holme Å, Hostrup	148	16,1	2,38
*) Beregnet ved at anvende q middel, = 14,0 l/s/km² på det større areal, 221 km².			

Tabel 2. *Antal dambrug*

	Før 1989	1995	2004-07
Ref.	(Ribe MC 2010)	/4/	(Ribe MC 2010)
Grindsted Å	8	5	3
Ansager Å	8	9	5
Holme Å	11	8	8

tion med max N om vinteren og min i sensommeren.

Udover at koncentrationen reduceres med årene er der en reduktion i spredningen. Det bekræftes af en sammenligning af spredningen for de første 4 år med de sidste 4 år, som viser, at spredningen falder klart med årene – mest for Grindsted Å.

Udviklingen i N total er vist i tabel 3.

P kommer fra de samme kilder som N. Måleresultaterne er vist på figur 3. Trendene er også her signifikante.

Grindsted Å er igen forurenet, men under bedring. De to andre åer er mindre forurenet. En undersøgelse af udvalgte år viser max P om vinteren og min midt på året. Dette er dog ikke så udpræget som for N.

Udover at koncentrationen reduceres med årene er der en reduktion i spredningen. Det bekræftes af en sammenligning af spredningen for de første 4 år med de sidste 4 år, som viser, at spredningen falder med årene – mest for Grindsted og Holme åer.

Udviklingen i P total er vist i tabel 4.

Punktkilder Grindsted Å

Belastningen fra R-anlæg er beregnet på basis af tilsynsrapporter fra Ribe MC/Ribe Amt. Udviklingen i belastningen af Grindsted Å af henholdsvis N og P fra kommunale R-anlæg er anskueliggjort i figur 4. For N er der i ca. 1990 sket en kraftig reduktion til i dag under 20 ton per år. For P kommer det lave niveau fra ca 1997.

Belastningen fra regnvandsoverløb og separate regnvandssystemer er beregnet ud fra /5/, der angiver N og P koncentrationerne på årsbasis for Ribe amt som vist i tabel 5.

Fra Spildevandsplanerne haves de udledte mængder, idet kun de to større byer Grindsted og Billund er taget i betragtning. Det har ikke været muligt at se forskelle i belastningen i perioden.

Dambrugsbelastningen er beregnet på basis af en regnearksmodel fra MC Ringkøbing:

- N udledning i kg/år: N = 37,59 * Foder (T/år) + 0,0592
- P udledning i kg/år: P = 2,9931 * Foder (T/år) - 0,2014

Tidligere har der været op til 8 dambrug med udløb til åen mod 3 i dag. Da kontrollen af disse er skærpet meget siden ca 1989-90, kan det skønnes, at før 1989 har belastningen været mindst 8/3 gange så stor som i dag. Nuværende fodermængder er oplyst af RMC/kommunerne.

Størrelsesordenen af belastningen fra punktkilder kan herefter illustreres som vist i tabel 6.

Punktkilder Ansager Å.

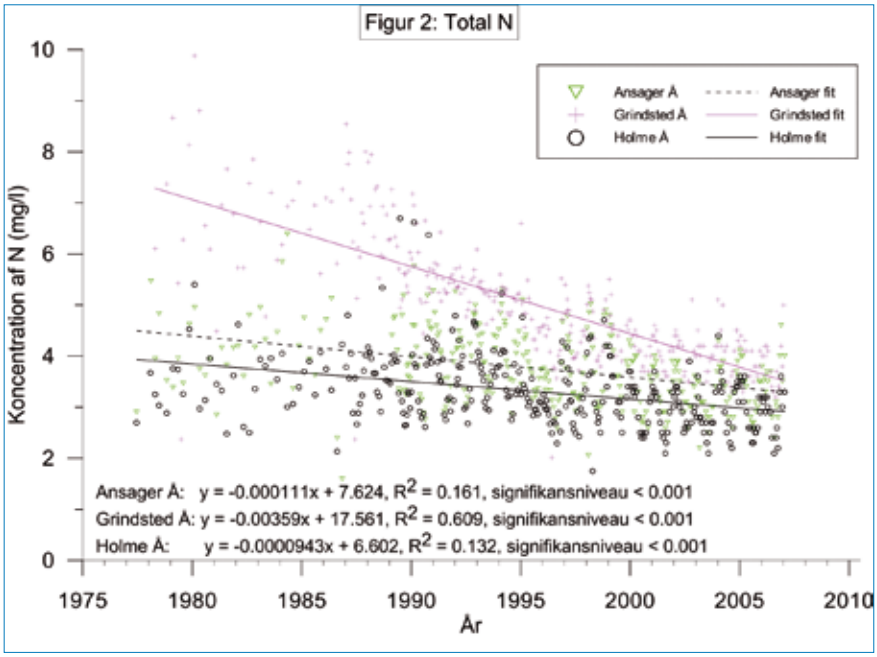
Udviklingen i R-anlægs belastningen af Ansager Å er vist i figur 5. For N er der siden først i 90erne sket en jævn reduktion til under 1 ton per år. For P kommer det lave niveau ca 1992. Regnvandsbelastningen over året er minimal og ikke medtaget.

Tidligere har der været op til 8 dambrug mod 5 i dag. Ligesom for Grindsted Å skønnes belastningen til 8/5 af i dag. Størrelsesordenen af belastningen er vist i tabel 7.

Punktkilder Holme Å

Udviklingen i R-anlægs belastningen af Holme Å er vist i figur 6.

For N er der siden først i 90erne sket en gradvis reduktion til under 3 ton per år. For P kommer det stabile lave niveau ca 1990. Regnvandsbelastningen over året er minimal og



Figur 2.

Tabel 3. *Total Kvælstof. Til det videre arbejde er valgt en repræsentativ værdi fra grafen.*

	Før 1989		2004-07	
mg/l	Interval	Valgt	Interval	Valgt
Grindsted Å, Ribe MC Egbro	2,4 – 9,9	6	3,2 – 5,1	3
Ansager Å, IGG + Ribe MC	1,6 – 6,4	5	2,4 – 4,6	3
Holme Å, IGG + Ribe MC	2,1 – 6,7	4	2,1 – 4,4	3

ikke medtaget.

Idet samme metodik for dambrug følges fås størrelsesordenen af belastningen fra punktkilder som vist i tabel 8.

Diffuse Kilder

Adskillige artikler har i de senere år beskæftiger sig med N og P belastningen fra landbrug og "natur". Som primær reference er udvalgt DMUs landovervågningsoplande, /6/. Der er tale om 7 mindre områder fordelt ud over landet, hver på mellem 470 ha og 1520 ha. Det område, der bedst ligner Varde Ås opland er LOOP 6 ved Bolbro bæk i Sønderjylland på i alt 820 ha. Det er klassificeret som grovsandet jord (67%), lerblandet sandjord (18%) og humusjord (14%).

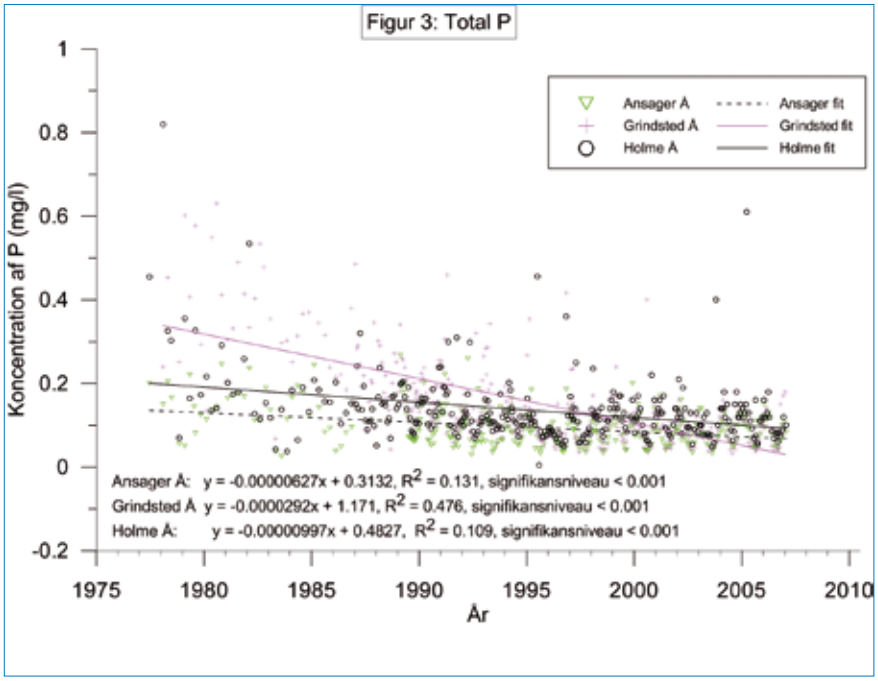
Herefter skønnes de i tabel 9 viste følgende størrelsesordener for koncentrationerne hidrørende fra de større diffuse kilder.

En stor del af vandet i åerne kommer fra grundvandet, men påvirker kvaliteten af dette også vandkvaliteten i åerne? GEUS's boringsdatabase Jupiter er i denne forbindelse benyttet til at vurdere indholdet af N og P i grundvandet. Værdier fra <0,5 til 54 mg/l N og 0 til 0,45 mg/l P blev observeret. Det er derfor ikke muligt at komme med noget kvantitativt bud på, hvad grundvandet bidrager med af N og P. Dog er det rimeligt at antage at koncentrationen af både N og P i grundvandet er lavere end i åerne, da grundvandet for størstedelen er dannet før de store menneskelige påvirkninger begyndte.

Beregninger contra målinger

De beregnede mængder af N og P udledt skal sammenholdes med de målte værdier. Punktkildernes bidrag i g/s divideres med årsmiddel vandføring for at give en gennemsnitlig koncentration i mg/l af punktkildens bidrag til den samlede koncentration i vandløbet. Dette forudsætter, at koncentrationen er uafhængig af vandføringen, samt at prøvetagningen er uafhængig af variationer i stoftransporten.

De diffuse kilders bidrag foreligger som koncentrationer i vandløbet. For hvert af de tre oplande er skønnet en fordeling af arealet mellem landbrug og "natur", jf. tabel 10.



Figur 3

Herefter er landbrugets bidrag udregnet ved at multiplicere den skønnede koncentration for et 100 % landbrugsområde med procentsatsen. De beregnede bidrag kan sammenfattes og sammenlignes med de valgte repræsentative værdier, jf tabel 3 og 4. Resultatet er vist i tabel 11.

Umiddelbart en forbavsende overensstemmelse, når man tager usikkerhederne i betragtning, se næste afsnit.

Diskussion

Selve arbejdet med analyse af vandprøver kan næppe gøres mere nøjagtigt. Man kunne dog gennemføre et par kampagner, hvor man over en uge måler samhørende værdier kontinuert og sammenholder resultaterne med "måledage", således som disse hidtil er udført. Det er kendt, at udledt spildevand fra R-anlæg bevæger sig som en prop ned gennem vandløbet og langsomt spredes på langs af åen.

Ved beregningsarbejdet burde der gennemføres en korrelation mellem vandføring og koncentrationen af de målte parametre, jf i øvrigt bemærkningerne i forrige afsnit.

Afløbene fra R-anlæg er nok det felt, der er bedst styr på - grundet den megen opmærksomhed de sidste 50 år på netop spildevands problematikken. /5/ viser, at N udledningen fra 1989 til 2007 er faldet med 75 %, mens P udledningen i den samme periode er faldet med 93 %.

Regnvandsudledningen er også ved at være under kontrol, efterhånden som kommunerne får indført foranstaltninger.

/5/ viser, at siden 1989 er dambrugenes udledning af N og P faldet kraftigt. For P er der således tale om en reduktion til 25 % i perioden 1989 til 2007.

Udsivning af P og N fra diffuse kilder er nok det emne, hvor der er størst usikkerhed til stede. Hvad sker der med N og P undervejs til vandløbet? Især Ps reaktion på sin vej gennem jorden er ret uigennemsigtig.

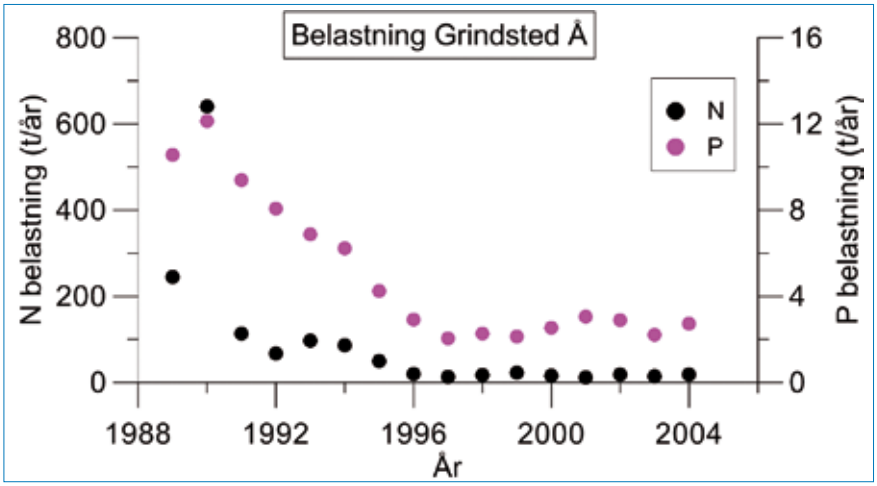
I /7/ præsenteres en gennemgang af en model anvendt på Karup å. Denne inddrager en bestemmelse af afgrøder, sædskifte, avlstype etc gennem en årrække 1968 – 1988. Beregningerne viste, at 60 % af det N, der forlader rodzonen, forsvinder undervejs til vandløbet. De nævner også, at de diffuse

Tabel 4. *Total Fosfor. Til det videre arbejde er valgt en repræsentativ værdi fra grafen.*

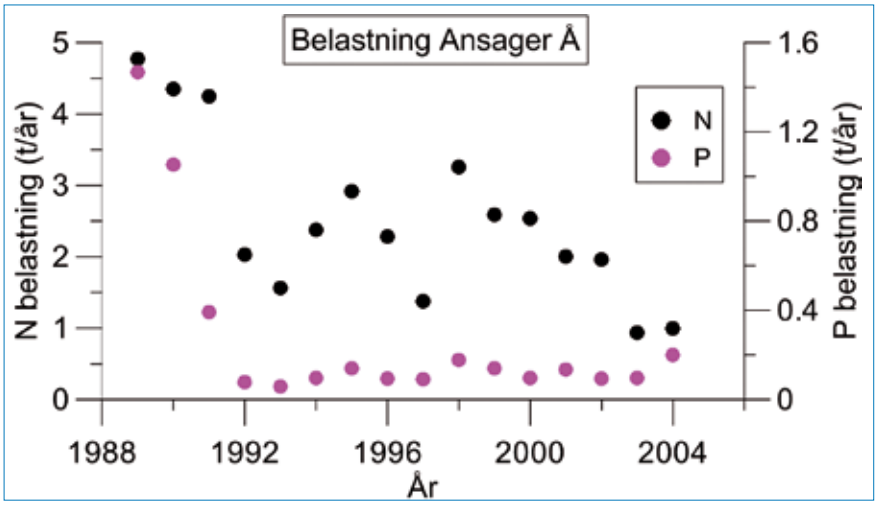
	Før 1989		2004-07	
mg/l	Interval	Valgt	Interval	Valgt
Grindsted Å, Ribe MC Egbro	0,04 – 0.34	0,3	0,03 – 0,22	0,1
Ansager Å, IGG + Ribe MC	0,06 – 0,27	0,1	0,04 – 0,30	0,1
Holme Å, IGG + Ribe MC	0,04 – 0,82	0,2	0,06 – 0,61	0,1

Tabel 5. *Belastning med regnvand.*

mg/l	N	P
Overløbs-bygværker	11,4	2,9
Sep. regn-vandsudløb	2,0	0,5



Figur 4.



Figur 5.

kilder er dominerende for så vidt angår N belastningen af vandmiljøet. N fra diffuse kilder har således udgjort 85 – 92 % af den totale belastning i de sidste 5 år før 2003. Heraf udgjorde bidraget fra landbrug 87 %, mens baggrundsbelastningen var 12 % og spildevand fra spredt bebyggelse kun 1 % i 2001. /8/ illustrerer denne problematik.

Konklusion

Miljøbelastningen af åerne er faldet kraftigt i de sidste ca. 30 år hovedsagelig som følge af etablering af effektive rensningsforanstaltninger på by spildevandet, men også grundet dels reduktion af belastningen fra dambrug dels en forbedring af drænvandet fra landbrug.

Undersøgelserne viser, at Grindsted Å er mere forurenet med N og P end de to mindre åer, men at situationen for alle tre åer er under bedring. Udover at koncentrationen reduceres med årene er der en reduktion i spredningen af måleresultater.

Tilledningen af N og P fra R-anlæg er løbende blevet reduceret startende omkring 1990. For Grindsted Å er N og P belastningen fra R-anlæg og dambrug af samme størrelsesorden. For de to mindre åer er dambrugsbelastningen i dag væsentligt større end belastningen fra R-anlæg.

For de fundne udledninger er de målte og beregnede koncentrationerne for de forskellige kilder sammenlignet. Der er tale om en forbavsende overensstemmelse mellem koncentrationerne beregnet på basis af udledningerne og det målte værdier.

Litteratur

1. Hasholt, B. (1972): Materialvandringen og sedimentationen I Karlsgårde sø og dens tilløb. Geografisk Tidsskrift 71 bind.
2. Edens, J. (2011): Undersøgelse af Dele af Varde Å. Bachelorprojekt ved Institut for Geografi og Geologi.
3. Ovesen, N.B., Iversen, H.L., Larsen, S.E., Muller-Wohlfeil, D.-I. & Svendsen, L.M., Blicher, A.S. og Jensen, Per M. (2000): Afstrømningsforhold i danske vandløb. Danmarks Miljøundersøgelser Faglig Rapport nr 340.
4. Mortensen, L. F. (1998): Undersøgelse af langtidsvariationer i udvalgte hydrokemiskeparametre ved faste målestationer m.v. Geografisk Institut, Københavns Universitet..
5. Miljøministeriet (2007): Punktkilder 2006, By og Landskabsstyrelsen.
6. Grant, R., Pedersen, L.E., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P.G., Hansen, B. & Thorling, L. (2009): Landovervågningsoplande 2007. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. Faglig rapport nr 709.
7. Nielsen, K., Thorsen, M., Markager, S., Jensen, J.P., Søndergaard, M., Refsgaard, J.C., Styczen, M., Dahl-Madsen, K.I., Børgesen, C.D., Wiggers, L., Ped-

Tabel 6. *Punktkilde belastningen til Grindsted Å.*

	Total – N		Total – P	
t/år	før 1989	2004-07	før 1989	2004-07
R-anlæg	300	20	10	3
Regnvand	2	2	0,4	0,4
Dambrug	77	30	6	2

Tabel 7. *Punktkilde belastningen til Ansager Å.*

	Total - N		Total - P	
t/år	før 1989	2004-07	før 1989	2004-07
R-anlæg	5	1	1,5	0,2
Dambrug	43	27	3,4	2,1

Tabel 8. *Punktkilde belastningen til Holme Å.*

	Total - N		Total - P	
t/år	før 1989	2004-07	før 1989	2004-07
R-anlæg	6	3	5	0,5
Dambrug	29	21	2,2	1,6

Tabel 9. *Skønnet belastning fra diffuse kilder.*

	N		P	
mg/l	Før1989	2004-07	Før1989	2004-07
Landbruget	3,5	2	0,09	0,08
Natur	3,5	2	0,04	0,03

Tabel 10. *Oplandets fordeling.*

Opland	Landbrug, %	"Natur", %
Grindsted Å	70	30
Ansager Å	80	20
Holme Å	80	20

ersen, S.E. & Madsen, H.B. (2003): Kvantificering af næringsstoffers transport fra kilde til recipient samt effekt i vandmiljøet. Danmarks Miljøundersøgelser Faglig Rapport nr 455.

8. Opel Jepsen, E. med flere (2005): Vandløb Status og Udvikling 1989 – 2004. Ribe Amt/NOVANA.

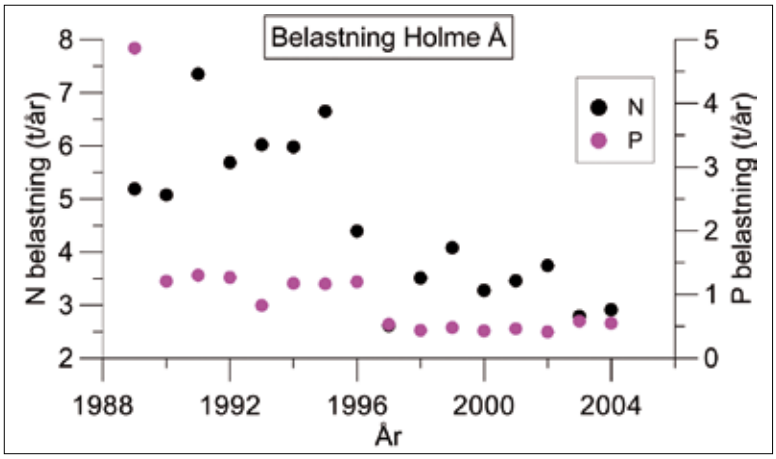
Jeppe Edens, cand. polyt. og B. Sc. geografi; Beskæftiget i mange år som rådgivende ingeniør indenfor miljø- og energisektoren. E-mail: jeppe@edens.dk

Bent Hasholt, Lektor ved Institut for Geografi og Geologi. Har udført undersøgelser af danske vandløbs sediment-transport og morfologi. I forbindelse med vandmiljø-planerne er der udført undersøgelser af jorderosion og tilførsel af N og P til vandløb. Arbejder pt. Med sediment-transport i grønlandske floder.

Andreas Bech Mikkelsen, M. Sc. geografi. Har skrevet speciale om grundvands-overfladevands interaktioner i Holtum Å, og skriver nu Ph.D. om arktisk hydrologi og sedimenttransport i grønlandske floder.

Tabel 11. *Sammenligning af beregnede og målte værdier for N og P.*

Beregnet contra målt	N, mg/l		P, mg/l	
	Før1989	2004-07	Før1989	2004-07
Grindsted Å, Beregnet:	7,4	2,6	0,2	0,1
Målt:	6	3	0,4	0,1
Ansager Å, Beregnet:	4,2	2,4	0,16	0,1
Målt:	5	3	0,15	0,1
Holme Å, Beregnet:	4,0	2,4	0,2	0,1
Målt:	4	3	0,2	0,1



Figur 5.

Vandløb. Foto: Bent Lauge Madsen.