

Udredning

for

Udvalget vedr. ”Langsigtet indsats for bedre vandmiljø”: Scenarieberegninger

Forord

Notatet er udarbejdet til udvalget vedr. ”Langsigtet indsats for bedre vandmiljø” under Finansministeriet af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) og Det Jordbrugsvidenskabelige fakultet (DJF), begge Århus Universitet. Hovedforfattere er Torben Moth Iversen, Jesper S. Schou, og Poul Nordemann Jensen, DMU, samt Jesper Waagepetersen og Uffe Jørgensen, DJF.

Desuden er der leveret baggrundsbidrag fra Martin Søndergård, DMU (beregning af NOVA søers fremtidige tilstand og reduktionsbehov), Jens Skriver, DMU (opgørelse af vandløbenes fremtidige tilstand, vurdering af antal undtagne vandløb samt nødvendigt arealudtag), Anders Windelin, DMU (beregning af reduktion i kvælstof for Odense og Mariager Fjord), Gitte Rubæk, DJF (redegørelse om fosforbidrag og -virkemidler) og Brian Jacobsen, Fødevarerøkonomisk Institut (potentialer for virkemidler).

0. Sammenfatning

Formålet med notatet er på landsplan at estimere de omkostninger, der kan forventes som følge af vandrammedirektivets krav om god økologisk tilstand i overfladevand. Skillelinien mellem god og moderat tilstand kendes ikke, hvorfor der er opstillet 3 scenarier for hver vandtype (vandløb, søer og kystområder) med udgangspunkt i én indikator. Scenarierne er opstillet således, at scenarie 1 angiver den mindste tilladelige påvirkning (det ”skrappeste”) og scenarie 3 den største påvirkning (det mest ”lempelige”). For hvert scenarie og vandtype er ”afstanden til målet” estimeret, dvs. den ændring af påvirkningen, som vurderes generelt at være nødvendig for at nå målet i de tre scenarier. Herefter er omkostningerne estimeret for alle tre scenarier for alle tre vandtyper under antagelse om omkostnings-effektiv anvendelse af en række identificerede virkemidler. Omkostningerne er primært estimeret i forhold til en reduktion af landbrugserhvervets påvirkning af de forskellige vandtyper.

Der er medtaget enkelte andre nødvendige foranstaltninger i de økonomiske estimater (f. eks. passage ved spærringer), men notatet giver ikke det fulde billede af omkostningerne ved implementering af vandrammedirektivet, idet f. eks. administrative omkostninger, evt. omkostninger til beskyttelse af infrastruktur eller evt. supplerende spildevandsrensning ikke er inddraget. Ligeledes er der tale om en ren omkostningsanalyse, hvor f. eks. naturgevinsterne ved scenarierne ikke er søgt kvantificeret.

Der er generelt i notatet taget udgangspunkt i, at de nødvendige tiltag er gennemført i 2012, men at den økologiske kvalitet ikke nødvendigvis er opnået i 2015. For en række virkemidler er det tvivlsomt, hvorvidt de i det omfang, der er forudsat i notatet, fysisk og administrativt kan gennemføres inden 2012 (f. eks. ådalsprojekter), mens andre virkemidler ikke kan forventes af få effekt før efter en årrække (f. eks. undergødskning med fosfor).

Der er i analyserne ikke taget højde for evt. klimaændringer.

Valg af virkemidler og dermed det resulterende omkostningsniveau er foretaget ud fra et krav om lavest mulige velfærdsøkonomiske omkostninger, dvs. omkostningseffektivt. Der er dog for såvel søer som kystvande lavet alternative velfærdsøkonomiske omkostningsanalyser for at illustrere spændvidden, såfremt de mest omkostningseffektive virkemidler ikke kan bringes i fuld anvendelse.

De foretagne beskrivelser og resultater er karakteriseret ved at være teknisk/faglige. Dvs. at der i analyserne ikke er taget stilling til, hvordan virkemidlerne skal implementeres i praksis, herunder hvilke administrative retningslinier der er nødvendige eller ønskværdige.

Det har været nødvendigt at foretage en række forenklinger og antagelser for at kunne opskalere fra konkrete data og beregninger til landsniveau. Såvel estimerer på reduktionsbehov som på de økonomiske omkostninger er forbundet med betydelige usikkerheder.

Virkemidler

De mulige virkemidler til reduktion af landbrugets næringsstofbelastning (N og P) er beskrevet i Virkemiddelrapporten (Schou et al, 2007) og er inddraget i scenarieberegningerne ud fra en vurdering af det potentielle areal, hvor virkemidlet kan anvendes, deres kontrollerbarhed og sikkerhed for effekt samt N og P effekternes størrelse og de vurderede omkostninger. Ud fra disse kriterier er reduktionsbehovet søgt opnået i de forskellige scenarier.

Dårlige fysiske forhold er den væsentligste påvirkning af danske vandløb og ekstensivering af ådalsområder er det eneste virkemiddel, som kan forbedre de fysiske forhold i vandløb og dermed medvirke til målopfyldelse.

Reduktion af kvælstof og fosfor kan overordnet ske enten på markniveau, dvs. reducere risikoen for udvaskning eller afstrømning fra marken eller ved næringsstoffjernelse i ådalsområder. Ådalsområder som virkemiddel er behandlet særligt i forhold til søer og kystvande, idet det ofte giver en væsentlig N- og/eller P-reduktion og er forbundet med lave reduktionsomkostninger. Samtidig har dette virkemiddel en række begrænsninger i brugen.

Vandløb

Scenarierne er alene opstillet på baggrund af faunasammensætningen i vandløb (Dansk Vandløbs Fauna Indeks DVFI). Det er primært dårlige fysiske forhold, der er årsag til manglende målopfyldelse i danske vandløb. Ekstensivering af ådalene forringer afvandingen og en del arealer må tages ud af hidtidig drift - til gengæld spares der vedligeholdelsesomkostninger.

En del vandløb, som ikke vil kunne opfylde målene, vil formentlig blive udpeget som stærkt modificerede vandområder eller omfattet af undtagelserne. Disse vandløb er generelt ikke indgået i beregningerne.

Der er anslået omkostninger til en fjernelse af spærringer, men disse er ikke medtaget i tabel 0, idet de ikke specifikt kan relateres til et af scenarier. Desuden kan der være omkostninger til supplerende rensning af spildevand, vandløbsrestaurening m.m., hvis omfang vil afhænge af hvilket scenarie, der skal gennemføres.

Søer

Scenarier for søerne er opstillet med baggrund i søvandets fosforindhold delt op på lavvandede og dybe søer. Udgangspunktet for analysen har været de 27 søer, som er indgået i det nationale overvågningsprogram i en årrække. Med dette udgangspunkt er der skaleret op til landsplan.

Der er mere end 500 større målsatte søer i Danmark.

Landbrugserhvervet er i dag den væsentligste bidragsyder til fosforbelastningen af søer.

Analysen viser, at det kun i specielle tilfælde vil være nødvendigt at forbedre spildevandsrensningen ud over det allerede planlagte. Hvor der både er bidrag fra spildevand og landbrug vurderes reduktion i landbrugsbidraget generelt mere omkostningseffektivt.

Det væsentligste virkemiddel i scenarieberegningerne har været ekstensivering af landbrugsdriften i ådalsområder. Da der kan være usikkerhed om, hvorvidt dette virkemiddel kan anvendes i alle søoplande, er der lavet en analyse, hvor dette virkemiddel kun bidrager til halvdelen af den nødvendige reduktion. Analysen viser, at der under denne præmis i scenarie 1 og 2 ikke helt kan opnås den nødvendige gennemsnitlige reduktion og at reduktionsomkostningerne stiger kraftigt.

Det kan tage adskillige år (ofte op til 10-20 år) fra tilførslen af fosfor er nedbragt, til det får fuld effekt i søen. Foranstaltninger i selve søen kan fremskynde denne proces, hvilket medfører en engangsudgift, der ikke er indregnet i omkostningerne i notatet.

Kystvande

I kystvandene er dybdegrænsen for ålegræs anvendt som indikator, men omregnet til en belastning med kvælstof fra oplandet. I scenarieberegningerne indgår 3 kystvande, Odense Fjord, Mariager Fjord og Limfjorden, hvis oplande udgør i alt knap 1/3 af det samlede opland til lukkede kystområder. Ud fra disse 3 vandområder er der skaleret op til landsniveau.

I lighed med søscenarierne er der lavet alternative omkostningsberegninger, hvor enten alene kendte virkemidler er bragt i anvendelse (efterafgrøder, nedsat N-norm og ådalsområder), eller hvor ådale kun indgår med det halve potentielle areal. Analyserne viser, at målet ikke kan nås i scenarie 1 ved brug af disse kombinationer af virkemidler.

Samlede vurderinger og omkostninger

Omkostningerne er opgjort som velfærdsøkonomiske nettoomkostninger for hver type vandområde. Der vil, især i scenarie 1, være nogle synergieffekter mellem f. eks. vandløbstiltag og kvælstofreduktion af hensyn til kystvandene, men disse er blot vurderet kvalitativt og er ikke indregnet i de samlede omkostninger.

I udgangspunktet er scenarieanalyserne gennemført under forudsætning af, at alle de identificerede virkemidler kan anvendes op til deres vurderede potentiale.

I tabel 0 indgår endvidere beregninger, som omfatter forskellige begrænsende forudsætninger om anvendelse af virkemidlerne. For alle scenarier er de årlige velfærdsøkonomiske omkostninger estimeret for de forskellige sammensætninger af virkemidler. De velfærdsøkonomiske gevinster af miljøændringerne i scenarierne er således ikke inkluderet i estimaterne. Endvidere er kompensationsomkostningerne over den samlede implementeringsperiode for VRD vurderet. Det skal bemærkes, at kompensationsoverslagene alene knytter sig til en situation, hvor alle arealekstensiveringer sker ved statsligt opkøb. Derimod er evt. statsfinansielle omkostninger til andre virkemidler (f. eks. tilskud) ikke inkluderet. Nettoopgørelsen af kompensationsomkostningerne refererer til et frasalg af arealer efter ekstensivering, da dette i nogen tilfælde kan være en mulighed. Sammenfattende kan det konkluderes, at der specielt i forbindelse med ådalsprojekter er mulighed for at opnå en række synergieffekter. Mulighederne for at opnå synergieffekterne er naturligvis størst jo mere ambitiøse målniveauer, der vælges. Som beskrevet ovenfor er ekstensivering af ådalsområder det eneste virkemiddel, som kan forbedre de fysiske forhold i vandløb og dermed medvirke til målopfyldelse. Ådalsprojekter er samtidig det mest effektive virkemiddel til at reducere tilførslen af fosfor til søer og ét af de mest omkostningseffektive virkemidler til at fjerne kvælstof, der er hovedkilden til manglende målopfyldelse i fjorde og de kystnære områder. Her-til kommer at ådalsprojekter typisk også vil medvirke til at naturforhold (implementering af habitatdirektivet) og rekreative interesser vil blive forbedret. Der er lavet en kvalitativ vurdering af de afledte effekter på klima, natur og pesticider.

Table 0. Samleskema vedr. behov, omkostninger og afledte effekter ved forskellige scenarier for miljømål.

*: Målet nås ikke helt. ** Målet nås ikke. *** Afledte effekter omfatter miljøeffekter udover de, som er det primære mål med indsatsen. +++: Stor, ++: Nogen, +: Lille, 0: Ingen.

Scenarie	Vandløb			Søer			Kystvande			I alt		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Indsatsbehov												
Vandløb km	18.000	6.000	2.000									
Søer ton fosfor				65	15	3						
Kystvand, ton kvælstof							20.000	8.500	150			
Velfærdøkonomiske omkostninger mio. kr./år - alle virkemidler	33	14	2	8	2	-	1.337	139		Ca. 1.380	Ca. 160	2
Ekstensivering - alle virkemidler, ha	85.000	29.000	7.500	6.500	1.500	-	218.000	45.000	-	309.750	74.500	7.500
Mulige statsfinansielle omkostninger - alle virkemidler - mia.kr. Brutto/Netto										27-47/ 16-28	6-11/ 4-7	-
Velf.økonomiske omkostn. ved ½ brug af ådale mio kr/år	33	14	2	54*	16*	-		329		-	Ca. 360	2
Ekstensivering ved ½ brug af ådale, ha (ikke vandløb)	85.000	29.000	7.500	3.250	750			22.500			52.250	7.500
Mulige statsfinansielle omkostninger ved ½ brug af ådale, mia.kr. Brutto/Netto											4-8/3-5	-
Velf. økonomiske omkostn. ved kendte N-virkemidler mio. kr./år	33	14	2	8/54*	2/16*	-	386**	259	2	-	Ca. 280	4
Ekstensivering ved kendt N-virkemidler ha	85.000	29.000	7.500	3.250-6.500	750-1.500	-	70.000**	45.000	-	161.500	75.500	7500
Mulige statsfinansielle omkostninger ved kendte N-virkemidler mia. kr. Brutto/Netto											6-11/4-7	
Afledte effekter ***												
a. klima	++	++	+	+	0	0	+++	++	0			
b. natur	++	++	+	+	0	0	+++	++	0			
c. pesticider	++	++	+	+	0	0	+++	++	0			
Synergier												
a. vandløb/søer				++	+	0						
b: vandløb/kystvande							+++	+	0			

1. Baggrund

Som opfølgning på punktet "Langsigtet indsats for bedre vandmiljø" i regeringsgrundlaget har regeringen nedsat et udvalg med deltagelse af Finansministeriet, Fødevareministeriet, Miljøministeriet, Skatteministeriet og Økonomi- og Erhvervsministeriet under Finansministeriet.

Til brug for udvalgets arbejde er det aftalt, at Danmarks Miljøundersøgelser, Danmarks Jordbrugsforskning og Fødevareøkonomisk Institut udarbejder følgende faglige notater:

- Baseline 2015
- Mulige virkemidler, deres anvendelighed og indbyrdes synergi
- Scenarieberegninger
- Beskrivelse af cost-effektivens-metoden
- Beskrivelse af cost-benefit-metoden
- Mulige økonomiske konsekvenser af undtagelsesbestemmelsen.

Dette notat baseres på Baseline 2015 (Iversen et al., 2006) og Virkemiddelrapporten (Schou et al. 2007, in prep.) og behandler de tre typer overfladevand hver for sig.

2. Angrebsvinkel og metoder

Angrebsvinkel

I henhold til vandrammedirektivet skal der være god økologisk tilstand i overfladevande i 2015. Formålet med nærværende notat er på landsplan at estimere de omkostninger, som vil være forbundet hermed.

EU-interkalibreringsprocessen, som for hvert biologisk kvalitetselement skal beskrive grænsen mellem god og moderat økologisk tilstand, er ikke afsluttet. Derfor er der med udgangspunkt i én indikator for hver type vandområde opstillet tre scenarier og for hvert scenarie er de økonomiske omkostninger estimeret.

De overfladevande, som dette notat omhandler, er vandløb, søer og kystnære marine områder, som er omfattet af basisanalyserne iht. Miljømålsloven. De væsentligste faktorer af betydning for miljøtilstanden fremgår af Tabel 1. I specifikke vandområder kan andre faktorer være af betydning.

I notatet Baseline 2015 (Iversen et al. 2006) er den forventede miljøtilstand som konsekvens af allerede besluttede tiltag beskrevet. Med udgangspunkt i de tre scenarier for hver type vandområde kan "afstanden til målet" herefter vurderes. Disse "afstande til målet" kan så omsættes i behov for tiltag i form af ændring i arealanvendelse og/eller reduktion i P og N belastningen.

Tabel 1. De vigtigste faktorer af betydning for miljøtilstanden i danske vandløb, søer og marine kystvande.

	Fysiske forhold	Næringsstoffer	
		Fosfor (P)	Kvælstof (N)
Vandløb	+		
Søer		+	(+)
Marine kystvande		(+)	+

Valg af virkemiddel tager udgangspunkt i virkemiddelrapporten, og ønsket om målopfyldelse under bibetingelse om omkostningsminimering. I denne vurdering inddrages også potentialet for de enkelte virkemidler. Da hvert virkemiddel er beskrevet med hensyn til effekter på N og P tab, budget- og vel-færdsøkonomiske omkostninger opgjort pr. enhed (f.eks. hektar eller dyreenhed) samt kvalitativt med hensyn til afledte miljøeffekter, kan de aggregerede omkostninger ved at realisere et givent scenarie

opgøres for forskellige kombinationer af virkemidler. Det skal understreges, at de velfærdsøkonomiske gevinster af miljøændringerne i scenarierne således ikke er inkluderet i analysen.

Udvælgelse af virkemidler foretages efter følgende retningslinier. Først fastsættes det teknisk set potentielle implementeringsomfang på grundlag af oplysningerne i Virkemiddelrapporten og arealoplysninger for oplandene, som indgår i scenarierne. Derefter udvælges de virkemidler, som vurderes rimeligt kontrollerbare og mulige at målrette, jf. vurderingen i virkemiddelrapporten, samt er forbundet med en rimelig sikkerhed for deres effekter (f. eks. virkemiddel 10: *tidlig såning af vintersæd* tillægges ikke noget potentiale, da det vurderes vanskeligt at kontrollere). Herefter udvælges virkemidler svarende til realisering af de fastsatte ændringer i N og P belastningen under hensyntagen til ønsket om omkostningsminimering. Vedr. virkemidlernes effekter på N og P belastningen samt deres omkostninger forudsættes det, at husdyrproduktionen forbliver upåvirket på nationalt niveau. Ved scenarie 1 kan det dog ikke udelukkes, at der bliver så store arealudtag, at husdyrholdet påvirkes. Det vil så ændre omkostningerne og N- og P-stoftab i forhold til det beregnede.

De gennemførte analyser vedrører primært tiltag i landbrugssektoren, da landbruget står for langt hovedparten af udledningerne af næringsstofferne (N og P). Fsva. de dårlige fysiske forhold i vandløbene skyldes de især udretning af vandløbene, samt hårdhændet vandløbsvedligeholdelse af hensyn til afvandingen på landbrugsarealerne.

Andre sektorer som husholdninger, fiskeri, akvakultur m.v. har i enkelte analyser været inddraget. Det er dog forudsat, at der er gennemført rensning af spildevand fra spredt beliggende ejendomme inden 2012 i henhold til de udpegninger og krav, som amterne har foretaget i regionplanerne. Det drejer sig primært om vandløb (organisk stof) og/eller i oplande til søer (fosfor, hvor der regnes med en 90% reduktion).

Vurderingerne er knyttet til de nuværende klimaforhold og tager ikke højde for evt. indvirkninger af klimaændringer.

For at kunne gennemføre beregningerne har det været nødvendigt at opstille nogle præmisser vedr. forventet udpegning af stærkt modificerede vandområder eller om undtagelser.

Tidsperspektiv

I henhold til vandrammedirektivet skal der være god økologisk tilstand i 2015, eller efter yderligere 2 planperioder, dvs. 2027.

Imidlertid kan der gå lang tid fra et givet tiltag er gennemført, til man ser den fulde effekt i form af den forbedrede økologiske tilstand. Disse forsinkelser kan skyldes forsinkelser i vandets kredsløb (især i grundvand) eller forsinkelsesmekanismer i de enkelte typer af vandområder.

I dette notat er der lagt til grund, at de nødvendige tiltag for at opnå god økologisk kvalitet skal være gennemført i 2012, men at effekten på den økologiske kvalitet ikke nødvendigvis er slået fuldt ud igennem i 2015. Det betyder, at miljømålene i en række vandområder ikke vil være nået i 2015, men at det kan forventes at miljømålene efter en kortere eller længere årrække nås.

Usikkerheder

Det er nødvendigt at foretage en række antagelser, faglige forenklinger m.m. for at kunne opskalere fra konkrete data og beregninger til landsdækkende forhold. Estimerne over de nødvendige tiltags effekter på N- og P-belastning og omkostningerne hertil er endvidere forbundet med betydelige usikkerheder.

I virkemiddelrapporten er effekten samt omkostninger af de enkelte virkemidler givet som et interval. For en række virkemidler rettet mod næringsstoftab er dette interval betydeligt. Det afspejler, at det er landsdækkende estimer, som skal tage højde for nationale variationer i jordbund, hydrologi, højdeforhold, tidligere og nuværende landbrugspraksis og andre forhold. Når man skal vurdere en given

indsats i et konkret opland vil man ofte have detaljeret lokal information om disse forhold. Derfor vil intervallet kunne indsnævres i forbindelse med udarbejdelse af konkrete indsatsplaner.

For at forbedre grundlaget for at gennemføre en målrettet indsats mhp. at formindske fosfortabet, blev det som en del af VMP III-aftalen besluttet, at der skulle gennemføres forskning og anden videnopbygning. Et konkret resultat heraf er, at der i 2008 forventes udarbejdet en risikokortlægning for en række vigtige processer for P-tab fra landbrugsarealer. De igangsatte forskningsprojekter vil løbende forbedre kendskabet til P-tab fra landbrugsarealer og dermed nedbringe usikkerhederne på effekten af specifikke tiltag i specifikke oplande. Kortlægningen vil således kunne danne grundlag for at fastlægge en målrettet fosforindsats i forbindelse med indsatsprogrammerne.

I opgørelsen af omkostningerne er det enkelte virkemiddels nationale potentiale lagt til grund for beregningerne. En analyse af de enkelte vandområder og deres oplande kan vise, at et givet virkemiddel ikke kan anvendes i det konkrete tilfælde (f. eks. at der ikke er fysisk mulighed for at anvende et virkemiddel eller at hensyn til habitatområder kan udelukke anvendelse af energipil eller vådområder). Disse nærmere analyser på enkeltvandområder kan ikke afspejles i denne analyse, men må gennemføres i forbindelse med udarbejdelsen af vandplanerne i 2008-09.

Der er for søer og kystområder opstillet alternative scenarier, hvor det billigste virkemiddel ikke bringes fuldt i anvendelse, men indgår sammen med andre, mere omkostningstunge virkemidler. Derudover er der for de marine områder opstillet et scenarie, hvor alene kendte virkemidler forudsættes anvendt.

Dette for at vise, hvordan omkostningerne kan ændres, såfremt de billigste virkemidler enten ikke kan gennemføres i de konkrete oplande, eller viser sig teknisk eller administrativt vanskelige at implementere.

For vandløbene er en sådan analyse dog ikke relevant, idet ekstensivering af ådalene stort set er eneste virkemiddel, der kan bringes i anvendelse for at forbedre de fysiske forhold.

3. Vandløb

Manglende målsætningsopfyldelse 2015 og årsagerne hertil

I Baseline 2015 (Iversen et al. 2006) er den skønnede miljøtilstand i 2015 opgjort ud fra smådyrsfaunaen i form af Dansk VandløbsFaunaIndeks (DVFI).

I nærværende analyse er der opstillet tre scenarier for grænsen mellem god og moderat tilstand ud fra smådyrsfaunaen. De tre scenarier er $DVFI \geq 6$, $DVFI \geq 5$ og $DVFI \geq 4$.

Eventuelle fremtidige mål for miljøtilstanden med udgangspunkt i andre biologiske indikatorer (f.eks. vandplanter og fisk) er ikke afspejlet i de efterfølgende betragtninger, men skal inddrages som en yderligere usikkerhedsfaktor.

Til EU-interkalibreringen har Danmark meddelt $DVFI = 5$, som grænsen mellem god og moderat tilstand.

Det fremgår af Tabel 2, at i scenarierne 1, 2 og 3 vil henholdsvis ca. 20.100, 10.200 og 3.200 km vandløb i 2015 ikke opfylde målsætningen.

DMU indsamlede i 1996 oplysninger fra amterne om årsagen til manglende målopfyldelse (Skriver et al. 1997). De tre væsentligste grunde var spildevand, de fysiske forhold og okker.

Udledning af okker skyldes normalt dræning af jern- og pyritholdige jorde. Når alt pyrit og andre reducerede jernforbindelser er iltede, vil okkerudledningen ophøre efter en årrække. I notat af 23. sep-

tember 2004 skønnede Danmarks Miljøundersøgelser (DMU 2004a), at i størrelsesordenen 450 km vandløb i 2002 ikke opfyldte DVFI ≥ 5 pga. okker. Såfremt der ikke foretages gendræning af okkerpotentielle områder må det antages, at okker på langt sigt ikke er en hindring for målopfyldelse.

Tabel 2. Skønnet antal km vandløb, der vurderes i 2015 ikke at opfylde målsætningen i tre scenarier. Skønnet er foretaget ud fra Baseline 2015 (Danmarks Miljøundersøgelser 2006).

Hele landet	Scenarie 1 DVFI ≥ 6 km vandløb	Scenarie 2 DVFI ≥ 5 km vandløb	Scenarie 3 DVFI ≥ 4 km vandløb
> 8 m	1.090	620	130
2-8 m	8.860	4.930	1.320
< 2 m	10.110	4.640	1.740
I alt	20.060	10.190	3.190
% af målsatte vandløb uden målopfyldelse	82	41	13

I notat af 23. september 2004 vurderede Danmarks Miljøundersøgelser (DMU 2004 a), at i ca. 5.300 km vandløb var spildevand den væsentligste årsag til manglende opfyldelse af DVFI ≥ 5 i 2002. I Baseline 2015 er det vurderet, at i størrelsesordenen 6.000 km små eller mellemstore vandløb i 2015 vil få en forbedret DVFI-klasse som følge af allerede planlagte indgreb, primært indsats over for spildevand fra spredt bebyggelse, og heraf vurderes en betydelig del at skifte fra DVFI = 4 til DVFI = 5. Der er en rimelig god overensstemmelse i de to skøn.

Ud fra ovenstående må det for alle 3 scenarier konkluderes, at den overvejende årsag til manglende målsætningsopfyldelse i 2015 er de fysiske forhold.

I amternes regionplaner er nogle vandløb målsat med en lempet målsætning. Det drejer sig ud over okker om følgende typer påvirkninger, hvor det er vurderet, at vandløbet ikke kan opnå en basis målsætning.

- Spildevandsafledning: typisk strækninger på 0,1-1 km i små - meget små vandløb hvor en spildevandsudledning udgør en meget væsentlig del af den samlede vandføring.
- Vandløb med reduceret sommervandføring som følge af vandindvinding.
- Vandafledning: små - meget små menneskeskabte vandløb som dræner/leder drænvand fra dyrkede arealer. Kunstige kanaler i afvandede områder, f.eks. pumpekanaler.

Det vurderes generelt, at vandløb målsat med en lempet målsætning i regionplanerne, ikke vil kunne opfylde DVFI ≥ 5 .

Det samlede omfang af de to første er formentlig relativt beskeden og i størrelsesordenen 100-200 km fortrinsvis små vandløb. Den tredje kategori vil indgå nedenfor.

Fysiske forhold

Vandløb med gode fysiske forhold forudsætter en god vandføring og gode faldforhold. Et sådant vandløb kan have afvekslende bundforhold og strømhastigheder, dybe partier skifter med lavvandede strækninger og vandløbet mæandrerer (slynger sig).

I nogle dele af landet er faldforholdene så ringe, at det har betydning for de fysiske muligheder for at opfylde en basismålsætning. Derudover er mange vandløbsstrækninger i landbrugsoplande stærkt regulerede og dybt nedskårne i terrænet af hensyn til vandafledning. De nødvendige ændringer for at skabe gode fysiske forhold kan være meget omfattende og medføre store økonomiske udgifter. Sådanne vandløb kan forventes at kunne udpeges enten som HMWB (Heavily Modified Water Bodies; stærkt modificerede vandområder) eller blive omfattet af undtagelsesbestemmelserne.

For at kunne gennemføre beregningerne er det nødvendigt at have som præmis, at nogle vandløb vil blive udpeget som HMWB eller omfattet af undtagelsesbestemmelsen. Af Tabel 3 fremgår hvilke forudsætninger for omfanget af HMWB, der ligger til grund for de videre beregninger.

Tabel 3. De beregningsmæssige præmisser vedr. omfanget af stærkt modificerede vandløb (HMWB) eller omfattet af undtagelsesbestemmelserne.

	Scenarie 1 DVFI ≥ 6	Scenarie 2 DVFI ≥ 5	Scenarie 3 DVFI ≥ 4
> 8 m	600	400	50
2-8 m	3.700	2.000	450
< 2 m	3.700	1.600	500
	8.000	4.000	1.000

Stærkt modificerede vandområder (HMWB) skal have et godt økologisk potentiale og god kemisk tilstand i henhold til VRD. Vandområder, der er omfattet af undtagelsesbestemmelserne målsættes med et mindre strengt miljømål, f. eks. moderat økologisk tilstand.

I beregningerne er antaget den præmis, at dette kan realiseres uden yderligere tiltag.

Forbedrede fysiske forhold

Forbedring af vandløbenes fysiske tilstand kan ske ved ophør af vandløbsvedligeholdelse. Herved kan vandstanden stige, hvilket betyder at de tilgrænsende jorder i mange tilfælde ikke kan anvendes som hidtil og må udtages. Udtag af jord langs vandløb er derfor den væsentligste årsag til omkostninger knyttet til målsætningsopfyldelse i vandløb. Omvendt er dette virkemiddel, som forårsager en vandstandsstigning, det eneste som kan bringes i anvendelse for at forbedre de fysiske forhold.

DMU har foretaget et groft skøn over omfanget af de arealer, der skal udtages med henblik på opnåelse af DVFI \geq 5 i vandløb (Tabel 4). Det er ved beregningerne forudsat, at der udtages arealer svarende til 10 gange vandløbsbredden, dvs. henholdsvis 3, 8 og 20 ha pr. løbende km vandløb for vandløb med bredder < 2 m, 2-8 m og > 8 m. Der er betydelige forskelle mellem landsdelene. De 10 gange bredden i arealudtag er en gennemsnitsantagelse. For nogle vandløb kræves ikke arealindskrænkning, men forholdene kan forbedres ved mere skånsom vedligeholdelse, simple forbedringer i og omkring vandløbene m.m., mens der for andre vandløb kan være behov for større indsats.

Der er for opnåelse af DVFI \geq 5 (scenarie 2) regnet med udtagning langs 3-5.000 km vandløb fordelt på størrelser som angivet i Tabel 4. Heri indgår ikke vandløb, som forventes udpeget som HMWB eller omfattes af undtagelsesbestemmelserne, jf. tabel 3. Det er i det følgende forudsat, at ikke alle vandløb kan opnå målsætningen i de forskellige scenarier gennem udtagning af arealer i omdrift. Årsagen hertil er, at vandkvaliteten ikke alle steder vil være tilstrækkelig god. Dette kan skyldes udledninger via overløb, udledning af spildevand fra spredt bebyggelse (hvor der ikke allerede forudsættes indsats inden 2015), pesticider, okker, søafløb eller lign. Derfor er vandløbslængden i tabel 4 reduceret i forhold til forskellen mellem tabel 2 og 3.

Tabel 4. De skønnede arealer som tages ud af omdrift for opnåelse af DVFI \geq 5 i vandløb (Scenarie 2).

Bredde	Vandløbslængde (km)	ha/km	Udtagning af arealer (ha)
> 8 m	300-400	20	6.000-8.000
2-8 m	1.700-2.500	8	14.000-20.000
< 2 m	1.000-2.100	3	3.000-6.000
I alt	3.000-5.000 km		23.000-34.000 ha

Det fremgår af Tabel 4, at i scenarie 2 skal der udtages 23.000-34.000 ha. Ved anvendelse af samme metode på scenarie 1 og 3 fås et skøn over arealudtagningsbehovet på henholdsvis ca. 40-70.000 ha og ca. 6-10.000 ha. Af disse arealer er de første 2 meter på hver side af vandløbet omfattet af de nuværende bræmmebestemmelser. I alt udgør de nuværende 2 meter bræmmer ca. 2000 ha.

Der vil i scenarie 1 med stor sandsynlighed være behov for yderligere tiltag ud over arealudtagningen, f.eks. i forhold til spildevandsrensning fra den spredte bebyggelse eller regnbetingede udledninger, som det ikke er muligt at kvantificere. Arealangivelserne er bruttotal og omfatter alle typer arealer, herunder også naturområder.

Der skal derudover bemærkes, at scenarie 1 repræsenterer en vandløbstilstand tæt på den naturlige. Det vil være meget svært at opnå i mange danske vandløb, hvilket også afspejles i, at en væsentlig andel forventes undtaget eller udpeget som HMWB. Et andet forhold, der bør bemærkes er, at vurderingen af udtagningsbehov kan være underestimeret, såfremt alle de resterende ådale skal mere eller mindre opgives i dyrkningsmæssig henseende.

Endelig må det forventes, at selv for de vandløb, som ikke vil kunne nå målet i scenarie 1, skal der ske en forbedrende indsats, såfremt de omfattes af undtagelsesbestemmelserne. Derfor er arealudtag for "scenarie 2" vandløbene indregnet i scenarie 1, og det samlede bud på arealudtag i forbindelse med scenarie 1 bliver således på ca. 85.000 ha i scenarie 1, men behæftet med meget stor usikkerhed.

Fysiske spærringer

Selvom dette element ikke indgår i dette notats kriterier for god økologisk tilstand, er fisk et biologisk kvalitetselement i VRD, og spærringer kan evt. være til hinder for målopfyldelse for dette kvalitetselement. Fyns Amt har i 2003 vurderet, at der er behov for en investering i størrelsesordenen 100 mio. kr. for at fjerne samtlige spærringer i de fynske vandløb. De fynske erfaringer er baseret på løsninger af meget høj kvalitet og medtager et meget stort antal spærringer. I adskillige af de tidligere amter og kommuner nåede man langt med fjernelse af spærringer.

Faunapassageudvalget nedsat af Fødevareministeriet i 2002 har vurderet, at sikring af optimal faunapassage ved opstemninger ved ferskvandsdambrug vil beløbe sig til ca. 200 mio. kr. Det må forventes, at øget brug af recirkulation, jvf. modeldambrugene, vil reducere behovet for opstemninger.

På baggrund af dette materialet samt oplysninger fra andre amter er der lavet et estimat på omkostningerne ved at sikre faunapassage ved de væsentligste spærringer. Der er i dette ikke medtaget mindre faunaforhindringer som rørlægnings, mindre styrt ved veje m.m. Desuden er det antaget, at der de seneste 4-5 år er sikret faunapassage en del steder, herunder ved en række dambrug.

En endelig udmelding vedr. indsatsen for faunapassage i forhold til vandrammedirektivet kan ændre på dette estimat i begge retninger. Da sådanne udmeldinger ikke foreligger, er det vanskeligt at relatere estimatet til et af scenarierne.

På den baggrund vurderes kompensationsomkostninger på i størrelsesordenen 3-400 mio. kr.

Løsningen af faunapassagen ved enkelte meget store opstemninger og/eller væsentlige erstatninger kan i sig selv ændre på dette estimat.

Vandløbsrestaurering

Vandløbsrestaurering anvendes til aktivt at fremskynde forbedrede fysiske forhold i vandløb. Mange vandløb vil, såfremt vedligeholdelsen ophører, alligevel opnå forbedrede fysiske forhold efter en årrække. Vandløbsrestaurering benyttes til at skabe forbedrede fysiske forhold i vandløb, hvor ophør af vedligeholdelse ikke er tilstrækkeligt. I det første tilfælde kan der argumenteres for, at den tilstrækkelige indsats er gjort, medens der i det sidste tilfælde kan argumenteres for, at der er tale om "stærkt modificerede vandområder" eller at de er omfattet af undtagelsesbestemmelsen. Der er behov for at vurdere i hvilket omfang vandløbsrestaurering skal anvendes i forbindelse med implementeringen af VRD. Der findes ikke en analyse af effekten af de mange gennemførte vandløbsrestaureringer, hvilket gør vurderingerne usikre.

Økonomisk analyse for vandløb

Realiseringen af målene for vandløb sker først og fremmest ved at forbedre de fysiske forhold. Der antages ophør med vandløbsvedligeholdelse, hvorfor omkostningen hidrører fra at hidtidige omdriftsarealer bliver mere vandlidende. Ophør med vandløbsvedligeholdelse medfører en omkostningsbesparelse. Opgørelsen er endvidere baseret på en nettoopgørelse af omfanget af vandløb, hvor VRD-målene kan realiseres. For scenarie 1, 2 og 3 er der således fradraget hhv. 8, 4, og 1.000 km vandløb (Tabel 3), jvf. den ovenfor omtalte præmis for beregningerne.

I tabel 5 herunder er forudsætningerne for beregningen vist.

Tabel 5. Forudsætninger for økonomisk analyse vedr. vandløb.

Vandløb	Velfærdsøkonomisk					
	Udtaget areal		Hektaromk.		Vandløbsvedligehold	
	ha	ha	kr/ha	kr/ha	kr/km	kr/km
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Scenarie 1	62.600	102.300	900	1.700	4.100	7.500
Scenarie 2	22.600	34.300	900	1.700	4.100	7.500
Scenarie 3	5.600	9.800	900	1.700	4.100	7.500

Nettoberegning: total længde vandløb minus længde vandløb, hvor VRD krav ikke vurderes at kunne opfyldes.

Omkostninger til vandløbsvedligeholdelse vurderes at være afhængig af vandløbsbredden, idet det alt andet lige vil være forbundet med lavere omkostninger pr. km vandløb at vedligeholde de smalle vandløb end de brede. Det fremgår nedenfor at den økonomiske analyse er særdeles følsom overfor prisen på vandløbsvedligeholdelse.

Baseret på disse forudsætninger kan de aggregerede konsekvenser for vandløbene opgøres, jf. tabel 6. Minimumsestimatet er beregnet baseret på minimumsværdierne for fysiske ændringer og enhedsomkostninger, og omvendt for maksimumestimatet. Gennemsnittet er beregnet som simpelt gennemsnit for min- og max-estimatet.

Det skal bemærkes, at analyserne ikke omfatter konsekvenser af fjernelse af fysiske spærringer i vandløb, egentlig vandløbsrestaurering eller evt. omkostninger til beskyttelse af infrastrukturanlæg. Endvidere er der tale om gennemsnitlige omkostninger i form af tabt velfærdsøkonomisk jordrente. Evt. statsfinansielle omkostninger til opkøb af arealerne er ikke inkluderet i denne analyse.

Tabel 6. Årlig velfærdsøkonomisk nettoomkostning vedr. vandløb.

	Velfærdsøkonomisk				Velfærdsøkonomisk			Omk. pr. km vandløb Kr/km
	Omkostning ved Arealudtagning		Sparet omk. til vandløbsvedligehold		Nettoomk.			
	1000 kr		1000 kr		1000 kr			
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	GNS	
Scenarie 1	58.100	173.900	42.200	123.800	15.900	50.200	33.000	620
Scenarie 2	20.300	58.300	12.300	37.500	8.000	20.800	14.400	900
Scenarie 3	5.000	16.600	4.200	13.200	800	3.500	2.100	380

Som det ses, andrager de gennemsnitlige årlige velfærdsøkonomiske omkostninger hhv. 33, 14 og 2 mio. kr. årligt i scenarie 1, 2 og 3.

Analysen viser også, at nettoomkostningerne dækker over væsentligt fordelingsmæssige effekter. Således vil gevinsterne i form af sparede omkostninger ved ophør med vandløbsvedligeholdelse tilfalde den myndighed som pt. har ansvar for denne opgave, medens omkostningerne som følge af arealudtagning bæres af jordejere, dvs. primært landbrugssektoren, eller alternativt staten, såfremt udtagningerne gennemføres ved opkøb af landbrugsjord. De sparede omkostninger til vandløbsvedligeholdelse er estimeret i budgetøkonomiske priser til hhv. 70, 21 og 7 mio. kr. årligt i scenarie 1, 2 og 3, medens de budgetøkonomiske omkostninger som følge af arealudtagning er estimeret til 92, 31 og 9 mio. kr. årligt

i scenarie 1, 2 og 3. Bemærk at de budgetøkonomiske omkostninger til arealudtagning er angivet som årlige netto-værdier og ikke engangsbeløb til evt. opkøb af jord.

Øvrige påvirkninger

Omkostninger til at forbedre forholdene på de vandløbsstrækninger, hvor målene ikke er opfyldt som følge af andre påvirkninger end de fysiske forhold gennemgås kort.

Den påvirkning, som kommer på grund af alger i afløbsvandet fra søerne, må forventes reduceret i takt med at forholdene forbedres i søerne. Omkostningerne til mål opfyldelse i disse vandløb afholdes således i "søregi".

Påvirkninger fra pesticider eller andre miljøfremmede stoffer er ikke inddraget i denne analyse.

Selvom der er udpeget en lang række vandløbsstrækninger i amternes regionplaner, hvor der skal ske en forbedret rensning af spildevand fra det åbne land, kan der være yderligere strækninger, som ikke er udpeget og hvor en rensning vil være nødvendig.

Hvor mange strækninger, det drejer sig om, er ikke muligt at angive.

Det kan anslås ud fra de hidtidige udpegninger fra amterne, at der i gennemsnit pr. km vandløb, som er forurenede af spildevand fra spredt bebyggelse, skal ske rensning på ca. 8 ejendomme.

Miljøstyrelsen 1996 angiver prisen for rensning fra en enkeltejendom til at ligge i intervallet 25-50.000 kr. inkl. ledningsarbejder (1996 priser). Danva (Rensning af spildevand i det åbne land, revideret 2005) oplyser en pris/ejendom til 52-67.000 kr./ejendom inkl. ledningsarbejder.

Der kan derfor estimeres en pris pr km. vandløb, hvor målet skal opfyldes via rensning i det åbne land på mellem 250.000 og 500.000 kr.

Der er i disse overslag alene regnet med individuelle løsninger og ikke kloakering m.m.

Den eneste måde at reducere påvirkningen fra eksisterende regnbetingede udløb er at bygge bassiner, som dels kan anvendes til at bundfælde organisk stof, dels forsinke afledningen og dermed reducere den hydrauliske påvirkning.

Prisen for at etablere et bassin på et gennemsnitsopland varierer meget afhængig af om det er åbne eller lukkede bassiner (Miljøstyrelsen 2006).

For et bassin på et gennemsnitsopland svinger den budgetøkonomiske omkostning mellem 1 og 10 mio. kr.

I to amter er der gennemført rimeligt systematiske tilsyn med påvirkningen fra overløb på vandløbenes tilstand.

Erfaringerne herfra viser, hvis det skaleres op til landsniveau, at der er ca. 120 strækninger i vandløb, hvor påvirkningen er så stor, at det forhindrer mål opfyldelse. Der er nok tale om et underestimat. Tages der højde for, at der er områder med tættere bebyggelse, er der nok nærmere tale om 2-300 strækninger.

Omkostningsestimaterne er ikke inddraget i den samlede økonomiske oversigt, idet vandløb i bymæssig bebyggelse bør vurderes meget nøje med henblik på, om de skal omfattes af undtagelserne eller udpeges som HMWB.

3. Søer

Til brug for analysen er der opstillet tre scenarier, jvf. Tabel 7.

I EU-interkalibreringen for søer indgår chlorofyl som eneste parameter. Fort lavvandede søer har DK indmeldt 22-28 µg chlorofyl/l og for de dybe søer er indmeldingen 12-15 µg chl./l. Der er en overordnet sammenhæng mellem chlorofylkoncentration og fosforkoncentration i søerne og det vil derfor være muligt at omregne en interkalibreret chlorofylkoncentration til en fosforkoncentration og dermed fosforbelastningen efter de retningslinier, som er beskrevet i nærværende notat.

Tabel 7 Årsmiddelsøkoncentrationen af fosfor i de tre scenarier. Dybe søer er defineret som søer med en gennemsnitsdybde over 3 m.

	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
Dybe søer	25 µg p/l	50 µg p/l	75 µg p/l
Lavvandede søer	50 µg p/l	100 µg p/l	125 µg p/l

Tabel 8 Chlorofyl og fosfor intervaller (fra Søndergård et al. 2003).

Fosforinterval µg P/l	25-50	51-100	101-200
Chlorofyl µg/l	6-13	13-22	22-56

Udgangspunktet for den videre analyse er de 27 intensivt undersøgte NOVA søer og den ligevægtskoncentration der i Baseline 2015 er vurderet vil være i ligevægt med den i 2015 forventede P-belastning (Iversen et al. 2006).

I VMP III er det besluttet, at landbrugets P-overskud skal halveres inden 2015, og at der skal etableres 50.000 ha randzoner ved frivillig omlægning af brakarealer. Randzoner vil reducere P-tilførslen til vandmiljøet med i størrelsesordenen 20 t P/år. En halvering af P-overskuddet i landbruget vil ikke reducere P-tilførslen til vandmiljøet, men vil alt andet lige på sigt medføre en fortsat stigning. Stigningen vil dog være mindre end hvis P-overskuddet ikke var blevet halveret. Det er ikke muligt at kvantificere effekten af et fortsat P-overskud på tilførslen til vandmiljøet. I scenarierne er det valgt at sætte den samlede effekt af de to tiltag til 0.

Brinkerosionen vides at kunne udgøre en væsentlig andel af den samlede fosfortilførsel (se Schou, 2007). Bidraget kan i ukendt omfang reduceres med yderligere virkemidler i vandløb og det vandløbsnære område ud over de 10 m randzoner, som allerede er vedtaget under VMPIII. Det drejer sig om virkemidler som ekstensivering, tidvise oversvømmelser i ådale og ophør af vandløbsvedligeholdelse, men ikke virkemidler af dyrkningsmæssig karakter.

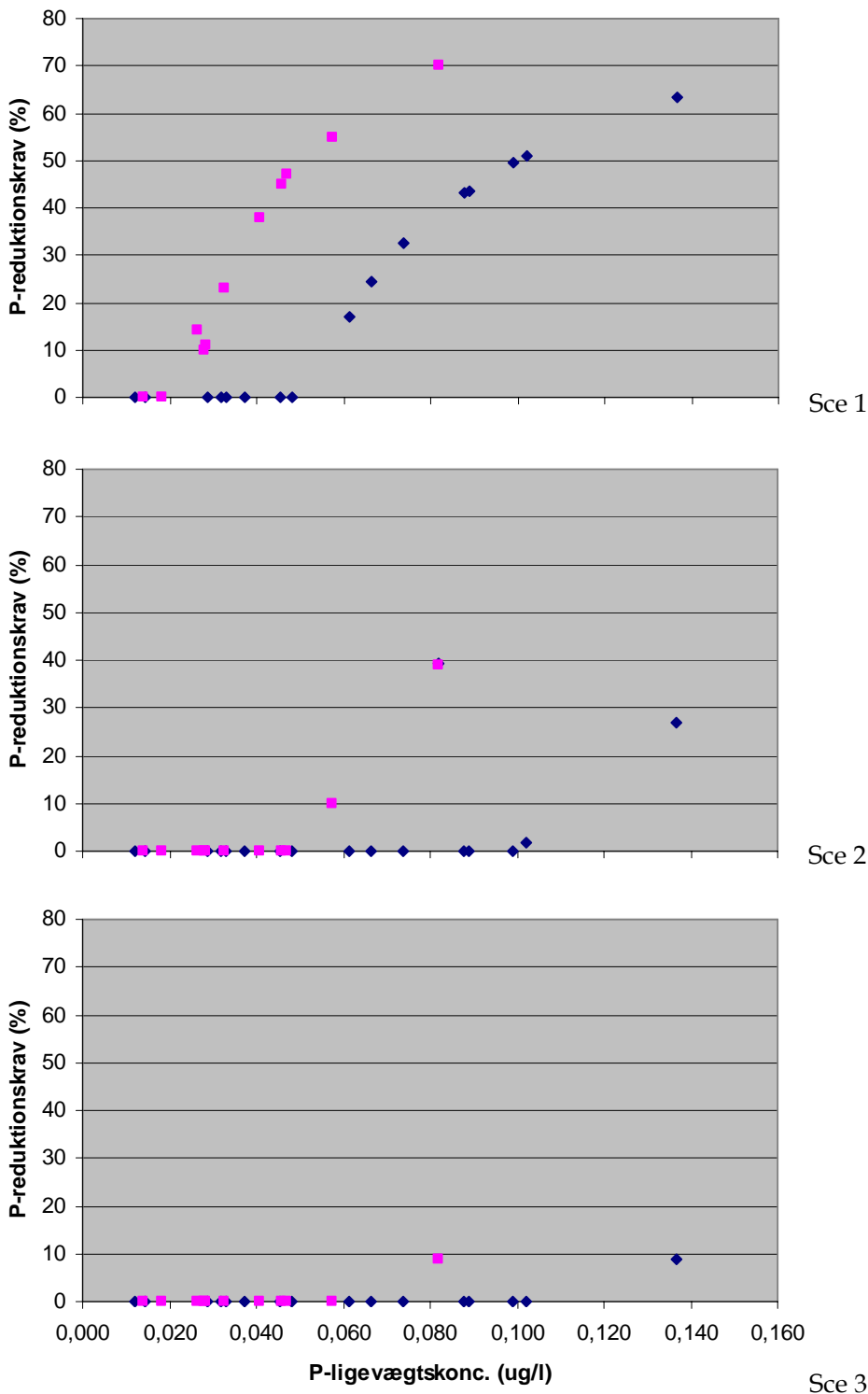
Overordnet set kan der forventes positiv effekt af de tiltag, der sættes ind for at opnå god tilstand i vandløbene (ændret vandløbsvedligeholdelse, se afsnit 2) på P belastningen af nedstrøms liggende søer, idet vandløbstiltagene vil føre til en ekstensivering af ådalene og på sigt til en reduceret brinkerosion. Da denne yderligere reduktion ikke kan kvantificeres, er den ikke indregnet i scenarierne.

Det fremgår af Tabel 9, at i scenarie 1 vil 17 af de 27 NOVA søer ikke opfylde målsætningen. I scenarierne 2 og 3 vil henholdsvis 4 og 2 søer ikke opfylde målsætningen med de tiltag, som er iværksat.

Tabel 9. Forventet målopfyldelse i de 27 NOVA søer i de tre scenarier. Scenarierne er beskrevet i Tabel 7. Beregningerne er foretaget på baggrund af den nuværende tilførsel og kildefordeling (2002-2004) af fosfor til søerne fratrukket en belastningsreduktion af den spredte bebyggelse med 90% (belastningen fra spredt bebyggelse bygger på generelle erfaringstal og er derfor usikker). Der er regnet med søer i ligevægt, dvs. hvor søkoncentrationen er bestemt af indløbskoncentrationen.

	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
Opfyldt	10	23	25
Ikke opfyldt	17	4	2
I alt	27	27	27

I Fig. 1 er vist det relative P-reduktions behov i de tre scenarier for hver af de 27 søer. I scenarie 1 er der et reduktionsbehov på op til 70%, medens det maksimale reduktionsbehov i scenarie 2 og 3 er henholdsvis ca. 40% og ca. 10%.



Figur 1. Krav til reduktion af indløbskoncentrationen af fosfor i de 27 overvågningssøer i de tre scenarier angivet som % af den nuværende fosfortilførsel og set i forhold til den nuværende ligevægtskoncentration når en 90% reduktion af den spredte bebyggelse er indregnet. Lavvandede søer (blå firkant) er søer med en middeldybde under eller lig med 3 m og dybe søer (pink kvadrat) er søer med en middeldybde større end 3 m.

Opskalering til landsplan

Usikkerheder ved ekstrapolation til alle danske søer

Det er forbundet med en række usikkerheder at overføre resultaterne fra de 27 søer til landsdækkende forhold, som illustreret ved følgende betragtninger:

1) Morfologi og næringsstofindhold. De 27 søer antages at repræsentere alle målsatte danske søer. Dette holder ikke helt, blandt andet fordi de 27 søer generelt er større, dybere og mindre næringsrige sammenlignet med NOVANA-programmets tilfældigt udvalgte danske søer over 5 ha (ekstensiv 1 søer, tabel 10). Medianindholdet af totalfosfor er 89 µg P/l i de 27 søer mod 120 µg P/l i ekstensiv 1 søerne og gennemsnitlig er totalfosforindholdet 129 µg P/l i de 27 søer mod 218 µg P/l i ekstensiv 1 søerne. Alt andet lige må der derfor forventes at være et større reduktionsbehov end det man får, hvis de 27 søer opskales til landdækkende forhold.

Tabel 10. Sammenligning af de 27 NOVA-søer med ekstensiv 1 (eks 1) undersøgte søer i NOVANA-programmet. Eks 1 søerne er alle over 5 hektar og omfatter data fra 35-71 tilfældigt udvalgte søer over hele landet. Se også Lauridsen et al. (2005).

	27 NOVA søer		Ekstensiv 1 NOVANA-søer	
	Gennemsnit	Median	Gennemsnit	Median
Oplandsareal (km ²)	73	25	26	14
Areal (ha)	267	44	81	22
Middeldybde (m)	4,0	2,7	2,7	1,6
Totalfosfor* (µg P/l)	129	89	218	120

*) Sommermiddel (27 søer: 2002-2004, eks 1 søer: 2004).

2) Oplandsareal. De 27 søer har et samlet oplandsareal på 1944 km², hvilket svarer til 4,4 % af Danmarks areal. Oplandsmæssigt er der blandt de 27 søer en markant dominans af sjællandske søer, hvor alene oplandet til de 4 store søer (Furesøen, Tystrup Sø, Tissø og Arresø) udgør 72 % af de 27 søers samlede opland.

I tabel 11 er angivet det totale oplandsareal til samtlige målsatte danske søer fordelt på forskellige arealanvendelser sammenlignet med andelen af landbrugsarealer i hhv. de 27 NOVA søer og de 13 "landbrugssøer" (se senere).

Tabel 11. Oplande (km²) til målsatte søer opdelt på forskellige arealanvendelser samt landbrugsandel af oplandet i NOVA søerne og en delmængde af disse søer.

Område	Landbrug total	Omdrift	Øvrige arealer	Total
Jylland	6.199	5.161	2.385	8.584
Fyn	237	200	92	329
Sjælland + Bornholm	1.646	1.299	1.026	2672
Total	8.082 (70%)	6.660	3.503	11.585
27 NOVA søer, gnst.	66%			1944
13 "landbrugssøer"	73%			1454

Opgørelsen skal anvendes i sammenhæng med forskellige virkemidler til at estimere omkostninger ved gennemførelse af de 3 scenarier.

3) Fosforbelastning. Den samlede fosforbelastning til de 27 søer er beregnet til 61 tons P per år, men dækker over meget store variationer fra sø til sø. Fosfortilførslen til to søer (Tystrup Sø og Arresø) dækker alene over halvdelen (55%) af de 27 søers samlede tilførsel.

4) Datamaterialets størrelse. Til brug for vurderingen af reduktionsbehovet for fosfor er der reelt kun 17 NOVA søer til rådighed, idet målene i scenarie 1 kan forventes opfyldt for 10 søer. Materialet er endnu mere spinkelt, når det drejer sig om scenarie 2 og 3.

Ekstrapolation til alle danske målsatte søer

Uanset at spildevand tilledt opstrøms søer typisk renses med en effektivitet på 95-97% af P-tilførslen, betyder spildevandstilledning i nogle søer ganske meget. For 6 af NOVA søerne er der tale om et punktkildebidrag uden bidrag fra spredt bebyggelse på > 30%.

Scenarie 1

For at kunne estimere behovet for reduktion i landbrugsbidraget er der lavet en analyse af de NOVA søer, som primært er påvirket af fosfortilførsel fra landbruget. Søerne som anvendes i analysen er udvalgt ud fra

- Et identificeret reduktionsbehov i scenarie 1 (dvs. de 17 søer i tabel 9)
- Søer med et væsentligt fosforbidrag (> 30%) fra punktkilder (ekskl. fra spredt bebyggelse) er gennemgået nærmere. For tre af søerne vil en reduktion i landbrugsbidrag være et væsentligt og nødvendigt bidrag til at nå målet, og dermed kan søerne indgå i en nærmere analyse vedr. landbrugsbidraget. For en sø er reduktionsbehovet allerede opfyldt med gældende udledningstilladelse for spildevand. To søer har ikke noget landbrugsopland af betydning
- En sø er fravalgt pga. højt P-indhold i grundvandet.

I alt 13 søer har således været til rådighed for analysen. Hele reduktionsbehovet er som udgangspunkt forudsat opfyldt ved reduktion i landbrugsbidraget. Gennem denne analyse er det beregnet, at for at nå målene i scenarie 1 for de 13 søer er der behov for en reduktion på i gennemsnit 0.12 kg P/ha landbrugsareal.

Opskaleringen til landsplan er foretaget ved en simpel forholdstalsberegning ud fra det samlede landbrugsareal i søoplandene som fremgår af tabel 11, idet de 13 søer udgør ca. 50 % af NOVA-søerne. Der er derefter antaget, at 50 % af det totale oplandsareal (til landbrugsformål) til danske søer skal have en lignende reduktion. Det er valgt at bruge antallet frem for arealfordeling af oplandet, idet der er to NOVA søer med meget store oplande.

Alene ud fra NOVA-søerne er der estimeret et samlet reduktionsbehov i landbrugsbidraget på ca. 50 ton fosfor.

Ved opskaleringen skal der tages hensyn til, at de 27 NOVA søer ikke er repræsentative for danske målsatte søer. Jvf. Tabel 10 er søkoncentrationen af totalfosfor i NOVANA-søerne betydeligt højere end i NOVA-søerne.

Et samlet estimat for reduktionsbehov fra landbrugsarealerne for at nå målene i scenarie 1 med de opstillede præmisser skønnes til 50-80 tons fosfor/år.

Scenarie 2

Beregning af reduktionsbehovet for den landbrugsbaserede tilførsel i scenarie 2 er ikke mulig på grundlag af NOVA søerne, idet antallet af søer med et reduktionsbehov ift. landbrugsbidraget er yderst begrænset.

I betragtning af, at ekstensiv 1 søernes fosforindhold som median er ca. 30% højere end i NOVA søerne (jf. tabel 10), vil der være en række søer, hvor en reduktion af landbrugets fosforbidrag vil være nødvendigt for at nå målet i scenarie 2.

Et ræsonnement kunne være, at når grænsen for målopfyldelse hæves til det dobbelte ved at gå fra scenarie 1 til scenarie 2 vil det betyde en halvering af reduktionsbehovet.

Reduktionsbehovet vil imidlertid være mindre end halvdelen af behovet i scenarie 1 jf. også at antallet af søer, hvor målet ikke kan nås, falder meget fra scenarie 1 til 2 (jf. tabel 9) Vandløb i landbrugsoplande har en gennemsnitlig fosforkoncentration på 120 ± 60 µg P/L (Bøgestrand et al, 2005), hvilket også

indikerer, at de fleste lavvandede søer vil kunne komme under 100 µg P/l i en ligevægtssituation uden yderligere tiltag.

Samme vil også være gældende for mange af de dybe søer.

Et bud på et reduktionsbehov kunne derfor være 10-20 ton P/år, hvor der i de efterfølgende beregninger tages udgangspunkt i 15 P/år.

På samme vis kan der gives et bud på, hvor store landbrugsarealer, der vil ligge i oplandet til søer, som ikke opfylder scenarie 2. Dette bud er 100-150.000 ha.

Scenarie 3

Samme ræsonnement kan videreføres i forstærket form for scenarie 3, idet grænsen hæves yderligere. Der vil dog være behov for en reduktion i nogle søoplande, og et bud kunne være 2-4 ton P/år og som beregningsgrundlag anvendes 3 ton/år. Dette scenarie er dog ikke analyseret videre.

Overslag for omkostninger for søer domineret af P fra landbrug - scenarie 1 og 2

Denne beregning relaterer sig til den opskalering, som er foretaget ovenfor. Opskaleret vurderes der at være et samlet landbrugsopland på ca. 400.000 ha (50 % af landbrugsarealet i samtlige søoplande i tabel 11) til søer, hvor der må forventes et reduktionskrav ved scenarie 1 til landbrugsbidraget. Det samlede reduktionsbehov er skønnet til 50-80 ton/år og der regnes med et gennemsnit på 65 ton/år. Der er en væsentlig begrænsning for, i hvor stort omfang de enkelte P-virkemidler kan implementeres, dvs. virkemidlernes potentiale. Der er foretaget en vurdering heraf på nationalt niveau. På grundlag af denne vurdering er virkemidlernes potentiale opgjort i procent af det samlede landbrugsareal, og den relative fordeling er overført til oplandsarealet på 400.000 ha. Tilsvarende er oplandet til søerne, som omfattes af scenarie 2 anslået til ca. 17 procent af det nationale oplandsareal svarende til 124.000 ha. Herved fås den potentielle implementering af P-virkemidlerne i denne scenarieanalyse (tabel 12 herunder).

I forhold til tabellen skal det bemærkes, at virkemiddel 5a og 5b retter sig mod det samme areal, og kun et af virkemidlerne kan sættes ind ad gangen. Ligeledes retter virkemidlerne 11 og 15 sig mod det samme areal og kun et af disse virkemidler kan iværsettes i fuldt omfang. Virkemiddel 12 retter sig mod flere typer risikoarealer og kan også kombineres med de ovennævnte virkemidler. Der er et ukendt omfang af overlap med virkemiddel 19. Virkemiddel 20 forudsætter at det kombineres med virkemiddel 12 for at opnå en effekt og arealet for virkemiddel 20 skal ligge indenfor de arealer der kan udpeges som egne for virkemiddel 12.

Tablet 12. Potentiel anvendelse af P-virkemidler nationalt samt for oplandene til scenarie 1 og 2, hektar.

Virkemiddel	Max areal nationalt	Scenarie 1	Scenarie 2
		Opland areal	Opland areal
5a. Krav om nedfældning	191.000	30.788	9.544
5.b. forbud frem til 1/4	191.000	30.788	9.544
11. Udelukke vintersæd	267.500	43.119	13.367
12 Undergødsning P	838.500	135.160	41.900
15 Vedvarende græs	267.500	43.119	13.367
16 Udyrkede randzoner	1.000	161	50
17. Udtagning højbund	267.500	43.119	13.367
18. Skovrejsning	267.500	43.119	13.367
19 Ekstensivering af ådale	100.000	16.119	4.997
20. Afbrænding af husdyrgødning	50.000	8.060	2.498
SUM	2.480.500	400.000	124.000

Kilde: Virkemiddelrapporten samt egne beregninger.

Effekten i form af P-tilbageholdelse ved etablering af ådale opstår alene på den del af arealet, som oversvømmes. I disse analyser antages det, at 50 procent af arealet, som udtages, også oversvømmes periodvis. Denne andel er fastsat på grundlag af overvågning foretaget for fire ådalsprojekter (Skjern å;

Odense Å: Brobyværk til Borrebybroen og Tørringe bæk; Brede Å), hvor gennemsnitligt 50 procent af det ekstensiverede areal var oversvømmet, varierende fra 30 til 75 procent.

I tabel 13a er resultaterne af beregningen vist (vedlagt separat).

Ved vurderingerne antages, at den gennemsnitlige reduktion af P-tabet skal svare til det fastsatte mål. Dette skyldes, at de angivne intervaller for P-tab knytter sig til de potentielle arealer, som er angivet i tabellen. Tiltag implementeret uden for disse arealer vurderes at have mindre eller slet ingen effekt på P-tabet. Derfor kan tiltagets enhedsomkostninger til brug for denne analyse også opgøres som forholdet mellem gennemsnittet af max og min omkostninger og max og min P-effekt.

Ønsket om omkostningsminimering betinger, at de mindst omkostningstunge virkemidler implementeret først, dvs. implementering af 6.500 ha ekstensivering i ådale, som er tiltaget med de laveste reduktionsomkostninger. Herved får en gennemsnitlig reduktion på ca. 65.000 kg P (39.000 til 90.000 kg P) årligt.

Den velfærdsøkonomiske omkostning er på gennemsnitligt 8 mio. kr. årligt (6 til 11 mio. kr.). Omfanget af arealudtagningerne vurderes ikke at have betydning for harmoniarealet på nationalt niveau og dermed husdyrproduktionens samlede størrelse.

I scenarie 2 vurderes reduktionsbehovet at kunne opfyldes ved etablering af 1.500 ha ekstensiverede ådale, hvilket giver en årlig omkostning i form af mistet jordrente på 2 mio. kr (tabel 13b).

Omkring virkemidlet ekstensivering af ådale, er der nogle problemområder, man skal være opmærksom på. Dels to rent faglige vedrørende omfanget af transport af partikelbundet P i vandet og en mulig frigivelse af gammelt fosfor i ådalsjorden, når den bliver vådere, som kan have betydning for virkemidlets endelige effekt. Dels er der spørgsmålet om, hvorvidt der reelt ligger ådale opstrøms de konkrete søer, som muliggør anvendelse af tiltag 19 "ekstensivering af ådale".

Derfor foretages en følsomhedsanalyse, hvor det antages, at kun 50 % af P-reduktionen nås gennem virkemiddel 19. I scenarie 1 betyder dette, at ekstensivering af ådale kun bidrager med 30.000 kg P pr. år; jf. tabel 13c (vedlagt separat). Dette suppleres derefter af virkemiddel 12 i kombination med nr. 20. Derefter følger nr. 16, 11 og 5b, idet 5b vælges frem for 5a grundet det større reduktionspotentiale. Virkemiddel 15 anvendes ikke, idet det retter sig mod de samme arealer som virkemiddel 11. Herved er der ikke yderligere arealer, hvor der kan implementeres virkemidler, og samlet fås kun en reduktion på 48.000 kg P årligt (19.000 til 77.000 kg P) svarende til ca. 0,1 kg P pr. ha. Den gennemsnitlige velfærdsøkonomiske omkostning er på 54 mio. kr. årligt (30 til 79 mio.). Følsomhedsanalysen for scenarie 2 er analog hertil, og øger omkostningerne til 16 mio. kr. årligt.

Selv om reduktionsmålet ligger inden for intervallet for summen af de samlede virkemidlers effekt, viser følsomhedsanalysen tydeligt, at realiseringen af målsætningen for søerne er stærkt afhængigt af mulighederne for at gennemføre ekstensivering af ådale, samt af at målrette øvrige tiltag mod arealer, hvor effekten er stor. Såfremt dette ikke - eller kun i begrænset omfang - er muligt, vil opnåelsen af målsætningen for søer, som primært er belastet af P fra landbrugs-kilder være vanskelig.

I forhold til scenarie 3, kan der ikke gennemføres en tilsvarende analyse, idet antallet af søer med reduktionsbehov vil være meget lille. Det vil derfor være tilfældigt, hvilke virkemidler der vil være relevante i de få oplande, hvor der skal ske en reduktion.

Bemærkninger vedr. virkemidler til P-reduktion til søer

Ved scenarie 1 skønnes der at være et reduktionsbehov på ca. 65 t P/år, og oplandet til søerne vurderes at omfatte ca. 16% af det danske landbrugsareal. Ved scenarie 2 vurderes, at reduktionsbehovet er ca. 15 t P/år, og oplandet til søerne vurderes at omfatte ca. 5% af det danske landbrugsareal.

For at fosfor fra landbrugsarealer skal belaste søerne, er det en forudsætning, at der sker et tab af fosfor fra markerne til vandløbene og en videre transport til søerne.

I vurderingen af virkemidler til begrænsning af søernes fosforbelastning inddrages:

- dels virkemidler, der er rettet mod at reducere den tilførsel, der sker med afstrømningen fra marker til vandløb
- dels ekstensivering og periodevis oversvømmelse af ådale, så fosfor, der er kommet ud i vandløbene, bundfældes her, før det når søerne.

Ekstensivering og delvis oversvømmelse af ådale er det virkemiddel, der giver de laveste velfærdsøkonomiske omkostninger for reduktion af fosforbelastningen pr. kg. Ud fra gennemsnitsbetragtninger skulle scenarie 1 kunne opfyldes alene ved brug af dette virkemiddel. En reduktion på 65 t P kan opnås på 6.500 ha ekstensiveret ådal til en velfærdsøkonomisk omkostning på 8,5 mio. kr./år eller 130 kr./kg P. For scenarie 2 er de tilsvarende tal 15 t P, 1.500 ha, 2 mio. kr./år og 130 kr./kg P.

Imidlertid forudsætter virkemidlet både, at de geografiske forhold opstrøms i en given sø egner sig til etablering af lejlighedsvis oversvømmede ådale, og at undersøgelser forud for ekstensivering af en ådal godtgør, at der ikke er tale om en type lavbundsjord, hvor der tværtimod er risiko for, at den fosfor, der tidligere er ophobet under opdyrkning og drift, frigives ved etablering af reducerende forhold.

Derfor er det ikke sikkert, at ekstensivering af ådale er mulig opstrøms alle søer. Som konsekvens heraf, er der også lavet en beregning, hvor kun halvdelen af behovet for reduktion af fosfortilførslen dækkes ved ekstensivering, medens resten søges dækket ved virkemidler, der sigter mod at stoppe P, før det når vandløbet.

Denne beregning viser, at anvendelse af alle til rådighed værende virkemidler i scenarie 1 skønnes at kunne bidrage med en reduceret belastning på ca. 50 t P/år ved en velfærdsøkonomisk omkostning på 54 mio. kr./år eller ca. 1.100 kr./kg. P. For scenarie 2 er reduktionspotentialet ca. 12 ton P ved en velfærdsøkonomisk omkostning på 16 mio. kr./år eller ca. 1.300 kr./kg.

Ifølge scenarieregningerne er mulighederne for og omkostninger ved at realisere scenarierne dermed afhængige af, i hvor høj grad reduktionsbehovet kan realiseres ved ekstensivering af ådale. Den mere præcise viden, der opnås ved VMP III forskningsprojekterne, vil sandsynligvis føre til, at det også bliver muligt at rette virkemidler på markniveau mod de arealer, hvor P-tabet er størst.

Fremskrivning af søernes tilstand i 2015 samt tidsspænd til målopfyldelse.

Det kan tage mange år fra den eksterne belastning reduceres til effekten er slået fuldt igennem i en sø.

For at illustrere denne problemstilling er der lavet beregninger på 9 søer - dels hvilken tilstand de vil have i 2015, dels hvornår søkoncentrationen kommer ned på de niveauer, som er sat for de 3 scenarier. En af forudsætningerne for beregningerne har været, at det samlede reduktionsbehov er gennemført i 2012.

Generelt viser beregningen, at ingen af søerne når målet i scenarie 1 inden 2015, kun 3 af søerne vil være tæt på scenarie 2 i 2015, mens målet i scenarie 3 nås eller er tæt på inden 2015 for 5 af søerne.

Det beregnede tidspunkt for, hvornår de 9 søer så rammer grænserne i de tre scenarier, viser, at det for scenarie 1 generelt ligger meget langt ude i fremtiden.

Nogle få søer vil nå målet i scenarie 2 inden 2027, mens de fleste vil kunne nå målet i scenarie 3 inden 2027.

Den anvendte model er meget konservativ og tager ikke hensyn til "spring" - dvs. at der sker ændringer i de biologiske forhold som får en sø til at skifte til en klarvandet tilstand. Derfor er tidsberegningen for målopfyldelse overestimeret og der må forventes et skifte noget tidligere end modellen forudsiger.

De erfaringer, der er findes, viser, at indsvingstiden kan være 10-15 år enkelte gange mere (Jeppesen et al. 2005).

Spildevandspåvirkede søer

Spildevand relaterer sig i denne sammenhæng alene til renseanlæg for bysamfund og fælles/separate overløb.

6 af NOVA søerne modtager en større del af fosforbidraget fra renseanlæg og overløb og som tidligere nævnt modtager 3 af dem samtidig et væsentlig bidrag fra landbruget.

Generelt er reduktion i fosforbidraget fra spildevand i de 3 tilfælde meget omkostningstungt med reduktion af de regnbetingede udledninger som langt det dyreste. Samtidig er de totale mængder, der kan hentes ved optimering af spildevandsrensningen ofte små. Det skyldes, at de fleste af renseanlægene i forvejen renser særdeles effektivt.

En vurdering af de 3 søer viser, at de 2 vil kunne nå målet i scenarie 1 stort set udelukkende via tiltag i landbruget og at dette også vil være det mest omkostningseffektive.

Den 3. sø vil uanset alle virkemidler bringes i anvendelse næppe kunne nå målet i scenarie 1, men nå det i scenarie 2 udelukkende ved indgreb i landbrugstilførslen, som det mest omkostningseffektive.

Eksemplerne her kan illustrere, at forbedret rensning på eksisterende renseanlæg og regnbetingede udledninger kun i specielle tilfælde vil indgå som et virkemiddel, der skal tages i brug for at opnå målene selv i scenarie 1, såfremt fosforreduktionen skal foretages mest omkostningseffektivt.

Det skal dog understreges, at denne vurdering af enkelt søer er lavet ud fra de generelle antagelser m.m. her i notatet, og at en nærmere analyse af de lokale forhold i forbindelse med vandplanen vil kunne give et andet resultat.

For de sidste tre spildevandspåvirkede søer gælder, at målet i scenarie 1 vil blive nået for én, mens forholdene omkring de to sidste vurderes så specielle, at de ikke kan bidrage til nogle generelle betragtninger.

Indsatser for at fremskynde mål opfyldelse til 2015

De indsatser, der indenfor en kort årrække bedst kan reducere fosfortilførslen fra landbrugsarealer, er etableringen af oversvømmede ådale - forudsat der ikke er en fosforfrigivelse fra jorden - samt sikring af erosionstruede arealer. Effekten af andre tiltag til at reducere fosfortilførslen fra de dyrkede områder som f. eks. undergødskning på risikoområder vil først vise sig på længere sigt - også selvom yderligere tilførsel af fosfor stoppes helt.

En reduktion af tilførslen til søerne fra 2012 vil jf. afsnittet om fremskrivning af søtilstanden ikke give væsentlige ændringer i søtilstanden allerede i 2015.

Udviklingen i søer, hvor den eksterne tilførsel af fosfor er nedbragt, kan fremskyndes med forskellige teknisk/biologiske tiltag, hvor hovedgrupperne er følgende (Søndergård et al 2007: In prep):

Ændring af søens biologiske system:

- Fjernelse af "skidtfisk" (biomanipulation)
- Udsætning af rovfisk.

Reduktion af intern belastning:

- Sedimentfjernelse
- Fiksering af fosfor i sediment (aluminiumtilsætning)
- Iltning af bundvand (kun effekt i lagdelte søer).

Metoderne kan kombineres i visse tilfælde, men skal tilpasses den enkelte søs forhold.

En helt afgørende forudsætning for et vellykket indgreb er, at den eksterne fosfortilførsel er nedbragt tilstrækkeligt.

Desuden skal man være opmærksom på, at for visse tiltag, f. eks. opfiskning, kan det være nødvendigt med gentagne "behandlinger", og dermed at der kan blive tale om en naturpleje på linie med plejen af tørre naturtyper.

Andre typer indgreb f. eks. iltning skal foretages over en lang årrække for at have en permanent effekt.

Endelig skal det nævnes, at de målte effekter af de forskellige indgreb er ret forskellige, bl.a. fordi forudsætningen om en reduceret ekstern tilførsel ikke altid har været opfyldt.

Der skal derfor foretages en nøje analyse af den enkelte sø, før et indgreb sættes ind

Omkostningerne til en fremskyndelse af en forbedret tilstand i en sø er meget afhængig af søens type (dybde m.m.), beliggenhed (bynært, let tilgængelig osv.) samt metode.

Nogle af metoderne er kun afprøvet i større skala i ganske få søer, hvilket øger usikkerheden på et estimat.

Der tages udgangspunkt i, at der er ca. 500 målsatte søer > 5 ha i amternes regionplaner og dermed i basisanalysen iht. miljømålsloven, samt at en "gennemsnitssø" er ca. 80 ha (se tabel 10)

Følgende cases kan illustrere omkostningsniveauerne:

Sedimentfjernelse:

I Brabrand Sø (153 ha) ved Århus blev der over en årrække fjernet i alt 500.000 m³ sediment til en samlet omkostning på ca. 22,5 mio. kr. (gennemsnitlig budgetøkonomisk engangsomkostning på 45 kr./m³ eller 147.000 kr./ha sø). En gennemsnitssø på 80 ha er ca. det halve af Brabrand Sø's størrelse. Da sedimentlaget i Brabrand Sø var stedvis tykt og arbejdet foregik bynært m.m. kan man ikke blot halvere omkostningerne fra Brabrand sø, men må forvente en pris under 10 mio. kr. for sedimentfjernelse i en gennemsnitssø.

Der er mange lavvandede søer, der som Brabrand Sø har et fosforholdigt sediment.

Som det fremgår af fremskrivningen af søtilstanden kan man forvente, at de fleste af søerne ikke vil have nået målet i scenarie 1 i 2015 og som derfor vil være kandidater til et indgreb for at fremskynde forbedringen.

Såfremt sedimentfjernelse skal sættes ind bredt kan der samlet set være tale om meget store engangsomkostninger.

Beregningerne af 9 søers tilstand i 2015 viser, at også i scenarie 2 vil der være en meget stor del af søerne, som endnu ikke vil have nået målene.

For denne gruppe af søer vil en sedimentfjernelse være et muligt virkemiddel for at nå målet hurtigere.

Behovet for forbedrende tiltag i selve søen vil i scenarie 3 være begrænset til få søer.

Opfiskning:

I Søndergård, 2007 er det angivet, at opfiskning i gennemsnit koster 13.000 kr./ha søareal.

For en gennemsnitssø vil det betyde en budgetøkonomisk omkostning for én behandling på ca. 1 mio. kr. Som tidligere bemærket kan det være nødvendigt med gentagne behandlinger.

Det fremgår af fremskrivningen af søtilstanden, at man kan forvente, at de fleste af søerne ikke vil have nået målet i scenarie 1 i 2015, og derfor vil være kandidater til et indgreb for at fremskynde forbedringen.

Mange af disse søer vil have en ubalance i fiskebestanden som måske kan rettes op ved en opfiskning.

Såfremt opfiskning skal sættes ind bredt kan der samlet set være tale om store engangsomkostninger samt løbende omkostninger til gentagne opfiskninger.

Beregningerne af 9 søers tilstand i 2015 viser, at også i scenarie 2 vil der være en meget stor del af søerne, som endnu ikke vil have nået målene i scenarie 2.

For denne gruppe af søer vil en opfiskning være et muligt virkemiddel for at nå målet hurtigere.

Iltning:

Det bedst kendte og længstvarende eksempel på iltning er Hald Sø ved Viborg. Iltningen er foregået over en 20-årig periode med skiftende mængde ilt. Samlet har omkostningerne været 6,5 mio. kr. svarende til ca. 20.000 kr. pr ha søoverflade.

Iltning vil ikke være et indgreb, som i løbet af få år vil resultere i en bedre tilstand og dermed målopfyldelse. Indgrebet er derfor ikke interessant i forhold til en målopfyldelse allerede i 2015.

4. Marine områder

Den danske indmelding til EU's interkalibrering for kystvande har været en reduktion på 25-30% i ålegræssets dybdeudbredelse set i forhold til en referencesituation. Scenarie 2 (25% reduktion) anses for at ligge så tæt på den danske indmelding, at det, når der henses til usikkerheder i beregningerne, beskriver konsekvenserne af denne indmelding godt.

Analysen i dette notat tager udgangspunkt i tre konkrete kystvande (Odense Fjord, Mariager Fjord og Limfjorden), hvorfra der foreligger et betydeligt datagrundlag. Den valgte indikator er ålegræssets dybdeudbredelse, defineret som den største dybde med mindst 5% af havbunden dækket af ålegræs, da graden af eutrofiering af vandmiljøet og ålegræssets dybdeudbredelse har kunnet beskrives med empiriske modeller (Nielsen et al. 2002; Middelboe og Markager 1997).

Fremgangsmåden i scenarieberegningerne for Odense Fjord og Mariager Fjord beskrives kort her. For de enkelte fjordområder er der med baggrund i historiske data og litteratur fra omkring år 1900 fundet dybdeudbredelse af ålegræs (Reinke 1889, Rosenwenge, 1896 og Ostenfeld, 1908). Disse udgør definitionsgrundlaget for referencetilstanden.

Ud fra en landsdækkende regression mellem dybdeudbredelse af ålegræs og sommerkoncentrationer af total N (Nielsen et al. 2002) kan der beregnes en dertil svarende årlig total N koncentration.

Der laves tre scenarier. I scenarie 2 målet er den kvælstofkoncentration, der svarer til en 25% reduktion af referencetilstanden for dybdeudbreddelsen af ålegræs. Scenarie 1 og 3 er defineret som henholdsvis

0,75 og 1,5 gange koncentrationen i scenarie 2. De anvendte koncentrationer i Odense Fjord og Mariager Fjord fremgår af Tabel 14.

Koncentrationerne i Tabel 14 kan via stedspecifikke regressioner mellem total N og kvælstofbelastning til de enkelte fjordområder omregnes til et konkret belastningstal for fjordområdet (Ærtebjerg et al. 2004) i ton kvælstof tilført fra oplandet pr. år.

Tabel 14. Anvendte kvælstofkoncentrationer til scenarieberegningerne i Odense Fjord og Mariager Fjord.

Total kvælstof $\mu\text{gN/l}$	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
Odense Fjord	408	544	816
Mariager Fjord	410-625	547-834	820-1251

De konkrete belastninger til Mariager og Odense Fjord, som skulle sikre målene i scenarie 1, 2 og 3, holdes op mod den fremskrevne kvælstofbelastning for 2015 (baseline) for de udvalgte fjordområder. Denne er fundet ved at arealkorrigere den fremskrevne kvælstofbelastning for 2015 for farvandsområder, jf. Baseline 2015 (Iversen et al. 2006). Den fremskrevne kvælstofbelastning for 2015 for de enkelte fjordområder er i rimelig overensstemmelse med lignende opgørelser foretaget af amterne (pers. kom. Mikael Hjorth Jensen, Fyns Amt og Poul Nordemann, Århus Amt).

De nødvendige reduktioner i kvælstofbelastningen fra land i forhold til baseline i 2015 kan dermed skønnes. I Limfjorden har angrebsvinklen været anderledes (se nedenfor).

Odense Fjord

Kvælstofscenarieberegninger for Odense Fjord fremgår af Ærtebjerg, G. et al. (2004), og resultaterne skal kort opsummeres her. Odense Fjord kan deles op i inder- og yderfjord, hvor der i yderfjorden i Ostenfeld (1908) angives en dybdeudbredelsesgrænse af ålegræs på 6-7 meter. Referencetilstanden blev defineret til 6 meter for yderfjorden (Fyns Amt 2003). Der foreligger ikke historiske registreringer for inderfjorden, og derfor er beregningen alene gennemført i forhold til yderfjorden.

Den fremskrevne kvælstoftilførsel til Odense Fjord i 2015 er ca. 1600 tons kvælstof, og i Tabel 15 ses de nødvendige yderligere reduktioner i kvælstofbelastningen til fjorden i de tre scenarier. Den nuværende gennemsnitlige (1980-2005) belastning er ca. 2200 tons N/år (pers. kom. Mikael Hjorth Jensen, Fyns Amt).

Tabel 15. Det beregnede yderligere N-reduktionsbehov i Odense Fjord i tre scenarier.

	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
N-reduktionsbehov			
t N/år	1.040	360	40
%	63	24	2

Det fremgår af Tabel 15, at N-reduktionsbehovet i de tre scenarier falder fra 63% i scenarie 1 til 2% i scenarie 3.

Mariager Fjord

Der er en meget begrænset mængde historiske data på dybdeudbredelse af ålegræs i Mariager Fjord. Rosenvenge (1896) angiver en dybdeudbredelse af ålegræs på 2 meter i inderfjorden. Denne dybde er i overensstemmelse med, at det på grund af morfologien i inderfjorden ikke er muligt for ålegræsset at etablere sig, da skrænterne ned mod den dybe del af inderfjorden (Dybet) er for stejle. Dette forhold er ikke gældende i samme grad i yderfjorden. Det er derfor valgt, at gennemføre beregningerne ud fra to referencetilstande for ålegræs dybdeudbredelse på henholdsvis 4 og 5,5 meter, som gælder generelt for danske inder- hhv. yderfjorde (Dahl et al. 2005; Ostenfeld 1908).

De skønnede nødvendige reduktioner i kvælstofbelastningen for Mariager Fjord ses i Tabel 16, hvor udgangspunktet er en forventet kvælstofbelastning på ca. 700 tons kvælstof i år 2015. Den nuværende kvælstoftilførsel til Mariager Fjord er ca. 1.400 t N/år (pers. kom. Else Hvass, Nordjyllands Amt), og

der er en meget betydelig forsinkelse fra tiltag implementeres og til effekten ses i fjorden (i størrelsesordenen 20-30 år).

For Mariager Fjord er der stor usikkerhed ved den anvendte metode til beregning af kvælstofreduktioner både på grund af det begrænsede historiske materiale på referencetilstand for ålegræssets dybdeudbredelse og fordi sammenhængen mellem kvælstofkoncentrationer (total N) og kvælstofbelastning til fjorden er behæftet med store variationer.

Nordjyllands og Århus amter har udarbejdet en handlingsplan for Mariager Fjord, og miljømålene i denne plan er rimeligt sammenlignelige med scenarie 2. I handlingsplanen vurderes det, at en kvælstofbelastning i 2015 på ca. 640 tons N vil muliggøre målsætningsopfyldelse, medens det tilsvarende estimat i nærværende analyse er i størrelsesordenen 700 tons N. Der er overordnet god overensstemmelse mellem de to vurderinger.

I amternes handlingsplan er der også forudsat en reduktion i fosforbelastningen.

Tabel 16. Det beregnede yderligere N-reduktionsbehov i Mariager Fjord ved antagelse af en referencetilstand for dybdeudbredelse af ålegræs på henholdsvis 4,0-5,5 m.

	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
N-reduktionsbehov			
t N/år	172 – 441	-89 – 270	Opfyldt med VMPIII
%	24 – 63	-13 – 38	

Det fremgår af Tabel 16, at der er et betydeligt yderligere reduktionsbehov i scenarie 1, at reduktionsbehovet i scenarie 2 er tæt på nul, og at der ikke er yderligere reduktionsbehov i scenarie 3.

Limfjorden

Angrebsvinklen for Limfjorden adskiller sig fra de to øvrige, idet der er taget udgangspunkt i den handlingsplan, som amterne i oplandet til Limfjorden har udarbejdet. I denne handlingsplan er udgangspunktet for belastningsberegningerne et mål om sigtddybde og ikke en dybdegrænse for ålegræssets udbredelse. Da der er en empirisk relation mellem sigtddybde og dybdegrænse kan Limfjordsscenariet anvendes. Oplysningerne er hentet fra rapporter udarbejdet til Limfjordsamterne (bl.a. DMU nr. 577 "Limfjordens miljøltilstand 1985 til 2003" og Nordjyllands amt m.fl. 2007).

Ålegræssets dybdegrænse i Limfjorden var ca. 5,5 m omkring år 1900 (Ostenfeld 1908), og en 25% reduktion i forhold til det er en dybdegrænse på ca. 4,1 m.

Det overordnede mål i Limfjordsamternes handlingsplan er en sigtddybde på i gennemsnit 4,5 m. En sigtddybde på 4,5 m vil kunne resultere i en dybdegrænse for ålegræs på ca. 3,9 m (Nielsen et al. 2002), svarende til en 29% reduktion i forhold til referencetilstanden.

Den nuværende belastning er på ca. 18.000 ton N/år og tilførslen er ved fuld effekt af VMP III vurderet til ca. 12.000 ton N. I forbindelse med amternes handlingsplan er der udarbejdet et scenarie på en tilførsel på 10.000 ton N/år.

En tilførsel i denne størrelse er vurderet generelt at medføre en sigtddybde på 4,5 m i Limfjorden og er dermed overordnet sammenligneligt med scenarie 2.

Der forudsættes også et niveau for fosfortilførslen til Limfjorden.

Scenarie 1 og 3 er i denne sammenhæng en simpel skalering af kvælstofbelastningen fra scenarie 2 med hhv. 0,75 og 1,5.

Tabel 17. N-reduktionsbehov i tre scenarier for Limfjorden.

	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
N-reduktionsbehov t N/år	4.500	2.000	Opfyldt med VMPIII –
%	37	16	

Opskalering til landsplan

I Tabel 18 er resultaterne fra de tre analyserede marine områder sammenstillet. Opskaleringen er foretaget ved at vægte de tre områder efter deres oplandsareal, dog sådan at negative værdier er sat til nul. En ekstra reduktion i en fjord forbedrer ikke situationen i en anden fjord. Den ekstra reduktion, der opnås herved, vil dog komme de mere åbne farvande til gode og nedbringe risikoen for iltsvind.

Udgangspunktet har været, at oplandet til danske fjorde og lukkede kystvande er ca. 30.000 km² (Kaas et al 1996). Opskaleringen er forbundet med stor usikkerhed, hvilket er forsøgt afspejlet i usikkerheden på de nationale tal i Tabel 18 (intervallerne er ikke baseret på beregninger, men på bedste samlede vurdering).

Opskaleringen er meget styret af Limfjorden med langt det største opland og dermed med de usikkerheder og den tilgang, som ligger i Limfjordsscenarioet. Det vurderes dog, at oplandets størrelse og sammensætning gør estimatet på landsplan mere kvalificeret.

Miljøstyrelsen har alene på baggrund af Odense Fjord data lavet et estimat af det yderligere behov for national kvælstofreduktion (svarende til scenarie 2) til ca. 5.000 ton/år. (Jens Brøgger Jensen, pers. komm.). Tages der højde for, at der i Miljøstyrelsens estimat er taget udgangspunkt i en lavere nutilførsel til Odense Fjord end i dette notat, er der rimelig overensstemmelse mellem de to estimater.

Tabel 18. Beregnede yderligere N-reduktionsbehov i forhold til Baseline 2015 i 3 marine områder og skaleret op til nationalt niveau.

	Oplandsareal km ²	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
Odense Fjord	1.059	1.000	400	40
Mariager Fjord	572	200 – 400	-100 - 300	Opfyldt med VMPIII
Limfjorden	7.510	4.500	2.000	Opfyldt med VMPIII
De tre vandområder	9.141	5.800	2.600	40
Nationalt		15-25.000	6-11.000	100-200

Bemærkninger vedr. de marine områder

Gennemgangen af fjordscenarierne viste, at nogle fjorde var mere styret af andre forhold end den empiriske sammenhæng mellem ålegræssets dybdeudbredelse og næringsstofforholdene. De beregnede tal er dermed ikke et absolut udtryk for den forventede miljøtilstand i scenarierne. Sammenhængene i Nielsen et al. 2002 er generelle landsdækkende sammenhænge, hvilket bidrager til usikkerheden.

Reduktionsscenarioerne har taget højde for kvælstofbelastninger fra land og for de direkte tilførsler inkl. atmosfæriske bidrag. Derimod er betydningen af import af kvælstof til fjordene fra de åbne farvande fx Kattegat, og Nordsøen, og som er betydende for fjordsystemerne, ikke indregnet i scenarierne.

Der er alene fokuseret på kvælstof i scenarierne for de marine områder. Fosfor spiller, specielt i lukkede fjordsystemer også en rolle og der kan derfor også være et reduktionsbehov for fosfor (f. eks. Mariager Fjord eller Limfjorden).

Overblik over omkostninger for marine områder

Denne beregning relaterer sig til tre scenarier for reduktion af N-belastningen til de danske fjorde og indre farvande, som er omfattet af VRD. De tre scenarier adskiller sig bl.a. ved, at omfanget af marine områder, som forventes omfattet, er forskellig, hvilket betyder, at oplandsarealet indsnævres til kun at omfatte de mere belastede fjorde i scenarie 2 og kun de mest belastede i scenarie 3. Scenarie 1 omfatter hele Danmark, hvor 70 procent af landbrugsarealet (1.900.000 ha) er opland til de marine områder. I scenarie 2 antages kun 2/3 af oplandene omfattet (1.260.000 ha) og i scenarie 3 kun 1/3 (630.000 ha).

Inden for oplandene har de enkelte N-virkemidler en maksimal implementering, som betinger deres potentiale. Der er foretaget en vurdering heraf på nationalt niveau i virkemiddelrapporten. På grundlag af denne vurdering er virkemidlernes potentiale opgjort i procent af det samlede landbrugsareal, og den relative fordeling er overført til oplandarealet i de tre scenarier. Herved fås den potentielle implementering af N-virkemidlerne i denne scenarieanalyse (tabel 19). Det bemærkes, at summen af potentielle arealer inden for oplandene overstiger oplandsarealerne, hvilket skyldes, at en række af virkemidlerne "konkurrerer" om det samme areal.

Tabel 19. Potentiel anvendelse af N-virkemidler nationalt samt for de tre scenarier, hektar.

Nr.	Virkemiddel	MAX im-	MAX implementering		
		plementation	OPLANDE		
		Nationalt	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
1	Økologisk malkekvæg	40.000	28.000	18.760	8.960
2	Ammoniakgødning	30.000	21.000	14.070	6.720
3	Efterafgrøder	250.000	175.000	117.250	56.000
4	Optimeret efterafgrøder	250.000	175.000	117.250	56.000
6	Reduceret N-norm til 80%	2.200.000	1.540.000	1.031.800	492.800
7	Slæt i stedet for afgræsning	48.000	33.600	22.512	10.752
8	Red. N til græsmarker	48.000	33.600	22.512	10.752
9	Efterafgrøder efter ompløj.	98.000	68.600	45.962	21.952
10	Tidlig såning af vintersæd *	0	0	0	0
13	Handelsgødning isf dybstrø.	250.000	175.000	117.250	56.000
14	Energiafgrøder	40.000	28.000	18.760	8.960
17	Udtagning, højbund	2.000.000	1.400.000	938.000	448.000
18	Skovrejsning	40.000	28.000	18.760	8.960
19	Ekstensivering af ådale	100.000	70.000	46.900	22.400
20	Afbrænding af husdyrgødning	50.000	35.000	23.450	11.200

Kilde: Schou et al. samt Uffe Jørgensen og Brian Jacobsen, pers. Komm.

* Se tekst for forklaring.

Ved vurderingerne skal det betones, at de angivne intervaller for N-tab knytter sig til de potentielle arealer, som er angivet i tabellen. Tiltag implementeret uden for disse arealer vurderes at have mindre eller slet ingen effekt på N-belastningen af de relevante recipienter. For visse af virkemidlerne, f.eks. omlægning til økologisk malkekvæg, er det potentielle areal sat til et lavere niveau end, hvad der er vurderet teknisk muligt. Dette er gjort for at afspejle særligt usikkerheden vedr. udviklingen i implementeringsomkostningerne, såfremt virkemidlerne skal få en meget bred anvendelse.

Resultatet af vurderingerne er vist i tabel 20 a, b og c (vedlagt separat).

I scenarie 1 er målet en gennemsnitlig reduktion i N-belastningen på gennemsnitligt 20.000 ton N årligt. Ønsket om omkostningsminimering betinger at de mindst omkostningstunge virkemidler implementeres først, dvs. nr. 1, 2, 7 og 14. Disse vurderes alle at kunne implementeres teknisk/økonomisk inden for det angivne potentiale uden mer-omkostninger. Teknisk set er der et større arealpotentiale, men der kan blive tale om stigende omkostninger.

Det bemærkes at virkemiddel 10 ikke er inkluderet, idet det vurderes særdeles vanskeligt at kontrollere. Endvidere kan de to efterafgrøde-tiltag "efterafgrøder" og "optimerede efterafgrøder" implementeres samtidigt, dvs. deres effekt er additiv. I forhold til Virkemiddel-analysen er N-effekten for "optimerede efterafgrøder" dog reduceret svarende til det lavest vurderede niveau, idet den maksimale effekt relaterer sig til gevinster, som i dette scenarie er realiseret i regi af andre tiltag.

Derefter antages tiltag 19, 9, 13, 3, 20, 4, 18 fuldt implementeret. Den resterende reduktion fås ved tiltag 17. Dette giver en gennemsnitlig reduktion på 20.000 ton N årligt (12.000 til 24.000 ton). Den velfærdsoekonomiske omkostning er estimeret til 1.337 mio. kr. årligt (930 til 1.745 mio.), jf. tabel 20a. Det for-

hold, at den ønskede reduktion kræver iværksættelse af både skovrejsning og udtagning af højbundsjord, har stor betydning for omkostningerne, idet disse tiltag er forbundet med betydelige reduktionsomkostninger i forhold til kvælstoffjernelse sammenlignet med de øvrige kvælstofiltag. De to tiltag repræsenterer således mere end halvdelen af de samlede reduktionsomkostninger.

I scenarie 2 indgår de samme virkemidler som i scenarie 1, idet virkemidlerne 1, 2, 7 og 14 antages implementeret sammen med 19, 9, 13 og delvis tiltag 3 (tabel 20b). Dette giver en gennemsnitlig reduktion på 8.500 ton N årligt (6.000 til 11.000 ton) og en velfærdsøkonomisk omkostning på 140 mio. kr. årligt (106 til 173 mio.).

I de foregående analyser af scenarie 1 og 2 er ekstensivering af ådalsområder inddraget i fuldt omfang. I forbindelse med VMP II er det kun lykkedes at realisere ekstensivering af i størrelsesordenen 6.000 ha. For at belyse konsekvenserne, hvis der ikke realiseres ekstensivering af ådalsområder i fuldt omfang, er der tillige gennemført en analyse for scenarie 2, hvor der kun ekstensiveres ådalsområder i halvt omfang, se tabel 20g.

Den mindre brug af dette virkemiddel ændrer de velfærdsøkonomiske omkostninger ved en reduktion på 8.500 ton N/år fra 139 mio. kr./år til 329 mio. kr./år, idet det bl.a. bliver nødvendigt at inddrage det dyrere virkemiddel reducerede normer.

Scenarie 3 kan opnås ved de omkostningsneutrale virkemidler alene, f.eks. ved implementering af 3.500 ha økologisk kvægproduktion, 5.000 ha med slæt i stedet for afgræsning og 2.000 ha energiafgrøder (tabel 20c).

Scenarie med allerede afprøvede N-virkemidler

Da der er en del usikkerhed knyttet til implementeringen af hidtil uafprøvede virkemidler er der foretaget en supplerende beregning baseret på allerede afprøvede virkemidler. I denne beregning er alene anvendt virkemidler som er velafprøvede og implementeret i den eksisterende kvælstofregulering. Konkret drejer det sig om øget brug af efterafgrøder, yderligere reduktion af N-normen til 80 procent af det driftsøkonomisk optimale samt etablering af yderligere vådområder i form af ekstensivering af ådale. Beregningen forudsætter at disse tre virkemidler implementeres under hensyntagen til deres reduktionsomkostninger, dvs. i rækkefølgen: ekstensivering af ådale; efterafgrøder; og reduktion af N-norm.

Beregningen fremgår af tabel 20 d, e, f og viser, at hverken målet i scenarie 1 eller i scenarie 2 kan realiseres med de nævnte virkemidler og deres anslåede potentialer (tabel 20d og e). For scenarie 1 opnås en reduktion af N-belastningen på gennemsnitligt 11.200 ton N (8.500 til 13.900 ton N), hvilket kun udgør godt 60 procent af målet på 18.000 ton N og det ses, at målet ligger markant udenfor max/min intervallet.

For scenarie 2 fås en reduktion på gennemsnitligt 7.500 ton N (5.700 til 9.300 ton N), hvilket kun er 10 procent under målet. Målet på 8.500 ton N ligger da også inden for max-min intervallet. Omkostningerne er vurderet til 259 mio. kr. årligt (182 til 335 mio. kr.).

I scenarie 3 kan målet realiseres ved etablering af 1.400 ha ekstensiverede ådale, hvilket vurderes at give en årlig omkostning på ca. 2 mio. kr. (tabel 20f).

I forhold til N-scenarierne og i særdeleshed følsomhedsanalysen på scenarie 1 og 2 skal det bemærkes, at der for samtlige virkemidler undtagen ådale er forudsat en retention på 67 procent; for ådalsprojekter er retentionen forudsat at være 10 procent ud over det, der fjernes i selve projektområdet. I det omfang virkemidlerne kan implementeres på arealer med en lavere retention end forudsat her, vil effekten pr. ha øges og de aggregerede omkostninger reduceres. Vedr. følsomhedsanalysen for scenarie 1 vil det dog kræve, at alle virkemidler implementeres på arealer med en retention under 10 procent, for at målet kan realiseres med de allerede anvendte virkemidler. For følsomhedsanalysen på scenarie 2 skal retentionen for arealer med efterafgrøder og reduceret N-norm blot være på 50 procent fremfor de an-

vendte 67 procent, såfremt målsætningen skal realiseres. Dette peger i det hele taget på, at det alt-andet-lige er væsentligt at målrette virkemidlerne mod arealer med lav retention, ved udarbejdelsen af indsatsplanerne.

Bemærkninger vedr. valg af virkemidler i scenarie 2

De virkemidler der tages i anvendelse i scenarieberegningerne kan deles i tre hovedtyper.

- a. *Ekstensivering af ådale.* De tidligere amters planer udpeger for landet som helhed et areal på 116.000 ha, der er potentielt egnet til ekstensivering med henblik på denitrifikation. Af disse antages de 45.000 ha at være relevante for scenario 2. Ekstensivering af disse ådale anslås at have en effekt på ca. 5.000 t N til en velfærdsøkonomisk omkostning på 58 mio. kr./år (12 kr./kg N pr. år). Det skønnes at prisen ved eventuel udbetaling af fuld kompensation til berørte lodsejere vil være et engangsbeløb på 3,5-6 mia. kr. Dertil kommer omkostninger til projektering, eventuel anlægsarbejder og administration. Ekstensivering af ådale blev brugt som virkemiddel i VMPII. Med de rammebetingelser der blev brugt i den sammenhæng (frivillige aftaler og kompensation), blev der kun realiseret projekter på i alt i størrelsesordenen 6.000 ha.
- b. *Kendte virkemidler på arealer i fortsat landbrugsmæssig drift.* Denne type omfatter midler, der allerede indgår i det nuværende kontrolsystem med gødningsregnskaber. I scenarieberegningerne omfatter de en stramning af kvælstofnormerne på yderligere 10% og udlæg af "efterafrøder" på hele det areal der umiddelbart er tilgængeligt. De to midler giver en belastningsreduktion på ca. 2.600 t N med en velfærdsøkonomisk omkostning på 198 mio. kr./år (76 kr./ kg N pr. år). Virkemidlerne kan administreres gennem de allerede etablerede administrative systemer.
- c. *Nye virkemidler på arealer i fortsat landbrugsmæssig drift.* Der er typisk tale om virkemidler, der er billigere end de allerede anvendte. I de analyser, der er gennemført på scenario 2, optræder disse virkemidler med en belastningsreduktion på op til 3.500 t N og en velfærdsøkonomisk omkostning på op til ca.115 mio. kr./år (32 kr./kg N pr. år). Der er ingen erfaringer m.h.t. hvilke vanskeligheder der opstår, når virkemidlerne skal bruges, herunder i hvor høj grad det bliver aktuelt at betale kompensation, og hvilke administrative midler der skal bruges, hvis de tages i anvendelse.

Vælges virkemidlerne frit efter velfærdsøkonomiske omkostninger nås målet, en belastnings begrænsning på 8500 t N gennem anvendelse af virkemidlet, *a. Ekstensivering af ådale*, i maksimalt omfang og anvendelse af *c. Nye virkemidler* i begrænset omfang. De velfærdsøkonomiske omkostninger vil være 139 mio. kr./år (16 kr./kg N pr. år). Dertil kommer, at det er uvist i hvilket omfang det eventuelt bliver aktuelt at betale kompensation for at få landmænd til at realisere de *Nye virkemidler*, og der er ikke erfaring med hvilke problemer der opstår når de meget store ådalsarealer skal ekstensiveres inden for en kort tidshorisont

For at realisere scenarie 1 er det nødvendigt at bruge alle tre typer virkemidler i meget stort omfang.

Derimod er det ved scenario 3 muligt at vælge relativt frit mellem de forskellige virkemidler.

Samlede omkostninger: vandløb, søer og marine områder

I de foregående afsnit er de nødvendige arealudtagningsbehov/næringsstoffjernelses-behov skønnet for hvert af de tre scenarier. Skønnene fremgår af Tabel 21.

Tabel 21. Skøn over behov for arealudtag og næringsstofreduktion.

	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
Vandløb (DVFI)			
Behov for arealudtag (ha)	63-102.000	23-34.000	6-10.000
Søer (chlorofyl/fosfor)			
P-reduktionsbehov (t P/år)	50-80	10-20	2-4
Marine områder (ålegræs/kvælstof)			
N-reduktionsbehov (t N/år)	15-25.000	6-11.000	1-200

I nedenstående tabel 22 er resultaterne af de økonomiske konsekvensanalyser for vandløb, søer og marine områder sammenfattet. I præsentationen er vist gennemsnits-resultaterne af de primære analyser samt af følsomhedsanalyserne for søer og marine områder.

Tabel 22. Sammenfatning af økonomiske konsekvenser, kun landbrug, tabt velfærdsøkonomisk jordrente, mio. kr. pr. år.

	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
Vandløb	33	14	2
Søer	8	2	-
Søer, 50 % brug af ådale	54	16	-
Marine områder	1.337	139	0
Marine områder, kendte virkemidler	386*	259	2
Marine områder, anvendelse af ½ ådale		329	

* Målet kan ikke nås med de valgte virkemidler; kun 60 procent målopfyldelse.

Analyserne for de tre typer vandområder er foretaget separat, dvs. at der ikke er taget hensyn til synergieffekter mellem vandløb, søer og marine områder eller eventuelle modstridende arealanvendelser. Det ses, at de samlede omkostninger ved denne analytiske fremgangsmåde fås til 1378, 155 og 2 mio. kr. årligt (scenarie 1, 2 og 3).

Der er ikke foretaget en eksplicit vurdering af hvorledes indsatsplanerne skal implementeres, og dermed hvorvidt de skal ledsages af subsidier og kompensationer. I tabel 23 er der lavet en sammenfatning af de ekstensiverede arealer langs vandløb og i ådale.

Forudsættes det, at disse arealer skal opkøbes af staten eller at der skal udbetales kompensationer svarende hertil, kan der fås et indtryk af de mulige kompensationsomkostninger gennem implementeringsperioden for VRD. Her anvendes en hektarpris for lavbundsjord på 60.000 kr./ha og et interval for højbundsjord på 100-200.000 kr./ha svarende til jordpriserne anvendt i den tidligere analyse fra 2004. Den øvre del af dette interval ligger noget højere end hektarpriserne for de hidtidige naturgenopretningsprojekter, men er valgt med henblik på at afspejle stigende hektarpriser ved øget ekstensivering. Ved beregningen af det skønnede kompensationsbehov antages ligesom ved analysen fra 2004, at 35 procent af de udtagne arealer er lavbund. Med disse forudsætninger og det angivne prisinterval fås et samlet kompensationsbehov gennem hele implementeringsperioden på gennemsnitligt 27-47 mia i scenarie 1. For scenarie 2 er intervallet for de mulige kompensationsudgifter på 6-11 mia. kr. Ovennævnte beregning er imidlertid en bruttoberegning, idet det i enkelte tilfælde vil være muligt for staten at tilbagekøbe de udtagne arealer til interesserede lodsejere efter ekstensivering. Med henblik på at belyse betydningen heraf, er der foretaget en vurdering af forskellen i købs- og salgspriser baseret på 43 handel med ekstensiveret landbrugsjord realiseret i forbindelse med jordfordeling gennemført ved naturgenopretningsprojekter i årene 2003 til 2005 (Jensen & Schou, under publicering). Analysen viser et meget stort spænd i jordprisændringen fra ca. 10 procent til 90 procent. Gennemsnitligt er der sket en reduktion i jordprisen på ca. 60 procent. Anvendes dette niveau i forhold til de ovenfor beregnede brutto-kompensationer, fås et netto-niveau for kompensationer ved jordopkøb og efterfølgende tilbagesalg på 16 til 28 mia. kr. i scenarie 1, og 4 til 7 mia. kr. i scenarie 2.

Table 23: Oversigt over de forventede ekstensiveringer i ha ved scenarie 1 og 2 og brug af forskellig sammensætning af virkemidler, samt omkostninger.

Virkemiddel	Scenarie 1	Scenarie 1, ½ ådale	Scenarie 1, kendte virkemidler	Scenarie 2	Scenarie 2, ½ ådale	Scenarie 2, kendte virkemidler
Kystvande		*	**			
Udtagning højbund	120.000					
Skovrejsning	28.000					
Ekstensivering af ådale	70.000		70.000	45.000	22.500	45.000
Vandløb	85.000	85.000	85.000	29.000	29.000	29.000
Søer	6.500	3.250	3.250-6.500	1.500	750	750-1.500
Sum	309.500		158.250-161.500	75.500	52.250	74.750-75.500
Velfærdsøkonomiske omkostninger mio. kr./år***	1.380	-	-	160	360	280
Kompensationsomkostninger, mia. kr. Brutto/Netto****	27-47/16-28			6-11/4-7	4-8/3-5	6-11/4-7

* Kun beregnet for kystvande for scenarie 2

** Målet nås ikke for kystvande

*** Afrundede værdier

**** Det skal bemærkes, at kompensationsoverslagene alene knytter sig til en situation, hvor alle arealekstensiveringer sker ved statsligt opkøb. Derimod er evt. statsfinansielle omkostninger til andre virkemidler (f. eks. tilskud) ikke inkluderet. Nettoopgørelsen af kompensationsomkostninger refererer til et frasalg af arealer efter ekstensivering.

Det skal bemærkes, at denne beregning alene forudsætter, at arealudtagningerne ledsages af kompensationer. Hvorvidt dette er praktisk realistisk, eller om det bliver nødvendigt at ledsage øvrige virkemidler med kompensationer, er uvist. Omvendt vil der højst sandsynligt være et vist sammenfald mellem arealer, som udtages af hensyn til målsætningerne for de tre typer vandområder, hvilket trækker i retning af, at de angivne intervaller er maksimumskøn; se diskussion af synergi herunder.

Synergieffekter

Der kan være betydelig synergi mellem f.eks. udtag af ådalsarealer/etablering af vådområder af hensyn til vandløbskvalitet og N- og/eller P-fjernelse, men kun hvis ådalsarealerne ligger opstrøms det vandområde, der har behov for næringsstoffjernelse. Ligeledes vil værdien af synergien blive reduceret hvis ådalsudtagningen medfører opfyldelse ud over behovet i forhold til et nedstrømsliggende vandområde.

De følgende betragtninger er helt generelle og mere nøjagtige muligheder for synergieffekter kan kun udarbejdes i konkrete oplande til vandområder.

Scenarie 1

Det må forventes, at der vil være et behov for reduktion/forbedringer i forhold til stort set alle marine områder, ca. 2/3 af søerne og ca. ½ af vandløbene (heri indregnet HMWB og undtagelser). Landbrugsoplandet til de marine områder er tidligere anslået til 70 % af det totale landbrugsareal.

Det må derfor forventes, at med gennemførelse af scenarie 1 vil ca. 70 % af alle arealer udtaget af hensyn til forbedring af vandløbenes tilstand kunne indgå som virkemiddel også i forhold til en opfyldelse af målene for de marine områder. Der kan i visse områder være en større effekt på kvælstoffjernelsen fra vandløbsprojekter end nødvendigt af hensyn til opfyldelse af den marine målsætning.

Samlet kunne et bud på synergien mellem vandløbsforbedring og kvælstoffjernelse være i størrelsesordenen 50 %, dvs. halvdelen af det antal ha, som skal udtages for at forbedre tilstanden i vandløb, vil også kunne give effekt i forhold til mål opfyldelse i marine områder.

Dertil kommer, at vandløbstiltag også vil reducere fosfortilførslen til kystvande, hvilket for de mest lukkede områder også kan have en forbedrende effekt.

Søoplandene udgør ca. 25 % af det danske areal. Et bud på synergieffekter mellem vandløbsforbedringer og fosforreduktion af hensyn til at opnå målene for søer i scenarie 1 kunne være, at 25 % af arealerne som udtages som forbedring af vandløbsforhold, ligger opstrøms en sø. Det er formentlig en "overvurdering" og et rimelig antagelse kunne være i størrelsesordenen 15- 20 %.

For søer som er eller kan blive kvælstofbegrænsede vil vandløbstiltag også kunne have en forbedrende effekt.

Scenarie 2

Det må forventes, at der skal ske en vis reduktion i kvælstoftilførslen til en del kystområder for at opfylde scenarie 2. For vandløbene er det estimeret, at der skal ske forbedringer på ca. 25 % af de målsatte strækninger.

Forskelle i vandløbenes tilstand regionalt vil kunne spille en større rolle, idet indsatsen for forbedringer i vandløbene næppe vil være så jævnt fordelt over landet som i scenarie 1. Det betyder, at i nogle områder vil vandløbsforbedringer bidrage med en større kvælstoffjernelse end nødvendigt aht. målopfyldelse i kystområder, i andre vil det være nødvendigt med supplerende virkemidler.

Synergien mellem vandløbsforbedringer og kvælstoffjernelse vil formentlig være betydeligt mindre end i scenarie 1 – skønsmæssigt i størrelsesordenen 10-20 % af de udtagne arealer aht. vandløbsforbedringer vil kunne bidrage til målopfyldelse i kystområder. Tilsvarende vil reduktion i fosfor til kystområderne være betydeligt mindre end i scenarie 1.

Som nævnt i afsnittet om søscenarierne er det overordentlig vanskeligt at estimere, hvor mange søer, der ikke vil opfylde kravene i scenarie 2.

Såfremt det antages, at der er et reduktionsbehov for 15-20% af søerne i scenarie 2, vil mindre end 5 % af de udtagne arealer som følge af forbedringer af vandløbene samtidig kunne bidrage til en reduktion af fosfortilførslen til søer, hvor målet i scenarie 2 ikke kan nås.

Scenarie 3

Reduktions/forbedringsbehovene for såvel vandløb, søer som kystområder er så små, at det er tilfældigheder, der afgør, om der kan være en synergieffekt.

Ovenstående betragtninger anses ikke for at være af en karakter, så der kan regnes egentlige omkostningsscenarioer, hvor synergien inddrages.

Betragtningerne kan imidlertid illustrere, at der er væsentlig forskel i synergien i de 3 forskellige scenarier, og at den for scenarie 2 formentlig vil være af begrænset betydning. Dermed anses de omkostningsestimater, der er lavet for scenarie 2 som en rimelig rettesnor for omkostningerne ved at implementere dette scenarie.

Afsluttende bemærkninger

- Denne analyse er foretaget ud fra det tilgængelige datamateriale. Der er derfor foretaget en række antagelser, tilpasninger m.m. for at kunne opskalere fra enkeltvandområder til landsniveau. Det medfører en række usikkerheder, som så godt det har været muligt er udtrykt i nogle intervaller.
- Det er først med analyserne, som skal udarbejdes for hvert enkelt vandområde i forbindelse med vandplanerne, man kan se om de virkemidler, som er forudsat i dette notat reelt kan bringes i anvendelse lokalt og dermed tilvejebringe et endeligt omkostningsestimat.

- Ekstensivering i ådale er det eneste virkemiddel, der kan bringes i anvendelse for at forbedre de fysiske forhold i vandløbene og dermed sikre en målopfyldelse. Det er således som sådan dette virkemiddel primært skal indgå. Dernæst kan virkemidlet indgå i reduktionen af N og/eller P i oplande til søer eller marine områder, hvor vandløbskvaliteten allerede opfylder målet.
- De omfattende arealer, som forudsættes udtaget i visse af scenarierne kan muligvis få betydning for prisdannelsen på jord samt mulighederne for at bibeholde eller udvide husdyrproduktionen. Er det tilfældet, vil de anvendte estimater for de årlige jordrentetab samt N og P effekterne ikke være repræsentative for alle de udtagne arealer. Konsekvenserne heraf for analysens resultater er ikke belyst.
- Administrative omkostninger ved implementering af de enkelte virkemidler er ikke medtaget i analyserne, idet dette kræver detaljeret information om præcis, hvordan og i hvilken administrativ sammenhæng det pågældende virkemiddel søges implementeret. Dette betyder også, at omkostninger til forundersøgelser og projektplanlægning ikke er omfattet af de præsenterede omkostningsestimater.
- Sidst skal det omtales, at de foretagne beskrivelser og resultater er karakteriseret ved at være teknisk/faglige. Dvs. at der i analyserne ikke er taget stilling til hvordan virkemidlerne skal implementeres i praksis, bl.a. hvorledes selve processen for udarbejdelse af indsatsplanerne skal forløbe. Dette er væsentligt i forhold til alle virkemidler, men skal særligt inddrages for virkemidler, som vurderes at kunne implementeres uden driftsøkonomiske meromkostninger, idet det er ikke nødvendigvis er ensbetydende med, at virkemidlet uden incitament eller krav kan forventes at vinde større udbredelse. Desuden kan der i forhold til efterspørgsel og politiske rammebetingelser være udestående, og endelig kan den praktiske gennemførelse begrænses af tilgængeligheden af den nødvendige teknologi. Dette taler for, at potentialet for særligt de "gratis" virkemidler opgøres med forsigtighed i forbindelse med konkrete analyser og udarbejdelse af indsatsplaner.

Referencer

Baattrup-Pedersen, A., Friberg, N., Pedersen, M.L., Skriver, J., Kronvang, B. & Larsen, S.E. 2004. Anvendelse af Vandrammedirektivet i danske vandløb. Faglig rapport fra DMU, nr. 499.

Bøgestrand, J. (red.) (2005): Vandløb 2004. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU 554: 82 s. (elektronik).

Christiansen, T., Christensen, T.J., Markager, S., Petersen, J.K. & Mouritsen, L.T. 2006: Limfjorden i 100 år. Klima, hydrografi, næringsstofftilførsel, bundfauna og fisk i Limfjorden fra 1897 til 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU 578.

Dahl, Karsten, Andersen, Jesper H., Riemann, Bo, Carstensen, Jacob, Christiansen, Trine, Krause-Jensen, Dorte, Josefson, Alf B., Larsen, Martin M., Petersen, Jens Kjerulf, Rasmussen, Michael Bo & Strand, Jakob (2005). Redskaber til vurdering af miljø- og naturkvalitet i de danske farvande. Typeinddeling, udvalgte indikatorer og eksempler på klassifikation. Faglig rapport fra DMU, nr. 535. 2005.

DMU, 2004 a: Notat vedr. Vandrammedirektiv (VRD) og vandløb: indsatsbehov.

DMU 2004 b. Notat vedr. Vandrammedirektivet (VRD) og søer: indsatsbehov. Notat af 23. september 2004.

DMU 2004 c. Overslag for de nationale omkostninger ved implementering af Vandrammedirektivets målsætninger i vandløb, søer og marine områder - analyse for landbruget.

Danva 2001 (revideret 2005): Rensning af spildevand i det åbne land

Markager, S.S., Storm, L.M. & Stedmon, C.A. (2006). Limfjordens miljøtilstand 1985 til 2003. Sammenhæng mellem næringsstofftilførsler, klima og hydrografi belyst ved empiriske modeller. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU 577: 219 s. (elektronisk). Rapport fra DMU nr. 577. 2005.

- Fyns Amt 2003. Odense Pilot River Basin, Foreløbig basisanalyse, Vandrammedirektivets artikel 5. Fyns Amt, 132 s.
- Iversen, Torben M., Skriver, Jens, Søndergård, Martin, Windelin, Anders og Børgesen, C.D. 2006. Udredning for Udvalget vedr. "Langsigtet indsats for bedre vandmiljø": Baseline 2015. Notat af 26. september 2006.
- Jensen, P.L. & J.S. Schou. 2007. *Undersøgelse af jordhandler i forbindelse med naturgenopretning*. Faglig rapport fra DMU, under publicering.
- Jeppesen, E., Søndergaard, M., Jensen, J.P., Havens, K.E., Anneville, O., Carvalho, L., Coveney, M.F., Deneke, R., Dokulil, M.T., Foy, B., Gerdeaux, D., Hampton, S.E., Hilt, S., Kangur, K., Köhler, J., Lammen, E.H.H.R., Lauridsen, T.L., Manca, M., Miracle, M.R., Moss, B., Nöges, P., Persson, G., Phillips, G., Portielje, R., Romo, S., Schelske, C.L., Straile, D., Tatrai, I., Willén, E. & Winder, M. 2005: Lake responses to reduced nutrient loading - an analysis of contemporary long-term data from 35 case studies. - *Freshwater Biology* 50: 1747-1771.
- Kaas, H., Møhlenberg, F., Josefson, A.B., Rasmussen, B., Krause-Jensen, D., Jensen, H.S., Svendsen, L.M., Windolf, J., Middelboe, A.L., Sand-Jensen, K. & Pedersen, M.F. (1996): Marine områder. Danske fjorde - status over miljøtilstand, årsagssammenhænge og udvikling. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU 179: 202 s.
- Lauridsen, T.L., Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Strzelczak, A. & Sortkjær, L. 2005. Søer 2004. Faglig rapport fra DMU nr. 553, 62 s.
- Middelboe, A. L. og S. Markager. 1997. Depth limits and minimum light requirements of freshwater macrophytes. *Freshwater Biology* 37: 553-568.
- Miljøstyrelsen, 1996: Betænkning om spildevandsafledning i det åbne land m.v.
- Miljøstyrelsen, 2006: Enhedsomkostninger og forureningsbegrænsning ved forskellige miljøforanstaltninger
- Nielsen, S.L., Sand-Jensen, K., Borum, J. & Geertz-Hansen, O. 2002. Depth colonisation of eelgrass (*Zostera marina*) and macroalgae as determined by water transparency in Danish coastal waters. *Estuaries* 25: 1025-1032.
- Nordjyllands, Ringkøbing, Viborg og Århus amt 2007: Limfjordens miljøtilstand før, nu og i fremtiden. Pjece
- Ostenfeld, C.H. 1908. Aalegræssets (*Zostera marinas*) Vækstforhold og Udbredelse i vore Farvande. Beretning til Landbrugsministeriet fra Den danske Biologiske Station XVI.
- Reinke, J. 1889. Algenflora der westlichen Ostsee deutschen Antheils. Eine systematisch-pflanzengeographische Studie, Kiel: Schmidt & Klaunig. 101 pages.
- Rosenvenge L.K, 1896. Journal over danske farvande 1894-96. Dagbogsfortegnelser. Botanisk bibliotek, København Universitet.
- Schou, J.S. et al 2007: Virkemidler til realisering af målene i EU's vandrammedirektiv. In prep.
- Skriver, J., Baattrup-Pedersen, A. & Larsen, S.E. 1997. Vandløbenes miljøtilstand. I: Windolf, J. (Ed.): Ferske vandområder. Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1996. Faglig rapport fra DMU nr. 214.

Søndergård, M et al, 2007: Sørestaurering i Danmark. In prep.

Søndergaard, M., Jeppesen, E., Jensen, J.P. (editors), Bradshaw, E., Skovgaard, H. & Grünfeld, S.2003a. Vandrammedirektivet og danske søer. Del 1: Søtyper, referencetilstand og økologiske kvalitetsklasser. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU 475: 140 sider.

Søndergaard, M., Jensen, J.P., Liboriussen, L. & Nielsen, K., 2003b. Danske søer - fosfortilførsel og opfyldelse af målsætninger VMP III, Fase II Faglig rapport nr. 480 fra DMU, 36 s

Ærtebjerg, G. & Andersen, J.H. (red.), Bendtsen, J., Carstensen, J., Christiansen, T., Dahl, K., Dahllöf, I., Ellermann, T., Fossing, H., Greve, T.M., Gustafsson, K., Hansen, J.L.S., Henriksen, P., Josefson, A.B., Krause-Jensen, D., Larsen, M.M, Markager, S., Nielsen, T.G., Ovesen, N.B., Petersen, J.K., Riemann, B., Risgaard-Petersen, N., Ambelas Skjøth, C., Stedmon, C., Strand, J., Nielsen, S.P., Jensen, J.B & Madsen, H.B (2004). Marine områder 2003 - Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 121 s. - Faglig rapport fra DMU, nr. 513, 2004.

Tabel 13a. Søer: Scenarie 1

Søer		Velfærdsøkonomisk				Red. omk.	MAX im- plementering	Implemen- tering	Total P effekt		Ved max implement.	Velfærdsøkonomisk Total omkostning	
Scenarie #1: 60.000 kg P/år		kg P/ha		kr/ha		Kr/ kg P	OPLANDE	ha	kg P		og max effekt	1000 kr	
Nr.	Virkemiddel	MIN	MAX	MIN	MAX	GNS			MIN	MAX		MIN	MAX
5a	Krav om nedfældning frem til 1/4	0,01	0,125	60	175	1.741	30.788		0	0	3.848	0	0
5b	Forbud mod jordbearbejdning frem til 1/4	0,025	0,25	300	880	4.291	30.788		0	0	7.697	0	0
11	Udelukke vintersæd på erosionstruede arealer	0,06	0,25	300	880	3.806	43.119		0	0	10.780	0	0
12	Udregøds m P	0,003	0,1	30	60	874	135.160		0	0	13.516	0	0
15	Vedr. græs på erosionstruede arealer	0,06	0,25	3.600	6.800	33.548	43.119		0	0	10.780	0	0
16	Udyrkede randzoner langs søer og vandløb	1	3	3.600	6.800	2.600	161		0	0	484	0	0
19	Ekstensivering ådale*	5	15	900	1.700	130	16.119	6.500	32.500	97.500	241.789	5.850	11.050
20	Afbrænding af husd.gødning			0	150		8.060		0	0	0	0	0
SUM							307.314	6.500	32.500	97.500	288.894	5.850	11.050
Mål:									65.000			8.450	
									65.000				

Tabel 13b. Søer: Scenarie 2

Søer		Velfærdsøkonomisk				Red. omk.	MAX im- plementering	Implemen- tering	Total P effekt		Ved max implement.	Velfærdsøkonomisk Total omkostning	
Scenarie #2: 15.000 kg P/år		kg P/ha		kr/ha		Kr/ kg P	OPLANDE	ha	kg P		og max effekt	1000 kr	
Nr.	Virkemiddel	MIN	MAX	MIN	MAX	GNS			MIN	MAX		MIN	MAX
5a	Krav om nedfældning frem til 1/4	0,01	0,125	60	175	1.741	9.544		0	0	1.193	0	0
5b	Forbud mod jordbearbejdning frem til 1/4	0,025	0,25	300	880	4.291	9.544		0	0	2.386	0	0
11	Udelukke vintersæd på erosionstruede arealer	0,06	0,25	300	880	3.806	13.367		0	0	3.342	0	0
12	Udregøds m P	0,003	0,1	30	60	874	41.900		0	0	4.190	0	0
15	Vedr. græs på erosionstruede arealer	0,06	0,25	3.600	6.800	33.548	13.367		0	0	3.342	0	0
16	Udyrkede randzoner langs søer og vandløb	1	3	3.600	6.800	2.600	50		0	0	150	0	0
19	Ekstensivering ådale*	5	15	900	1.700	130	4.997	1.500	7.500	22.500	74.955	1.350	2.550
20	Afbrænding af husd.gødning			0	150		2.498		0	0	0	0	0
SUM							95.267	1.500	7.500	22.500	89.557	1.350	2.550
Mål:									15.000			1.950	
									15.000				

Tabel 13c. Søer: Scenarie 1 - følsomhedsanalyse

Følsomhedsanalyse - kun ½ af P-reduktionen opnås ved virkemiddel 19													
Søer		Velfærdsøkonomisk				Red. omk.	MAX im- plementering	Implemen- tering	Total P effekt		Ved max implement.	Velfærdsøkonomisk	
Scenarie #1: 60.000 kg P/år		kg P/ha		kr/ha		Kr/ kg P	OPLANDE	ha	kg P		1000 kr		
Nr.	Virkemiddel	MIN	MAX	MIN	MAX	GNS			MIN	MAX	og max effekt	MIN	MAX
5a	Krav om nedfældning frem til 1/4	0,01	0,125	60	175	1.741	30.788		0	0	3.848	0	0
5b	Forbud mod jordbearbejdning frem til 1/4	0,025	0,25	300	880	4.291	30.788	31.000	775	7.750	7.697	9.300	27.280
11	Udelukke vintersæd på erosionstruede arealer	0,06	0,25	300	880	3.806	43.119	43.000	2.580	10.750	10.780	12.900	37.840
12	Undergøds m P	0,003	0,1	30	60	874	135.160	135.000	405	13.500	13.516	4.050	8.100
15	Vedr. græs på erosionstruede arealer	0,06	0,25	3.600	6.800	33.548	43.119		0	0	10.780	0	0
16	Udyrkede randzoner langs søer og vandløb	1	3	3.600	6.800	2.600	161	161	161	483	484	580	1.095
19	Ekstensivering ådale*	5	15	900	1.700	130	16.119	3.000	15.000	45.000	241.789	2.700	5.100
20	Afbrænding af husd.gødning			0	150	#DIV/0!	8.060		0	0	0	0	0
	SUM						307.314	212.161	18.921	77.483	288.894	29.530	79.415
									48.202			54.472	
	Mål:								65.000				

Tabel 20a. Marine mråder: Scenarie 1

Analyse for marine områder		VRD-implementering																			
Marine områder		N-tab		Retention		N-belastning		Velfærdsøkonomisk		Red. omk.		MAX im- plementering		Implemen- tering		Total N effekt		Ved max		Velfærdsøkonomisk	
Scenarie #1		kg N/ha		Andel til-				kr/ha		Kr/ kg N		OPLANDE		Ha		kg N		implement.		Total omkostning	
Nr.	Virkemiddel	MIN	MAX	bageholdt	MIN	MAX	MIN	MAX	GNS							MIN	MAX	og max effekt	MIN	MAX	
1	Økologisk malkekvæg	6	41	0,67	1,98	13,53	0	0	0			28.000	28.000			55.440	378.840	378.840	0	0	
2	Ammoniakgødning	6	8	0,67	1,98	2,64	0	0	0			21.000	21.000			41.580	55.440	55.440	0	0	
3	Efterafgrøder	12	55	0,67	3,96	18,15	386	772	52			175.000	175.000			693.000	3.176.250	3.176.250	67.550	135.100	
4	Optimeret efterafgrøde	20	20	0,67	6,6	6,6	368	820	90			175.000	175.000			1.155.000	1.155.000	1.155.000	64.400	143.500	
6	Reduceret N-norm til 80%	3,4	5	0,67	1,122	1,65	101	176	100			1.540.000	1.540.000			1.727.880	2.541.000	2.541.000	155.540	271.040	
7	Slæt i stedet for afgræsning	13	109	0,67	4,29	35,97	0	0	0			33.600	33.600			144.144	1.208.592	1.208.592	0	0	
8	Red. N til græsmarker	18	87	0,67	5,94	28,71	295	1.375	48			33.600				0	0	964.656	0	0	
9	Efterafgrøder efter ompløj.	55	110	0,67	18,15	36,3	520	520	19			68.600	68.000			1.234.200	2.468.400	2.490.180	35.360	35.360	
10	Tidlig såning af vintersæd	5	7	0,67	1,65	2,31	0	0	0							0	0	0	0	0	
13	Handelsgødning isf dybstrø.	24	28	0,67	7,92	9,24	235	290	31			175.000	175.000			1.386.000	1.617.000	1.617.000	41.125	50.750	
14	Energiafgrøder	30	55	0,67	9,9	18,15	0	0	0			28.000	28.000			277.200	508.200	508.200	0	0	
17	Udtagning, højbund	26	66	0,67	8,58	21,78	3.600	6.800	343			1.400.000	120.000			1.029.600	2.613.600	30.492.000	432.000	816.000	
18	Skovrejsning	30	70	0,67	9,9	23,1	2.560	6.040	261			28.000	28.000			277.200	646.800	646.800	71.680	169.120	
19	Ekstensivering af ådale	100	150	0,1	90	135	900	1.700	12			70.000	70.000			6.300.000	9.450.000	9.450.000	63.000	119.000	
20	Afbrænding af husdyrgødning	0,7	6,5	0,67	0,231	2,145	0	150	63			35.000	35.000			8.085	75.075	75.075	0	5.250	
	SUM											3.810.800	2.496.600			14.329.329	25.894.197		930.655	1.745.120	
	GNS															20.111.763			1.337.888		
	MÅL	#1														15.000.000	25.000.000				
																20.000.000					

Tabel 20b. Marine mråder: Scenarie 2

Marine områder		N-tab		Retention	N-belastning		Velfærdsøkonomisk		Red. omk.	MAX im-	Implemen-	Total N effekt		Ved max	Velfærdsøkonomisk	
Scenarie #2										plementering	tering			implement.	Total omkostning	
		kg N/ha		Andel til-			kr/ha		Kr/ kg N	OPLANDE	Ha	kg N		og max effekt	1000 kr	
Nr.	Virkemiddel	MIN	MAX	bageholdt	MIN	MAX	MIN	MAX	GNS			MIN	MAX		MIN	MAX
1	Økologisk malkekvæg	6	41	0,67	1,98	13,53	0	0	0	18.760	18.760	37.145	253.823	253.823	0	0
2	Ammoniakgødning	6	8	0,67	1,98	2,64	0	0	0	14.070	14.070	27.859	37.145	37.145	0	0
3	Efterafgrøder	12	55	0,67	3,96	18,15	386	772	52	117.250	70.000	277.200	1.270.500	2.128.088	27.020	54.040
4	Optimeret efterafgrøde	20	20	0,67	6,6	6,6	368	820	90	117.250		0	0	773.850	0	0
6	Reduceret N-norm til 80%	3,4	5	0,67	1,122	1,65	101	176	100	1.031.800		0	0	1.702.470	0	0
7	Slæt i stedet for afgræsning	13	109	0,67	4,29	35,97	0	0	0	22.512	22.500	96.525	809.325	809.757	0	0
8	Red. N til græsmarker	18	87	0,67	5,94	28,71	295	1.375	48	22.512		0	0	646.320	0	0
9	Efterafgrøder efter ompløj.	55	110	0,67	18,15	36,3	520	520	19	45.962	45.000	816.750	1.633.500	1.668.421	23.400	23.400
10	Tidlig såning af vintersæd	5	7	0,67	1,65	2,31	0	0	0			0	0	0	0	0
13	Handelsgødning isf dybstrø.	24	28	0,67	7,92	9,24	235	290	31	117.250	65.000	514.800	600.600	1.083.390	15.275	18.850
14	Energiafgrøder	30	55	0,67	9,9	18,15	0	0	0	18.760	18.760	185.724	340.494	340.494	0	0
17	Udtagning, højbund	26	66	0,67	8,58	21,78	3.600	6.800	343	938.000		0	0	20.429.640	0	0
18	Skovrejsning	30	70	0,67	9,9	23,1	2.560	6.040	261	18.760		0	0	433.356	0	0
19	Ekstensivering af ådale	100	150	0,1	90	135	900	1.700	12	46.900	45.000	4.050.000	6.075.000	6.331.500	40.500	76.500
20	Afbrænding af husdyrgødning	0,7	6,5	0,67	0,231	2,145	0	150	63	23.450		0	0	50.300	0	0
SUM										2.553.236	299.090	6.006.002	11.020.387	36.688.552	106.195	172.790
MÅL		#2										8.513.195			139.493	
												6.000.000	11.000.000			
												8.500.000				

Tabel 20c. Marine mråder: Scenarie 3

Marine områder		N-tab		Retention	N-belastning		Velfærdsøkonomisk		Red. omk.	MAX im-	Implemen-	Total N effekt		Ved max	Velfærdsøkonomisk	
Scenarie #3										plementering	tering				Total omkostning	
		kg N/ha		Andel til-			kr/ha		Kr/ kg N	OPLANDE	Ha	kg N		implement.	1000 kr	
Nr.	Virkemiddel	MIN	MAX	bageholdt	MIN	MAX	MIN	MAX	GNS			MIN	MAX	og max effekt	MIN	MAX
1	Økologisk malkekvæg	6	41	0,67	1,98	13,53	0	0	0	8.960	3.500	6.930	47.355	121.229	0	0
2	Ammoniakgødning	6	8	0,67	1,98	2,64	0	0	0	6.720		0	0	17.741	0	0
3	Efterafgrøder	12	55	0,67	3,96	18,15	386	772	52	56.000		0	0	1.016.400	0	0
4	Optimeret efterafgrøde	20	20	0,67	6,6	6,6	368	820	90	56.000		0	0	369.600	0	0
6	Reduceret N-norm til 80%	3,4	5	0,67	1,122	1,65	101	176	100	492.800		0	0	813.120	0	0
7	Slæt i stedet for afgræsning	13	109	0,67	4,29	35,97	0	0	0	10.752	5.000	21.450	179.850	386.749	0	0
8	Red. N til græsmarker	18	87	0,67	5,94	28,71	295	1.375	48	10.752		0	0	308.690	0	0
9	Efterafgrøder efter opløj.	55	110	0,67	18,15	36,3	520	520	19	21.952		0	0	796.858	0	0
10	Tidlig såning af vintersæd	5	7	0,67	1,65	2,31	0	0	0	0		0	0	0	0	0
13	Handelsgødning isf dybstrø.	24	28	0,67	7,92	9,24	235	290	31	56.000		0	0	517.440	0	0
14	Energiafgrøder	30	55	0,67	9,9	18,15	0	0	0	8.960	2.000	19.800	36.300	162.624	0	0
17	Udtagning, højbund	26	66	0,67	8,58	21,78	3.600	6.800	343	448.000		0	0	9.757.440	0	0
18	Skovrejsning	30	70	0,67	9,9	23,1	2.560	6.040	261	8.960		0	0	206.976	0	0
19	Ekstensivering af ådale	100	150	0,1	90	135	900	1.700	12	22.400		0	0	3.024.000	0	0
20	Afbrænding af husdyrgødning	0,7	6,5	0,67	0,231	2,145	0	150	63	11.200		0	0	24.024	0	0
	SUM									1.219.456	10.500	48.180	263.505	17.522.891	0	0
	MÅL	#3										155.843				0
												100.000	200.000			
												150.000				

Tabel 20d. Marine mråder: Scenarie 1 – kun tidligere anvendte virkemidler

Kun anvendelse af kendte N-virkemidler: ekstensivering af ådale, efterafgrøder og reduceret N-norm																
Marine områder		N-tab		Retention	N-belastning		Velfærdsøkonomisk		Red. omk.	MAX im- plementering	Implemen- tering	Total N effekt	Ved max implement.		Velfærdsøkonomisk Total omkostning	
Scenarie #1		kg N/ha		Andel til- bageholdt	kr/ha		kr/ha		Kr/ kg N	OPLANDE	Ha	kg N	og max effekt		1000 kr	
Nr.	Virkemiddel	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	GNS				MIN	MAX	MIN	MAX	
3	Efterafgrøder	12	55	0,67	3,96	18,15	386	772	52	175.000	175.000	693.000	3.176.250	3.176.250	67.550	135.100
6	Reduceret N-norm til 80%	3,4	5	0,67	1,122	1,65	101	176	100	1.400.000	1.400.000	1.570.800	2.310.000	2.310.000	141.400	246.400
19	Ekstensivering af ådale	100	150	0,1	90	135	900	1.700	12	70.000	70.000	6.300.000	9.450.000	9.450.000	63.000	119.000
SUM										1.645.000	1.645.000	8.563.800	14.936.250	14.936.250	271.950	500.500
GNS												11.750.025			386.225	
MÅL										#1		15.000.000	25.000.000			
												20.000.000				

Tabel 20e. Marine mråder: Scenarie 2 – kun tidligere anvendte virkemidler

Kun anvendelse af kendte N-virkemidler: ekstensivering af ådale, efterafgrøder og reduceret N-norm																
Marine områder		N-tab		Retention	N-belastning		Velfærdsøkonomisk		Red. omk.	MAX im- plementering	Implemen- tering	Total N effekt	Ved max implement.		Velfærdsøkonomisk Total omkostning	
Scenarie #2		kg N/ha		Andel til- bageholdt	kr/ha		kr/ha		Kr/ kg N	OPLANDE	Ha	kg N	og max effekt		1000 kr	
Nr.	Virkemiddel	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	GNS				MIN	MAX	MIN	MAX	
3	Efterafgrøder	12	55	0,67	3,96	18,15	386	772	52	117.250	117.250	464.310	2.128.088	2.128.088	45.259	90.517
6	Reduceret N-norm til 80%	3,4	5	0,67	1,122	1,65	101	176	100	938.000	938.000	1.052.436	1.547.700	1.547.700	94.738	165.088
19	Ekstensivering af ådale	100	150	0,1	90	135	900	1.700	12	46.900	46.900	4.221.000	6.331.500	6.331.500	42.210	79.730
SUM										1.102.150	1.102.150	5.737.746	10.007.288	10.007.288	182.207	335.335
												7.872.517			258.771	
MÅL										#2		6.000.000	11.000.000			
												8.500.000				

Tabel 20f. Marine mråder: Scenarie 3 – kun tidligere anvendte virkemidler

Kun anvendelse af kendte N-vrikemidler: ekstensivering af ådale, efterafgrøder og reduceret N-norm																	
Marine områder		N-tab		Retention		N-belastning		Velfærdsøkonomisk		Red. omk.	MAX im- plementering	Implemen- tering	Total N effekt		Velfærdsøkonomisk		
Scenarie #3		kg N/ha		Andel til- bageholdt		kr/ha		Kr/ kg N			OPLANDE	Ha	kg N	Ved max implement. og max effekt	1000 kr		
Nr.	Virkemiddel	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	GNS					MIN	MAX	MIN	MAX	
3	Efterafgrøder	12	55	0,67	3,96	18,15	386	772	52	56.000			0	0	1.016.400	0	0
6	Reduceret N-norm til 80%	3,4	5	0,67	1,122	1,65	101	176	100	448.000			0	0	739.200	0	0
19	Ekstensivering af ådale	100	150	0,1	90	135	900	1.700	12	22.400	1.400		126.000	189.000	3.024.000	1.260	2.380
SUM										526.400	1.400		126.000	189.000	4.779.600	1.260	2.380
MÅL													157.500	200.000		1.820	
													100.000				
													150.000				

Tabel 20g.

Følsomhedsanalyse: 50% af vådsområderne erstattes af landbrugstekniske virkemidler

Marine områder																	
Scenarie #2		N-tab		Retention		N-belastning		Velfærdsøkonomisk		Red. omk.	MAX im- plementering	Implemen- tering	Total N effekt		Velfærdsøkonomisk		
		kg N/ha		Andel til- bageholdt		kr/ha		Kr/ kg N			OPLANDE	Ha	kg N	Ved max implement. og max effekt	1000 kr		
	Virkemiddel	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	GNS					MIN	MAX	MIN	MAX	
	Økologisk malkekvæg	6	41	0,67	1,98	13,53	0	0	0	18.760	18.760		37.145	253.823	253.823	0	0
	Ammoniakgødning	6	8	0,67	1,98	2,64	0	0	0	14.070	14.070		27.859	37.145	37.145	0	0
	Efterafgrøder	12	55	0,67	3,96	18,15	386	772	52	117.250	117.000		463.320	2.123.550	2.128.088	45.162	90.324
	Optimeret efterafgrøde	20	20	0,67	6,6	6,6	368	820	90	117.250	117.000		772.200	772.200	773.850	43.056	95.940
	Reduceret N-norm til 80%	3,4	5	0,67	1,122	1,65	101	176	100	938.000	870.000		976.140	1.435.500	1.547.700	87.870	153.120
	Slæt i stedet for afgræsning	13	109	0,67	4,29	35,97	0	0	0	22.512	22.500		96.525	809.325	809.757	0	0
	Red. N til græsmarker	18	87	0,67	5,94	28,71	295	1.375	48	22.512			0	0	646.320	0	0
	Efterafgrøder efter ompløj.	55	110	0,67	18,15	36,3	520	520	19	45.962	45.000		816.750	1.633.500	1.668.421	23.400	23.400
	Tidlig såning af vintersæd	5	7	0,67	1,65	2,31	0	0	0				0	0	0	0	0
	Handelsgødning isf dybstrø.	24	28	0,67	7,92	9,24	235	290	31	117.250	65.000		514.800	600.600	1.083.390	15.275	18.850
	Energiafgrøder	30	55	0,67	9,9	18,15	0	0	0	18.760	18.760		185.724	340.494	340.494	0	0
	Udtagning, højbund	26	66	0,67	8,58	21,78	3.600	6.800	343	938.000			0	0	20.429.640	0	0
	Skovrejsning	30	70	0,67	9,9	23,1	2.560	6.040	261	18.760			0	0	433.356	0	0
	Ekstensivering af ådale	100	150	0,1	90	135	900	1.700	12	46.900	22.500		2.025.000	3.037.500	6.331.500	20.250	38.250
	Afbrænding af husdyrgødning	0,7	6,5	0,67	0,231	2,145	0	150	63	23.450	23.000		5.313	49.335	50.300	0	3.450
SUM										2.459.436	1.333.590		5.920.775	11.092.972	36.533.782	235.013	423.334
													8.506.874			329.174	
MÅL													6.000.000	11.000.000			
													8.500.000				