

AUGUST 2014
NATURSTYRELSEN

VIRKEMIDLER OVERFOR PUNKTKILDER



COWI

AUGUST 2014
NATURSTYRELSEN

VIRKEMIDLER OVERFOR PUNKTKILDER

PROJEKTNR. A046980
DOKUMENTNR. A046980-001
VERSION 03
UDGIVELSESDATO 2014-10-01
UDARBEJDET TRK, SOPH, ABH
KONTROLLERET ODA
GODKENDT ABH

INDHOLD

	Virkemidler - Punktkilder	7
1	Spildevandsudledninger fra ukloakerede ejendomme	9
1.1	Konsekvenser	9
1.2	Økonomi	10
2	Kommunale/fælles renseanlæg	13
2.1	Forudsætninger/basis	13
2.2	Konsekvenser	15
3	Regnvandsbetingede udledninger fra fælleskloak	22
3.1	Overløb, reduktion af stof og vandmængder	22
4	Regnvandsudledninger fra separatkloak	26
4.1	Bassiner, reduktion af stof og vandmængder	26

BILAG

Bilag A	Virkemidler for reduktion af fosfor-tilførsel til kystvande	
---------	---	--

Virkemidler - Punktkilder

I dette katalog behandles kun udvalgte foranstaltninger, der kan etableres i forbindelse med visse punktkilder for opfyldelse af vandplanernes målsætninger. Punktkilderne er inddelt i tre områder:

- Spildevandsudledninger fra ukloakerede ejendomme
- Spildevandsudledninger fra fælles renseanlæg
- Regnvandsbetingede udledninger fra fællessystemer
- Regnvandsbetingede udledninger fra separatsystemer

I skemaerne for reduktion af udledninger er der angivet gennemsnitsværdier for den forventelige reduktion af udledningen af NPO-stoffer ved gennemførelse af den pågældende foranstaltning. Der vil naturligvis være stor lokal variation i størrelsen af den reduktion der opnås ved den enkelte foranstaltning. Det er derfor vigtigt at tallene i kataloget blot anvendes som indikatorer og til sammenligninger af konsekvenserne af de forskellige foranstaltninger der kan tages i anvendelse i det pågældende opland. Ønskes en mere nøjagtig opgørelse af forureningsreduktionen ved en bestemt foranstaltning på en punktkilde bør de lokale forhold vurderes nøjere. Enhedstallene bør justeres, hvis forholdene ved den pågældende punktkilde afviger væsentligt fra gennemsnittet og de forudsætninger der ligger til grund for de værdier der angives i dette katalog.

Under skemaerne er der angivet kommentarer om forudsætningerne for de angivne værdier og hvilken indflydelse de lokale forhold eller afvigelser i forudsætningerne kan have på de anførte værdier.

Det er valgt kun at angive reduktionen af stofferne BI_5 , N og P. I visse tilfælde vil foranstaltningerne dog også have væsentlig indflydelse på reduktionen af udledningen af andre forurenende stoffer og/eller påvirke de hydrauliske forhold.

Indgreb overfor punktkilder retter sig typisk mod en reduktion i belastningen af det enkelte vandområde. Dette er ofte ikke tilstrækkeligt til at opnå en god økologisk status i vandområdet, hvis en lang række andre forhold ikke er opfyldt. Foranstaltninger overfor punktkilder skal derfor ofte ses i sammenhæng med andre foranstaltninger som vandløbsrestaurering, naturgenopretning og evt. arealrelaterede foranstaltninger.

1 Spildevandsudledninger fra ukloakerede ejendomme

1.1 Konsekvenser

Der tages udgangspunkt i en ukloakeret helårsejendom med en husstand beliggende i spredt bebyggelse i det åbne land. Udledningen regnes at ske til overfladerecipient efter passage af en septiktank.

Ved beregningerne for ukloakerede ejendomme i spredt bebyggelse regnes med 2,5 PE pr ejendom. Det antages at der ikke er tilsluttet dræn- eller regnvand til spildevandssystemet og at ledningsnettet er så tæt at der ikke sker indsigning.

Produktion pr PE

Forureningsproduktion pr. PE er sat til på 21,9 kg BI₅-umod/PE/år, 19,3 kg BI₅/PE/år, 4,4 kg N/PE/år og 1 kg P/PE/år og vandmængden er sat til 40 m³ vand/PE/år.

Forureningsmængden er hentet fra definitionen af en PE i "Spildevandsbekendtgørelsen" (BEK nr. 1448 af 11/12/2007).

Vandmængden er udregnet ud fra DANVAs "Vand i tal, DANVA benchmarking 2012", hvor vandforbruget til husholdning er opgjort til 108 liter pr person pr døgn, svarende til 39,4 m³/person/år ~ 40 m³/person/år.

Produktion pr ejendom

Ved en ejendom med 2,5 personer, produceres årligt en belastning på (54,75 kg BI₅-umod/ejendom/år), 48,4 kg BI₅/ejendom/år, 11 kg N/ ejendom /år, 2,5 kg P/ejendom/år og 100 m³ vand/ejendom/år.

Udledning pr ejendom

Det er forudsat at ejendommene har en bundfældningstank, hvilket giver en teoretisk reduktion på 30 % for BI₅ og 10 % for både N og P inden udledningen. Den nuværende belastning af miljøet fra en helårs ejendom antages således i gennemsnit at udgøre 33,9 kg BI₅ /ejendom/år, 9,9 kg N/ ejendom /år, 2,25 kg P/ejendom/år og 100 m³ vand/ejendom/år.

I Vandplanerne er der brugt to virkemidler i forhold til spredt bebyggelse. Dels etablering af et SO-anlæg, dels et SOP-anlæg. Omkostningsvurderingerne for disse anlægstyper kan også anvendes til anlæg med krav om O rensning henholdsvis

OP rensning, da de renseløsninger der findes på det danske marked typisk er de samme eller har samme omkostninger for henholdsvis SO og SOP rensning.

Tabel 1: Ukloakerede ejendomme - Konsekvenser – Overfladevand

	Reduktion af udledning			
	Basis-enhed	BI5 kg/år	Total-N kg/år	Total-P kg/år
Kloakering	Ejend.	33,85	9,90	2,25
Lokal rensning - biologisk sandfilter (SO)	Ejend.	31,00	4,40	1,00
Lokal rensning - minirenselanlæg (SOP)	Ejend.	31,00	2,20	2,00

Noter til konsekvensskemaerne:

Alle foranstaltninger:

Reduktionerne af udledninger af organisk stof er baseret på de i Spildevandsbekendtgørelsens (Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4) Bilag 3 anførte standardværdier for rensegrader ved de forskellige og rensklasser, som anført nedenfor. Tal i parentes og kursiv er ikke kravværdier, men de rensegrader der iht. "Punktkilderrapport, 2003, Bilag 4.4.1" forventes ved den pågældende rensklasse.

STOFREDUKTIONSKRAV TIL RENSEKLASSER

Rensklasse	BI5	Total fosfor	(Total-N)	Nitrifikation
SOP	95%	90%	(30%)	90%
SO	95%	(40%)	(30%)	90%
OP	90%	90%	(30%)	-
O	90%	(30%)	(30%)	-

O: Reduktion af organisk stof

P: Reduktion af total fosfor

SO: Skærpede krav til reduktion af organisk stof samt nitrifikation.

Sommerhuse benyttes kun en del af året, hvorfor der for sommerhuse kan regnes med ¼ belastning og ¼ reduktion i forhold til de anførte værdier for helårshuse.

Såfremt der kan ske nedsivning, vil reduktionen i udledning til overfladevand svare til den reduktion der er anført for kloakering i Tabel 1.

1.2 Økonomi

Udgifterne (2013 priser) er anført for ejendomme med en husstand, som i gennemsnit har 2,5 indbygger. Anlæggene dimensioneres og etableres imidlertid for

en belastning på 5 PE for en husstand iht. vejledningerne for bl.a. biologiske sandfiltre op til 30 PE, Miljøstyrelsen, 1999.

Anlægsomkostningerne pr ejendom svarer således til en maksimal belastning på 5 PE, mens driftsomkostninger (og forureningsmængderne) fra ejendommen er opgjort ud fra en gennemsnitlig belastning på 2,5 PE.

I tilfælde af større belastninger fra ejendomme kan omkostningerne (og belastningsreduktionerne) opgøres ved at proportionere ud fra antal PE i ejendommen. Husk at belastningen/reduktionen samt driftsomkostningerne og forureningsmængder er anført pr 2,5 PE, mens investeringsomkostninger er angivet pr 5 PE.

Omkostningerne afholdes af kloakforsyningen og/eller af grundejeren, jf. lov om betalingsregler for spildevand mv.

Tabel 2 Ukloakerede ejendomme - økonomi

	Enhed	Budgetøkonomi			Teknisk levetid År	Årlig omkostning kr./år/enhed	Pris pr. fjernet kg		
		Investering kr./enhed	Årlig drift og vedligehold kr./enhed	Årlig omkostning kr./år/enhed			BI5 Kr./kg	Total-N Kr./kg	Total-P Kr./kg
Kloakering	Ejendom	120.000	1.500	50	7040	208	711	3.129	
Lokal rensning - biologisk sandfilter (SO)	Ejendom	60.000	1.800	20	6215	198	1.412	6.215	
Lokal rensning - minirensesanlæg (SOP)	Ejendom	65.000	4.000	15	9846	313	4.476	4.923	

Noter til økonomiskema:

Prisen pr fjernet kg stof er beregnet ved at dividere den årlige reduktion i udledning af det pågældende stof med den samlede årlige omkostning til anlæg og drift af det pågældende virkemiddel. Årlige omkostninger er beregnet som omkostninger til drift og vedligeholdelse plus omkostninger til finansiering ud fra teknisk levetid og en forrentning som anbefalet i Klima-, Energi- og Bygningsministeriets notat af 12. juni 2013: "Opdateret tillægsblad om kalkulationsrente, levetid og reference til Vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet, Energistyrelsen, april 2005 (beregningseksempler revideret juli 2007)". Heri er renten fastsat som anført i nedenstående tabel.

Den reale samfundsøkonomiske kalkulationsrente

År 0 – 35: 4 pct.

År 36 – 70: 3 pct.

År 70 og efterfølgende år: 2 pct.

Note: Kalkulationsrente er opgjort realt (renset for inflation).

Kloakering:

1) Anlægsudgiften til kloakering er prissat ud fra et tryksat system i et typisk åbent landområde med spredt bebyggelse, hvor der gennemsnitligt skal anlægges 200 m ledning pr. ejendom og 1 pumpestation pr 2 ejendomme. Ved større afstand mellem ejendomme kan der tillægges 300-400 kr. pr m, mens der ved mere tætte områder, som f.eks. sommerhusområder kan reduceres med ca. 15 % på anlægspriisen. Er det ikke muligt at placere ledninger over åbent land eller i rabatten langs veje, skal tillægges ca. 50 % til dækning af reableringsomkostninger af veje. Der er kun medregnet omkostninger til det offentlige system hvor pumpestationen placeres ved skel hvor det passer sig bedst. Grundejeres omkostninger til at sløjfe eksisterende afløbsanlæg på egen grund og omkostninger til at føre spildevandet frem til pumpestationen ved grundgrænsen er ikke medregnet. Omkostningen vil typisk ligge på 10-30.000 kr. pr. ejendom, men kan i særlige tilfælde, hvor f.eks. bygningen ligger langt tilbage på grunden blive væsentligt højere. Tilsvarende er ikke medregnet tilslutningsbidrag til kloakforsyningen, da dette bidrag går til finansiering af de anlægsomkostninger som er anført for omkostningerne til det tryksatte system.

2) I driftsomkostninger er indregnet 8 kr./m³ til drift og afskrivninger på det renseanlæg der modtager slam fra det lokale rensningsanlæg, dvs. 400 kr./år/ejendom. Der er her ikke indregnet de enkelte ejendommers betaling af vandafledningsbidrag, da dette beløb anvendes til finansiering af de her anførte driftsomkostninger.

Lokale løsninger:

For alle de lokale løsninger er det forudsat, at det eksisterende afløbssystem er i orden, og at der findes en 2 m³ stor bundfældningstank. Hvis dette ikke er tilfældet kan der forventes ekstraomkostninger på 10-20.000 kr. pr ejendom. Der kan i øvrigt henvises til DANVAs "Rensning af spildevand i det åbne land", som sidst blev opdateret i 2005 (findes på www.danva.dk) og som også indeholder priser på andre løsninger.

2 Kommunale/fælles renselanlæg

2.1 Forudsætninger/basis

Udledningen fra renselanlæg kan reduceres ved udbygning af renselanlæggets renseniveau. Den største del (98%) af det spildevand der i 2012 blev ledt til fælles renselanlæg, blev renset i MBNDK anlæg, hvoraf flere var forsynet med efterpole-ring (filtre, laguner el lignende).

På basis af Naturstyrelsens database for punktkilder for året 2012 er det beregnet, at den vægtede gennemsnitlige spildevandsmængde udledt gennem renselanlæg i 2012 var 260 l/PE/d.

Basisenheden for dimension og belastning af renselanlæggene er PE (person ækvivalent) beregnet ud fra den organiske belastning. Stofmængderne fra en PE er i "Spildevandsbekendtgørelsen" (BEK nr. 1448 af 11/12/2007) defineret som 21,9 kg organisk stof/år målt som det biokemiske iltforbrug (BI₅), 4,4 kg total kvælstof/år eller 1,0 kg total fosfor/år, hvilket svarer til 60 g BI₅(umodificeret)/PE/d, 53 g BI₅/PE/d, 13,7 g N/PE/d og 2,8 g P/PE/d.

På basis af Naturstyrelsens database for punktkilder for året 2012 er i nedenstående skemaer opstillet de forventelige gennemsnitlige udløbskoncentrationer og årlige udledte mængder ved forskellige typiske renseniveauer. Disse oplysninger kan bl.a. anvendes ved beregning af effekten ved andre udbygninger af rensesforanstaltningerne end de forslag der er angivet i konsekvensskemaet.

Tabel 3 Aktuelle udledninger af NPO-stoffer fra renseanlæg som gennemsnit for året 2012, beregnet ud fra Naturstyrelsens database for punktkilder**.

Middelkoncentrationer i spildevand udledt fra renseanlæg – gennemsnit i 2012	Basis-enhed	BI5 mg/l	Total-N mg/l	Total-P mg/l
Urenset	Vand i udløb	203,5	41,4	6,9
M	Vand i udløb	142,5	34,4	5,7
MB	Vand i udløb	19,6	26,3	4,9
MBN	Vand i udløb	8,4	19,1	3,2
MBNK	Vand i udløb	4,1	12,5	0,6
MBNDK	Vand i udløb	2,8	4,11	0,42
MBNDKL (Efterpolering i lagune på MBNDK)	Vand i udløb	2,2	4,06	0,38
MBNDKF (Efterpolering i filter på MBNDK)	Vand i udløb	2,3	3,96	0,22
Årlig udledning fra renseanlæg pr. PE a 60 g/BI5umod/d (53 g/BI5mod/d/PE)	Basis-enhed	BI5 kg/år	Total-N kg/år	Total-P kg/år
Urenset*	PE	19,35	3,94	0,66
M	PE	13,54	3,27	0,54
MB	PE	1,86	2,50	0,47
MBN	PE	0,79	1,82	0,31
MBNK	PE	0,39	1,18	0,05
MBNDK	PE	0,26	0,391	0,040
MBNDKL (Efterpolering i lagune på MBNDK)	PE	0,21	0,386	0,037
MBNDKF (Efterpolering i filter på MBNDK)	PE	0,22	0,377	0,021

*) BI5 sat til PE definitionen. N og P er fundet forholdsvis ud fra 2012 koncentrationer baseret på forholdet mellem BI5-2012 og BI5-PE-definition.

**) Udledte stofmængder fra renseanlæg i 2012 er benyttet (Ikke offentliggjort pr dec. 2013).

Ved de følgende opgørelser af konsekvenser ved ændring af renseprincipper er anvendt de i Tabel 3 angivne forudsætninger om forventelige gennemsnitlige udledningskoncentrationer og årlige udledninger pr. "belastnings-PE" (målt som organisk stof) for de forskellige typer renseanlæg. Det antages således at de forskellige typer af renseanlæg også i fremtiden vil rense til det niveau der ses som gennemsnit i dag, selvom anlæggene kan være dimensioneret for andre udledningsværdier og udlederkrav.

2.2 Konsekvenser

Tabel 4: Renseanlæg - Konsekvenser - Overfladevand

	Reduktion af udledning			
	Basis-enhed	BI5 kg/år	Total-N kg/år	Total-P kg/år
M->MBN	PE	12,75	1,45	0,24
M->MBNDK	PE	13,28	2,88	0,50
MBN->MBNK	PE	0,4	0,64	0,26
MBN->MBNDK	PE	0,53	1,43	0,27
MBNDK-> MBNDKL (Efterpolering, lagune)	PE	0,06	0,01	0,00
MBNDK-> MBNDKF (Efterpolering, filter)	PE	0,05	0,01	0,02
MBNDKF-> MBNDKfK (Efterpolering, kontaktfiler)	PE	-	-	0,01
Afskæring af udledning Se "Årlig udledning" for den anlægstype der afskæres. Tabel 3	PE	xxx	xxx	xxx

Noter til konsekvensskema:

Foranstaltning 1: M->MBN

Reduktionen svarer til forskellen mellem udledning af mekanisk rensede spildevand og udledning ved MBN rensning ned til de koncentrationer, der i 2012 blev fundet som gennemsnit af alle danske M anlæg og MBN anlæg (Naturstyrelsens punktkilde database for 2012). Se Tabel 3

Foranstaltning 2: M->MBNDK

Reduktionen svarer til forskellen mellem udledning af mekanisk rensede spildevand og udledning ved MBNDK rensning ned til de koncentrationer, der i 2012 blev fundet som gennemsnit af alle danske M anlæg og MBNDK anlæg (Naturstyrelsens punktkilde database for 2012). Tabel 3.

Foranstaltning 3: MBN->MBNK, anlæg mindre end 5.000 PE

Reduktionen svarer til forskellen mellem udledning ved MBN rensning og udledning ved MBNK rensning ned til de koncentrationer, der i 2012 blev fundet som gennemsnit af alle danske MBN anlæg og MBNK anlæg (Naturstyrelsens punktkilde database for 2012). Tabel 3.

Foranstaltning 4: MBN->MBNDK

Reduktionen svarer til forskellen mellem udledning ved MBN rensning og udledning ved MBNDK rensning ned til de koncentrationer, der i 2012 blev fundet som gennemsnit af alle danske MBN anlæg og MBNDK anlæg (Naturstyrelsens punktkilde database for 2012). Tabel 3.

Foranstaltning 5: Efterpolering med lagune på MBNDK anlæg

Reduktionen svarer til forskellen mellem udledning ved MBNDK rensning og udledning ved MBNDK rensning suppleret med en efterpoleringslagune (MBNDKL). Der antaget udledning med koncentrationer, svarende til det der i 2012 blev fundet som gennemsnit af alle danske MBNDK og MBNDKL anlæg (Tabel 3).

Foranstaltning 6: Efterpolering med filter på MBNDK anlæg

Reduktionen svarer til forskellen mellem udledning ved MBNDK rensning og udledning ved MBNDK rensning suppleret med et efterpoleringsfilter (MBNDKF). Der antaget udledning med koncentrationer, svarende til det der i 2003 blev fundet som gennemsnit af alle danske MBNDK og MBNDKF anlæg (Tabel 3).

Foranstaltning 7: Kontaktfiltrering på MBNDKF anlæg

Reduktionen svarer til forskellen mellem udledning ved MBNDKF rensning og udledning ved MBNDKF rensning suppleret med kontaktfiltrering (MBNDKf). Der antages udledning med koncentrationer, svarende til det der i 2003 blev fundet som gennemsnit af alle danske MBNDKF anlæg (Tabel 3) samt en forventet udledning ved et forforkrav på 0,15 mg/l.

Foranstaltning 8: Afskæring af udledningen til andet vandområde

Reduktionen vil svare til ophør af udledningen fra den pågældende anlægstype med de koncentrationer og årlige mængder pr PE, svarende til det der i 2012 blev fundet som gennemsnit af alle danske anlæg af den pågældende type renselanlæg (Tabel 3). Reduktionen vedrører dog kun det vandområde som hidtil har været belastet, mens der vil komme en ny eller forøget udledning det sted, hvor spildevandet fremover skal renses og udledes. Her øges mængden med de i Tabel 3 angivne værdier for den anlægstype spildevandet afskæres til.

2.2.1 Økonomi

Økonomi ved anlæg på 10.000 PE. Anlægsomkostning og ændring i driftsomkostninger	Enhed	Budgetøkonomi			Teknisk levetid År	Årlig omkostning kr./år/enhed	Pris pr. fjernet kg		
		Investering kr./enhed	Årlig drift og vedligehold kr./enhed	Årlig omkostning kr./år/enhed			BI5 Kr./kg	Total-N Kr./kg	Total-P Kr./kg
M->MBN	PE	670	150	40	184	14	127	776	
M->MBNDK	PE	1.600	270	40	351	26	122	695	
MBN->MBNDK	PE	950	120	40	168	317	118	626	
Efterpolering på MBNDK, lagune L	PE	200	10	40	20,1	345	3.907	6.487	
Efterpolering på MBNDK, filter F	PE	400	40	40	60,2	1.238	4.157	3.254	
Efterpolering på MBNDKF, kontaktfiltrering k	PE	150	18	40	25	0	0	2.301	
Afskæring af udledning til andet vandområde	km	1.500.000	75.000	60	140.000	xx	xx	xx	

Noter til økonomiskema:

Generelt er priserne baseret på et renseanlæg dimensioneret og belastet med 10.000 PE.

Anlægsudgifterne og ændringerne i driftsudgifter er baseret på seneste erfaringer med skelen til priskurver fra Winther et al., (Spildevandsteknik, 2009) samt de senest opdaterede priskurver mv. som angivet i "Forudsætninger og Grundlaget, Strukturanalyse på spildevandsområdet, November 2013" udarbejdet for de Nord-sjællandske forsyninger.

Prisen pr fjernet kg stof er beregnet ved at dividere den årlige reduktion i udledning af det pågældende stof med den samlede årlige omkostning til anlæg og drift af det pågældende virkemiddel. Årlige omkostninger er beregnet som omkostninger til drift og vedligeholdelse plus omkostninger til finansiering ud fra teknisk levetid og en forrentning som anbefalet i Klima-, Energi- og Bygningsministeriets notat af 12. juni 2013: "Opdateret tillægsblad om kalkulationsrente, levetid og reference til Vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet, Energistyrelsen, april 2005 (beregningseksempler revideret juli 2007)". Heri er renten fastsat som anført i nedenstående tabel.

Den reale samfundsøkonomiske kalkulationsrente

År 0 – 35 : 4 pct.

År 36 – 70 : 3 pct.

År 70 og efterfølgende år : 2 pct.

Note: Kalkulationsrente er opgjort realt (renset for inflation).

Foranstaltning 1: M -> MBN

Der regnes med etablering af et helt nyt renseanlæg anlagt i ikke bymæssig bebyggelse og med normale jord og funderingsforhold. Der antages ikke at være nogen reel besparelse ved anvendelse og udbedring af dele af det eksisterende M-anlæg.

Enhedsomkostningerne stiger ved mindre anlægsstørrelser og falder ved større anlæg. Som supplement til omkostningerne for et 10.000 PE-anlæg er nedenfor vist de skønnede anlægsomkostninger for andre anlægsstørrelser ved udbygning af et M-anlæg til et MBN-anlæg samt de afledte ændringer i driftsomkostningerne. Omkostningerne er pr PE.

2.000 PE:	1.000/200
40.000 PE:	440/110
100.000 PE:	300/77

Foranstaltning 2: M -> MBNDK

Der regnes med etablering af et helt nyt renseanlæg anlagt i ikke bymæssig bebyggelse og med normale jord og funderingsforhold. Der antages ikke at være nogen reel besparelse ved anvendelse og udbedring af dele af det eksisterende M-anlæg.

Enhedsomkostningerne stiger ved mindre anlægsstørrelser og falder ved større anlæg. Som supplement til omkostningerne for et 10.000 PE-anlæg er nedenfor vist de skønnede anlægsomkostninger for andre anlægsstørrelser ved udbygning af et M-anlæg til et MBNDK-anlæg samt de afledte ændringer i driftsomkostningerne. Omkostningerne er pr PE.

2.000 PE:	2.400/340
40.000 PE:	1.200/180
100.000 PE:	890/140

Foranstaltning 3A: MBN->MBNK, anlæg mindre end 5.000 PE – ikke i skema

Der regnes med udbygning af et eksisterende (små) MBN renseanlæg i ikke bymæssig bebyggelse med plads til udvidelse og med normale jord og funderingsforhold. Anlægsudgifterne og ændringerne i driftsudgifter er baseret på ovennævnte grundlag samt seneste erfaringer for meromkostningerne ved ombygning frem for nybygning.

Enhedsomkostningerne stiger ved mindre anlægsstørrelser og falder ved større anlæg. Nedenfor vist de skønnede anlægsomkostninger for forskellige anlægsstørrelser ved udbygning af et MBN-anlæg til et MBNK-anlæg samt de afledte ændringer i driftsomkostningerne. Omkostningerne er pr PE.

30 PE:	1.600/64
1.000 PE:	530/27
4.999 PE:	410/18

Foranstaltning 3B: MBNK->MBNKF, anlæg mindre end 5.000 PE – ikke i skema

Der regnes med udbygning af et eksisterende (små) MBNK renseanlæg i ikke bymæssig bebyggelse med plads til udvidelse og med normale jord og funderingsforhold. Anlægsudgifterne og ændringerne i driftsudgifter er baseret på ovennævnte grundlag samt seneste erfaringer for meromkostningerne ved ombygning frem for nybygning.

Enhedsomkostningerne stiger ved mindre anlægsstørrelser og falder ved større anlæg. Nedenfor vist de skønnede anlægsomkostninger for forskellige anlægsstørrelser ved udbygning af et MBNK-anlæg til et MBNKF-anlæg samt de afledte ændringer i driftsomkostningerne. Omkostningerne er pr PE.

30 PE:	18.000/360
1.000 PE:	870/17
4.999 PE:	420/8

Foranstaltning 3C: MBNKF->MBNKFk, anlæg mindre end 5.000 PE – ikke i skema

Der regnes med udbygning af et eksisterende (små) MBNKF renseanlæg i ikke bymæssig bebyggelse med plads til udvidelse og med normale jord og funderingsforhold. Anlægsudgifterne og ændringerne i driftsudgifter er baseret på ovennævnte grundlag samt seneste erfaringer for meromkostningerne ved ombygning frem for nybygning.

Enhedsomkostningerne stiger ved mindre anlægsstørrelser og falder ved større anlæg. Nedenfor vist de skønnede anlægsomkostninger for forskellige anlægsstørrelser ved udbygning af et MBNKF-anlæg til et MBNKFk-anlæg samt de afledte ændringer i driftsomkostningerne. Omkostningerne er pr PE.

30 PE:	730/34
1.000 PE:	180/21
4.999 PE:	110/17

Foranstaltning 4: MBN->MBNDK

Der regnes med udbygning af et eksisterende MBN renseanlæg i ikke bymæssig bebyggelse med plads til udvidelse og med normale jord og funderingsforhold. Prisen er baseret på udbygning af et anlæg på 10.000 PE, hvor en stor del af den eksisterende maskinelle installation skal udskiftes. Anlægsudgifterne og ændringerne i driftsudgifter er baseret på ovennævnte grundlag samt seneste erfaringer for meromkostningerne ved ombygning frem for nybygning.

Enhedsomkostningerne stiger ved mindre anlægsstørrelser og falder ved større anlæg. Som supplement til omkostningerne for et 10.000 PE-anlæg er nedenfor vist de skønnede anlægsomkostninger for andre anlægsstørrelser ved udbygning af et MBN-anlæg til et MBNDK-anlæg samt de afledte ændringer i driftsomkostningerne. Omkostningerne er pr PE.

2.000 PE:	1.400/140
-----------	-----------

40.000 PE:	720/80
100.000 PE:	600/70

Foranstaltning 5: Efterpolering med lagune på MBNDK anlæg

Der regnes med udbygning med lagune til efterpolering på et eksisterende MBNDK renseanlæg i ikke bymæssig bebyggelse med plads til udvidelse og med normale jord og funderingsforhold. Prisen er baseret på efterpolering for et anlæg på 10.000 PE.

Enhedsomkostningerne stiger ved mindre anlægsstørrelser og falder ved større anlæg. Som supplement til omkostningerne for et 10.000 PE-anlæg er nedenfor vist de skønnede anlægsomkostninger for andre anlægsstørrelser ved udbygning af et MBNDK-anlæg til et MBNDK-anlæg med lagune samt de afledte ændringer i driftsomkostningerne. Omkostningerne er pr PE.

2.000 PE:	310/15
40.000 PE:	120/10
100.000 PE:	100/5

Foranstaltning 6: Efterpolering med filter på MBNDK anlæg

Der regnes med udbygning med grusfiltre til efterpolering på et eksisterende MBNDK renseanlæg i ikke bymæssig bebyggelse med plads til udvidelse og med normale jord og funderingsforhold. Prisen er baseret på efterpolering for et anlæg på 10.000 PE.

Enhedsomkostningerne stiger ved mindre anlægsstørrelser og falder ved større anlæg. Som supplement til omkostningerne for et 10.000 PE-anlæg er nedenfor vist de skønnede anlægsomkostninger for andre anlægsstørrelser ved udbygning af et MBNDK-anlæg til et MBNDKF-anlæg samt de afledte ændringer i driftsomkostningerne. Omkostningerne er pr PE.

2.000 PE:	610/65
40.000 PE:	350/35
100.000 PE:	200/25

Foranstaltning 7: Kontaktfiltrering på MBNDKF anlæg

Der regnes med udbygning med kontaktfiltrering til efterpolering på et eksisterende MBNDKF renseanlæg i ikke bymæssig bebyggelse med plads til udvidelse og med normale jord og funderingsforhold. Prisen er baseret på kontaktfiltrering for et anlæg på 10.000 PE.

Enhedsomkostningerne stiger ved mindre anlægsstørrelser og falder ved større anlæg. Som supplement til omkostningerne for et 10.000 PE-anlæg er nedenfor vist de skønnede anlægsomkostninger for andre anlægsstørrelser ved udbygning af et MBNDKF-anlæg til et MBNDKF-anlæg med kontaktfiltrering samt de afledte ændringer i driftsomkostningerne. Omkostningerne er pr PE.

5.000 PE:	221/19
40.000 PE:	93/15
100.000 PE:	62/13

Foranstaltning 8: Afskæring af udledningen til andet vandområde

Der regnes med en spildevandsmængde (inkl. noget regn) på 0,01 l/s/PE. Ved 5.000 PE bør kapaciteten af den afskærende ledning derfor være omkring 50 l/s.

Der regnes med en pumpestation pr 2 km og at halvdelen af ledningslængden udføres som trykledning. Omkostninger er anført for afskæring af et fælleskloakeret område på 5.000 PE. Ledningen og pumpestation er regnet etableret i ubefæstede arealer. Hvis dele af ledningen skal lægges i befæstede arealer skal der for disse dele af ledningen tillægges ca. 800 kr./m.

Ved større vandmængder kan omkostningerne groft skønnes til $900 + 8,5 \times$ (vandmængden i l/s) kr./m i ubefæstede arealer, plus et tillæg på 800-1000 kr./m, hvor ledningen er placeret i befæstede arealer.

Anlægsudgifterne er baseret på bl.a. priskurver fra et studie af de seneste års priser som grundlag for en strukturanalyse af spildevandshåndteringen i Nordsjælland (November 2013).

Teknisk levetid er vægtet i forhold til de komponenter der indgår i det samlede transportanlæg for spildevandet.

3 Regnvandsbetingede udledninger fra fælleskloak

3.1 Overløb, reduktion af stof og vandmængder

3.1.1 Konsekvenser

Alle BI_5 mængder er angivet som BI_5 modificeret.

Vurderingerne af konsekvenser tager udgangspunkt i et eksisterende fælleskloakeret område med overløb og bassiner svarende til landsgennemsnittet i 2003. I gennemsnit er ca. 40 % af det befæstede areal tilsluttet en form for bassin, mens de resterende ca. 60 % af det fælleskloakerede areal ikke er forsynet med bassiner. Der afledes gennemsnitligt en regnvandsmængde på $3.950 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{år}$ fra befæstede arealer, herunder tagflader. Under kraftig regn aflastes en del af dette vand fra de fælleskloakerede områder. De aflastede vandmængder varierer meget fra sted til sted, primært afhængig af hvor store sparebassiner, der er indbygget i afløbssystemet. I henhold til "Punktkilder 2003", Bilag 3, aflastes i gennemsnit $930 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{år}$ fra fællessystemer i et normalår og resten afledes til renseanlæg. Dette stemmer godt overens med nye teoretiske beregninger for et normalår og gennemsnitlige kloakeringsforhold.

I rapporten "Målinger af forureningsindhold i regnbetingede udledninger, Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, Nr. 10, 2006" er refereret en række undersøgelser af indholdet i overløbsvand og spredningen på undersøgelsesresultater, hvilket resulterer i en anbefaling af at anvende de tidligere anvendte typetal for "overvand" (koncentrationer i det regnvand, der løber ud ved overløbsbygværker eller mindre bassiner).

Typetallene for overvand og spildevand, som findes i rapporten "Bestemmelse af belastningen fra regnvandsbetingede udløb, Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen, nr. 4, p. 85, Miljøstyrelsen 1990", er:

Overvand: **10 mg total-N/l, 2,5 mg total-P/l** og 120 mg COD/l.

Spildevand: **43 mg total-N/l, 13 mg total-P/l** og 320 mg COD/l.

Overløbsvand udledes iht. "Punktkilder 2003" med et gennemsnitligt forureningsindhold på 11,4 mg total-N/l og 2,9 mg total-P/l, hvilket er lidt mindre end den her anvendte koncentration i det miksede overløbsvand fra overløbsbygværker, nemlig 13,0 mg total-N/l og 3,5 mg total-P/l.

BI₅-indholdet er ikke angivet eller medtaget i punktkilderrapporten, men sættes her til **30 mg BI₅/l**, skønnet ud fra det gennemsnitlige BI₅/COD forhold i opblandet regn og spildevand i fællessystemer under kraftig regn.

Man skal være opmærksom på, at den anførte reduktion i forureningsbelastningen alene vedrører det lokalområde, hvor aflastningen/udledningen sker. Den vandmængde som ikke længere udledes, ledes i stedet videre til renseanlægget hvor udledningen vil øges svarende til den reducerede vandmængde ganget med de udløbskoncentrationer, der er gældende for den pågældende anlægstype. Se Tabel 3.

Tabel 5: Lokale konsekvenser af bassiner i fællessystemer - Overfladevand

Fælleskloak	Reduktion af udledning			
	Basis-enhed	BI ₅ kg/år	Total-N kg/år	Total-P kg/år
Forsinkelsesbassiner, 10mm, a=2,0 l/s/ha	red.ha	29,33	10,26	2,62
*Forsinkelsesbassiner, n=1/5, a=2,0 l/s/ha, max 2 l/s/ha til recipient (27mm)	red.ha	36,14	12,28	3,25
**Forsinkelsesbassiner, n=1/5, a=2,0 l/s/ha, max 1 l/s/ha til recipient (28mm)	red.ha	35,86	12,24	3,24

*) hydraulisk belastet recipient, **) meget hårdt hydraulisk belastet recipient

Noter til konsekvensskema for bassiner i fællessystemer:

Foranstaltning 1: Forsinkelsesbassiner

Reduktionen er angivet pr. reduceret areal, hvilket kan være bl.a. tagflader eller et vejareal omregnet til et 100 % tæt areal. Ved vurdering af effekten af forsinkelsesbassiner tages udgangspunkt i et fælleskloakeret opland uden forsinkelsesbassin. Effekten er opgjort for et afløbstal på 2 l/s/red.ha, hvilket oftest er det mest optimale i afløbssystemer, og et bassin på 10 mm (=100 m³/ha reduceret) for at opnå en volumenreduktion i aflastningerne på ca. 75 %, svarende til det, der er angivet i BLSTs retningslinjer for udarbejdelse af indsatsprogrammer med henvisning til resultater fra LOTWATER (afløbstal på 4,5 l/s/red.ha og et bassin på 5 mm).

Er der tale om hydraulisk belastede eller hårdt belastede vandløb, hvor der iht. Ministeriets brev af 10. april 2002 til Vejdirektoratet kan stilles særlige krav til hydraulisk beskyttelse i form af nedroslet udledning, må der bygges større bassiner (se "Bilag 1, retningslinjer for udarbejdelse af indsatsprogrammer - version 5.0"). Fastholdes afløbstallet på 2 l/s mod renseanlægget og skal udledningen til vandområdet nedrosles til 1 eller 2 l/s/ha, vil bassinerne skulle være en del større. Dette giver også en reduktion i udledte mængder. Derfor er der i Tabel 5 angivet, hvilke

reduktioner man kan forvente, hvis der af hydrauliske hensyn skal bygges bassiner der er ca. 3 gange større, end det der er nødvendigt ud fra stofhensyn.

3.1.2 Økonomi

Økonomi ved bassinstørrelser på 1.000 m ³	Enhed	Budgetøkonomi			Teknisk levetid År	Årlig omkostning kr./år/enhed	Pris pr. fjernet kg		
		Investering kr./enhed	Årlig drift og vedligehold kr./enhed	BI5 Kr./kg			Total-N Kr./kg	Total-P Kr./kg	
Forsinkelsesbassiner (10mm) (Svarer til en bassinstørrelse på 100 m ³ /pr. reduceret ha)	Red.ha	1.000.000	5.000	50	51.166	1.745	4.987	19.552	
*Forsinkelsesbassiner (27mm, mv.) (Svarer til en bassinstørrelse på 270 m ³ /pr. reduceret ha)	Red.ha	2.700.000	13.500	50	138.149	3.823	11.251	42.486	
**Forsinkelsesbassiner (28mm, mv.) (Svarer til en bassinstørrelse på 280 m ³ /pr. reduceret ha)	Red.ha	2.800.000	14.000	50	143.266	3.995	11.705	44.235	

**) hydraulisk belastet recipient, **) meget hårdt hydraulisk belastet recipient*

Noter til økonomiskemaet:

Foranstaltning 1: Forsinkelsesbassiner

Der er i overslagene regnet med en omkostning på 10.000 kr./m³ til etablering af middelstore (ca. 1.000 m³) underjordiske bassiner eller rørbassiner i eller tæt ved gadeareal, hvilket er det mest almindelige. I denne størrelse er rørbassiner generelt billigst, og specielt hvis der alligevel skal ske forbedring af eksisterende ledninger. For mindre lukkede bassiner i områder med begrænset plads kan prisen komme op omkring 20.000 kr./m³. Ønskes installation af finriste eller lignende i bassinerne skal også regnes med en højere pris. Ved store bassiner falder prisen pr. m³. Et lukket betonbassin 8-10.000 m³ vil således kunne bygges for ca. 6.000 kr./m³. Er det muligt at etableres et åbent bassin, f.eks. beklædt med asfalt, kan omkostningerne reduceres til ca. 1.300 kr./m³ næsten uafhængigt af bassinstørrelsen. I de anførte priser er ikke medtaget omkostninger til arealerhvervelse.

Reduktionen i lokalt udledte vandmængder vil modsvares af en tilsvarende stigning i vandmængder gennem det renseanlæg der modtager vand fra oplandet, hvorfor der også vil ske en mindre stigning i driftsomkostningerne ved renseanlægget, hvis der bygges bassiner.

Prisen pr fjernet kg stof er beregnet ved at dividere den årlige reduktion i udledning af det pågældende stof med den samlede årlige omkostning til anlæg og drift af det

pågældende virkemiddel. Årlige omkostninger er beregnet som omkostninger til drift og vedligeholdelse plus omkostninger til finansiering ud fra teknisk levetid og en forrentning som anbefalet i Klima-, Energi- og Bygningsministeriets notat af 12. juni 2013: "Opdateret tillægsblad om kalkulationsrente, levetid og reference til Vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet, Energistyrelsen, april 2005 (beregningseksempler revideret juli 2007)". Heri er renten fastsat som anført i nedenstående tabel.

Den reale samfundsøkonomiske kalkulationsrente

År 0 – 35: 4 pct.

År 36 – 70: 3 pct.

År 70 og efterfølgende år: 2 pct.

Note: Kalkulationsrente er opgjort realt (renset for inflation).

4 Regnvandsudledninger fra separatkloak

4.1 Bassiner, reduktion af stof og vandmængder

4.1.1 Konsekvenser

Alle BI_5 mængder er angivet som BI_5 modificeret.

Der tages udgangspunkt i et eksisterende separatkloakeret område med regnvandsudledning uden renseforanstaltninger. Ifølge Miljøstyrelsens "Punktkilder 2003" udledes gennemsnitligt $4.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ reduceret areal/år, med et forureningsindhold på 2 mg total-N/l og $0,5 \text{ mg total-P/l}$. BI_5 indholdet er ikke medtaget i punktkilderapporten, men sættes her til $5 \text{ mg } BI_5/l$.

Tabel 6: Lokale konsekvenser af bassiner i separatsystemer - Overfladevand

Separatkloak	Reduktion af udledning			
	Basisenhed	BI_5 kg/år	Total-N kg/år	Total-P kg/år
Åbne bassiner, $200 \text{ m}^3/\text{r.ha}$. plus 10% vådt volumen, i alt $220 \text{ m}^3/\text{r.ha}$.				
Sedimentationsbassin, sektioner	red.ha	5,93	2,61	0,89
Sedimentationsbassin, sektioner, beplantet	red.ha	8,89	3,56	1,19

Noter til konsekvensskema for bassiner i separatsystemer:

Foranstaltning 1: Sedimentation i bassin

Ved vurdering af reduktionen i belastning er forudsat at der etableres et bassin på 200 m^3 pr. reduceret hektar og et vådt volumen på 20 m^3 svarende til 10 % af det "tørre" volumen. Reduktionen er opgjort som reduktionen i forhold til hvis udledning fra regnvandssystemet foregår direkte uden passage af bassiner.

Opgørelsen af reduktion af stof ved sedimentation i bassiner er baseret på en forudsætning om rensegrader på hhv. 30 %, 33 % og 45 % for hhv. BI_5 , total-N og

total-P baseret på nye, men sparsomme danske og amerikanske målinger og analyser fra våde bassiner.

Foranstaltning 2: Sedimentation i bassin med planter

Ved vurdering af reduktionen i belastning er forudsat, at der etableres et bassin på 200 m³ pr. reduceret hektar og et vådt volumen på 10 % af det "tørre" volumen. Hele bassinet forsynes med forskellige former for planter til at øge sedimentationen og planteoptagelsen af opløste næringsalte. Reduktionen er opgjort som reduktionen i forhold til hvis udledning fra regnvandssystemet foregår direkte uden passage af bassiner.

Opgørelsen af reduktion af stof ved sedimentation i bassiner er baseret på en forudsætning om rensegrader på hhv. 45 %, 45 % og 60 % for hhv. BI₅, total-N og total-P baseret på nye, men sparsomme danske og amerikanske målinger og analyser fra våde bassiner.

I baggrundsrapporten om "Våde bassiner til rensning af separat regnvand, 2012, Jes Vollertsen et al." næves dog om de amerikanske erfaringer at "*beplantningen havde en klar indflydelse på især turbiditeten og der skete en reduktion af N og P. Samme effekt må under danske forhold kunne forventes i sommerperioden. Om vinteren er planterne selvsagt uden betydning med hensyn til næringsaltoptag. ... På den anden side renses våde regnvandsbassiner lige effektivt om sommeren som om vinteren. Det vil sige, at bassinernes renseevne ser ud til at være uafhængig af, om planterne er i vækst eller ej. Alt i alt må planternes rolle i de undersøgte bassiner derfor have været af underordnet betydning set i forhold til den naturlige variabilitet Alt i alt er det vanskeligt at drage nogen entydig konklusion om fastsiddende planters betydning for renseeffekten i våde regnvandsbassiner, men planter har formentlig en beskedent positiv effekt på bassinernes renseevne*"

4.1.2 Økonomi

Økonomi ved bassinstørrelser på 1.000 m ³	Enhed	Budgetøkonomi		Teknisk levetid År	Pris pr. fjernet kg		
		Investering kr./enhed	Årlig drift og vedligehold kr./enhed		BI5 Kr./kg	Total-N Kr./kg	Total-P Kr./kg
Sedimentationsbassin, sektioner (svarende til 220 m ³ pr. reduceret ha, 200+20 m ³)	Red.ha	264.000	2.400	50	4.415	10.035	29.435
Sedimentationsbassin, sektioner, beplantet (svarende til 220 m ³ pr. reduceret ha, 200+20 m ³)	Red.ha	286.000	5.200	50	3.481	8.703	26.110

Den årlige omkostning udgør henholdsvis 26.160 og 30.940 kr./år/enhed for ubepantede og beplantede åbne sedimentationsbassiner for regnvand.

Noter til økonomiskemaet:

Foranstaltning 1 og 2: Sedimentationsbassiner

Der er i overslagene regnet med etablering af middelstore (ca. 1.000 m³) åbne bassiner med et fast vådt volumen svarende til 10 % af det tørre forsinkelsesvolumen. Der er for begge bassintyper regnet med vedligeholdelse af de omkringliggende bevoksede arealer og regelmæssig oprensning efter kraftige regnhændelser. For de beplantede bassiner er regnet med, at der skal ske høstning af en del af planterne. Bassinerne regnes opdelt i et forbassin og et hovedbassin, hvor sediment regnes fjernet hvert 5-10 år fra forbassinet og ca. hver 20 år for hovedbassinet. I de anførte priser er ikke medtaget omkostninger til arealerhvervelse.

Prisen pr fjernet kg stof er beregnet ved at dividere den årlige reduktion i udledning af det pågældende stof med den samlede årlige omkostning til anlæg og drift af det pågældende virkemiddel. Årlige omkostninger er beregnet som omkostninger til drift og vedligeholdelse plus omkostninger til finansiering ud fra teknisk levetid og en forrentning som anbefalet i Klima-, Energi- og Bygningsministeriets notat af 12. juni 2013: "Opdateret tillægsblad om kalkulationsrente, levetid og reference til Vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet, Energistyrelsen, april 2005 (beregningseksempler revideret juli 2007)". Heri er renten fastsat som anført i nedenstående tabel.

Den reale samfundsøkonomiske kalkulationsrente

År 0 – 35 : 4 pct.

År 36 – 70 : 3 pct.

År 70 og efterfølgende år : 2 pct.

Note: Kalkulationsrente er opgjort realt (renset for inflation).

Bilag A Virkemidler for reduktion af fosfortilførsel til kystvande

A1 Renseanlæg på 5.000 PE eller derover samt udlederkrav 0,15 mg P/l

Det gældende generelle udlederkrav for fosfor fra renseanlæg med en godkendt kapacitet på 5.000 PE eller derover er 1,5 mg P/l. Der kan dog være stillet strengere krav med henvisning til lokale forhold.

Ved en skærpelse af udlederkravet til 0,15 mg P/l forventes et gennemsnitligt udlederniveau på 0,1 mg P/l for de berørte renseanlæg.

Udlederkrav og udlederniveau svarer til de gældende forhold på Stavnsholt Renseanlæg i Furesø Kommune.

De berørte renseanlæg er væsentligst af typen MBNDK, men et antal anlæg med en gældende godkendelse fra før 22. december 2007 og med godkendt kapacitet fra og med 5.000 PE og op til 15.000 PE kan være af typen MBNK, idet disse anlæg ikke er omfattet af et generelt kvælstofkrav.

Det samlede potentiale for fosforreduktion ved skærpelse af udlederkravet til 0,15 mg/l for renseanlæg på 5.000 PE eller derover er ca. 400 t P/år. Dette tal er fundet, som den nuværende fosforudledning fra anlæg med en kapacitet på 5.000 PE eller mere fratrukket fosforudledningen ved en gennemsnitlig afløbskoncentration på 0,1 mg P/l, som forventes ved et krav på 0,15 mg P/l.

A1.1 Teknisk beskrivelse

Det forventes, at fosforkravet kan overholdes ved en intensiveret kemisk fældning i kombination med et sandfilter, således at fosforfældningen kan udføres som en kombination af simultanfældning, efterfældning og kontaktfiltrering.

For at kunne overholde det skærpede krav til fosfor skal renseanlæggene typisk udbygges med sandfilter med fosforfældning (kontaktfiltrering) inden udledning. Derudover skal det eksisterende kemikaliedoseringsystem eventuelt udvides med et ekstra doseringspunkt.

A1.1.1 Intensiveret fældning

For at forbedre effekten af den kemiske fældning kan der etableres mulighed for at kombinere simultanfældning og efterfældning. En del anlæg har denne mulighed, men på anlæg, hvor der kun doseres et sted i processen bør der etableres udstyr til dosering, indblanding og flokkulering med henblik på en optimeret kombinationsfældning.

A1.1.2 Kontaktfiltrering

Restindholdet af partikelbundet fosfor og opløst fosfor reduceres ved filtrering i et

sandfilter. Inden filtrering i filteret tilsættes 1) koaguleringsmiddel for at udfælde opløst fosfor og 2) polymer for at forbedre flokdannelsen. Den bedste udnyttelse af kemikalierne opnås ved etablering af et separat doseringsarrangement til indblanding, koagulering og flokkulering inden filtrering i sandfiltret. Der bør installeres en kontinuerlig PO₄-P-måler i afløbet til styring af kemikaliedoseringen og overvågning af afløbskvaliteten.

Skyllevand fra returskyllning af sandfiltrene returneres til aktivslam tankene via en buffertank, således at skyllevandet kun tilledes, når den hydrauliske belastning af systemet tillader dette.

A1.2 Anlægs- og driftsøkonomi

I den følgende tabel af vist omkostningsniveauer ved opgradering af renseanlæg af MBNDKF-typen med intensiveret fældning og kontaktfiltrering. Fosforindholdet i afløbet forventes herved forbedret fra 0,22 mg P/l til 0,1 mg P/l.

Ved opgradering af mindre avancerede anlægstyper skal de omkostningerne i tabel i katalogets afsnit 2.2.1 summeres så de samlede ekstraomkostninger svarer til den nødvendige udbygning.

Anlægsomkostning og ændring i driftsomkostninger	Enhed	Budgetøkonomi			Teknisk levetid År	Årlig omkostning kr./år/enhed	Pris pr. fjernet kg		
		Investering kr./enhed	Årlig drift og vedligehold kr./enhed	Årlig omkostning kr./år/enhed			BI5 Kr./kg	Total-N Kr./kg	Total-P Kr./kg
MBNDKF -> MBNDKF, kontaktfiler k 5.000 PE	PE	221	19	40	30	0	0	2.700	
MBNDKF -> MBNDKF, kontaktfiler k 10.000 PE	PE	153	18	40	25	0	0	2.300	
MBNDKF -> MBNDKF, kontaktfiler k 40.000 PE	PE	93	15	40	20	0	0	1.800	
MBNDKF -> MBNDKF, kontaktfiler k 100.000 PE	PE	62	13	40	16	0	0	1.500	

Den prissatte opgradering er alene beregnet på at reducere fosforindholdet i afløbet, hvorfor eventuel fjernelse af organisk stof og kvælstof er omkostningsfrit. Det skal bemærkes, at reduceret spildevandsafgift ikke er indregnet i årlige udgifter.

A2 Renseanlæg mindre end 5.000 PE og udlederkrav på 0,15 mg P/l

Det er ikke et generelt fosforkrav for renselanlæg med en godkendt belastning på mindre end 5.000 PE. En betydelig andel af disse anlæg har dog et fosforkrav begrundet i lokale forhold.

Ved indførelse af et udlederkrav på 0,15 mg P/l for alle anlæg på 30 PE op til 5.000 PE forventes et gennemsnitligt udlederniveau på 0,1 mg P/l for de berørte renselanlæg.

Overholdelse af det skærpede krav forudsætter, at anlæggenes udløbskvalitet måles kontinuerligt og overvåges nøje, samt at der omgående gribes ind, hvis afløbskoncentrationen ikke er tilfredsstillende.

De berørte renselanlæg er af typerne M, MB og MBN.

Det samlede potentiale for fosforreduktion ved skærpelse af udlederkravet til 0,15 mg/l for renselanlæg mindre end 5.000 PE er ca. 60 t P/år. Dette tal er fundet, som den nuværende fosforudledning fra anlæg med en kapacitet på mindre end 5.000 PE fratrukket fosforudledningen ved en afløbskoncentration på 0,1 mg P/l, som forventes ved et krav på 0,15 mg P/l.

A2.1 Teknisk beskrivelse

På MB og MBN anlæg skal der suppleres med biologisk fosforfjernelse eller kemisk fældning samt kontaktfiltrering i sandfilter for at fosforkravet kan overholdes.

Biologisk fosforfjernelse kræver etablering af en anaerob fortank.

På M anlæg skal der også tilføjes et biologisk trin til som minimum MB niveau. Det vil næppe kunne betale sig at opgradere M-anlæg til biologiske anlæg. M-anlæg skal derfor afskæres til større renselanlæg eller udskiftes med et mere avanceret anlæg med biologisk rensning.

Fældningen kan udføres som direkte fældning, simultanfældning eller efterfældning eller som en kombination. Dette kræver etablering af kemikalielager samt udstyr til dosering, indblanding og flokkulering af fældningskemikalier.

Ved kontaktfiltrering skal renselanlæggene typisk udbygges med sandfilter med fosforfældning (kontaktfiltrering) inden udledning.

Fældningsprocesserne vil generere ekstra slam og anlæggenes slambehandlingskapacitet skal sandsynligvis forøges og ligeledes må der forventes større udgifter til slambortskaffelse.

A2.1.1 Kontaktfiltrering

Restindholdet af partikelbundet fosfor og opløst fosfor reduceres ved filtrering i et sandfilter. Inden filtrering i filteret tilsættes 1) koaguleringsmiddel for at udfælde

opløst fosfor og 2) polymer for at forbedre flokdannelsen. Den bedste udnyttelse af kemikalierne opnås ved etablering af et separat doseringsarrangement til indblanding, koagulering og flokkulering inden filtrering i sandfiltret. Der bør installeres en kontinuerlig PO₄-P-måler i afløbet til styring af kemikaldoseringen og overvågning af afløbskvaliteten.

Skyllevand fra returskylning af sandfiltrene returneres til renseanlæggets tilløb via en buffertank, således at skyllevandet kun tilledes, når den hydrauliske belastning af systemet tillader dette.

A2.2 Anlægs- og driftsøkonomi

I den følgende Tabel 7 er vist omkostningsniveauer ved udbygning af renseanlæg af MBN-typen med kemisk fældning til MBNK. Fosforindholdet i afløbet forventes herved forbedret fra 3,2 mg P/l til 0,5 mg P/l.

Tabel 7: Omkostninger ved opgradering fra MBN til MBNK

Anlægsomkostning og ændring i driftsomkostninger	Enhed	Budgetøkonomi			Teknisk levetid År	Årlig omkostning kr./år/enhed	Pris pr. fjernet kg		
		Investering kr./enhed	Årlig drift og vedligehold kr./enhed	Årlig omkostning kr./år/enhed			BI5 Kr./kg	Tot-N Kr./kg	Tot-P Kr./kg
MBN -> MBNK 30 PE	PE	1.643	64	40	146	0	0	590	
MBN -> MBNK 1.000 PE	PE	528	27	40	54	0	0	220	
MBN -> MBNK 4.999 PE	PE	414	18	40	39	0	0	160	

I Tabel 8 nedenfor er vist omkostningsniveauer ved udbygning af renseanlæg af MBNK-typen med sandfilter til MBNKF. Fosforindholdet i afløbet forventes herved forbedret fra 0,5 mg P/l til 0,25 mg P/l.

Tabel 8: Omkostninger ved opgradering fra MBNK til MBNKF

Anlægsomkostning og ændring i driftsomkostninger	Enhed	Budgetøkonomi			Teknisk levetid År	Årlig omkostning kr./år/enhed	Pris pr. fjernet kg		
		Investering kr./enhed	Årlig drift og vedligehold kr./enhed	Årlig omkostning kr./år/enhed			BI5 Kr./kg	Tot-N Kr./kg	Tot-P Kr./kg
MBNK -> MBNKF 30 PE	PE	17.755	355	40	1.243	0	0	54.480	
MBNK -> MBNKF 1.000 PE	PE	869	17	40	70	0	0	3.047	
MBNK -> MBNKF 4.999 PE	PE	423	8	40	30	0	0	1.297	

I den sidste Tabel 9 er vist omkostningsniveauer ved udbygning af renseanlæg af MBNKF-typen med sandfilter til MBNKFk. Fosforindholdet i afløbet forventes her ved forbedret fra 0,25 mg P/l til 0,1 mg P/l.

Tabel 9: Omkostninger ved opgradering fra MBNKF til MBNKFk

Anlægsomkostning og ændring i driftsomkostninger	Enhed	Budgetøkonomi			Teknisk levetid År	Årlig omkostning kr./år/enhed	Pris pr. fjernet kg		
		Investering kr./enhed	Årlig drift og vedligehold kr./enhed	Årlig omkostning kr./år/enhed			BI5 Kr./kg	Tot-N Kr./kg	Tot-P Kr./kg
MBNKF -> MBNKFk 30 PE	PE	726	34	40	70	0	0	5.139	
MBNKF -> MBNKFk 1.000 PE	PE	184	21	40	30	0	0	2.201	
MBNKF -> MBNKFk 4.999 PE	PE	111	17	40	22	0	0	1.626	

Ved opgradering af mindre avancerede anlægstyper skal omkostningerne i katalogets afsnit 2.2.1 summeres så de samlede ekstraomkostninger svarer til den nødvendige udbygning.

De små anlæg er ofte ubemandede og der er en betydelig risiko for at de forventede fosforniveauer i afløbet i praksis ofte vil overskrides, bl.a. pga. varierende belastning. Opnåelse af de lave fosforkoncentrationer kræver, at der etableres fjernovervågning f.eks. fra centralt renseanlæg samt regelmæssigt og hyppigt tilsyn med omgående indgreb ind i tilfælde af uregelmæssigheder.

De prissatte opgraderinger er alene beregnet på at reducere fosforindholdet i afløbet, hvorfor eventuel fjernelse af organisk stof og kvælstof er omkostningsfrit. Det skal bemærkes, at reduceret spildevandsafgift ikke er indregnet i årlige udgifter.

A3 Andre teknologiske virkemidler

I det følgende er omtalt metoder, som i dag sjældent anvendes i forbindelse med rensning af kommunalt spildevand i Danmark, men som vil kunne sikre en udløbskvalitet på 0,1 mg total P/l.

A3.1 Nanofiltrering

Nanofiltrering er en fysisk proces, hvor urenheder i spildevandet fjernes ved filtrering gennem en meget fin membran, der er lavet af et polymert materiale.

Membranen har en porestørrelse på 0,001 - 0,01 μm . Spildevandet presses gennem membranen ved et tryk på 5 – 35 bar. Nanofiltre kan i princippet tilbageholde polyvalente ioner, mens monovalente ioner fortrinsvis passerer igennem membranen. Det er muligt at nå en udløbskvalitet svarende til 0,1 mg total P/l.

Tilbageholdt koncentrat kan ledes retur til de biologiske processer, men på længere sigt kan der måske i visse tilfælde ske en opkoncentrering af visse stoffer, så det vil kræve en kortvarig oprensning af koncentratet i en periode.

Koncentratet vil indeholde sulfat, ortofosfat, magnesium, calcium og små koncentrationer af tungmetaller samt organisk stof, bl.a. svært nedbrydelige miljøfremmende stoffer.

Membranfiltreringsanlæg virker bedst ved ensartet belastning, hvilket betyder at variationer i spildevandsbelastningen helst skal håndteres ved at etablere buffervolumen kombineret med successiv indkobling af filter tanke ved stigende hydrauliske belastning.

Et nano-filtreringsanlæg består af fødepumper, trykrør med filtermoduler, reguleringsventiler, flow-og tryk-controllere. Der er endvidere et system til rensning af membraner med beholdere til rengøringskemikalier. Desuden skal anlægget holdes frostfrit.

En nano-filtreringsløsning er forholdsvis dyr i investering, i særdeleshed hvis spildevandsmængderne kommer fra fælleskloakerede områder med betydelig variation i spildevandsmængderne.

Nano-filtrering har hidtil primært været anvendt i industrien (Mejerier, bryggerier, mv), men det anvendes i udlandet også til rensning af drikkevand for organisk stof.



Nano-filtreringsanlæg på et danskbygget mejeri i Kuwait.

A3.2 Ionbytning

Ved ionbytning i en anionbytter kan $\text{PO}_4\text{-P}$ fjernes næsten fuldstændigt. For at nå en udløbskoncentration på 0,1 mg total P/l skal næsten alt partikulært stof være fjernet fra spildevandet. Det vil sige at spildevandet inden en afsluttende ionbytning skal renses til MBNDKF-niveau.

I en anionisk ionbytter adsorberes spildevandets indhold af anioner til et fast medium af kunststof, f.eks. baseret på polystyren der er coated med det aktive ionbyttermateriale. Dette sker ved at monovalente anioner på mediets overflade udskiftes/byttes med spildevandets indhold af polyvalente anioner. Ionbytteren vil typisk være fyldt op med Cl^- -ioner, således at PO_4^{3-} samt andre anioner optages og bindes til det aktive ionbyttermateriale, hvor det udbyttes med chlorid. Ionbyttermaterialet har en begrænset adsorptionskapacitet.

Ulempen ved denne metode er, at alle anioner i princippet bindes til ionbyttermaterialet, men der findes dog særlige ionbyttermaterialer, som mere eller mindre selektivt kan binde fosfat. Der er naturligvis en fordel, hvis man kan anvende en ionbytter, som kun optager fosfat, selv om der er mange andre anioner til stede i vandet. Herved bliver det også lettere at oparbejde det fosfat, som frigives, når ionbytteren skal regenereres, men den største fordel ligger formentlig i, at ionbytterne har meget lang driftstid, før regeneration er påkrævet. Der ligger tilsyneladende ikke særlig mange erfaringer med fuldskala anlæg, der benytter selektiv ionbytning til efterrensning af kommunalt spildevand, så her ligger en udfordring i at hente detaljerede oplysninger om denne proces.

Når kapaciteten er opbrugt, har ionbyttermaterialet ikke længere den ønskede effekt, og en regenerering vil være nødvendig. Ved regenerering udnyttes at ionbyt-

ningen er en reversibel proces, idet monovalente ioner i høj koncentration kan fortrænge de bundne ioner fra ionbyttermaterialet. Herved genskabes ionbytterens kapacitet mens de fjernede anioner, f.eks. PO_4^{-3} , bortskaffes med regenereringsvæsken, som også indeholder store mængder Cl^- -ioner.

Det er muligt, at regenereringsvæskens indhold af fosfor kan udvindes og nyttiggøres – f.eks. efter fældning.

Et ionbytningsanlæg består af fødepumper, ionbytterkolonner, regenereringssystem med lagertanke til regenereringsvæske og opsamlingsstanke for eluat. Desuden skal anlægget holdes frostfrit.

Omkostningerne ved etablering af et ionbytningsanlæg er betydelige og sandsynligvis højere end en løsning, hvor efterpoleringen baseres på kontaktfiltrering.



Ionbytningsanlæg fra Silhorko-Eurowater

A3.3 Actiflo

På Stavnsholt Renseanlæg overholdes et krav på 0,1 mg total P/l.

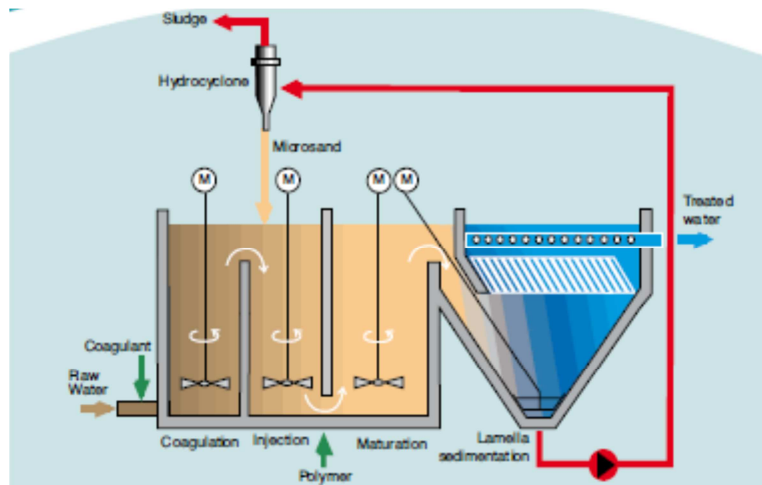
Fosfor fjernes ved en kombination af forfældning, simultanfældning og efterfældning samt fældning i et efterpoleringstrin.

Efterpoleringstrinnet er et særligt anlæg med typebetegnelsen "Actiflo". I atiflo-anlægget tilsættes det rensede spildevand et fældningskemikalie/koagulant og ledes til en koaguleringsstank. Som koagulant kan anvendes metalsalte, hvorved opløst fosfat omdannes til tungt opløselige kolloider. Vandets indhold af kolloider, der dels stammer fra fældningen og dels fra det tilførte vand, kan herefter koagulere til større primærpartikler. Fældnings- og koaguleringsprocesserne sker samtidigt i koaguleringsstanken, idet begge forløber meget hurtigt.

Fra koaguleringsstanken ledes vandet videre til en flokkuleringsstank, hvor der tilsættes mikrosand. Der anvendes en effektiv sandkornstørrelse på ca. 130 µm. Som flokkuleringsmiddel anvendes polymerer. Polymeren får mikrosand og slampartikler til at danne store sedimenterbare flokke.

Efter flokkuleringen ledes vandet ind i en lamelseparator. Her bundfælder flokkene hurtigt pga. mikrosandet, der giver flokkene en væsentlig større masse sammenholdt med flokke i andre fældningsprocesser. Det rensede vand ledes op gennem lamellerne og ud via afløbsrender. Fra bunden af lamelseparatoren udtages det fældede slam og mikrosand og pumpes tilbage til en hydrocyklon, hvor sand og slam adskilles. Sandet returneres til flokkuleringsstanken, mens slammet ledes til slambehandling.

Omkostningerne ved etablering af actiflo-anlæg til efterpolering skønnes at være sammenligneligt med omkostningerne til etablering af kontaktfiltrering.



Principtegning af Krügers Actiflo-anlæg