NOVEMBER 2020
BIOFOS

6. MILJØ- OG KLIMATILTAG SAMT 7. GRØN OMSTILLING

ANALYSE AF FREMTIDIGE PLACERINGER AF RENSEANLÆG

COWI

ADRESSE COWI A/S
Visionsvej 53
9000 Aalborg

TLF +45 56 40 00 00
FAX +45 56 40 99 99
WWW cowi.dk

NOVEMBER 2020
BIOFOS

6. MILJØ- OG KLIMATILTAG SAMT 7. GRØN OMSTILLING

ANALYSE AF FREMTIDIGE PLACERINGER AF RENSEANLÆG

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.
A206164	

VERSION	UDGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GODKENDT
2.0	16. November 2020	Delelement 6	MBOA/CNTR	GGDA	JHH

INDHOLD

1	Indledning	7
1.1	Forventede krav til forsyningerne over de kommende år	8
2	Sammenfatning	11
3	Teknologibeskrivelser	12
4	Økonomi	13
5	Areal	15
6	Fordele og ulemper	17
7	Opsamling	24
7.1	Eksempel på teknologivalg	26
8	References	29

1 Indledning

Som udgangspunkt var der lagt op til at Miljø- og klimatilpasning og grøn omstilling var delt i to rapporter, men grundet stort overlap er de to delrapporter slået sammen til en.

BIOFOS har udarbejdet to notater med titlerne "Tendenser, udfordringer og muligheder (BIOFOS, 2020B)" og "Fremtidige teknologiske muligheder (BIOFOS, 2020A)". Disse to notater bruges som afsæt til denne rapport da de omhandler miljø- og klimatilpasning samt grøn omstilling. Følgende punkter om spildevandsselskabets rolle i fremtiden er listet i (BIOFOS, 2020B):

- At reducere miljø og klimabelastningen ved at rense bedre og bruge færre ressourcer bl.a. brug af ny teknologi, digitale løsninger og partnerskaber
- At genanvende restprodukter som råstoffer og energi og interagere med andre forsyningsarter herunder vand- og energiselskaber
- At fremme effektive systemløsninger inden for forsyning på verdensplan og dermed bidrage til verdensmålet om mere og bedre spildevandsrensning

Af ovenstående punkter er det tydeligt at der i BIOFOS er fokus på miljø- og klimatilpasning samt grøn omstilling. I BIOFOS' strategi 2020-2025 (BIOFOS, 2019) findes følgende vision: *"Vi vil bruge vores styrke som kommunalt ejet forsyning til at tage aktiv del i hovedstadsområdets udvikling. Vi vil fremme den grønne omstilling og opbygning af en cirkulær økonomi gennem ambitiøse målsætninger for miljø, klima og et bæredygtigt CO_2-neutralt samfund."* som er i god overensstemmelse med ovenstående punkter. Udover BIOFOS' egne visioner har regeringen og med tilslutning fra de fleste af folketinget partier også påvirket udviklingen ved at lave en klimaplan (Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi (Regeringen, 2020)), som særligt fokusere på to punkter i forhold til spildevandsrensning, nemlig lattergasemission fra spildevandsrensning og fosforgenindvinding. For lattergas vil man indføre grænseværdier for lattergasemissionen for alle renseanlæg over 30.000 PE. Fosforgenindvinding ønskes reguleret ved styrket økonomisk incitament.

Det er derfor væsentligt at det bliver set på hvilke teknologier og muligheder som kan bringes i spil i denne langsigtede plan for BIOFOS, men også om nogle af de scenarier som er beskrevet i "De fysiske anlæg"/1/, har positiv eller negativ indvirkning på muligheder for at efterleve ovenstående. Dette dokument vil derfor i høj grad omhandle sammenhængen mellem valg af scenarie og teknologiske muligheder for fremtiden.

Det er klart at eksisterende anlæg kan ombygges i en sådan grad så alt er muligt, men som udgangspunkt anvendes nuværende layout og teknologivalg på eksisterende anlæg, som basis for denne vurdering.

1.1 Forventede krav til forsyningerne over de kommende år

Dette afsnit giver et bud på hvilke krav der er på vej til spildevandsrensningen og hvornår de forventes implementeret– dette er selvsagt svært at spå om, og det er vigtigt at huske på, at forventningerne er påvirket og lavet ud fra de tendenser som er i branchen, men også politisk på det tidspunkt hvor det bliver skrevet.

Lattergasemission
Som tidligere nævnt har regeringen allerede nu planer om grænseværdier for lattergasemission. Dette krav er derfor nært forestående, men om grænseværdien bliver så lav, at det er nødvendigt at overdække procestankene og rense luften, eller om kravet kan overholdes ved avanceret styring af de biologiske processer i renseanlægget, er endnu ikke til at vide.

Fosforgenindvinding
Som tidligere nævnt har regeringen allerede nu planer om at indføre et økonomisk incitament for at øge genindvindingen af fosfor. Dette betyder sandsynligvis at det ikke bliver et krav, men at det kan være en god forretning.

Rensning for mikroforureninger
Der er et øget fokus på mikroforureninger herunder særligt lægemidler i spildevandet og hvilken påvirkning det har på miljøet. Det nuværende fokus i Danmark er meget på punktkilder for denne type af forurening, men det må dog forventes at kravene også kommer til forsyningerne, også fordi man i EU har fokus på mikroforurening og man i de øvrige lande ikke ser på punktkilder, men på rensning ved de centrale renseanlæg. Forventeligt går der dog en del år før der kommer krav minimum 5 år og sandsynligvis længere tid. Dog kan en kommune allerede i dag gå ind og stille krav til fjernelse af mikroforureninger.

Skærpede rensekrav næringssalte og organisk stof
Kommer der skærpede krav til rensning for de "normale" parametre på renseanlæggene, altså næringssalte og organisk stof, bliver det nok som følge af vandrammedirektivet. Det må dog forventes at det er mindst 10 år ud i fremtiden. Dog vil fremtidige udvidelser af anlæg indirekte før til skærpede krav da udledning til et vandområde ikke må forøges målt i masse per år.

1.1.1 Terminologi

Tertiær rensning omfatter rensning for f.eks. medicinrester og mikroforurening.

Skærpede krav omfatter lettere skærpelse af de udlederkrav, der forudsættes ved scenarierne. Lettere skærpede krav er forudsat at være krav til fjernelse af kvælstof på 3,5 mg/l og til fjernelse af fosfor på 0,25 mg/l.

Yderligere skærpede krav omfatter skærpelse af udlederkravene til 1-2 mg N/l og 0,1 mg P/l.

Rensning af bypass omfatter renseforanstaltninger der kan nedbringe forureningsindholdet svarende til skærpede krav.

Kompakt teknologi er udtryk for teknologier der kan bringe arealbehovet ved udbygning og nyanlæg af renseanlæg ned på 0,1-0,15 m²/PE, hvilket er betydeligt lavere end realbehovet der er anvendt på renseanlæggene i dag. Kompakt teknologi er ikke metodemæssigt nærmere defineret, men arealbehovene anvendes ved udbygning og nyanlæg.

1.1.2 Forkortelser

Følgende forkortelser er anvendt i rapporten:

RL: Renseanlæg Lynetten
RA: Renseanlæg Avedøre
RD: Renseanlæg Damhusåen
RLP: Renseanlæg Lynetten flyttet til Prøvestenen
RP: Renseanlæg på Prøvestenen renser spildevandet fra alle renseanlæg
RH: Renseanlæg på Holmene renser spildevandet fra alle renseanlæg
RLA: Renseanlæg Lynetten flyttet til Renseanlæg Avedøre
KB: Området omkring Kalveboderne
enten på østkysten af Avedøre Holme eller vestkysten af Amager
KP: Pumpestation Kløvermarken
VA: Vestamager lige øst for Ørestaden

1.1.3 Referencer

/1/ Delrapporten "De fysiske anlæg"

/2/ Delrapporten ”Økonomiske estimater”

/3/ Delrapporten "Anlægsperioder"

/4/ Delrapporten "Følsomhedsanalyse"

/5/ Delrapporten "Miljøkonsekvenser"

/6/ Delrapporten "Muligheder for nye miljø- og klimatiltag" og "Muligheder for grøn omstilling"

/7/ Delrapporten "Beskrivelse af arkitektoniske forhold"

/8/ Delrapporten "Muligheder/konsekvenser for planlægningen i oplandet" (Udarbejdes af BIOFOS)

/9/ Delrapporten "Transmissionssystemet"

2 Sammenfatning

Fremtiden bringer uden tvivl nye krav og udfordringer til spildevandsbranchen når man ser på miljø- og klimatiltag samt grøn omstilling. Med disse nye krav og udfordringer kommer også nye muligheder og nye teknologier – overvejelser i forhold til dette har BIOFOS berørt i to notater (BIOFOS, 2020A) (BIOFOS, 2020B). Nærværende rapport ser på muligheden for at implementere de teknologier, som på nuværende tidspunkt ser ud til at kunne løse fremtidens krav og udfordringer, i de fem scenarier beskrevet i "Fysiske anlæg" /1/.

Den overordnede konklusion er, at det vurderet ud fra økonomi, areal og generelle fordele og ulemper altid er bedre at implementere ny teknologi eller imødekomme nye krav på nye anlæg. Altså er scenarie RP og RH klart at foretrække i forhold til ovennævnte. Dette skyldes primært, at man kan indtænke nye og/eller alternative teknologier fra starten og dermed lave det optimale sammenspil mellem teknologierne til den lavest mulige pris og mindste arealbehov. I den mindst favorable ende af scenarierne er scenarie RL/RD/RA hvor de tre nuværende anlæg udbygges. Dette skyldes at der i dette scenarie bygges mindst muligt nyt, hvilket gør det dyrere, mere pladskrævende og generelt øger kompleksiteten i forhold til indbygning af ny teknologi. Som eksempel er det vanskeligt og i nogle tilfælde umuligt at ombygge et eksisterende anlæg til ny teknologi uden at tage hele eller dele af anlægget ud af drift i kortere eller længere perioder med det til følge, at det vil gå ud over rensegraden af de udledte vand.

3 Teknologibeskrivelser

I appendiks 1 i (BIOFOS, 2020A) beskrives kort forskellige teknologier, som kan anvendes på renseanlæg, enten i samspil med nuværende dominerende teknologier eller som erstatning heraf. Generelt er teknologierne vurderet i deres nuværende udviklingsstadie, men det er klart at ser man 20 år frem vil de teknologier som på nuværende tidspunkt er under udvikling være klar til implementering ligesom der vil være nye teknologier som vi endnu ikke kender til.

Teknologierne er opdelt i tre grupper som hhv. omhandler forbedrede rensning, øget energiproduktion eller forøgelse af værdien af produceret energi, og ressourcegenindvinding.

Teknologierne, som har til formål at sikre en bedre rensning, er både teknologier, som kan erstatte den traditionel aktiv slam proces, kombineres med aktiv slam proces, processer som kan anvendes til efterpolering af udløbsvandet fra en aktiv slamproces samt luftrensning.

Teknologierne, som har til formål at øge energiproduktionen eller øge værdien af den producerede energi omfatter bl.a. teknologier til at sikre øget udrådning af slam, modtagelse af KOD, opgradering af produceret biogas, ændret slambehandling.

Teknologier som har til formål at genindvinde ressourcer fokuserer på fosfor genindvinding. Det er ikke medtaget i dette dokument, men genindvinding er kvælstof kunne også være en mulighed. Mest oplagt er til gødning, men der er også andre alternativer f.eks. arbejdes der med produktion af kvælstofholdige salte til solceller fra spildevand.

4 Økonomi

Det afsnit fokuserer på økonomiske forhold ved de forskellige teknologiske løsninger i forhold til de fem scenarier. Vurderingen går altså udelukkende på om en teknologi vurderes at blive dyre eller billigere afhængig af hvilket scenarie den tænkes ind i. Disse vurderinger findes i tabel 1, tabel 2 og tabel 3. I tabellerne er gives teknologierne point fra 1-5 ved være scenarie hvor 5 er den mest økonomisk fordelagtige kombination. De teknologiske løsninger er kort beskrevet i (BIOFOS, 2020A).

Tabel 1: Økonomisk vurdering af de forskellige teknologier til bedre rensning.

Scenarie / Teknologi	RL/RA/RD	RLP	RLA	RH	RP
Granulært slam	5	5	5	5	5
Anammox	3	4	4	5	5
MBBR/IFAS	3	4	4	5	5
MBBR - tertiær	4	4	4	5	5
MBR	4	4	4	5	5
Aktiv kul	4	4	4	5	5
AOP	4	4	4	5	5
Ozonering	4	4	4	5	5
Sandfiltrering + fældningskemikalier	3	4	4	5	5
Solid Contact clarifier	3	4	4	5	5
Fjernelse af tungmetaller	5	5	5	5	5
Membranfiltrering	3	4	4	5	5
UV-behandling	5	5	5	5	5
Luftrensning for N_2O	1	3	2	5	5

Tabel 2: Økonomisk vurdering af de forskellige teknologier til øget energiproduktion og forøgelse af værdien af den producerede energi.

Scenarie / Teknologi	RL/RA/RD	RLP	RLA	RH	RP
Varmepumper	2	4	3	5	5
KOD-modtagelse	5	5	5	5	5
Direkte udrådning	1	2	2	5	5
Termisk hydrolyse	3	4	4	5	5
Biogas opgrade-ring	5	5	5	5	5
Carbon Capture	1	3	2	5	5
HTL	1	3	2	5	5
Pyrolyse	1	3	2	5	5
ORC	5	5	5	5	5
Power to X	3	3	4	5	5

Tabel 3: Økonomisk vurdering af de forskellige teknologier til ressourcegenindvinding

Scenarie / Teknologi	RL/RA/RD	RLP	RLA	RH	RP
Struvit	4	4	4	5	5
Ash2Phos	5	5	5	5	5

Overordnet viser denne øvelse at det oftest er økonomisk mest fordelagtigt at implementere ny teknologi i forbindelse med nybyggede anlæg hvilket ikke er, så bemærkelsesværdigt, da ny teknologi på eksisterende anlæg ofte kræver ændringer af bygning, tank, tiltag som ekstra pumpning eller lignende, som fordyrende. Til sammenligning kan ny teknologi tænkes ind fra starten i nye anlæg hvilket gøre det muligt at lavet alt det krævede fra start af hvilket fjerne omkostninger.

5 Areal

Forventninger til areal behov for teknologier. Igen vil der være fokus på forskellen mellem eksisterende anlæg og nye anlæg. Der vil dog også blive set på nogle af de eksisterende anlæg har så begrænset plads, at disse skal beskrives særskilt.

Det er klart at teknologiens stadie i forhold til implementering har en del at sige i forhold til hvor nært man kan komme et pladskrav. Men for langt de fleste teknologier kan man komme det rimeligt nært.

Nødvendigt areal til de forskellige teknologier angives i hhv. tabel 4, tabel 5 og tabel 6 afhængig af formålet med de teknologierne.

Tabel 4: Arealbehov til teknologier til bedre vandrensning.

Stort	Medium	Lille	Vides ikke
		Granulært slam	
	Anammox		
		MBBR/IFAS	
MBBR – tertiær			
MBR			
	Aktivt kul		
	AOP		
	Ozonering		
Sandfiltrering + fældningskemikalier			
Solid contact clarifier			
	Fjernelse af tungmetaller		
	Membranfiltrering		
	UV-behandling		
		Luftrensning for N_2O	

Tabel 5: Arealbehov til teknologier til øget energiproduktion eller forøgelse af værdien af produceret energi.

Stort	Medium	Lille	Vides ikke
		Varmepumper	
	Modtagelse af KOD[1]		
Direkte udråd-ning			
	Termisk hydro-lyse		
		Biogasopgrade-ring	
			Carbon Capture
HTL			
	Pyrolyse		
		ORC	
			Power to X

[1] Hvis der ikke skal laves pulpningsanlæg

Tabel 6: Arealbehov til teknologier til ressourcegenindvinding

Stort	Medium	Lille	Vides ikke
	Struvit		
			Ash2Phos[1]

[1] Det fylder en del, men skal sandsynligvis ikke placeres ved renseanlægget

6 Fordele og ulemper

Da teknologierne, som gennemgås i nærværende dokument, har mange forskellige funktioner på et renseanlæg laves der en fælles opsamling på fordele og ulemper. Teknologierne vurderes i forhold til følgende parametre:

- Placering – omhandler hvor på anlægget den givne teknologi skal placeres
- Krav til indretning – kort beskrivelse af nødvendigt udstyr, tankanlæg og lignende
- Klimaaftryk – om en teknologi har en positiv, neutral eller negativ påvirkning af renseanlæggets klimaaftryk
- Forsyningsstrategi – hvordan passer teknologien ind i de nuværende anlæg fx. i forhold til nuværende slamstrategi
- Påvirkning af omgivelserne – dette er et bredt punkt som går fra nær påvirkninger som arbejdsmiljø til trafik, lugt eller støj i området renseanlægget er placeret i, punktet giver også mulighed for at beskrive eventuelle symbiose effekter

Fordele og ulemper ved de forskellige teknologier gennemgås i hhv. tabel 7, tabel 8 og tabel 9 afhængig af teknologien formål. Teknologierne er inddelt efter samme kategorier som angivet i afsnit 3.

Tabel 7: Fordele og ulemper ved teknologier til bedre vandrensning.

Teknologi	Placering	Krav til indretning	Klimaaftryk	Forsyningsstrategi	Påvirkning af omgivelser
Granulært slam	I aktivslamproces	Kræver mindre installationer som cykloner	Ikke nogen påvirkning af CO_2-aftryk	Mindsker volumen behov i aktivslamprocessen	-
Anammox	Rejektvandsbehandling Mellem slutafvanding og proces	Tank volumen Lavt SS-indhold i rejektvand	Mindre end normal drift Har dog stor udledning af N_2O	Mindsker kravet til procesvolumen Er en del af VARGA-projektet hos BIOFOS	Øget behov for luftrensning for N_2O

Teknologi	Placering	Krav til indretning	Klimaaftryk	Forsyningsstrategi	Påvirkning af omgivelser
MBBR/IFAS	I aktivslamproces	Kræver ændringer som sikre at bæremedier ikke ender i recipient eller andre steder i anlægget	Ikke nogen påvirkning af CO_2-aftryk – eller mindre besparelse	Mindsker volumen behov i aktivslamprocessen	-
MBBR - tertiær	Tertiære rensetrin	Kræver relativt store tank volumener og bæremedier	Negativ påvirkning af CO_2-aftryk	Bedre udløbskvalitet – både kvælstof og mikroforurening	-
MBR	Efterpolering	Kræver tanke, membraner, pumper og en del andet udstyr	Negativ påvirkning af CO_2-aftryk	Bedre udløbskvalitet	-
Aktivt kul	Som en del af aktiv slamproces eller som tertiært trin	Hvis det er en del af aktiv slam, kræver det dosseringsanlæg Ved tertiære rensning skal der indbygges kulfiltre	Aktivt kul har en negativ påvirkning af CO_2-regnskabet for en forsyning	Forberedt udløbskvalitet særligt mikroforurening	Giver noget transport, aflevering af aktivt kul, samt kul som enten kan regenereres eller bortskaffes
AOP	Tertiære rensetrin	Afhænger af teknologi valg – men kan være dosseringsanlæg, kemikalie opbevaring, ozongenerator, tank volumener til ozonering osv.	Vil have et negativt CO_2-aftryk	Forberedt udløbskvalitet særligt mikroforurening	Kan have påvirkning af arbejdsmiljø

Teknologi	Placering	Krav til indretning	Klimaaftryk	Forsynings-strategi	Påvirkning af omgivelser
Ozonering	I aktivslamproces eller som tertiære rensetrin	Ozongenerator, dossering hvis der er i aktivslamproces og tank hvis det er tertiære	Negativ påvirkning af CO_2-aftryk	Bedre rensning særligt mht. mikroforurening Ozonering af aktivslam eller delstrøm af returslammet resulterer i bedre bundfældningsegenskaber	Kan give problemer med biprodukter
Sandfiltrering evt. med kemikaliedosering	Efterpolering	Tanke og pumper	Lille negativ påvirkning af CO_2-aftryk	Bedre udløbs kvalitet	-
Solid contact clarifier	Tertiære rensetrin	Nyt tankanlæg inklusiv pumper osv.	Negativ påvirkning af CO_2-aftryk	Forberedt udløbskvalitet Kan have dobbelt anvendelse så det håndtere bypass vand ved højt flow	-
Fjernelse af tungmetaller	Tertiære rensetrin	Dette dækker over flere teknologier, som stiller forskellige krav f.eks. dosseringsudstyr, tankvolumener, aktivt kul anlæg kemikalieopbevaring osv.	Negativ påvirkning på CO_2-aftryk	Forberedt udløbskvalitet	Kan have negativ påvirkning af arbejdsmiljø Der vil sandsynligvis også være et affaldsprodukt som skal håndteres Vil give øget transport

Teknologi	Placering	Krav til indretning	Klimaaftryk	Forsyningsstrategi	Påvirkning af omgivelser
Membranfiltrering	Efterpolering	Filterløsninger	Næste ingen påvirkning af CO_2-aftryk	Forberedt udløbskvalitet Kan have dobbelt anvendelse så det håndtere bypass vand ved højt flow	-
UV-behandling	Afsluttende behandling	Tank med relativt kort opholdstid installation af UV-rør	Negativ påvirkning af CO_2-aftryk	Bedre vandkvalitet, særligt i forhold til genbrug eller badevand	Kan anvendes hvis man kan afsætte renset spildevand til virksomhed – symbioseeffekt
Luftrensning for N_2O	Opsamling af luft fra procestanke og særligt anammox	Overdækning af proces samt luftbehandlingsanlæg – sandsynligvis aktivt kul. Alternativt kan den udsugeluft bruges som fødeluft til forbrændingsanlægget	Positiv påvirkning af CO_2-aftryk	Passer ind i regeringens klimaplan	-

Tabel 8: Fordele og ulemper ved teknologier til øget energiproduktion eller forøgelse af værdien af energiproduktionen.

Teknologi	Placering	Krav til indretning	Klimaaftryk	Forsyningsstrategi	Påvirkning af omgivelser
Varmepumper	Slanger i bundpladen på efterklaringstanke, eller i forbindelse med udløbsvand	Varmepumper og eventuelle slanger i bundplader	Positiv påvirkning af CO_2-aftryk	Øget udnyttelse af energi i vandet	Mulighed for at afsætte varme til fjernvarmenettet eller andre forsyninger eller virksomheder

Teknologi	Placering	Krav til indretning	Klimaaftryk	Forsynings-strategi	Påvirkning af omgivelser
KOD modtagelse	I forbindelse med rådnetanksanlæg	Kræver en modtagefunktion og muligvis opbevaringskapacitet. På nogle anlæg foretager forsyningen selv pulpningen af KOD hvilket kræver anlæg til dette	Positiv påvirkning af CO_2-aftryk	Er allerede i pilottest samt vurdering ved BIOFOS via VARGA-projektet	Kan give udfordringer med lugt, og arbejdsmiljø. Synergieffekt med renovationsvæsnet.
Direkte udrådning	I stedet for primært rensetrin	Ekstra tankanlæg til udrådning	Øget energiproduktion -> positiv påvirkning af CO_2-aftryk	Kræver særligt egnede spildevandsstrømme med højt COD-indhold	-
Termisk hydrolyse	Før udrådning eller mellem to serielle rådnetanke (DLD)	Kræver en del udstyr	Øget energiproduktion -> positiv påvirkning af CO_2-aftryk	BIOFOS er i gang med denne løsning	Mindre fokuspunkter ift. lugt og arbejdsmiljø
Biogas opgradering	Ved biogas håndtering		Positiv påvirkning af CO_2-aftryk	Findes allerede hos BIOFOS	
Carbon Capture	I forbindelse med procestankene	Vil afhænge meget af tilgangen	Positiv påvirkning af CO_2-tryk	Kan blive en vigtigt ting ift. at nå mål om CO_2-reduktion	Er ikke fuldstændigt gennem testet

Teknologi	Placering	Krav til indretning	Klimaaftryk	Forsyningsstrategi	Påvirkning af omgivelser
HTL	I stedet for udrådning og slamhåndtering	Kræver relativt meget produktions udstyr, men går i stedet for nuværende slamhåndtering	Positiv påvirkning af CO_2-aftryk pga. produktion af bio-olie	Kræver en fuldstændig omlægning af slamstrategien	På det nuværende udviklingsstadie er der en del udfordringer. Kan give gode muligheder for symbiose Lugt fra processen Dårligt arbejdsmiljø Affaldsprodukt i form af forurenet vand med indeholdende miljøfremmede stoffer
Pyrolyse	Efter udrådning af slam	En samlet pyrolyse installation	Forventes CO_2-neutral – måske positiv	Kræver en delvis omlægning af slamstrategi	Kan have positiv synergieffekt med aktivt kul da slutproduktet biochar kan anvendes som aktivt kul Resulterer i ekstra kørsel
ORC	Udnyttelse af overskudsvarme fra f.eks. gasmotor eller efter forbrændingsanlæg	ORC-installation	Positiv påvirkning af CO_2-aftryk	Er relativt let at implementere på et Renseanlæg	Muligt at øge produktionen af el

Teknologi	Placering	Krav til indretning	Klimaaftryk	Forsyningsstrategi	Påvirkning af omgivelser
Power to X	I forbindelse med rådnetank	Elektrolyse anlæg	Positiv påvirkning af CO_2-aftryk	Passer godt ind i overordnet strategi for CO_2-påvirkning og energiproduktion	Er ikke helt klar til installation

Tabel 9: Fordele og ulemper ved teknologier til ressourcegenindvinding.

Teknologi	Placering	Krav til indretning	Klimaaftryk	Forsyningsstrategi	Påvirkning af omgivelser
Struvit	Rejektvandsbehandling – mellem slutafvandig og proces	Struvit anlæg som kræver en del forskelligt udstyr	Negativ påvirkning af CO_2-aftryk	Giver et produkt som lever op til regeringens klimaplan, men som endnu mangler godkendelser	Vil resultere i ekstra kørsel dog begrænset
Ash2phos	-	-	C02-aftrykket er ikke helt klart. Genindvinding af ressourcer giver positivt, mens transport, energi og kemikalie forbrug til processerne har negativ påvirkning	Anlægget skal sandsynligvis ikke placeres på renseanlægget Anlægget giver fosfor, men også regenerering af fældningskemikalier	Kørsel med aske

7 Opsamling

Opsamlingen i denne del rapport forsøger at omsætte informationen i de tidligere afsnit til en samlet score for en teknologi i henhold til de fem scenarier. Den overordnede score for de forskellige teknologier fremgår af hhv. tabel 10, tabel 11 og tabel 12 afhængig af teknologiens formål hhv. bedre rensning, energi produktion/opgradering og ressourcegenindvinding. Scoren i nedenstående tabeller er således både påvirket af økonomi, areal behov, hvordan teknologien passer ind i nuværende strategi mv. Løsninger er scoret sådan at det mest fordelagtige scenarie for en ny teknologi får 5.

Tabel 10:Overordnet vurdering af de forskellige teknologier til bedre rensning.

Scenarie / Teknologi	RL/RA/RD	RLP	RLA	RH	RP
Granulært slam	5	5	5	5	5
Anammox	2	4	3	5	5
MBBR/IFAS	4	4	4	5	5
MBBR – tertiær	2	4	3	5	5
MBR	2	4	3	5	5
Aktiv kul	3	4	3	5	5
AOP	4	4	4	5	5
Ozonering	4	4	4	5	5
Sandfiltrering + fældningskemikalier	2	4	3	5	5
Solid Contact clarifier	2	4	3	5	5
Fjernelse af tungmetaller	4	4	4	5	5
Membranfiltrering	3	4	3	5	5
UV-behandling	4	4	4	5	5
Luftrensning – N_2O	1	3	2	5	5

Tabel 11: Overordnet vurdering af de forskellige teknologier til øget energiproduktion og forøgelse af værdien af den producerede energi.

Scenarie / Teknologi	RL/RA/RD	RLP	RLA	RH	RP
Varmepumper	3	4	3	5	5
KOD-modtagelse	4	4	4	5	5
Direkte udrådning	1	2	1	5	5
Termisk hydrolyse	4	4	4	5	5
Biogas opgrade-ring	5	5	5	5	5
Carbon Capture	1	3	2	5	5
Brændstof produk-tion – HTL	1	1	1	5	5
Pyrolyse	1	1	1	5	5
ORC	5	5	5	5	5
Power to X	2	3	4	5	5

Tabel 12: Overordnet vurdering af de forskellige teknologier til ressourcegenindvinding

Scenarie / Teknologi	RL/RA/RD	RLP	RLA	RH	RP
Struvit	3	4	3	5	5
Ash2Phos	5	5	5	5	5

I tabel 13 ses den summerede score for hvert af de fem scenarier. Som det fremgår at implementeringen af ny teknologi nemmere på nybygget renseanlæg. Dette er gældende når man ser på alle de i dette dokument gennemgåede parametre. Resultatet viser ingen forskel på RH og RP dog må det antages, at det er nemmere at opnå synergieffekter med omkring læggende virksomheder på Holmene, i RH-scenariet. Dette skyldes primært den overordnede vision med området. Årsagen til at RLP scorer bedre end RLA er at man ved scenarie RLP

bygget et helt nyt anlæg på Prøvestenen, mens man i RLA udbygger det eksisterende Avedøre Renseanlæg kraftigt, der skal belastningen fra Lynetten altså indbygges i et eksisterende anlæg i stedet for som et helt nyt anlæg.

Alt i alt er det bedste scenarie, hvis der ses på miljø- og klimatiltag samt grøn omstilling RH dog skarpt forfulgt at RP.

Tabel 13: Summen af scoren for hver af de fem scenarier

Scenarie	RL/RA/RD	RLP	RLA	RH	RP
SUM	77	97	86	130	130

7.1 Eksempel på teknologivalg

For at lave en anden vurdering af ny teknologi på i forhold til de fem scenarier er her udvalgt en liste af nye teknologier, som man kunne forstille sig at BIOFOS ville implementere i fremtiden. Teknologier er sammensat i forhold til forventninger til fremtidige krav jævnfør afsnit 1.1.

- Optimering af hovedproces – Granulært slam
- Rejektvandsbehandling – Anammox
- Forberedt udløbskvalitet – Solid Contact Clarifier
- Fjernelse af mikroforureninger – kombination af ozon og aktivt kul
- Luftrensning – Fjernelse af N_2O
- Optimering af udrådning – Termisk hydrolyse
- Anden håndtering af slam – Pyrolyse
- Genindvinding af fosfor – Struvit og Ash2Phos

I tabel 14 findes den samlede score for de ovennævnte teknologier. Som det ses af summen i tabellen, er konklusionen den samme som for alle teknologierne samlet som det ses i tabel 13. Det er stadig mest fordelagtigt for indførelsen af nye teknologier at se på helt nybyggede anlæg.

Tabel 14: Summering af et eksempel på hvordan den faktiske score kunne se ud for nye teknologier

Scenarie / Teknologi	RL/RA/RD	RLP	RLA	RH	RP
Granulært slam	5	5	5	5	5
Anammox	2	4	3	5	5
Solid Contract Clarifier	2	4	3	5	5
Aktiv kul	3	4	3	5	5
Ozonering	4	4	4	5	5
Luftrensning – N_2O	1	3	2	5	5
Termisk hydrolyse	4	4	4	5	5
Pyrolyse	1	1	1	5	5
Struvit	3	4	3	5	5
Ash2Phos	5	5	5	5	5
Sum	30	38	33	50	50

Arealbehovet for teknologierne oplistet i tabel 14 vises beregnet for de tre lokaliteter som indgår i scenarie RL/RA/RD. Arealbehovet er beregnet for belastningen i 2075 jf. /1/ i tabel 15.

Tabel 15: Areal behov ved teknologi valg for scenarie RL/RA/RD ved 2075 belastning.

Renseanlæg / Teknologi	RL 1,44 mio. PE	RA 0,58 mio. PE	RD 0,50 mio. PE
	Areal i ha	Areal i ha	Areal i ha
Granulært slam	0,0	0,0	0,0
Anammox	0,2	0,1	0,1
Solid Contract Clarifier	0,5	0,25	0,25
Aktiv kul	0,3	0,15	0,15

Renseanlæg / Teknologi	RL 1,44 mio. PE	RA 0,58 mio. PE	RD 0,50 mio. PE
	Areal i ha	Areal i ha	Areal i ha
Ozonering	0,3	0,15	0,15
Luftrensning – N_2O[1]	0,1	0,1	0,1
Termisk hydrolyse	0,1	0,05	0,05
Pyrolyse	0,2	0,1	0,1
Struvit	0,2	0,1	0,1
Ash2Phos	0,0	0,0	0,0
Sum	1,9	1,0	1,0

[1] Det antages at overdækningen af luftningstankene ikke kræver yderligere areal

Det samlede arealbehov på de valgte løsninger er relativt begrænset, men der skal indregnes ekstra areal omkring tankanlæg, bygninger osv. Det er også vigtigt at understrege at et andet teknologivalg kan resultere i et større arealbehov.

8 References

BIOFOS, 2019. *Om os Strategi for BIOFOS 2020-2025.* [Online]
Available at: https://biofos.dk/om-os/strategi-2020-2025/
[Senest hentet eller vist den 29. spetember 2020].
BIOFOS, 2020A. *Fremtidige teknologiske muligheder,* København: BIOFOS.
BIOFOS, 2020B. *Tendenser, udfordringer og muligheder,* København: BIOFOS.
Regeringen, 2020. *Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi,* København: Regeringen.