



# **MARSELISBORG RESSOURCEANLÆG INNOVATIONSSTRATEGI**



Smith

Smith Innovation  
Rønnegade 1 - 5 sal  
2100 København Ø  
[www.smithinnovation.dk](http://www.smithinnovation.dk)

## Indholdsfortegnelse

<b>Del 1: Vision og innovationsprincipper</b>	<b>5</b>
Vision: Beretning fra 2050 - Tunnel of Love	8
Innovationsprincipper	10
<b>Del 2: Innovationsudfordringer</b>	<b>13</b>
<b>#1</b> Hvordan udnytter man bedst den centrale placering i Aarhus og det stedbundne potentiale på Tangkrogen?	16
<b>#2</b> Hvordan skaber vi en renere havn og Aarhus Bugt, samtidig med at vi renser vandet fra et Aarhus i vækst?	18
<b>#3</b> Hvordan understøtter vi konstante forandringer, fleksibilitet til nye krav og systemeksport gennem modularisering?	20
<b>#4</b> Hvordan opnår vi energi- og CO2 neutralitet i vandkredsløbet i hele Marselisborg oplandet?	22
<b>#5</b> Hvordan undgås lugtgener, når anlægget placeres i bynær sammenhæng?	24
<b>#6</b> Hvordan bruger vi ressourcerne i spildevandet optimalt?	26
<b>#7</b> Hvordan håndteres restslam, så det kan bidrage til den cirkulære økonomi?	28
<b>#8</b> Hvordan kan forskellige vandkvaliteter indgå i industrisymbioser?	29
<b>#9</b> Hvordan kan man lave et fuldautomatiseret renseanlæg, hvor ingen mennesker er i kontakt med beskidt og farligt materiale?	30
<b>#10</b> Hvordan kan Aarhus Vand øge sine indtægter gennem symbioser og nye forretningsområder?	32
<b>#11</b> Hvordan kan vi optimere løsninger og samarbejde, så vi bygger med mindst muligt spild uden at miste kvalitet?	34
<b>#12</b> Hvordan kan Aarhus Vand tiltrække ekstern kapital og medejere?	36
<b>#13</b> Hvordan kan Marselisborg Ressourceanlæg styrke den danske vandklynge internationalt, og hvilke regionale samspilsmuligheder er der med fødevarer- og IKT-klyngen i Business Region Aarhus?	38
<b>#14</b> Hvordan kan Marselisborg Ressourcenlæg både som anlæg og som besøgssted være et ”vanddannende” sted, hvor vandets og dets håndtering forstås og sanses?	40
<b>#15</b> Hvordan sikrer man at Marselisborg Ressourceanlæg bliver en god nabo i lokalområdet ved at åbne og dele ud?	42
Rettigheder til billeder og illustrationer	44

## Indledning

Følgende dokument beskriver en samlet innovationsstrategi for Nyt Marselisborg Renseanlæg, i det følgende betegnet Marselisborg Ressourceanlæg.

Innovationsstrategien skal fungere som input til Aarhus Vands videre arbejde med tilrettelæggelse og udvikling af det nye ressourceanlæg. Ambitionen er at etableret et i alle henseender ”state-of-the-art” anlæg i dansk og international sammenhæng.

Etableringen af Marselisborg Ressourceanlæg sker som led i målsætningen i Spildevandsplan 2017-2020 for Aarhus Kommune, hvor spildevandsrensning i Aarhus skal samles på to centrale faciliteter, Egå og Marselisborg. Anlægget skal håndtere øgede vand- og affaldsmængder, samtidig med at miljøbelastningen nedsættes. Endvidere skal anlægget indpasses i en bynær sammenhæng og bidrage positivt til udviklingen både lokalt på Tangkrogen og bredere i forhold til liv og erhvervsliv i Aarhus.

Innovationsstrategien er udarbejdet af Smith Innovation på opdrag af Aarhus Vand i efteråret 2016. Overordnet er strategien struktureret efter to dele:

**Del 1: Vision og innovationsprincipper** – hvordan opleves Marselisborg Ressourceanlæg i 2050, og hvilke principper ligger til grund for innovationstilgangen?

**Del 2: Innovationsudfordringer** – hvad er de centrale hovedudfordringer, der ikke kan løses med afsæt i de i dag kendte tilgange og løsninger?

Grafisk layout og forside: Smith Innovation

D

E

**VISION OG INNOVATIONSPRINCIPPER**

1



## TUNNEL OF LOVE

### - Beretning fra 2050

Anders Bæk glædede sig egentlig til at skrive feature-artiklen om Aarhus Ressourceanlæg. Anledningen var, at det her i 2050 havde 30 års jubilæum. Det er noget med vand, ressourcegenbrug og skotsk whisky havde redaktøren fortalt. Især det sidste synes Anders lod lovende. Og så var dækningen af en af byens mest markante vartegn (mere kendt i udlandet end ARoS viste den seneste opgørelse fra Monocle) på en af byens bedste adresser, Tangkrogen, jo også oplagt stof for Aarhus Swifftidende, som Anders skrev sine newsfeeds for.

Eneste problem: han kunne ikke rigtig finde stedet. Foran ham var en åben park, der førte ned til vandkanten og over til marinaen kun ”forstyrret” af spredte glasbygninger og børn, der badede i en række runde bassiner lige ved indgangen. Åh jo, den måtte være god nok. Mellem bygningerne løb en række rør, og glasbygningerne havde navne som Fosfor, Biogas og Kvælstof opkaldt efter, hvilke ressourcer hver af rensemodulerne trak ud af vandet. Det mindede mest af alt om Arlas nye fuldautomatiske mejeri i Viby, som Anders dækkede åbningen af i sidste måned.

### ”Mottoet for stedet var vanedannende og vanddannende”

Ved hovedindgangen til det blå hus tog Monika Söström imod ham. Han var blevet tilbudt en guidet virtuel tour, så han slet ikke behøvede at bevæge sig ned til Tangkrogen. De fleste besøgende foretrak faktisk at starte med dette virtual watervisit, blandt andet fordi den gav mulighed for at besøge anlægget

i dets første version fra 2020, hvor det, der i dag er svømmebassiner, blev brugt til åbne rensebassiner, og hvor der var folk, som manuelt rensede filtre fuld af alle mulige uhumskheder. I øvrigt kunne man også virtuelt se, hvordan de mange tidligere truede dyre- og plantearter, var vendt tilbage til bugten gennem de sidste 30 år. Men Anders foretrak at mødes personligt med Monika – også for at høre historien om, hvordan det var at være en del af det internationale forsknings- og udviklingsmiljø, der efterhånden var blevet opbygget med det blå hus’ testfaciliteter som omdrejningspunkt (Sewer Valley som iværksætterne i spørg kaldte det).

”Hvor lang tid har du”, spurgte Monika som det første på klingende svensk. Anders forstod godt spørgsmålet, for det interaktive hologram i lobbyen vidnede om, at der var usædvanligt meget at se i den fem etager høje bygning, hvor ”blå, grønne og grå” funktioner flettede sig ind i hinanden.

De to nederste etager henvendte sig til et bredt publikum med interesse for vand og ressourceudnyttelse. Her kunne man blandt andet bygge simulerede vandkredsløb, se live-reseprocesser forstørret en faktor 1000 (mindede mest af alt om et krigsspil tænkte Anders) eller få info om, hvordan man som husejer selv kan håndtere og få glæde af de øgede regnmængder som følge af klimaændringerne. Man kunne også blande sin egen ansigtscreme baseret på den tang, man dyrkede på stedet for at rense spildevandet. Mottoet for stedet var ”vanedannende og vanddannende” (det var aldrig rigtig lykkedes at finde en god engelsk oversættelse).

I mellemetagerne fandtes iværksætter- og forskningsmiljøerne. Naturligvis kunne næsten alt ordnes digitalt nu om dage, men nærheden til ikke bare kollegaer men også 1:1 testfaciliteter på et fuldskala-reseanlæg blev af mange alligevel anset for uundværligt. Det havde naturligvis også hjulpet på sagen, at det i forbindelse med etableringen af reseanlægget var lykkedes at finde en god model for at kombinere offentlig og privat kapital, og at der derfor i dag var et særdeles stærkt investormiljø knyttet til start-up virksomhederne.

### ”Salget af højt forædlet vand udgør sammen med industrisymbioserne i dag en hovedindtægtskilde for Aarhus Vand”

Øverst var der kontorer og opholdsrum til Aarhus Vands personale. Disse lokaler blev dog i stadig stigende grad brugt af eksterne virksomheder i takt med, at arbejdsprocesserne og styringen af anlægget blev mere og mere automatiseret. Denne blanding af internt og eksternt personale havde vist sig ret uproblematisk – faktisk svingede de højtuddannede specialister i Aarhus Vand fint med de udenlandske forskere og iværksættere.

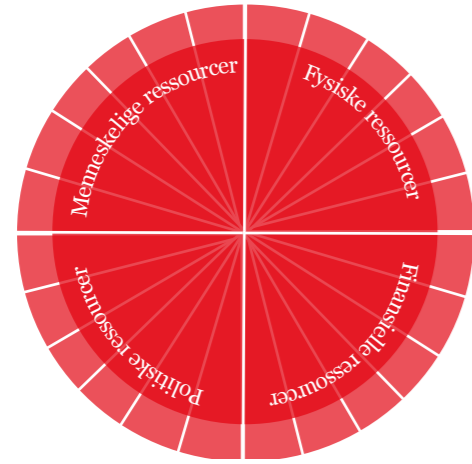
Efter to timer var de færdige. Ja, altså næsten. De manglede stadig at se det vigtigste: Mikrodestillerierne og mikromejerierne, som holdt til i nogle af de bygninger, der var blevet til overs som følge af den smarte styring af de indgående vandmængder. Aarhus Vand var blevet så gode til at styre sammensætningen i det rensede vand, at de kunne levere præcis den

vandkvalitet, der var brug for. Det havde vist sig helt afgørende for en række whiskyproducenter, der grundet naturbeskyttelseshensyn ikke længere måtte bruge de lokale højlandskilder i Skotland. Tilsvarende havde Arla Foods’ datterselskab for nyt nordisk mad Ærlig Føde også brug for at få leveret procesvand, der mindede om det man brugte ved produktion af enkeltmarks-oste på de mindre danske øer. Salget af højt forædlet vand til disse små fødevarerproducenter udgjorde, sammen med industrisymbioserne inden for varme og materialegenvinding med de omkringliggende havneerhverv, i dag en hovedindtægtskilde for Aarhus Vand.

Anders forlod Tangkrogen i lettere opløftet stemning. Det var ikke smagsprøver i hverken fast eller flydende form, der manglede – ”jenne gur’ sager” som hans mormor fra Ringkøbing plejede at sige, når råvarerne var i orden. På vej mod udgangen passerede han forlystelsen ”Tunnel of Love”. I takt med at regnmængderne i stadig stigende grad blev håndteret lokalt, og der var kommet helt styr på varslingen og den smarte vandregulering, stod de store rør til skybrudshåndtering tomme det meste af tiden. En lokal iværksætter havde derfor fundet på at udstyre dem med et specialdesignet tog, der forbandt det blå hus med de andre turistdestinationer i Aarhus by. Well, hvorfor ikke tænkte Anders og købte billet til en verden, han for få timer siden knap vidste fandtes, men som han kunne mærke, at han kom til at holde mere og mere af.



# INNOVATIONSPRINCIPPER



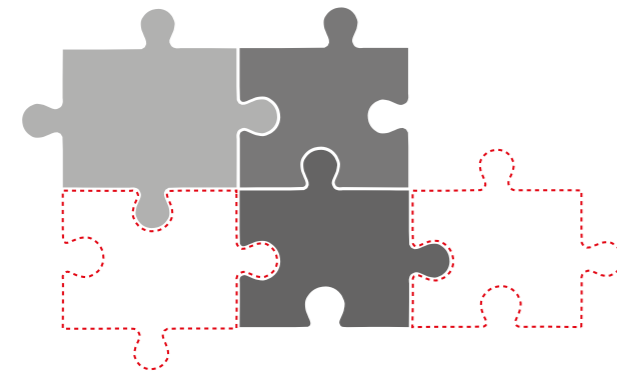
## PRINCIP 1: 360 GRADERS ANALYSE

Beskrivelsen tager sit afsæt i en 360 graders analyse af udviklingspotentialer i forbindelse med etableringen af Marselisborg Ressourceanlæg



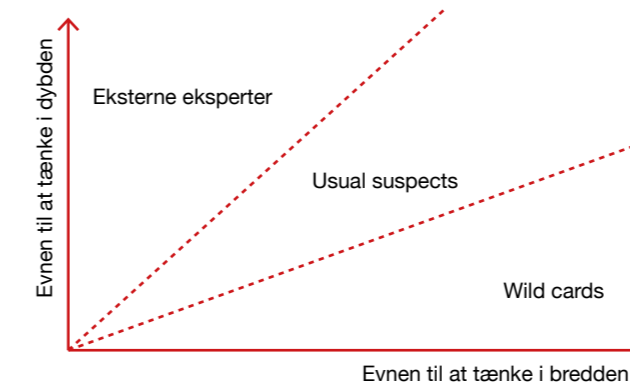
## PRINCIP 2: ADSKIL UDVIKLING OG BYGGERI

Det er dyrt og svært at udvikle, når detailprojekteringen og udførelsen går i gang. Derfor er vi færdige med at udvikle og teste, inden vi "går i jorden".



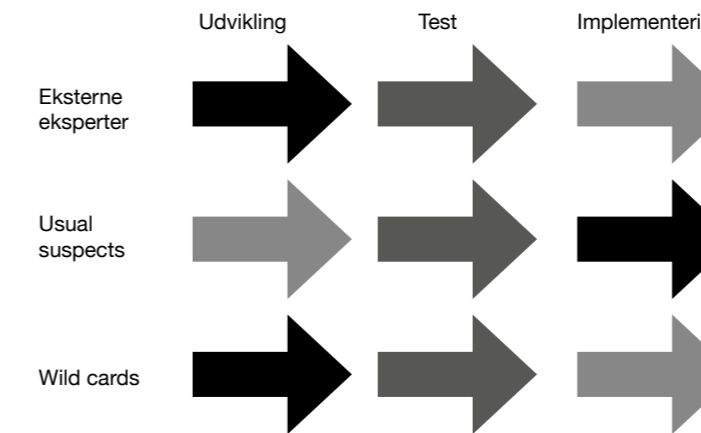
## PRINCIP 3: DET LÆRENDE ANLÆG

Vi bygger ikke et færdigt anlæg for de næste 100 år. Vi bygger et anlæg, der gør os klogere undervejs, og som hele tiden forbedres. Vi bygger til de behov, vi kender og skaber fleksibilitet for resten. Og vi tænker i kortere livscyklusser de steder, hvor der er en hurtig teknologisk udvikling eller nye krav.



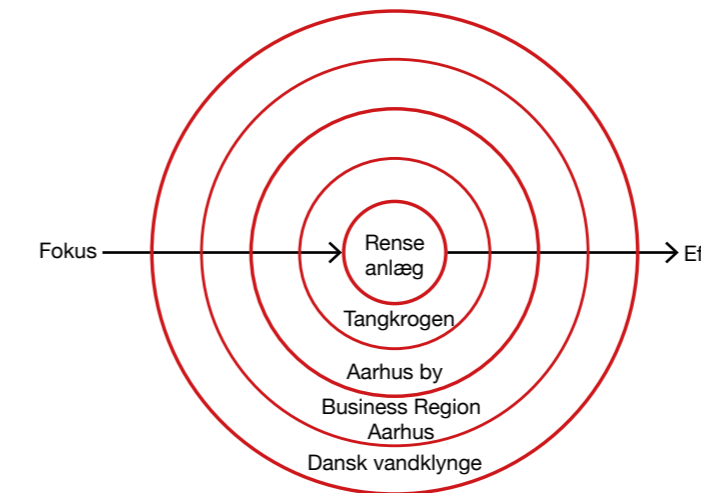
## PRINCIP 4: INVITER DET UVENTEDE

Innovationsudfordringerne er for omfattende og komplekse til alene at kunne løses af vandbranchens eksisterende aktører. Der er brug for inspiration og viden udefra. Både fra de eksterne eksperter, der kan gå i dybden, og wild cards, der er gode til at tænke på tværs.



## PRINCIP 5: FORBERED OVERDRAGELSEN

Marselisborg Ressourceanlæg skal realiseres i et lykkeligt møde mellem ekstern viden og dem, der kender til og i sidste ende kan realisere opførelsen af anlægget. Det er vigtigt at sikre samspillet, så der er plads til nye idéer, samtidig med at disse modnes og gøres realiserbare.



## PRINCIP 6: TÆNK I ALLE SKALAER

Marselisborg Ressourceanlæg er et projekt, der udspiller sig på mange skalaer. Det unikke resultat opnås, når der er sammenhæng mellem det lokale sted, byen, regionen og den danske vandklynge internationale forankring.

**D**

**E**

**L**

**2**

**INNOVATIONSUDFORDRINGER**



## MARSELISBORG RESSOURCEANLÆG

- en invitation til at løse svære udfordringer

Målet er ambitiøst. Og kan ikke nås med de løsninger og tænkemåder, vi benytter i dag. Derfor inviterer Aarhus Vand eksperter, virksomheder, iværksættere og alle andre, der kan kombinere faglig indsigt med nytænkning, til at løse følgende 15 innovationsudfordringer.

Invitationen gælder både aktører, der i forvejen arbejder med vand og spildevand samt eksterne eksperter og "wild cards", der med afsæt i andre fagligheder kan være med til at gentænke, hvordan fremtidens ressourceanlæg fungerer og spiller sammen med sine omgivelser.

### Innovationsudfordring #1

Hvordan udnytter man bedst den centrale placering i Aarhus og det stedbundne potentiale på Tangkrogen?

### Innovationsudfordring #15

Hvordan sikrer man, at Marselisborg Ressourceanlæg bliver en god nabo i lokalområdet ved at åbne op og dele ud?

### Innovationsudfordring #14

Hvordan kan Marselisborg Ressourceanlæg både som anlæg og som besøgssted være et "vanddannende" sted, hvor vandets og dets håndtering forstås og sanses?

### Innovationsudfordring #13

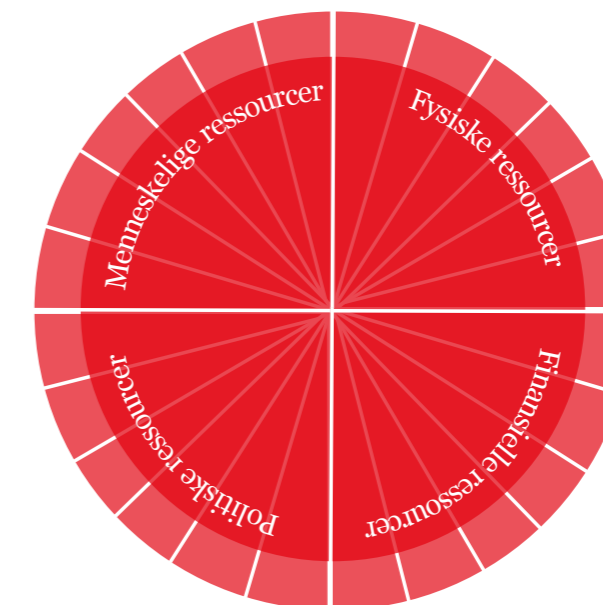
Hvordan kan Marselisborg Ressourceanlæg styrke den danske vandklynge internationalt, og hvilke regionale samspilsmuligheder er der med fødevarer- og IKT-klyngen i Business Region Aarhus?

### Innovationsudfordring #12

Hvordan kan Aarhus Vand tiltrække ekstern kapital og medejere?

### Innovationsudfordring #11

Hvordan kan vi optimere løsninger og samarbejde, så vi bygger med mindst muligt spild uden at miste kvalitet?



### Innovationsudfordring #2-5

Hvordan øges anlæggets performance ved at udvikle og bruge state of the art teknologi?

### Innovationsudfordring #6-8

Hvordan udvindes og genanvendes ressourcerne af spildevandet og rastslammet ved at udvikle og bruge state of the art teknologi?

### Innovationsudfordring #9

Hvordan kan man lave et fuldautomatiseret renseanlæg, hvor ingen mennesker er i kontakt med beskidt og farligt materiale?

### Innovationsudfordring #10

Hvordan kan Aarhus Vand øge sine indtægter gennem symbioser og nye forretningsområder?

## INNOVATIONSUDFORDRING #1

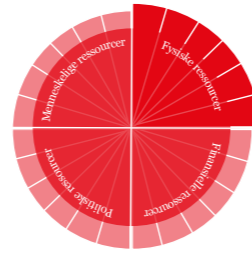
### ”Hvordan udnytter man bedst den centrale placering i Aarhus og det stedbundne potentiale på Tangkrogen?”

Hvordan udnytter vi de stedbundne potentialer og beliggenheden på Tangkrogen centralt for foden af Aarhus Midtby, hvor havnen møder Højbjerg, Havreballe Skov, stranden og Marselisborg lystbådehavn? Hvordan sikrer man, at Marselisborg Ressourceanlæg bliver en god nabo i lokalområdet, som giver mere værdi tilbage til byen end den umiddelbare – at rense spildevand.

Havnemiljøet fascinerer os, fordi det industrielle formsprog er anderledes fra det miljø, vi kender og let kan aflæse i byen. Havnens skala er fremmedgørende, lagerhaller, kraner og tørbulk, og den industrielle linjeføring får os til at føle os små og eftertænksomme og pirrer vores fantasi. Det industrielle miljø giver os lyst til at gå på opdagelse eller til at reflektere over hverdagens trummerum. Havnemiljøet har sin berettigelse i en forskelligartet by, men det er løbende blevet afskåret for offentligheden siden loven om sikring af havne i 2009. Det mærkes også i Aarhus, hvor størstedelen af Østhavnen og området langs Sydhavnsvej er indhegnet og afskærer byen fra vandet. Placeringen af Marselisborg Ressourceanlæg ligger mellem det aflukkede havnemiljø og et offentligt, grønt areal på Tangkrogen samt en populær lystbådehavn.

#### Løsningsmuligheder og centrale spørgsmål

- **Byens Maskinrum**  
Det er ikke kun børn, som får stor nydelse ud af at kigge på en arbejdende havn og industrielle arbejdsgange, men også voksne som søger mod udkigsposter eller guidede ture i industrielle miljøer. Marselisborg Renseanlæg har potentiale til at fascinere og tiltrække århusianere ved at anskueliggøre og fremhæve forarbejdningen af spildevand – både på afstand for beskuere og for besøgende. Marselisborg Ressourceanlæg kan opbløde overgangen fra det offentlige areal på Tangkrogen til en arbejdende, industriel og afspærret havn. Byens maskinrum fascinerer os og kan inspirere byens borgere og give dem en ny forståelse og respekt for vandet som ressource.
- **Porten til Aarhus**  
Udover at Marselisborg lystbådehavn udgør porten til Aarhus for de mange lystbåde, som ankommer til byen, så kommer Østhavnen også til at huse Mols-Linjens færgeterminal, og Marselisborg Boulevard (og den kommende Marselistunnel) skal lægge asfalt til de omkring 2 mio. biler, som årligt kører til og fra terminalen. Tangkrogen kommer i fremtiden til at ligge i et infrastrukturelt knudepunkt for ankomst og afsked med Aarhus, og det kan derfor komme til at få betydning, hvordan Marselisborg Ressourceanlæg præsenterer sig og indgår i omgivelserne. Man kan benytte den gode placering og funktion til at fortælle den gode historie om Danmarks internationale førerposition ift. vandkvalitet og omstilling til en mere bæredygtig udnyttelse af vandet som ressource. Porten til Aarhus kan i sit formsprog og med belysning blive et vartegn for byen.



Analyse: Tangkrogen grænser op til Aarhus Midtby, Østhavnen, skov og strand med en høj koncentration af rekreative tilbud. Den centrale placering betyder, at Marselisborg Ressourceanlæg skal indpasses betænksomt i omgivelserne.



Til en arkitektkonkurrence om et nyt Amagerværk gjorde Team Bjarke Ingels Group energiproduktionen tydelig for nysgerrige gæster. Bygningens transparente facade kunne give et lærerigt glimt af, hvad der sker indenfor i BIO4. BIG gik ikke videre i konkurrencen, men tanken om at fremvise og fortolke en teknisk proces er god. Illustration: Team BIG



Kraftværket i Randers Fjord er blevet byens industrielle vartegn. Lysprojekteringen på skorstenen lyser det mørke fjordvand op om aftenen og bruges aktivt som kunstinstitution.



Analyse: Den begrænsede plads til at realisere visionerne for både lystbådehavn, eventplads og renseanlæg lægger op til, at man opnår symbioser ift. arealanvendelse.



Inspiration: Industrihavnen i Hamborg sætter scenen for en række af populære strandbarer langs Elben. Attraktionen her er løsningen af de enorme containerskibe, som foregår døgnet rundt.



Case: Besøgsdag på Aarhus Vands anlæg i Marselisborg. Også på Biofos' tre renseanlæg Lynetten, Avedøre og Damhusåen i København modtager man mange gæster årligt, hvilket vidner om, at interessen for byens maskinrum er stor.



## ANLÆGGETS PERFORMANCE

### INNOVATIONSUDFORDRING #2

**”Hvordan skaber vi en renere havn og Aarhus Bugt, samtidig med at vi renser vandet fra et Aarhus i vækst?”**



I Aarhus er det forventningen, at der vil ske en befolkningstilvækst på 4.000 personer om året frem mod 2060, hvilket – sammen med en generel centralisering af ressourceanlæggene – stiller større krav til Marselisborg Ressourceanlæg. Samtidig stiger forventningen til, at Aarhus Bugt bliver et renere sted for planter, dyr og mennesker. Derfor bliver det afgørende at undgå at belaste vandet i bugten med merudledningen af fosfor og kvælstof som følge af befolkningstilvæksten.

Det skal overvejes i hvor høj grad, der skal udvikles særlig teknologi til specifikke formål i forhold til, hvor fleksibelt et system, der ønskes, og hvor der nemt kan udskiftes teknologi over tid.

#### **Løsningsmuligheder og centrale spørgsmål**

Når Marselisborg Ressourceanlæg skal undgå at belaste vandet i bugten, kan det eksempelvis ske ved:

- Bedre rensning: Forventningen er, at der er et potentiale i at overgå fra traditionelt slam til anden teknologi fx membranbioreaktorer og/eller membranfiltrering, granuleret slamproces og Moving Bed Bioreactors (MBBR). Disse renseteknologier er ikke udbredt i Danmark, og det er usikkert, om de er velegnet til det hårde vand (højt kalkindhold), som vi har i Aarhus og Danmark generelt, idet de kan have u hensigtsmæssigt høje driftsomkostninger.
- Mindre udledning af opspædet spildevand under regn
- Kompenserende kvælstoffjernelse i recipienter (fx lavvandede søer) længere oppe i recipientsystemet, så den samlede tilledning til bugten ikke øges.
- Forbedret efterpolering med henblik på at rense for miljøfremmede stoffer, herunder lægemiddelrester, mikroplast og sprøjtegift, som der kan komme krav om i fremtiden.



Case: Krüger: Renovering af Stavsholt renselanlæg, Farum  
Stavsholt renselanlæg i Farum er i løbet af de seneste år renoveret, så det nu fremstår som et eksempel på effektiv rensning af spildevand med alle de nye teknologier og styringssystemer. Det rensede spildevand bliver ledt ud til Furesøen og overholder derfor nogle af de skrappeste krav (0,1 mg/l) til udledning i Danmark. Teknologi: Biostyr® og Actiflo®  
Styring: StarControl®. Billedet er fra en af Aarhus Vands faciliteter.



Case: MBR anlæg – Henriksdal, Stockholm  
I 2014 afsluttede man et pilotprojekt om test af MBR (Membrane bioreactor) teknologien målt op imod Stockholms forventede indbyggertal i 2040. GE's LEAPmbr teknologi, som integrerer deres ZeeWeed 500 membran, er en avanceret ultrafiltreringsteknologi, der udskiller slam, bakterier og virus fra spildevandet. Billedet er fra en af Aarhus Vands faciliteter.



Case: Utrecht Nereda WWTP – Holland  
Nereda tilbyder bæredygtige løsninger for spildevandsrensning. Den naturlige proces renser vandet uden kemikalier ved hjælp af en patenteret teknologi. Teknologi: Nereda®. Billedet er fra en af Aarhus Vands faciliteter.



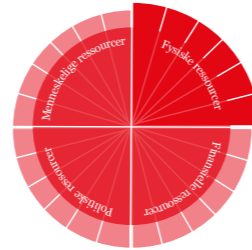
Case: Et nyt havnebad i Aarhus Havn forventes åbnet i sommeren 2017.



Case: Havnebadene i København er muliggjort gennem 12 underjordiske forsinkelsesbassiner, så spildevandet ikke ledes direkte til havnen.

### INNOVATIONSUDFORDRING #3

**”Hvordan understøtter vi konstante forandringer, fleksibilitet til nye krav og systemeksport gennem modularisering?”**



Teknologi og krav flytter sig hele tiden. Hvad vi tænker i dag gælder ikke i morgen. De stoffer, som der måske skal renses for i fremtiden, kan eksempelvis være mikroplast, lægemiddelrester, patogene bakterier, hormonforstyrende stoffer og sprøjtegift. Derfor er opgaven ikke at bygge et færdigt anlæg, men at bygge et demonstratins- og testanlæg, der foruden at klare de til en hver tid gældende krav konstant gør os klogere og løbende kan tilpasses. Det kræver en modulær opbygning hvor en del let kan udskiftes (eller testes) uden at påvirke resten af anlægget.

Samtidig skal Marselisborg Ressourceanlæg sætte nye standarder for renseanlæg, og derfor er Aarhus Vand afhængig af en innovativ vandbranche, som er internationalt forankret. Modularisering muliggør systemeksport af de mest værdiskabende elementer, og understøtter dermed virksomhederne i at investere i løbende teknologiudvikling. I forlængelse heraf er det centralt, at 10-20 % af det modulært opbyggede anlæg kan fungere som ”test-processer”, hvor der løbende kan ske udvikling og test af nye/optimerede renseprocesser.

#### **Løsningsmuligheder og centrale spørgsmål**

Ved udviklingen af Marselisborg Ressourceanlæg skal det overvejes, hvordan anlægget modulariseres, så:

- Renseprocessen løbende kan opgraderes til fremtidige krav
- Særlig kritisk viden eller teknologi kan selvstændiggøres og eksporteres
- Der kan ske løbende test og demonstration af nye processer og teknologier



Case: Egå Renseanlæg, Aarhus  
På Egå Renseanlæg sker der en forfiltrering med Salsnes-filtre, som er bygget op af otte filtre, der kan høste kulstof. Det er et eksempel på et fleksibelt system, hvor der nemt kan tilføjes eller fjernes filtre, hvis behovene ændres.



Inspiration: Sony Handycam  
Sony tilbyder mange forskellige typer videokameraer, men nøjes med kun at variere få komponenter. Det gør det effektivt at producere et stort produktsortiment, samtidig med at kunderne selv kan udskifte og opgradere kritiske komponenter i takt med teknologiudviklingen.

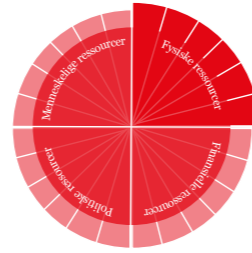


Inspiration: Danfoss ventil-plattform  
Danfoss er lykkedes med at optimere produktionen af deres ventiler ved at udvikle en modulær produktplatform. Herved reducerer de antallet af unikke komponenter, som kun bruges i få ventiler, reducerer produktionsprocesserne og øger muligheden for at genanvende komponenter på tværs af forskellige ventiltyper.



## INNOVATIONSUDFORDRING #4

### ”Hvordan opnår vi energi- og CO<sub>2</sub> neutralitet i vandkredsløbet i hele Marselisborg oplandet?”



Det eksisterende Marselisborg Renseanlæg er 150 % netto energiproducerende, men med det nye anlæg, hvor oplandene Åby og Viby også tilkobles (hvilket svarer til 200.000 PE), bliver det en udfordring at fastholde energi- og CO<sub>2</sub> neutralitet. Med det nuværende anlæg vil der kunne kun kunne opnås 40% netto energiproduktion. Spildevandet fra de to oplande kommer primært fra husholdninger, hvorfor sammensætningen er anderledes end i det centrale Aarhus, hvor der også er spildevand fra industri. Den ændrede sammensætning i spildevandet betyder, at næringsindholdet (kulstof-indholdet) er lavere end det, der i dag ledes til Marselisborg Renseanlæg, og derfor er det vanskeligere at producere energi fra spildevandet.

Det bliver en afgørende afvejning ved udviklingen af Marselisborg Ressourceanlæg, hvordan hensynet til vandrensning og hensynet til energiproduktion og energiforbrug skal balanceres. Ligesom ambitionen om energieffektivitet i processerne skal stå mål med hensynet til den samlede totaløkonomi for anlægget.

#### **Løsningsmuligheder og centrale spørgsmål**

Energi- og CO<sub>2</sub> neutraliteten for Marselisborg oplandet kan eksempelvis opnås gennem:

- Energieffektivitet i teknologivalg dvs. optimere energiforbruget i alle processer i det nye anlæg
- Øget kulstofudnyttelse (se også innovationsudfordring #6)
- Tilføring af næring til slammet i rådnetanken fra andre kilder, eksempelvis organisk industriaffald eller husholdningsaffald. Det er dog ikke nødvendigvis den vej, Aarhus Vand ønsker at gå, da anlægget vil blive konkurrent til andre biogasanlæg, som i dag aftager denne type affald. Derudover bør der ske en risikobetragtning ift. den nuværende industri i Aarhus havn.
- Smart Grid udnyttelse af eksempelvis billig vindmølle strøm
- Anvendelse af varmepumper til opvarmning



Case: Billund Biorefinery, Danmark  
Billund Biorefinery kombinerer spildevandsrensning med affaldshåndtering i et stort biogasanlæg. Anlægget omdanner både spildevandsslam, organisk husholdnings- og industriaffald samt gylle og organisk affald fra landbrug til biogas. En el-dreven ”megavarmepumpe” som kobles på spildevandsanlægget i Frederikshavn, skal levere varme til fjernvarmesystemet.



Case: Power to Gas via Biological Catalysis, Danmark  
Avedøre Renseanlæg omdannes til et 1 MW anlæg, som bruger overskuds vindenergi til at producere vedvarende gas til naturgasnettet. Det sker ved at strømmen fra vindmøller omdannes til hydrogen ved hjælp af vand electrolyse i de periode, hvor der ikke er afsætning til el-nettet. Hydrogenen kombineres efterfølgende med CO<sub>2</sub> og mikroorganismer, hvorved der dannes methan, som er en gas, der kan distribueres i naturgasnettet. På billedet ses en Gasmotor på Marselisborg Renseanlæg som laver energi.

## INNOVATIONSUDFORDRING #5

### ”Hvordan undgås lugtgener, når anlægget placeres i bynær sammenhæng?”



Med placeringen af Marselisborg Ressourceanlæg vil der være restauranter placeret 100 meter væk på marinaen. Umiddelbart vil anlægget leve op til gældende lovkrav, men det er sjældent, at renselanlæg placeres i en bynær sammenhæng på denne måde, hvor der er en marina ved lystbådehavnen med restauranter og et eventområde, som bruges til mange forskellige kulturelle formål. Forventningen er derfor, at der vil være endnu strammere brugerkrav ift. lugtgener, end der generelt er erfaring med.

Udfordringen er at forene hensynet til at undgå lugtgener for brugerne på havnen med hensynet til arbejdsmiljøet på anlægget. Derudover skal hensynet til lugthåndtering balanceres med hensynet til energiforbruget på anlægget.

#### Løsningsmuligheder og centrale spørgsmål

- At overdække lugtende bassiner er en mulighed, men det er en meget dyr løsning, og det vil skabe et dårligt arbejdsmiljø for dem, der skal tilse bassinerne. Der vil være et krav om ventilering ved overdækkede bassiner, som er en energikrævende proces, der tilføjes anlægget. Afkastluften skal ligeledes renses for lugt, hvilket kan løses med aktivt kul, men det er en dyr løsning.
- Udvikling af ikke-lugtende processer
- Der kan også arbejdes med at bruge luften fra ventileringen som indblæsning til andre processer, hvormed kravet til lugtrensning er mindre.



Frederikshavn Renselanlæg.



Hillerød Forsynings nye renselanlæg Solrødgård Renselanlæg bliver en del af kommunens kommende klimapark. Størstedelen af anlægget vil være overdækket og syne som en seks meter høj bakke set fra Lyngvej. Skoleklasser og andre kan komme på besøg for at se det grønne budskab omsat til praksis, og hvor offentligheden kan få glæde af området med klatreøer opbygget af genbrugsjord og gåture gennem vådområdets rige fugleliv. Anlægget bliver et værdifuldt eksempel på, hvordan lugtgener håndteres i en bynær sammenhæng og er tegnet af C.F. Møller for Hillerød Forsyning



Overdækket gylletank  
Udfordringen med placering i bynær sammenhæng er lugtgener. Disse kan, ligesom ved andre typer lugtende bassiner, reduceres ved overdækning.



Marquette Lez Lille: Et eksempel på et totaloverdækket renselanlæg, hvor der er investeret i lugtrensning og ventilering. Det er dog en dyr og energikrævende ventilering, så anlægget er ikke energineutralt. Billedet er fra en af Aarhus Vands faciliteter



## INNOVATIONSUDFORDRING #6

### ”Hvordan bruger vi ressourcerne i spildevandet optimalt?”

Kulstof er en ressource i spildevandet, som kan anvendes til hhv. fosforudvinding, energiproduktion og kvælstofudvinding. Fosforudvinding er på nuværende tidspunkt på 30 %, men ambitionen er at hæve den til 60 % vha. kulstof, så fosfor bliver en forfinet ressource, der kommer ud af anlægget. Ambitionen er, at Marselisborg Ressourceanlæg bliver 250 % nettoenergiproducerende, hvorfor der skal anvendes kulstof til at producere biogas. Kvælstof er også potentielt en ressource, som kan udvindes ved hjælp af kulstof. Det er på nuværende tidspunkt ukendt hvor meget kulstof, der anvendes til hver proces (og hvor meget der fortsat er i slammet til de efterfølgende processer). Derfor bliver det afgørende at blive klogere på energibalancen ift. effekt for at kunne prioritere anvendelsen af kulstof.

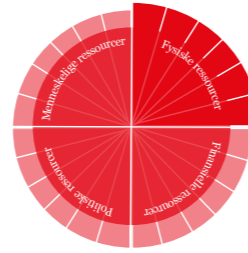
#### Løsningsmuligheder og centrale spørgsmål

For at udnytte ressourcerne i spildevandet bliver det afgørende at balancere anvendelsen af kulstof i forhold til følgende formål:

- Fosforudvinding forventes at kunne hæves til 40 % med en generation 2.0 af et struvitanlæg, som allerede nu afprøves i Herning. Derudover er det forventningen, at der kan udvindes yderligere fosfor fra spildevandsslammet (og hermed hæve den samlede udvinding til 60 %). En alternativ teknologi til fosforudvinding kan være et membranbaseret anlæg.
- Energiproduktionen er på nuværende tidspunkt domineret af at aflevere overskudsvarme og elektricitet til det centrale net. Det er en god forretning, og der er en tilbagebetalingstid på blot 3-5 år for denne teknologi. Energiproduktionen i fremtiden kunne forudsætte, at der i højere grad kan opgraderes biogas til nettet, eller at denne kan opgraderes til eksempelvis gas til transportsektoren. Dette vil forudsætte en anden teknologi, hvor tilbagebetalingstiden vil afhænge af afgiftsstrukturen på energiområdet generelt.
- Kvælstofudvinding er et område, vi endnu ikke ved meget om, men der bruges meget energi på at komme af med det. Det kunne derfor være interessant, om det kan genanvendes.

#### Derudover kan spildevandet anvendes til at udvinde følgende ressourcer:

- Biopolymerer eller bioplast fra de organiske stoffer i spildevandet – på nuværende tidspunkt er det dog vanskeligt at se det kommercielle potentiale, da det formodentlig kræver en nordisk eller europæisk producent for, at mængderne bliver store nok, og denne findes ikke i øjeblikket.
- Tungmetaller og andre ædelmetaller kan potentielt udvindes, men tidshorizonten vil formodentlig være +10 år.



Forskningsprojektet RecoverP: Projektet arbejder på at øge fosforudvindingen fra spildevand og omdanne fosfor til kvalitetsprodukter målrettet landbruget og industrien. Projektet er forankret hos Aalborg Universitet. Billedet er fra en af Aarhus Vands faciliteter.



Case: Struvitanlæg, Herning  
Danmarks største struvitanlæg, som trækker fosforen ud af spildevandet og laver det til miljørigtig gødning, ligger i Herning. Uden fosfor kan planter og afgrøder ikke gro. Men den knappe naturressource er også en udfordring. For eksempel ophober fosforen sig i rør og pumper på renseanlægget som mineralet 'struvit'. Struvitanlægget i Herning kan indvinde den fosforholdige struvit inden det tilstopper rør og pumper. Anlægget er udviklet i et samarbejde mellem Herning Vand, Aarhus Vand, Horsens Vand samt Grundfos, Norconsult, Stjernholm og SEGES.



Case: Lynetten Renseanlæg, København  
Lynetten Renseanlæg i København opgraderer deres biogas, så det kan udledes direkte til bygasnettet. Udfordringen er dog, at der ikke er et bygasnet i Aarhus, hvorfor det vil være nødvendigt at få gassen på flasker eller anden form, der kan distribueres. Billedet er fra en af Aarhus Vands faciliteter.

## INNOVATIONSUDFORDRING #7

**”Hvordan håndteres restslam, så det kan bidrage til den cirkulære økonomi?”**

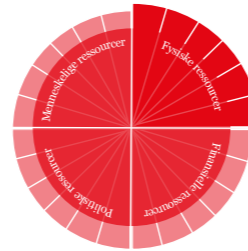
Restslam er en ressource, som kan indgå i den cirkulære økonomi, og ambitionen er, at restslammet kan genanvendes, så det placerer sig højest muligt i affaldshierarkiet. Restslammet opstår som en del af renseprocessen, fordi målet er at adskille faststof fra spildevandet, hvorfor restslam er meget næringsrigt. Hidtil er restslam blevet håndteret ved at sprede det som gødning på landbrugsarealer, men der er risiko for forurening af grundvandet, hvorfor der stilles større krav til kvaliteten af slammet, inden det kan genanvendes. Det har ligeledes været en udgift for Aarhus Vand at komme af med slammet, og det kunne derfor være interessant at udvikle måder, hvorpå slammet kan opgraderes, så det bliver mere attraktivt for aftageren. I restslam er der fortsat 30 % kulstof tilbage efter afvanding, men kulstoffet er svært tilgængeligt og skal sandsynligvis forarbejdes videre for at blive en ressource.

Ved udvinding af ressourcer fra restslam bliver det nødvendigt at balancere hensynet til kvaliteten af restproduktet med hensynet til ressourceforbruget til forædlingsprocessen. Dette så der ikke opstår en situation, hvor man kan levere prima-ressourcer, som samtidig er forarbejdet i en meget ressourcekrævende proces, så den cirkulære økonomi ikke hænger sammen.

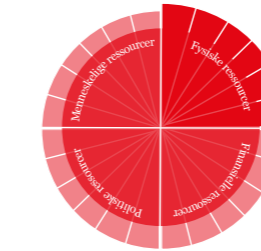
### **Løsningsmuligheder og centrale spørgsmål**

Ressourcerne i restslammet kan eksempelvis bruges til:

- Den sidste rest kulstof i restslammet gøres tilgængelig som ressource eksempelvis som biokul eller som gødning til produktion af biomasse.
- Produktionsprocesser, hvor slammet kan indgå som bioethanol til erstatning af fossile brændsler
- Restslam forædles til biogødning eller som input til produktion af byggematerialer i form af cement leca nødder
- Central tørring og/eller forbrændingsanlæg som gør det muligt at hente fosfor i slammaske. Det er dog en ressourcekrævende proces, og det vil kræve et stort areal at skulle etablere et forbrændingsanlæg på Marselisborg Renseanlæg.



Case: Proteinproduktion vha. insekter  
Teknologisk Institut er i gang med at undersøge mulighederne for, at insekter kan omdanne madrester til animalsk protein. Proteinerne kan "serveres" for både mennesker og dyr, og produktionen fra insektlandbrug kan blive en del af løsningen på fremtidens proteinmangel.



Case: Faxe vandsymbiose  
Royal Unibrew, Faxe Kalk, Faxe Vandforsyning og Haslev Fjernvarme har identificeret to symbioser med sekundavand. Begge symbioser reducerer omkostninger til indhentning eller indkøb af vand og energi og sikrer derigennem en væsentlig økonomisk gevinst.

1. Overskudsvand fra borerer hos Faxe Kalk til udnyttelse som naturligt kølevand hos Royal Unibrew som alternativ til dyr fordampning af vand til køling.
2. Vand fra Faxe Vandforsynings afværgeboring, dvs. vand, der pumpes op for at reducere en forurening i at brede sig til vandforsyningen, udnyttes som spædevand hos Haslev Fjernvarme.

## INNOVATIONSUDFORDRING #8

**”Hvordan kan forskellige vandkvaliteter indgå i industrisymbioser?”**

Der kunne være et potentiale forbundet med at bruge forskellige vandkvaliteter til industriprocesser. Derved vil Aarhus Vand kunne levere spildevand i en lavere kvalitet end drikkevand til industrien. I dag bruger industrien på havnen havvand til nogle processer, som ikke kræver drikkevand. Men måske industrien kan være aftagere på spildevand og dermed undgå at skulle behandle mere vand end højest nødvendigt til drikkevandskvalitet – og samtidig lade havvandet forblive i naturen. Det vil forudsætte en bredere afklaring af vandbehovet i industrien på havnen og eventuelle driftsudfordringer ved anvendelsen af havvand, som spildevandet måske kan imødekomme. Omvendt kan vandsymbiose mellem industrivirksomhederne nedsætte mængden af spildevand, der ledes til renseanlægget.

### **Løsningsmuligheder og centrale spørgsmål**

Forskellige vandkvaliteter kan eksempelvis udvikles ift. følgende anvendelsesmuligheder:

- Anvendelse af sekundavand frem for havvand til industriprocesser, fx til vask, skyl og rengøring, køling og opvarmning, kraft- og varmeproduktion
- Anvendelse af sekundavand fra industri til industri frem for at lede vandet direkte til ressourceanlægget
- Udviklingen af designervand, der tilbyder helt unikke kvaliteter målrettet særlige industriprocesser



## INNOVATIONSUDFORDRING #9

**”Hvordan kan man lave et fuldautomatiseret renseanlæg, hvor ingen mennesker er i kontakt med beskidt og farligt materiale?”**

Et renseanlæg er i sigens natur en beskidt affære. Og selv om man i dag er kommet langt med at forbedre arbejdsmiljøet, er der stadig en række arbejdsprocesser, hvor personalet udfører arbejde, der kræver sikkerhedsforanstaltninger, og som ikke er attraktivt at udføre – eksempelvis ved rensning af mekaniske filtre og sand- og fedtfang i forbehandlingen eller i forbindelse med at fjerne algedannelse i rensebassinerne.

Derfor ønsker Aarhus Vand, at Marselisborg Ressourceanlæg laves som et fuldautomatiseret renseanlæg. Målsætningen er at afskaffe alle manuelle arbejdsgange i hele renseløbet. Foruden at gøre arbejdet mere attraktivt for nuværende ansatte skal dette på sigt medvirke til at gøre renseanlæg til en højteknologisk arbejdsplads, der tiltrækker specialiseret og kompetent arbejdskraft.

Hvis denne målsætning skal lykkes, er det vigtigt, at det nye anlæg fra starten er designet med henblik herpå, således at arbejdsgange enten helt kan undgås eller er forberedt til at sensorer og robotter let kan indbygges.

### Løsningsmuligheder og centrale spørgsmål

- Hvad er mulighederne for helt at fjerne de beskidte arbejdsgange gennem redesign? De nuværende renseanlæg stiller store krav til mekanisk forrensning. Kunne man eksempelvis forestille sig, at denne forrensning kunne undgås ved at fange flere elementer ved kilden (før de blandes med det sorte spildevand), eller ved at materialer mekanisk nedbrydes, så det kan håndteres i rensetankene.
- Hvilke muligheder er der for at lette rengøring og vedligehold gennem nye materialer og overflader?
- Hvordan kan sensorer og automatiserede arbejdsprocesser (industrirobotter) indbygges for de beskidte arbejdsgange, der – trods et optimalt design – ikke kan undgås?
- Kan spildevandet gøres mere ”tyndtflydende” ved hjælp af enzymer eller andre stoffer, så det ikke hæfter så godt på materialer og derved reducere driftbehovet?



Overfladebehandling af vinduer har reduceret behovet for rengøring på svært tilgængelige steder.



Slagterier hvor arbejdsprocesserne i dag er blevet fuldt automatiseret.



Industrirobotter optimerer arbejdsgange i produktionen.



Selvkørende biler, hvor en lang række i udgangspunktet komplekse menneskelige vurderinger styres af en computer på baggrund af sensorer og indbygget automatik, som fx Google anvender til deres kortregistrering.



Beton der heler sig selv, når der er brud udviklet af den hollandske mikrobiolog Hendrik Jonkers fra universitetet i Delft.



## INNOVATIONSUDFORDRING #10

### ”Hvordan kan Aarhus Vand øge sine indtægter gennem symbioser og nye forretningsområder?”

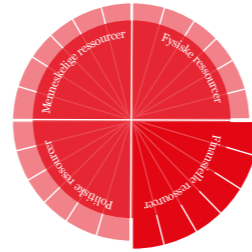
Renseanlæg skifter karakter fra at handle om ”bare” at rense vand til at være anlæg, hvor en lang række værdifulde ressourcer udvindes og udnyttes. Dette åbner muligheden for en række nye forretningsområder og symbioser. Eksempelvis salg af strøm, varme og biogas, udvindelse af knappe ressourcer som tungmetaller, fosfor og plastik eller dyrkelse af afgrøder, der både renser og kan bruges til eksempelvis brændsel eller industriel produktion. Endvidere kunne man forestille sig, at det rensende vand blev mere differentieret renses, så det var optimeret til forskellige brugssituationer.

Fokus for denne udfordring er de kommercielle og markeds-mæssige aspekter ved at indgå symbioser. Dette skal ses som supplement til de tekniske aspekter, der belyses i innovationsudfordring # 6 - 8.

#### Løsningsmuligheder og centrale spørgsmål

Det ønskes belyst inden for hvilke ressourceområder, der både på mellemlang sigt (ved anlæggets ibrugtagning 2025) og på lang sigt (2035) kan opstilles en levedygtig forretningsmodel. Centrale spørgsmål for at afdække løsningsmulighederne er:

- Hvilke ressourcer forventes særligt at være knappe?
- Hvor vil det – set fra et brugersynspunkt – være en positiv merværdi, at materialerne er bæredygtige og udvundet fra et renselanlæg?
- Hvor er de oplagte koblinger i forhold til Aarhus Havn og Aarhus By i forhold til lokal symbiose?
- Hvilke forretningsmodeller gør det attraktivt for kunderne at deltage? Hvordan kan man eksempelvis lave en indfasningsmodel, som giver en lav entrybarriere, men som samtidig sikrer et langsigtet commitment, så Aarhus Vand ikke dedikerer en masse ressourcer til at producere ressourcer, som ingen køber?
- Hvordan planlægges udformningen af anlægget, så det kan fremvises som et ”state of the art” ressourceanlæg, og adgangen til og besøg på anlægget dermed kan kommercialiseres?
- Hvordan planlægger vi udformningen på anlægget, så det kan fremvises som et ’state of the art’ ressourceanlæg, så vi kan kommercialisere besøg på anlægget.



NikeGrind:  
Hvordan Nike har lavet en sideforretning på selv at indsamle deres sko og lave materialer til legepladser, kunststofbaner etc.



Biobag:  
Biologisk nedbrydelige affaldsposer der koster mere end almindelige poser, fordi de er fremstillet af biomaterialer. Man vil betale mere, fordi både produktion og det videre forløb er grønt.



S. Pellegrino: Vand er ikke bare vand.



Haribo sælger sukkervand til biavlere som et led i Kalundborg Symbiosen.



Kalundborg Forsyning:  
Dyrker alger som kan bruges til eksempelvis fiskeolie og kosmetik.



## INNOVATIONSUDFORDRING #11

**”Hvordan kan vi optimere løsninger og samarbejde, så vi bygger med mindst muligt spild uden at miste kvalitet?”**

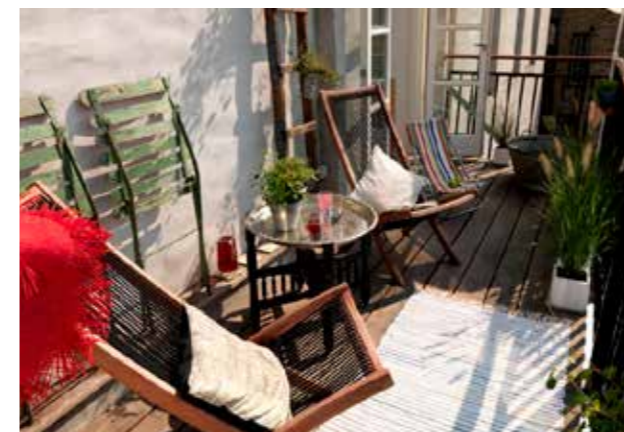
Nyt Marselisborg Ressourceanlæg er anslået til at koste ca. 1,6 mia. kr. i 2016 priser. Det skønnede beløb baseres på de enhedspriser, der kendetegner markedet i dag.

Som led i at sikre kunderne de laveste vandpriser samt fremme en generel effektivisering i branchen har Aarhus Vand en forventning om, at det er muligt at gennemfører besparelser i forhold til nuværende praksis, uden at det går ud over kvaliteten – både som følge af projektets størrelse og den gode tid til indledningsvis at afdække effektiviseringsmuligheder i dialog med byggeriets projekterende og udførende led. Aarhus Vand har på sine sager med gentagne samarbejde opnået store forbedringer og forventer, at det delvist er muligt at opnå tilsvarende effekter ved at tilrettelægge byggeopgaven, så gentagelse og læring er mulig.

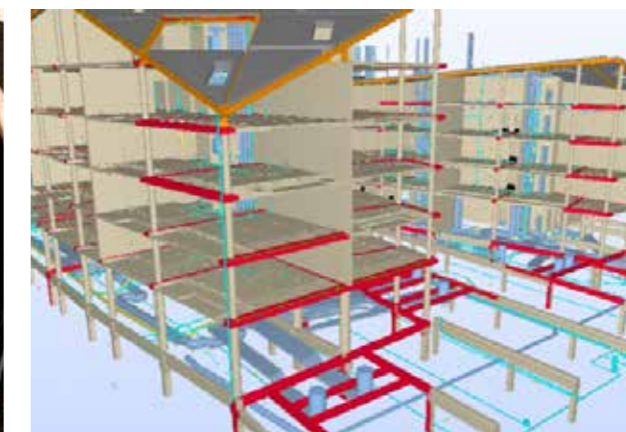
### Løsningsmuligheder og centrale spørgsmål

Det er målsætningen at afdække og realisere forbedringsmulighederne i hele projekterings- og byggeforløbet. Centrale løsningsmuligheder/spørgsmål i den sammenhæng er:

- Hvordan kan anlægget og dertil knyttede arbejdsgange projekteres smartere, således at funktioner eller arbejdsgange helt kan undgås, uden at det går ud over den samlede funktionalitet?
- Hvordan kan der gennem digitale projekteringsmetoder skabes bygbarhed samt sikkerhed for at pris og tid holder?
- Hvilke muligheder er der for at optimere konstruktioner gennem modularisering – både med henblik på at øge styktal i produktionen og for at gøre det lettere at lave løbende tilpasning i driftsfasen?
- Hvordan kan samarbejde med bygherre såvel som på byggepladsen forbedres gennem partnering og trimmet byggeri?
- Hvilke muligheder er der for at forbedre indkøringen af anlægget gennem både ”hård og blød” commissioning?
- Hvordan kan udgifter til bygningsvedligehold reduceres ved at indtænke robuste konstruktioner og vedligeholdelsesfri materialer?
- Hvordan kan driftsudgifter mindskes ved at indbygge sensorer og styring, der gør, at anlægget henholdsvis bruger og producerer energi under hensyntagen til behovet i det samlede energinet?



Fjernelse af unødvendig varians med deraf følgende øget styktal og reduktion i kompleksitet. (Eksempel: Altan.dk reducerede antallet af bærende beslag til at hænge altaner op med fra 17 til fire. Den øvrige del af variansen gav ikke værdi for kunderne og var nødvendig rent konstruktivt).



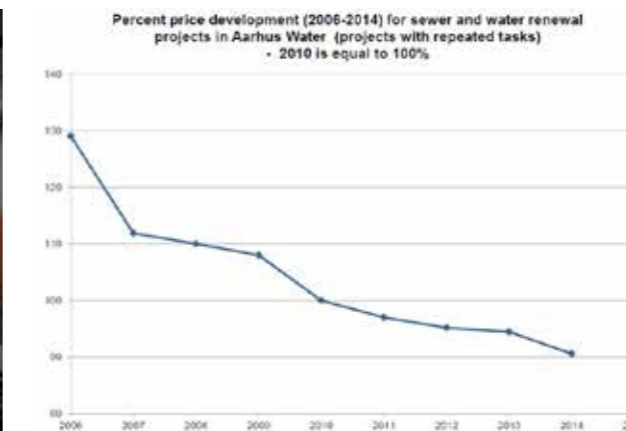
Forbedret bygbarhed gennem VDC hvor man kan lave kollisionstjek og hele tiden se, hvad ændringer betyder for pris og tid, som NCC eksempelvis har brugt på Krøyers Plads.



Forbedret planlægning og inddragelse på pladsen gennem trimmet byggeri.



Optimering af former og konstruktioner gennem fleksible støbeforme, som de gør hos Odico Formwork Robotics.



Kostoptimering gennem gentagne samarbejder.



Trimmet byggeri og kostoptimering gennem gentagelse er en del af partneringkonceptet i Aarhus Vand.



## INNOVATIONSUDFORDRING #12

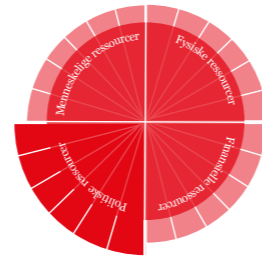
### ”Hvordan kan Aarhus Vand tiltrække ekstern kapital og medejere?”

Renseanlæg, kloaknet og øvrig ”vandinfrastruktur” er i dag 100 % ejet af Aarhus Vand. Sådan behøver det ikke at være i fremtiden, og der kan være et loft over hvad Aarhus Vand selv kan finansiere. I et marked med lave afkastgrader på traditionelle aktiver er investorer på udkig efter nye investeringsemner. Pensionskassernes tidshorizont og risikoprofil passer eksempelvis godt til at investere i infrastrukturer med et lavt, men langvarigt og sikkert afkast. Foruden at mindske investerings- og likviditetspresset kan ekstern kapital med dertil knyttet medejerskab være med til at professionalisere forsyningernes driftsrolle. Og ikke mindst kan ekstern kapital være med til at accelerere kommercielt bårne udviklingsforløb til gavn for både Aarhus Vands kunder samt vækst og eksport.

#### Løsningsmuligheder og centrale spørgsmål

Aktivt medejerskab til vandinfrastruktur er stadig en uprøvet mulighed i dansk regi. Udfordringen handler derfor ikke ”kun” om at finde en investeringsemne, hvor der er et fornuftigt forhold mellem risiko og afkast, men også om at udvikle den generelle juridiske, organisatoriske og finansielle model herfor. Centrale spørgsmål i den forbindelse er:

- Hvilke dele af vandinfrastrukturen er mest velegnede til medinvesteringer? Det er eksempelvis særligt oplagt at investere i områder, hvor medinvesteringer kan forventes at medføre et effektivitetsløft, og hvor afkastet ikke er for afhængigt af eksterne forhold, der er svære for investorer at påvirke eller kontrollere.
- Hvor kan der opnås en afkastgrad, der opfattes som attraktiv for begge parter? Den gængse praksis med at optage lån i Kommunekredit er ofte attraktiv, hvad angår renteniveauer (også når garantibetalingen til kommunen medregnes), så hvornår kan aktivt medejerskab skabe en ekstra værdi og dermed et attraktivt afkast?
- I hvilken juridisk konstruktion placeres ejerskabet? Bliver den eksterne investor eksempelvis medejer af hele Aarhus Vand, eller udskilles en afgrænset del af infrastrukturen, som investorer bliver hoved- eller fuldejer af? Og vil pensionskassen foretrække at investere direkte eller indirekte gennem en fond og en operatør med dette som sit selvstændige område?
- Hvordan organiseres samarbejdet både på strategisk og operationelt plan? Hvor aktivt bliver ejerskabet? Hvordan balanceres styrkeforholdet mellem det nuværende kommunale ejerskab og kommende investorer?
- Hvordan gøres et eksternt ejerskab attraktivt, så der bliver indtægtsstrømme til de eksterne investorer uden at denne indtægtsstrøm indirekte finansieres af Aarhus Vand, og at dette ejerskab ikke påvirker kravene til anlæggets funktion?



Thames Tideway Tunnel:  
Etablering af et selvstændigt selskab (Special Purpose Vehicle), der står for etableringen af 20 km suplerkloak under London. Anlægget til cirka 40 mia. kr. vil blive 100 % eksternt finansieret med tilbagebetaling over vandregningen. På billedet ses tunnelarbejde ved Marselisborg Ressourceanlæg



Anglian Water (AWG-group):  
Et forsyningsselskab der i 2006 blev købt af et internationalt konsortium af pensionskasser og investorer med speciale i infrastruktur.



Kalvebod Brygge:  
Et 40.000 m2 kontorbyggeri til Banedanmark og andre offentlige institutioner realiseret i et OPP-samarbejde, hvor et konsortium bestående af rådgivere, entreprenører samt Nordea Pension Danmark har ansvaret for at bygge, drive og finansiere byggeriet over en 20-årig periode. Projektet er vundet af A. Enggaard A/S, Nordea Pension Danmark, Ejendomsselskab A/S, Arkitema Architects, Arkitema Urban Design og MOE A/S. Illustration: Arkitema Architects

AIN  
D N S

VENTILATION SOLCELLER BELYSNING VARME OM



SustainSolutions:  
Ventilationsprodukter som finansieres med midler fra en fond, som PKA har dedikeret til formålet. Kunderne ejer ikke anlæggene – de forpligtiger sig bare til i en periode at aflevere en del af deres energibesparelse til investorer. Eksempel på en ESCO-model gennemført for mindre investeringer.



## INNOVATIONSUDFORDRING #13

### ”Hvordan kan Marselisborg Ressourceanlæg styrke den danske vandklynge internationalt, og hvilke regionale samspilsmuligheder er der med fødevarer- og IKT-klyngen i Business Region Aarhus?”

For Aarhus Vand er det afgørende at være del af og bidrage til klyngesamarbejde. Samarbejde med andre forsyningsselskaber, virksomheder og vidensinstitutioner sikrer effektivisering og skaber forudsætning for vækst og eksport. Aarhus Vand har lang tradition for partnerskaber og klyngedannelse, som det blandt andet kommer til udtryk i 3Vand, hvor der arbejdes sammen med Hofor, Vandcenter Syd og Biofos. Aarhus er en helt central aktør i den danske vandklynge. I hjemlig sammenhæng som initiativtager og deltager i en række forsknings- og udviklingsprojekter og som foregangseksempel på at benytte den nyeste teknologi. Internationalt som omdrejningspunkt for eksportrettede fremstød i regi af blandt andet Water Technology Alliance i Chicago og San Fransisco. Marselisborg Ressourceanlæg skal være et referenceprojekt, et teststed og en hub for virksomheds- og forskningssamarbejde, der accelerer denne udvikling. Marselisborg Ressourceanlæg kan endvidere være en anledning til at fremme samarbejde med andre centrale erhvervs-klynger i Business Region Aarhus – fødevarerklyngen samt klyngen indenfor IKT og smarte fællesskaber. Aarhus Vand inviterer derfor aktører inden for disse klynger til en åben idéudvikling om, hvilke samspilsmuligheder der er.

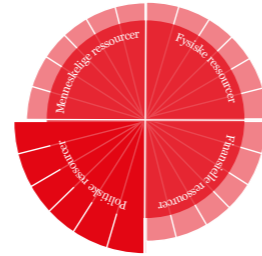
#### Løsningsmuligheder og centrale spørgsmål

Centrale spørgsmål/løsningsmuligheder i forhold til at styrke den danske vandklynge internationalt er:

- Hvordan kan Marselisborg Ressourceanlæg blive en test-facilitet, hvor løsninger hurtigt og dokumenteret kan afprøves?
- Hvilke tilbud og organisation skal der opbygges for at få det maksimale ud af Marselisborg Ressourceanlæg som et internationalt orienteret showroom?
- Hvordan skaber man et levende miljø hvor forsyningsselskaber, forskere, start-ups, etablerede virksomheder og investorer laver vandbranchens svar på google?

#### Centrale spørgsmål / løsningsmuligheder i forhold til at styrke det regionale klyngesamarbejde i den danske vandklynge er:

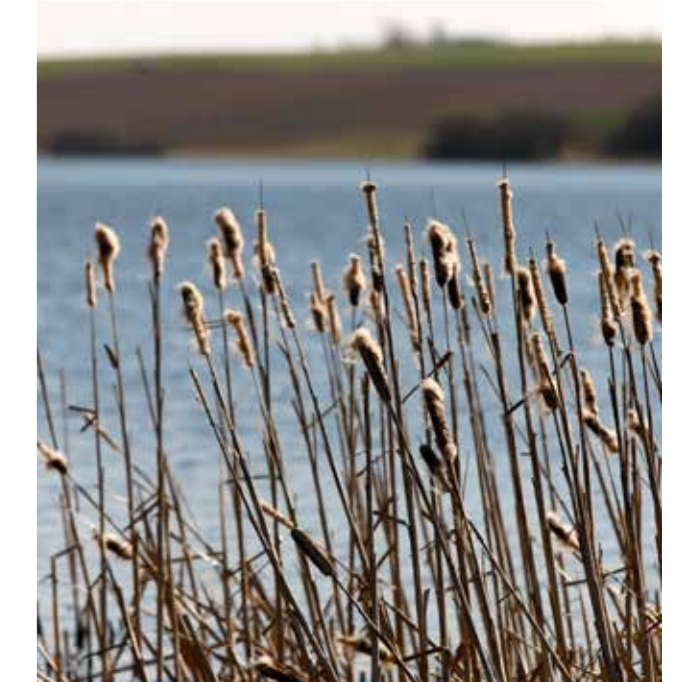
- Hvilke muligheder er der for at optimere forholdet mellem centralt renseanlæg og lokal rensning i forbindelse med industri- og fødevarerproduktion?
- Hvordan kan ressourcer i spildevand og øvrige restfraktioner fra industri- og fødevarerproduktion udvides og forædles?
- Hvordan kan Aarhus Vand fremme produktion af fødevarer eksempelvis gennem differentierede vandkvaliteter til produktion?
- Hvordan kan internet of things bruges til at gøre anlægget til en smart medspiller i både det samlede vand-, materiale- og energisystem?
- Hvilke muligheder ligger der i gennem virtuel og augmented reality at optimere både slutbrugernes vandforbrug og –håndtering såvel som driften på anlægget?



Fremtidens Agro Food Park: Eksempel på klyngesamarbejde og erhvervsudvikling. Udviklet i samarbejde mellem 3XN Arkitekter, GXN Innovation, William McDonough+Partners, BCVA og Urand.

Arla Foods amba, Bov  
Udvidelse af Bov Mejeris renseanlæg, således at der kan foretages fuld rensning med afløb direkte til recipient.

->



<- Partnerskabet Vandeffektive Mejerier har i 2014-2015 gennemført et projekt med fokus på at undersøge mulighederne for at udvikle et vandløst mejeri. En rapport fra Naturstyrelsen viser, at de danske mejerier kan spare mellem 20-30 % af deres vandforbrug, hvis de får indført de rette vandbesparende teknikker. En økonomisk besparelse på op mod 30 millioner kr. om året.



## INNOVATIONSUDFORDRING #14

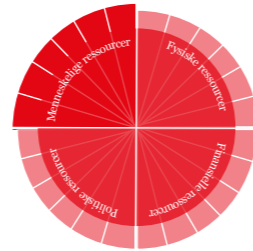
### **”Hvordan kan Marselisborg Ressourcenlæg både som anlæg og som besøgssted være et ”vanddannende” sted, hvor vandets kredsløb forstås? og sanses?”**

Vand er et af de mest basale elementer og en af de største glæder i livet. Det ved vi. Og samtidig er den historie gået i glemmebogen i ingeniørmæssig begejstring over at vi de sidste 150 år er blevet bedre og bedre til at nedgrave og gemme vandet og løsningerne til håndtering af vandet af vejen. Vi har mistet vores vanddannelse, og har fået en forsimplet opfattelse og brug af vandets mange nuancer. Tiden er moden til at gøre op med vandbranchens håndtering af vand som ”secret service” og til at udbrede kendskabet til vandets kredsløb. Ikke kun for at skabe legitimitet for Aarhus Vands ydelser, men også fordi fremtidens løsninger inden for vandhåndtering og klimatilpasning kræver borgernes aktive medspil. Fremtidens ressourcemangel kræver øget miljøbevidsthed på borger og virksomhedsniveau, og thought leadership og vanddannelse kan være med til at udbrede ansvarsbevidstheden. Vand skal i fremtiden være en ressource som skaber grønnere og mere menneskevenlige byrum, og spildevandet skal differentieres således af de mange typer af vand kan finde anvendelse i industrien, i byen og i haven. Desuden fungerer forsyningerne generelt som underleverandører af både vandforsyning og spildevandshåndtering til virksomheder, der varetager og formidler deres egne miljøværdier. Fremtiden kræver stor miljøbevidsthed både fra kunder og kommunen, som har ambitioner om at blive CO<sub>2</sub> neutral by i 2030. Nyt Marselisborg Ressourceanlæg har potentiale for at blive et vartegn for fremtidens bæredygtige omstilling, og for at opnå total CO<sub>2</sub> neutralitet på energiforbrug i rensningsprocessen fra metan og lattergas fordampning, elforbrug, varmemeforbrug og transport.

#### **Løsningsmuligheder og centrale spørgsmål**

Hvordan gøres vandhåndtering til ”public knowledge” i stedet for ”secret service” på Tangkrogens begrænsede areal, og uden gå på kompromis med effektivitet og sikkerhed på anlæggets servicearealer. Hvordan kan anlæggets i sin udformning kommunikere og bidrage til en overordnet politisk dagsorden om at gøre Aarhus CO<sub>2</sub> neutral.

- Det Blå Hus som udstillingssted  
For at få historien om vand ud af byens underbevidsthed og frem i lyset kunne man gøre det blå hus til et udstillingssted og besøgscenter, som udfolder historien om håndtering af vand ud fra et historisk, videnskabeligt og teknologisk perspektiv. Det blå hus kunne skabe større viden om vandets kredsløb og om vand som ressource. Målgruppen kunne være børn, unge og deres forældre, men også nysgerrige voksne, som ønsker inspiration til at leve mere miljøbevidst og bæredygtigt med vand.
- Renseanlægget kunne blive et udstillingsvindue for teknologi og løsninger til brug i en bæredygtig omstilling af byer og en mere skånsom omgang med jordens ressourcer. Løsningerne kunne fx være grønne tage på anlæggets bygninger, solceller eller vandkraft og det kunne være en vision for udviklingen af en helhedsplan for hele Tangkrogen, hvor man kunne fremvise LAR og blive et sted hvor boligforeninger og borgere, som skal separatkloakere, kan finde inspiration.



Green Lighthouse er et multifunktionelt og energiproducerende hus bygget af Christensen og Co. Huset rummer blandt andet studieadministration for Københavns Universitet, studievejledning, møderum og en lounge for det naturvidenskabelige fakultetet. Huset er lavet i et samarbejde mellem Christensen og Co Arkitekter A/S, COWI og Hellerup Byg. Illustration: Christensen og Co Arkitekter

Vand er flere steder omdrejningspunkt for udstillinger, der har til hensigt at formidle vands historie og betydning for menneskeligheden. I Lisabons har vandforsyning EPAL netop fået tegnet et vandmuseum af P-06 Ateliers i høj arkitektonisk kvalitet. Udstillingens emne og formsproget flyder sammen i en blå strøm, som både tiltrækker de helt unge, og nysgerrige og designinteresserede voksne.



Det delte parkeringsareal og ressourceanlæggets servicearealer kunne bruges til at vise regnvandsløsninger frem til offentligheden og til at aflede det lokale regnvand. De forskellige regnvandsløsninger kommunikerer kommunens og Aarhus Vands overordnede vision om, at regnvand skal nedsives lokalt og løsningerne kan inspirere og motivere.



sØnæs er et fremsynet klimaprojekt med både miljø, vandrensning, klimasikring, rekreative muligheder og naturhensyn. Tanken om, at spildevand kan nedsives med positiv indflydelse for naturværdi og give rekreative udfoldelsesmuligheder, kan overføres til en helhedsplan for de grønne områder på Tangkrogen.



## INNOVATIONSUDFORDRING #15

### ”*Hvordan sikrer man at Marselisborg Ressourceanlæg bliver en god nabo i lokalområdet ved at åbne op og dele ud?*”

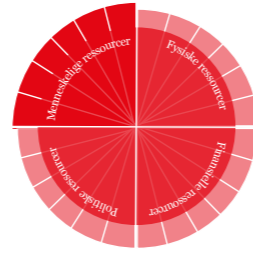
Tangkrogen indplacerer sig med Marselisborg lystbådehavn, eventplads og strand i et knudepunkt for kultur- og fritidsaktiviteter i Aarhus. Inden for kun en km's radius ligger både Tivoli Friheden, Marselisborghallen, Ceres Park Arena, Aarhus Cykelbane, Jysk Væddeløbsbane, Marselisborg Slot og Mindepark og Havreballe skov, som med nærhed til Midtbyen er et yndet udflugtsmål for aarhusianere. Navnet Friheden oprinder fra slutningen af 1800-tallet hvor skoven åbnedes op for offentligheden, og Tangkrogen ligger lige for foden af skoven og ved begyndelsen af en attraktiv kyststrækning, som de fleste forbinder med fritid og fornøjelse. Den begrænsede plads til at realisere visionerne for både lystbådehavn, eventplads og renseanlæg på Tangkrogen lægger op at man opnår samspil mellem de mange funktioner som knytter sig til Tangkrogens placering. At man opnår multifunktionalitet i design og arealanvendelse, og bygger videre på de aktiviteter som allerede knytter sig til området, i stedet for at klemme flere pladskrævende aktører ind. Samspil med eksisterende aktører kunne opnås igennem delte arealer og ressourceforbrug som belysning, energi og vand.

#### **Løsningsmuligheder og centrale spørgsmål**

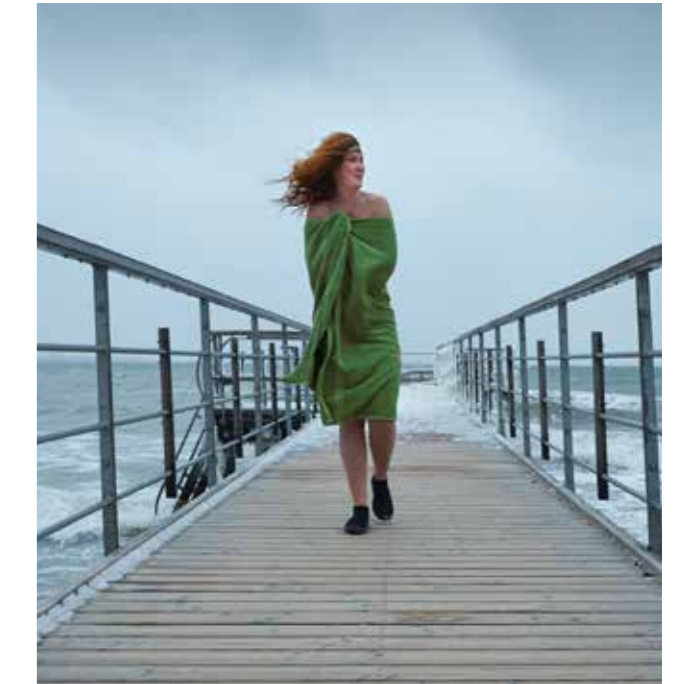
Det begrænsede areal på Tangkrogen taler for samspil med eksisterende aktører i området ift. ressourcer og multifunktionel arealer, men hvordan kan man udnytte de sæsonbetingede aktiviteter til at give mere plads til at invitere byen indenfor?

#### *Det Blå Hus som vandkulturhus og resourcecenter*

Placeringen tæt på Marselisborg lystbådeklub, strand og skov lægger op til at understøtte den type fritidsaktiviteter som knytter sig til havnemiljøet, og samtidig til at udvide sæsonen for bevægelse og rekreation. En vinterbadeklub giver mulighed for at arealoptimere ved at invitere byen indenfor i månederne hvor lystbådehavnen er mindre aktiv. Energiproduktion fra renseanlægget kan bruges lokalt til at skabe et vandkulturhus og rekreativt sted i vintermånederne og man kunne tiltrække kommercielle eller offentlige partnere inden for sundhedsområdet ved at tilbyde rekreation på recept. Om sommeren kan energi fra renseanlægget bruges til aktiviteter i havnen. Det spartanske liv i en lystbåd kræver faciliteter i land som toiletforhold, varme bade, opladning af batterier, madlavning og klargøring af både til vinterhalvåret. Toilet, bade og omklædningsforhold kunne derfor benyttes hele året. Sommerens aktiviteter på eventpladsen kræver også tilførsel af energi i form af tilkobling af strøm og belysning, og det er kommercielt potentiale ved at udlåne Vandkulturhusets faciliteter. Der skal tænkes i multifunktionelt design af både vandrette og lodrette flader og afskærmning til anlægget kunne fx benyttes til projektering af film eller andet visuelt materiale der kunne understøtte eventaktiviteterne. Det Blå Hus kunne være et sted, hvor man kan tappe forskellige typer af vand til brug helt lokalt i Marselisborg Lystbådehavn, i den resterende by til vanding af kommunens vejtræer eller til brug i industriel forarbejdning eller fødevarerproduktion.



Tanken om at genbruge energi og skabe direkte og demokratisk værdi for byens beboere og for turister er en af grundpillerne i islandsk oplevelsesturisme. Den blå lagune er et yndet tilflugtssted for turister efter en lang rejse eller under en mellemlandning i Keflavik. Også andre nordiske naboer har en god forretning i de mørke vintermåneder, hvor spasteder som Båstad og Ystad har fulde huse. København har også ambitioner om at udvide og forbedre saunafaciliteterne i havnen.



Jean Nouvels koncerthus til Danmarks Radio er beklædt med et koboltblåt lærred, til fremvisning af visuelle kunstværker eller film om aftenen. Lærredet giver på demokratisk vis værdi tilbage til byen uanset om man skal til koncert eller bare passerer byggeriet i metroen.



<- Hummerhuset ved Klitmøller deles mellem Surfklubben NASA, Biologisk Forening for Nordvestjylland (BFN) og Thisted kommune. Huset har til formål at forene byen med sand, surf, strand og vind, og er multifunktionelt i den forstand at det både orienterer sig mod omgivelserne, bruges til en bred vifte af udendørsaktiviteter og til kommunens indendørs arrangementer med de faciliteter det kræver. Det kaldes Hummerhuset fordi det blev bygget på det sted, hvor de lokale fiskere landede hummere. Projektet er lavet af Force4 i samarbejde med Preben Skaarup Landskabsarkitekter for Thisted Kommune.

## BILLEDER OG ILLUSTRATIONER

Forside:

Kollage af Sofie Stilling

Side 17

Foto: Sofie Stilling, Aarhus Vand, Ole Harmann Schmidt

Illustration: Team BIG

Side 19

Foto: Marie Thérèse Hébert & Jean Robert Thibault, <https://www.flickr.com/photos/jrthibault/>

Aarhus Vand

Side 21

Salsnes,

Lee, [https://www.flickr.com/photos/leehong\\_gz/](https://www.flickr.com/photos/leehong_gz/)

Danfoss

Side 23

Billund Biorefinery

Aarhus Vand

Side 25:

Satellitfoto: Krak.dk og Aarhus Vand

Foto: Hjar, <https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Hjar>

Illustration: C.F. Møller

Side 27:

Aarhus Vand

Side 29:

Anne Prytz Schaldemose

Side 31:

Mathias Apitz, <https://www.flickr.com/photos/abzisse/>

Max Pixel, <http://maxpixel.freegreatpicture.com/Slaughter-House-Processing-Beef-Slaughterhouse-Cow-1884301>

Steve Jurvetson, Tesla Autobots, <https://www.flickr.com/photos/jurvetson/>

Smoothgroover22, Google selfdriving car, <https://www.flickr.com/photos/smoothgroover22>

Side 33:

Laura Billings, <http://www.laurabillings.org/>

Mike Mozart, <https://www.flickr.com/photos/jeepersmedia/>

Lennart Tange, <https://www.flickr.com/photos/lennart>

Bernie Durfee, <https://www.flickr.com/photos/kingbrasso/>

Nike Grind

Side 35:

ODICO Formwork Robotics

Anne Prytz Schaldemose

NCC

Altan.dk

Side 37:

Danny Navarro, <https://www.flickr.com/photos/dannyfowler/>

Anglian Water

Illustration: Arkitema Architects

Side39:

Illustration: Team 3XN Arkitekter

Foto: Thiese og Aarhus Vand

Side 41:

P-06 Ateliers

Googlemaps

Alan Levine, <https://www.flickr.com/photos/cogdog/>

Illustration: Christensen og Co Arkitekter

Side 43

Mette Johnson

Aarhus Vand

Sofie Stilling

Federico Parodi, <https://www.flickr.com/photos/jimmy2k/>

