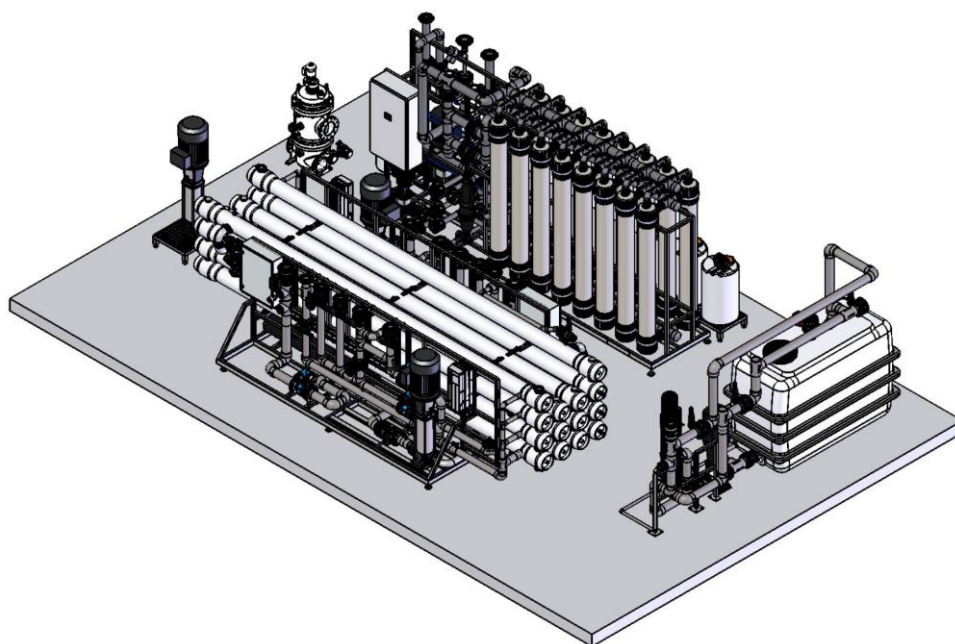


Client
Femern A/S

Document type
Ramboll-Arup-TEC Report

Date
Januar 2023

VURDERING AF ALTERNATIV VANDFORSYNING TIL BETONELEMENTFABRIKKEN VED RØDBYHAVN



VURDERING AF ALTERNATIV VANDFORSYNING TIL BETONELEMENTFABRIKKEN VED RØDBYHAVN

Revision **2**
Date **2023-01-31**
Made by **Johann van Aartsen, Signe Thulsted Jensen, Sylvie Breakevelt, Caroline E. Flyger, Adriana M. Venda og Jessica Bengtsson**
Checked by **Anita Rye Ottosen**
Approved by **Susanne Kalmar Pedersen**
Description

Ref 1100027833
Document ID 711630-4

Ref VVM PFA - Vandforsyning ATR RAT65-ABJ-968

Disclaimer

The text and drawings presented in this report are developed in the course of the planning process and should be considered as work in progress and not representing a final position or determination unless otherwise explicitly stated.

INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	LEDELSESRESUMÉ	1
2.	INDLEDNING	3
3.	VANDKVALITETSKRAV TIL BETONVAND	4
4.	SPILEDEVAND RØDBYHAVN RENSEANLÆG	6
4.1	Kvalitet og sammensætning	7
5.	OVERFLADEVAND STRANDHOLM PUMPESTATION	11
5.1	Kvalitet og sammensætning	11
6.	HAVVAND	15
6.1	Kvalitet og sammensætning	15
7.	RENETEKNOLOGI	20
7.1	Forudsætninger	20
7.2	Membranteknologi	20
7.3	Rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg	23
7.4	Rensning af overfladevand fra Strandholm Pumpestation	27
7.5	Afsaltning af havvand	29
7.6	Placering, størrelse og udseende af renselanlæg	31
7.7	Støj	32
8.	ØKONOMI OG LEVERANDØRINPUT	33
8.1	Estimeret anlægs- og driftsøkonomi (maj 2022)	33
8.2	Estimeret anlægs- og driftsøkonomi (november 2022)	36
9.	MILJØMÆSSIG BÆREDYGTIGHEDSVURDERING	46
10.	KONKLUSION OG PERSPEKTIVISERING	52
11.	REFERENCER	55

BILAG

Bilag 1

Liste over inkluderede anlægsomkostninger for genindvinding af rensset spildevand

Bilag 2

Liste over inkluderede anlægsomkostninger for afsaltning af havvand

Bilag 3

Liste over inkluderede driftsomkostninger for begge alternative vandforsyninger

Bilag 4

Tekniske brochurer for udstyr

Bilag 5

Procesdesignspecifikationer for rensning af spildevand fra Rødbyhavn
Renseanlæg

Bilag 6

Tilbud: BWT spildevand

Bilag 7

Tilbud: E+H GmbH spildevand

Bilag 8

Tilbud: Krüger spildevand

Bilag 9

Tilbud Krüger UV-anlæg

Bilag 10

Procesdesignspecifikationer for afsaltning af havvand

Bilag 11

Tilbud: BWT havvand

Bilag 12

Tilbud: E+H GmbH havvand

Bilag 13

Tilbud: Krüger havvand

1. LEDELSESRESUMÉ

Som led i VVM-processen for Femern Bælt-forbindelsen blev der gennemført en miljøvurdering af vandforsyning. Løsningen blev, at der etableres en ekstra grundvandsboring som forsyning, til betonelementfabrik og camp, i den midlertidige periode, hvor Femern Bælt-tunnelen etableres.

Efterfølgende er Sund og Bælt blevet anmodet om, at undersøge muligheden for at bevare den midlertidige betonelementfabrikken i Rødbyhavn. Ved en bevarelse af betonelementfabrikken skal der udarbejdes en ny VVM-redegørelse, herunder en miljøkonsekvensvurdering af den fremtidige vandforsyning. Lolland Kommune har på baggrund af den aktuelle grundvandssituation på Lolland fremsat ønske om, at der ikke anvendes grundvand til selve betonproduktionen.

I forbindelse med ovenstående er denne rapport udarbejdet. Rapporten giver en vurdering af mulighederne for at anvende 250.000 m³/år alternativ vandforsyning som betonvand til betonelementfabrikken i Rødbyhavn. Rapporten indeholder desuden en økonomisk vurdering af de alternative vandforsyninger og en bæredygtighedsvurdering.

Vandkvalitetskrav og renseteknologi

Til betonelementfabrikken er der i denne rapport vurderet på vandkvalitetskrav for anvendelse af tre alternative vandforsyninger til betonvand – spildevand fra udløbet af Rødbyhavn Renseanlæg, overfladevand fra Strandholm Pumpestation og havvand. Datagrundlaget for overfladevand er begrænset og den er derfor ikke vurderet i samme omfang som de to andre alternative vandforsyninger, hvor der er indhentet tilbud fra 3 europæiske leverandører.

For at kunne anvende de alternative vandforsyninger som betonvand er der et særligt behov for rensning, specielt for organisk stof, klorid og bakterier. En almindelig brugt renseteknologi til denne type rensning er membranbaserede teknologier. Membranteknologi er en filtreringsteknologi baseret på en fysisk separationsproces, som fjerner forurening i vand. Membranteknologierne nanofiltrering og omvendt osmose er specielt relevante, da de kan fjerne monovalente ioner med lille molekylvægt som klorid og natrium. Når klorid er bragt ned til et acceptabelt niveau, så vil langt de fleste andre stoffer også være at finde i meget lave koncentrationer og med lav variation.

Der er for de tre alternative vandforsyninger opstillet forskellige vandbehandlingsanlæg, som alle inkluderer membranrensning igennem ultrafiltrering og omvendt osmose. På baggrund af de modtagende tilbud har de 3 leverandører vurderet nedenstående koncentrationer i det rensede betonvand.

	Enhed	Spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg			Afsaltet havvand		
		Krüger	BWT	E + H GmbH	Krüger	BWT	E + H GmbH
pH		7,68	5,5-6,5	6,4	7,29	5,5-6,5	5
TDS	mg/l	10,77		14,48	124,7		124
Klorid	mg/l	5,94	0,7-4,3	6,26	74,35	8-62	71,94
Nitrat	mg/l		0,01-0,3	0,3			0,01
Kalium	mg/l	0,3	0,15-0,6	0,68	0,78	0,2-1,6	1,61
Natrium	mg/l	2	0,5-3	3,09	35,02	4,5-35	38,6
Magnesium	mg/l	0,31	0,01-0,05	0,27	2,55	0,1-0,9	1,39
Calcium	mg/l	1,28	0,03-0,2	1,1	8,4	0,4-2,9	4,53
Sulfat	mg/l	0,88	0,05-0,2	0,67	3,6	0,1-1,1	0,6
Fosfor	mg/l		0-0,001				
Fosfat	mg/l	0,006					
Bikarbonat	mg/l		0,2-1,2	2,1		0-0,1	1,48

Anlægs- og driftsøkonomi

Til estimering af anlægs- og driftsomkostninger er der indhentet tilbud fra europæiske leverandører, der kan opfylde de procesdesignspecifikationer og forudsætninger der er blevet opsat for begge anlæg. Andre anlægsomkostninger er estimeret baseret på hollandske priser fra "DACE Price Booklet: Cost Information for estimation and comparison".




Der er taget udgangspunkt i at vandbehandlingsanlægget placeres i området syd for Tunnelbyen, der ligger i den vestlige ende af betonelementfabrikken.

Anlægs- og driftsomkostninger er beregnet på baggrund af det vidensniveau, der er på nuværende tidspunkt. Beregnet med udgangspunkt i at 1 kWh koster 1 DKK. Devalueringen af anlægsomkostningen er inkluderet i dette, og er beregnet baseret på 20 år for bygninger og 15 år for alle andre anlægsomkostninger. Den total omkostning ligger på mellem 7-15 DKK/m³ for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg og 10-21 DKK/m³ for havvand.

Rensning af overfladevand fra Strandholm Pumpestation forventes at ligge imellem de to beregnede alternativer, og er estimeret til at ligge mellem 8-17 DKK/m³ (baseret på vurdering fra én leverandør med udgangspunkt i deres erfaring med rensning af overfladevand).

Bæredygtighedsvurdering

De 3 anlæg til rensning af alternativ vand er overvejende ens og der er derfor i bæredygtighedsvurderingen kun regnet på de miljømæssige CO₂-belastninger hvor anlæggene adskiller sig nævneværdigt fra hinanden. I 2025-2023 kommer den største miljømæssige belastning fra energiforbruget med et mindre bidrag fra kemikalieforbrug. Membranudskift giver også et CO₂-bidrag, men da membranudskift generelt er lige stort ved alle 3 alternative vandforsyningerne, ændrer den ikke på de samlede bidrag. Fra 2030 vil der forventelig komme et stort fald i den miljømæssige belastning fra energiforbruget grundet den grønne omstilling, og hvis man fortsat får kemikalier der er udvundet og produceret i lande med stort brug af fossile brændstoffer, vil det største bidrag kunne komme fra kemikalierne.

CO ₂ -aftryk pr. år i kg CO ₂ eq/kWh	Spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg	Overfladevand fra Strandholm Pumpestation	Havvand
Energiforbrug 2025-2030	29.023	37.332	106.357
Energiforbrug Efter 2030	6.965	8.960	25.526
Smiley score			

2. INDLEDNING

I forbindelse med etablering af den faste forbindelse over Femern Bælt, er der ved at blive bygget en midlertidig betonelementfabrik ved Rødbyhavn, som skal producere tunnelelementer og portalbygning til Femern Bælt-forbindelsen, der forventes åben i 2029.

Betonelementfabrikken inkl. camp og byggeplads har et stort vandbehov, og der er i VVM-redegørelsen anslået, at der skal anvendes 1.350.000 m³ vand i byggeperioden, hvor der i spidsbelastningsperioden skal anvendes maksimalt 450.000 m³/år, heraf 270.000 m³/år som betonvand og resten som sanitært vand.

Som led i VVM-processen for Femern Bælt-forbindelsen blev der gennemført en miljøvurdering af projektets vandforsyning baseret på indvinding af grundvand, samt muligheden for afsaltning af havvand. Løsningen blev, at der etableres en ekstra grundvandsboring som forsyning, til betonelementfabrikken og camp, i den midlertidige periode, hvor Femern Bælt-tunnelen etableres.

I forbindelse med vedtagelse af Infrastrukturplan 2035, blev Sund og Bælt anmodet om at undersøge muligheden for at bevare betonelementfabrikken med henblik på at kunne anvende den til produktion af tunnelelementer til kommende infrastrukturprojekter, herunder f.eks. Østre Ringvej omkring København. Den gældende VVM for "kyst-kyst-forbindelsen" over Femern Bælt tillader kun at grundvand anvendes i den begrænsede periode, hvor tunnelen under Femern Bælt etableres. Ved en bevarelse af betonelementfabrikken skal der således udarbejdes en ny VVM-redegørelse, herunder en miljøkonsekvensvurdering, der også omfatter, hvorledes den fremtidige vandforsyning til produktion på betonfabrikken skal ske, heriblandt en vurdering af alternative forsyningsmuligheder.

Lolland Kommune har på baggrund af den aktuelle vurdering af grundvandssituationen på Lolland fremsat ønske om, at der ikke anvendes grundvand til selve betonproduktionen i en permanent betonelementfabrik.

I forbindelse med ovenstående er denne rapport udarbejdet. Rapporten giver en vurdering af mulighederne for anvendelse af en alternativ vandforsyning som betonvand til betonelementfabrikken. Rapporten indeholder desuden en økonomisk vurdering af de alternative vandforsyninger og en bæredygtighedsvurdering.

Der er opsat følgende forudsætning:

- Femern A/S har vurderet, at den permanente betonelementfabriks vandforbrug er optil 350.000 m³/år, hvoraf 100.000 m³/år er til sanitære formål og op til 250.000 m³/år til betonproduktion.
- I det tekniske notat "Forundersøgelse af mulighederne for betonvand til Østre Ringvej" udarbejdet af Rambøll januar 2022 (Rambøll, 2022) er forskellige vandforsyningsmuligheder på Lolland vurderet i forhold til vandkvalitetskrav til beton, bæredygtighed og økonomi. På baggrund af vurderingen i det tekniske notat og en efterfølgende dialog mellem Rambøll og Femern A/S er det besluttet, at der arbejdes videre med 3 alternative vandforsyningsmuligheder til betonelementfabrikken:
 - Spildevand fra udløbet af Rødbyhavn Renseanlæg
 - Overfladevand fra Strandholm Pumpestation
 - Havvand

Denne rapport er udarbejdet maj 2022 og senere opdateret november 2022. Opdateringen fra maj til november omfatter en forøgelsen af vandmængden til betonproduktion fra 200.000 m³/år til 250.000 m³/år. Udarbejdelse af et nyt kapitel 5 om overfladevand samt en opdatering af de økonomiske forudsætninger med tilbud på anlægs- og driftsøkonomi fra Europæiske leverandører.

3. VANDKVALITETSKRAV TIL BETONVAND

Ved anvendelse af en alternativ vandforsyning til betonvand er det altafgørende, at vandet lever op til vandkvalitetskravene. Der findes ikke vandkvalitetskrav for alle typer vandforsyninger til betonvand, men der findes en standard DS/EN 1008:2002 "Blandevand til beton – Specifikationer for prøvetagning, prøvning og vurdering af egnethed af vand, inklusive vand genbrugt fra processer i betonindustrien, som blandevand til beton" (Dansk Standard, 2002), hvor man kan læse om krav til udvalgte vandtyper (f.eks. drikkevand, havvand og naturligt overfladevand).

Standard DS/EN 1008:2002

I standarden er der oplyst forskellige vandforsyningsmuligheder inkl. en vurdering af, hvorvidt de enkelte vandforsyningsmuligheder kan anvendes til betonproduktion. Der findes ikke vandkvalitetskrav til betonvand, når der anvendes alternative vandforsyninger som spildevand og overfladevand. Havvand kan som udgangspunkt anvendes til beton uden forstærkning, hvis det afsaltes.

I henhold til standarden skal olie, fedt, farve, lugt og skum vurderes visuelt, og derudover testes for humus, detergenter, suspenderet stof samt parametre vist i Tabel 3-1.

Tabel 3-1 Kvalitetskrav til betonvand iht. Standard DS/EN 1008:2002 (Dansk Standard, 2002)

Parameter	Enhed	Kvalitetskrav til betonvand	Bemærkning
pH	mg/l	≥4	
Klorid, Cl ⁻	mg/l	500-1.000	Max 500 mg/l i forspændt beton og max 1.000 mg/l i beton med stålforstærkning
Sulfat, SO ₄	mg/l	2.000	
Na ₂ O-eq	mg/l	1.500	Kravet er kun gældende, hvis der tilsættes alkali-reaktive aggregater
Sukker	mg/l	100	Skal overholdes medmindre krav til afbindingstid og kompressionsstyrke overholdes.
Fosfater, P ₂ O ₅	mg/l	100 (43,6 mg/l P)	
Nitrat, NO ₃ ⁻	mg/l	500	
Bly, Pb ²⁺	mg/l	100	
Zink, Zn ²⁺	mg/l	100	

For vandforsyningsmuligheder, som ikke er en del af standarden, f.eks. spildevand og overfladevand, kan der ansøges om godkendelse, hvis det kan dokumenteres, at vandet opfylder vandkvalitetskravene og ikke indeholder andre stoffer, der kan være problematisk for betonens egenskaber.

Bakterier

Da betonvand kan komme i kontakt med mennesker, er det vigtigt at være opmærksom på bakterier og virus. BEK nr. 2361 af 26/11/2021 "Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg" (Miljøministeriet, 2021) opstiller krav til mikrobiologiske parametre (se Tabel 3-2). Disse krav er dog med udgangspunkt i, at vandet skal kunne drikkes. Ved genbrug af alternative vandforsyninger som regnvand, spildevand og overfladevand til toiletskyld, vanding på grønne arealer, springvand, vanding af grøntsager osv. er der vejledende (eller forslag til vejledende grænseværdier) i EU og Australien (se Tabel 3-2) (Rygaard & Albrechtsen, 2013).

Tabel 3-2 Vandkvalitetskrav til mikrobiologiske parametre

Parameter	Enhed	Bekendtgørelsen om vandkvalitet (BEK nr. 2361)	Vejledende krav ved alternative vandforsyninger
Kimtal	Pr. 100 ml	200 pr. 100 ml	
Coliforme bakterier	cfu/100 ml	Må ikke kunne måles	<1 - 1.000
Enterokker	cfu/100 ml		<1 - <20
E. coli	cfu/100 ml		<1 - <10

Klorid

Klorid og alkalier (Na + K) er de mest kritiske og afgørende parametre ved vurdering af enkeltstoffer i beton. Generelt set skal klorid være så lav som muligt, da klorid kan forårsage korrosion i stålforstærkningen. Der vil dog altid være klorid til stede i de forskellige delelementer af beton og man ser derfor samlet set på betonens indhold. Femern har et krav på 0,10% klorid i færdig beton, der indeholder stål eller er forspændt. For at dette krav kan overholdes skal kloridindholdet i betonvand være under 250 mg/l (maksimale krav i drikkevand), hvis koncentrationen af klorid er op til 500 mg/l kan betonvandet anvendes med forsigtighed, da det stille større krav til kloridindholdet i den cement der anvendes.

Cementproduktion er et af de mest CO²-forurenende produktioner og der er derfor stor fokus på at producere grøn cement. Dette indebærer en større brug af affaldsfraktioner og dermed også en cement med et højere kloridindhold. Hvis disse nyere og mere bæredygtige typer af cement skal komme i anvendelse, kræver det et endnu lavere indhold af klorid i de resterende elementer i cement heriblandt betonvandet. Der er derfor et ønske om at kloridkoncentrationen i betonvandet bliver så lavt som muligt og meget gerne under 100 mg/l.

Arbejdsgruppe

I forbindelse med udarbejdelse af denne rapport, har der været nedsat en arbejdsgruppe bestående af vand- og betonekspertes fra DTU og Rambøll, der i fællesskab har diskuteret og vurderet, hvilke vandkvalitetskrav til betonvand, der vurderes vigtige for at kunne vurdere om en vandforsyning er egnet som betonvand. Ulf Jönsson fra Femern A/S har deltaget i et af de to afholdte møder.

Det fremgik af møderne:

- Renhed af vandet: Vandet kan ikke blive for rent.
- Forsigtighed ved valgt af alternativ vandforsyning: Jo større styrke i betonen og jo længere betonlevetid, des større forsigtighed i forhold til at anvende en alternativ vandforsyning. Betonekspertes var enige om, at de var mest sikre ved brugen af afsaltet havvand, da risikoen for et potentielt indhold af ukendte stoffer, som kan mindske betonegenskaberne, er mindre, og der er erfaring med brugen af afsaltet havvand i beton. Vandekspertes vurderer, at det er muligt at lave en effektiv oprensning af alternative vandforsyninger (f.eks. spildevand), så det er af samme kvalitet (eller bedre) end havvand.
- Stabil kvalitet: Generelt er det bedre med et stabilt koncentrationsniveau frem for et lavt niveau.
- Organisk stof: Det er ikke ønskeligt, at der er organiske stoffer i spildevandet, og det er vigtigt, at der både er lave koncentrationer og meget lavt udsving i koncentrationerne.
- Klorid og alkalier (Na + K): Både klorid og alkalier er uønskede og skal være lave. Variationer i koncentrationerne er ikke afgørende, hvis blot man sikrer, at de ligger under grænseværdierne. Klorid skal som udgangspunkt helst være under 250 mg/l, men kan med forsigtighed accepteres op til 500 mg/l. Kan kloridkoncentrationen komme ned under 100 mg/l så bidrager det til, at der kan produceres mere bæredygtig beton.
- Batch/flow kontrol: Hvis der anvendes grundvand eller afsaltet havvand kan man nøjes med flowkontrol af betonvandet, hvis der anvendes rensset og afsaltet spildevand, så vurderer betonekspertes, at det er nødvendigt med batchkontrol.
- Forsyningssikkerhed: Det er vigtigt at der er forsyningssikkerhed.
- Grundstoffet bor: Vandekspertes nævnte, at man skal være opmærksom på bor i afsaltet havvand. Betonekspertes mente ikke at dette er et problem, da afsaltet havvand allerede anvendes som betonvand i dag, men det skal undersøges nærmere.

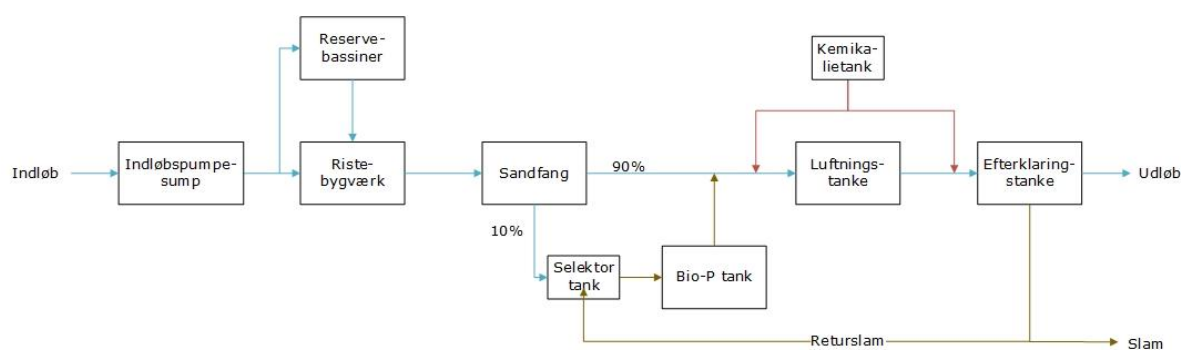
4. SPILDEVAND RØDBYHAVN RENSEANLÆG

Rødbyhavn Renseanlæg behandler omkring 1.000.000-1.300.000 m³ spildevand om året og er dimensioneret til 12.400 PE. Renseanlægget ligger ca. 1,5 km vest for betonelementfabrikken (se Figur 4-1) og har derfor en god placering i forhold til elementfabrikken.



Figur 4-1 Placering af Rødbyhavn Renseanlæg og betonelementfabrikken (Danmarks Miljøportal, 2021)

Rødbyhavn Renseanlægget blev bygget i 1976 og er efterfølgende blevet ombygget to gange i 1992 og 2014. Renseanlægget er et traditionelt MBNDK biologisk renselanlæg med biologisk fosforfjernelse.



Figur 4-2 Rødbyhavn Renseanlæg flowdiagram

Spildevandets vej igennem renselanlægget kan ses i flowdiagrammet (Figur 4-2) og starter ved indløbspumpesumpen, hvor vandet ledes til ristebygværk efterfulgt af sandfang. I tilfælde af højt flow ledes vandet til reservebassiner inden det ledes til ristene. I ristebygværket fjernes større, faste dele såsom toilet-papir og engangsvaskeklude, og i sandfanget fjernes sand fra spildevandet. Efter sandfanget ledes ca. 10% af det indkomne spildevand og al returslammet fra efterklaringstankene ind i en selektortank og videre til en Bio-P tank, hvor polyfosfat-akkumulerende bakterier opkoncentreres. Fra Bio-P tanken blandes slammet med resten af det indkomne spildevand og ledes til luftningstankene, der styres med BioDenipho™, og renser

spildevandet for nitrogen, fosfor og organisk stof. Efter luftningstankene ledes vandet til efterklaringstankene, hvor slammet fjernes mens en mindre del sendes retur i processen via selektor- og Bio-P tankene. Det rensede spildevand udledes til Østersøen.

4.1 Kvalitet og sammensætning

Lolland Forsyning analyserer løbende udløbsspildevandet på Rødbyhavn Renseanlæg og har leveret data for pH, COD, Suspenderet stof (SS), NO₃-N og total-P for årene 2020 og 2021. Derudover er der i forbindelse med udarbejdelsen af nærværende rapport igangsat en målekampagne, marts til november 2022, hvor der analyseres for udvalgte parametre. Derudover, er der opsat kontinuerlig monitoring af spildevandets ledningsevne.

Tabel 4-1 opsummerer parametrene, der er blevet undersøgt i forbindelse med vurderingen af om spildevand fra udløbet af Rødbyhavn Renseanlæg kan anvendes som betonvand. I det efterfølgende er de mest kritiske parametre beskrevet mere i detaljer.

Tabel 4-1 Spildevandsparametre målt i udløbet fra Rødbyhavn Renseanlæg

	Enhed	Antal analyser	Minimum	Maksimum
Målinger fra Rødbyhavn Renseanlæg Udløb 2020-2021				
Flow	m ³ /d	731	468	21.523
pH	-	24	7,8	8,4
COD	mg/l	75	16,9	56,2
Suspenderet stof, SS	mg/l	23	0,90	11
Nitrat-N, NO ₃ -N	mg/l	79	0,66	7,33
Total-P	mg/l	79	0,12	0,67
Klorid	mg/l	2	400	410
Målinger fra målekampagne fra marts-maj i 2022				
Klorid, Cl	mg/l	23	170	500
TOC	mg/l	2	10	10
Sulfat, SO ₄	mg/l	3	88	110
E. coli.	MPN/100ml	2	240	350
Coliform	MPN/100ml	2	240	1.600
Olie	mg/l	2	<0,1	<0,1
Kulbrinter (sum)	µg/l	3	36	62
Natrium, Na	mg/l	3	240	250
Kalium, K	mg/l	3	24	37
Bly, Pb	mg/l	3	<0,0005	0,0008
Zink, Zn	mg/l	3	0,030	0,039
Jern, Fe	mg/l	3	0,069	0,16
Magnesium, Mg	mg/l	3	32	39
Calcium, Ca	mg/l	3	110	160

Som udgangspunkt overholder renselanlægget udledningskravene til COD, BI₅, fosfor og nitrogen i henhold til BEK nr. 1393 af 21/06/2021 "Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4".

Flow

Med antagelse af at elementfabrikken skal køre 24/7 hele året rundt, så skal der med en årlig peak-flow på 250.000 m³ betonvand være et flow på 685 m³ pr. dag. Rødbyhavn Renseanlæg har i 2020-2021 haft et minimumsflow på 468 m³/dag, og der er derfor en risiko for at der ikke er forsyningssikkerhed, hvis man baserer den alternative vandforsyning på 100% spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg.

Klorid

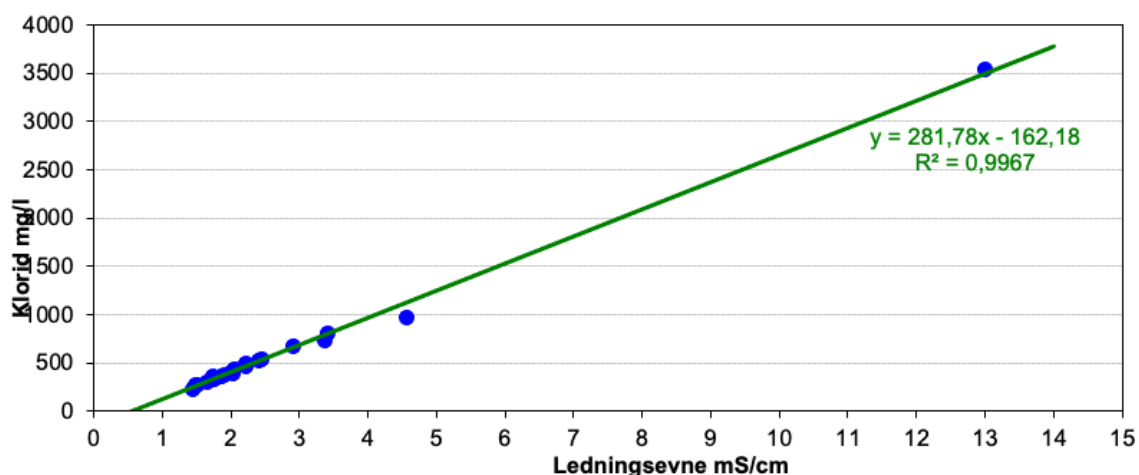
Klorid er målt to gange på renselanlæggets udløb i henholdsvis maj og november 2021, og der er derudover lavet yderligere 26 analyser i forbindelse med målekampagnen. Klorid er målt til maksimum 500 mg/l og minimum 170 mg/l (Tabel 4-2). For at vurdere variationer i

kloridkoncentrationen har der derudover været opsat ledningsevne måler på udløbet fra Rødbyhavn Renseanlæg siden marts 2022.

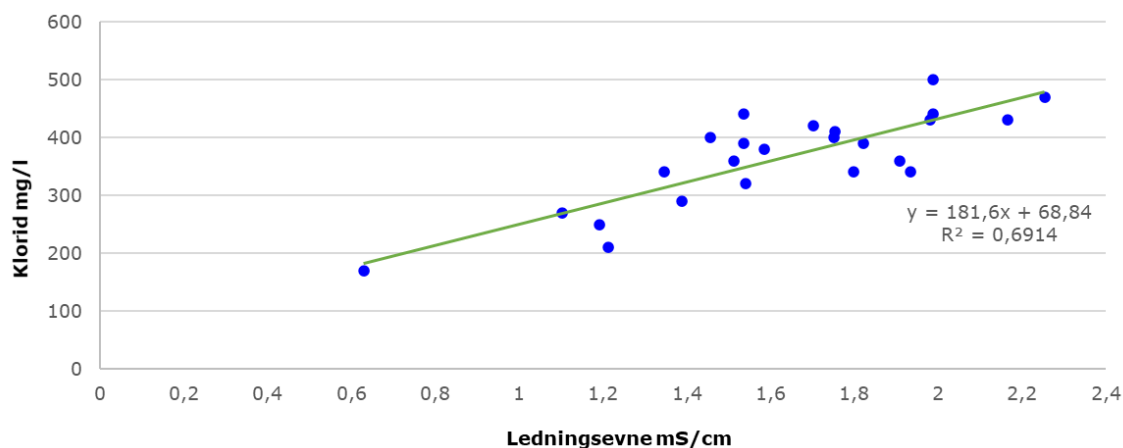
Tabel 4-2 Kloridmålinger på udløb fra Rødbyhavn Renseanlæg

Dato	Klorid (mg/l)	Dato	Klorid (mg/l)
28-05-2021	400	20-07-2022	360
04-11-2021	410	03-08-2022	410
15-03-2022	400	17-08-2022	400
22-03-2022	430	31-08-2022	320
29-03-2022	430	14-09-2022	210
05-04-2022	390	28-09-2022	170
12-04-2022	290	12-10-2022	340
19-04-2022	380	26-10-2022	340
26-04-2022	420	09-11-2022	440
03-05-2022	500	23-11-2022	440
11-05-2022	470	07-12-2022	270
17-05-2022	360	21-12-2022	390
21-06-2022	400	04-01-2023	250
06-07-2022	340	17-01-2023	280

I kommunalt spildevand er der god sammenhæng mellem kloridkoncentrationen og ledningsevnen. På Faaborg Renseanlæg, som er et andet kystnært renseanlæg i Danmark, har man målt både ledningsevne og klorid, og her er der fundet en sammenhæng, der kan ses på Figur 4-3. Det samme gør sig gældende ved Rødbyhavn Renseanlæg, hvor sammenhængen kan ses på Figur 4-4.



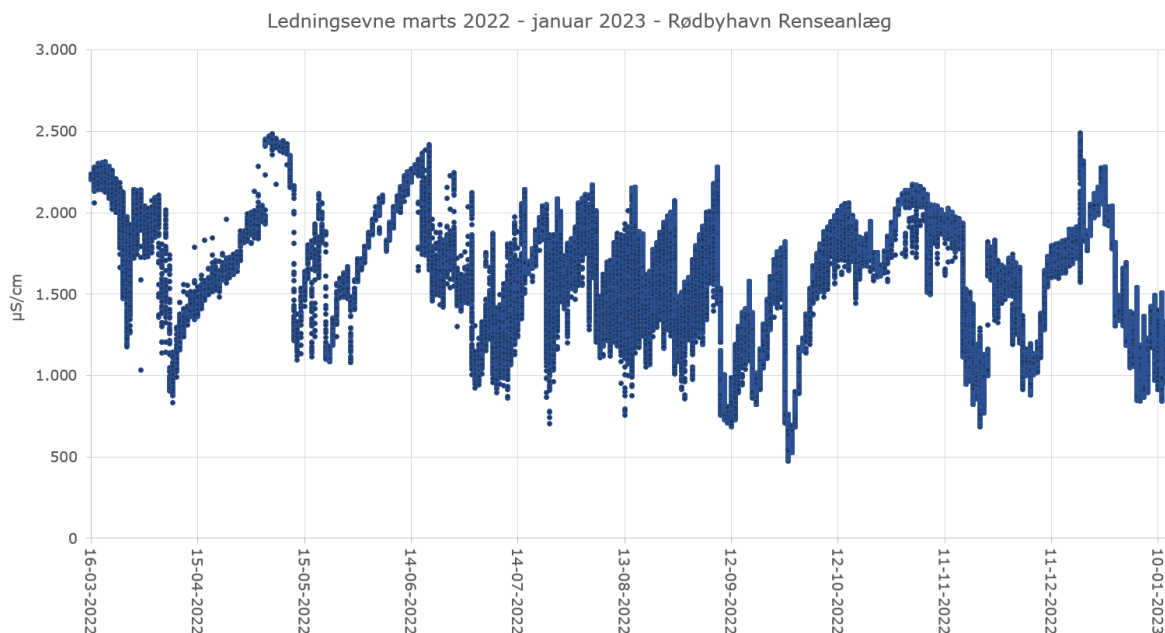
Figur 4-3 Sammenhæng mellem ledningsevne og klorid-koncentration målt på Faaborg Renseanlæg



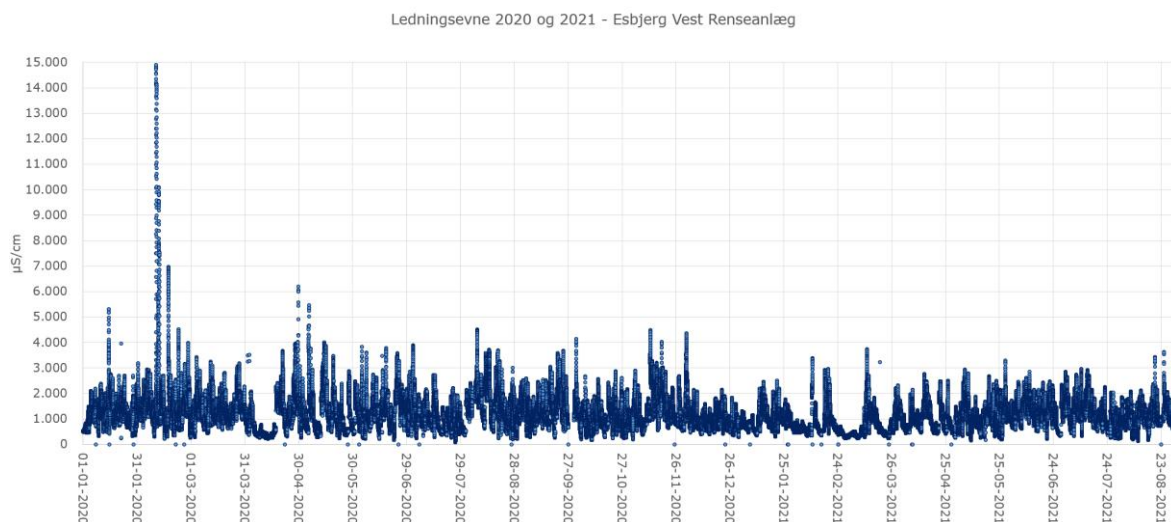
Figur 4-4 Sammenhæng mellem ledningsevne og klorid-koncentration målt på Rødbyhavn Renseanlæg

Da der på nuværende tidspunkt kun er ledningsevne målinger for 10 måneder (marts 2022 til januar 2023), er det ikke muligt at vurdere de årlige udsving. Der er derfor også indhentet data fra ledningsevne måler (indløbsdata) fra Renseanlæg Vest i Esbjerg for 2020 og 2021, der kan bruges som reference til at vurdere variationerne hen over et år. De to grafer kan ses på Figur 4-5 og Figur 4-6.

Det ses, at ledningsevne målingerne ved Rødbyhavn Renseanlæg generelt ligger lavere og med mindre udsving end ved Esbjerg Renseanlæg. I den målte periode ved Rødbyhavn Renseanlæg er der registreret målinger op til omkring 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (svarende til omkring 523 mg Cl/l). I december 2022 var der sne i hele Danmark og i den forbindelse er der saltet veje – dette har ikke givet ledningsevneudsving på over 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figur 4-5 Ledningsevne målt på Rødbyhavn Renseanlæg i perioden 16. marts til 12. januar 2023



Figur 4-6 Ledningsevne målt på Esbjerg Vest Renseanlæg i 2020 og 2021

Ved Renseanlæg Vest i Esbjerg er der jævnligt udsving på op til 4.000-7.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mens at der i februar 2020 har været målinger på op til 15.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De høje målinger i februar 2020 skyldes formentligt, at der var et voldsomt regnskyt den pågældende dag, som kan have skyllet vejsalt af vejene (op til regnskyttet var der frostvej og sne) og videre til renseanlægget. En ledningsevne på ca. 15.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ svarer til 4.065 mg Cl/l (jf. Figur 4-3), hvilket er høje koncentrationer for et kommunalt renseanlæg. Der har også været målinger på op til 20.000

$\mu\text{S/cm}$ omkring den 4.-6. august 2020, men det tyder på at være en fejl i måleren og punkterne er derfor fjernet fra grafen i Figur 4-6.

Det må forventes, at der kan komme samme udsving i kloridkoncentrationen ved Rødbyhavn Renseanlæg i vinterperioderne.

Organisk stof

På renseanlæg måles ikke organisk stof, men Chemical Oxygen Demand (COD), som er et udtryk for mængden af organisk stof. Rødbyhavn Renseanlæg må ikke udlede mere end 75 mg COD/l og har i 2020 og 2021 målt mellem 16,9 og 56,2 mg COD/l i renseanlægget udløb. Der er som nævnt i kapitel 3 ikke nogen krav til organisk stof (eller COD) i standard DS/EN 1008:2002, men arbejdsgruppen har oplyst, at koncentrationsniveauet skal være lavt og med minimale udsving.

Det er nødvendigt med yderligere rensning af udløbsspildevandet for at komme ned på det ønskede niveau af organisk stof.

Sukker

I standard DS/EN 1008:2002 er der krav til "sukker". Der er ikke målt koncentrationsniveau for sukker i spildevandet fra Rødbyhavn Renseanlæg, men da der maksimalt må være 75 mg/l COD kan der estimeres at der maksimalt kan være 70 mg/l, hvis alt COD forefindes som sukker (100 mg/l sukker $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ svare til 107 mg COD/l). Det vil ikke være et problem at overholde koncentrationskravet til sukker.

Na_2O -eq (Alkaline)

Da Eurofins ikke kan analysere for Na_2O -eq, er der blevet analyseret for natrium og kalium, som kan omregnes til Na_2O -eq, da Na_2O -eq beregnes ud fra formel:

$$\text{Na}_2\text{O}_{eq} = \text{Na}_2\text{O} + 0.658 \cdot \text{K}_2\text{O}$$

Kravet til Na_2O -eq i betonvand er 1.500 mg/l. Ud fra målinger af Na og K i udløbssvandet fra Rødbyhavn Renseanlæg er det beregnet til at være 366 mg/l. DTU kan lave analysen for Na_2O -eq, og det kan overvejes, om der skal udføres analyser for at få et mere præcist resultat. Dog vil en yderligere rensning af spildevandet nedbringe koncentrationen yderligere, og der vurderes derfor ikke nogen problemer med at overholde koncentrationskravet til Na_2O -eq.

Bakterier

Spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg har et højt indhold af bakterier målt til henholdsvis 240-350 MPN/100ml E. Coli og 240-1.600 MPN/100 ml for coliform. Det vil være nødvendigt med yderligere rensning for at vandkvalitetskrav til mikrobiologiske parametre kan overholdes.

Andre parametre

Udover ovennævnte parametre er der for nedenstående parametre målt lavere koncentrationer i udløbsspildevandet fra Rødbyhavn Renseanlæg end grænseværdierne for betonvandskvalitet jf. Kapitel 3. Af denne grund betragtes disse stoffer ikke for at være kritiske og beskrives derfor ikke yderligere.

- pH: Der er minimum målt 7,8 mod en grænseværdi på ≥ 4 .
- Sulfat: Der er maksimalt målt 110 mg/l mod en grænseværdi på 2.000 mg/l.
- Fosfor: Der er maksimalt målt 0,67 mg/l mod en grænseværdi på 43,6 mg/l.
- Nitrat: Der er maksimalt målt 7,33 mg/l mod en grænseværdi på 500 mg/l.
- Bly: Der er maksimalt målt 0,0008 mg/l mod en grænseværdi på 100 mg/l.
- Zink: Der er maksimalt målt 0,039 mg/l mod en grænseværdi på 100 mg/l.

5. OVERFLADEVAND STRANDHOLM PUMPESTATION

Strandholm Pumpestation har stor betydning for lokalområdet, da Pumpestation sikres afvanding af de mange lavtliggende marker i området omkring Færgevej øst, Gl. Badevej og Strandholmsvej. Strandholm Pumpestation har et opland på 13 km² hvor er der et interesseareal i oplandet på 53,2%.

Pumpestationen er for nyligt flyttet, da den gamle placering lå uhensigtsmæssigt i forhold til Femern bælt-tunnel. Den nye placering er cirka 300 meter fra det nuværende dige øst for Rødbyhavn.



Figur 5-1 Placering er Strandholm Pumpestation

Den nye Pumpestation består af en bygning hvori der er mekanisk filtrering igennem en rist, pumpning med 3 store propelpumper som hver kan pumpe mellem 600-710 l/s, samt et tryktårn.

5.1 Kvalitet og sammensætning

Der forefindes kun få analyser af overfladevand fra Strandholm Pumpestation. DTU har, for Nordphos, analysere overfladevandet fra Strandholm Pumpestation. Der er i alt udtaget tre prøve to forskellige steder hhv. "kanal første prøvested" samt "hovedkanal prøvested". Fra "kanal første prøvested" er der udtaget prøve den 15.09.2022, mens der fra 'hovedkanal prøvested' er udtaget prøver den 23. november 2021 og 20. december 2022. Placeringen for prøveudtagningerne kan ses på Figur 5-2



Figur 5-2 Placering af prøveudtagning for overfladevand

Derudover har Femern fået lavet en yderligere analyse i hovedkanalen ved Strandholm pumpestation (16. december 2022) samt i den modsatte ende af hovedkanalen, længst væk fra havet (4. januar 2023). Klorid viste her 890 mg/l ved pumpestationen og 220 mg/l længst væk fra havet. Tabel 5-1 opsummerer analyseresultaterne fra DTU. Idet efterfølgende er de mest kritiske parametre beskrevet mere i detaljer.

Tabel 5-1 Analyser af overfladevand

	Enhed	DTU		Femern
		Kanal 1. prøvested	Hovedkanal prøvested	Hovedkanal
Flow	m ³ /d	634	13.495	
pH	-	7,54 + 7,6	8,2	
COD	mg/l	16,3 + 86,6	50,3	
TOC	mg/l	5,71	6,6	
Total suspenderet stof, TSS	mg/l	5	-	
Total-N	mg/l	-	-	11
Ammoniak, NH ₃	mg/l	0,4	0,22	
Klorid, Cl	mg/l	-		890 + 220
Nitrat, NO ₃	mg/l	0,44	0,24	
Nitrit, NO ₂	mg/l	<0,1	<0,1	
Fosfat, PO ₄	mg/l	<0,1	<0,1	0,11
Sulfat, SO ₄	mg/l	1.100 + 103		
Kalium, K	mg/l	67,8	22,2	
Bly, Pb	mg/l	0,00018	-	
Zink, Zn	mg/l	0,0058	-	
Jern, Fe	mg/l	3,8	3,6	
Magnesium, Mg	mg/l	164,3	47,2	
Calcium, Ca	mg/l	189,6	85,4	
Aluminium, Al	mg/l	2,3	2,5	
Arsen, As	mg/l	0,0019	-	
Barium, Ba	mg/l	4,6	4,6	
Cadmium, Cd	mg/l	0,00063	-	
Kobber, Cu	mg/l	0,0012	-	
Krom, Cr	mg/l	0,00031	-	
Mangan, Mn	mg/l	0,59	0,037	
Nikkel, Ni	mg/l	0,016	-	
Strontium, Sr	mg/l	2,7	1,14	
Iltmætning	mg/l	6,7	10	
Salinitet	mg/l	2.034	-	
Ledningsevne	µS/cm	3.400	11.000	
Total alkalinitet, TAL	mEq/l	1,8	4,4	
Turbiditet	NTU	-	-	
Bicarbonat, HCO ₃	mg/l	107,4	268,5	
Dissolved O ₂	mg/l	6,7	10	

Flow

Udpumpning fra Pumpestationen afhænger af mængden af vand fra de afdrænede områder og varierer i løbet af året, hvilket blandt andet skyldes variationer i nedbørsmængder, fordampning, temperatur mv. Der er ikke flowmåler på udpumpningen, men mængden kan estimeres ud fra nedbørsmængden og pumpernes strømforbrug.

Flowet er beregnet ud fra data modtaget fra Mogens Stryger, konsulent for Strandholm Landvindingslag, fra 2021 samt de første 3 kvartal af 2022. De modtagende data indebar Pumpestationens månedlige elforbruget, den månedlige nedbør i Rødbyhavn samt opland på 13 km². Dermed kunne det månedlige flow beregnes, og herefter er der taget et gennemsnit for at vise det omtrentlige flow per dag. Resultatet fremgår af Tabel 5-2.

Tabel 5-2 Beregnet gennemsnits flow pr. dag for Strandholm Pumpestation

Måned	Gennemsnitligt flow pr. dag 2021 (m ³ /dag)	Gennemsnitligt flow pr. dag 2022 (m ³ /dag)
Januar	3.848	6.362
Februar	4.247	13.495
Marts	4.418	3.485
April	1.647	2.754
Maj	1.814	1.238
Juni	1.216	761
Juli	970	642
August	1.411	634
September	968	1.579
Oktober	2.343	-
November	1.726	-
December	5.042	-

Med antagelse af, at betonelementfabrikken skal køre 24/7 hele året rundt, så skal der med et årligt peak-flow på 250.000 m³ betonvand være et flow på 685 m³ pr. dag. Strandholm Pumpestation har i 2021-2022 haft et minimumsflow på 634 m³/dag, og der er derfor en risiko for, at der ikke er forsyningssikkerhed, hvis man baserer den alternative vandforsyning 100% på overfladevand. Det vil derfor være nødvendigt at kombinere brugen af overfladevand med en anden vandkilde som f.eks. havvand eller spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg.

Klorid

Der er kun få målinger af klorid i overfladevandet, samt der er målt ledningsevne. Ledningsevne er et udtryk for den samlede mængde opløste salte. Oftest er klorid den dominerende og ændringer i ledningsevnen er derfor et udtryk for ændring i kloridkoncentrationen. Dette gør sig gældende for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg samt havvand. Der vil formentligt være samme korrelation imellem klorid og ledningsevne i overfladevand fra Strandholm Pumpestation. Af Tabel 5-3 fremgår det, at ledningsevnen i overfladevandet ligger imellem ledningsevnen for spildevandet og havvandet, dog er indholdet af andre salte på niveau med havvand. På baggrund af ovenstående forventes kloridindholdet i overfladevandet, på baggrund af ledningsevnen, at ligge imellem koncentrations-niveauerne i henholdsvis spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg og havvand (omkring 800-7.000 mg/l).

Tabel 5-3 Sammenligning mellem ledningsevne og væsentlige opløste salte

	Enhed	Spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg	Overfladevand fra Strandholm Pumpestation	Havvand
Ledningsevne	µS/cm	476-2.485	3.400-11.000	15.880-29.000
Klorid	mg/l	170-500	800-7.000	4.680-18.000
Sulfat	mg/l	88-110	620-1.100	312-948
Natrium	mg/l	240-250	-	1.891-5.746
Kalium	mg/l	24-37	22,2 - 67,8	67-205

Dette stemmer fint overens med de to kloridmålinger Femern har lavet i hovedkanalen (220-890 mg/l) samt resultater fra Kramnitse Pumpestation, hvor der i perioden 2018-2021 er målt et kloridindhold på mellem 81 og 4.500 mg/l med et gennemsnit på 1.629 ± 1.468.

Organisk stof

Der er ikke målt organisk stof, men Chemical Oxygen Demand (COD), som er et udtryk for mængden af organisk stof. Målingerne viser koncentrationsniveauer på 16-87 mg COD/l, hvilket er på niveau med spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg, hvor der maksimalt må være 75 mg/l.

Det er nødvendigt med yderligere rensning af overfladevandet for at komme ned på det ønskede niveau af organisk stof.

Sukker

I standard DS/EN 1008:2002 er der krav til "sukker". Der er ikke målt koncentrationsniveau for sukker i overfladevand fra Strandholm Pumpestation, men hvis det antages at alt COD er sukker, så ville der maksimalt kunne være 47 mg/l (100 mg/l sukker $C_{12}H_{22}O_{11}$ svare til 107 mg COD/l). Det vil ikke være et problem at overholde koncentrationskravet til sukker.

Na₂O-eq (Alkaline)

Der er ikke målt Na₂O-eq, og da der ikke er analyseret for natrium, kan koncentrationen ikke beregnes ud fra natrium og kalium. DTU har i stedet målt alkalinitet målt som CaCO₂ med resultatet 118 mg/l.

Kravet til Na₂O-eq i betonvand er 1.500 mg/l. Det forventes at overfladevand kan overholde kravet, men det bør undersøges nærmere.

Bakterier

Overfladevand fra Strandholm Pumpestation forventes at have et højt indhold af bakterier. Det vil være nødvendigt med yderligere rensning for at vandkvalitetskrav til mikrobiologiske parametre kan overholdes.

Andre parametre

Der er for nedenstående parametre målt lavere koncentrationer i overfladevandet end grænseværdierne for betonvandskvalitet jf. Kapitel 3. Af denne grund betragtes disse stoffer ikke for at være kritiske og beskrives derfor ikke yderligere.

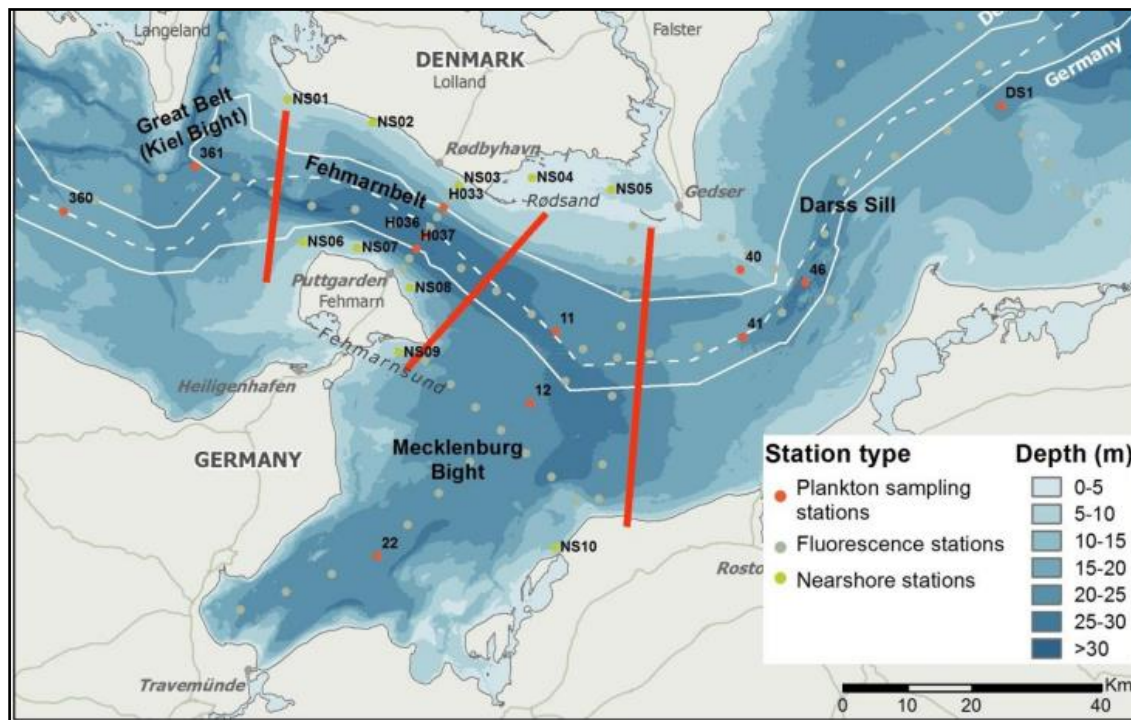
- pH: Der er minimum målt 7,54 mod en grænseværdi på ≥ 4 .
- Sulfat: Der er maksimalt målt 1.100 mg/l mod en grænseværdi på 2.000 mg/l.
- Fosfor: Der er maksimalt målt $< 0,1$ mg/l mod en grænseværdi på 43,6 mg/l.
- Nitrat: Der er maksimalt målt 0,44 mg/l mod en grænseværdi på 500 mg/l.
- Bly: Der er maksimalt målt 0,18 mg/l mod en grænseværdi på 100 mg/l.
- Zink: Der er maksimalt målt 5,76 mg/l mod en grænseværdi på 100 mg/l.

6. HAVVAND

Havvand er let tilgængeligt i Rødbyhavn, da byen ligger ud til Østersøen.

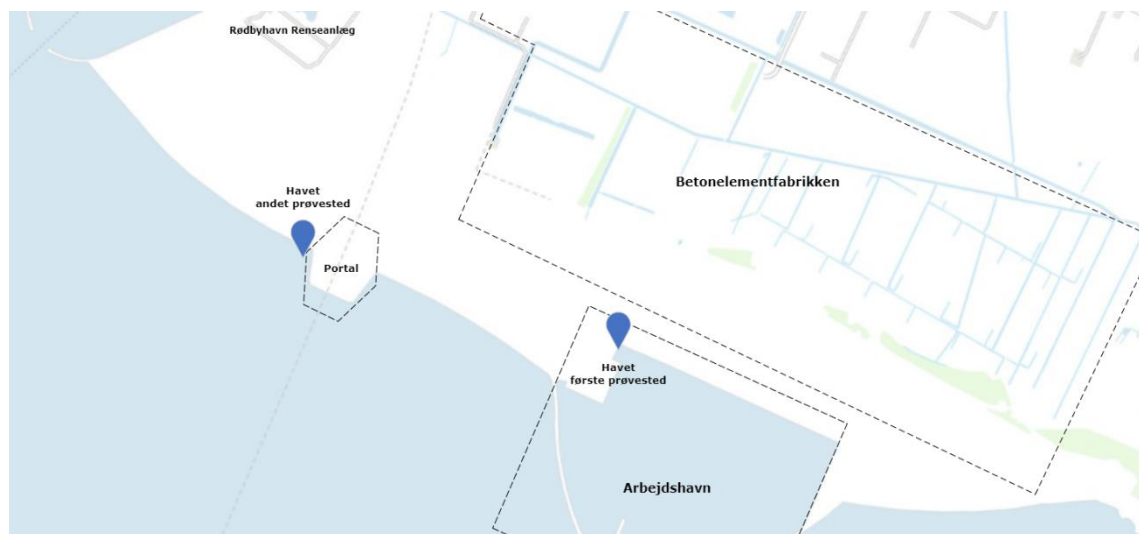
6.1 Kvalitet og sammensætning

Under udarbejdelse af første udgave af denne rapport, blev der gennemført et litteraturstudie for undersøgelse af sammensætningen og den sæsonmæssige variation baseret på Femern Bælt havvandsdata analyseret i miljøprojekter udarbejdet i 2013 (FEMA-FEHY, 2013a, 2013b, 2013c). Der er taget data fra de danske kystnære havstationer NS01 til NS05 (se Figur 6-1).



Figur 6-1 Placering af undersøgte danske kystnære havstationer NS01-05 i Femern Bælt området (FEMA-FEHY, 2013b)

Senere, under udarbejdelse af anden udgave af rapporten, har DTU analyseret havvandsprøver fra to forskellige prøvesteder hhv. 'havet, første prøvested' samt 'havet, andet prøvested'. Placeringen for prøvestederne fremgår af Figur 6-2.



Figur 6-2 Placering af prøveudtagning for havvand

Tabel 6-1 opsummerer analyseresultaterne fra DTU. Det skal dog bemærkes, at der primært er to analyser per parameter.

Tabel 6-1 Analyseresultater fra Femern Bælt

	Enhed	Antal analyser	Minimum	Maksimum
pH	-		7,36	7,9
COD	mg/l	2	9,79	11,6
TOC	mg/l	2	3,34	3,92
Ammoniak, NH ₄	mg/l	2	0,13	0,4
Nitrat, NO ₃	mg/l	2	<0,2	1,38
Nitrit, NO ₂	mg/l	2	<0,1	<0,1
Fosfat, PO ₄	mg/l	2	<0,1	0,28
Sulfat, SO ₄	mg/l	1	620	620
Kalium, K	mg/l	2	87,2	158,5
Bly, Pb	mg/l	1	<0,00005	<0,00005
Zink, Zn	mg/l	1	0,043	0,043
Jern, Fe	mg/l	2	3,5	3,5
Magnesium, Mg	mg/l	2	241,5	444,1
Calcium, Ca	mg/l	2	94,4	161,6
Strontium, Sr	mg/l	2	1,9	3,2
Barium, Ba	mg/l	2	4,6	4,6
Mangan, Mn	mg/l	2	0,004	0,011
Aluminium, Al	mg/l	2	2,2	2,4
Bicarbonat, HCO ₃	mg/l	2	114,7	152,5
Nikkel, Ni	mg/l	1	0,00103	0,00103
Kobber, Cu	mg/l	1	0,00037	0,00037
Arsenik, As ₂ O ₃	mg/l	1	0,00176	0,00176
Krom, Cr	mg/l	1	0,00029	0,00029
Cadmium, Cd	mg/l	1	0,00018	0,00018
Iltmætning	mg/l	2	7,5	8,4
Ledningsevne	µS/cm	2	15.880	29.000
Total alkalinity, TAL	mEq/l	2	1,88	2,5
Turbiditet	NTU	2	1,04	3,18

Tabel 6-2 opsummerer resultatet af litteraturstudiet med minimum og maksimum værdier for udvalgte parametre, mens selve litteratundersøgelsen er beskrevet nærmere i det efterfølgende afsnit. Derudover er vist maksimumværdier anvendt i den tidligere VVM, hvor muligheden for afsaltning af havvand blev undersøgt (Femern Sund Bælt, 2013) samt analyseresultater fra DTU-analyserne af havvand fra Femern Bælt.

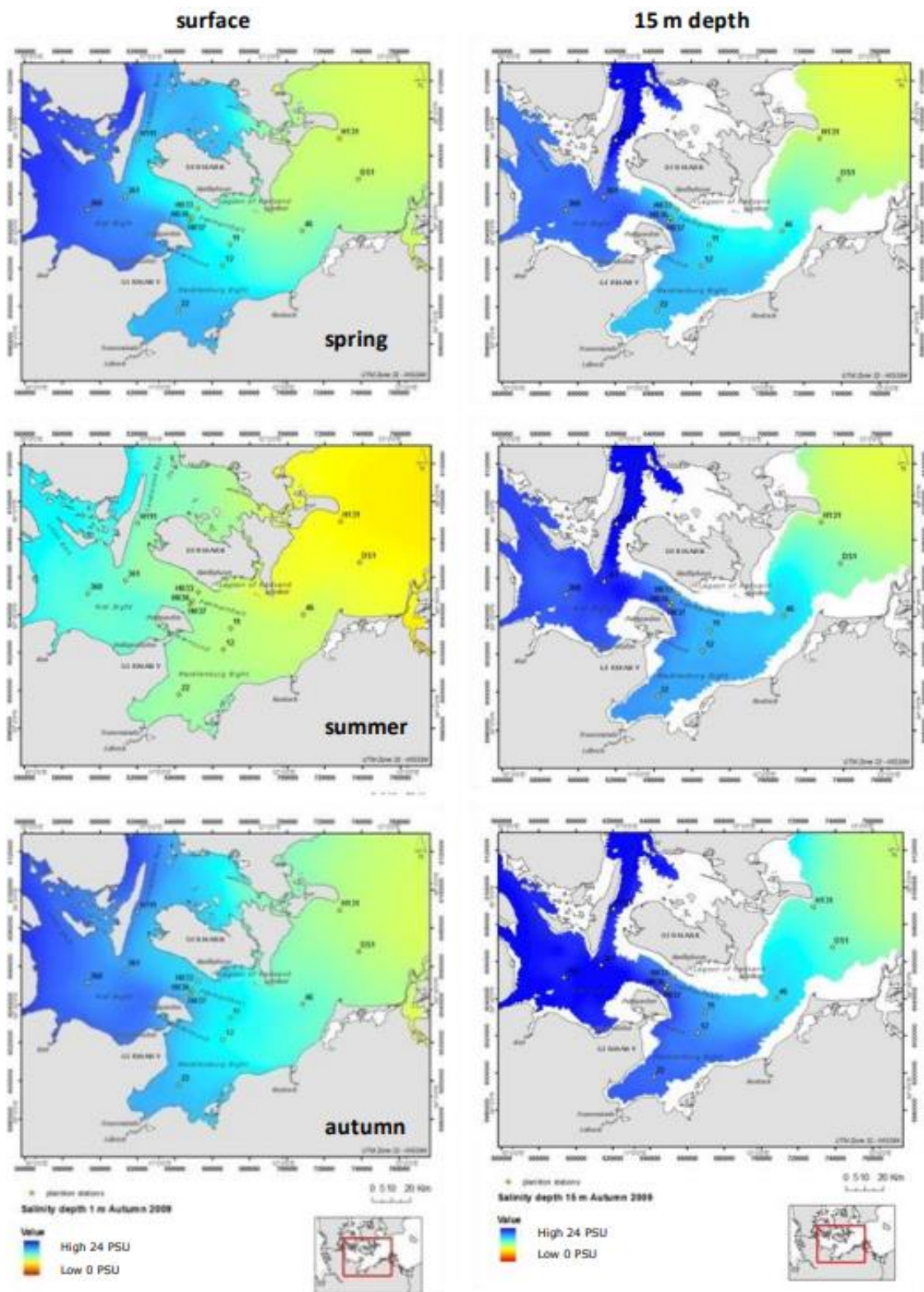
Tabel 6-2 Femern Bælt kystnær havvandskomposition er brugt til design. Maksimum fra tidligere VVM er baseret på tabel 4.9 fra VVM'en (Femern Sund Bælt, 2013) samt DTU analyser fra denne rapport's Tabel 6-1

	Enhed	Litteraturstudie		Maksimum fra tidligere VVM	DTU-analyse af havvand fra Femern Bælt
		Minimum	Maksimum		
Temperatur	°C	2,5	20	-	-
TOC	mg/l	0,3	0,8	-	-
TSS	mg/l	2	29	-	-
pH	-	7,6	8	8,1	7,36-7,9
Calcium	mg/l	728	2.212	2.800	94,4-161,1
Magnesium	mg/l	221	671	850	241,5-444,4
Natrium	mg/l	1.891	5.746	7.100	-
Kalium	mg/l	67	205	260	87,2-158,5
Klorid	mg/l	4.680	14.220	18.000	-
Sulfat	mg/l	312	948	1.200	620

Litteraturundersøgelse

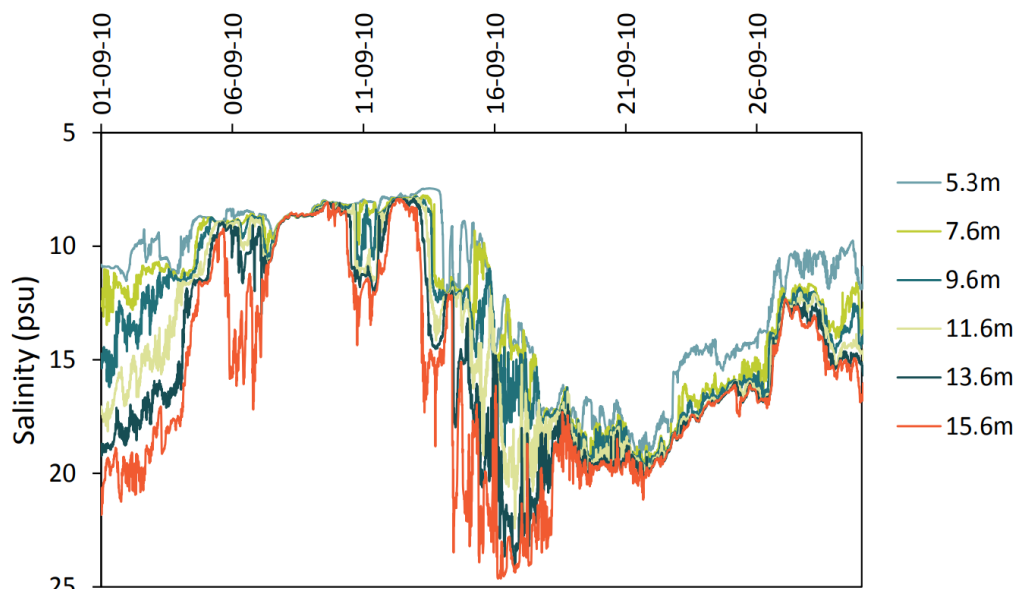
Saltindhold

Saltindhold i det centrale af Femern Bælt er relativt lav. Saltindholdet er udtrykt i psu (praktisk saltindhold enhed), hvor 1 psu kan estimeres til 1.000 mg/l. Saltindholdet viser, at havvandet minder om brakvand (blanding af salt- og ferskvand).



Figur 6-3 Femern Bælt horizontal variation af saltindhold ved hhv. overfladen og i 15 m dybde. Forår (februar-april), sommer (maj-august), efterår (september-november) 2009 (FEMA-FEHY, 2013c)

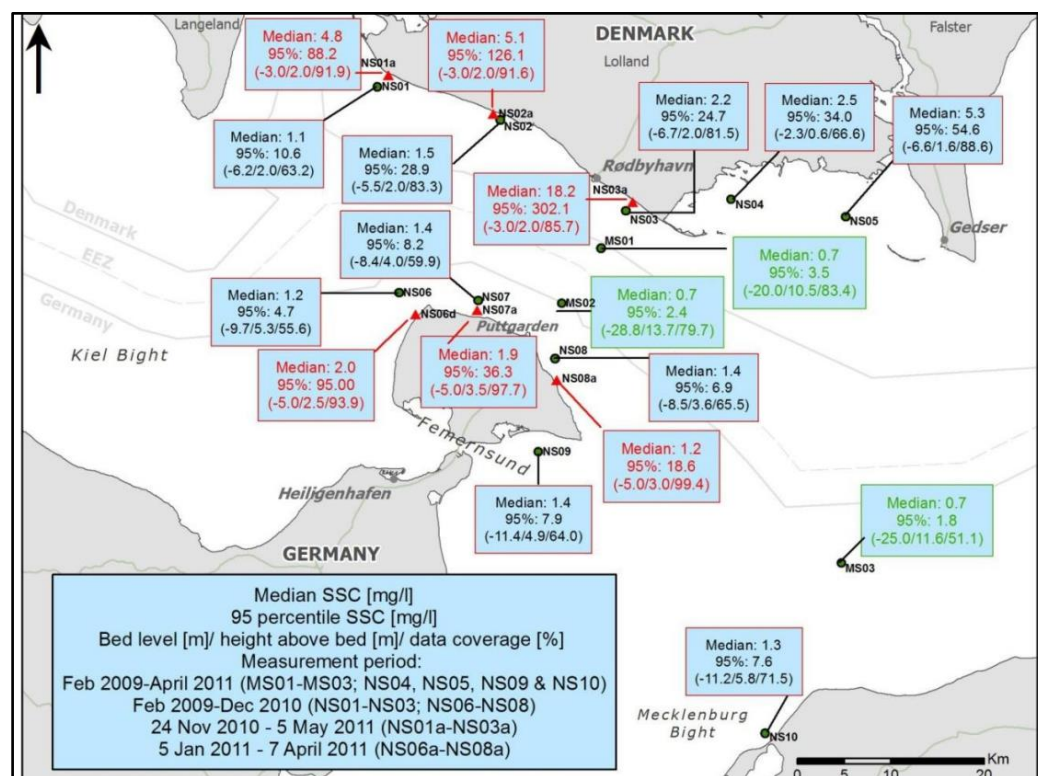
Saltindholdet varierer meget hen over et år (se Figur 6-3). Gennemsnittet af saltindholdet for kystnære stationer varierer mellem 8.000 og 20.000 mg/l fra forår til efterår og mellem 8.000 og 17.000 mg/l hen over sommeren. Den store variation i saltindhold er relateret til de meget varierende overfladestrømmes hastighed i området. Saltindholdet i vand på de lavere dybder er højere og mindre varierende ved omtrent 24 psu, svarende til 24.000 mg/l (Figur 6-4).



Figur 6-4 Saltindhold i central Femern Bælt i forskellige dybder september 2010 (FEMA-FEHY, 2013c)

Suspenderet stof

Havvandets suspenderet stof er undersøgt baseret på målinger af suspenderet sediment koncentration (SSC), vist i Figur 6-5.

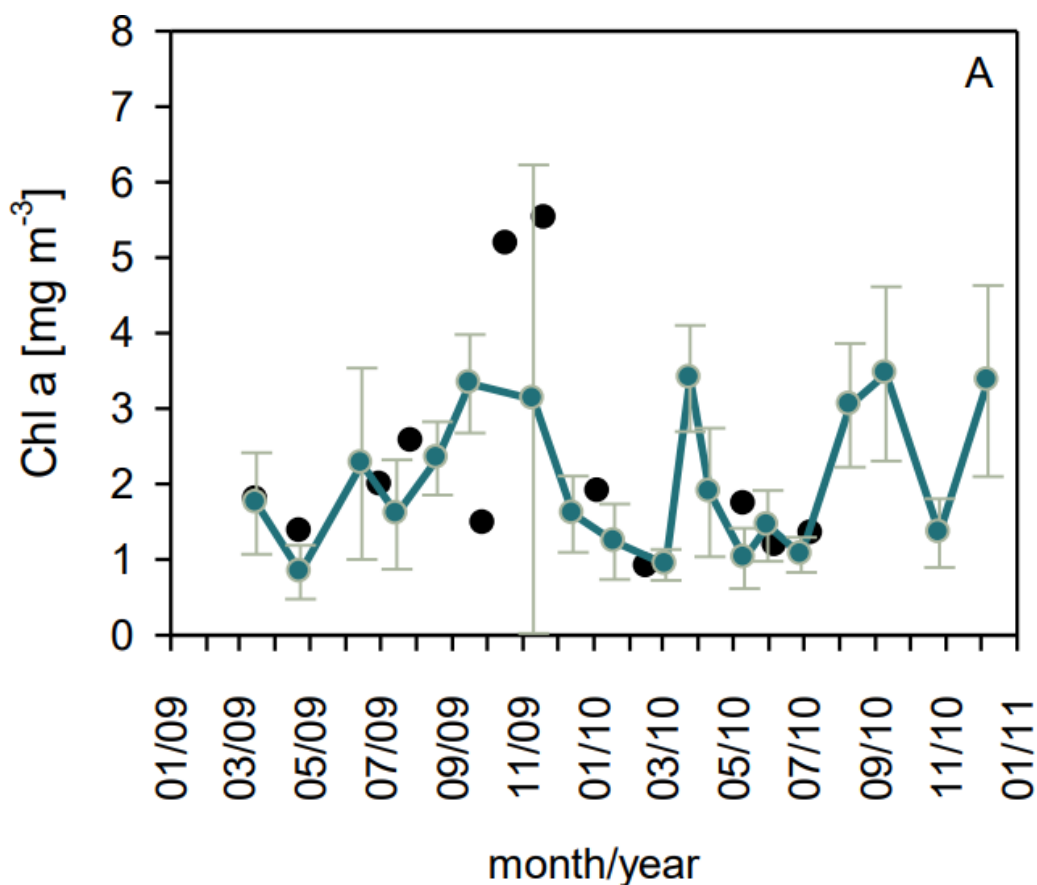


Figur 6-5 Suspenderet sediment koncentrationer ved kystnære stationer og hovedstationer (FEMA-FEHY, 2013a). Grøn: hovedstationer (normal), sort: kystnære stationer (normal), rød: kystnære stationer A (anden analysekampagne)

Under normale rolige forhold er SSC relativt lav ved de relevante kystnære stationer med median på 1,5 og 2,2 mg/l samt 95%-fraktil på 24,7 og 28,9 mg/l (NS02 og NS03). De høje 95%-fraktilværdier indikerer, at kystnært vand kan nå relativt høje værdier under storm-forhold, hvor høje bølger og relativt stærke strømme bringer bundsediment i suspension. Yderligere er der i 2010-2011 målt maksimalværdier på henholdsvis 126 mg/l og 302 mg/l.

Naturlig organisk materiale

Naturlig organisk materiale (NOM) i havvand består af organiske komponenter, der kommer fra både lokale og eksterne (f.eks. udledninger) kilder. Alger er en stor del af den lokale NOM og står for ca. halvdelen af det organisk materiale (Field et al., 1998), også kaldet algeagtig organisk materiale (AOM). Algekoncentrationer i kystnært havvand er estimeret baseret på målinger af chlorophyl-a, vist i Figur 6-6. Koncentrationerne varierer mellem 1 og 4 µg/l. I 2009 og 2010 blev chlorophyl-a målt til omkring 2 µg/l om sommeren. Maksimale koncentrationer blev målt til omkring det dobbelte (4 µg/l) grundet opblomstring af alger i foråret og efteråret. De to år viser lidt forskellige tendenser, da der er forskel på, hvornår algerne blomstrede op såvel som varigheden af efterårenes opblomstring.



Figur 6-6 Sæsonmæssig variation af chlorophyl-a koncentrationer ved danske kystnære stationer 2009-2010 sammenlignet med off-shore stationer (sorte prikker). (FEMA-FEHY, 2013b)

Tilstedeværelsen af NOM i havvand fra eksterne kilder afhænger meget af placeringen af havvandsindvindingen, indvindingstypen og placeringen i forhold til lokale udledningpunkter. De nærliggende, lokale udledningpunkter af potentiel NOM er udløb fra Rødbyhavn Renseanlæg, overfladevand fra Strandholm Pumpestation og udløb fra åen Sandholm Løbet.

7. RENSOTEKNOLOGI

I dette kapitel er designforudsætningerne for et vandbehandlingsanlæg til rensning af alternativ vand til betonvand beskrevet, efterfulgt af en beskrivelse af den anvendte rensoteknologi.

7.1 Forudsætninger

På baggrund af en årlig peak flow på 250.000 m³ er der opstillet følgende forudsætninger for anlægskapaciteten af et vandbehandlingsanlæg (se Tabel 7-1).

Tabel 7-1 Forudsætninger for anlægskapacitet

	Enhed	Værdi
Krævet volumen af rensat vand*	m ³ /år	250.000
Krævet produktion**	m ³ /time	28,5
Design margin	%	50
Anlægsdesignkapacitet	m ³ /time	43

* Ingen yderligere kapacitet til at inkludere andre industrier i området

** Baseret på 24 timer pr. dag, 365 dage pr. år i drift

Med udgangspunkt i koncentrationsniveauerne i Kapitel 4, 5 og 6 er der opsat følgende maksimale indløbskoncentrationer for henholdsvis spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg, overfladevand fra Strandholm Pumpestation og havvand. Bikarbonat for spildevand er estimeret til maksimal 100 mg/l.

Tabel 7-2 Maksimale indløbskoncentrationer til vandbehandlingsanlæg

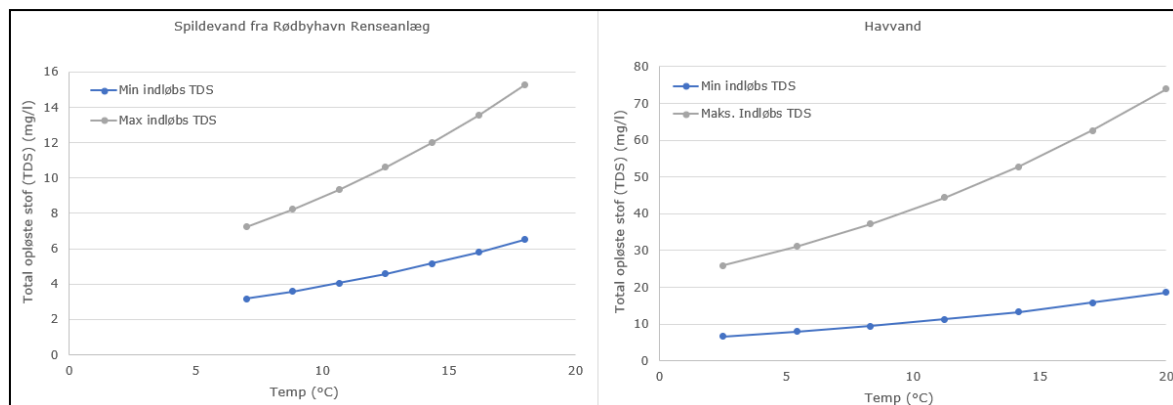
	Enhed	Spildevand fra Rødbyhavn	Overfladevand fra Strandholm Pumpestation	Havvand
Temperatur	°C	18	-	10
TOC	mg/l	10	6,6	1
TSS	mg/l	11	5	29
TDS	mg/l	15,3	-	43,4
pH	-	8,4	8,2	8,1
Calcium	mg/l	160	200	2.800
Magnesium	mg/l	39	200	850
Natrium	mg/l	250	-	7.273
Kalium	mg/l	37	70	260
Na ₂ O-eq	mg/l	365,3	-	9.776
Klorid	mg/l	670	7.000	18.000
Sulfat	mg/l	110	1.100	1.200
Nitrat	mg/l	7,3	0,5	1,5
Total-P	mg/l	0,7	<0,1	0,1
Bikarbonat	mg/l	100	300	200

7.2 Membranteknologi

For at kunne anvende de alternative vandforsyninger som betonvand er der et særligt behov for at fjerne uorganiske ioner, specielt klorid, natrium og kalium samt organiske forbindelser. En almindelig brugt rensoteknologi til denne type rensning er membranbaserede teknologier. Membranteknologi er en filtreringsteknologi baseret på en fysisk separationsproces, som fjerner forurening i vand. Membranteknologierne nanofiltrering og omvendt osmose er specielt relevante, da de kan fjerne monovalente ioner med lille molekylvægt som klorid og natrium.

Hvor effektiv membranerne renser afhænger af membranernes materiale, porestørrelsen og egenskaber. Processen drives ved at påføre hydraulisk tryk til indløbsvandet, hvilket resulterer i en vandflux, bestemt af temperatur, sammensætningen af indløbsvandet, og membranpermeabiliteten (hvor let et stof passerer membranen).

Figur 7-1 viser variationen af det maksimale total opløst stof (TDS) i permeatet fra et RO-system med høj-afvisningsmembraner til behandling af spildevand ved forskellig vandtemperatur og indløbskoncentrationer.



Figur 7-1 Indflydelse af indløbets saltindhold og temperatur på variationen i total opløst stof (TDS)

I ovenstående eksempel er anvendt en høj-afvisningsmembran, men hvis der i stedet var anvendt en lavenergi-type membran ville den maksimale TDS i permeatet kunne blive endnu højere. For spildevand op til omkring 40 mg/l og for havvand op til omkring 120 mg/l.

Ved at påføre tryk tvinges en del af indløbsvandet til at passere igennem membranen, og en koncentreret vandstrøm, med de tilbageholdte forurenende stoffer, løber langs overfladen af membranen. Resultatet er produktionen af både en behandlet/ren vandstrøm, som kaldes "permeat" og en koncentreret vandstrøm, som kaldes "retentat". Derudover kan en membranproces køres med forskellige genindvindingsgrader. Genindvindingsgraden er forholdet mellem mængden af permeat produceret og indløbsvandstrømmen, og en højere genindvindingsgrad kræver et højere hydraulisk tryk og dermed mere energi.

Håndteringen af retentatstrømmen er nødvendig, og muligheder omfatter udledning til kloak, udledning til recipient, eller yderligere behandling for at reducere volumen og/eller genindvinde værdifulde ressourcer i retentatet.

Membranmoduler kan være spiralviklede, hule fibre, flade eller rørformede, og modulerne kan køres enten nedsænket i en tank eller installeret i en bypass-ledning. Membransystemet fås som standard modulsystemer på rammer, og er skalerbare til den ønskede kapacitet. Et membranlæg kan klare perioder uden flow.

Over tid kommer der tilsmudsning på membranoverfladen, som forhindrer permeatet i at strømme igennem membranen. For at reducere tilsmudsning er membransystemerne designet til at tillade en tilstrækkelig strømningshastighed, som har en selvrensende effekt. Derudover kan de fleste membranlæg bruge tilbageskyllning og/eller kemisk rensning (CIP) for at holde membranerne rene og dermed sikre et højt permeat flow.

Membranteknologierne kan kategoriseres baseret på porestørrelse af membranmaterialet. En mindre porestørrelse giver mulighed for en højere effektiv fjernelse af forurenende stoffer. Fra den største til den mindste porestørrelse har vi mikrofiltrering (MF), ultrafiltrering (UF), nanofiltrering (NF) og omvendt osmose (RO). NF og RO membransystemerne for spildevands- og havvandsapplikationer kræver typisk mere omfattende forbehandling for at minimere afskalning og tilsmudsning.

I det efterfølgende beskrives UF, NF og RO, da de er relevante i forbindelse med rensning af spildevand fra Rødbyhavn, overfladevand fra Strandholm Pumpestation og havvand.

Ultrafiltrering

Ultrafiltreringssystemer tillader fjernelse af partikler, olie, kolloider, bakterier samt silica og store opløste organiske forbindelser som huminsyre og polymere. Porerne på membranen er typisk 0,01-0,1 µm og membranmaterialet kan enten være polymerisk eller keramisk. Indløbstrykket kan være op til 10 bar. UF kræver typisk kun begrænset forbehandling. Systemet bruges typisk som forbehandlingssystem for NF og RO systemer i spildevandsindustrien, hvoraf et eksempel er vist i Figur 7-2.



Figur 7-2 Eksempel på UF-system (Lenntech)

Nanofiltrering (NF) og omvendt osmose (RO)

NF og RO er polymeriske, semipermeable (halvgennemtrængelige) membraner, og systemet bruger højtrykspumper for at overvinde det høje osmotiske tryk i indløbsvandet.

NF-membranerne fjerner mellemstore, opløste organiske molekyler såsom sukker, proteiner, syrer og multivalente uorganiske ioner såsom calcium og magnesium. NF er ofte brugt til at fjerne tungmetaller og organiske forureninger fra procesvand til genanvendelse, afsaltning af brakvand og blødgøring af drikkevand. Nogle NF-membraner kan også tilbageholde monovalente ioner til en vis grad (op til 50%), herunder natrium, kalium og klorid.

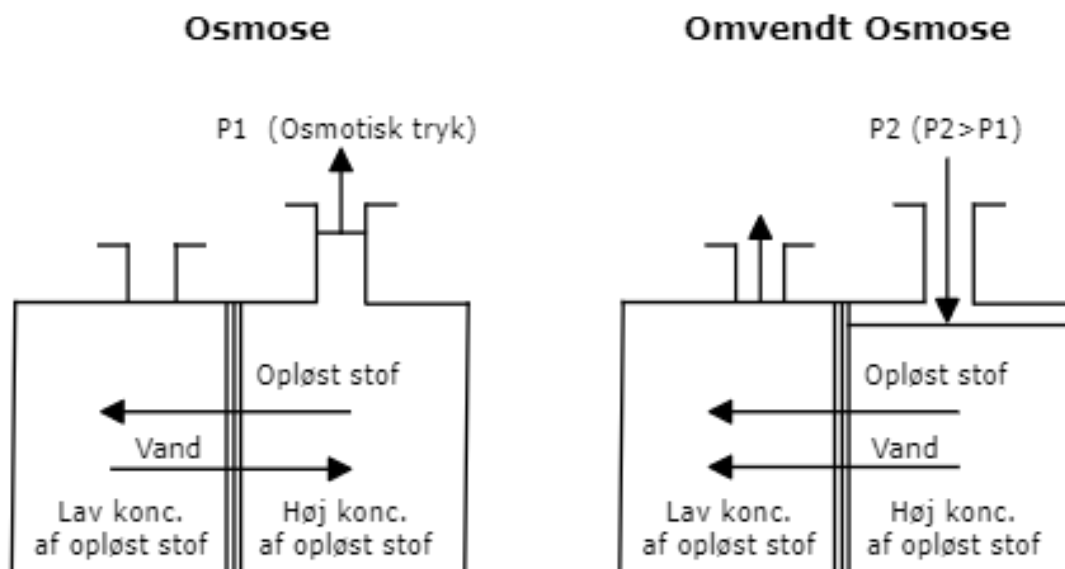


Figur 7-3 Eksempel på et RO-system (Veolia)

RO-membranerne afviser opløste ioner i en meget høj grad, inklusiv monovalente ioner som Na^+ , K^+ og Cl^- , såvel som molekyler med stor molekylvægt. RO-systemer producerer således en permeatstrøm med en relativ lav koncentration af totalt opløst tørstof. Konventionelle RO-membraner er spiralviklede, og de molekulære systemer fås i standardstørrelser. Et eksempel på et system ses i Figur 7-3.

Genindvindingsgraderne på et NF-system er typisk 90%, mens det for et typisk RO-system varierer fra maksimalt 50% for havvand til 75% for spildevand.

Osmose er vands diffusion gennem en semipermeabel membran som følge af forskellige koncentrationer af opløste stoffer og partikler på de to sider af membranen. De opløste stoffer reducerer koncentrationen af vand, og vandet bevæger sig derfor mod den side, hvor der er størst koncentration af opløste stoffer. Ved omvendt osmose påføres den side, med høj koncentration af opløste stoffer, et højere tryk end det osmotiske. Diffusionen af opløste stoffer er uafhængig af tryk, men når det påførte tryk er højere end det osmotiske tryk, vil der ske en strømning af rent vand fra den side med høj koncentration af opløste stoffer til den side med lav koncentration (se Figur 7-4). Det er denne mekanisme, der udnyttes i membranfiltrering med omvendt osmose.

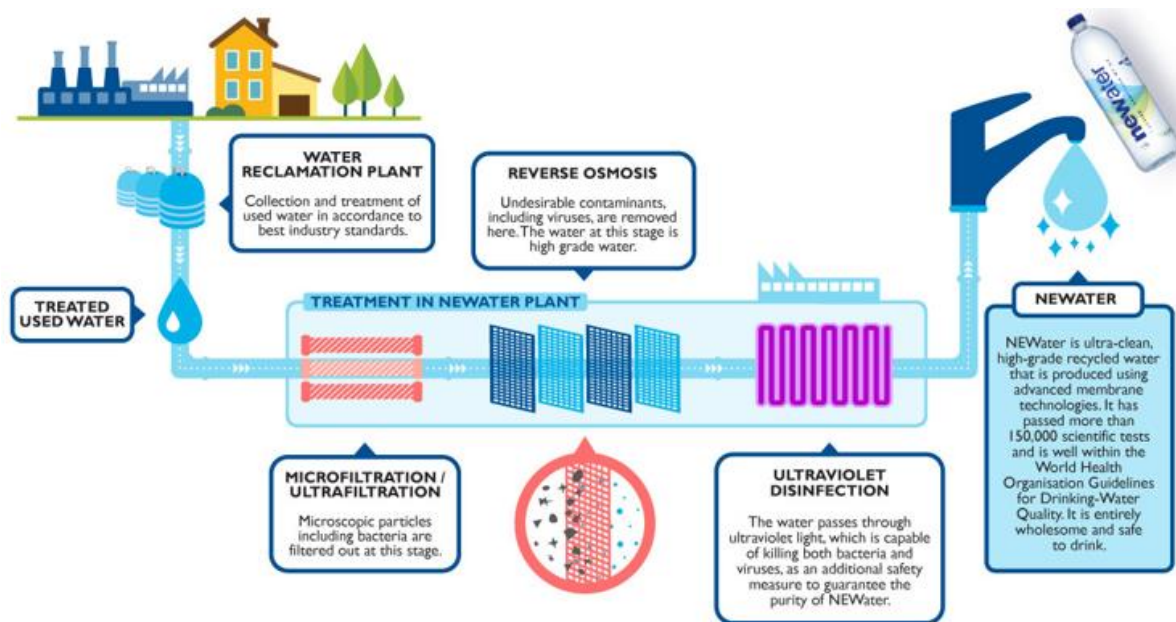


Figur 7-4 Illustration af principperne i osmose og omvendt osmose

Det osmotiske tryk øges med koncentrationen af opløste salte i membranens indløbsvand og ionretentionen af membranerne. Derfor er det osmotisk tryk højere i havvand end i overfladevand fra Strandholm Pumpestation samt spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg, da saltindholdet er højest i havvand. Et membranlæg til havvand, vil derfor også bruge mere energi end systemet til genindvinding af alternative vandforsyninger med lavere kloridindhold.

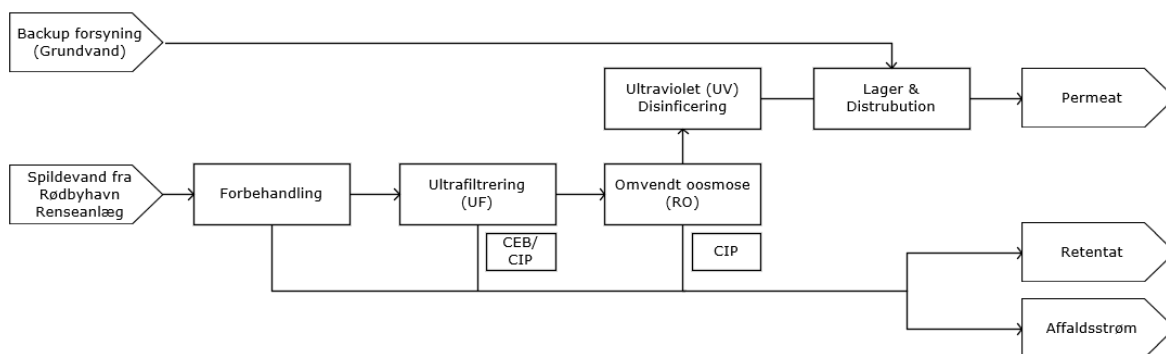
7.3 Rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg

Genindvinding og genanvendelse af spildevand fra kommunale renseanlæg anses for at være en etableret praksis og omfatter genanvendelse af vand, som industrielt procesvand såvel som til indirekte og direkte drikkevand. De renseteknologier, der er udvalgt til rensning af alternative vandforsyninger til betonvand, er blevet verificeret internationalt for at kunne levere vand med en konsekvent høj kvalitet og indenfor WHO's og US EPA's krav til drikkevand. Eksempelvis kan nævnes NEWater i Singapore, hvor 76.000 m³/dag kommunalt spildevand renses, og blandt andet anvendes som drikke- og flaskevand (se Figur 7-5).



Figur 7-5 Flowdiagram over NEWater i Singapore

Til rensning af spildevand fra Rødbyhavn renseanlæg er forudsat en renseløsning som vist på Figur 7-6. Anlægget består overordnet af en forbehandling, ultrafiltrering, omvendt osmose og ultraviolet desinficering. I det efterfølgende gennemgås de enkelte trin hver for sig.



Figur 7-6 Flowdiagram af muligt rensesystem for rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg

Spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg

En ny sump og tilhørende pumper vil blive bygget ved Rødbyhavn Renseanlæg for at overføre spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg til det nye vandrensningsanlæg. Drifts-/standby-pumper vil blive etableret for at sikre kontinuitet i forsyningen til vandrensningsanlægget.

Forbehandling og ultrafiltrering

Spildevandet vil blive pumpet gennem indløbssigter for at fjerne eventuelle store partikler, der kan være til stede i vandet, og beskytte nedstrøms membranerne. Det for-filtrerede vand vil derefter blive ledt til et ultrafiltreringssystem. Formålet med UF-systemet er fjernelse af turbiditet, suspenderende stoffer og store organiske molekyler fra spildevandet. Dette vil tjene som endnu en forbehandling til det efterfølgende omvendte osmosetrin.

UF-anlægget vil bestå af et antal UF-enheder, som vil blive opereret i parallel. Systemet vil være dimensioneret til at sikre, at de operationelle enheder er i stand til at producere den nødvendige mængde filtrat for at holde behandlingssystemet i drift med fuld kapacitet, når en enhed er i rengørings- eller vedligeholdelsestilstand. Den forventede genindvindingsgrad af UF-systemet er cirka 90%.

UF-membranerne vil blive rensset på regulær basis ved hjælp af tilbageskylning med UF-renset spildevand samt kemisk forbedret tilbageskylning (CEB). CEB er valgt grundet den høje risiko for tilsmudsning fra rensset spildevand sammenlignet med f.eks. overfladevand. Tilbageskylningsaffald fra tilbageskylning vil blive ledt til affalds-/rejekt-opsamlingsystemet.

Omvendt osmose-enhed

UF-permeatet vil derefter blive pumpet ind i indløbstanken til RO-delen. RO-indløbstanken vil sørge for opbevaring af UF-permeatet til tilbageskylning af UF-systemet og pumpe resten til RO-systemet af drifts-/standby-pumper.

Til RO-anlægget vil der være et forbehandlingssystem, som vil bestå af en syredoseringspakke for pH-justering (hvis nødvendigt) og en antiscalantmiddel doseringspakke, begge for at forhindre dannelsen af mineralbelægninger på membranerne.

RO-enhederne vil bestå af to parallelle enheder. Hver enhed er designet til at producere et permeat flow på 21,5 m³/time ved en enhedsgenvinding på 75%, og vil bestå af to faser af trykbeholdere. Hver trykbeholder indeholder seks membranmoduler installeret i serie. Genindvindingsgraden for hele systemet (UF og RO) er estimeret til 68%.

Systemet vil have et automatisk ventilarrangement inkorporeret, som vil sikre automatisk rengøring og skylning af membranerne. Hver enhed kan isoleres automatisk, så den enten kan skylles eller renses uden at påvirke de andre enheder. CIP-rengøringssystem vil betjene anlægget via en recirkulerende hovedledning og bestå af en CIP-tank, et CIP-pumpesæt og et patronfilter.

Ultraviolet desinficering

Efter RO fasen har det membranrensede vand en høj vandkvalitet, men for at der ingen bakterier og virus er til stedet, er der inkluderet et ultraviolet (UV) desinfektionssystem, som dræber eventuelle bakterier og vira. Denne proces fungerer som en ekstra sikkerhedsforanstaltning for at garantere vandets renhed.

Produktvandsbeholder

For at sikre en konstant og pålidelig forsyning af betonvand vil betonvandet blive opbevaret i en ny produktvandsbeholder (boltet profilstål eller lignende) og pumpet til betonelementfabrikken med et dedikeret pumpesæt (drifts/standby). Tankens foreløbige størrelse er baseret på en hydraulisk retentionstid på 12 timer ved design flowet (43 m³/time). Dette vil sikre tilgængelighed af vand i mere end 48 timer, hvis en af RO-enhederne er ude af drift.

En backup forsyning af grundvand/drikkevand vil blive implementeret for at sikre 24/7 tilgængelighed af vand i tilfælde af et større svigt på vandrensningsanlægget.

I tilfælde af, at et krav om batchvis kontrol af betonvandet er påkrævet, kan en anden tank installeres for at muliggøre skiftevis påfyldning og udtagning. I dette tilfælde kan større tanke være fordelagtige for at reducere mængden af prøver og analyser. Dette er ikke medtaget i dette anlæg, da det skal undersøges nærmere.

Kemikalier

Forskellige kemikalier vil være nødvendige, og kemikalielager og doseringsfaciliteter vil blive etableret. Typiske kemikalier omfatter:

- Klor: desinficering af indløbsrør
- Jernklorid: koagulering opstrøms for UF
- HCl/NaOH/NaOCl: kemisk forbedret tilbageskylning af UF, CIP af UF og RO samt pH-justering
- SMBS: fri klørneutralisering og CIP
- Citronsyre: CIP
- Antiscalantmiddel: Hæmmer belægningsdannelse i RO

Betonvand (permeat)

Med udgangspunkt i de fastsatte maksimale indløbskoncentrationer i starten af kapitlet, og det beskrevne vandbehandlingsanlæg, er der opsat forventede maksimale udløbskoncentrationer i betonvandet i Tabel 7-3.

Tabel 7-3 Forventet vandkvalitet efter rensning igennem vandrensningsanlæg for spildevand fra Rødbyhavn renselanlæg

	Enhed	Maksimale indløbs-koncentrationer	Forventede maksimale udløbs-koncentrationer
TOC	mg/l	10	1-3
TSS	mg/l	11	<0,1
pH	-	8,4	6.8
Calcium	mg/l	160	<0,1
Magnesium	mg/l	39	<0,1
Natrium	mg/l	250	5,1
Kalium	mg/l	37	1,0
Na ₂ O-eq	mg/l	365,3	7,7
Bicarbonat	mg/l	100	2,2
Klorid	mg/l	670	7,0
Sulfat	mg/l	110	0,3
Nitrat	mg/l	7,3	0,4
Fosfor	mg/l	0,7	<0,1

Det er vigtigt at bemærke, at de forventede maksimale udløbskoncentrationer for betonvandkvalitet er afhængige af typen af membran, indløbsvandkvaliteten samt temperaturen på vandet, som vist i Figur 7-1.

Koncentrat (retentat) og affaldsstrømme

I vandbehandlingsanlægget produceres en koncentreret spildevandsstrøm (retentat) fra RO-anlægget med højt saltindhold, samt en affaldsstrøm fra tilbageskyl fra UF-anlægget med højt SS-indhold samt CIP- og CEB-rensning. Der forventes i alt 380 m³ retentat og affaldsstrøm dagligt, hvor affaldsstrømmen maksimalt udgør 15,2 m³.

Det er antaget, at retentatet kan ledes til havet via Rødbyhavn Renselanlægs eksisterende spildevandsudløb eller via en ny udløbsledning som beskrevet under retentat afsnittet for havvand. Affaldsstrømmene vil blive opsamlet pumpet til Rødbyhavn Renselanlæg (drifts-/standby-pumper).

Den teoretisk forventede sammensætning af retentatet vist i Tabel 7-4, og beregnet med udgangspunkt i de fastsatte maksimale indløbskoncentrationer for spildevand og med antagelse af at der sker en 4 gange opkoncentrering.

Tabel 7-4 Forventede maksimale sammensætning af retentat

	Enhed	Maksimale indløbs-koncentrationer	Forventede maksimale retentats-koncentrationer
TOC	mg/l	10	40
TSS	mg/l	11	44
pH	-	8,4	33,6
Calcium	mg/l	160	640
Magnesium	mg/l	39	156
Natrium	mg/l	250	1.000
Kalium	mg/l	37	148
Na ₂ O-eq	mg/l	365,3	1.461
Klorid	mg/l	670	2.680
Sulfat	mg/l	110	440
Nitrat	mg/l	7,3	29,2
Fosfor	mg/l	0,7	2,8

Affaldsstrømmen består af tilbageskyl fra filtre og eventuel UF, som alle har et højt indhold af TSS (er medregnet i de maksimale koncentrationer for retentat i Tabel 1), samt rensedmidler fra CIP og CEB.

Det kan være svært at vurdere den præcise koncentration af kemikalierne i affaldsstrømmen, da det blandt andet afhænger af, hvor ofte der er behov for at rense membranerne. Der kendes de maksimale koncentrationer, som kemikalierne doseres under rensningen og kemikalierne kan ikke forekomme mere koncentreret end de koncentrationer.

I det efterfølgende er der taget udgangspunkt i worst-worst case, hvor det er antaget, at de maksimale renskoncentrationer ikke fortyndes yderligere i affaldsstrømmen. De oplyste maksimale koncentrationer er peak koncentrationer, som forekommer kort tid efter en rensning.

Der forventes følgende affaldsstoffer fra CIP- og CEB-løsninger:

- Klor til desinficering af indløbsrør, maksimalt 3 mg/l (i retentatet maksimalt 0,03 mg/l)
- Evt. bruges jernklorid fra koagulering opstrøms for UF
- Der bruges HCl/NaOH/NaOCl til pH-justering, CEB af UF, samt CIP af UF og RO
- Natriummetabisulfit (SMBS) bruges til fri klorneutralisering og CIP, brugt i begrænset tid ved maksimalt 1000 mg/l (i retentatet maksimalt 10 mg/l)
- Citronsyre bruges til CIP, maksimalt 1.500 mg/l (i retentatet maksimalt 15 mg/l)
- Antiscalantmiddel bruges til hæmning af belægningsdannelse i RO, der er typisk tale om fosfonater eller polyfosfater, som maksimalt doseres på koncentrationer 5 mg/l (i retentatet maksimalt 0,05 mg/l)

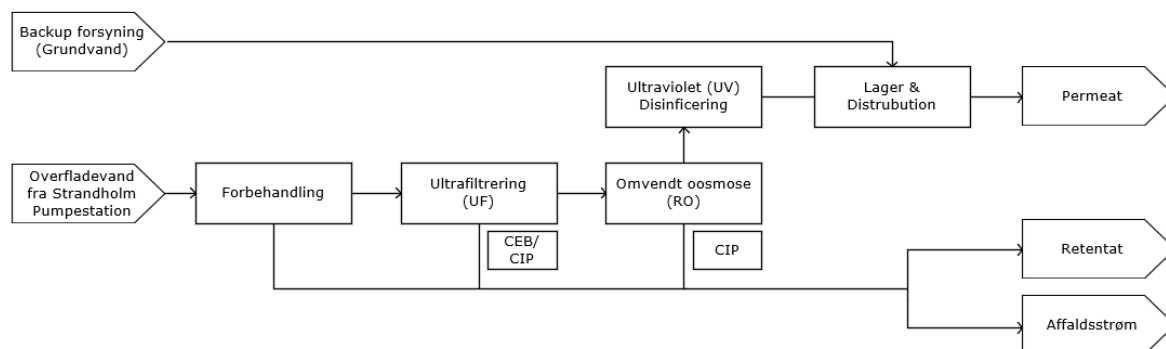
Ovenstående affaldsstoffer bliver doseret i begrænset tid og med en lav frekvens, og koncentrationer afspejler de maksimalt udledte stoffer i en kort periode. Da frekvensen af rensning er meget variabelt, kan koncentrationerne ikke bruges til estimering af årlige stofmængder. En beregning af årlige flowmængder kan gøres, når rensbehovet for anlægget er kendt.

Energiforbrug

Vandbehandlingsanlægget har et forventet energiforbrug på 1,2 mio. kWh/år til rensning, dvs. pumper, procesudstyr mv.

7.4 Rensning af overfladevand fra Strandholm Pumpestation

Renset overfladevand anvendes i mange lande som drikkevand, og det forventes derfor også at kunne anvendes som betonvand, hvis det gennemgår den rette rensning. Sammenlignet med spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg indeholder overfladevandet flere salte, og der er risiko for perioder uden overfladevand, hvis der har været længere perioder uden regn. Overfladevand forventes derfor at skulle anvendes sammen med en anden alternativ vandforsyning. I det efterfølgende er det dog antaget, at vandbehandlingsanlægget kun anvender overfladevand.



Figur 7-7 Flowdiagram af muligt rensesystem for rensning af overfladevand fra Strandholm Pumpestation

Til rensning af overfladevand fra Strandholm Pumpestation er forudsat en renseløsning som vist på Figur 7-7. Anlægget ligner det til genanvendelse af spildevand, og består af en forbehandling, ultrafiltrering, omvendt osmose og ultraviolet desinficering. I det efterfølgende gennemgås de enkelte trin hver for sig.

Overfladevand fra Strandholm Pumpestation

Nye pumper vil blive installeret ved Pumpestationen for at overføre overfladevand til det nye vandrensningsanlæg. Drifts-/standby-pumper vil blive etableret for at sikre kontinuitet i forsyningen til vandrensningsanlægget.

Forbehandling og ultrafiltrering

Den første del af vandbehandlingsanlægget vil bestå af forbehandling og et ultrafiltreringssystem (UF), som fungerer på samme vis som beskrevet ved rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg. Det forventes mindre evne for biologisk belægning på membranen, da der er mindre biologisk aktivitet i overfladevand.

Omvendt osmose-enhed

RO-systemet vil ligne det, der er beskrevet for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg, men størrelsen af anlægget og enhedsgenvindingen vil være afhængig af kloridkoncentrationen.

Ultraviolet desinficering

Der vil være samme ultraviolet desinficering som beskrevet for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg.

Produktvandsbeholder

Der vil være samme produktvandsbeholdersystem som beskrevet for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg.

Kemikalier

Der forventes anvendt de samme kemikalier som beskrevet for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg.

Betonvand (permeat)

Der er ikke beregnet forventede maksimale udløbskoncentrationer, da de maksimale indløbskoncentrationer er fastsat på baggrund af 2 analyser og der derfor er for lille et datagrundlag til at fastsætte forventede udløbskoncentrationer.

Koncentrat (retentat og affaldsstrømme)

I vandbehandlingsanlægget produceres en koncentreret spildevandsstrøm (retentat) fra RO-anlægget med højt saltindhold, samt en affaldsstrøm fra tilbageskyl fra filter, UF- og RO-anlægget med højt SS-indhold samt CIP- og CEB-rensnings.

Det er antaget, at retentatet kan ledes til havet via Rødbyhavn Renseanlægs eksisterende spildevandsudløb eller via en ny udløbsledning som beskrevet under retentat afsnittet for havvand. Affaldsstrømmene vil blive opsamlet pumpet til Rødbyhavn Renseanlæg (drifts-/standby-pumper).

Der er ikke beregnet forventet sammensætning af retentatet grundet utilstrækkeligt datagrundlag for overfladevand fra Strandholm Pumpestation.

Affaldsstrømmen består af tilbageskyl fra filter og eventuel UF, som alle har et højt indhold af TSS, samt rensningsmidler fra CIP og CEB. Der forventes samme koncentration af affaldsstoffer som beskrevet for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg.

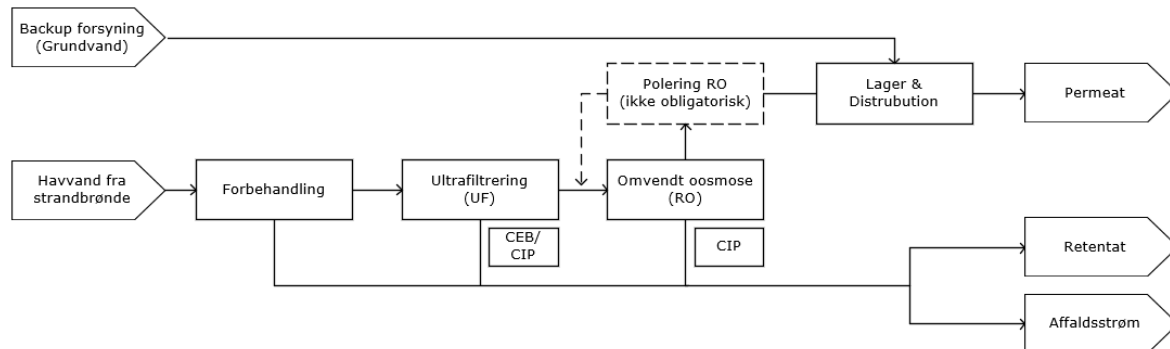
Energiforbrug

Vandbehandlingsanlægget har et forventet energiforbrug på 1,2-2,1 mio. kWh/år til rensning, dvs. pumper, procesudstyr mv.

7.5 Afsaltning af havvand

Afsaltning af havvand er en velkendt teknologi og er også anvendt til produktion af betonvand tidligere.

Til rensning af havvand er forudsat en renseløsning som vist på Figur 7-8. Anlægget består overordnet af en forbehandling, ultrafiltrering og omvendt osmose. I det efterfølgende gennemgås de enkelte trin hver for sig.



Figur 7-8 Flowdiagram af muligt rensesystem for afsaltning af havvand

Indvinding af havvand

Designet af havvandsindvindingen skal sikre, at der er en konstant og pålidelig forsyning af havvand til vandbehandlingsanlægget. Et antal af forskellige forsyningssystemer er tilgængelige, f.eks. åbent indløb, nedsænket indløb eller strandbrønde. Typen af indløbsstrukturen kan påvirke vandkvaliteten, og kræver forbehandling inden afsaltningssystemet. Strandbrønde er særligt velegnede til små afsaltningssystemer som disse, men vil kræve en mere dybdegående hydrogeologisk undersøgelse for at bestemme boringstypen (lodret/vandret) samt det forventede udbytte og vandkvalitet. For at begrænse påvirkningen fra algeopblomstring og variationen i koncentrationen af suspenderede stoffer, på grund af tidevands-/strømeffekter, er det blevet antaget, at strandbrønde vil blive brugt.

Forbehandling og membranfiltrering

Den første del af vandbehandlingsanlægget vil bestå af forbehandling og et ultrafiltreringssystem (UF), som fungerer på samme vis som beskrevet ved rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg.

RO-systemet for afsaltning af havvand adskiller sig fra RO-systemet for rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg, da RO-enhederne er designet til at producere en permeatstrøm på 21,5 m³/time og har en enhedsgenvinding på 45%. Genindvindingsgraden for hele systemet (UF og RO) er estimeret til 40%. Derudover består RO-systemet af en enkelt fase trykbeholder. Hver RO-enhed vil være udstyret med en trykveksler for at genbruge resttrykket fra retentatet og minimere energibehovet. Trykveksleren vil blive efterfulgt af en energigenindvindingsbooster-pumpe for hver enhed.

Produktvandsbeholder

For at sikre en konstant og pålidelig forsyning af betonvand vil betonvandet blive opbevaret i en ny produktvandsbeholder (boltet profilstål eller lignende) og pumpet til betonfabrikken med et dedikeret pumpesæt (drifts/standby). Tankens foreløbige størrelse er baseret på en hydraulisk retentionstid på 12 timer ved design flowet (43 m³/time). Dette vil sikre tilgængelighed af vand i mere end 48 timer, hvis en af RO-enhederne er ude af drift.

En backup forsyning af grundvand eller drikkevand vil blive implementeret for at sikre 24/7 tilgængelighed af vand i tilfælde af et større svigt på vandrensningsanlægget.

Kemikalier

Forskellige kemikalier vil være nødvendige, og kemikalielager og doseringsfaciliteter vil blive etableret.

Typiske kemikalier omfatter:

- Klor: desinficering af indløbsrør
- Jernklorid: koagulering opstrøms for UF
- HCl/NaOH/NaOCl: kemisk forbedret tilbageskylning af UF, CIP af UF og RO, pH-justering
- SMBS: fri klorneutralisering, CIP
- Citronsyre: CIP
- Antiscalantmiddel: Hæmmer belægningsdannelse i RO

Betonvand (permeat)

Med udgangspunkt i de fastsatte maksimale indløbskoncentrationer for havvand i starten af kapitlet, og det beskrevne vandbehandlingsanlæg, er der opsat forventede maksimale udløbskoncentrationer i betonvandet i Tabel 7-5.

Tabel 7-5 Forventet vandkvalitet efter afsaltning

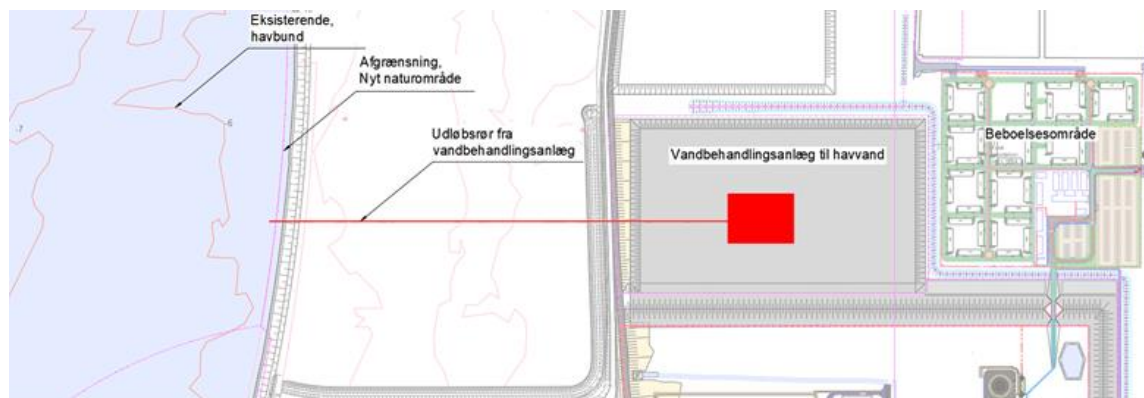
	Enhed	Maksimale indløbs-koncentrationer	Forventede maksimale udløbs-koncentrationer
TOC	mg/l	1	<0,1
TSS	mg/l	29	<0,1
pH	-	8,1	6,2
Calcium	mg/l	2.800	2,0
Magnesium	mg/l	850	0,6
Natrium	mg/l	7.273	25,2
Kalium	mg/l	260	1,1
Na ₂ O- <i>eq</i>	mg/l	9.776	34,8
Bicarbonat	mg/l	-	<0,1
Klorid	mg/l	18.000	44,8
Sulfat	mg/l	1.200	0,7
Nitrat	mg/l	-	<0,1
Fosfor	mg/l	-	<0,1

Det er vigtigt at bemærke, at de forventede maksimale udløbskoncentrationer for betonvandkvalitet er afhængige af typen af membran, indløbsvandkvaliteten samt temperaturen på vandet som vist i Figur 7-1.

Koncentrat (retentat) og affaldsstrømme

I vandbehandlingsanlægget produceres en koncentreret spildevandsstrøm (retentat) fra RO-anlægget med højt saltindhold, samt en affaldsstrøm fra tilbageskyl fra UF-anlægget med højt SS-indhold samt CIP- og CEB-rensning. Der forventes i alt 1.524 m³ retentat og affaldsstrøm dagligt, hvor affaldsstrømmen maksimalt udgør 25,4 m³.

Det er antaget, at retentatet kan ledes til havet via en ny ledning til Femern Bælt. Affaldsstrømmene vil blive opsamlet pumpet til Rødbyhavn Renseanlæg (drifts-/standby-pumper).



Figur 7-9 Placering af vandbehandlingsanlæg og dets udløbsrør (markeret med rødt) til Femern Bælt

Udløbsrøret til retentatet skal ligge mindst 20 cm under lavvandsniveau. Da de nye landområder går ud til kote -5m til -6m mod Femern Bælt, konkluderes det umiddelbart at udledningpunktet kan etableres efter afgrænsningen til nye naturområde. Hvis der foretages en styret underboring, vurderes røret at have en diameter på Ø200 mm. Hvis røret nedgraves, vurderes røret som et Ø160 mm betonrør.

Den teoretisk forventede sammensætning af retentatet vist i Tabel 7-6, og beregnet med udgangspunkt i de fastsatte maksimale indløbskoncentrationer for spildevand og med antagelse af at der sker en 1,8 gange opkoncentrering.

Tabel 7-6 Forventede maksimale sammensætning af retentat

	Enhed	Maksimale indløbs-koncentrationer	Forventede maksimale retentatskoncentrationer
TOC	mg/l	1	2
TSS	mg/l	29	52
pH	-	8,1	15
Calcium	mg/l	2.800	5.040
Magnesium	mg/l	850	1530
Natrium	mg/l	7.273	13.091
Kalium	mg/l	260	468
Na ₂ O-eq	mg/l	9.776	17.597
Klorid	mg/l	18.000	32.400
Sulfat	mg/l	1.200	2.160
Saltindhold	mg/l	20.000	36.000

Affaldsstrømmen består af tilbageskyl fra filter og eventuel UF som har et højt indhold af TSS (er medregnet i de maksimale koncentrationer for retentat i Tabel 7-6), samt rensningsmidler fra CIP og CEB. Mængde og koncentration af affaldsstoffer vil være identisk med det vurderede for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg under "Koncentrat (retentat) og affaldsstrømme" i Afsnit 7.3.

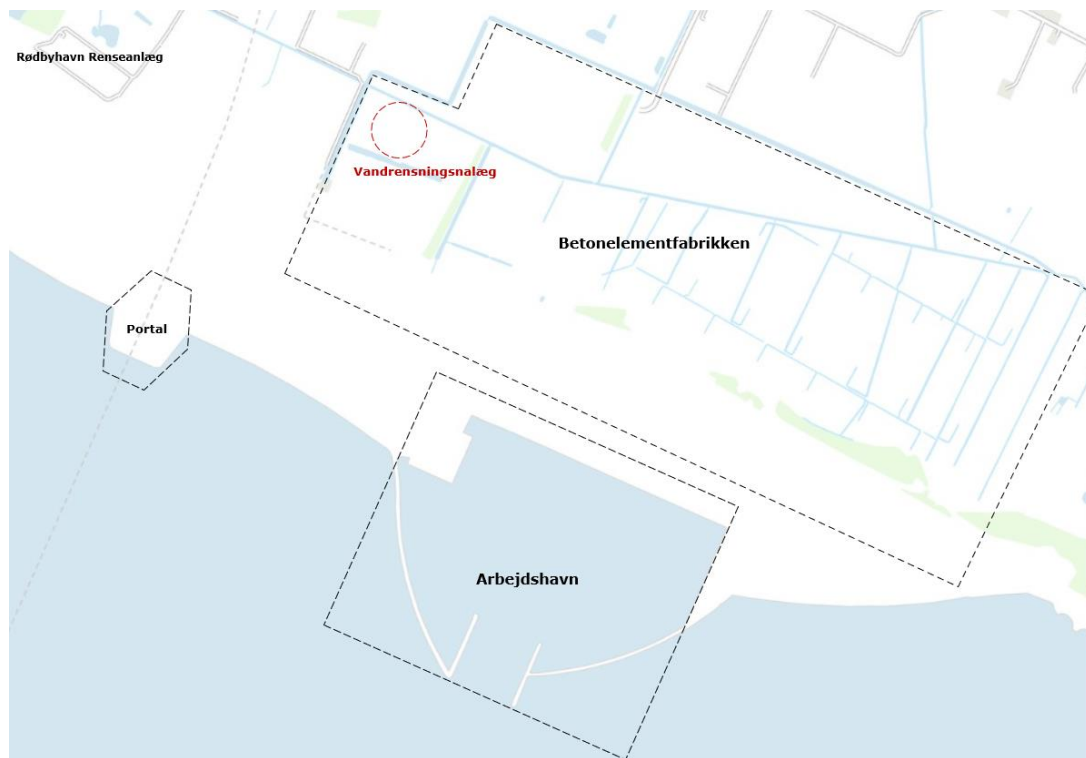
Energiforbrug

Vandbehandlingsanlægget har et forventet energiforbrug på 2,1 mio. kWh/år til rensning, dvs. pumper, procesudstyr mv.

7.6 Placering, størrelse og udseende af renseanlæg

Arealet af vandbehandlingsanlægget for havvand og spildevand er estimeret til 1.200 m² + evt. buffertank, og består hovedsageligt af en bygning som rummer de forskellige rensenheder, et kontrolrum inkl. elskabe og kemikalielager. Vandlagringstanke etableres ved siden af bygningen. Bygningen forventes udført fuldt funderet med 90% gulvbelægget.

Femern A/S har oplyst, at der kan tages udgangspunkt i, at vandbehandlingsanlægget placeres i området syd for Tunnelbyen, der ligger i den vestlige ende af betonelementfabrikken (se Figur 7-10). Med denne placering vil der være en afstand til vandbehandlingsanlægget på ca. 1 km fra Rødbyhavn Renseanlæg og ca. 1 km fra havindvindingen.



Figur 7-10 Placering af betonelementfabrik og vandrensningsanlæg

7.7 Støj

Vandbehandlingsanlægget etableres i en lukket bygning, og derfor forventes ingen udendørs støj.

8. ØKONOMI OG LEVERANDØRINPUT

Anlægs- og driftsøkonomien er estimeret af to omgange. Første gang var tilbage i maj 2022, hvor første version af rapporten blev udarbejdet (se Afsnit 8.1) - her var det ikke muligt at få tilbud fra Europæiske leverandører. Anden gang var i november 2022, hvor denne version af rapporten er udarbejdet (se Afsnit 8.2) – her er den estimerede drifts- og anlægsøkonomi opdateret med tilbud fra Europæiske leverandører.

Der er i rapporten fra maj 2022 taget udgangspunkt i et anlæg, der kan producere 200.000 m³/år betonvand, mens der i rapporten fra november 2022 er taget udgangspunkt i 250.000 m³/år. Under afsnit 8.1 er der lavet en opdatering af den estimerede anlægs- og driftsøkonomi fra maj 2022 (efterfølgende "Maj 2022 – 200.000 m³/år"), så det modsvarer 250.000 m³/år i stedet for 200.000 m³/år (efterfølgende "Maj 2022 – 250.000 m³/år").

8.1 Estimeret anlægs- og driftsøkonomi (maj 2022)

Nedenfor ses en oversigt over det totale kostestimat, hvor 3) skulle have været prissat ud fra tilbud fra leverandører. Det var ikke muligt, indenfor projektets tidsramme, at indhente tilbud fra europæiske leverandører, hvorfor den i stedet blev prissat ud fra vejledende estimeringer af anlægsomkostningerne fra leverandørerne. Tekniske brochurer for det forventede udstyr kan findes i Bilag 4. De øvrige punkter er estimeret på baggrund af beregnet fra hollandske priser fra "DACE Price Booklet: Cost Information for estimation and comparison" (DACE, 2020).

- 1) Generelle betingelse
- 2) Bygningsomkostninger
 - Design, tilrettelæggelse og konstruktion af opvarmet bygning, inklusiv et kontor-kontrolrum,
 - HVAC
- 3) Procesudstyr og styring (leverandørtilbud / vejledende estimering)
- 4) Øvrigt udstyr
 - Pump for pumpning til anlæg
 - Permeat tank
 - UV-anlæg (for WRF)
 - Procesrør og rørinstallation, tilførsels- og udledningsrør
 - Strandbrøndstilførsel for SWRO (baseret på placeringer vist i Figur 4-1 og Figur 7-10)
- 5) Andre direkte omkostninger; fragt, lab-analyser, tilstandsvurdering, leverandørservice til opstart
- 6) Kompensation for omkostninger relateret til ingeniørarbejde
- 7) Kompensation for omkostninger hos bygherre (oplæring, validering, osv.)

Omkostninger relateret til servitutter, involvering af grundejere og kompensation til installering af underjordiske rør på privat grund er ikke inkluderet. Det anbefales at undersøge nærmere om omkostningerne hertil er signifikante, og hvis det er tilfældet, hvordan det så vil påvirke anlægsomkostningerne mellem de to alternative vandforsyninger.

Anlægsomkostningerne er estimeret med 30% uforudsete udgifter og inkluderer:

- Design, tilrettelæggelse og konstruktion af opvarmet bygning, inklusiv et kontor-kontrolrum samt et område til tanke
- Alt procesudstyr og installering heraf
- Fuldt integreret kontrolsystem
- Tilførsels- og udledningsrør, inklusive strandbrøndstilførsel for afsaltning af havvand (baseret på placeringer vist i Figur 4-1 og Figur 7-10)

- Kompensation for omkostninger relateret til ingeniørarbejde
- Kompensation for omkostninger hos klienten (oplæring, validering, osv.)

En mere detaljeret liste af de inkluderede anlægsomkostninger kan findes i Bilag 1 og 2.

Driftsomkostningerne er estimeret med 15% uforudsete udgifter og inkluderer:

- Vedligeholdelse og personale (antaget 1 fuldtidsansat)
- Energi (baseret på 1 DKK/kWh)
- Forbrug (vandforbrug antaget til 1 m³/dag, membraners antaget levetid er 3 år, kemikalier)

En mere detaljeret liste af de inkluderede driftsomkostninger kan findes i Bilag 3.

Det er antaget, at der ingen omkostninger er for bortskaffelse eller udledning af koncentrat, og at der ingen stigning er i beskatning af nogen af udledningerne ift. den nuværende situation.

Derudover er omkostninger relateret til kvalitetskontrol af betonvandet ikke inkluderet. Testningsprotokoller og relaterede omkostninger kan variere mellem de to alternative vandforsyninger.

Anlægs- og driftsomkostninger for rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg og afsaltning af havvand er vist i Tabel 8-1. Devalueringen af anlægsomkostningen er inkluderet i dette og er beregnet baseret på 20 år for bygninger og 15 år for alle andre anlægsomkostninger. Beregningerne er med udgangspunkt i et anlæg der kan producere 200.000 m³/år.

Tabel 8-1 Omkostninger til rensning og afsaltning (200.000 m³/år betonvand)

	Enhed	Maj 2022 – 200.000 m ³ /år	
		Rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg	Afsaltning af havvand
Anlægsomkostning (±30%)	mio. DKK	21-38	30-56
Driftsomkostning (±15%)	mio. DKK	2,7-5,0	4,1-7,6
Total driftsomkostning pr. m³ vand leveret inkl. devaluering af anlægsomkostning	DKK/m³	9,1-17	14-25

Resultaterne i Tabel 8-1 indikerer højere anlægsomkostninger for afsaltning af havvand end for rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg. Dette skyldes:

- Behovet for mere omkostningstungt RO procesudstyr grundet krav til højere tryk i rør, instrumentation og beholdere.
- Ultrafiltreringssystemet til afsaltning af havvand er større end til rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg, fordi den lavere genindvinding af RO-systemet til afsaltning af havvand vil kræve højere flow af tilført vand.
- Investering i strandbrønd.
- Længere tilførselsrørledning til vandbehandlingsanlægget.

Driftsomkostningerne for afsaltning af havvand er ligeledes højere end for rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg. Dette skyldes høje el-omkostninger grundet højtrykspumperne som del af procesudstyret. De større dimensioner generelt på afsaltning af havvand bidrager også til højere driftsomkostninger, men i mindre grad.

Den total omkostning ligger på mellem 9-17 DKK/m³ for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg og 14-25 DKK/m³ for havvand. Rensning af overfladevand fra Strandholm Pumpestation forventes at ligge imellem de to beregnede alternativer.

Opdatering fra 200.000 m³/år til 250.000 m³/år

I de Tabel 8-2 og Tabel 8-3 ses henholdsvis anlægs- og driftsomkostningerne justeret fra 200.000 m³/år til 250.000 m³/år (43 m³/time) betonvand. Ud for de enkelte poster er fordelingen af omkostning beregnet i procent af den totale omkostning for at vise betydningen af den enkelte post. De poster der indhentes tilbud fra hos leverandør i afsnit 8.2 omfatter post nr. 3 i anlægsomkostningerne samt post nr. 2a, 4 og 5 i driftsomkostningerne.

Tabel 8-2 Fordeling af anlægsomkostninger for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg og havvand

Anlægsomkostninger	Maj 2022 – 250.000 m ³ /år			
	Rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg (WRF)		Afsaltning af havvand (SWRO)	
	DKK	%	DKK	%
1 – Generelle betingelser	1.089.712	5%	1.667.064	5%
2 – Bygningsomkostninger	5.729.236	26%	7.178.875	20%
3 – Procesudstyr og styring	7.819.805	35%	16.635.280	47%
4 – Omkring udstyr	3.691.167	16%	5.176.571	15%
5 – Andre direkte omkostninger	1.213.143	5%	1.602.030	5%
6 – Omkostninger – ingeniør/ekspert	2.273.740	10%	2.273.740	6%
7 – Omkostninger bygherre	745.000	3%	745.000	2%
Total	22.495.610	100%	35.281.563	100%
Total inkl. 30% uforudsete udgifter	29.244.293		45.866.031	
Min (-30%)	20.471.005		32.106.222	
Max (+30%)	38.017.580		59.625.841	

Tabel 8-3 Fordeling af driftsomkostninger for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg og havvand

Driftsomkostninger	Maj 2022 – 250.000 m ³ /år			
	Rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg (WRF)		Afsaltning af havvand (SWRO)	
	DKK/år	%	DKK/år	%
1 - Underhold af anlæg	369.997	17%	645.121	19%
2a - Energiomkostninger til rensning	1.019.252	48%	1.960.952	58%
2b - Energiomkostninger til Pumpning	166.182	8%	166.182	5%
3 - Vand	5.439	0%	5.439	0%
4 – Filter- og membranudskiftning	84.799	4%	103.643	3%
5 - Kemikalier	103.643	5%	103.643	3%
6 - Bortskaffelse af retentat og affaldsstrømme	-	0%	-	0%
7 - Personale	372.500	17%	372.500	11%
Totalt	2.121.811	100%	3.357.479	100%
Total inkl. 15% uforudsete udgifter	2.440.082		3.861.101	
Årlig nedskrivning af bygning	277.150		423.603	
Årlig nedskrivning af udstyr	1.821.279		2.714.113	
Total	4.538.511		6.998.816	
Minimum	3.176.958		4.899.171	
Maximum	5.900.064		9.098.461	

Den totale omkostning for rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg og havvand for 43 m³/time er sammenstillet i Tabel 8-4.

Table 8-4 Omkostninger for rensning og afsaltning (250.000 m³/år betonvand)

Totale omkostninger	Enhed	Maj 2022 – 250.000 m ³ /år	
		Rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg	Afsaltning af havvand
Anlægsomkostninger (±30%)	Mio. DKK	20,4-38,0	32,1-59,6
Driftsomkostninger (±15%)	Mio. DKK	3,2-5,9	4,9-9,1
Total driftsomkostning pr. m³ vand leveret inkl. devaluering af anlægsomkostning	DKK/m³	8-16	13-24

Det ses, at den totale omkostning for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg er mindsket fra 9-17 DKK/m³ til 8-16 DKK/m³, mens den for havvand er mindsket fra 14-25 DKK/m³ til 13-24 DKK/m³.

8.2 Estimeret anlægs- og driftsøkonomi (november 2022)

Til opdatering af de estimerede anlægs- og driftsomkostninger er der indhentet tilbud fra europæiske leverandører, som kan opfylde de procesdesignspecifikationer og forudsætninger for vandrensningsanlægget, der er opsat for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg (Kapitel 4) og havvand (Kapitel 6). Da der er begrænset med data på overfladevand fra Strandholm Pumpestation, er der ikke indhente tilbud herpå, men der har i stedet været en dialog med leverandørerne. Procesdesignspecifikationer, som er sendt til leverandørerne kan ses under Bilag 5 og 10.

De tre leverandører, som har afleveret tilbud, er følgende:

- BWT (Danmark)
- E+H GmbH (Tyskland)
- Krüger (Danmark)

Alle tre leverandørerne har afleveret tilbud på vandbehandlingsanlæg til både spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg og havvand. Alle tilbud er baseret på et anlæg der kan producere 250.000 m³/år betonvand. Alle tilbud kan ses under Bilag 6-9 samt Bilag 11-13. Der har ud over de vedhæftede tilbud været dialog via mail og online møder. Vigtige oplysninger herfra er samlet i rapporten.

Det er en tydelig variation i pris på de tilbud, der er modtaget, hvilket kan skyldes forskellige detaljeniveau samt, hvordan de har optimeret løsningen med hensyn til driftsomkostninger. Dertil kan det afhænge af forskellige niveauer af præfabrikerede systemer anvendt i deres designs. Pris for UV-anlæg som efterpolering er et separat tilbud fra en enkelt leverandør.

8.2.1 Spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg

De tre tilbud er alle baseret på processpecifikationen, som er vedlagt under Bilag 5, og alle tilbud er baseret på en procesløsning med følgende udstyr:

- Forbehandling med filter
- UF membran-filtrering
- RO membran-filtrering
- Automation
- System for tilbageskyllning af filter og CEB

De tre tilbud kan ses under Bilag 6-8.

Pris for UV-anlæg som efterpolering et separat tilbud fra en leverandør, fra Krüger, præsenteret i Bilag 9.

Anlægsomkostninger

Leverandørernes tilbudspriser for anlægsomkostninger er præsenteret i Tabel 8-5, og beskrives nærmere i de efterfølgende afsnit. To af tilbuddene har højere anlægsomkostninger end den estimerede pris fra maj 2022.

Tabel 8-5 Leverandørernes tilbudspriser for spildevand

	November 2022			Maj 2022 – 250.000 m ³ /år (DKK)
	BWT (DKK)	Krüger (DKK)	E+H GmbH (DKK)	
WRF-anlæg	4.200.000	14.028.009	9.474.016	7.820.000
UV-anlæg	-	192.100	-	820.000

BWT

BWT er baseret på et skid-mounted plug-and-play system, med et fælles mekanisk forbehandlingsfilter med en porøstørrelse på 200 µm. Derefter to parallelle linjer med UF-filtrering med 2 x 100% kapacitet, for at sikre fuldt flow når en linje er ude af drift for tilbageskylning og CEB/CIP. Slutligt én enkel linje med RO-filtrering. Systemet har en flux på 63 LMH (liter/m²/time) for UF-membranerne og 14 LMH for RO-membranerne. Genindvindingsgraden for hele systemet er estimeret til 74% med et indgående flow på 58 m³/time og et retentat flow på 15 m³/time, hvilket giver et årlig retentat på 131.400 m³. Permeatkvaliteten er sat til 1-3% i saltindhold og TDS på <10 mg/l. Levetiden på filtrene er estimeret til 6-12 måneder og membranens levetid er sat til 6-8 år.

CIP-system og vandtank til tilbageskylning og CIP-system indgår ikke i tilbudt system. Der mangler detaljerede data på udgående vandkvalitet. Der mangler data på kemikalier og kemikalieforbrug.

Krüger

Krüger har tilbudt en løsning baseret på deres standardudstyr. Deres løsning har to parallelle systemer, der behandler 2 x 50% kapacitet. Hvert system består af to parallelle forbehandlingslinjer med filtermedie, efterfulgt af et disc-filter, UF-membranfiltrering og RO-membranfiltrering. Systemet har en flux på 35 LMH for UF-membranerne og 23 LMH for RO-membranerne. Genindvindingsgraden for hele systemet er estimeret til 55% med et indgående flow på 73 m³/time og et retentat flow på 30 m³/time, hvilket giver et årligt retentat på 262.800 m³. Permeatkvaliteten er sat til 1-3% i saltindhold. Levetiden på filtrene er estimeret til 5 år, og membranens levetid er sat til 2-3 år.

Der indgår to vandtankkar (2 x 100 m³) for filter tilbageskylning og CEB. Der mangler detaljerede data på udgående vandkvalitet.

E+H GmbH

E+H GmbH har designet et anlæg til specifikt at matche de krav, der er stillet i processpecifikationen. Deres løsning har to parallelle systemer med hver et for-filter, fulgt af UF-filtrering og slutligt RO-filtrering. Systemet har en på 45-59 LMH for UF-membranerne og 14,8 LMH for RO-membranerne. Genindvindingsgraden for hele systemet er estimeret til 78% med et indgående flow på 56 m³/time og et retentat flow på 12 m³/time, hvilket giver et årligt retentat på 109.000 m³. Permeatkvaliteten er beregnet til 6,3 mg Cl/l og <15 mg TDS/l. Yderligere parametre er tilgængeligt i deres tilbud. Levetiden på filtrene er estimeret til 3-4 måneder, og membranens levetid er sat til henholdsvis 10 år for UF-membranerne og 5 år for RO-membranerne.

De har valgt at brug CCRO-membraner (Closed Circuit Reverse Osmosis membraner), hvilke modsat standard RO-membraner, drives med et cirkulations-flow ved variabelt og lavere tryk og dermed har et lavere energiforbrug. CCRO-membranen kan også opnå en meget højere genindvindingsgrad, hvilket betyder et mindre indgående flow samt retentat. Et variabelt osmotisk tryk inhiberer biologisk forurening, hvilket medfører et mindre behov for kemikalier. Der indgår to vandtanke (2 x 14.4 m³) for filter tilbageskylning og CEB og CIP.

Driftsomkostninger

Leverandørernes tilbudspriser for driftsomkostninger er præsenteret i Tabel 8-6, og beskrives nærmere i de efterfølgende afsnit. De estimerede driftsomkostninger er alle lavere end estimeret i maj 2022.

Tabel 8-6 Driftsomkostningerne ved de forskellige tilbud for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg

	November 2022			Estimat maj 2022 – 250.000 m ³ /år (DKK)
	BWT (DKK)	Krüger (DKK)	E+H GmbH (DKK)	
Energiforbrug WRF-anlæg	452.016	578.160	271.845	1.019.252
Kemikalieforbrug	84.796	84.796	34.792	84.796
Filter-og membranudskiftning	76.300	215.200	71.925	103.644
Total	613.112	878.156	378.562	1.207.690

Energi

Omkostningerne til energi er beregnet med en pris på 1 DKK/kWh. Energiforbruget ligger på samme niveau for BWT og Krüger, mens E+H GmbH har ca. 50% lavere forbrug, hvilket formentligt skyldes, at de anvender CCRO-membraner. Alle 3 leverandører estimerer lavere energiforbrug end estimeret maj 2022.

Kemikalier

E+H GmbH udmærker sig med et meget lavere kemikalieforbrug, hvilket delvis skyldes at de bruger CCRO-membraner med recirkulation og højre cross-flow, hvilket mindsker risikoen for belægninger og dermed mindsker behovet af kemikalier. BWT og Krüger har angivet begrænset detaljer om forbrug og er derfor estimeret til det samme niveau som Maj 2022-250.000m³/d. BWT og Krüger er dermed estimeret til højere udgifter til kemikalier mens E+H GmbH ligger lavere.

Filter-og membranudskiftning

BWT og E+H GmbH har omtrent lige høje udskiftningsomkostninger, og har estimeret deres membranlevetid til 6 år for BTW og henholdsvis 10 og 5 år for E+H GmbH. Maj 2022 blev membranlevetiden estimeret til 3 år. Krügers membranlevetid er sat til 3 år for UF-membranerne og 2 år for RO-membranerne, da de har angivet 3-5 år for UF-membranerne og 2-3 år for RO-membranerne. Prisfluktuationerne der er på markedet, kan være en påvirkende faktor.

Anlægs- og driftsøkonomi

Med udgangspunkt i de tre tilbud er anlægs- og driftsomkostninger pr. m³ betonvand beregnet for de tre tilbud, samt som et gennemsnit. Resultatet fremgår af Tabel 8-7, hvor der til sammenligning kan ses den estimerede anlægs- og driftsomkostning fra maj 2022. Det ses, at den samlede anlægs- og driftsøkonomi justeres fra 8-16 DKK/m³ betonvand til 7-15 DKK/m³ betonvand.

Tabel 8-7 Totale omkostning for rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg

	Enhed	November 2022				Maj 2022 – 250.000 m ³ /år
		BWT	Krüger	E+H GmbH	Gennemsnit	
Anlægsomkostninger (±30%)	Mio. DKK	17,2- 31,9	26,1- 48,5	22,0-40,8	17,2-48,5	20,4-38,0
Driftsomkostninger (±15%)	Mio. DKK	2,7-5,0	2,9-5,4	2,5-4,7	2,5-5,4	3,2-5,9
Total driftsomkostning pr. m ³ vand leveret inkl. devaluering af anlægsomkostning	DKK/m ³	7,2-13,4	7,8-14,4	6,7-12,4	6,7-14,4	8,4-15,7

Betonvand (permeat)

Med udgangspunkt i de 3 tilbud er leverandørernes forventede indhold i betonvandet vist i Tabel 8-8.

Tabel 8-8 Leverandørernes forventede indhold i betonvand (permeat)

	Enhed	Krüger	BWT	E + H GmbH
pH		7,68	5,5-6,5	6,4
Ledningsevne	uS/cm	23,98		29
TSS	mg/l	0,09		
TDS	mg/l	10,77		14,48
Klorid	mg/l	5,94	0,7-4,3	6,26
Kvælstof	mg/l	18,82		
Nitrat	mg/l		0,01-0,3	0,3
Ammonium	mg/l			0
Kalium	mg/l	0,3	0,15-0,6	0,68
Natrium	mg/l	2	0,5-3,0	3,09
Magnesium	mg/l	0,31	0,01-0,05	0,27
Calcium	mg/l	1,28	0,03-0,2	1,1
Sulfat	mg/l	0,88	0,05-0,2	0,67
Fosfor	mg/l		0-0,001	
Fosfat	mg/l	0,006		0
Strontium	mg/l			0
Barium	mg/l			0
Bikarbonat	mg/l		0,2-1,2	2,1
Fluor	mg/l			0
Brom	mg/l			0
Siliciumdioxid	mg/l			0
Baron	mg/l			0
CO2	mg/l			1,53

Flow, koncentrat (retentat) og affaldsstrømme

I Tabel 8-9 er vist indgående flow til vandbehandlingsanlæg, mængde betonvand (permeat) og koncentrat (retentat) inkl. affaldsstrømme for de 3 tilbud samt hvad der blev estimeret i maj 2022. Krüger har regnet med en lavere genindvindingsgrad, hvorfor deres indgående flow og retentat er højere.

Tabel 8-9 Angivet daglige flows for de tre tilbud for rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg

	Enhed	November 2022			Maj 2022 – 250.000 m ³ /år
		BWT	Krüger	E+H GmbH	
Indgående flow (spildevand)	m ³ /dag	1.392	1.752	1.330	1.522
Betonvand (permeat)	m ³ /dag	1.032	1.032	1.032	1.032
Koncentrat (retentat)	m ³ /dag	360	720	298	495

Det er kun en leverandør (E+H GmbH), der har angivet detaljer om retentatets sammensætning, hvilket inkluderer affaldsstrømmen for tilbageskylling, CEB. Deres beregnede koncentrationer på retentat og affaldsstrømmen er vist i Tabel 8-10. Tidligere beregnede retentatkoncentrationer er ligeledes vist i tabellen.

E+H GmbH's beregnede koncentrationer ligger lidt højere end de tidligere beregnede maksimale koncentrationer.

Tabel 8-10 Forventede retentat koncentrationer for rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg

	Enhed	Maksimale indløbs-koncentrationer	Tidligere beregnede maksimale retentatskoncentrationer	E+H GmbH retentat koncentrationer
TOC	mg/l	10	40	50
TSS	mg/l	11	44	<1
pH	-	8,4	33,6	8,2
Calcium	mg/l	160	640	1.136
Magnesium	mg/l	39	156	276,9
Natrium	mg/l	250	1.000	1.767
Kalium	mg/l	37	148	260,1
Na ₂ O-eq	mg/l	365,3	1.461	
Klorid	mg/l	670	2.680	4.746
Sulfat	mg/l	110	440	781,4
Nitrat	mg/l	7,3	29,2	50,3
Fosfor	mg/l	0,7	2,8	

8.2.2 Havvand

De tre tilbud er alle baseret på processpecifikation som er vedlagt under Bilag 10, og alle tilbud er baseret på en procesløsning med følgende udstyr:

- Forbehandling (filter og/eller UF membran-filtrering)
- RO membran-filtrering
- Automation
- Vandtank til tilbageskylning af filter og CEB

De 3 tilbud kan ses under Bilag 11-13.

Pris for UV-anlæg som efterpolering et separat tilbud fra en leverandør, fra Krüger, præsenteret i Bilag 9.

Anlægsomkostninger

Leverandørernes tilbudspriser for anlægsomkostninger er præsenteret i Tabel 8-11 og beskrives nærmere i de efterfølgende afsnit. Et af tilbuddene er højre anlægsomkostninger end den estimerede pris fra maj 2022.

Tabel 8-11 Leverandørernes tilbudspriser for afsaltning af havvand

	November 2022			Maj 2022 – 250.000 m ³ /år (DKK)
	BWT (DKK)	Krüger (DKK)	E+H GmbH (DKK)	
SWRO-anlæg	6.200.000	12.171.283	16.835.637	16.600.000
UV-anlæg		192.100		820.000

BWT

BWT er baseret på et skid-mounted plug-and-play system, med to parallelle system der behandler 2x50% kapacitet. Forbehandlingslinjer med sandfilter og patron filter. Derefter RO-membranfiltrering. Systemet har en flux på 16 LMH for RO-membranerne. Genindvindingsgraden for hele systemet er estimeret til 50% med et indgående flow på 86 m³/time og et retentat flow på 43 m³/time, hvilket giver et årligt retentat på 376.700 m³. Permeat kvaliteten er sat til 1-3% i saltindhold og TDS på <100 mg/l. Levetiden på filtrene er estimeret til 3-4 måneder og RO-membranernes levetid er sat til 5 år.

De anbefaler, at man tager havvandet fra en strandbrønd, da det minimerer risiko for belægning på membranen. De har valgt en løsning uden UF-filtrering, kun filter med filtermedie. Der mangler detaljeret data på udgående vandkvalitet. Der mangler data på kemikalier og kemikalieforbrug.

Krüger

Krüger har tilbudt en løsning baseret på deres standardudstyr. Deres løsning har to parallelle systemer der behandler 2x50% kapacitet, med hver to parallelle forbehandlingslinjer med filtermedia, efterfulgt af en linje med RO-membranfiltrering. Systemet har en flux på 14 LMH for RO-membranerne. Genindvindingsgraden for hele systemet er estimeret til 42% med et indgående flow på 112 m³/time og et retentat flow på 70 m³/time, hvilket giver et årligt retentat på 608.800 m³. Permeat kvaliteten er sat til 1-3% i saltindhold. Levetiden på filtrene er estimeret til 5 år og membranens levetid er sat til 2-3 år.

De har valgt en løsning uden UF-filtrering, derimod to trin for-filtrering med patronfilter og diskfilter. Der mangler detaljerede data på udgående vandkvalitet. Der mangler data på kemikalier og kemikalieforbrug.

E+H GmbH

E+H GmbH har designet et anlæg til specifikt at matche de krav, der er stillet i processpecifikationen. Deres løsning har to parallelle systemer med hver et for-filter, herefter UF-filtrering og slutligt RO-filtrering. Systemet har en flux på 65,2 LMH for UF-membranerne og 14,9 LMH for RO-membranen. Genindvindingsgraden for hele systemet er estimeret til 45% med et indgående flow på 98 m³/time og et retentat flow på 55 m³/time, hvilket giver et årligt retentat på 480.000 m³. Permeatkvaliteten er beregnet til 71,9 mg Cl/l og <124 mg TDS/l. Yderligere parametre er tilgængeligt i deres tilbud. Levetiden på filtrene er estimeret til 3-4 måneder og membranernes levetid er sat til 10 år for UF-membranerne og 5 år for RO-membranerne.

De har valgt at inkludere en varmeveksler i deres design for at mindske driftstrykket på pumperne, hvilket giver et lavere energiforbrug. De har også valgt at have UF-filtrering som yderligere forbehandling. Dette er for at mindske risikoen for belægning på RO-membranen og sikre at eventuelle algeopblomstring ikke påvirker systemet. De har desuden valgt at brug CCRO-membraner, hvilke til forskel for standard RO-membraner drives med et cirkulations-flow ved lavere og variabelt tryk og dermed har et lavere energiforbrug og tilsmudsning.

Driftsomkostninger

Leverandørernes tilbudspriser for driftsomkostninger er præsenteret i Tabel 8-12, og beskrives nærmere i de efterfølgende afsnit. De estimerede driftsomkostninger er alle lavere end estimeret maj 2022.

Tabel 8-12 Driftsomkostningerne ved de forskellige tilbud for havvand

	November 2022			Maj 2022 – 250.000 m ³ /år (DKK)
	BWT (DKK)	Krüger (DKK)	E+H GmbH (DKK)	
Energiforbrug SWRO-anlæg	828.696	1.059.960	945.666	1.960.252
Kemikalieforbrug	103.644	103.644	24.490	103.644
Filter-og Membranudskiftning	88.000	240.000	109.582	103.644
Total	1.020.340	1.404.000	1.079.738	2.167.540

Energi

Omkostningerne til energi er beregnet med en pris på 1 DKK/kWh. Energiforbruget ligger på omtrent samme niveau for alle tre leverandører.

Kemikalier

E+H GmbH udmærker sig med et meget lavere kemikalieforbrug, hvilket delvis skyldes at de bruger CCRO-membraner med recirkulation og højre cross-flow, hvilket mindsker risikoen for belægninger og dermed mindsker behovet af kemikalier. BWT og Krüger har angivet begrænset detaljer om forbrug og er derfor estimeret til det samme niveau som Maj 2022-250.000m³/d. BWT og Krüger er dermed estimeret til højere udgifter til kemikalier mens E+H GmbH ligger lavere.

Filter-og membranudskiftning

BWT og E+H GmbH har omtrent lige højre udskiftningsomkostning og har estimeret deres membranlevetid til 5 år for BWT og henholdsvis 10 og 5 år for E+H GmbH. Maj 2022 blev

membranlevetiden estimeret til 3 år. Krügers membranlevetid er sat til 2 år, da de har angivet 2-3 år levetid. Prisfluktuationerne der er på markeden, kan være en påvirkende faktor.

Anlægs- og driftsøkonomi

Med udgangspunkt i de tre tilbud er anlægs- og driftsomkostninger pr. m³ betonvand beregnet for de tre tilbud, samt som et gennemsnit. Resultatet fremgår af Tabel 8-13, hvor der til sammenligning kan ses den estimerede anlægs- og driftsomkostning fra maj 2022. Det ses, at den samlede anlægs- og driftsøkonomi justeres fra 13-24 DKK/m³ betonvand til 10-21 DKK/m³ betonvand.

Tabel 8-13 Totale omkostning for afsaltning af havvand

	Enhed	November 2022				Maj 2022 - 250.000 m ³ /år
		BWT	Krüger	E+H GmbH	Gennemsnit	
Anlægsomkostninger (±30%)	Mio. DKK	22,6-42,0	28,0-52,0	32,3-60,0	22,6-60,0	32,1-59,6
Driftsomkostninger (±15%)	Mio. DKK	4,0-7,4	4,3-7,9	4,0-7,5	4,0-7,9	4,9-9,1
Total driftsomkostning pr. m ³ vand leveret inkl. devaluering af anlægsomkostning	DKK/m ³	10,5-19,6	11,4-21,1	10,7-19,8	10,5-21,1	13,0-24,2

Betonvand (permeat)

Med udgangspunkt i de 3 tilbud er leverandørernes forventede indhold i betonvandet vist i Tabel 8-14.

Tabel 8-14 Leverandørernes forventede indhold i betonvand (permeat)

	Enhed	Krüger	BWT	E + H GmbH
pH		7,29	5,5-6,5	5
Ledningsevne	uS/cm	267,36		259
TSS	mg/l	0,09		
TDS	mg/l	124,7		124
Klorid	mg/l	74,35	8-62	71,94
Kvælstof	mg/l	18,64		
Nitrat	mg/l			0,01
Ammonium	mg/l			0
Kalium	mg/l	0,78	0,2-1,6	1,61
Natrium	mg/l	35,02	4,5-35	38,6
Magnesium	mg/l	2,55	0,1-0,9	1,39
Calcium	mg/l	8,4	0,4-2,9	4,53
Sulfat	mg/l	3,6	0,1-1,1	0,6
Fosfat	mg/l			0
Strontium	mg/l			0,02
Barium	mg/l			0
Bicarbonat	mg/l		0-0,01	1,48
Fluor	mg/l			0,01
Brom	mg/l			0,4
Siliciumdioxid	mg/l			0,01
Baron	mg/l			0,59
CO2	mg/l			24,04

Flow, koncentrat (retentat) og affaldsstrømme

I Tabel 8-15 er vist indgående flow til vandbehandlingsanlæg, mængde betonvand (permeat) og koncentrat (retentat) inkl. affaldsstrømme for de 3 tilbud samt hvad der blev estimeret i maj

2022. Krüger har regnet med en lavere genindvindingsgrad, hvorfor deres indgående flow og retentat er højere.

Tabel 8-15 Angivet daglige flows for de tre tilbud for afsaltning af havvand

	Enhed	November 2022			Maj 2022 – 250.000 m ³ /år
		BWT	Krüger	E+H GmbH	
Indgående flow (havvand)	m ³ /dag	2.064	2.700	2.347	2.556
Betonvand (permeat)	m ³ /dag	1.032	1.032	1.032	1.032
Koncentrat (retentat)	m ³ /dag	1.032	1.668	1.315	1.524

Der er kun en leverandør (E+H GmbH), der har angivet detaljer om retentatets sammensætning, hvilket inkluderer affaldsstrømmen for tilbageskyllning, CEB og CIP. Deres beregnede koncentrationer på retentat og affaldsstrømmen er vist i Tabel 8-16. Tidligere beregnede retentatkoncentration er ligeledes vist i tabellen.

E+H GmbH's beregnede koncentrationer er noget højere end de tidligere beregnede maksimale koncentrationer.

Tabel 8-16 Forventede retentat koncentrationer for afsaltning af havvand

	Enhed	Maksimale indløbs- koncentrationer	Tidligere beregnet maksimale retentats- koncentrationer	E+H GmbH retentat koncentrationer
TOC	mg/l	1	2	
TSS	mg/l	29	52	
pH		8,1	15	6,8
Calcium	mg/l	2.800	5.040	5.626
Magnesium	mg/l	850	1.530	1.708
Natrium	mg/l	7.273	13.091	14.585
Kalium	mg/l	260	468	521,2
Na2O-eg	mg/l	9.776	17.597	
Klorid	mg/l	18.000	32.400	35.876
Sulfat	mg/l	1.200	2.160	2,479
Saltindhold	mg/l	20.000	36.000	61.226

8.2.3 Overfladevand fra Strandholm Pumpestation

To af leverandørerne har givet deres vurdering til design af et vandbehandlingsanlæg til rensning af overfladevand. Deres vurdering er ikke givet på baggrund af data fra overfladevand fra Strandholm Pumpestation, men ud fra deres tidligere erfaring med behandling af overfladevand.

E+H GmbH

E+H GmbH vurderer at vandbehandlingsanlægget vil ligne det foreslåede anlæg for rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg. Forbehandlingen er vigtig for at beskytte membranen. Da der er en lavere biologisk aktivitet i overfladevand end i spildevand, vil der være mindre risikoen for biologisk belægning på membranerne og dermed mindre kemikalieforbrug.

Krüger

Krüger vurderer også at vandbehandlingsanlægget vil ligne det foreslåede anlæg for rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg, men foreslår at bruge et Actiflow som første trin i forbehandlingen, for at sikre, at mindre partikler bliver fanget og sikre gode betingelser for den efterfølgende membranfiltrering.

Krüger har givet et tilbud på 19.329.446 DKK, hvilket er højere end tilbuddene for både havvand og spildevand. Energiforbrug og genindvindingsgraden er på størrelse med vandbehandlingsanlægget for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg, mens kemikalieforbruget er en faktor 3 større. Det høje kemikalieforbrug skyldes, at de har foreslået et yderligere trin med actiflow rensning.

På baggrund af Krügers input kan en anlægs- og driftsomkostning for overfladevand beregnes, dog er det vigtigt at pointere at denne beregning ikke er baseret på overfladevand fra Strandholm Pumpestation, men en enkelt leverandørs erfaring med rensning af overfladevand.

Beregningen viser en anlægsomkostning på mellem 32-60 mio. DKK og med driftsudgifter på mellem 3,3-6,1 mio. DKK. Omregnes dette til en omkostning pr. m³ betonvand bliver det mellem 8-17 DKK/m³.

8.2.4 Dimensioner af anlæg

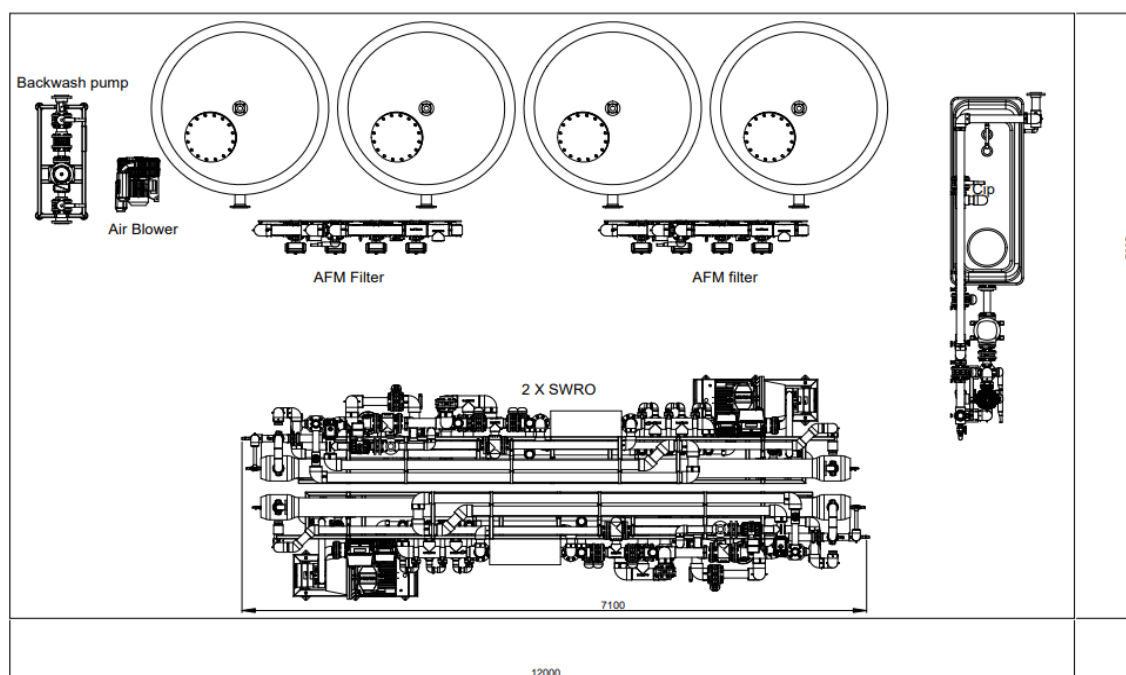
Leverandørerne har estimeret dimensioner og lavet layout for begge deres tilbud. Dimensionerne og estimat fra "maj 2022" er præsenteret i Tabel 8-17.

Tabel 8-17 Leverandørernes estimerede dimensioner for deres tilbud

	November 2022			Maj 2022 (meter)
	BWT (meter)	Krüger (meter)	E+H GmbH (meter)	
WRF-anlæg (L x B)	11 x 7,0	26,6 x 15,2	24,0 x 24,0	25,0 x 20,0
SWRO-anlæg (L x B)	12 x 7,0	26,6 x 15,2	30,0 x 24,0	25,0 x 25,0

BWT

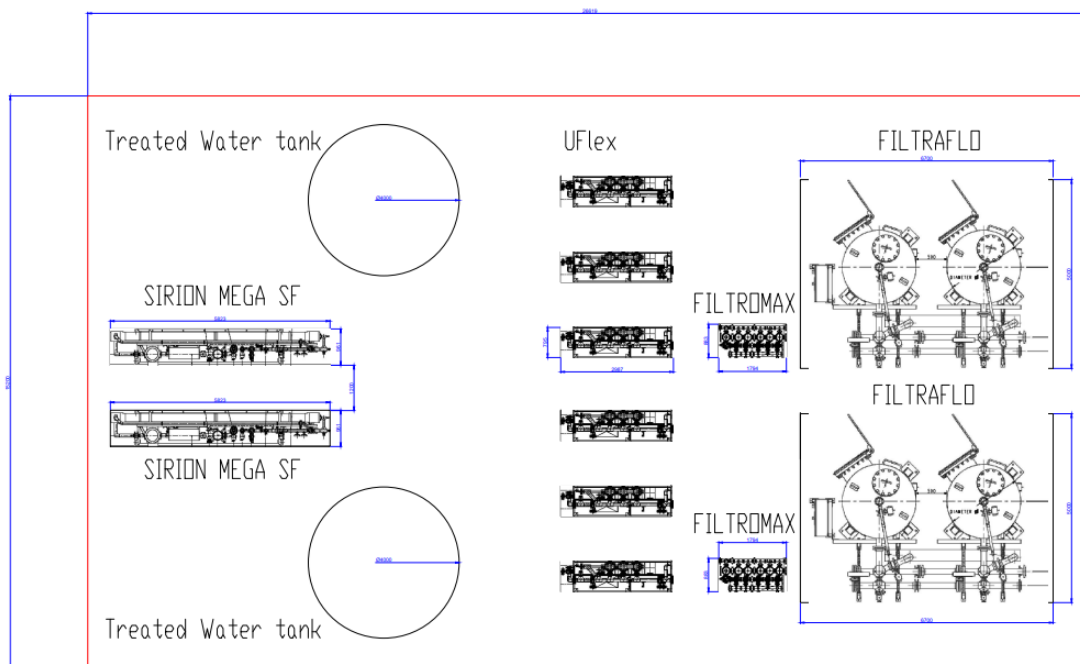
BWT har angivet et mindre areal i begge deres tilbud. Deres anlæg er skid-mounted og derfor et kompakt anlæg. Arealen ekskluderer permeattanke til tilbageskylning. Deres layouts er tilgængelig under Bilag 6 og Bilag 11.



Figur 8-1 out fra BWT over afsaltningsanlæg til havvand

Krüger

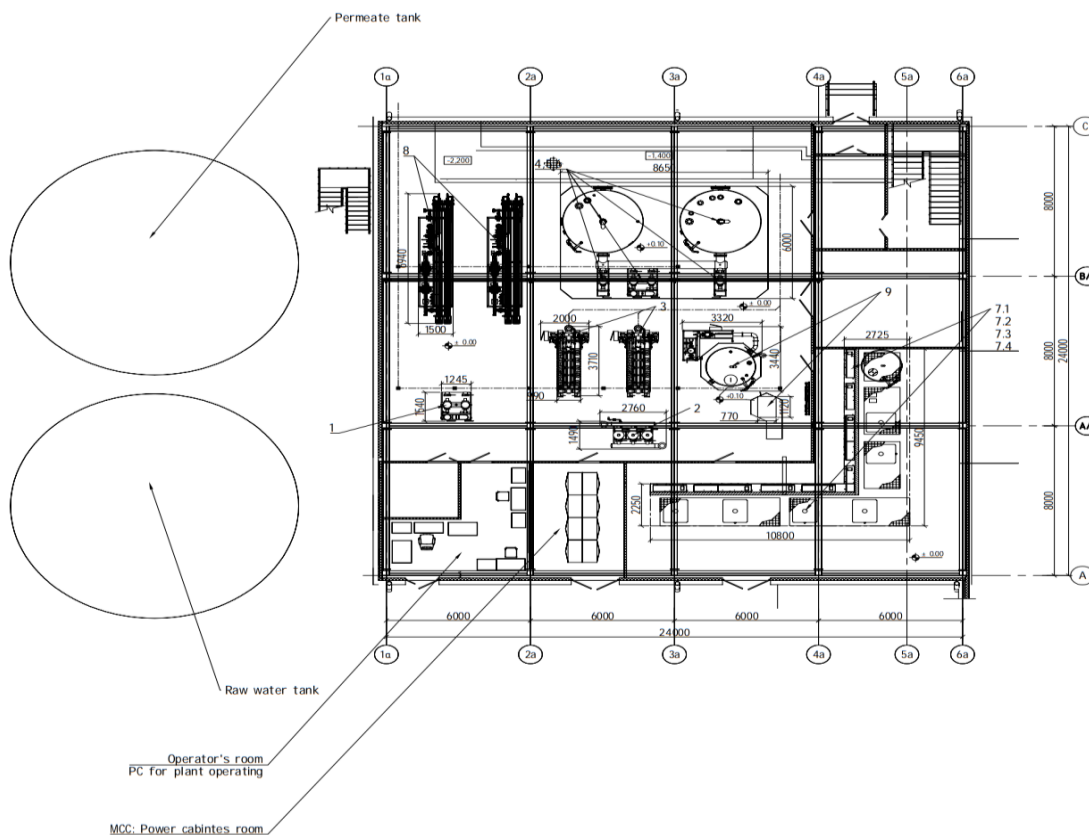
Krügers dimensioner er de samme for begge løsninger. Arealen inkluderer permeattanke til tilbageskylning. Deres layouts er tilgængelig under Bilag 8 og Bilag 13.



Figur 8-2 Layout fra Krüger over afsaltningsanlæg til havvand

E+H GmbH

E+H GmbH layout inkluderer permeattanke til tilbageskylning, dertil kemikalieum, operatørrum og el. Deres layouts er tilgængelig i Bilag 7 og Bilag 12.



Figur 8-3 Layout fra E+H GmbH over afsaltningsanlæg til havvand

Støj

Vandbehandlingsanlægget etableres i en lukket bygning og derfor forventes ingen udendørs støj.

9. MILJØMÆSSIG BÆREDYGTIGHEDSVURDERING

Bæredygtighed kan måles og vurderes på mange forskellige parametre indenfor det sociale, miljømæssige og økonomiske. Bæredygtighed, overordnet set, er nødt til at blive betragtet som en helhed, da de tre aspekter hænger sammen, derfor er mange virksomheder begyndt at tænke på "den tredobbelte bundlinje", hvor både sociale og miljømæssige aspekter indregnes i deres økonomiske bundlinje. Den mest kendte, anvendte og kvantificerbare form for bæredygtighedsvurdering i industrien falder inden for det miljømæssige aspekt, bæredygtighedsvurderingen i dette kapitel er dermed også vurderet ud fra miljømæssige parametre.

Den miljømæssige bæredygtighed af de alternative vandforsyninger vurderes på baggrund af fordele og ulemper i en række vurderingskriterier. Kriterier, der sammenlignes, er CO₂-aftrykket af energiforbrug i anlægsfasen samt fremtidigt energiforbrug til rensning og transport af vand, CO₂-aftrykket og marin økotoksicitet af kemikalieforbrug samt antal og levetider af membraner brugt i rensning.

CO₂-aftrykket kan beregnes ud fra en emissionsfaktor. Emissionsfaktoren afhænger af energikilden, da forskellige energikilder har forskellige påvirkninger på miljøet. Det danske elnet er en sammensætning af forskellige energikilder og er i konstant forandring, til udregningerne bruges derfor en emissionsfaktor for det danske energimix, som er et udtryk for den gennemsnitlige energi sammensætning i Danmark.

I takt med den grønne omstilling forventes emissionsfaktoren at blive lavere jo længere ud i fremtiden vi kigger. Der er lavet forskellige fremskrivninger af de fremtidige emissionsfaktorer, til beregninger i denne rapport bruges emissionsfaktorer fra Energistyrelsen, vist nedenfor. Energistyrelsens Basisfremskrivning 2020 er ligeledes den som Miljøstyrelsen anvendte i 2020 i forbindelse med at vandselskaberne i 2021 skulle indberettet til Parismodellen for Klima- og energineutral vandsektor:

2020-2024:	0,111 kg CO ₂ eq/kWh el
2025-2029:	0,050 kg CO ₂ eq /kWh el
2030 og frem:	0,012 kg CO ₂ eq/kWh el

Udover CO₂-aftrykket fra energiforbruget udføres der også beregninger på både CO₂-aftryk og økotoksicitet af kemikalier brugt i forbindelse med den rensning, som de alternative vandressourcer skal igennem for at være egnet som betonvand. Marin økotoksicitet er et parameter, der beskriver, hvor toksiske kemikalier er for havets økosystem, og er valgt da udledningen fra vandbehandlingsanlæggene sker til havet. På den måde beskrives kemikalieforbrugets påvirkning på både globalopvarmning og på vandmiljøet og giver et lidt bredere perspektiv på miljøpåvirkningerne. Miljøpåvirkningerne stammer fra hele livscyklussen, og er dermed også et udtryk for miljøpåvirkning, der finder sted ved kemikalieproduktionen udvinding af råstoffer m.m.

På baggrund af vurderingerne gives en smiley, hvor ved lavest score gives en mørkerød sur smiley (længst til venstre nedenfor) og ved højest score gives en mørkegrøn meget glad smiley (længst til højre nedenfor).



Den miljømæssige bæredygtighed vurderes separat på henholdsvis anlægs- og driftsfasen.

Anlægsfasen

Når der udelukkende ses på den miljømæssige bæredygtighed i anlægsfasen, vurderes de 3 alternative vandforsyninger overvejende at være ens:

- Der skal etableres en bygning på 1.200 m³ til vandbehandlingsanlægget, bygningen vil være mere eller mindre ens uanset hvilken af de 3 vandbehandlingsanlæg den skal rumme.
- Der skal anlægges rørledning, så der kan komme alternativ vand til vandbehandlingsanlægget - fra Rødbyhavn Renseanlæg (ca. 1.000 meter), fra Strandholm Pumpestation (ca. 350 meter) eller fra Femern Bælt (ca. 1.000 meter).
- Der skal anlægges rørledning til betonvand, som skal ledes til betonelementfabrikken. Denne rørledning vil have samme længde for alle 3 alternativer.
- Der skal anlægges rørledning til koncentrat fra vandbehandlingsanlægget til enten Femern Bælt (ca. 1.000 meter) eller Rødbyhavn Renseanlæg (ca. 1.000 meter).
- Selve vandbehandlingsanlægget etableres, og der indkøbes membraner. Anlægget inkl. rør og pumper vil være større for anlægget til afsaltning af havvand end anlægget til rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg, da der er en lavere genindvindingsgrad ved havvand end spildevand. Dog vil den miljømæssige bæredygtighed være væsentligt mere påvirket af driftsfasen (se næste afsnit) fra de to anlæg end deres anlægsfase.
- Anlæggene har i anlægsfasen ca. samme membranforbrug på henholdsvis 3.000-3.709 m² for spildevand og 2.688-3.545 m² for havvand. Levetiden af membranerne er derudover ikke ens, hvilket påvirker den miljømæssige bæredygtighed i driftsfasen (se næste afsnit).

Driftsfasen

I driftsfasen er der flere områder som adskiller de 3 alternativer:

- Energiforbrug
- Kemikalietyper og forbrug
- Membrantyper og levetid

De enkelte punkter er nærmere beskrevet og vurderet mht. miljømæssig bæredygtighed i det efterfølgende.

Energiforbrug

Der er generelt korte pumpningsafstande, og de er længdemæssigt meget ens for de 3 alternative vandforsyninger. Der, hvor der er kortest, er der til gengæld lidt mere løftehøjde, det kan derfor antages, at den miljømæssige bæredygtighed er ens for de 3 alternative vandforsyninger hvad angår pumpning til og fra vandbehandlingsanlægget:

- Spildevand: pumpning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg til vandbehandlingsanlægget (ca. 1 km), koncentrat retur til havet (ca. 1 km) og rent vand til betonelementfabrikken (ca. 800 meter til midten af fabrikken).
- Overfladevand: pumpning af overfladevand fra Strandholm Pumpestation til vandbehandlingsanlægget (ca. 350 m), koncentrat retur til havet (ca. 1 km) og rent vand til betonelementfabrikken (ca. 800 meter til midten af fabrikken).
- Havvand: pumpning af havvand (havindvindingen) til vandbehandlingsanlægget (ca. 1 km), koncentrat retur til havet (ca. 1 km) og rent vand til betonelementfabrikken (ca. 800 meter til midten af fabrikken).

Der er stor forskel i energiforbruget til rensning af de alternative vandforsyninger. Tallene, der er anvendt, og præsenteret i Tabel 9-1, er et gennemsnit af energiforbruget fra tilbud fra de 3 leverandører. Tallene vist i parentes er inkl. energiforbrug til pumpning. Der er derudover også indsat tidligere estimater fra maj 2022 (250.000 m³/år).




Tabel 9-1 Energiforbrug til rensning af de alternative vandforsyninger, tal i parentes er inkl. pumpning

	Spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg		Overfladevand fra Strandholm Pumpestation	Havvand	
	November 2022	Maj 2022	November 2022	November 2022	Maj 2022
Energiforbrug til rensning af vand i kWh/år	433.725 (599.907)	1.019.252 (1.200.000)	580.450 (746.632)	944.774 (1.110.956)	1.960.952 (2.100.000)
CO ₂ -aftryk pr. år i årene 2025-2030 i kg CO ₂ eq/kWh	21.686 (29.023)	50.963 (59.272)	29.023 (37.332)	47.239 (55.548)	98.048 (106.357)
CO ₂ -aftryk pr. år fra år 2030 i kg CO ₂ eq/kWh	5.205 (6.965)	12.231 (14.225)	6.965 (8.960)	11.337 (13.331)	23.531 (25.526)

Det ses, at et anlæg til afsaltning af havvand bruger over dobbelt så meget energi på årsbasis som et anlæg til rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg. Dette skyldes store forskelle i stofkoncentrationerne i vandet samt flowet over membranerne. I tabellen ses også det fremtidige CO₂-aftryk på baggrund af det årlige energiforbrug. Tallene er beregnet med emissionsfaktorer fra energistyrelsens basisfremskrivning for fremtidig dansk energimix.

CO₂-aftrykket fra rensning af havvand er over dobbelt så højt som fra rensningen af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg. Der er vurderet at CO₂-aftrykket for rensning af overfladevand fra Strandholm Pumpestation ligger lidt højere end rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg.

På baggrund af ovenstående scores spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg bedst, mens havvand scores dårligt.

Spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg	Overfladevand fra Strandholm Pumpestation	Havvand
		

Kemikalietyper og forbrug

Kemikalieforbruget i vandrensningen er ligeledes forskellig for henholdsvis rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg og afsaltning af havvand. Dette fremgår af Tabel 9-2, hvor kemikalieforbruget bliver sammenlignet på mængde og to udvalgte miljøpåvirkningskategorier:

- Globalopvarmning: udtrykt i CO₂-aftrykket i kg CO₂eq samt
- Marin økotoksikologi: udtrykt i kg 1,4-DB eq (1,4-dichlorobenzene ækvivalenter) pr. år

Emissionsfaktorer til beregning af de to miljøpåvirkningskategorier stammer fra ecoinvent databasen og er gældende for beregningstidspunktet.

Ligesom ved energiforbrug hvor emissionsfaktoren for el forventes at falde frem mod 2030, vil der formentligt også være et faldt i emissionsfaktoren fra kemikalierne. Ændringen i emissionsfaktoren er dog sværere at estimere for kemikalier end for el, da disse ikke produceres i Danmark og faktorerne afhænger meget af hvilke lande kemikalierne råstoffer udvindes samt

hvor og hvordan kemikalierne produceres. Lande med brug af grøn energi vil kunne produceres kemikalier med væsentligt lavere emissionsfaktor end lande der fortsat har stor brug af fossile brændstoffer.

Tabel 9-2 Kemikalieforbrug til rensning og afsaltning, hvor CO2 aftryk er beregnet for år 2022




	Spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg			Havvand		
	Mængder	CO ₂ -aftryk kg CO ₂ eq/år	Marin økotoksikologi	Mængder	CO ₂ -aftryk kg CO ₂ eq/år	Marin økotoksikologi
Anti-scalant	511 kg/år	-	-	949 kg/år	-	-
NaOCl (12%)	8.176 l/år	8.258	175	241 l/år	243	5
Citric acid (50%)	219 l/år	1.899	172	55 l/år	475	43
NaOH (50%)	475 l/år	641	10	454 l/år	613	10
H ₂ SO ₄ (92%)	146 l/år	24	1	19.747 l/år	3.238	187
Sum	-	10.821 (+CO ₂ -bidrag fra 511 kg/år antiscalant*)	359	-	4.569 (+CO ₂ -bidrag fra 949 kg/år antiscalant*)	245

*Antiscalant: Det har ikke været muligt at beregne CO₂-aftryk for antiscalant, da den præcise sammensætning af stoffet ikke er kendt.

Der er stor forskel i mængden af kemikalier, der bruges i vandrensningsanlægget for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg og havvand. Det ses, at mængden af antiscalant er næsten dobbelt så højt for havvand ift. spildevand. Det har ikke været muligt at beregne CO₂-aftryk og økotoksicitet på denne, da den præcise sammensætning af stoffet ikke er kendt. For de andre kemikalier ses, at kemikalieforbruget til rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg har et over dobbelt så højt CO₂-aftryk end afsaltning af havvand samtidigt med, at den marine økotoksikologi også score 32% højere. Hertil skal det pointeres, at havvand har et større forbrug af antiscalant, som ikke er medregnet i CO₂-aftryk og økotosikologi. Medregnes antiscalant vil forskellen mellem de to alternative vandforsyninger være mindre.

Der er ikke data for overfladevand, men ud fra tidligere prøver og dialog med leverandørerne om rensning af overfladevand vurderes rensning af overfladevand fra Strandholm Pumpestation at have samme miljøpåvirkning som rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg. Det underbygges af de eksisterende analyser, dialog med leverandørerne omkring deres erfaring med rensning af overfladevand, hvor de blandt andet har oplyst, at der forventes samme brug af kemikalier som ved rensning af spildevand. Dog har Krüger oplyst et kemikalieforbrug, der er 3 gange så højt, men dette skyldes, at de har foreslået en forbehandling med actiflow, hvor der anvendes aluminium baseret coagulant og polymer.

På baggrund af ovenstående, gives scoringer som ligger relativt tæt på hinanden, hvor den bedste gives til afsaltning af havvand.

Spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg	Overfladevand fra Strandholm Pumpestation	Havvand
		

Membrantyper og levetid

Antal af membraner er forskelligt og afhængig af, hvilken type vand, der renses. For et vandbehandlingsanlæg til afsaltning af havvand vil der fx være flere RO-membraner og færre UF-membraner end i et vandbehandlingsanlæg til rensning af spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg.




I Tabel 9-3 er vist membranernes levetid og antal membraner (omregnet til areal i m²) ud fra tilbud fra de 3 leverandører. På baggrund af en anlægslevetid på vandbehandlingsanlægget på 25 år, er membranarealerne omregnet til et årligt udskiftningsareal for de forskellige tilbud samt som et gennemsnit for henholdsvis spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg og havvand.

Tabel 9-3 Antal nødvendige membraner for rensning af henholdsvis spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg og afsaltning af havvand

	Enhed	Spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg			Havvand		
		BWT	E+H GmbH	Krüger	BWT	E+H GmbH	Krüger
UF levetid	år	6-8	10	3-5	-	10	-
RO levetid	år	6-8	5	2-3	5	5	2-3
Installeret UF-areal	m ²	683	729	1.152	-	660	-
Installeret RO-areal	m ²	3.116	2.905	1.850	2.688	2.886	3.116
Total membranareal	m ²	3.799	3.634	3.002	2.688	3.545	3.116
Levetid anlæg	år	25	25	25	25	25	25
Antal udskiftninger, UF		4,2	2,5	8,3	-	2,5	-
Antal udskiftninger, RO		4,2	5	12,5	5	5	12,5
UF udskiftningsareal	m ² /år	2.846	1.822	9.600	-	1.649	-
RO udskiftningsareal	m ² /år	12.983	14.527	23.125	13.440	14.430	38.950
Totalt udskiftningsareal	m ² /år	15.829	16.349	32.725	13.440	16.078	38.950
Gennemsnit	m ² /år	21.634			22.823		

Det ses, at de to forskellige vandforsyninger ikke har stor forskel på, hvor stor udskiftning der er af membran. For spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg er der vurderet 21.634 m² årligt, mens der for havvand er vurderet 22.823 m² årligt. Der ses dog en stor forskel på de forskellige løsninger leverandørerne har tilbud for henholdsvis spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg (15.829 – 32.725 m² membranudskift årligt) og havvand (13.440 – 38.980 m² membranudskift årligt).




På baggrund af ovenstående vurderes det, at der ikke er en nævneværdig miljømæssig forskel på de to alternative vandforsyninger. Rensning af overfladevand vurderes at ligge på niveau med de to andre alternative vandforsyninger.

Spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg	Overfladevand fra Strandholm Pumpestation	Havvand
		

Samlet vurdering

I 2025-2023 kommer den største miljømæssige belastning fra energiforbruget med et mindre bidrag fra kemikalieforbrug. Membranudskift giver også et CO₂-bidrag, men da membranudskift generelt er lige stort ved alle 3 alternative vandforsyningerne, ændrer den ikke på de samlede bidrag.

Fra 2030 vil der forventelig komme et stort fald i den miljømæssige belastning fra energiforbruget grundet den grønne omstilling, og hvis man fortsat får kemikalier der er udvundet og produceret i lande med stort brug af fossile brændstoffer, vil det største bidrag kunne komme fra kemikalierne.

CO₂-aftryk pr. år i kg CO₂eq/kWh	Spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg	Overfladevand fra Strandholm Pumpestation	Havvand
Energiforbrug 2025-2030	29.023	37.332	106.357
Energiforbrug Efter 2030	6.965	8.960	25.526
Smiley score			

10. KONKLUSION OG PERSPEKTIVISERING

Til betonelementfabrikken i Rødbyhavn er der i nærværende rapport vurderet på vandkvalitetskrav for anvendelse af tre alternative vandforsyninger til betonvand – spildevand fra udløbet af Rødbyhavn Renseanlæg, overfladevand fra Strandholm Pumpestation og havvand. Datagrundlaget for overfladevand er begrænset, og den er derfor ikke vurderet i samme omfang som de to andre alternative vandforsyninger, hvor der er indhentet tilbud fra 3 europæiske leverandører.

For at kunne anvende de alternative vandforsyninger som betonvand er der et særligt behov for rensning, specielt for organisk stof, klorid og bakterier. En almindelig brugt renseteknologi til denne type rensning er membranbaserede teknologier. Membranteknologi er en filtreringsteknologi baseret på en fysisk separationsproces, som fjerner forurening i vand. Membranteknologierne nanofiltrering og omvendt osmose er specielt relevante, da de kan fjerne monovalente ioner med lille molekylvægt som klorid og natrium. Når klorid er bragt ned til et acceptabelt niveau, vil langt de fleste andre stoffer også være at finde i meget lave koncentrationer og med lav variation.

Der er for de enkelte alternativer opstillet vandbehandlingsanlæg, som alle inkluderer membranrensning igennem ultrafiltrering og omvendt osmose. På baggrund af de modtagende tilbud har de 3 leverandører vurderet nedenstående koncentrationer i det rensede betonvand.

Tabel 10-1 Leverandørernes estimerede indhold i permeat




	Enhed	Spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg			Afsaltet havvand		
		Krüger	BWT	E + H GmbH	Krüger	BWT	E + H GmbH
pH		7,68	5,5-6,5	6,4	7,29	5,5-6,5	5
TDS	mg/l	10,77		14,48	124,7		124
Klorid	mg/l	5,94	0,7-4,3	6,26	74,35	8-62	71,94
Nitrat	mg/l		0,01-0,3	0,3			0,01
Kalium	mg/l	0,3	0,15-0,6	0,68	0,78	0,2-1,6	1,61
Natrium	mg/l	2	0,5-3	3,09	35,02	4,5-35	38,6
Magnesium	mg/l	0,31	0,01-0,05	0,27	2,55	0,1-0,9	1,39
Calcium	mg/l	1,28	0,03-0,2	1,1	8,4	0,4-2,9	4,53
Sulfat	mg/l	0,88	0,05-0,2	0,67	3,6	0,1-1,1	0,6
Fosfor	mg/l		0-0,001				
Fosfat	mg/l	0,006					
Bikarbonat	mg/l		0,2-1,2	2,1		0-0,1	1,48

Anlægs- og driftsomkostninger er beregnet på baggrund af det vidensniveau, der er på nuværende tidspunkt. Beregnet med udgangspunkt i at 1 kWh koster 1 DKK. Devalueringen af anlægsomkostningen er inkluderet i dette, og er beregnet baseret på 20 år for bygninger og 15 år for alle andre anlægsomkostninger. Der er ligeledes indhentet tilbud fra 3 europæiske leverandører på anlægs- og driftsudgifter. Den total omkostning ligger på mellem 7-15 DKK/m³ for spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg og 10-21 DKK/m³ for havvand.

Rensning af overfladevand fra Strandholm Pumpestation forventes at ligge imellem de to beregnede alternativer, og er estimeret til at ligge mellem 8-17 DKK/m³ (baseret på vurdering fra én leverandør med udgangspunkt i deres erfaring med rensning af overfladevand).

De 3 anlæg til rensning af alternativ vand er overvejende ens og der er derfor i bæredygtighedsvurderingen kun regnet på de miljømæssige CO₂-belastninger hvor anlæggene adskiller sig nævneværdigt fra hinanden. I 2025-2023 kommer den største miljømæssige belastning fra energiforbruget med et mindre bidrag fra kemikalieforbrug. Membranudskift giver også et CO₂-bidrag, men da membranudskift generelt er lige stort ved alle 3 alternative vandforsyningerne, ændrer den ikke på de samlede bidrag.

Fra 2030 vil der forventelig komme et stort fald i den miljømæssige belastning fra energiforbruget grundet den grønne omstilling, og hvis man fortsat får kemikalier der er udvundet og produceret i lande med stort brug af fossile brændstoffer, vil det største bidrag kunne komme fra kemikalierne.

CO ₂ -aftryk pr. år i kg CO ₂ eq/kWh	Spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg	Overfladevand fra Strandholm Pumpestation	Havvand
Energiforbrug 2025-2030	29.023	37.332	106.357
Energiforbrug Efter 2030	6.965	8.960	25.526
Smiley score			

For at kunne give en mere sikker vurdering af hvorvidt en alternativ vandforsyning (eller en kombination) kan anvendes som betonvand til betonelementfabrikken, er det nødvendigt med yderligere undersøgelser. Herefter kan der laves en anlægs- og driftsøkonomi forbundet med mindre usikkerhed. Væsentlige aspekter, som bør undersøges nærmere, er nævnt nedenfor:

- **Datagrundlag:** Denne rapport's anlægsdesign er baseret på et begrænset antal prøver for nogle af de vigtige parametre (f.eks. klorider). Det anbefales, at der indhentes et mere komplet datasæt for både spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg, overfladevand fra Strandholm Pumpestation og havvand, der viser sæsonvariationer gerne over mere end et år. Datasættet skal både indeholde parametre som er vigtige for betonvand, men også for design af vandbehandlingsanlægget (fx jernmangan, bariumstrontium, silica, bor, alkalinitet, mikroforurenende stoffer mv.).
 - For spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg er der primært ledningsevnen, klorid og TOC der er vigtig, da renseanlægget i forvejen monitorer for de resterende parametre. Der er allerede sat en ledningsevne måler op på renseanlægget samtidigt med der med jævne mellemrum måles klorid.
 - Fra overfladevand fra Strandholm pumpestation er det primært dagsflow, klorid/ledningsevne, TOC/COD, TSS, kvælstof og fosfor der er vigtig, samt at undersøge koncentrationsforskel forskellige steder ved hovedkanalen.
 - Fra havvand er der primært klorid og TOC/COD der er vigtig.
- **Kombination af vandforsyninger:** Det er i denne rapport taget udgangspunkt i, at man enten anvender 100% spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg, 100% overfladevand fra Strandholm Pumpestation eller 100% havvand. Når der er et større datagrundlag bør det undersøges, om der med fordel kan laves en kombination af to eller flere alternative vandforsyninger. Det vil fx ikke være muligt udelukkende at anvende overfladevand fra Strandholm Pumpestation, da der ofte ikke er tilstrækkelig vand i de tørre perioder om sommeren.
- **Pilotforsøg:** Der bør overvejes, om der skal gennemføres pilotforsøg med en eller flere alternative vandforsyninger for at sikre, at man kan opnå en tilstrækkelig vandkvalitet, undersøge sæsonvariationer samt fremstille betonvand, som kan gennemgå diverse betontest.
- **Betontest:** Der bør gennemføres test af betonkvalitet ved anvendelse af betonvand fremstillet af den/de alternative vandforsyninger.

- Koncentrat (retentat) og affaldsstrømme: Krav til udledning af retentat og affaldsstrømme fra vandbehandlingsanlægget skal undersøges. Kan affaldsstrømmene ledes med retentatet eller skal det ledes retur til renseanlægget, og kan retentatet ledes direkte til havet som medudledning via renseanlæggets udløb eller via et nyt dedikeret udløb.
- Havvandsindvinding: For havvandssystemet vil der være behov for yderligere undersøgelser (geologiske, hydrogeologiske) for at bestemme den bedste løsning for havvandsindtag.
- Forsyningssikkerhed: Det er vigtigt, at der er forsyningssikkerhed, og det bør undersøges nærmere. Ved anvendelse af 100% spildevand fra Rødbyhavn Renseanlæg (og overfladevand fra Strandholm Pumpestation), er der risiko for perioder, hvor der ikke er tilstrækkeligt med spildevand. Dette kan løses ved at lave en kombinationsløsning, hvor der også anvendes havvand. Alternativt kan der suppleres med grundvand/drikkevand i perioder med manglende spildevand. Der er i denne rapport antaget, at der kan anvendes grundvand/drikkevand, hvis der kommer et længere anlægstop. Det skal undersøges om det er muligt, og hvis ikke, så skal der sikres en længere forsyningssikkerhedsperiode end anvendt i denne rapport, hvilket medfører øgede anlægsudgifter.
- Bor: Det bør undersøges, om det kan være et problem jf. beton, at grundstoffet bor, kan være til stede i høje koncentrationer i afsaltet havvand.
- Batch/flow kontrol: Ved anvendelse af afsaltet havvand kan der anvendes flowkontrol. Der er uenighed blandt beton- og vandeksperterne i forhold til anvendelse af rensed spildevand eller overfladevand. Betoneksperterne mener, der skal anvendes batchkontrol, hvilket vil være meget dyrt. Vandeksperterne mener, at vandkvaliteten på rensed spildevand/overfladevand er i samme kvalitet som havvand, og at flowkontrol derfor er tilstrækkeligt (i udlandet renser man uden problemer spildevand til drikkevand). I denne rapport er der taget udgangspunkt i flowkontrol for alle alternative vandforsyninger, men det skal undersøges nærmere, så der kan komme fælles enighed.
- Flere brugere af vandbehandlingsanlægget: Der er i denne rapport taget udgangspunkt i et vandbehandlingsanlæg, der kan producere 250.000 m³/år betonvand. Hvis der etableres et vandbehandlingsanlæg, kan der være flere relevante brugere af anlægget på Lolland. Det bør undersøges nærmere, da et større anlæg vil sænke omkostningerne pr. m³. Ved flere brugere skal der også vurderes, hvem der i så fald skal være ejer af anlægget. Lolland Forsyning kunne være en relevant ejer af et sådan anlæg, og har også ytret interesse i det.

Med udgangspunkt i ovenstående, vil det ikke være muligt at have et vandbehandlingsanlæg klar til at producere betonvand indenfor de næste år, da der først skal gennemføres pilottest i mindst 1 år gerne 2 år samtidigt med der gennemføres betontest. Først derefter kan der besluttes hvilket anlæg der skal opføres, gennemføres udbud og etablere et vandbehandlingsanlægget.

11. REFERENCER

- Danmarks Miljøportal. (2021). *Danmarks Arealinformation*.
<https://arealinformation.miljoeportal.dk/html5/index.html?viewer=distribution>
- Dansk Standard. (2002). *DS/EN 1008:2002 Blandevand til beton – Specifikationer for prøveudtagning , prøvning og vurdering af egnethed af vand , inklusive vand genbrugt fra processer i betonindustrien , som blandevand til beton*.
- FEMA-FEHY. (2013a). *Fehmarnbelt Fixed Link EIA. Lolland reclamation lagoons, water quality and flushing. Report no. E2TR0030*.
- FEMA-FEHY. (2013b). *Fehmarnbelt Fixed Link EIA. Marine Water & Fauna & Flora - Baseline. Water Quality of the Fehmarnbelt Area. Report no. E2TR0020 - Volume IV*.
- FEMA-FEHY. (2013c). *Fehmarnbelt Fixed Link EIA. Marine Water & Fauna & Flora - Impact Assessment. Water Quality and Plankton of the Fehmarnbelt Area. Report no. E2TR0021 - Volume III*.
- Femern Sund Bælt. (2013). *VVM-Redegørelse for den faste forbindelse over Femern Bælt (kyst-kyst), Kap. 4: Sænketunnel – beskrivelse af den tekniske løsning*.
- Field, C. B., Behrenfeld, M. J., Randerson, J. T., & Falkowski, P. (1998). Primary production of the biosphere: Integrating terrestrial and oceanic components. *Science*, 281(5374), 237–240.
<https://doi.org/10.1126/science.281.5374.237>
- Miljøministeriet. (2021). *BEK nr. 2361 af 26/11/2021 Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg*.
- Rambøll. (2022). *Technical Note - Forundersøgelser af fremtidige muligheder for forsyning af betonelementfabrikken ved Rødbyhavn*. RAT-H261-001.
- Rygaard, M., & Albrechtsen, H.-J. (2013). Begrebsafklaring og oplæg til kvalitetskriterier for sekundavand. I *DTU Miljø, Institut for Vand og Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet*.

BILAG 1
LISTE OVER INKLUDEREDE ANLÆGSOMKOSTNINGER FOR
GENINDVINDING AF RENSET SPILDEVAND

DIRECT COST SUMMARY

1	GENERAL CONDITION 5% of Direct Costs	
2	BUILDING COSTS	
		Site Preparation/Civil
		Groundwork
		Demolition/Temporary Works
		Water Treatment Plant Building and Containment Area
		<hr/> Subtotal
3	MEPS COSTS	
		Plumbing, HVAC
		<hr/> Subtotal
4	PROCESS EQUIPMENT	
		Feed water pumping station
		Pre-screens
		Ultrafiltration
		Filtered water storage tank and pumps
		Brackish Water Reverse Osmosis
		Ultraviolet Treatment
		Permeate storage tank and pumps
		Chemical dosing
		Process Equipment Design and Install
		<hr/> Subtotal
5	PROCESS COMMODITIES COSTS FOR PROCESS EQUIPMENT	
		Piping materials & accessories
		Piping install cost
		Electrical & Instrumentation materials & accessories
		Automation
		<hr/> Subtotal
6	MISC. DIRECT COSTS	
		VAT
		Import Duties
		Lab analyses & bench scale testing
		Surveys (underground services, geotechnical)
		Permit Fees
		Vendor Support (commissioning, start-up, performance test
		Freight
		Escalation costs
		Consumables
		Waste Disposal
		<hr/> Subtotal

SUBTOTAL DIRECT COSTS

INDIRECT COST SUMMARY

7	PROFESSIONAL SERVICES	
		Design Services
		Construction Management Services
		Commissioning/StartUp Services
		O&M Materials & Training
		<hr/> Subtotal
8	CLIENT COSTS	
		Engineering & Mgmt Support
		Operations Support during Training Period
		Support Ops (on-site)
		<hr/> Subtotal

SUBTOTAL INDIRECT COSTS

BILAG 2
LISTE OVER INKLUDEREDE ANLÆGSOMKOSTNINGER FOR AFSALTNING
AF HAVVAND

DIRECT COST SUMMARY

1 GENERAL CONDITIONS 5% of Direct Costs	
2 BUILDING COSTS	
	Site Preparation/Civil Groundwork Demolition/Temporary Works Water Treatment Plant Building and Containment Area
	<hr/> Subtotal
3 MEPS COSTS	
	Plumbing, HVAC
	<hr/> Subtotal
4 PROCESS EQUIPMENT	
	Feed water pumping station Pre-screens Ultrafiltration Filtered water storage tank and pumps Seawater Reverse Osmosis Permeate storage tank and pumps Chemical dosing Process Equipment Design and Install
	<hr/> Subtotal
5 PROCESS COMMODITIES COSTS FOR PROCESS EQUIPMENT	
	Beachwells Piping materials & accessories Piping install cost Electrical & Instrumentation materials & accessories Automation
	<hr/> Subtotal
6 MISC. DIRECT COSTS	
	VAT Import Duties Lab analyses & bench scale testing Surveys (underground services, geotechnical) Permit Fees Vendor Support (commissioning, start-up, performance test Freight Escalation costs Consumables Waste Disposal
	<hr/> Subtotal

SUBTOTAL DIRECT COSTS

INDIRECT COST SUMMARY

7 PROFESSIONAL SERVICES	
	Design Services Construction Management Services Commissioning/StartUp Services O&M Materials & Training
	<hr/> Subtotal
8 CLIENT COSTS	
	Engineering & Mgmt Support Operations Support during Training Period Support Ops (on-site)
	<hr/> Subtotal

SUBTOTAL INDIRECT COSTS

BILAG 3
LISTE OVER INKLUDEREDE DRIFTSOMKOSTNINGER FOR BEGGE
ALTERNATIVE VANDFORSYNINGER

1 MAINTENANCE COSTS	Equipment shelter Sewer infra Process Equipment Subtotal
2 ENERGY COSTS	Pumps Process Equipment Subtotal
3 CONSUMABLES	City water Membranes Chemicals Subtotal
4 WASTE (WATER) DISPOSAL	Disposal concentrate Discharge tax for Publically Owned Treatment Works Subtotal
5 PERSONNEL	Personnel Subtotal
	TOTAL
6 CONTINGENCY	15% OF DIRECT + INDIRECT COST
	TOTAL OPERATIONAL EXPENSES

BILAG 4

TEKNISKE BROCHURER FOR UDSTYR

Ultrafiltrering procesudstyr



UFLEX™

Ultrafiltration

UFLEX™ MK3 ultrafiltration systems are skid-mounted, reliable and compact solutions for removing suspended solids, most bacteria and log4 viruses.



- Pharma
- Cosmetics
- Food
- Beverage
- Municipal WW

✓ FEATURES & BENEFITS

- Fully automatic operation with no operator involvement
- Automatic Hydraulic backflush & CEB backwash with connections
- Integrated and simple use controller for easy operation and maintenance
- Module vertical mounting for space saving
- Skid modular and flexible design enabling easy production capacity extension
- One controller to manage up to 4** skids in parallel mode for cost saving

** Applicable for UF35 controller

HYDREX™ CHEMICALS

Hydrex™ 4000 water treatment chemicals from Veolia Water Technologies are recommended for optimized plant operation.

🔗 APPLICATIONS

- Industrial process water*
- Swimming pool water
- Water recycling and reuse
- Backwash buffer tank to complete the CEB :
- City water station above
- Well water
- Surface water*
- Waste water*

* Coagulant dosing unit is necessary before filtration process and/or module recirculation pumps (excluded from our scope)

+ OPTIONS

- Inlet control valve
- CEB backwash station with dosing pumps
- Backwash buffer tank to complete the CEB station above
- Integrity test device
- Up to 4 parallel units

ASSOCIATED SERVICES

Local after-sales service and support teams offer preventative and corrective maintenance programs to ensure the long-term, efficient operation of installed plant.

WATER TECHNOLOGIES



UFLEX™



TECHNICAL PERFORMANCES

System Operating Parameters

Model	Unit	64/1-P	128/2-P	192/3-P	256/4-P
Nb of elements per skid	-	1	2	3	4
Membrane Area	m ²	64	128	192	256
Permeate Nominal Flowrate	m ³ /h	3.2 - 7	6.4 - 14	9.6 - 21	12.8 - 28
Operating TMP	bar	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0
Typical Design Flux	l/h/m ²	50 - 110	50 - 110	50 - 110	50 - 110
Recovery	%	> 92%	> 92%	> 92%	> 92%
Installed Power	kW	3	6	6	8

Flow rate : 3.2 to 28 m³/h per skid
Flow rate : 6.4 to 112 m³/h with

System Dimensions

Model	Unit	64/1-P	128/2-P	192/3-P	256/4-P
Total Installed Length	m	0.795	0.795	0.795	0.795
Total Installed Width	m	1.648	1.657	2.635	2.655
Total Installed Height	m	2.218 / 2.138*	2.224 / 2.144*	2.141 / 2.151*	2.276 / 2.194*

* with / without legs

Pipes Connections

Model	Unit	64/1-P	128/2-P	192/3-P	256/4-P
Feed	DN	40	50	65	80
Permeate	DN	40	50	65	80
Drain	DN	40	65	65	80
Backwash	DN	40	65	65	80

Feed water Requirements

Parameter	Unit	Value
General	City water/ Well/ surface water or waste water ⁽¹⁾	
Maximum Inlet TSS ⁽²⁾	mg/l	< 20
Max COD	mg/l as O ₂	< 60
Maximum Inlet particle size	mm	< 0.200
Maximum supply pressure	barg	3

⁽¹⁾ For waste or surface water, coagulation unit is needed in front
⁽²⁾ Above 20ppm TSS, to be validated by the Product Manager.

Typical Treated Water Quality

Parameter	Unit	Value
Turbidity	NTU	< 0.1

Environmental Conditions

Parameter	Unit	Value
Maximum ambient temperature	°C	40

Materials of Construction

Skid	Epoxy coated steel
Control Cabinet	Epoxy coated steel IP54
Pipework	uPVC

Power Requirements

Parameter	Unit	Value
Voltage	V	380 / 415
Frequency	Hz	50
Phases	-	3

Designed and Manufactured by Solys Veolia
www.veoliawatertechnologies.com

In keeping with the progressive nature of the company, we reserve the right to amend details without notice. VEOLIA/SOLYS/UFLEX™/27/November/2021

RO procesudstyr til havvand – Eksempel 1



SIRION™ Sea Water reverse osmosis systems are specifically designed to treat seawater. They reject over 99% of the salt contained within the feed water.



✓ **FEATURES & BENEFITS**

- Standardised and skid-mounted; short lead times and quick start-up
- Small footprint; easily integrated into existing plant
- Chemical pre-treatment; protects the RO membranes
- High pressure pump with variable frequency drive; efficient and quiet operation
- Energy recovery device for high flow rate models; energy savings of 35-55%
- State-of-the-art RO membranes
- Flushing and chemical cleaning system; removes salt deposits, prevents scaling and maintains system performance
- Touch screen interface for easy operation
- PLC control

HYDREX™ CHEMICALS

Hydrex® 4000 water treatment chemicals from Veolia Water Technologies should be used for optimized plant operation.

💧 **APPLICATIONS**

- Production of potable water
- Agricultural irrigation
- Industrial process water

ASSOCIATED SERVICES

Local after-sales service and support teams offer preventative and corrective maintenance programs to ensure the long-term, efficient operation of installed plant.

WATER TECHNOLOGIES



SIRION™ Sea Water



TECHNICAL PERFORMANCES

System Operating Parameters

1000 mg/l configuration	Unit	D-25	D-50	D-75	D-100	D-125	D-150
Inlet Salinity TDS (NaCl)	mg/l	40000					
Typical Design Flux	l/h/m ²	14					
Permeate Nominal Flowrate	m ³ /h	1.06	2.12	3.18	4.24	5.3	6.35
Nominal Feed Flowrate	m ³ /h	5.3	6.42	7.95	10.6	13.25	15.88
Recovery	%	20	33	40	40	40	40
Installed Power	kW	18.5	22	22	2x15	2x22	2x22

1000 mg/l configuration	Unit	D-190-PX	D-230-PX	D-270-PX	D-360-PX	D-450-PX	D-530-PX
Inlet Salinity TDS (NaCl)	mg/l	40000					
Typical Design Flux	l/h/m ²	14					
Permeate Nominal Flowrate	m ³ /h	7.95	9.55	11.15	14.85	18.55	22.25
Nominal Feed Flowrate	m ³ /h	19.88	23.88	26.55	35.36	44.17	52.98
Recovery	%	40	40	42	42	42	42
Installed Power	kW	22+2.2	30+2.2	2x18.5+3	2x22+3	2x30+4	55+5.5

1000 mg/l configuration	Unit	D-620-PX	D-710-PX	D-800-PX	D-890-PX
Inlet Salinity TDS (NaCl)	mg/l	40000			
Typical Design Flux	l/h/m ²	14			
Permeate Nominal Flowrate	m ³ /h	26	29.6	29.6	37.1
Nominal Feed Flowrate	m ³ /h	61.9	70.48	79.45	88.33
Recovery	%	42	42	42	42
Installed Power	kW	55+5.5	75+7.5	75+7.5	90+7.5

TDS < 36 000 ppm

System Dimensions

Model	Unit	D-25	D-50	D-75	D-100	D-125	D-150
Total Installed Length	m	3	3	4	5	6	4
Total Installed Width	m	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
Total Installed Height	m	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Empty Weight	kg	1600	1700	1800	1900	2000	2100
Operating Weight	kg	2250	2400	2550	3000	3300	3350

Model	Unit	D-190-PX	D-230-PX	D-270-PX	D-360-PX	D-450-PX	D-530-PX
Total Installed Length	m	6.50	8	8.50	8.50	9	10
Total Installed Width	m	1.70	2	2	2	2	2
Total Installed Height	m	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Empty Weight	kg	2200	3100	3400	3700	4025	4325
Operating Weight	kg	4000	5000	5400	7000	7500	9000

Model	Unit	D-620-PX	D-710-PX	D-800-PX	D-890-PX
Total Installed Length	m	10	10	10	10
Total Installed Width	m	2.15	2.15	2.15	2.15
Total Installed Height	m	2.2	2.2	2.2	2.2
Empty Weight	kg	4525	4530	4535	4600
Operating Weight	kg	9300	9650	10000	10300

Designed and Manufactured by Solys Veolia

www.veoliawatertechnologies.com



SIRION™ Sea Water



TECHNICAL PERFORMANCES

Pipes Connections

Model	Unit	D-25	D-50	D-75	D-100	D-125	D-150
Feed	DN	40	40	40	50	50	65
Permeate	DN	15	20	25	25	40	40
Permeate diversion	DN	15	20	25	25	40	40
Concentrate	DN	40	40	40	40	40	40
CIP Inlet ⁽²⁾	DN	40	40	40	40	50	65
CIP concentrate outlet ⁽²⁾	DN	40	40	40	40	50	65
CIP permeate outlet	DN	40	40	40	40	40	40

Model	Unit	D-190-PX	D-230-PX	D-270-PX	D-360-PX	D-450-PX	D-530-PX
Feed	DN	65	65	80	80	100	100
Permeate	DN	40	50	50	65	65	65
Permeate diversion	DN	40	50	50	65	65	65
Concentrate	DN	40	40	40	40	50	50
CIP Inlet ⁽²⁾	DN	50	50	50	80	80	80
CIP concentrate outlet ⁽²⁾	DN	50	50	50	80	80	80
CIP permeate outlet	DN	40	40	40	40	50	50

Model	Unit	D-620-PX	D-710-PX	D-800-PX	D-890-PX
Feed	DN	150	150	150	150
Permeate	DN	65	80	80	100
Permeate diversion	DN	65	80	80	100
Concentrate	DN	50	65	65	65
CIP Inlet ⁽²⁾	DN	80	100	100	100
CIP concentrate outlet ⁽²⁾	DN	80	100	100	100
CIP permeate outlet	DN	50	65	65	65

Materials of Construction

Skid	Epoxy-painted carbon steel
Control Cabinet	Epoxy-painted carbon steel
Low pressure Pipework	PVC-U / PN-16
High pressure Pipework	Stainless Steel AISI 904-L / Super Duplex

Feed water Requirements

Parameter	Unit	Value
Minimum water temperature	°C	5
Maximum water temperature	°C	35
Minimum supply pressure	barg	3
Maximum supply pressure	barg	6
Max Silt Density Index (SDI)	-	3
Maximum Inlet Turbidity	NTU	1
Max inlet Iron Fe ³⁺	mg/l	0.05
Max inlet Manganese Mn ²⁺	mg/l	0.05
Max inlet Aluminium Al ³⁺	mg/l	0.05
Max Oil and Grease	mg/l	0.10
Max inlet Free Chlorine Cl ₂	mg/l	0

Environmental Conditions

Parameter	Unit	Value
Minimum ambient temperature	°C	5
Maximum ambient temperature	°C	40
Maximum humidity	%	90

Power Requirements

Voltage	380-420
Frequency	50
Phases	3

Typical Treated Water Quality

Parameter	Unit	Value
Typical Salt Rejection	%	97-99

Designed and Manufactured by Salys Veolia
www.veoliawatertechnologies.com

In keeping with the progressive nature of the company, we reserve the right to amend details without notice. VEOLIA/SOLYS/SIRION™ Sea Water/30/September/2021

RO procesudstyr til brakvand



SIRION™ Mega

Reverse Osmosis for Process Water

SIRION™ Mega reverse osmosis system produce high purity water, removing up to 98% of dissolved inorganics and over 99% of large dissolved organics, colloids and particles. Plug & play unit suitable for transportation into a container. 7 models available. All versions available according to European standards.



- Pharma
- Cosmetics
- Food
- Beverage
- Power
- General Industry

✓ **FEATURES & BENEFITS**

- Low energy membranes result in lower operating pressure; cost savings.
- Feed salinity up to 1000 ppm TDS (NaCl).
- Chemical injections points only (no dosing set).
- 5 µm pre-filtration included within the unit for membrane protection.
- Dry run monitor; pump protection.
- Frequency controlled variable speed pump can save up to 50% of electrical power required by conventional systems.
- Concentrate throttling valve for flow adjustment
- Concentrate Recirculation.
- Skid-mounted, standardized systems; short lead times, quick installation and start-up.
- CIP connections.
- Programmable user interface; simple operation, monitoring and storage of pressure, flow rate, conductivity and temperature values. (For PLC only.)
- Modem & RS232 connections.

HYDREX™ CHEMICALS

Hydrex® 4000 water treatment chemicals from Veolia Water Technologies should be used for optimized plant operation.

⊕ **APPLICATIONS**

- Boiler feed water treatment
- Industrial process water production
- Cooling water
- Water recycling & reuse
- Utility water

+ **OPTIONS**

- Concentrate dump valve
- 1st stage backpressure valve
- 1st stage CIP flush valve
- Permeate divert
- HMI/PLC version

ASSOCIATED SERVICES

Local after-sales service and support teams offer preventative and corrective maintenance programs to ensure the long-term, efficient operation of installed plant.

WATER TECHNOLOGIES



SIRION™ Mega



TECHNICAL PERFORMANCES

System Operating Parameters

Model	Unit	110x2	110x3	110x4	210x4	211x4	211x5	320x5
Inlet Salinity TDS (NaCl)	mg/l	Up to 1000 mg/L						
Typical Design Flux	l/h/m ²	30.50						
Permeate Nominal Flowrate	m ³ /h	5	7.5	10	15	20	25	30
Nominal Feed Flowrate	m ³ /h	6.30	9.40	12.50	18.80	25.00	31.30	37.50
Recovery	%	75 - 80						
Installed Power	kW	8	11	11	15	19	22	30

Selection of models must be done following RO projections based on project specific inlet water characteristics. Flow rates and installed power are dependent on feed water quality, those quoted are typical values based on 1000 ppm TDS & SDI <3.

System Dimensions

Model	Unit	110x2	110x3	110x4	210x4	211x4	211x5	320x5
Total Installed Length	m	4.10	4.10	4.90	4.90	4.90	5.90	5.90
Total Installed Width	m	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Total Installed Height	m	1.75	1.85	1.85	1.85	2.15	2.26	2.28
Empty Weight	kg	980	1100	1150	1200	1350	1700	1700

Pipes Connections

Model	Unit	110x2	110x3	110x4	210x4	211x4	211x5	320x5
Feed	DN	40	40	50	50	65	65	80
Permeate	DN	40	40	40	50	50	65	65
Permeate diversion	DN	32	32	32	40	40	50	50
Concentrate	DN	40	40	40	40	40	40	50
CIP Inlet	DN	40	40	50	50	50	50	65
CIP concentrate outlet	DN	40	40	40	50	50	50	65
CIP permeate outlet	DN	40	40	40	50	50	50	65

Environmental Conditions

Parameter	Unit	Value
Minimum ambient temperature	°C	5
Maximum ambient temperature	°C	40
Maximum humidity	%	90

Indoor Design. Non-corrosive atmosphere.

Feed water Requirements

Parameter	Unit	Value
Minimum water temperature	°C	5
Maximum water temperature	°C	30
Minimum supply pressure	barg	2
Maximum supply pressure	barg	6
Max Silt Density Index (SDI)	-	< 3
Max Oil and Grease	mg/l	0
Maximum Inlet Turbidity	NTU	< 1
Max inlet Free Chlorine Cl ₂	mg/l	< 0.1
Max inlet Iron Fe ²⁺	mg/l	< 0.05
Max inlet Manganese Mn ²⁺	mg/l	< 0.05
Max inlet Aluminium Al ³⁺	mg/l	< 0.05

Non corrosive water.

Materials of Construction

Skid	Epoxy-polyester coated carbon steel
Control Cabinet	Mild Steel, RAL 7035, IP54
Low pressure Pipework	PVC-U
High pressure Pipework	AISI 316L

Power Requirements

Parameter	Unit	Value
Voltage	V	380 / 420
Frequency	Hz	50
Phases	-	3

Other voltage or frequency available on request.

Typical Treated Water Quality

Parameter	Unit	Value
Typical Salt Rejection	%	96-98
Permeate Pressure	barg	inlet pressure

Designed and Manufactured by Solys Veolia

www.veoliawatertechnologies.com

In keeping with the progressive nature of the company, we reserve the right to amend details without notice. VEOLIASOLYS SIRION™ Mega18/February/2022

RO procesudstyr til havvand – Eksempel 2



Water Technologies & Solutions
fact sheet

SeaPRO* series

seawater reverse osmosis desalination systems
45,000 ppm TDS, 50 or 60 Hz, 100-300 gpm (545-1,635 m³/d)



SeaPRO-84

system features

- Greater energy efficiency through use of pressure exchanger energy recovery technology
- Use of SUEZ High Flow Z depth filters for faster and easier replacement
- Prefilter housings are on a separate skid for improved modularity and flexibility of placement
- High pressure pump shipped loose on a bedplate to enable more efficient layouts and framing
- Allen-Bradley PV+1000 Panel 10.4-inch color display with touchscreen controls
- Allen-Bradley CompactLogix PLC L33ER
- 4-20 mA instruments displayed on instrument center
- Variable frequency drive (VFD) for high pressure pump
- Automated valves and control to flush permeate to the feed upon shut down
- Skid mounted control enclosure



SeaPRO-42



SeaPRO-63



SeaPRO-126

Find a contact near you by visiting www.suezwatertechnologies.com and clicking on "Contact Us".

*Trademark of SUEZ; may be registered in one or more countries.

©2019 SUEZ. All rights reserved.

FSroSeaPRO_45k_100-300_EN.docx Nov-19

operating parameters

Design Feed TDS	45,000 ppm
Maximum Recovery	35%
Nominal Rejection	97-99%
Operating Temperature	35 to 85°F (1.6 to 29.4°C)
Minimum Inlet Pressure	30 psig (2 Bar)
Design Temperature	77°F (25°C)

instrumentation

Flow Meters	Permeate, concentrate, low pressure (LP) ERD inlet, high pressure (HP) ERD outlet
Conductivity.....	Permeate
pH	LP ERD inlet (feed)
Pressure Gauges	Pre-filter, post-filter, feed inlet to membrane pressure vessels, concentrate outlet from membrane pressure vessels, boost pump outlet, permeate, concentrate, LP ERD inlet, LP ERD outlet, HP ERD inlet, HP ERD outlet
Pressure Transmitters..	Feed inlet to membrane pressure vessels, concentrate outlet from membrane pressure vessels
Pressure Switches.....	High pressure pump feed, boost pump feed, permeate, concentrate
Temperature	Permeate
Instrument Center	Thornton M800

materials of construction

Frame	Siloxane coated carbon steel
Cartridge Filter	HF.RD.Zs 01-60, 1-micron nominal
Cartridge Filter Housing	HFRP1-60, SUEZ FRP (fiber reinforced plastic) 60 inch single round high flow
Membrane Elements	SUEZ AD-400
Membrane Housing	FRP
Low Pressure Pipe	Schedule 80 PVC
High Pressure Pipe	Duplex 2205
Enclosures	Main Enclosure: FRP, NEMA 4X VFD Enclosure: Motors ≤125 hp: NEMA 4X, plastic carbonate with stainless steel backplate Motors >125 hp: NEMA 4, powder coated carbon steel

options available

- Safety relief valves (ASME Compliance)
- Motor starter for boost pump
- Multi-media filters
- Clean-in-place (CIP) units
- Chemical feed systems
- Transfer pumps and storage tanks

documentation included

- Operation and maintenance manual
- Control narrative
- Drawings: piping and instrumentation, electrical, and general dimensional

SeaPRO models

MODEL	SeaPRO-42	SeaPRO-63	SeaPRO-84	SeaPRO-126
Permeate rate:	100 gpm [545 m ³ /d]	150 gpm [818 m ³ /d]	200 gpm [1,090 m ³ /d]	300 gpm [1,635 m ³ /d]
Concentrate Rate:	186 gpm [1,014 m ³ /d]	279 gpm [1,521 m ³ /d]	371 gpm [2,022 m ³ /d]	557 gpm [3,036 m ³ /d]
Feed Rate:	286 gpm [1,559 m ³ /d]	429 gpm [2,338 m ³ /d]	571 gpm [3,113 m ³ /d]	857 gpm [4,672 m ³ /d]
Power Requirements				
Power and Control Circuit	Choice of: Power: 230/460 VAC, 3-phase, 60 Hz with Control Circuit: 120 VAC, 1-phase, 60 Hz Power: 380 VAC, 3-phase, 50 Hz with Control Circuit: 220 VAC, 1-phase, 50 Hz			
Pumps and Motors				
Manufacturer:	FEDCO	FEDCO	FEDCO	FEDCO
Quantity:	1 High Pressure, 1 Boost	1 High Pressure, 1 Boost	1 High Pressure, 1 Boost	1 High Pressure, 1 Boost
60 Hz HP Pump, Type:	MSS 3040, 100 hp TEFC	MSD 4020, 125 hp TEFC	MSD 4022, 200 hp TEFC	MSD 7016, 250 hp TEFC
60 Hz Boost Pump, Type:	MSS 3004, 15 hp TEFC	MSS 5003, 15 hp TEFC	MSS 9002, 20 hp TEFC	MSS 12002, 40 hp TEFC
50 Hz HP Pump, Type:	MSS 3040, 100 hp TEFC	MSD 4020, 125 hp TEFC	MSD 4022, 200 hp TEFC	MSD 7016, 250 hp TEFC
50 Hz Boost Pump, Type:	MSS 5004, 10 hp TEFC	MSS 7006, 15 hp TEFC	MSS 9003, 20 hp TEFC	MSS 12005, 40 hp TEFC
Energy Recovery Booster				
Model:	PX-220	PX-Q300	PX-220	PX-Q300
Manufacturer:	ERI	ERI	ERI	ERI
Quantity:	1	1	2	2
Design Feed Flow Rate:	186 gpm [1,014 m ³ /d]	276 gpm [1,504 m ³ /d]	186 gpm [1,014 m ³ /d] each	279 gpm [1,521 m ³ /d] each
Membrane Elements and Housings				
Membranes Quantity:	42	63	84	126
Membrane Housing Style:	7 element long, 4 port	7 element long, 4 port	7 element long, 4 port	7 element long, 4 port
Banking Arrangement:	6, parallel	9, parallel	12, parallel	18, parallel
Cartridge Filtration				
Manufacturer :	SUEZ	SUEZ	SUEZ	SUEZ
Cartridge Filter:	HF.R0.Zs 01-60-TSE	HF.R0.Zs 01-60-TSE	HF.R0.Zs 01-60-TSE	HF.R0.Zs 01-60-TSE
Filter Length:	60"	60"	60"	60"
Filter Quantity:	4 per change out	5 per change out	7 per change out	11 per change out
Installation and Other Utility Requirements				
Inlet:	4.0" flange	6.0" flange	6.0" flange	8.0" flange
Permeate:	3.0" flange	3.0" flange	3.0" flange	4.0" flange
Concentrate:	3.0" flange	4.0" flange	6.0" flange	6.0" flange
Inlet Water Pressure:	30 psig, minimum	30 psig, minimum	30 psig, minimum	30 psig, minimum
Air Pressure:	100 psig, oil-free	100 psig, oil-free	100 psig, oil-free	100 psig, oil-free
Drain to be Sized for:	286 gpm [1,559 m ³ /d]	429 gpm [2,338 m ³ /d]	571 gpm [3,113 m ³ /d]	857 gpm [4,672 m ³ /d]
SeaPRO Skid Estimated Dimensions				
Membrane/ERD Skid				
Height:	111" [282 cm]	97" [245 cm]	112" [284 cm]	112" [284 cm]
Width:	62" [158 cm]	76" [194 cm]	76" [194 cm]	90" [229 cm]
Depth:	330" [837 cm]	330" [837 cm]	330" [837 cm]	330" [837 cm]
Weight Estimate [Shipping]:	13,120 lbs [5,952 kg]	15,605 lbs [7,079 kg]	19,830 lbs [8,995 kg]	21,890 lbs [9,930 kg]
Prefilter Skid				
Height:	47" [118 cm]	59" [150 cm]	72" [182 cm]	97" [246 cm]
Width:	46" [117 cm]	46" [117 cm]	50" [125 cm]	51" [128 cm]
Depth:	93" [235 cm]	93" [235 cm]	93" [235 cm]	94" [238 cm]
Weight Estimate [Shipping]:	1,040 lbs [474 kg]	1,190 lbs [540 kg]	1,455 lbs [660 kg]	1,890 lbs [858 kg]

MODEL	SeaPRO-42	SeaPRO-63	SeaPRO-84	SeaPRO-126
Pump Skid				
Height:	33" (89 cm)	36" (92 cm)	37" (93 cm)	30" (77 cm)
Width:	23" (58 cm)	25" (64 cm)	27" (68 cm)	27" (68 cm)
Depth:	130" (331 cm)	130" (331 cm)	145" (369 cm)	140" (356 cm)
Weight Estimate (Shipping):	1,805 lbs (820 kg)	2,405 lbs (1,091 kg)	3,495 lbs (1,586 kg)	3,670 lbs (1,665 kg)
Membranes				
Weight Estimate (Shipping):	1,470 (668 kg)	2,200 (998 kg)	2,940 (1,334 kg)	4,410 (2,001 kg)
Overall				
Height:	111" (282 cm)	97" (245 cm)	112" (284 cm)	112" (284 cm)
Width:	110" (280 cm)	124" (315 cm)	125" (318 cm)	139" (354 cm)
Depth:	487" (1,236 cm)	486" (1,233 cm)	502" (1,274 cm)	501" (1,273 cm)
Total Operating Weight:	22,110 lbs (10,029 kg)	27,340 lbs (12,402 kg)	36,600 lbs (16,602 kg)	41,915 lbs (19,013 kg)

BILAG 5
PROCESDESIGNSPECIFIKATIONER FOR RENSNING AF SPILDEVAND
FRA RØDBYHAVN RENSEANLÆG



Process Specification

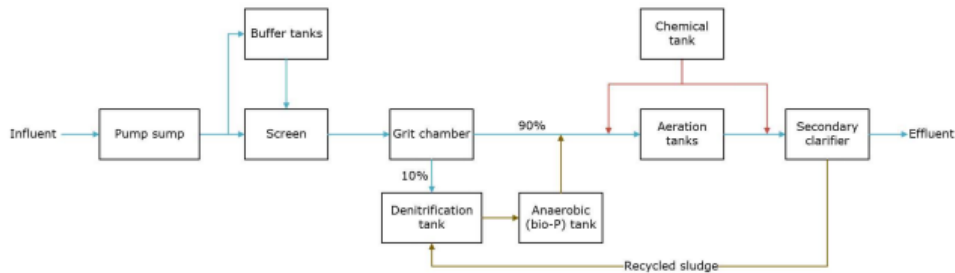
Wastewater Recycling Facility

SCOPE AND PURPOSE

This document defines the process specification for a Wastewater Reclamation Facility (WMF) in Rødbyhavn in Denmark.

INTRODUCTION

The WMF plant will treat secondary treated wastewater from the municipal wastewater treatment plant (WWTP) in Rødbyhavn. For the WMF, membrane-based technology is foreseen to treat the water for re-use at an industrial facility. The existing WWTP process is shown below and exists of mechanical treatment, biological phosphorus removal, nitrification and denitrification, and sludge dewatering.



FEED WATER QUALITY

The feed water quality to the WRF, the effluent of the WWTP, is as follows:

Parameter	Units	Min	Max
Temperature	°C	7.0	18.0
TOC	mg/l	5.0	10.0
COD	mg/l	17	56
TSS	mg/l	0.9	11.0
pH	-	7.8	8.4
Calcium	mg/l	78*	160
Magnesium	mg/l	18*	39
Sodium	mg/l	115*	250
Potassium	mg/l	27*	37
Bicarbonates	mg/l	50**	100**
Chlorides	mg/l	290	670*
Sulfates	mg/l	95	110
Nitrates	mg/l	0.7	7.3
Total-P	mg/l	0.1	0.7

* calculated values; ** assumption



PERFORMANCE

The WRF shall be designed to meet the following performance criteria:

- Permeate production = 43 m³/h
- Maximum chloride concentration in the permeate is 250 mg/l. It is expected that membrane-based treatment will result in significantly lower chloride concentrations, however, bypass and blending of secondary treated wastewater should not be considered (i.e. full flow to be treated).
- At least two trains to be provided to enable min. 50% of normal permeate production in case of chemical cleaning or maintenance of one unit.

The WRF design and delivery shall further include:

- Pre-treatment required in accordance with the feedwater design quality and variability
- Fully automated system
- Intermediate storage tanks or backwash tanks to suit the supplied process.

To be supplied by others:

- Civil and structural by others
- Feed and product storage tanks, pumps and associated piping, valves, and instruments to be provided by others.

INFORMATION REQUIRED

The following information is required as part of the budget proposal:

- Brief description of system, including:
 - Type of pre-treatment and reverse osmosis membranes
 - Operating fluxes and recoveries
 - Equipment datasheet and/or basic process flow diagram
 - Permeate water quality across range of feed water qualities
 - Suppliers experience with removal efficiencies of emerging contaminants (e.g. pharmaceutical compounds) with membranes
- Battery limit conditions:
 - Inlet to membrane filtration unit (required flow/pressure)
 - Backwash/waste/reject outlets (flow/pressure)
 - Treated water (permeate) outlet (flow/pressure)
- Footprint of complete system, basic layout drawings.
- Capital cost (+/- 10%)
- Guaranteed and expected lifetime of filter and membrane
- Replacement cost of filters, membranes, and other equipment (+/- 10%)
- Required utilities and consumables (supplier to confirm):
 - Annual Power consumption
 - Annual Chemical consumption (incl. Specify type of chemicals, frequency of cleaning)
 - Instrument air
 - Other consumables

BILAG 6
TILBUD: BWT SPILDEVAND

BWT Danmark A/S | Geminivej 24 | DK-2760 Greve

Ramboll

Hannemanns Allé 53
DK-2300 Copenhagen S
Denmark

Att: Jessica Bengtsson

BWT Danmark A/S

Geminivej 24
DK-2760 Greve
☎ +45 43 600 500
☎ +45 43 600 900
✉ bwt@bwt.dk
www.bwt.com

October 25, 2022

Commercial Quotation:
Your ref.:
Our ref.:

**Waste Water Recycling, Rødbyhavn
Project in Rødbyhavn
T2880 Rev.A**

Please find below our budget and preliminary specifications for a waste water recycling plant UF + BWRO with a capacity of 2 x 516 m³/day according to our enclosed technical specifications.

The plant

UF + BWRO units with a capacity of 43 m³/h/ 24 hours, skid mounted units including, CIP Plant and control-system.



The system is provided with the following advantages:

- Flexible operation possible by advanced control and monitoring system.
- Easy installation (Plug and Play).
- Minimum maintenance due to the application of positive displacement pumps and centrifugal pumps in high alloy steel materials.
- High quality pumps and instrumentation package
- Automatic adjustment of recovery rate
- Minimum consumption of chemicals
- Start-up assistance and supervision on site (Optional)

T2880_Rødbyhavn_UF_BWRO_Budget_A_20221025_TNL.docx

For You and Planet Blue.

Bank: Danske Bank A/S
DKK: BIC DABADKKK IBAN: DK78 3000 000 6280110
EUR: BIC DABADKKK IBAN: DK73 3000 213 8836161
SEK: BIC DABADKKK IBAN: DK97 3000 334 5810706

CVR nr.: 76381615
EAN nr.: 5790002314179
VAT nr.: DK76381615

Minimum erection time and resources for installation

Complete pre-fabrication in our workshop in Denmark reduces the time needed for installation on site and ensures that the plant is operating in accordance with the specifications. Testing by simulating the operating conditions at our workshop is included for all UF/BWRO and clients are of course welcome to join us during the testing of the plant.

Our workshop facilities also includes the option and possibility of a full FAT test if required.

UF / RO unit:



Our quotation includes:

2 x 43 m³/h UF + BWRO

UF Unit:

- UF: Feed pump controlled by VFD
- UF: Pre-filter (Self cleaning)
- UF: Coagulant dosing /mixer
- UF: 2 x membraned skid
- UF: Automatic CEB / Backwash pump

Each BWRO Unit:

- BWRO: Cartridge filters (main)
- BWRO: High-pressure pump controlled by a VFD
- BWRO: Automatic recovery control
- BWRO: RO plant skid

Common utilities:

- CIP/Flush unit
- Power and control panel

Total budget price: DKK 4.200.000

Cost of filters replacement (Interval app. 6-12 month): DKK 4.500

Cost of membrane replacement (Interval app. 6-8 year): DKK 350.000

Options:

- FAT test, full scale
- Filtrate tank 50 m³
- Spare parts
- Supervision of installation on-site
- Commissioning/test/Training on-site

Technical information

Pre-treatment: UF Filtration

Feed water is pumped to 1 x 100% mechanical pre-filters of 200 µm, the mechanical pre-filter are working as a protection screen before the UF modules. The Mechanical pre-filter is a self-cleaning type and will backwash automatically on high delta P. From the pre-filters the feed water is led to the UF filters, the UF filters are divided in 2 single trains of 2 x 100 % of total capacity. Filtrate tank buffer will ensure 100% flow/production if one train is out of operation for backwash/CEB/CIP or maintenance.

Backwash and CEB is an automatic process controlled by amount of filtrated water, time or delta P across the module.

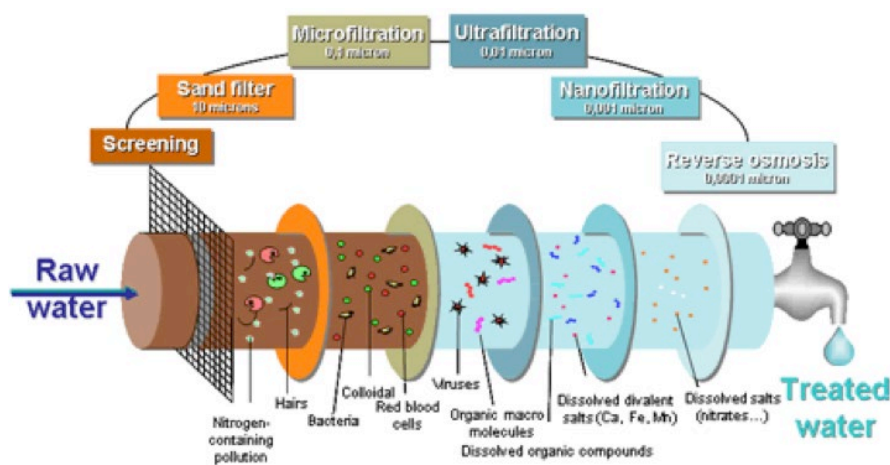
CIP is a manual process, and the CIP interval is estimated to 6 month.

CIP unit is optional equipment.

The filtrated water is led to a buffer tank, from the buffer tank the filtrated water can be pumped to the BWRO Reverse Osmosis units.

Features of UF technology

- Removal of microorganisms
- 99.9999% (LOG6) reduction of bacteria (*Pseudomonas diminuta*)
- 99.99% (LOG 4) reduction of viruses (MS2 coliphages) by mechanical means (EPA Est. No. 090374-NLD-001)
- High membrane packing density: The industry's smallest free volume in a membrane module
- 100% integrity testing on individual fibers
- Individual fiber repair
- Very good antifouling behavior
- Typical permeate quality:
 - SDI < 3
 - Turbidity < 0.1NTU
- Excellent chemical resistance:
 - Wide pH range: 2 – 12
- High chlorine stability: Maximum free chlorine 250 mg/l
- Typical high permeability: low energy consumption



BWRO

The reverse osmosis plants consists of one pass RO, each with high pressure feeds pump, a membrane system, all necessary piping including instruments and valves.

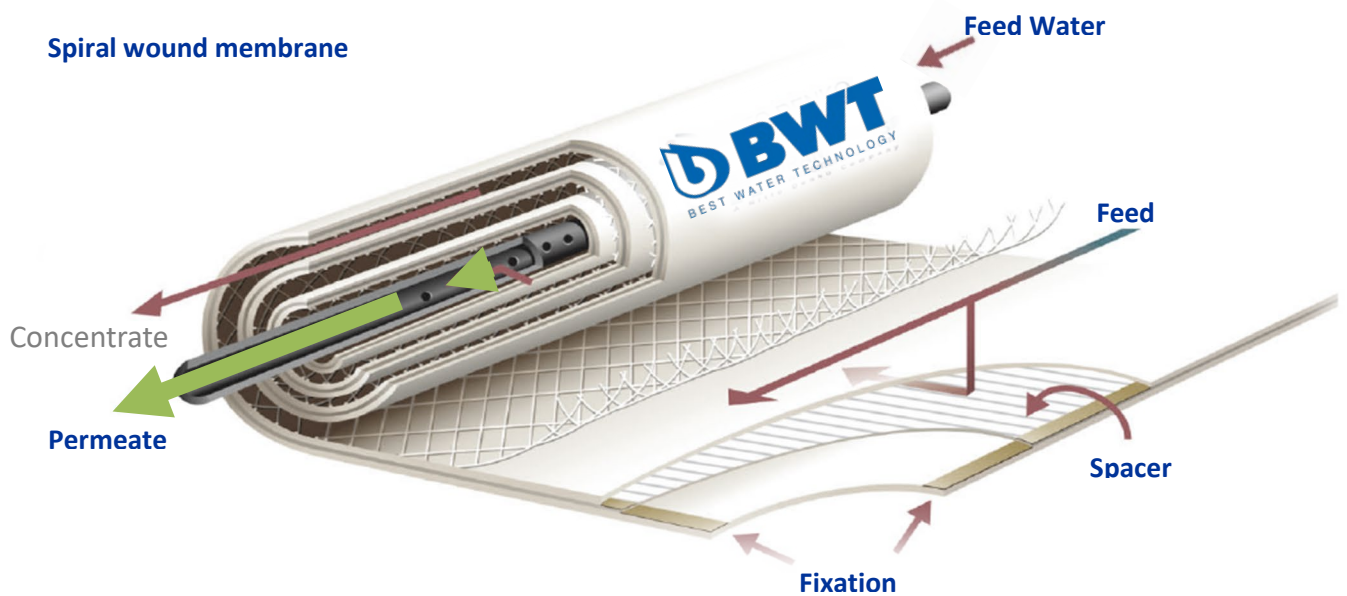
The membranes are composite polyamide elements featuring the possibility of cleaning with acid and alkaline cleaning agents. The quoted contaminant resistant membranes, is made for challenging feed water types and the pH range if higher than normal membranes.

The plants are equipped with a manual cleaning in place (CIP) system.

The reverse osmosis plant will reduce the soluted salts and the conductivity in the raw water to a level, in the treated water (permeate), of 1 to 3%. Also the plant will remove organics and possible bacteria.

Plant recovery is projected to 80%. I.e. 80% of the raw water is converted into permeate this is controlled automatic by regulate recovery and feed pressure.

The reverse osmosis plant will flush the membranes automatically after shutdown.



Performance:

Parameters	Range
System Permeate Flow rate	43 m ³ /h / 1032 m ³ /d
System Feed Flow rate	68 m ³ /h / 1632 m ³ /d
Nominal Recovery UF / BWRO	93 % / 80 %
Nominal Flux UF / BWRO	63 lmh / 13,8
Operation pressure RO	20 bar
Nominal Concentrate Flow rate RO	15 m ³ /h / 360 m ³ /d
Temperature Feed Water	7 °C
Typical Energy Consumption	1.2 kWh/m ³ (UF +RO Process)
Permeate quality TDS	< 10 ppm

Utilities and consumables:

Chemical consumption:

Coagulation FeCl₃: 15 kg/day

CEB:

NaOCl: 4,7 l/day

NaOH: 4,2 l/day

HCl: 7,3 l/day

CIP:

CIP 4: 20 kg/year

CIP10: 20 kg/year

Commercial conditions

Installation and Commissioning

We recommend that BWT technicians are involved in installation and commissioning. Typically BWT technicians will supervise the installation of the RO plant and the connections of all the necessary piping, electrical and instrumentation connections to the plant. Typically BWT technicians will commission the RO plant and train personnel in operations and maintenance on site.

Below services is not included in total price and will be invoiced according to our daily rate:

- Est. 30 days supervision of the installation
- Est. 10 days commissioning
- Est. 2 day training (Training will be in Danish language)

Terms of payment:

30 % at date of order.

60 % manufacturing completed

10 % against shipping documents.

Terms of delivery:

EXW – Greve, Denmark

Incoterms 2012.

Delivery Time

The estimated manufacturing time will be 30-32 weeks EXW after commercial and technically agreed order. Lead time of some of the alternatives/options can cause longer delivery times.

Upon signing a contract, we will be able to provide a firm schedule.

Documentation:

Following documentation will be provided in 1 sets.

- Manuals for operation and maintenance
- Parts lists for all equipment
- Electrical circuit diagrams for all electrical equipment.

All documentation will be in English/Danish.

Additional Information

Client responsibility.

- Effluent Tank
- Filtrate tank (50 m3)

- Foundation, connecting piping and cable infrastructure. Civil works, supply and installation of the piping outside the plant.

Validity:

Our budget quotation is valid for 60 days.

After you have reviewed the proposal and quotation, we would be pleased to discuss it in detail with you and if you have any questions, please do not hesitate to contact BWT.

Finally, we would like to thank you for your consideration, and we look forward to working with you.

Yours sincerely,

Thomas Nyman Larsen
Project Director
BWT Danmark A/S

Consultancy and Support

We would be pleased to give our advice and propose alternative solutions. Our team consists of skilled engineers and technicians with a great level of knowledge within water treatment. Several of our employees have been in this line of business for many years and work in various divisions from product development to technical service. This provides us with a strong team of experts in front who wish to offer the best consultancy and guidance customised to your needs.

Nationwide and Professional Service

We have the largest service organisation in this business with more than 60 experienced service technicians distributed across Denmark. We offer fast and professional service. Our GPS-controlled service vans enable us to repair a stoppage or conduct an ordinary service check-up on the same day as it occurs. In case of an urgent stoppage or lack of water, we **guarantee** that service will be conducted on the same day as it is reported to us.

We offer services customized to your needs:

- Service contracts – filter replacement, check-up spare-parts service
- Start-up, commissioning and training of local operating personnel
- Supervision and optimization of complex water treatment units
- 24-hour service and support

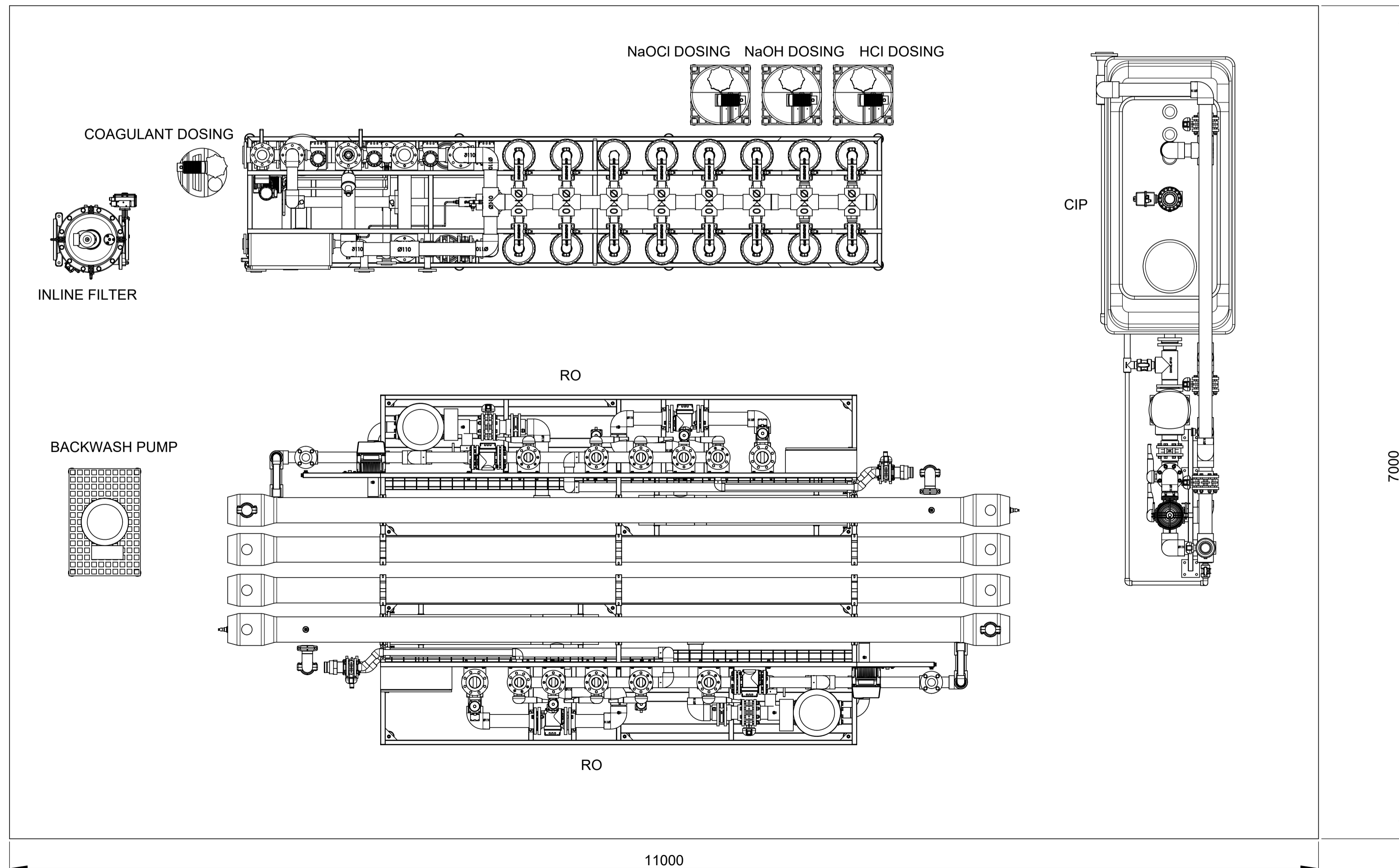
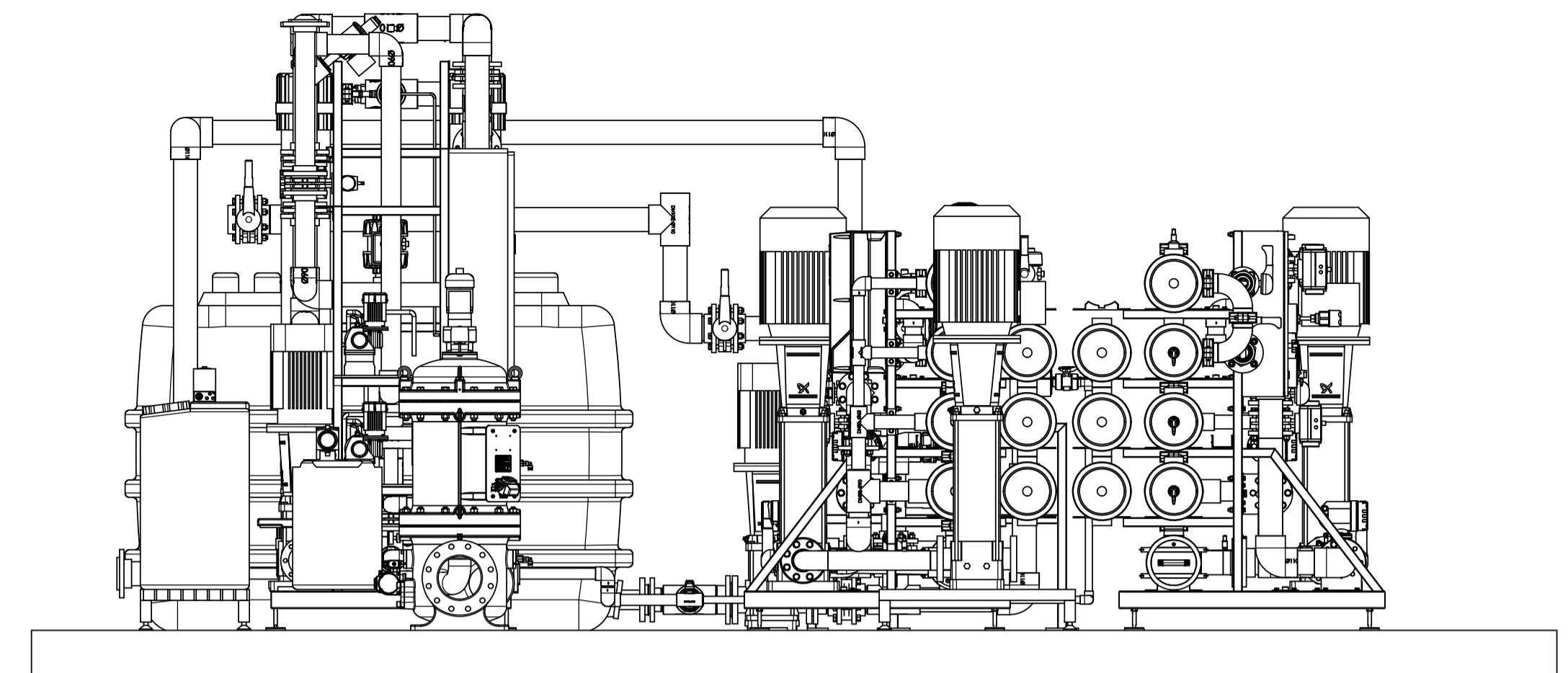
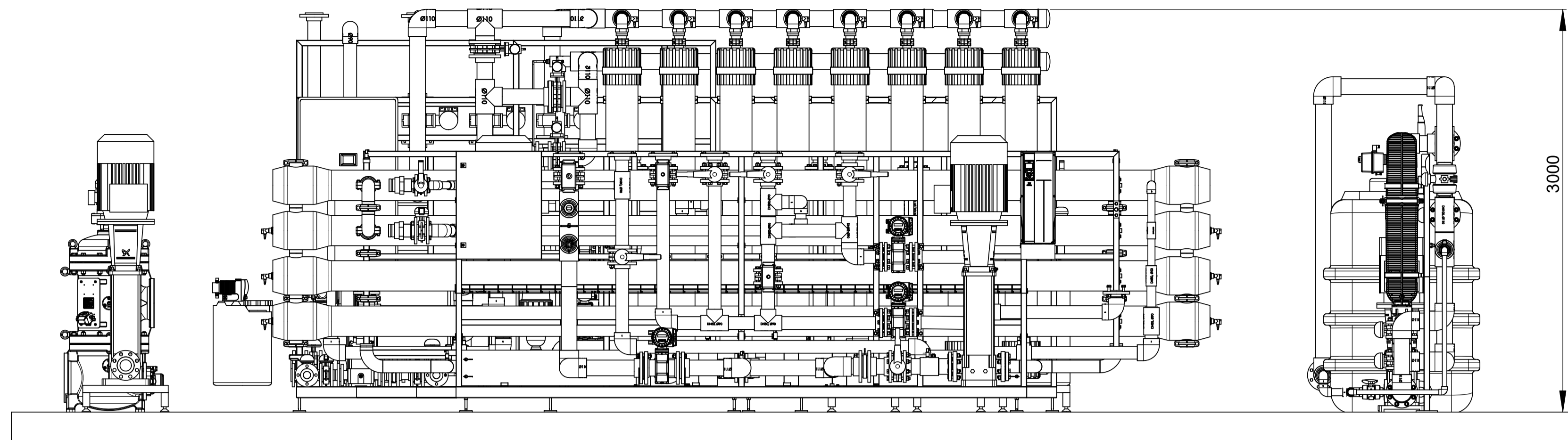
BWT – Best Water Technology

BWT, formerly known as HOH Water Technology, was established in 1975 and today possess great expertise within advanced water treatment solutions for the industrial and supply business, hospitals and clinics, the hotel and restaurant segment, the coffee segment, swimming facilities, larger housing complexes and private consumers.

Today, however we are part of the group BWT - Best Water Technology. BWT is Europe's leading company within water technology.

BWT is known for its high quality, creativity and unique products. We wish to supply future-proof and optimised solutions with the best water quality matching the customer's need. We believe in developing environmentally safe and economical water treatment products which protect and preserve our blue planet.



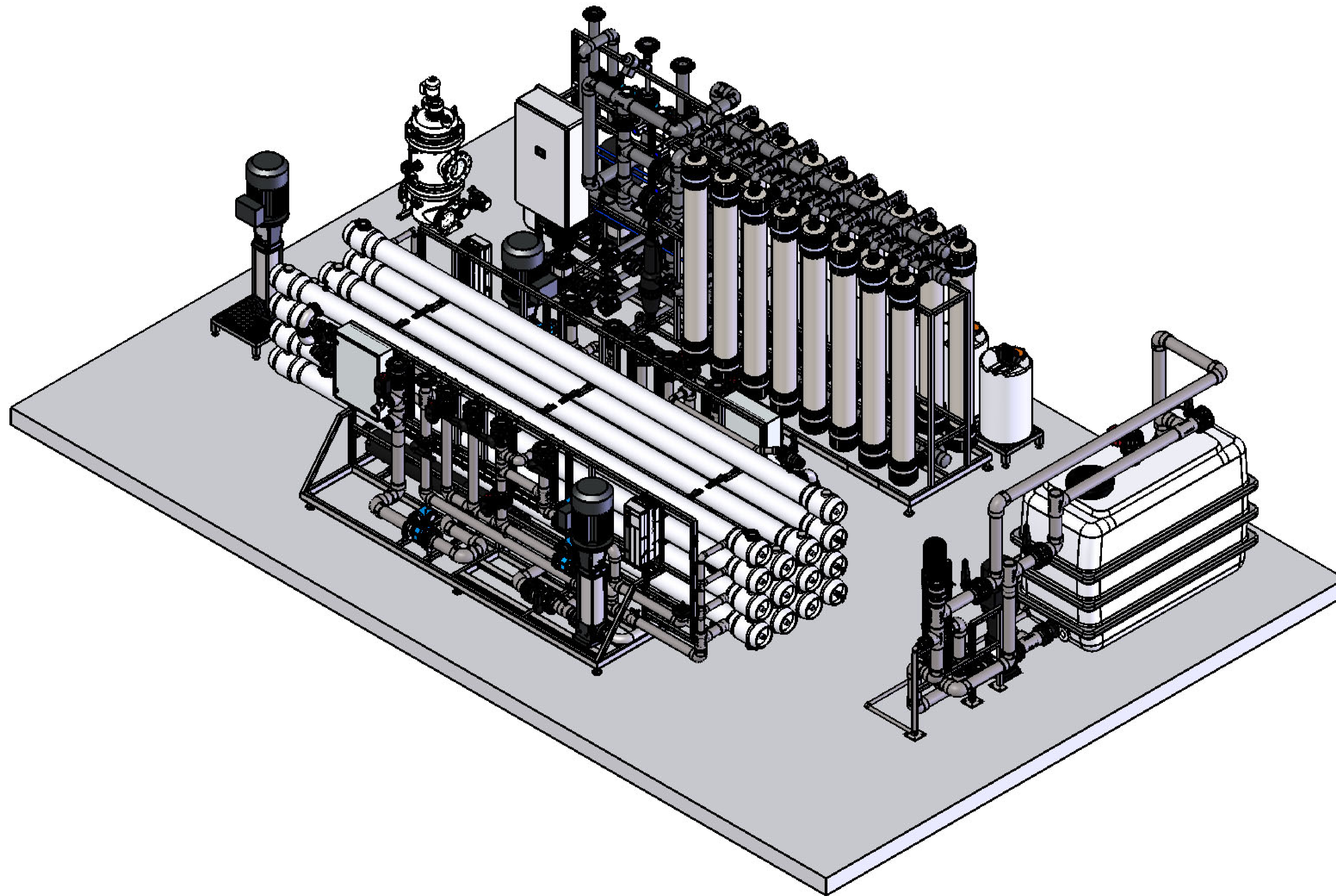


Last Revision Date	Design	Approved	Change					Rev
Date	Design	Approved	Quot. no.	Ordre no.	Scale	Material	Weight [kg]	
24-10-2022	REH		T2880			Mt 2880	1404,59833605344128.0	

Rødbyhavn
UF & Ro Plant 2 x 21,5 m³/h
Arrangement Drawing


	BWT Denmark A/S Søndervej 24 DK-2850 Greve Tel. +45 43 600 500 Fax +45 43 600 500 Web: www.bwt.dk E-mail: bwt@bwt.dk	Drawing no.	Page	Revision
		T2880M10	1/2	

CAD file: S:\Tilbud\T2800_T2899\T2880_Ramboll_Rødbyhavn_SWRO_BWRO_TNL11_Tegninger\02_Mekanisk\01_MEK_Tegninger\uf\T2880M10
 THE CONTENT OF THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF BWT DENMARK A/S. THE DOCUMENT MUST NOT BE DISTRIBUTED OR COPIED - ELECTRONICALLY OR PHYSICALLY - WITH OUT THE WRITTEN AUTHORISATION OF BWT DENMARK A/S.



Last Revision Date	Design	Approved	Change	Rev.			
Date	Design	Approved	Quot. no.	Ordre no.	Scale	Material	Weight [kg]
24-10-2022	REH		T2880			M2880M10	5344128.0

Rødbyhavn
UF & Ro Plant 2 x 21,5 m³/h
Arrangement Drawing

 <small>BWT Denmark A/S Søstribvej 24 DK-2850 Greve Tel. +45 43 600 500 Fax +45 43 600 500 Web: www.bwt.dk E-mail: bwt@bwt.dk</small>	Drawing no.	Page	Revision
	T2880M10	2/2	

BILAG 7
TILBUD: E+H GMBH SPILDEVAND



HAGER+ELSÄSSER

An Aquarion Group Company



Concept Estimation
03P22130211DK: variant waste water effluent
for Ramboll Hannemanns Allé 53 DK-2300 Copenhagen S Denmark

H+E GmbH

- Background information
- Balance diagram
- Process flow diagram
- General concept explanation
- OPEX estimation & Required utilities/replacement costs per year
- CAPEX estimation
- Summary

➤ Wastewater Recycling Facility variant as the source for the projecting plant:

1. The water source is the effluent of the WWTP, chemical composition is the following:

Parameter	Units	Min	Max
Temperature	°C	7.0	18.0
TOC	mg/l	5.0	10.0
COD	mg/l	17	56
TSS	mg/l	0.9	11.0
pH	-	7.8	8.4
Calcium	mg/l	78*	160
Magnesium	mg/l	18*	39
Sodium	mg/l	115*	250
Potassium	mg/l	27*	37
Bicarbonates	mg/l	50**	100**
Chlorides	mg/l	290	670*
Sulfates	mg/l	95	110
Nitrates	mg/l	0.7	7.3
Total-P	mg/l	0.1	0.7

* calculated values; ** assumption

2. The media prices for the site:

- Cost for 1 m³ raw water (sea intake/WW effluent)
 - ✓ We expect this to be free of charge if the chemical composition is in the limits

- Cost for 1 m³ water for disposal (from projected plant)
 - ✓ We expect this to be free of charge if the chemical composition is in the limits

- For electricity we are assuming 0.13 EUR/kWh

- For tap water we are assuming 2 EUR/m³

3. Limitations for disposal water (chemical composition which we shouldn't exceed):

Parameters	Units	Estimated max. Effluent concentrations
TOC	mg/l	2
TSS	mg/l	52
pH	-	14
Calcium	mg/l	5.040
Magnesium	mg/l	1530
Sodium	mg/l	13.091
Potassium	mg/l	468
Na ₂ O-eq	mg/l	17.597
Chloride	mg/l	32.400
Sulphate	mg/l	2.160
Salts	mg/l	36.000

4. The performance requirements to projecting plant:

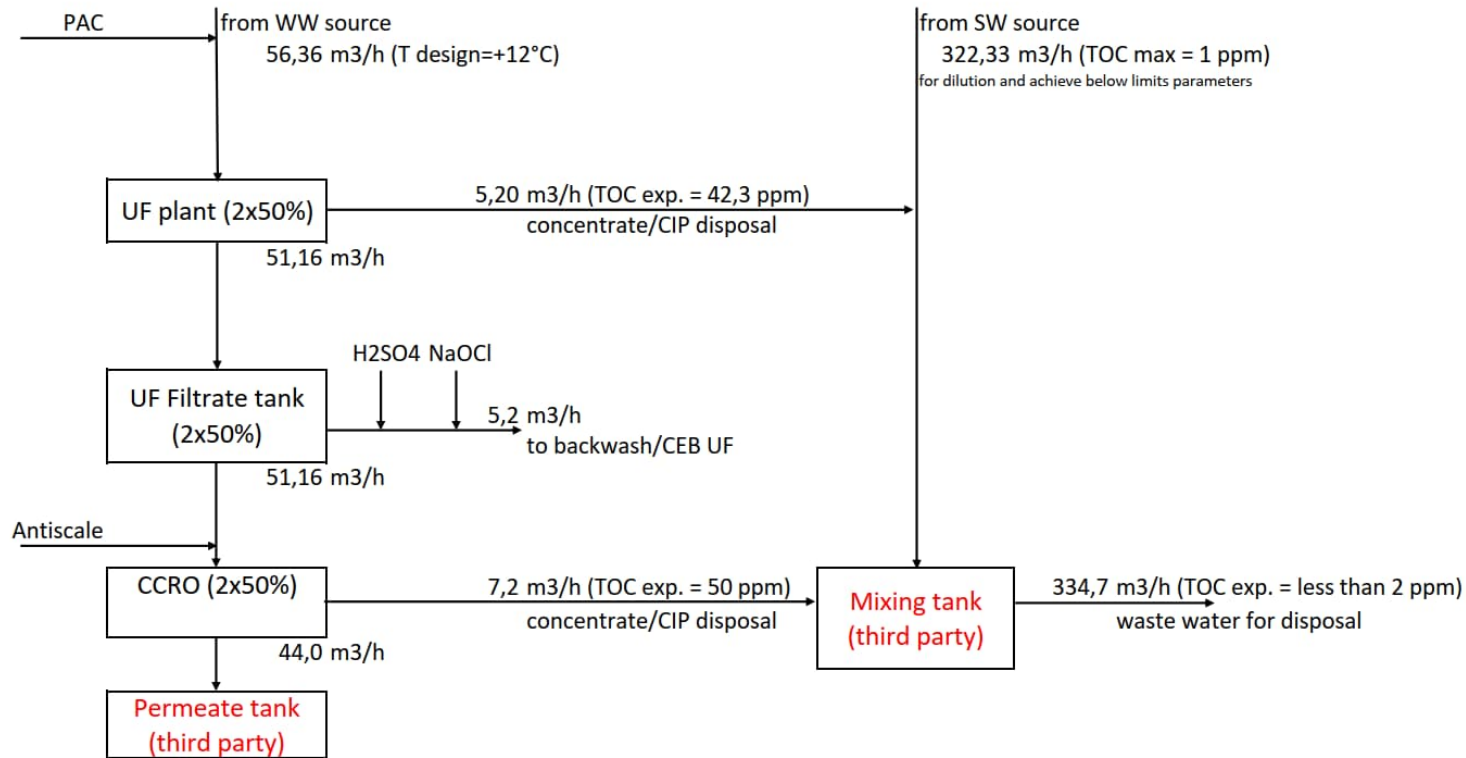
- Needed product flow = 43 m³/h
- Maximum chloride concentration in the permeate is 250 mg/l. It is expected that membrane-based treatment will result in significantly lower chloride concentrations, however, bypass and blending of secondary treated wastewater should not be considered (i.e. full flow to be treated).
- At least two trains to be provided to enable min. 50% of normal permeate production in case of chemical cleaning or maintenance of one unit

BALANCE DIAGRAM



HAGER+ELSÄSSER

An Aquarion Group Company



We will have to dilute the mixture of the concentrate flows from UF&CCRO with sea water to be in the limits for TOC value less than 2 ppm.

Pumps for pumping sea water for dilution and pumping the mixed waste water for disposal are not considered in the scope.

Tanks marked with red font are not considered in the scope

EXPECTED DISPOSAL WASTE WATER COMPOSITION AFTER MIXING



An Aquarion Group Company

Fraction between flows to stay in the limits for disposal

Stream Name	Sea water intake	CCRO concentrat	Blended
Fraction (%)	97,8	2,200	100,0
Water Type	Sea Water	Waste Water	Waste Water
Water Sub Type	With conventional pretreatment, SDI < 5	With conventional pretreatment, SDI < 5	With conventional pretreatment, SDI < 5
Minimum Temperature (°C)	2,5	10,0	2,7
Design Temperature (°C)	20,0	12,0	19,8
Maximum Temperature (°C)	20,0	18,0	20,0
pH	8,09	8,20	8,08
Solid Content			
Turbidity (NTU)	0,50	0,00	0,49
Total Suspended Solids (TSS) (mg/L)	0,00	0,00	0,00
SDI ₁₅	0,00	0,00	0,00
Organic Content			
TOC (mg/L)	1,00	50,00	2,08

Expected composition After mixing before disposal

Ionic Content				
Cations				
NH ₄	(mg/L)	0,000	0,000	0,000
K	(mg/L)	260,884	260,052	260,865
Na	(mg/L)	7297,721	1766,671	7176,058
Mg	(mg/L)	852,889	276,848	840,216
Ca	(mg/L)	2809,517	1135,789	2772,695
Sr	(mg/L)	10,034	0,000	9,813
Be	(mg/L)	0,050	0,000	0,049
Anions				
CO ₂	(mg/L)	18,328	26,228	18,613
HCO ₃	(mg/L)	146,501	677,648	158,052
NO ₃	(mg/L)	0,696	50,309	1,789
Cl	(mg/L)	17959,025	4746,883	17648,798
F	(mg/L)	1,395	0,000	1,365
SO ₄	(mg/L)	1195,935	781,545	1186,818
Br	(mg/L)	0,000	0,000	0,000
PO ₄	(mg/L)	55,000	0,000	53,790
Neutrals				
SiO ₂	(mg/L)	0,897	0,000	0,877
B	(mg/L)	2,990	0,000	2,924
CO ₂	(mg/L)	0,668	4,039	0,758
Totals				
TDS*	(mg/L)	30606,927	9727,681	30147,582
Additional Feedwater Information				

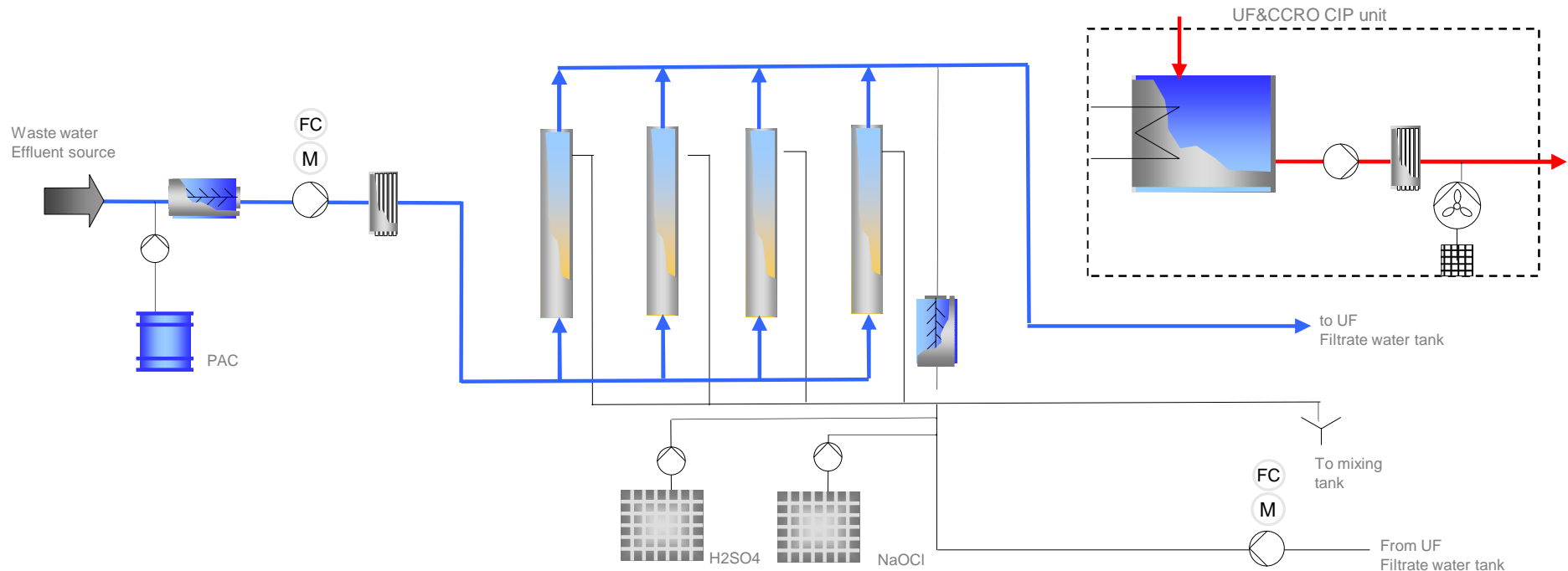
Expected composition After mixing before disposal

PROCESS FLOW DIAGRAM: PRETREATMENT



HAGER+ELSÄSSER

An Aquarion Group Company

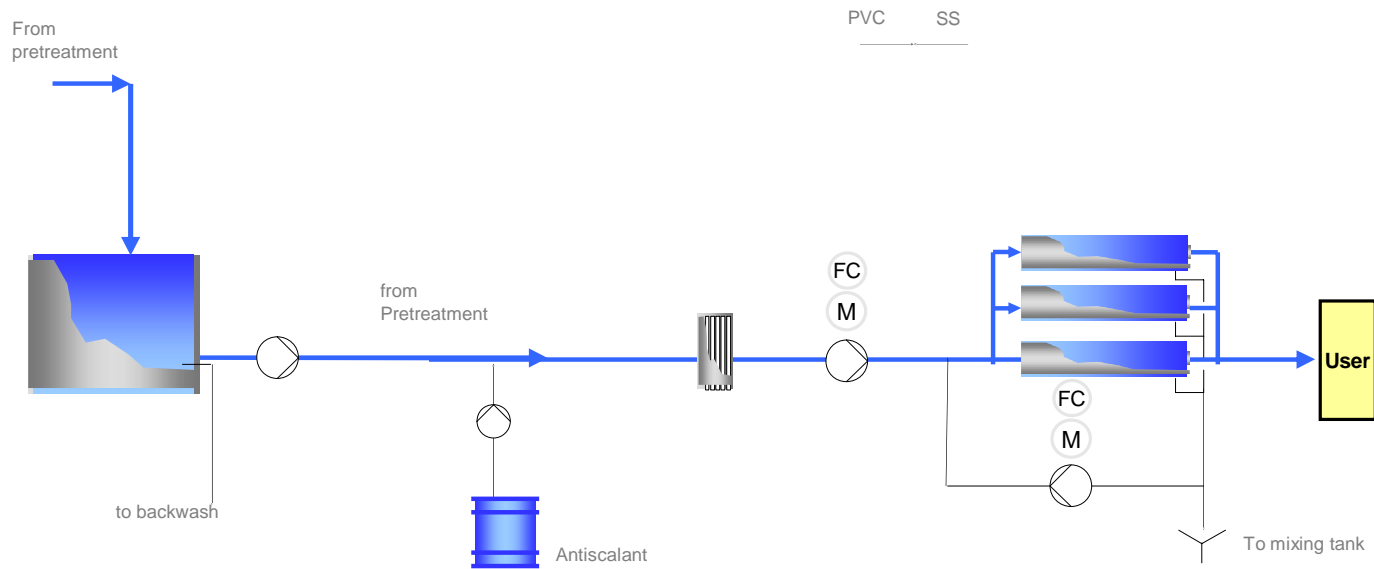


Dosing station PAC
2 x 50%

Forward pump	Prefilter	Ultrafiltration unit	Dosing station H ₂ SO ₄ (CEB)	Dosing station NaOCl (CEB)
	150 µm			
Pump: 2 x 50%	2 x 50%	2 x 50%	2 x 50%	2 x 50%
56,36 m ³ /h	56,36 m ³ /h	51,16 m ³ /h		

Backwash Pump (BW/CEB)	UF&CCRO CIP Unit
Pump: 2 x 50%	1 x 100%
61,6 m ³ /h x 2	

PROCESS FLOW DIAGRAM: UPW PREPARING



UF Filtrate tank	Secondary pump	Dosing station Antiscale
2 x 50%	2 x 50%	2 x 50%
14,4 m ³ x 2	48,01 m ³ /h	

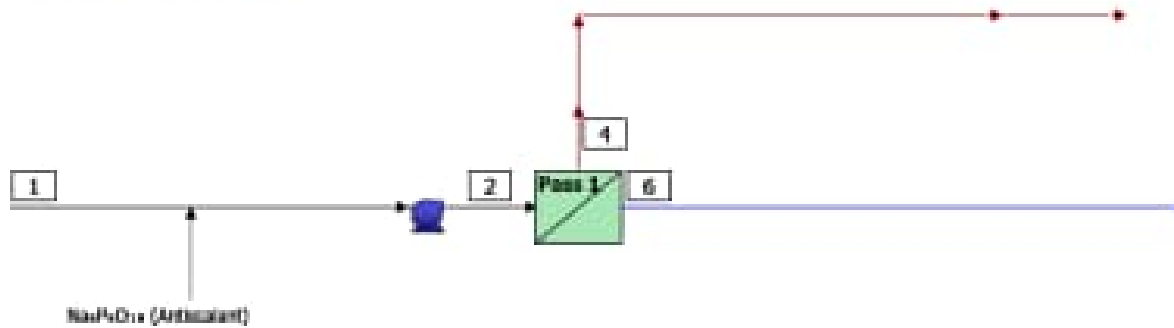
Prefilter CCRO	High pressure pump CCRO	Circulation pump CCRO	CCRO
2 x 50%	2 x 50%	2 x 50%	2 x 50%
48,01 m ³ /h	48 m ³ /h	48 m ³ /h	43,2 m ³ /h

General concept explanation: variant waste water effluent



GENERAL CONCEPT EXPLANATION: MAIN TREATMENT STEP TO ACHIEVE CHLORIDES ACCORDING THE REQUIREMENTS

CCRO Detailed Report RO System Flow Diagram



#	Description	Flow (m ³ /h)	TDS (mg/L)	Pressure (bar)
1	Raw Feed to RO System	25.6	1,375	0.0
2	Net Feed to Pass 1	25.6	1,375	14.3
4	Total Concentrate from Pass 1	3.58	9,725	13.7
6	Net Product from RO System	22.0	14.48	0.0

GENERAL CONCEPT EXPLANATION: MAIN TREATMENT STEP TO ACHIEVE CHLORIDES ACCORDING THE REQUIREMENTS



An Aquarion Group Company

SERVO®.CCRO concentration values:

Concentrations (mg/L as ion)	Feed	Concentrate composition for disposal			Permeate quality for user			Total
		PF	CC1	CC Final	PF	CC1	CC Final	
NH ₄ ⁺	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ⁺	37.00	40.98	65.53	260.1	1.18	0.26	1.10	0.68
Na ⁺	250.0	277.2	443.4	1,767	5.20	1.16	5.01	3.09
Mg ⁺²	39.00	43.29	69.27	276.9	0.44	0.10	0.45	0.27
Ca ⁺²	160.0	177.6	284.2	1,136	1.82	0.41	1.80	1.10
Sr ⁺²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba ⁺²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO ₃ ⁻²	2.23	2.55	4.65	28.75	0.00	0.00	0.00	0.00
HCO ₃ ⁻	99.91	110.5	175.5	675.1	3.32	0.81	3.40	2.10
NO ₃ ⁻	7.30	8.06	12.85	50.30	0.49	0.11	0.48	0.30
F ⁻	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl ⁻	669.9	743.1	1,189	4,746	10.60	2.35	10.16	6.26
Br ⁻	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO ₄ ⁻²	110.0	122.1	195.4	781.4	1.06	0.25	1.09	0.67
PO ₄ ⁻³	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO ₂	0.57	0.62	0.96	3.66	0.53	0.68	2.38	1.53
TDS*	1,375	1,525	2,440	9,722	24.12	5.46	23.49	14.48
Est. Cond. µS/cm	2,597	2,862	4,439	15,643	51	11	46	29
pH	8.4	8.4	8.4	8.2	7.1	6.4	6.5	6.4

Concentrate flow for disposal (ions concentrations) are in the required limits (not exceeding them) but it is expected that TOC value will be around 50 mg/l. Because of TOC we will have to dilute concentrate flow in the mixing tank with the sea water available at the site to be in the limits (below 2 mg/l).

Concentration of chlorides in the permeate is in the required limit (below 250 mg/l).

GENERAL CONCEPT EXPLANATION:



An Aquarion Group Company

- Our concept based on the main idea of minimizing OPEX taking into account that media and utilities like: tap water and electricity are expensive.
- We based our concept on SERVO®.CCRO plant which can work with recovery up to 86-95%. Thus we can significantly save the raw water and minimize concentrate flow.
- SERVO®.CCRO plant is more reliable in case of fouling resistance because it is more difficult for the microorganisms to attach themselves to the membrane surface comparing with the conventional RO where it will be needed constant biocide dosing in the inlet water.

OPEX estimation & Required utilities/replacement costs per year: variant waste water effluent
for Ramboll Hannemanns Allé 53 DK-2300 Copenhagen S
Denmark



OPEX estimation:

Name of the OPEX/parameter	WW-effluent (UF&CCRO)		Remark
	media/year	€/year	
Raw water consumption	494.414,40	0,00	media units: m3/y
Service (Concentrate) water for disposal	108.974,40	0,00	media units: m3/y
Raw water for dilution before disposal to be in the limits	2.823.610,80	0,00	media units: m3/y
Tap water for heatexchanger (T inlet = +70° C)	0,00	0,00	media units: m3/y
Electricity consumption UF&CCRO	270.997,90	35.229,73	media units: kWh/y
Antiscalant consumption for CCRO: Na ₆ P ₆ O ₁₈ (100%)	511,00	1.195,74	media units: kg/y
NaOCl (12%) consumption for UF CEB	8.176,00	2.886,13	media units: L/y
NaOH (50%) consumption for UF CEB	0,00	0,00	media units: L/y
H2SO4 (92%) consumption for UF CEB	146,00	7,30	media units: L/y
Membranes UF replacement (expected: 1 time per 10 years)	1,60	4.721,60	media units: pcs./y
Membranes CCRO replacement (expected: 1 time per 5 years)	16,00	9.664,00	media units: pcs./y
CIP manpower for 2 lines in operation (worst case scenario)	72,00	1.872,00	media units: h/y
CIP Electricity consumption 2 lines in operation (worst case scenario)	846,80	110,08	media units: kWh/y
CIP NaOH (50%) solution for 2 lines in operation (worst case scenario)	474,50	102,02	media units: L/y
CIP Citric acid (100%) solution for 2 lines in operation (worst case scenario)	109,50	287,99	media units: L/y
In total OPEX, euro		56.076,58 €	per year
OPEX related to 1 m3 treated permeate		0,15	permeate produced per year: (44m3/h)*24*365=385.440 m3/y

CAPEX estimation: variant waste water effluent
for Ramboll Hannemanns Allé 53 DK-2300 Copenhagen S
Denmark



CAPEX estimation WW-effluent treatment UPW plant:

CAPEX name/Parameters	Price, Euro excl. VAT	
UPW plant for treatment Wastewater Recycling Facility variant as the source		1.271.680,00
Mechanical and electrical erection works		235.500,00
Commissioning works		62.820,00
Budget price ±10%		1.570.000,00 €

The main benefit of concept based on SERVO[®].CCRO especially for Wastewater Recycling Facility:

Less OPEX

- Less OPEX due to lower raw water requirements and less concentrate discharge: Calculated OPEX approx. related to 1 m³ of permeate is 0.15 euro/m³.
- OPEX can be reduced more during operation, considering that salinity varies in a range. SERVO[®].CCRO can be used with a recovery rate of up to 86-95%.

FOULING

- The recirculated amount of concentrate and thus the flow on the inlet side can be increased via the cycle length. This results in a higher flow rate (shear stress increases). This makes it more difficult for the microorganisms to attach themselves to the membrane surface.
- Due to the concentration during the CC mode, the feed-side osmotic pressure changes, which has a growth-inhibiting effect on microorganisms.



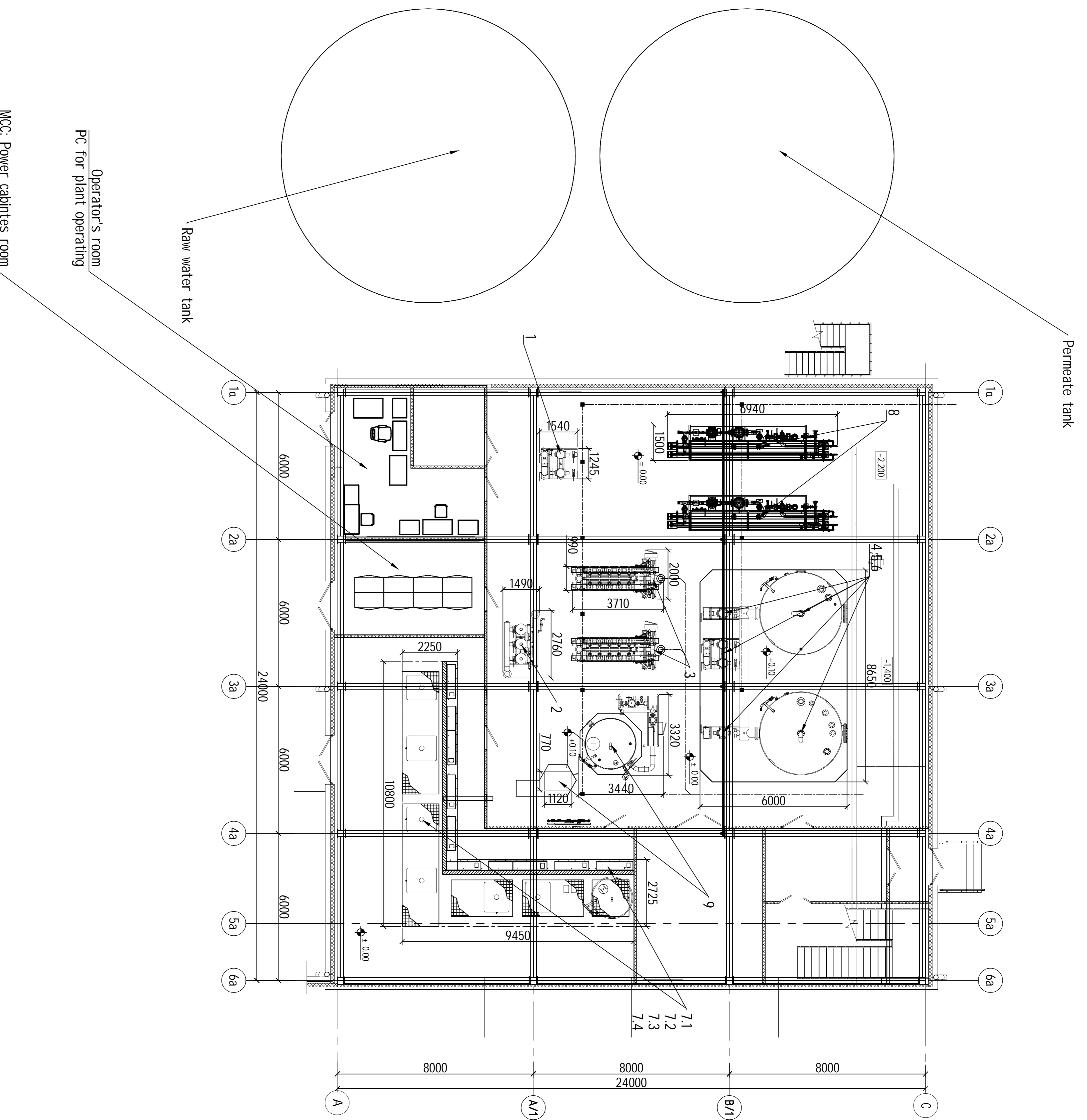
An Aquarion Group Company

Any questions ?



H+E GmbH | An Aquarion Group Company
Ruppmannstraße 33b · 70565 Stuttgart
Tel.: +49 711 7866-0 · Fax: +49 711 7866-202
info@he-water.com · www.he-water.group

Letter ¹ des.	Graphic design.	Conditional designation	Name and characteristics, information
1		Forward pumps (2 x 50%)	
2		Prefilter (2 x 50%)	
3		Ultrafiltration unit (2 x 50%)	
4		UF filtrate tank (2 x 50%: 2 x 14,4m ³)	
5		Secondary pumps (2 x 50%)	
6		Backwash pumps BW/CWB (2 x 50%)	
7		Dosing stations (2 x 50%), including:	
7.1		Dosing station PAC	
7.2		Dosing station H2SO4	
7.3		Dosing station NaOCl	
7.4		Dosing station Antiscalant	
8		CCRO unit (2 x 50%)	
9		CIP UF&CCRO unit (1 x 100%) including:	
9.1		CIP station	
9.2		CIP blower	



Rev./Index	Datum/dato	Gez./Oran	Iggr./Ändck	Art der Änderung / Modification
Kennwort / Subjekt:		Reddyban, Ramholl		
Projekt-Nr. / Nr.:		03P2213021DK		
Dat. art./dat. type	LAYOUT	Maßstab/scale:	1:1	
Titel / Title:				
Layout				
Waste water recycling facility variant				
Placement of main equipment				
preliminary concept				
Zzeichnung Nr. / Drawing No.:				
03P 2213021DK_WW				
Projekt-Nr. / Nr.:				
01 REV0 A1				
Blatt / Revision:				
Seite / Revision:				
HAKGER-ELSAESSEN Gertigkeits System für die Gabel Schwerkraft SD MMS herstelln (Copyright by H+E Gabel Hertr + prachien in der SD MMS)				
Ruppmanstr. 33b D-70565 Stuttgart Tel.: (+49) 7117/886-0 Fax: (+49) 7117/886-202 info@he-waeter.com www.heggr-elsaessen.com				

BILAG 8
TILBUD: KRÜGER SPILDEVAND

Tilbud Krüger – Spildevand

For The ReUse of waste water part, we propose 2 lines each 50% capacity as noted in the email sent to us, the output of desalinated water should be 43 m³/h, each line with 4 process steps. First is a filtration using our Filtraflo battery of 2 FCP-P-22-25, second step is a disc filter 55um FILTROMAX Disc 5x2", the third step is ultrafiltration 3xUFLEX 192/3-P and final step is a RO desalination unit using our Sirion Mega SF 320x2. They can run in parallel using each line 2xFiltraflo, 1xFILTROMAX, 3xUFLEX 192/3-P and 1x Sirion Mega SF. Each process line has a RO CIP Station.

Lifetime of the membrane is conservatively estimated to 1 year, without the usages of antiscalant and if it is in operation (with water) on-going.

Change of all membranes in one session incl. technicians are estimated at a cost of DKK 538.000 per UFLEX and Sirion Mega units - membrane prices are very fluctively at the moment.

Budget cost for the project is DKK 14.028.009,- excl. FAT, SAT & Commissioning.

System is composed and includes:

1. 2 sets of twin filters FCP-P-22-25 with linear flow velocity at the range of 10 m/h;
2. 2 sets of disc filters FILTROMAX 5x2"
3. 6 sets of UFLEX 192/3-P - we suggest to in later stage to size the tailored UF as now we price on the base of standard product.
4. 2 tanks for filters and UF regeneration water each V=100 m³;
5. 2 Sirion MEGA SF 320x5, with operational flux 25 l/h/m² with the standard recovery of 60%;
6. Typical salt rejection 97% - 99%;

Required utilities:

1. Sirion MEGA SF 320x5 2x30 kW;
2. Antiscalant;
3. air for filter backwash;
4. Instrument air.

Battery limit conditions:

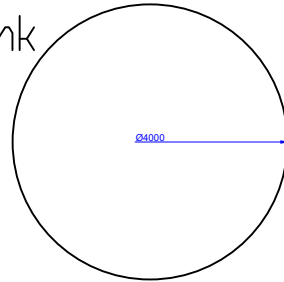
1. Filters inlet water 100 m³/h @ 5barg and 10 deg.C;
2. Filter backwash max. 35 m³/h @ max 15 min per filter unit, RO concentrate 15 m³/h per SIRION MEGA unit;
3. Permeate 22 m³/h typically free outlet.

Footprint - see attached tentative layout.

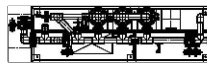
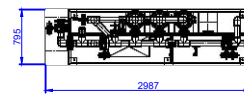
Capital cost estimate - Budget cost for the project is **DKK 14.028.009** ,- excl. FAT, SAT & Commissioning.

Change of all membranes in one session incl. technicians are estimated at a cost of **DKK 538.000** ,- per UFLEX and Sirion unit - membrane prices are very fluctively at the moment.

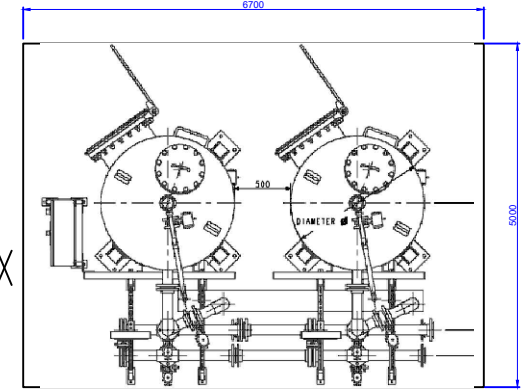
Treated Water tank



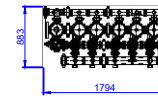
UFlex



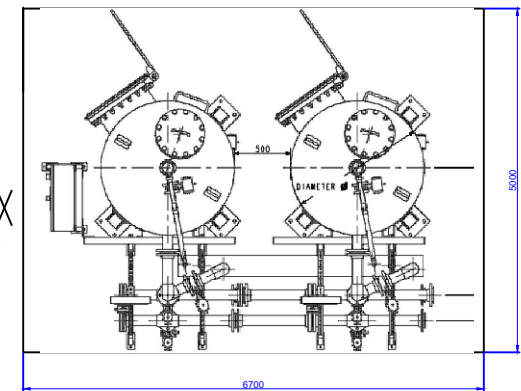
FILTRAFLO



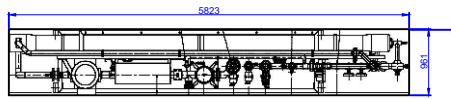
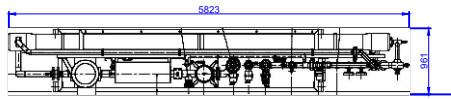
FILTROMAX



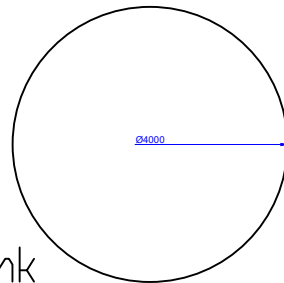
FILTRAFLO



SIRION MEGA SF



SIRION MEGA SF



Treated Water tank

26619

15025

Rev	Date	Drawn	Checked	Approved	Description
A	10-11-22	MP1			FIRST ISSUE
Rambol Rodbyham PRELIMINARY LAYOUT Waste Water ReUse 43 m ³ /h					



BILAG 9

TILBUD KRÜGER UV-ANLÆG

Tilbud Krüger – UV

The price for 2 sets of UV lamps with spare parts set is 192060,17 DKK for SW and ReUSE.

BILAG 10

PROCESDESIGNSPECIFIKATIONER FOR AFSALTNING AF HAVVAND



Process Specification

Seawater Desalination System

SCOPE AND PURPOSE

This document defines the process specification for a Seawater Desalination Facility (SWRO) in Rødbyhavn in Denmark.

INTRODUCTION

The SWRO plant will treat seawater from the Baltic Sea in Rødbyhavn. The SWRO is foreseen to treat the seawater for use at an industrial facility. The seawater is expected to be supplied to the plant via an open intake, however, a beach well may be considered due to the intake conditions described below.

The seawater salinity in the intake zone is rather low and tends towards the salinity of brackish water. Moreover, the salinity highly varies throughout the year: the mean surface salinity varied between 8 and 20 g/l in spring and autumn and between 8 and 17 g/l during summer (Figure 1).

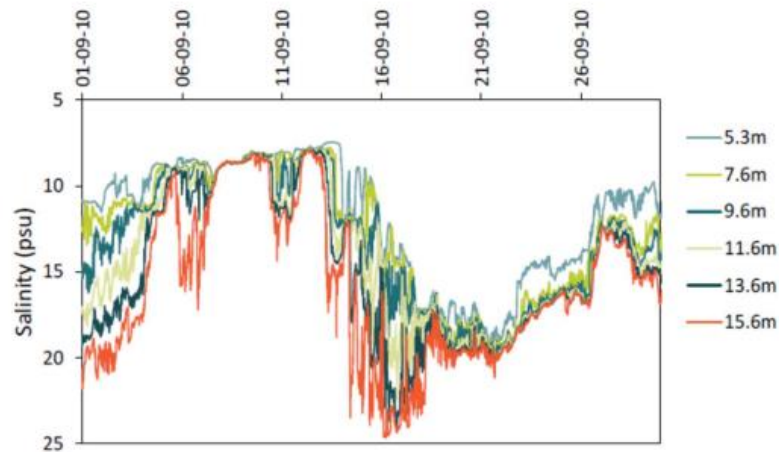


Figure 1: Salinity in Danish near-shore stations South of Rødbyhavn, September 2010.

Additionally, the seawater suspended solids is relatively low for the local near-shore stations with a median of 1,5-2,2 mg/l and 95%-percentile of 28.9 mg/l. Peak values of 126 mg/l and 302 mg/l were measured in the tidal zone during 2010-2011, however, these peak values are not considered for the design due to the proposed location and design of the seawater intake infrastructure (by others).

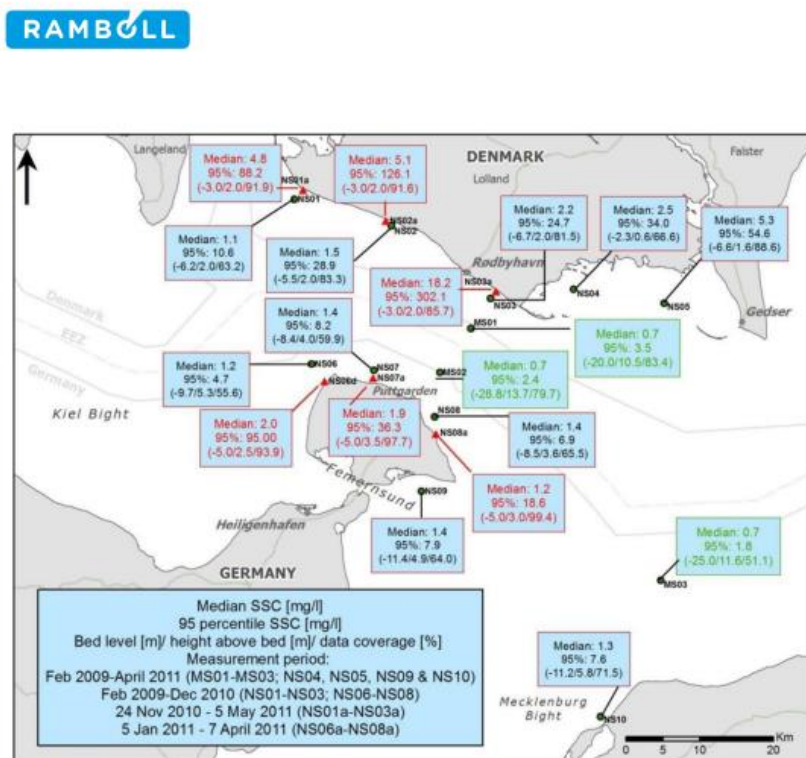


Figure 2: Suspended sediment concentration at nearshore stations and main stations.

Finally, the seawater algae concentration varies as well, due to spring and autumn algal blooms in the intake area. As shown in Figure 3, chlorophyll-a measurements at the local near-shore stations varies between 1-4 µg/l and off-shore measurements increase to 10 µg/l.

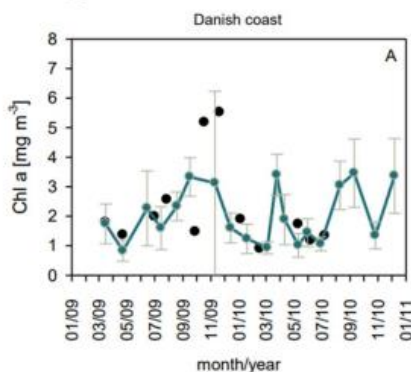


Figure 3: Seasonal variation of chlorophyll-a concentration at near-shore stations in comparison to the seasonal cycle of the off-shore stations (black circles).



FEED WATER QUALITY

The feed water quality to the SWRO is as follows:

Parameter	units	Min Operational	Max Operational	Max Design
Temperature	°C	2.5	20.0	10.0
TOC	mg/l	0.3	0.8	1.0
TSS	mg/l	2.0	29.0	29.0
pH	-	7.6	8.0	8.1
Calcium	mg/l	728.0	2212	2800.0
Magnesium	mg/l	221	671	850.0
Sodium	mg/l	1891	5746	7273.0
Potassium	mg/l	67	205	260.0
Bicarbonates	mg/l	-	-	-
Chlorides	mg/l	4680	14220	18000.0
Sulfates	mg/l	312	948	1200.0
Nitrates	mg/l	-	-	-
Total-P	mg/l	-	-	-

* additional compounds e.g. boron have not been analysed

PERFORMANCE

The SWRO shall be designed to meet the following performance criteria:

- Permeate production from the single-pass RO system = 43 m³/h
- At least two trains to be provided to enable min. 50% of normal permeate production in case of chemical cleaning or maintenance of one unit.
- Maximum chloride concentration allowed in the permeate is 250 mg/l. It is expected that membrane-based treatment will result in significantly lower chloride concentrations, however, bypass and blending should not be considered (i.e. full flow to be treated).

The SWRO design and delivery shall further include:

- Pre-treatment required in accordance with the feedwater quality and variability
- Fully automated system
- Intermediate storage tanks or backwash tanks to suit the supplied process.

To be supplied by others:

- Seawater intake and outfall infrastructure by others.
- Feed and product storage tanks, pumps and associated piping, valves, and instruments to be provided by others. Civil and structural by others.



INFORMATION REQUIRED

The following information is required as part of the budget proposal:

- Brief description of system, including:
 - Type of pre-treatment and reverse osmosis membranes
 - Operating fluxes and recoveries
 - Equipment datasheet and/or basic process flow diagram
 - Permeate water quality across range of feed water qualities
 - Suppliers experience with removal efficiencies of emerging contaminants (e.g. pharmaceutical compounds) with membranes
- Battery limit conditions:
 - Inlet to membrane filtration unit (required flow/pressure)
 - Backwash/waste/reject outlets (flow/pressure)
 - Treated water (permeate) outlet (flow/pressure)
- Footprint of complete system, basic layout drawings.
- Capital cost (+/- 10%)
- Guaranteed and expected lifetime of filter and membrane
- Replacement cost of filters, membranes, and other equipment (+/- 10%)
- Required utilities and consumables (supplier to confirm):
 - Annual Power consumption
 - Annual Chemical consumption (incl. Specify type of chemicals, frequency of cleaning)
 - Instrument air
 - Other consumables

BILAG 11
TILBUD: BWT HAVVAND

BWT Danmark A/S | Geminivej 24 | DK-2760 Greve

Ramboll

Hannemanns Allé 53
DK-2300 Copenhagen S
Denmark

Att: Jessica Bengtsson

BWT Danmark A/S

Geminivej 24
DK-2760 Greve
☎ +45 43 600 500
☎ +45 43 600 900
✉ bwt@bwt.dk
www.bwt.com

October 25, 2022

Commercial Quotation: **Sea Water Desalination Plant, Rødbyhavn**
Your ref.: **Project in Rødbyhavn**
Our ref.: **T2880 Rev.A**

Please find below our budget and preliminary specifications for a sea water desalination plant BWT 2 x SWRO516 with a capacity of 2 x 516 m³/day according to our enclosed technical specifications.

The plant

The BWT SWRO standard series is a concept used for seawater desalination in a wide range of sectors. BWT has more than 30 years experience in supplying/manufacturing of sea water desalination plant globally.

SWRO units with a capacity of 516 m³/day/ 24 hours, skid mounted units including sand-filters pre-treatment, RO-Plant, post treatment, CIP Plant and control-system.

The system is provided with the following advantages:

- Flexible operation possible by advanced control and monitoring system.
- Easy installation (Plug and Play).
- Minimum maintenance due to the application of positive displacement pumps and centrifugal pumps in high alloy steel materials.
- High quality pumps and instrumentation package
- Automatic adjustment of recovery rate
- Minimum consumption of chemicals
- Start-up assistance and supervision on site (Optional)



T2880_Rødbyhavn_SWRO_Budget_A_20221025_TNL.docx

For You and Planet Blue.

Bank: Danske Bank A/S
DKK: BIC DABADKKK IBAN: DK78 3000 000 6280110
EUR: BIC DABADKKK IBAN: DK73 3000 213 8836161
SEK: BIC DABADKKK IBAN: DK97 3000 334 5810706

CVR nr.: 76381615
EAN nr.: 5790002314179
VAT nr.: DK76381615

Minimum erection time and resources for installation

Complete pre-fabrication in our workshop in Denmark reduces the time needed for installation on site and ensures that the plant is operating in accordance with the specifications. Testing by simulating the operating conditions at our workshop is included for all SWRO and clients are of course welcome to join us during the testing of the plant.

Our workshop facilities also includes the option and possibility of a full FAT test if required.

Minimum use of chemicals

We recommend using well water provided from a beach well as feed water to the RO-plant. This will, in most cases, eliminate the need for chemicals and reduce the operational expenses. In many of our installations the dosing of anti-scaling can be eliminated.

SWRO unit:



Our quotation includes:

2 x 516m³/day SWRO including pre-/post-treatment

Each SWRO Unit:

- Pre-treatment: Sand-filters (Automatic)
- SWRO: Cartridge filters (main)
- SWRO: High-pressure pump controlled by a VFD
- SWRO: Energy recovery system by ERI
- SWRO: Automatic recovery control
- SWRO: RO plant skid

Common utilities:

- Air-blower for backwash
- Backwash pump for backwash
- CIP/Flush unit
- Power and control panel

Total budget price: SWRO 2 x 516 m³/d DKK 6.200.000

Cost of filters replacement (Interval app. 3-4 month): DKK 12.500

Cost of membrane replacement (Interval app. 5 year): DKK 190.000

Options:

- FAT test, full scale
- Feed/Intake pumps
- Redox, Chlorine Transmitters
- Spare parts
- Supervision of installation on-site
- Commissioning/test/Training on-site

Technical information

Pre-treatment (2 pc. each unit)

Sea water is pumped by feed pumps to the AFM filters, The AFM filters are divided in 2 independent trains of 100 % of total capacity. Backwash and is an automatic process controlled by amount of filtrated water, time or delta P across the module.

AFM® is an activated mesoporous aluminosilicate with glass as a structural substrate and a direct replacement for sand with similar operational criteria. AFM® has a surface area much greater than sand. The very large surface area of AFM®ng with its hydrophobic surface property will remove particles down to 1µ with 96% removal efficiency. AFM®ng will furthermore highly improve removal of organics and provides an excellent performance in removal of hydrocarbons. When AFM®ng is combined with pre-coagulation and/or flocculation, mechanical filtration performance is improved by up to 10 times to a nominal filtration down to 0.1µ. In addition to removing solids, the coagulation reactions will further improve dissolved organics such as proteins, lipids, amino acids and inorganic components including phosphate and free silica.

The fine particle retention performance of any media bed filter is inversely proportional to the velocity of water passed through it. Therefore it is always best to operate the filter at the slowest possible filtration velocity to maximise particle retention performance. Different filtration media and sand from different countries/deposits will have a different performance. This is a function of particle size distribution, sphericity, chemical composition and uniformity coefficient. Typically, RGF sand filters operate at 6m/h and pressure filters at 12m/h. Filters with AFM® under the same operating conditions will always give better performance than sand.

Backwash pump and Air-blower is a common utility for both lines.

The filtrated water is led to a SWRO/backwash tank.

Media: Activated Filter Media



SWRO

The reverse osmosis plants consists of one pass RO, each with high pressure feeds pump, a membrane system, energy recovery unit (Recover >60% energy from concentrate pressure) all necessary piping including instruments and valves.

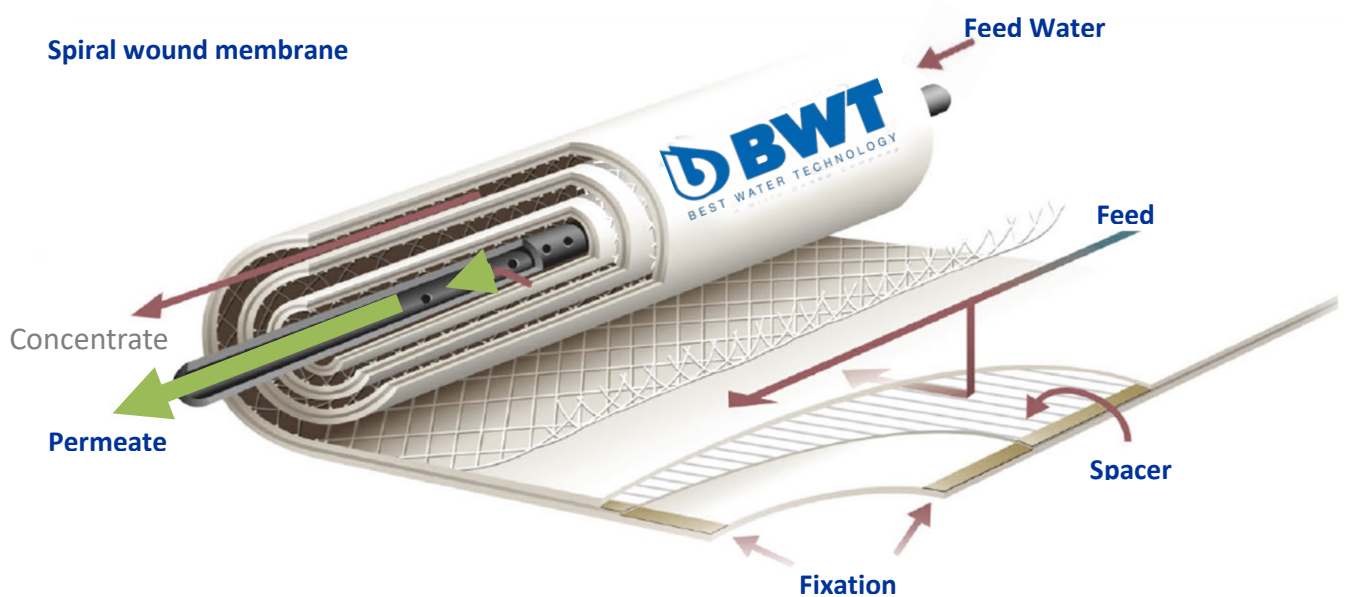
The membranes are composite polyamide elements featuring the possibility of cleaning with acid and alkaline cleaning agents. The quoted contaminant resistant membranes, is made for challenging feed water types and the pH range if higher than normal membranes.

The plants are equipped with a manual cleaning in place (CIP) system.

The reverse osmosis plant will reduce the soluted salts and the conductivity in the raw water to a level, in the treated water (permeate), of 1 to 3%. Also the plant will remove organics and possible bacteria.

Plant recovery is projected to 50%. I.e. 50% of the raw water is converted into permeate this is controlled automatic by regulate recovery and feed pressure.

The reverse osmosis plant will flush the membranes automatically after shutdown.



Performance:

Parameters	Range
System Permeate Flow rate	43 m ³ /h / 1032 m ³ /d
System Feed Flow rate	86 m ³ /h / 2064 m ³ /d
Nominal Recovery SWRO	50%
Nominal Flux	16 lmh
Operation pressure RO	20 - 55 bar
Nominal Concentrate Flow rate RO	43 m ³ /h / 1032 m ³ /d
Temperature Feed Water	2.5 - 20 °C
Typical Energy Consumption	0.9 – 2,2 kWh/m ³ (RO Process)
Permeate quality TDS	15 – 150 ppm

Utilities and consumables:

Chemical consumption:

CIP 4: 20 kg

CIP 10: 20 kg

Commercial conditions

Installation and Commissioning

We recommend that BWT technicians are involved in installation and commissioning. Typically BWT technicians will supervise the installation of the RO plant and the connections of all the necessary piping, electrical and instrumentation connections to the plant. Typically BWT technicians will commission the RO plant and train personnel in operations and maintenance on site.

Below services is not included in total price and will be invoiced according to our daily rate:

- Est. 30 days supervision of the installation
- Est. 10 days commissioning
- Est. 2 day training (Training will be in Danish language)

Terms of payment:

30 % at date of order.

60 % manufacturing completed

10 % against shipping documents.

Terms of delivery:

EXW – Greve, Denmark

Incoterms 2012.

Delivery Time

The estimated manufacturing time will be 30-32 weeks EXW after commercial and technically agreed order. Lead time of some of the alternatives/options can cause longer delivery times.

Upon signing a contract, we will be able to provide a firm schedule.

Documentation:

Following documentation will be provided in 1 sets.

- Manuals for operation and maintenance
- Parts lists for all equipment
- Electrical circuit diagrams for all electrical equipment.

All documentation will be in English/Danish.

Additional Information

Client responsibility.

- Sea water intake, interconnecting piping
- Foundation, connecting piping and cable infrastructure. Civil works, supply and installation of the piping outside the plant.

Validity:

Our budget quotation is valid for 60 days.

After you have reviewed the proposal and quotation, we would be pleased to discuss it in detail with you and if you have any questions, please do not hesitate to contact BWT.

Finally, we would like to thank you for your consideration, and we look forward to working with you.

Yours sincerely,

Thomas Nyman Larsen
Project Director
BWT Danmark A/S

Consultancy and Support

We would be pleased to give our advice and propose alternative solutions. Our team consists of skilled engineers and technicians with a great level of knowledge within water treatment. Several of our employees have been in this line of business for many years and work in various divisions from product development to technical service. This provides us with a strong team of experts in front who wish to offer the best consultancy and guidance customised to your needs.

Nationwide and Professional Service

We have the largest service organisation in this business with more than 60 experienced service technicians distributed across Denmark. We offer fast and professional service. Our GPS-controlled service vans enable us to repair a stoppage or conduct an ordinary service check-up on the same day as it occurs. In case of an urgent stoppage or lack of water, we **guarantee** that service will be conducted on the same day as it is reported to us.

We offer services customized to your needs:

- Service contracts – filter replacement, check-up spare-parts service
- Start-up, commissioning and training of local operating personnel
- Supervision and optimization of complex water treatment units
- 24-hour service and support

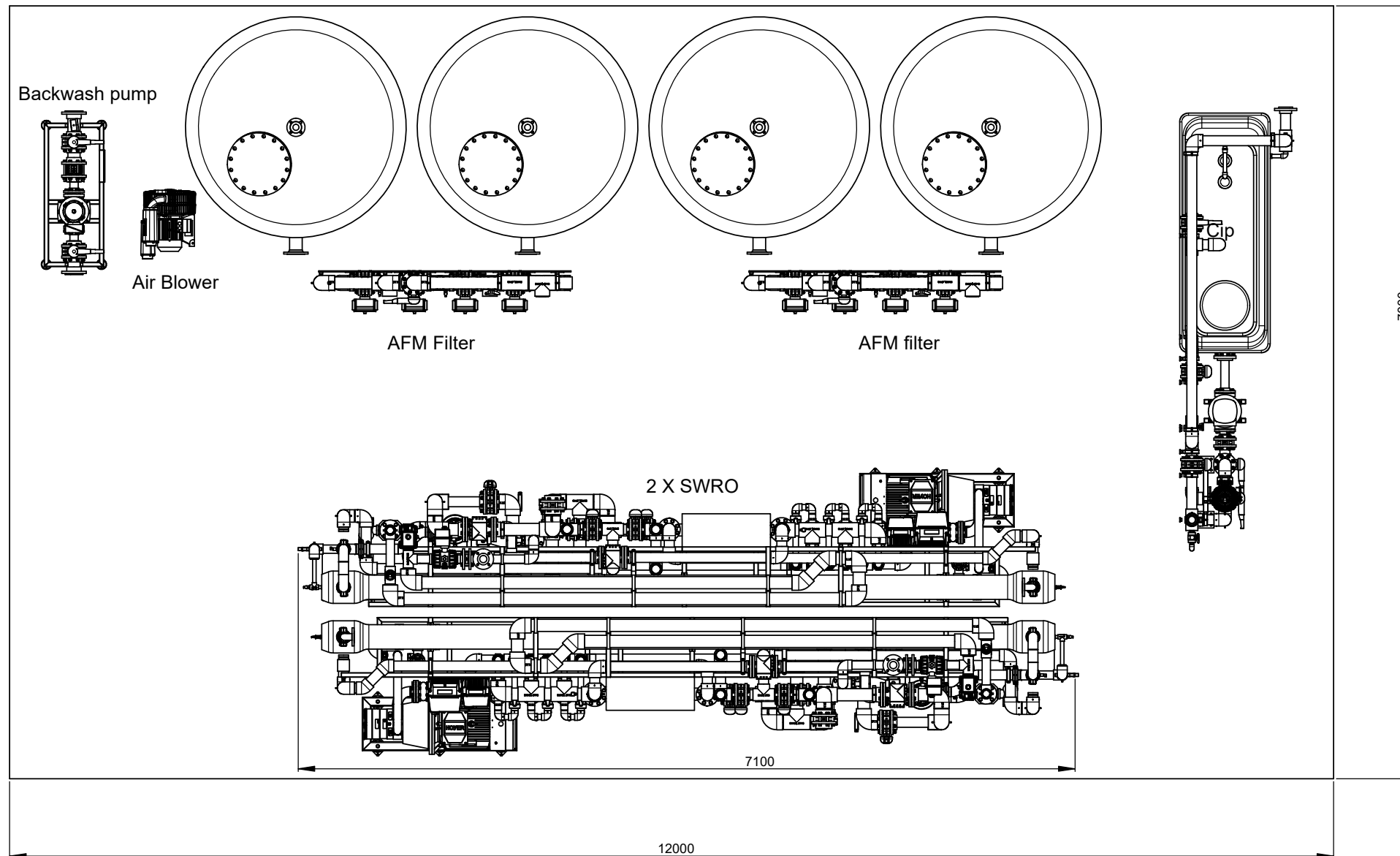
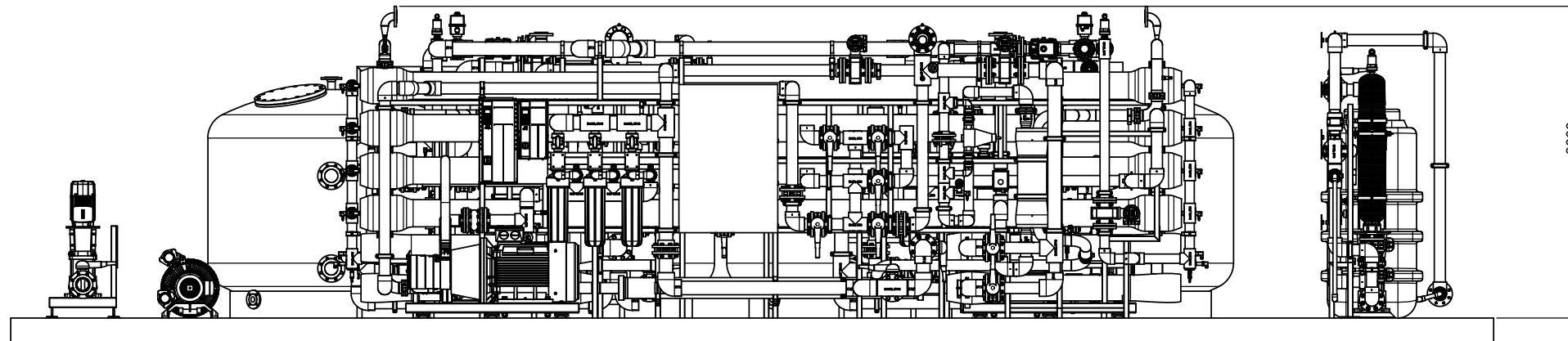
BWT – Best Water Technology

BWT, formerly known as HOH Water Technology, was established in 1975 and today possess great expertise within advanced water treatment solutions for the industrial and supply business, hospitals and clinics, the hotel and restaurant segment, the coffee segment, swimming facilities, larger housing complexes and private consumers.

Today, however we are part of the group BWT - Best Water Technology. BWT is Europe's leading company within water technology.

BWT is known for its high quality, creativity and unique products. We wish to supply future-proof and optimised solutions with the best water quality matching the customer's need. We believe in developing environmentally safe and economical water treatment products which protect and preserve our blue planet.





Last Revision Date	Design	Approved	Change	Rev			
				A			
Date	Design	Approved	Quot. no.	Ordre no.	Scale	Material	Weight [kg]
18-10-2022	REH		T2880		1:25		24449.4

Rødbyhavn
SWRO 2 x 21,5 m³/h
Arrangement Drawing

	BWT Denmark A/S Gentoftevej 24 DK-2850 Gentofte Tel. +45 43 800 500 Fax. +45 43 800 500 Web: www.bwt.dk E-mail: bwt@bwt.dk	Drawing no.	Page	Revision
		T2880M01	1/1	A

CAD file: S:\Tilbud\T2880_T2899\T2880_Ramboll_Rødbyhavn_SWRO_BWRO_TNL11_Tegninger\02_Mekanisk\T2880M01
 THE CONTENT OF THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF BWT DENMARK A/S. THE DOCUMENT MUST NOT BE DISTRIBUTED OR COPIED - ELECTRONICALLY OR PHYSICALLY - WITHOUT THE WRITTEN AUTHORISATION OF BWT DENMARK A/S.

BILAG 12
TILBUD: E+H GMBH HAVVAND



HAGER+ELSÄSSER

An Aquarion Group Company



Concept Estimation
03P22130211DK: variant Seawater Desalination System
for Ramboll Hannemanns Allé 53 DK-2300 Copenhagen S Denmark

H+E GmbH

- Background information
- Balance diagram
- Process flow diagram
- General concept explanation
- OPEX estimation & Required utilities/replacement costs per year
- CAPEX estimation
- Summary

➤ Seawater Desalination System as the projecting plant:

1. The feed water quality, chemical composition is the following:

Parameter	units	Min Operational	Max Operational	Max Design
Temperature	°C	2.5	20.0	10.0
TOC	mg/l	0.3	0.8	1.0
TSS	mg/l	2.0	29.0	29.0
pH	-	7.6	8.0	8.1
Calcium	mg/l	728.0	2212	2800.0
Magnesium	mg/l	221	671	850.0
Sodium	mg/l	1891	5746	7273.0
Potassium	mg/l	67	205	260.0
Bicarbonates	mg/l	-	-	-
Chlorides	mg/l	4680	14220	18000.0
Sulfates	mg/l	312	948	1200.0
Nitrates	mg/l	-	-	-
Total-P	mg/l	-	-	-

* additional compounds e.g. boron have not been analysed

2. The media prices for the site:

- Cost for 1 m³ raw water (sea intake/WW effluent)
 - ✓ We expect this to be free of charge if the chemical composition is in the limits

- Cost for 1 m³ water for disposal (from projected plant)
 - ✓ We expect this to be free of charge if the chemical composition is in the limits

- For electricity we are assuming 0.13 EUR/kWh

- For tap water we are assuming 2 EUR/m³

3. Limitations for disposal water (chemical composition which we shouldn't exceed):

Parameters	Units	Estimated max. Effluent concentrations
TOC	mg/l	2
TSS	mg/l	52
pH	-	14
Calcium	mg/l	5.040
Magnesium	mg/l	1530
Sodium	mg/l	13.091
Potassium	mg/l	468
Na ₂ O-eq	mg/l	17.597
Chloride	mg/l	32.400
Sulphate	mg/l	2.160
Salts	mg/l	36.000

4. The performance requirements to projecting plant:

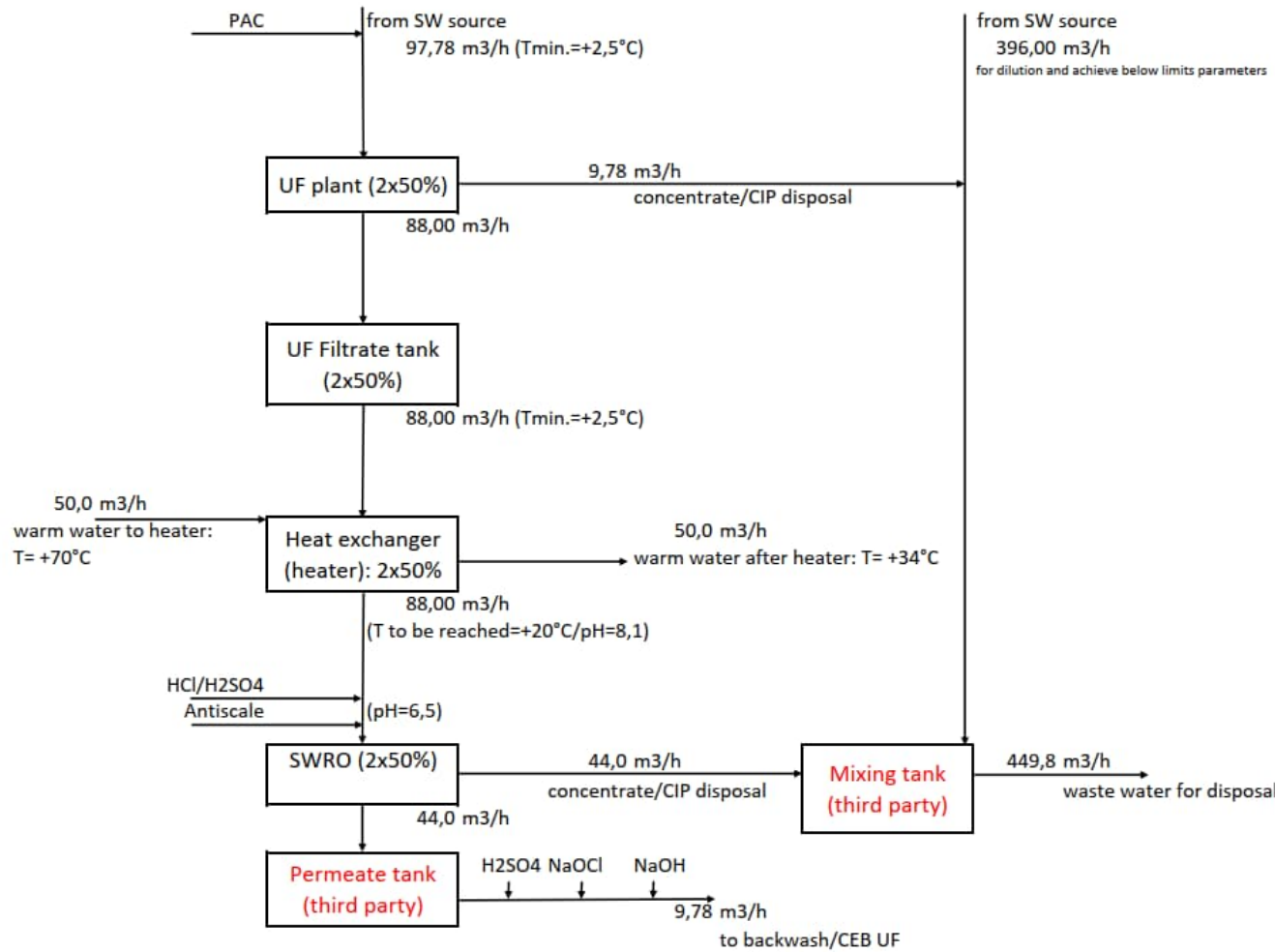
- Needed product flow = 43 m³/h
- Maximum chloride concentration in the permeate is 250 mg/l. It is expected that membrane-based treatment will result in significantly lower chloride concentrations, however, bypass and blending of secondary treated wastewater should not be considered (i.e. full flow to be treated).
- At least two trains to be provided to enable min. 50% of normal permeate production in case of chemical cleaning or maintenance of one unit

BALANCE DIAGRAM



HAGER+ELSASSER

An Aquarion Group Company



We will have to dilute the mixture of the concentrate flows from UF&CCRO with sea water to be in the limits for chemical composition values less than the limits.

Pumps for pumping sea water for dilution and pumping the mixed waste water for disposal are not considered in the scope.

Tanks marked with red font are not considered in the scope

EXPECTED DISPOSAL WASTE WATER COMPOSITION AFTER MIXING



HAGER+ELSÄSSER

An Aquarion Group Company

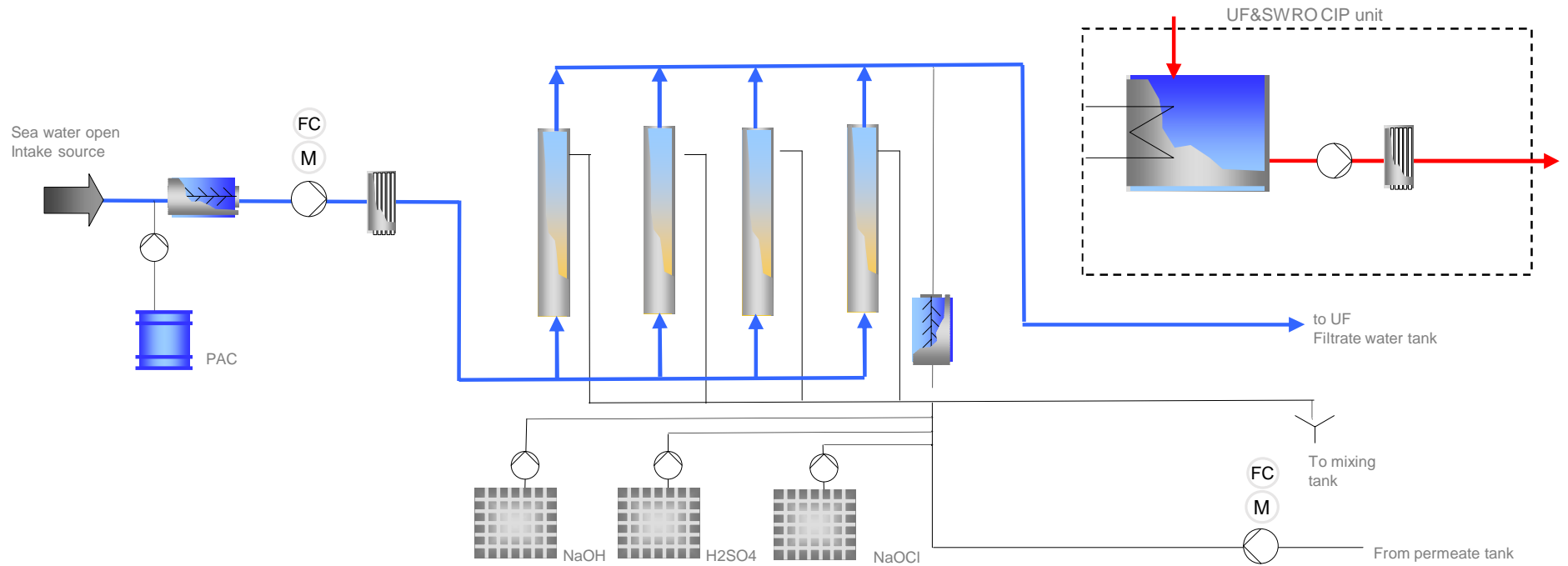
Expected composition
After mixing before disposal

Fraction between flows to stay in the
limits for disposal

Stream Name	DK_SW_inlet	DK-sea-water_Conv.R O_RO- Concentrate Pass1	Blended
Fraction (%)	90,0	10,000	100,0
	9 parts	1 part	In total

Organic Content			
TOC (mg/L)	1,00	0,80	0,98
Ionic Content			
Cations			
NH ₄ (mg/L)	0,000	0,000	0,000
K (mg/L)	260,884	521,181	286,914
Na (mg/L)	7297,721	14585,418	8026,491
Mg (mg/L)	852,889	1707,725	938,373
Ca (mg/L)	2809,517	5625,508	3091,116
Sr (mg/L)	10,034	20,091	11,040
Ba (mg/L)	0,050	0,100	0,055
Anions			
CO ₃ (mg/L)	18,328	2,213	14,405
HCO ₃ (mg/L)	146,501	262,017	163,128
NO ₃ (mg/L)	0,698	1,386	0,766
Cl (mg/L)	17939,025	35937,484	19738,871
F (mg/L)	1,395	2,786	1,534
SO ₄ (mg/L)	1195,935	2395,987	1315,940
Br (mg/L)	0,000	0,000	0,000
PO ₄ (mg/L)	55,000	109,813	60,481
Neutrals			
SiO ₂ (mg/L)	0,897	1,790	0,986
B (mg/L)	2,990	5,400	3,231
CO ₂ (mg/L)	0,668	24,691	1,105
Totals			
TDS* (mg/L)	30606,927	61239,173	33670,142

PROCESS FLOW DIAGRAM: PRETREATMENT



Dosing station PAC
2 x 50%

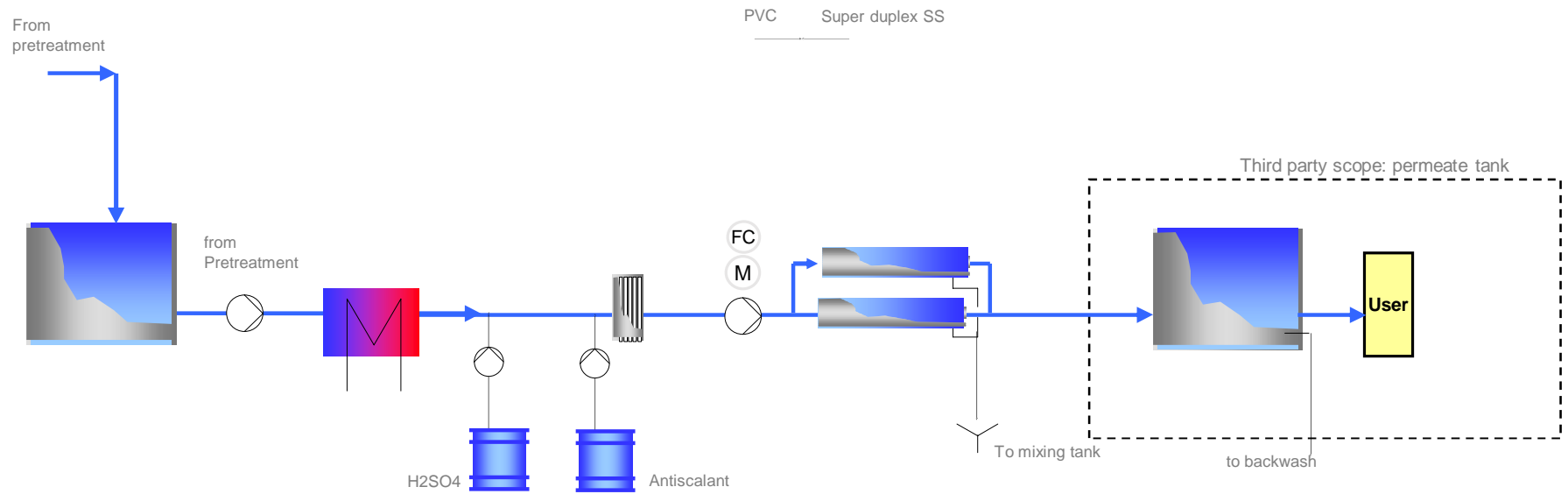
Forward pump	Prefilter	Ultrafiltration unit	Dosing station NaOH (CEB)	Dosing station H2SO4 (CEB)	Dosing station NaOCl (CEB)
	< 300 µm				
Pump: 2 x 50%	2 x 50%	2 x 50%	2 x 50%	2 x 50%	2 x 50%
97,78 m³/h	97,78 m³/h	88 m³/h			

Backwash Pump (BW/CEB)	UF&SWRO CIP Unit
Pump: 2 x 50%	1 x 100%
92 m³/h x 2	

PROCESS FLOW DIAGRAM: UPW PREPARING



An Aquarion Group Company



UF Filtrate tank	Secondary pump	Heater	Dosing station H ₂ SO ₄	Dosing station Antiscale
2 x 50%	2 x 50%	2 x 50%	2 x 50%	2 x 50%
14,4 m ³ x 2	88 m ³ /h	88 m ³ /h		

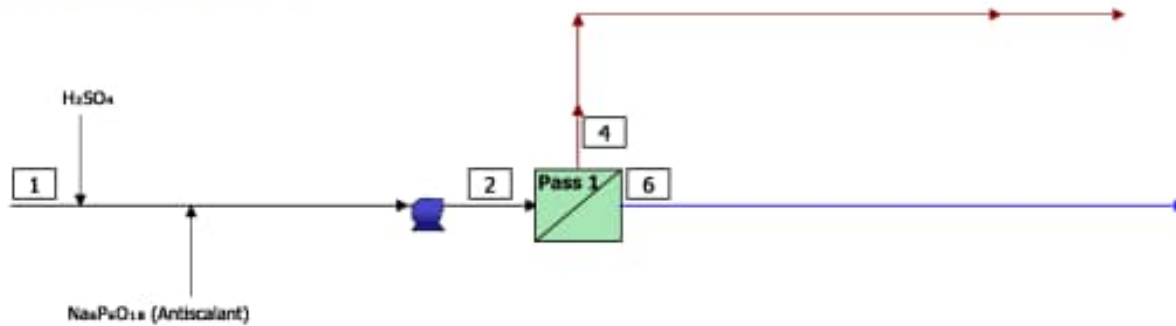
Prefilter SWRO	High pressure pump SWRO	SWRO
2 x 50%	2 x 50%	2 x 50%
88 m ³ /h	88 m ³ /h	44 m ³ /h

General concept explanation: variant Seawater Desalination System



GENERAL CONCEPT EXPLANATION: MAIN TREATMENT STEP TO ACHIEVE CHLORIDES ACCORDING THE REQUIREMENTS

RO Detailed Report RO System Flow Diagram



#	Description	Flow (m ³ /h)	TDS (mg/L)	Pressure (bar)
1	Raw Feed to RO System	44.0	30,606	0.0
2	Net Feed to Pass 1	43.9	30,682	49.3
4	Total Concentrate from Pass 1	22.0	61,226	44.5
6	Net Product from RO System	22.0	124.0	0.0

GENERAL CONCEPT EXPLANATION: MAIN TREATMENT STEP TO ACHIEVE CHLORIDES ACCORDING THE REQUIREMENTS



An Aquarion Group Company

SWRO concentration values:

	Concentrations (mg/L as ion)						
	Raw Feed	pH Adj. Feed	Concentrate composition for disposal				Permeate quality for user
			Concentrate		Permeate		
			Stage1	Stage2	Stage1	Stage2	Total
NH ₄ ⁺	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ⁺	260.9	260.9	458.1	521.2	1.14	4.52	1.61
Na ⁺	7,298	7,298	12,816	14,585	27.53	107.0	38.60
Mg ⁺²	852.9	852.9	1,500	1,708	1.01	3.78	1.39
Ca ⁺²	2,810	2,810	4,940	5,626	3.26	12.39	4.53
Sr ⁺²	10.03	10.03	17.64	20.09	0.01	0.04	0.02
Ba ⁺²	0.05	0.05	0.09	0.10	0.00	0.00	0.00
CO ₃ ⁻²	18.33	0.42	1.64	2.21	0.00	0.00	0.00
HCO ₃ ⁻	146.5	132.7	230.9	262.0	1.31	2.69	1.48
NO ₃ ⁻	0.70	0.70	1.22	1.39	0.01	0.03	0.01
F ⁻	1.40	1.40	2.45	2.79	0.01	0.03	0.01
Cl ⁻	17,939	17,939	31,517	35,876	51.37	199.0	71.94
Br ⁻¹	55.00	55.00	96.53	109.8	0.29	1.11	0.40
SO ₄ ⁻²	1,196	1,237	2,176	2,479	0.44	1.60	0.60
PO ₄ ⁻³	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO ₂	0.90	0.90	1.57	1.79	0.01	0.02	0.01
Boron	2.99	2.99	4.91	5.40	0.46	1.39	0.59
CO ₂	55.67	78.81	121.0	134.5	23.80	25.36	24.04
TDS*	30,606	30,616	53,787	61,226	89.03	340.2	124.0
Est. Cond. μS/cm	46,182	46,190	75,326	84,205	187	692	259
pH	8.1	6.5	6.7	6.8	5.0	5.2	5.0

Concentrate flow for disposal (ions concentrations) are in the required limits (not exceeding them) but it is expected that ion values will exceed requirements. Because of ion values we will have to dilute concentrate flow in the mixing tank with the raw sea water available at the site to be in the limits.

Concentration of chlorides in the permeate is in the required limit (below 250 mg/l).

GENERAL CONCEPT EXPLANATION:



An Aquarion Group Company

- Our concept based on the main idea of minimizing OPEX taking into account that media and utilities like: tap water and electricity are expensive.
- According the initial data algal blooms are not impacting significantly on UF unit work thus there is no need in any upstream UF dissolved air flotation units for additional protection.
- We based our concept on the following solutions: to adjust the raw sea water temperature before routing to SWRO up to +20°C to save energy of the high pressure pump and adjust pH value down to 6,5 to stabilize water and achieve Stiff & Davis stability index -0.69 to prevent some precipitation processes.

OPEX estimation & Required utilities/replacement costs per year: variant Seawater Desalination System for Ramboll Hannemanns Allé 53 DK-2300 Copenhagen S Denmark



OPEX estimation:

Name of the OPEX/parameter	SW open intake (UF&SWRO)		Remark
	media/year	€/year	
Raw water consumption	858.480,00	0,00	media units: m3/y
Service (Concentrate) water for disposal	459.389,00	0,00	media units: m3/y
Raw water for dilution before disposal to be in the limits	3.468.960,00	0,00	media units: m3/y
Tap water for heat exchanger (T inlet = +70°C)	438.000,00	0,00	media units: m3/y. We are assuming that it will be possible to use for some consumers this tap water flow with T outlet =+34°C
Electricity consumption UF&SWRO (high pressure pump with pressure exchanger)	945.665,5	122.936,52	media units: kWh/y
Antiscalant consumption for SWRO: Na ₆ P ₆ O ₁₈ (100%)	949,00	2.044,15	media units: kg/y
NaOCl (12%) consumption for UF CEB	240,90	85,04	media units: L/y
NaOH (50%) consumption for UF CEB	335,80	72,20	media units: L/y
H2SO4 (92%) consumption for UF CEB&SWRO	19.746,50	987,33	media units: L/y
Membranes UF replacement (expected: 1 time per 10 years)	2,00	4.120,00	media units: pcs./y
Membranes SWRO replacement (expected: 1 time per 5 years)	14,40	10.497,60	media units: pcs./y
CIP manpower for 2 lines in operation (worst case scenario)	24,00	624,00	media units: h/y
CIP Electricity consumption 2 lines in operation (worst case scenario)	133,23	17,32	media units: kWh/y
CIP NaOH (50%) solution for 2 lines in operation (worst case scenario)	118,63	25,50	media units: L/y
CIP Citric/Oxalic acid (100%) solution for 2 lines in operation (worst case scenario)	27,38	72,00	media units: L/y
In total OPEX, euro		141.481,64	per year
OPEX related to 1 m3 treated permeate		0,37	permeate produced per year: (44m3/h)*24*365=385,440 m3/y

CAPEX estimation: variant Seawater Desalination System
for Ramboll Hannemanns Allé 53 DK-2300 Copenhagen S
Denmark



CAPEX estimation Seawater Desalination System plant:

CAPEX name/Parameters	Price, Euro excl. VAT	
UPW plant Seawater Desalination System variant		2.259.815,00
Mechanical and electrical erection works		418.540,00
Commissioning works		111.645,00
Budget price ±10%		2.790.000,00 €

The main benefit of concept for Seawater Desalination System:

Less OPEX

- Less OPEX due to lower power consumption requirements: Calculated OPEX approx. related to 1 m³ of permeate is 0.37 euro/m³.
- OPEX can be reduced more during operation, considering that salinity varies in a range.

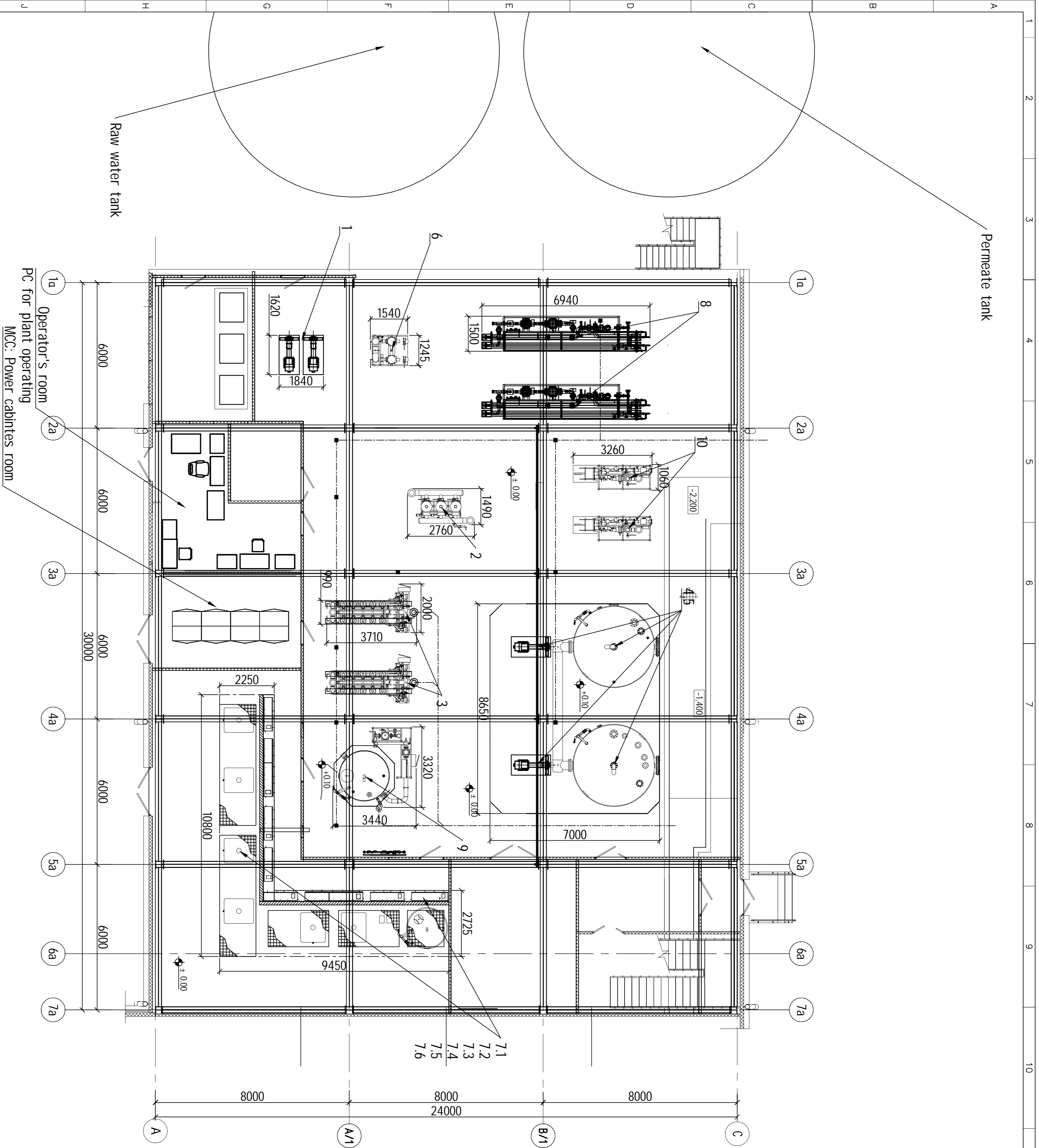


An Aquarion Group Company

Any questions ?



H+E GmbH | An Aquarion Group Company
Ruppmannstraße 33b · 70565 Stuttgart
Tel.: +49 711 7866-0 · Fax: +49 711 7866-202
info@he-water.com · www.he-water.group



Letter ¹⁾ des. / Graphic design.	Conditional designation	Name and characteristics, information
1	Forward pumps (2 x 50%)	
2	Prefilter (2 x 50%)	
3	Ultrafiltration unit (2 x 50%)	
4	UF filtrate tank (2 x 50%: 2 x 14,4m ³)	
5	Secondary pumps (2 x 50%)	
6	Backwash pumps BW/CWB (2 x 50%)	
7	Dosing stations (2 x 50%), including:	
7.1	Dosing station PAC	
7.2	Dosing station H ₂ SO ₄	
7.3	Dosing station NaOH	
7.4	Dosing station NaOCl	
7.5	Dosing station Antiscalant	
7.6	Dosing station H ₂ SO ₄	
8	SWRO unit (2 x 50%)	
9	CIP UF&SWRO unit (1 x 100%)	
10	Heatexchanger: heater unit (2 x 50%)	

Rev./Index Datum/Date Gez./Oran Eger/Abck Art der Änderung / Modification
 Kennwort/Subject: Reddy/Jan Ramoli
 03P2213021DK

Dat./art./desc. type Layout Maßstab/Scale: 1:1

Layout
 Title / Title: Sea Water desalination
 Project No. / title: 03P 2213021DK_SWRO
 Zeichnung Nr. / Drawing No.: preliminary concept

Placement of main equipment

01 REV0 A1

HAKER-ELSSSEN
 info@he-water.com
 www.heger-obsesser.com

HAKER-ELSSSEN
 D-70565 Stuttgart
 Tel. (+49) 711/7866-0
 Fax (+49) 711/7866-202
 info@he-water.com
 www.heger-obsesser.com

Gültigkeitsbereich: System der Gekühlten Meerwasserentsalzung
 Copyright by H&E GmbH. Weiterverbreitung ist ohne schriftliche Genehmigung der H&E GmbH.

Projekt Nr. / title: 03P 2213021DK_SWRO
 Zeichnung Nr. / Drawing No.: preliminary concept

01 REV0 A1

Bild: Revision: 01
 Skala: Revision: A1

BILAG 13
TILBUD: KRÜGER HAVVAND

Tilbud Krüger – Havvand

For The Seawater part, we propose 2 lines each 50% capacity as noted in the email sent to us, the output of desalinated water should be 43 m³/h, each line with 2 process steps. First is a filtration using our Filtraflo FCP-P-26-15 (see attached) and second step is a RO desalination unit using our Sirion D-530-PX (see attached). They can run in parallel using each line 2xFiltraflo and 1x SWRO Sirion

Lifetime of the membrane is conservatively estimated to 1 year, without the usages of antiscalant and if it is in operation (with water) on-going.

Change of all membranes in one session incl. technicians are estimated at a cost of DKK 480.000 per Sirion unit - membrane prices are very fluctively at the moment.

Budget cost for the project is DKK 12.171.283,- excl. FAT, SAT & Commissioning.

System is composed and includes:

1. 2 sets of twin filters FCP-P-26-15 with linear flow velocity at the range of 10 m/h;
2. 2 tanks for filter regeneration water each V=100 m³;
3. 2 SWRO SIRION D - 530 - PX, with operational flux 14 l/h/m² with the standard recovery of 42%;
4. Typical salt rejection 97% - 99%;

Required utilities:

1. SWRO 2 x 70,5kW;
2. Antiscalant;
3. air for filter backwash;
4. Instrument air.

Battery limit conditions:

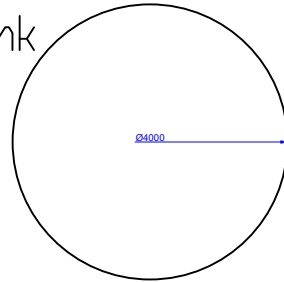
1. Filters inlet water 120 m³/h @ 5barg and 0 deg.C;
2. Filter backwash max. 50 m³/h @ max 15 min per filter unit, RO concentrate 31 m³/h per SWRO unit;
3. Permeate 22 m³/h typically free outlet.

Footprint - see attached tentative layout.

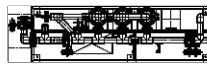
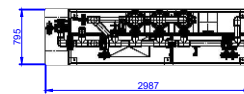
Capital cost estimate - Budget cost for the project is **DKK 12.171.283,-** excl. FAT, SAT & Commissioning.

Change of all membranes in one session incl. technicians are estimated at a cost of **DKK 480.000,-** per Sirion unit - membrane prices are very fluctively at the moment.

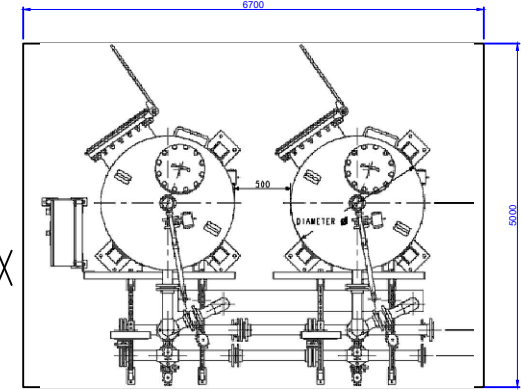
Treated Water tank



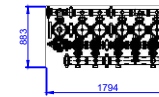
UFlex



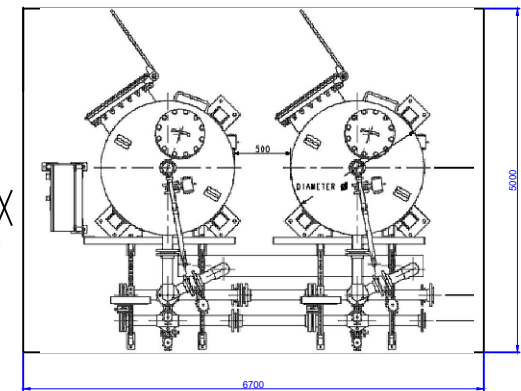
FILTRAFLO



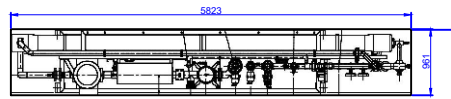
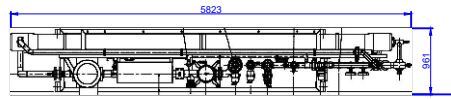
FILTROMAX



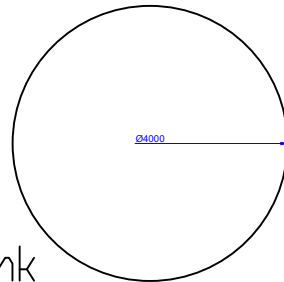
FILTRAFLO



SIRION MEGA SF



SIRION MEGA SF



Treated Water tank

26619

15025

Rev	Date	Drawn	Checked	Approved	Description
A	10-11-22	MP1			FIRST ISSUE
Rambol Rodbyham PRELIMINARY LAYOUT Waste Water ReUse 43 m ³ /h					



RAMBOL Rodbyham
A1 - V1

PRELIMINARY LAYOUT
Waste Water ReUse 43 m³/h