



KRÜGER  VEOLIA

Morsø Forsyning

Østre Strand Renseanlæg

Kapacitetsvurdering

16.5.2023

WATER TECHNOLOGIES



Udarbejdet af: Carina Cupit Bailey

Kontrolleret af: Svend Marker

Krüger A/S – Veolia Water Technologies, Danmark

SØBORG
Gladsaxevej 363
DK-2860 Søborg
T +45 3969 0222
kruger@kruger.dk

AALBORG
Indkildevej 6C
DK-9210 Aalborg SØ
T +45 9818 9300
kruger@kruger.dk

AARHUS
Haslegårdsvænget 18
DK-8210 Aarhus V
T +45 8746 3300
kruger@kruger.dk

SERVICE
Langebjerg 29A
DK-4000 Roskilde
T +45 3969 0222
kruger@kruger.dk

AQUACARE
Fabriksparken 50
DK-2600 Glostrup
T +45 4345 1676
aquacare@kruger.dk



Indholdsfortegnelse:

0 Sammenfatning	4
1 Indledning og beregningsforudsætninger	4
2 Østre Strand Renseanlæg	6
2.1 Biologisk/kemisk rensning	6
2.2 Efterklaring	7
3 Spildevandsbelastning 2019-2023	8
4 Afløbskvalitet	10
5 Kapacitetsvurdering	11



0 Sammenfatning

Kapaciteten af Østre Strand Renseanlæg pr. maj 2023 kan sammenfattes til følgende:

	Grundbelastning 60%-fraktil	Max.belastning 85%-fraktil	Max.time
Biologisk kapacitet (PE)	38.000	80.000	
Hydraulisk kapacitet (m ³ /h)			1.100

Kapaciteten som 60%-fraktil er dimensionsgivende for det biologiske procesvolumen og angiver, hvor meget renseanlægget kan belastes med kontinuerligt. Der er regnet for en kold vintermåned (processtemperatur 7°C) samt en slamkoncentration på 5 kg SS/m³.

Kapaciteten som 85%-fraktil er dimensionsgivende for iltningsudstyret og angiver den belastning, som renseanlægget kan belastes med i kortere tidsrum (timer, enkelte dage).

Ift. seneste kapacitetsvurdering fra april 2019 er kapaciteten ift. grundbelastning øget fra 36.000 PE til 38.000 PE, og ift. max.belastning fra 51.000 PE til 80.000 PE. Den øgede grundbelastningskapacitet skyldes anvendelsen af online-styringen Hubgrade Performance Plant (HPP), mens den øgede max.belastningskapacitet skyldes en kombination af HPP og effekten af en større installeret iltningsskapacitet end det beregningsmæssige behov, som ikke tidligere har været indregnet.

1 Indledning og beregningsforudsætninger

Morsø Forsyning har ønsket en opdateret vurdering af rensekapaciteten for Østre Strand Renseanlæg.

Vurderingerne baseres på indløbsanalyser (egenkontrol) fra perioden januar 2019 til marts 2023. Den opgjorte kapacitet er baseret på den eksisterende spildevands-sammensætning.

Kapaciteten af et renseanlæg kan ikke summeres i et enkelt tal, da rensningen er et miks af fysiske, kemiske og biologiske processer. Kapaciteten opdeles i hydraulisk kapacitet og i stoffmæssig kapacitet.

Renseanlæggets **hydrauliske kapacitet** angives som en gennemsnitlig kapacitet (m³/d) samt som maksimal timekapacitet (m³/h). Den maksimale timekapacitet er dimensionsgivende for riste, sandfang, efterklaring, pumper, rørledninger/-kanaler samt udligningsvoluminer. Den maksimale timekapacitet (m³/h) skal forstås som en absolut maksimal belastning, som renseanlægget må tilføres.

Renseanlæggets **stoffmæssige kapacitet** angives i PE (PersonEkvivalent) som er en samleparameter for den belastning af organisk stof (COD, BOD (=Bi₅),) kvælstof og fosfor som kan renses biologisk/kemisk pr. døgn. Dimensioneringsmæssigt anvendes en

- **60%-fraktil** af de målte døgnbelastninger - grundbelastningen - **til beregning af de biologiske procesvoluminer**

- **85%-fraktil** til dimensionering af iltningsudstyret.



Grundbelastningen vil være på niveau med den gennemsnitlige spildevandsbelastning.

Procesvoluminer dimensioneres således til længerevarende gennemsnitlige spildevandsbelastninger, mens iltningskapaciteten dimensioneres til korterevarende spidsbelastninger (timer, enkelte dage). Belastningen er i det følgende opgjort ud fra disse to fraktiler.

Den biologiske rensekapalet varierer med procestemperaturen. Det er praksis at dimensionere procesvolumener til 7°C.

Ved efterfølgende kapacitetsvurdering er der taget udgangspunkt i følgende beregningsforudsætninger:

- Procestemperatur på 7 °C
- Slamkoncentration på ca. 5 kg SS/m³
- Indbygning af kvælstof i slam på 5 %
- Indbygning af fosfor i slammet på 1,5 %, gældende for renseanlæg uden biologisk fosforfjernelse (som Østre Strand Renseanlæg)
- Gældende udløbskrav

BOD eller et gennemsnit af BOD, COD, total-N, total-P og SS som beregningsgrundlag for PE-belastning

Traditionelt har BOD(=Bi₅) været benyttet til beregning af PE-belastningen (1 PE = 60 g Bi₅/d). PE-kapacitet og -belastning kan dog også beregnes på baggrund af COD, total-N, total-P samt SS med tilhørende nøgletal (tabel 1). Der er imidlertid god grund til at beregne PE-belastningen ud fra et gennemsnit af BOD, COD, total-N, total-P og SS, da der herved tages hensyn til, at det aktuelle spildevand kan have en anden sammensætning end standardspildevand.

I den opgjorte belastning for Østre Strand Renseanlæg er PE-belastningen angivet på basis af både BOD og på basis af et gennemsnit af BOD, COD, total-N, total-P og SS.

	Enhed	BOD (Bi ₅)	COD	Total-N	Total-P	SS
Belastning for 1 personækvivalent	g/PE/d	60	130	12	2	72

Tabel 1: Stofbelastning for 1 PE.



2 Østre Strand Renseanlæg

2.1 Biologisk/kemisk rensning

Den biologiske rensning er baseret på aktiv-slam-metoden, der er den mest udbredte metode i verden.

Østre Strand Renseanlæg (MBNDK) består i dag af 2 procestanke (LT01 og LT02) med et samlet volumen på 12.000 m³. Anlægget er et traditionelt 1-trins anlæg (uden primært rensetrin), uden biologisk fosforjernelse og uden anaerob udrådning.

Fosforjernelsen foregår som simultanfældning, hvor der tilsættes et fældningskemikalie til spildevandet, som går i kemisk forbindelse med fosfat. Den udfældede fosfat udtages sammen med overskudsslammet fra den biologiske renseproces.

Procestankenens volumenfordeling, dybde samt installeret beluftningsudstyr er vist i tabel 2.

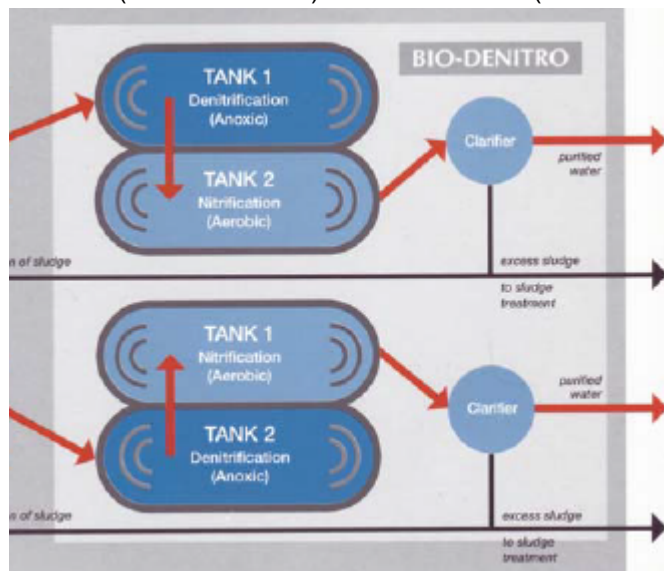
Luftningstank	
Volumen (m ³)	2 x 6.000 m ³ /h
Dybde (m)	4,5 m
Beluftningstype	Bundbeluftning, diffusorer: 1280 stk. Passavant Bioflex HPI EPDM ø63mm pr tank; max. spec. belastning: 10 Nm³/stk = 12800 Nm³/h pr tank. 1280 x 2 x 0,164 = 420 m² diffusoroverflade/tank. Blæserkapacitet: 1 stk- HST-20-4500; 1 stk. HST-20-6000 Målt ydelse: 5.100 + 5.700 = 10.800 Nm³/h Iltforbrug beregnet ved standardbetingelser for grund-/max.belastning på 38000/57000 PE = 5420 kg O₂/d; Max.time 340 kg O₂/h, 66% aerob drifttid -> installeret iltydelse = 515 kg O₂/h. SOTR ved 10.800 Nm³/h (10800/1280 = 8,4 Nm³/h pr diffusor: 16,4 g O₂/Nm³/m neddykn-> 72 g O₂/Nm³ luft), dvs. max. iltoverførsel= 10800 x 72/1000 = 780 kg O₂/h. Der er installeret ca. 50% større blæserkapacitet end behovet beregnet for en max.belastning på 57.000 PE. Anlæggets maks.belastning som 85%-fraktil er tilsvarende højere svarende til 80.000 PE.

Tabel 2: Volumen, dybde og installeret beluftningskapacitet på Østre Strand Renseanlæg.



Kvælstoffjernelse

Renseanlægget er opbygget som et BioDenitro-anlæg med 2 tanke, hvor spildevandet normalt ledes ind i den ene tank og ud af den anden. Begge tanke kan drives som anoxiske (til denitrifikation) eller som aerobe (til nitrifikation):



BioDenitro-princippet giver optimale muligheder for styring af kvælstoffjernelsen efter on-line sensorer. På Østre Strand Renseanlæg er implementeret on-linestyring vha. Hubgrade Performance Plant (HPP) som er en af markedets stærkeste on-linestyringer.

2.2 Efterklaring

Spildevand og slam ledes fra procestank til efterklaring, hvor slammet bundfældes og det rensede spildevand ledes via en overløbskant i tankperiferien til udløbsledningen.

Efterklaringen på Østre Strand Renseanlæg udgøres af 3 cirkulære tanke:

	Overflade-areal (m ²)	Dybde (m)	Volumen (m ³)	Hydraulisk kapacitet (m ³ /h)
Efterklaring 1	500	2,1	1.100	300
Efterklaring 2	500	2,1	1.100	300
Efterklaring 3	800	5,5	4.400	500
I alt	1.300		6.600	1.100

Den hydrauliske kapacitet af efterklaringen vil være afhængig af slamkoncentrationen og slammets bundfældningsegenskaber (SVI). Den angivne kapacitet forudsætter at slamvolumen (SV) er max. 600 mL/L.

$SV = \text{slamkoncentration (g SS/L)} \times \text{SVI (mL/g)}$. Hvis $SVI = 150 \text{ mL/g}$, må slamkoncentration maksimalt være $600/150 = 4 \text{ g SS/L}$.



3 Spildevandsbelastning 2019-2023

Belastningen for perioden januar 2019 til marts 2023 er opgjort som 60%- og 85%-fraktiler af BOD/Bi₅ samt et gennemsnit af BOD, COD, total-N, total-P og SS og fremgår af tabel 3 samt Figur 1.

Som vist i tabel 3 varierer belastningen af Østre Strand RA, og særligt i 2023 (tilløbsanalyser januar-marts) var belastningen bemærkelsesværdig lav. Dette skyldes lave analyseværdier for 2 ud af de 3 tilløbsanalyser. Herudover er datamængden i 2023 sparsom ift. de øvrige år. På baggrund af dette frasorteres data fra 2023 i beregning af gennemsnitlige historiske belastning for perioden.

Grundbelastningen (60 %-fraktil) af Østre Strand Renseanlæg har i perioden varieret mellem 21.000 PE (i 2020) og 38.000 PE (i 2021) (tab. 3), og der ses en stor spredning i belastningsberegningerne fra egenkontrol til egenkontrol (fig. 1).

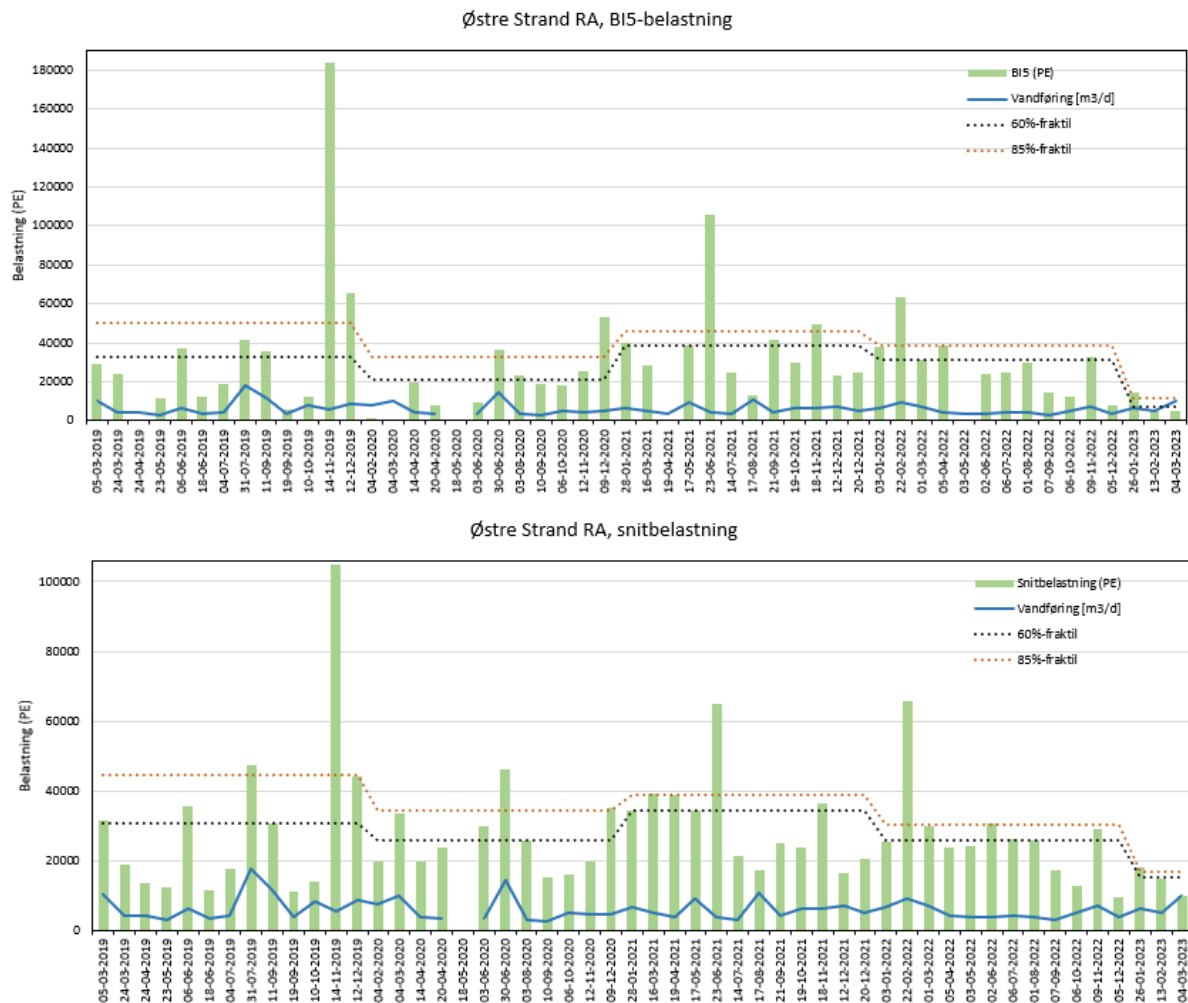
Ud fra BOD (Bi₅) har renseanlægget i perioden (2019-2022) haft en middelbelastning på 30.000 PE samt en maxbelastning på 42.000 PE. jf. belastningsberegninger for BOD (Bi₅).

Ud fra et gennemsnit af flere beregningsparametre bliver belastningen en smule lavere, med en middelbelastning på 29.000 PE samt en maxbelastning på 39.000 PE for perioden (tab. 3 samt fig. 2).

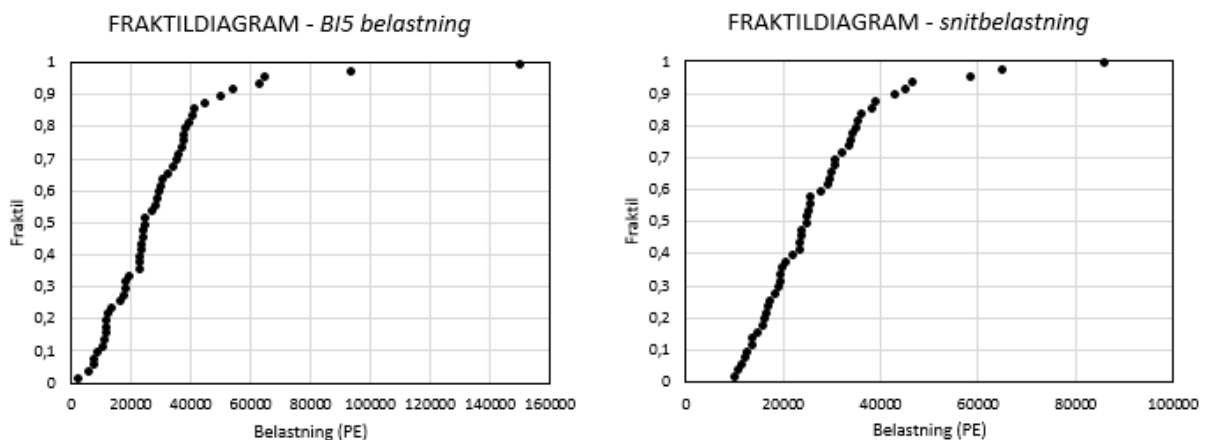
Årstal	Belastning ud fra Bi ₅		Belastning ud fra snit af COD, Bi ₅ , SS, N og P	
	60 %-fraktil	85 %-fraktil	60 %-fraktil	85 %-fraktil
2019	32.900 PE	49.900 PE	30.900 PE	44.700 PE
2020	21.000 PE	32.600 PE	25.800 PE	34.400 PE
2021	38.200 PE	45.600 PE	34.400 PE	38.900 PE
2022	31.100 PE	38.200 PE	25.900 PE	30.100 PE
2023	7.000 PE	11.600 PE	15.300 PE	17.000 PE
Gennemsnit 2019-2022	30.000 PE	42.000 PE	29.000 PE	39.000 PE

Tabel 3: Belastning i perioden 2019 - 2023.

Belastningsvariationer samt vandføring i perioden (2019-2023) fremgår grafisk af nedenstående Figur 1.



Figur 1: Belastningsdiagram for Østre Strand RA i perioden 2019-2023. *Snitbelastningen* er beregnet som et gennemsnit af BOD, COD, total-N, total-P og SS. OBS: forskelle skalering af y-akser.



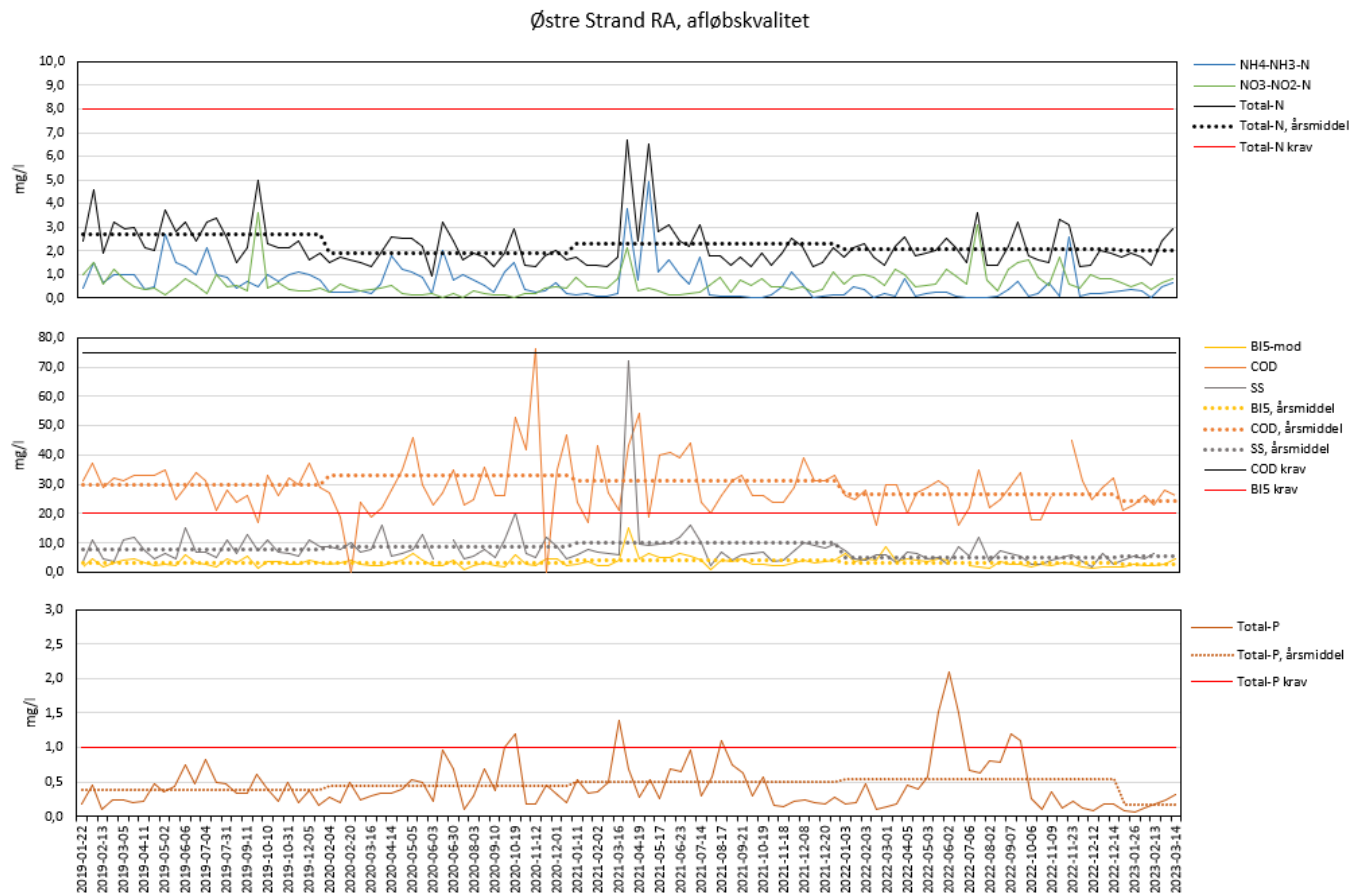
Figur 2: Fraktildiagram for belastning v. Østre Strand RA i perioden 2019-2022. *Snitbelastningen* er beregnet som et gennemsnit af BOD, COD, total-N, total-P og SS.



4 Afløbskvalitet

Alle afløbskrav overholdes med god margin.

Afløbskvaliteten for N har i perioden ligget mellem 1,9 - 2,7 mg total-N/l (fig. 3), hvilket viser en yderst effektiv kvælstoffjernelse på Østre Strand RA. Samtidig ses også en lav koncentration af organisk stof (BI₅-mod, COD og SS) i udledt spildevand, og en middelkoncentration af fosfor på blot 0,17 - 0,54 mg total-P/l (fig. 3).



Figur 3: Afløbskvalitet for Østre Strand RA 2019-2023.



5 Kapacitetsvurdering

Østre Strand RA har i perioden 2013-2016 gennemgået en række anlægsændringer for at imødekomme faldende belastning ift. tidligere, herunder:

- Drift af anlægget som et 1-trins anlæg
- Anvendelse af 2 procestanke frem for 3
- Ny blæserinstallation
- Ny diffusorbestykning
- Ny online-styring (Hubgrade Performance Plant - HPP)

Renseanlæggets kapacitet er vurderet vha. Krügers dimensioneringsprogram RENS.

Forudsætninger ved beregning:

- Slamkoncentration: 5 kg SS/m³
- Minimum procestemperatur: 7 °C
- Installeret blæserydelse: 10.800 Nm³/h
- Diffusorbestykning: Iltoverførsel på 72 g O₂/Nm³ indblæst luft

samt tankvoluminer mv. som angivet tidligere.

Volumen- og beluftningskapacitet er opgjort i Tabel 4:

Østre Strand Renseanlæg	PE (BI ₅)
Volumenkapacitet (ift. 60%-belastningsfraktil)	38.000
Beluftningskapacitet (ift. 85%-belastningsfraktil)	80.000

Tabel 4: Volumen- og beluftningskapacitet, Østre Strand Renseanlæg.

Kapacitetsvurderingen viser, at procesvolumenet er den begrænsende faktor med en kapacitet på 38.000 PE ud fra de givne forudsætninger og spildevandssammensætning.

Den biologiske rensekapacitet øges med højere procestemperatur.

Belastning i forhold til kapacitet

Belastningen på Østre Strand RA har i 2021 været en anelse højere end kapaciteten vurderet i 2019 (36.000 PE). Årsmidler af afløbskvalitet fra 2021 viser, at udledningskravene overholdes til trods for en let forhøjet belastning (fig. 3). Dette kan tilskrives at procestemperaturen som årsmiddel er højere end de 7 °C som kapaciteten er beregnet for, og at varigheden af perioder med lave procestemperaturer har været begrænset.

	2019	2020	2021	2022	Middel 2019-2022	Kapacitet
Maxbelastning (PE)	49.900	32.600	45.600	38.200	41.600	80.000
Grundbelastning (PE)	32.900	21.000	38.200	31.100	30.100	38.000

Tabel 5: Belastning på Østre Strand RA sammenlignet med kapaciteten. OBS: data fra 2023 frasortet som *outlier*.