



Miljøpåvirkninger i Pøle Å ved varmepumpekøling af rensset spildevand

SEPTEMBER 2025

Projekt navn	Miljøpåvirkninger i Pøle Å ved varmepumpekøling af rensset spildevand
Kunde	Hillerød Forsyning
Projektleder	Mikkel René Andersen
Projekt nummer	22005904 (Tidligere ver. udarbejdet til projekt 21001479)
Til	Alexander Nielsen, Flemming Nygaard Madsen
Udarbejdet af	Martin Lykke Kristensen, Johan Emil Kjær
Kvalitetssikret af	Bjarne Moeslund, Mikkel René Andersen
Godkendt af	Troels Christiansen
Version	02
Versionsdato	25-09-2025
Første udgivelsesdato	13-10-2022

INDHOLD

Baggrund	3
Problemstillingen	4
HCR Syd 4	
Varmepumpeprojektet	6
Nuværende forhold	6
Pøle Å 6	
Vandføring i pøle å	6
Temperaturforhold i pøle å	8
Iltforhold i Pøle Å	9
Fiskebestande i pøle å	10
Smådyr og planter i pøle å	11
Miljøpåvirkning af varmepumpeløsning	11
Temperaturforhold i Pøle Å	11
Iltforhold i Pøle Å med varmepumpeløsning	13
Påvirkning af fisk	14
Påvirkning af smådyr og planter	14
Opsamling	15
BIBLIOGRAFI	15

BAGGRUND

Nærværende notat omhandler miljøpåvirkningen ved en temperatursænkning i det nordsjællandske vandløb Pøle Å. Hillerød Forsyning planlægger at installere en varmepumpe på Hillerød Centralrenseanlæg Syd (herefter HCR Syd), som vil trække varmeenergi ud af det rensede spildevand og derved reducere vandtemperaturen med 5-10 °C nedstrøms udledningsspunktet i Pøle Å når varmepumpen er i drift.

Hillerød Spildevand A/S har i dag tilladelse til at udlede rensed spildevand, så længe det aldrig udledes ved temperaturer over 30 °C (Hillerød Kommune, 2023), data fra PULS (2022) viser at vandet sjældent i praksis kommer over 20 °C (Hillerød Kommune, 2023). Ved det skitserede varmepumpeprojekt sænkes temperaturen i det rensede spildevand inden det udledes til åen, og projektet medfører således ikke overskridelse af kravet i udledningstilladelsen.

Projektet vil potentielt kunne påvirke miljøet i åen. Det er tidligere vurderet, at projektet er omfattet af miljøscreeningsloven og skal derfor miljøscreenes (WSP, 2022).

PROBLEMSTILLINGEN

Udledning af rensede spildevand påvirker forholdene i det vandløb, vandet udledes til. Udover stoftilførslen fra det rensede spildevand, kan det udledte vand også påvirke vandløbskvaliteten på anden vis, eksempelvis hvis det udledte vand har en anden temperatur end vandløbet. I det planlagte varmepumpeprojekt vil temperaturen nedstrøms udledningsspunktet i Pøle Å blive påvirket. Temperaturen på strækningen bærer i dag præg af at åen er kraftigt reguleret og modtager størstedelen af sit vand fra overfladearealer samt HCR Syd.

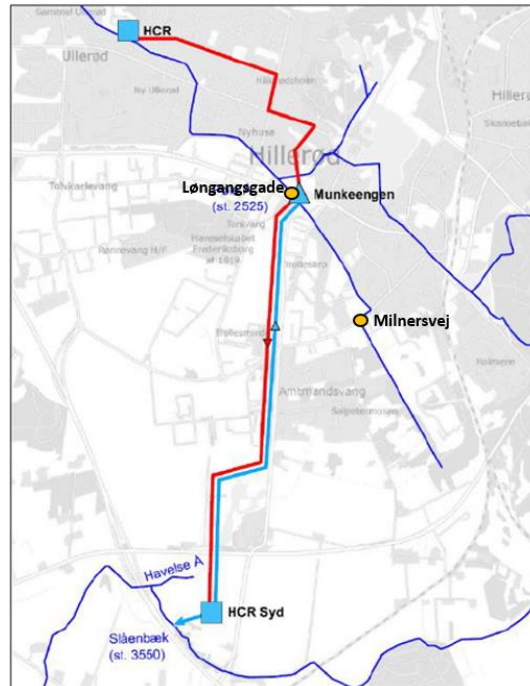
Temperaturen har stor betydning for biologien i vandløb. Fisk, invertebrater og mikroorganismer er med ganske få undtagelser vekselvarme, hvor deres stofskifte bestemmes af omgivelsernes temperatur (Clarke & Johnston, 1999) (White, et al., 1991). Iltindholdet i vandet påvirkes samtidig af temperaturen, både i kraft af ændret iltopløselighed og ændret iltforbrug hos vandlevende organismer ved forskellige temperaturer. De fleste fisk kræver et iltindhold over 5 mg/l for at trives, hvilket også gør sig gældende for hovedparten af de invertebrater, der forbindes med god økologisk tilstand i vandløbet (Bozorg-Haddad, et al., 2021) (Patel & Vashi, 2015) (Miljøstyrelsen, 1998).

Pøle Å er i statens vandområdeplaner (sgavmst.dk, 2025) målsat med krav om god økologisk tilstand eller godt økologisk potentiale, afhængig af strækningen, og projektet må derfor ikke medføre en miljøpåvirkning, som kan hindre målopfyldelse.

WSP er derfor blevet bedt om at udarbejde en vurdering af de miljømæssige påvirkninger ved de planlagte temperaturreduktioner i Pøle Å. Vurderingen tager afsæt i eksisterende erfaring og viden, som holdes op mod de informationer om projektet, der er stillet til rådighed af Hillerød Forsyning samt af de data, der er opsamlet om forholdene i åen.

HCR SYD

Rensningsanlægget HCR Syd blev taget i brug i juni 2018 og er Danmarks første renselanlæg, der er bygget som et indendørsanlæg. Anlægget har kapacitet til at rense vand fra 100.000 personer og er anlagt på et 50 hektar stort område syd for Hillerød by. Anlægget udvides med et fjerde rensetrin, der er udviklet specielt med henblik på at rense for medicinrester og miljøfarlige stoffer og en varmepumpe på den rensede spildevandsstrøm. Projektet omfatter en lagune, hvor cirka 5% af det rensede spildevand ledes igennem inden udledning til Pøle Å. De resterende cirka 95 % af det rensede spildevand ledes direkte til Pøle Å. Udledningsspunktet for rensede spildevand er ved Munkeengen, st. 2525, cirka tre km nord for HCR Syd. Anlæggets placering og føring af rensede og urensede spildevand til og fra anlægget er angivet på Figur 1 herunder.



Figur 1. Oversigt over placeringen af HCR Syd samt det forhenværende renselanlæg (HCR) og udledningspunktet i Pøle Å ved st. 2525. Ledningsføring med urensset spildevand er røde, mens ledninger med rensset spildevand er blå. Den blå trekant ved Munkeengen markerer udledningspunktet. De to orange prikker angiver Hillerød Forsynings termaturmålere ved Milnersvej (opstrøms udledningspunktet) og Løngangsgade (umiddelbart nedstrøms udledningspunktet).

Anlægsområdet med lagunen kan ses på Figur 2 herunder.



Figur 2. Luftfoto med matrikelgrænser over HCR Syd. Det meste af det rensede spildevand (ca. 95 %) ledes direkte til Pøle Å, mens en mindre del (cirka 5%) pumpes op i lagunen efter rensning, hvorfra det pumpes videre mod udledningspunktet i Pøle Å, tre km nordpå.

HCR Syd er godkendt til at måtte udlede 241 liter rensede spildevand per sekund til Pøle Å i gennemsnit, mens maksimaludledningen under kraftig regn er begrænset til 350 liter per sekund (Hillerød Kommune, 2023). Den faktiske udledning fra HCR Syd til Pøle Å har hidtil ligget på 188 liter vand per sekund i gennemsnit. Der er en ansøgningsproces i gang om at øge udledningen til Pøle Å til 241 liter per sekund efterhånden som indbyggertallet i oplandet vokser og et kommende sygehus kobles på renseanlægget.

VARMEPUMPEPROJEKTET

Spildevandet har været anvendt i husholdninger og industri, og har ofte en overtemperatur i forhold til råvand. De biologiske og mekaniske processer forbundet med rensning af spildevand medfører desuden, at vandet opvarmes yderligere under rensningsprocessen. Da rensningen finder sted indendørs på HCR Syd, fastholdes den tilførte varme i vandet. HCR Syd genererer derfor rensede spildevand med et stabilt temperaturinterval på 12 - 18° C hele af året (temperaturdata fra Hillerød Forsyning). Hillerød Forsyning ønsker at udvinde noget af varmeenergien fra dette vand og anvende den som fjernvarme. Dette ønskes gjort ved at føre det rensede spildevand gennem en varmepumpe i en særskilt bygning på Hillerød Forsynings arealer ved HCR Syd.

NUVÆRENDE FORHOLD

PØLE Å

Den cirka 20 km lange Pøle Å har sit udspring ved Holmene i den sydlige del af Hillerød. Ved udspringet stammer hovedparten af vandføringen fra Salpetermosen. Åen er rørlagt umiddelbart efter mosen og ned til Slangerupgade, cirka 200 meter opstrøms udledningspunktet, og åen har karakter af et kraftigt reguleret byvandløb på strækningen mellem HCR syds udledningspunkt til åen løber ind i Strødam Engsø nordvest for Hillerød. Hovedparten af denne å-strækning er overbred og præget af blød bund med sandvandring og brinkerrosion. Undtagelsen er en delstrækning, hvor åen krydser Falkevej, idet faldforholdene her er gode, bundsubstratet er hårdt og vandløbsprofilen ikke synes overbredt (Madsen, 2021).

Foruden Strødam Engsø løber åens vand gennem vådområderne ved Solbjerg Engsø og Alsønderup Enge, inden det løber ud i Arresø og herfra videre til udløbet i Roskilde Fjord ved Frederiksværk. Hele åens vandføring er ført gennem de tre anlagte vådområder i modstrid med anbefalingerne fra bl.a. DTU Aqua (Nielsen & Koed, 2017), og åens vand løber samtidig til den 39,9 km² store Arresø. Åen er derfor uegnet som habitat for havørreder, da opgangsfisk og især udvandrende ungfisk (smolt) vil gå tabt i de indskudte søer. Åen vil dog kunne være hjemsted for en mindre bestand af bækkørreder, forudsat at de fysiske og vandkemiske forhold i åen understøtter dette.

VANDFØRING I PØLE Å

Pøle Ås samlede opland er cirka 102 km². Udledningspunktet fra HCR Syd til Pøle Å er ved vandløbets station 2525. Vandløbets opland ved dette punkt er beregnet til 5,03 km². De oplandsbaserede afstrømninger for åen opstrøms Strødam Engsø er angivet i Tabel 1, mens åens baggrundsvandføring ved HCR Syds udledningspunkt ved st. 2525 er indsat i Tabel 2. Udledningerne fra HCR Syds samlede andel af vandføringen umiddelbart nedstrøms udledningspunktet er indsat i Tabel 3.

Tabel 1. Oplandsbaserede afstrømninger for Pøleåen opstrøms Strødam Engsø.

HYDROLOGISK REFERENCEPERIODE, GENNEMSIT 2001-2020

Pøle Å, opstrøms Bendstrup	Vinter (1/11-30/4)	Sommer (1/5-31/10)
Middel (l km ⁻² s ⁻¹)	30	9
Medianmaksimum (l km ⁻² s ⁻¹)	35	13

Tabel 2. Baggrundsvandføring ved HCR Syds udledningspunkt ved Pøle Ås st. 2525 og nedstrøms Strødam Engso.

HYDROLOGISK REFERENCEPERIODE, GENNEMSIT 2001-2020

Pøle Å, St. 2525	Vinter (1/11-30/4)	Sommer (1/5-31/10)
Middel (l s ⁻¹)	151	45
Medianmaksimum (l s ⁻¹)	176	65
Pøle Å, nedstrøms Strødam Engso	Vinter (1/11-30/4)	Sommer (1/5-31/10)
Middel (l s ⁻¹)	960	288
Medianmaksimum (l s ⁻¹)	1120	416

Tabel 3. HCR Syds andel af vandføringen i Pøle Å umiddelbart efter udledningspunktet og nedstrøms Strødam Engsø ved en udledning fra HCR Syd på 188 l s⁻¹, hvilket var udledningmængden i referenceperioden 2018-2022.

HYDROLOGISK REFERENCEPERIODE, GENNEMSIT 2001-2020

Pøle Å, St. 2525	Vinter (1/11-30/4)	Sommer (1/5-31/10)
HCR Syds andel ved middel vandføring	55 %	81 %
HCR Syds andel ved medianmaksimum vandføring	52 %	74 %
Pøle Å, nedstrøms Strødam Engsø	Vinter (1/11-30/4)	Sommer (1/5-31/10)
HCR Syds andel ved middel vandføring	16 %	39 %
HCR Syds andel ved medianmaksimum vandføring	14 %	31 %

Som det fremgår af Tabel 3, udgør udledningen fra HCR Syd hovedparten af vandføringen i Pøle Å ved udledningspunktet i sommerhalvåret og omtrent halvdelen af vandføringen i vinterhalvåret. I situationer med meget tørt sommervejr, kan vandføringen i Pøle Å ved udledningspunktet nå ned på et niveau, hvor renset spildevand fra HCR Syd udgør stort set hele vandføringen.

Nedstrøms Strødam Engsø er HCR Syds andel af åens vandføring reduceret til knap en tredjedel om sommeren og knap en sjettedel om vinteren på grund af den oplandsbestemte øgning af åens vandføring.

TEMPERATURFORHOLD I PØLE Å

Temperaturen har stor betydning for biologien i vandløb. Fisk, invertebrater og mikroorganismer er med ganske få undtagelser vekselvarme, hvor deres stofskifte bestemmes af omgivelsernes temperatur (Clarke & Johnston, 1999) (White, et al., 1991). Det betyder, at både aktiviteten og produktiviteten i et vandløb kan reguleres med temperaturen, men også at iltforbruget reguleres tilsvarende når de vandlevende organismer ændrer deres aktivitetsniveau (Fry & Hart, 1948).

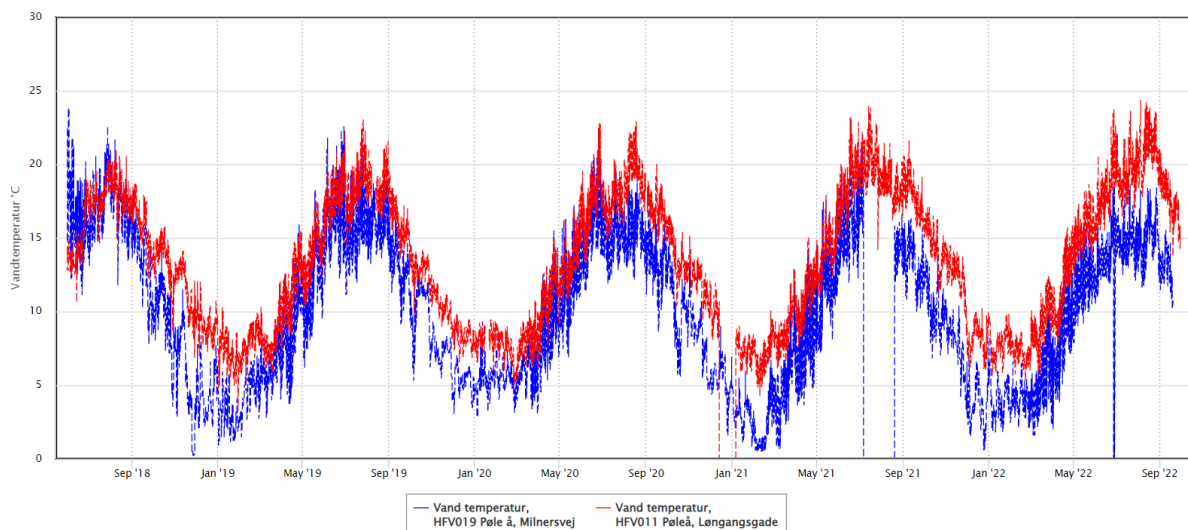
De vandlevende organismer kan ikke regulere deres stofskifte ubegrænset, og de er således tilpasset livet i et givent temperaturinterval, som varierer mellem organismer og arter. For fisk gælder det f.eks., at temperaturer under et givent interval medfører, at deres stofskifte bliver så lavt at deres fødesøgning og vækst ophører (Ojanguren, et al., 2001). Omvendt kan temperaturer over et givent niveau medføre, at fiskens basalstofskifte bliver så højt, at de ikke har tilstrækkeligt med ilt til rådighed til også at fordøje, optage og lagre energi og dermed vokse (Paschke, et al., 2018). Fiskens vækst reduceres således når temperaturen er udenfor det interval den respektive fisk er tilpasset. Fortsætter temperaturen med at stige udenfor intervallet, vil fisken på et tidspunkt ikke længere have tilstrækkeligt ilt til rådighed til at opretholde det accelererende basalstofskifte, hvilket ultimativt fører til døden. Er temperaturen omvendt for lav i forhold til intervallet, falder fiskens aktivitet til et niveau hvor den ikke kan opretholde sin vægt eller hvor dens krop går i stå. Fiskenes vækst-optimum ligger derfor i et interval, som for ørredens vedkommende er cirka 12 – 17 °C, hvis de har næringsrige fødeemner til

rådighed (typisk andre fisk) og 1-2 grader lavere, hvis kosten består af invertebrater ((Elliott & Hurley, 2000)a); ((Elliott & Hurley, 2000)b).

Vandtemperaturen påvirker således både den hastighed, hvormed mikroorganismer nedbryder organisk materiale, den påvirker de vandlevende organismers overordnede aktivitetsniveau i vandet og den påvirker, hvilke arter der er tilpasset til at kunne leve i det. Alle livsytringer (med undtagelse af planternes fotosyntese og visse mikroorganismer) er iltkrævende, og temperaturen kan derfor indirekte påvirke iltbalancerne i vandløbet ved at påvirke de vandlevende organismers forbrug af ilt. Vandtemperaturen påvirker derudover også i sig selv opløseligheden af ilt i vandet (behandles i næste afsnit). Vandtemperaturen er således en meget vigtig parameter for vandmiljøet.

I Pøle Å har Hillerød Forsyning målt temperaturen op- og nedstrøms udledningpunktet samt i det rensede spildevand. På strækningen opstrøms udledningpunktet stammer en stor del af åens vand fra Salpetermosen, og vandet udviser derfor store temperaturudsving (0 – 24 °C i perioden juni 2018 – september 2022). Det rensede spildevand fra HCR Syd har en mere stabil temperatur, der af Hillerød Forsyning er målt til 12 – 18 °C hele året, og det rensede spildevand har således en stabiliserende effekt på åens temperatur nedstrøms udledningpunktet.

Da det rensede spildevand opholder sig i HCR Syds åbne lagune i cirka et døgn, inden det pumpes til udledningpunktet i Pøle Å, tempereres det af vejrforholdene, så den temperaturstabiliserende effekt reduceres. Dette er tydeligst om sommeren, hvor solens indstråling kan påvirke vandtemperaturen i den cirka 0,5 m dybe lagune relativt hurtigere end evaporativ og konduktiv nedkøling kan om vinteren. Temperaturen nedstrøms udledningpunktet kan således nå op på 24 °C om sommeren, selvom hovedparten af vandføringen på dette tidspunkt stammer fra HCR Syd. Vintertemperaturen nedstrøms udledningpunktet ligger generelt over 5 °C selv på kolde vinterdage. Temperaturen i Pøle Å umiddelbart efter udledningpunktet har samlet set ligget i intervallet 5 – 24 °C i perioden juni 2018 – september 2022 (Figur 3).

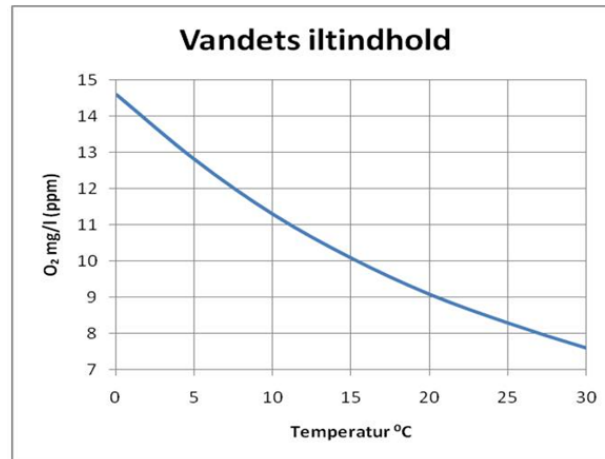


Figur 3. Temperaturforhold i Pøle Å cirka en kilometer opstrøms udledningpunktet (ved Milnersvej) og umiddelbart nedstrøms udledningpunktet (Løngangsgade).

ILTFORHOLD I PØLE Å

Iltforholdene i vand er generelt væsentligt mere komplekse end i luft, hvor iltniveauet er relativt konstant på knap 21 %. Ilt er tungt opløseligt i vand, og opløseligheden afhænger bl.a. af tryk og temperatur (Bozorg-Haddad, et al., 2021). Ved havoverfladen er trykket relativt konstant, og her er temperaturen derfor afgørende

for opløseligheden af ilt i vandet. Opløseligheden falder med temperaturen, således at der i en liter 0 °C varmt ferskvand kan opløses 14,6 mg ilt ved 100 % mætning, mens der kun kan opløses 9,1 mg ilt i en liter 20 °C varmt ferskvand ved 100 % mætning. Opløseligheden i ferskvand er indsat på Figur 4 fra (Bruun & Steffensen, 2007)



Figur 4. Opløseligheden af ilt i ferskvand ved en atmosfæres tryk (ved havoverfladen). Figur fra (Bruun & Steffensen, 2007).

I vandløb kan der opstå periodisk overmætning med ilt ved høj primærproduktion fra alger og makrofyter. For vandløb gør dette sig især gældende for langsomt flydende vandløb, hvor der er en mindre grad af udveksling med den atmosfæriske luft. Omvendt opstår der også nemmere lave ilt-niveauer i de langsomt flydende vandløb fordi udvekslingen med ilt fra luften går langsommere.

Som beskrevet i foregående afsnit, forbruger de biologiske respirationsprocesser i vandet løbende vandets iltindhold. Hvis denne proces forløber hurtigere end gen-iltning fra luften eller primærproduktionen fra alger og makrofyter, falder vandets iltindhold.

De fleste fisk kræver et iltindhold over 5 mg/l for at trives, hvilket også gør sig gældende for hovedparten af de invertebrater, der forbindes med god økologisk tilstand i vandløbet (Bozorg-Haddad, et al., 2021) (Patel & Vashi, 2015) (Miljøstyrelsen, 1998). Iltindholdet i vandet falder typisk om natten, når der ingen primærproduktion er, og dette vil foregå hurtigst om sommeren hvor vandet er varmt og de biologiske processer i vandet går hurtigst. På grund af det langsomt flydende og kanaliserede forløb, er Pøle Å ekstra udsat for sådanne store svingninger i iltindholdet (Sand Jensen, 2014). Der findes ikke nyere iltmålinger fra åen omkring udledningspunktet, men ilt-niveauet om sommeren har tidligere været beregnet til mindst 7,3 mg/l ved en sommertemperatur på 20 °C (Davidsen, 2018).

FISKEBESTANDE I PØLE Å

Der er ikke fundet ørreder i Pøle Å opstrøms Strødam Engsø, hverken ved DTU Aquas monitoringsfiskeri eller ved supplerende elfiskeri foretaget på vegne af Hillerød Forsyning i september 2022. Ved DTU Aquas seneste monitoringsfiskeri i Pøle Å blev der fundet en lille bestand af ørredyngel i Tinghuse Å, som tilløber Pøleåen nedstrøms Solbjerg Engsø, mens der var enkelte fangster af ørreder længere nedstrøms i systemet (DTU, 2022). Strækningen er, som tidligere nævnt, ikke egnet som ørredvand på grund af de indskudte søer nedstrøms i systemet, og de fysiske forhold på størstedelen af strækningen opstrøms Strødam Engsø er pt. heller ikke af en karakter, som tilgodeser ørreder. Fiskesammensætningen er tydeligt påvirket af at være sø-nær og domineres af arter som skalle, aborre, løje og suder, mens der også blev fanget enkelte sandart og brasen ved undersøgelsen i

september 2022 (NIRAS, ikke-offentliggjorte resultater). Den økologiske tilstand for fisk er i statens vandområdeplaner angivet som ukendt og det økologiske miljømål som ikke målsat. Artssammensætningen på strækningen peger imidlertid i retning af dårlig til moderat tilstand for fisk ved brug af Dansk Fiskeindeks For Vandløb (Kristensen, et al., 2014).

SMÅDYR, PLANTER OG FYTOBENTHOS I PØLE Å

Strækningen fra udledningsspunktet og nedstrøms mod Strødam Engsø har i flg. statens vandplaner (sgvmst.dk, 2025) ringe økologisk potentiale for makroinvertebrater (smådyr).

Under NOVANA undersøgelserne er faunaklassen registreret cirka hvert andet år på strækningen siden år 2003. I NOVANA programmets overvågning har de tre stationer opnået faunaklasse tre eller fire ved registreringerne siden år 2006, senest faunaklasse tre, hvorfor den aktuelle tilstand vurderes at være ringe økologisk tilstand for smådyrene (Danmarks Miljøportal, 2025).

Strækningen er i statens vandplaner (sgvmst.dk, 2025) angivet med ukendt tilstand for makrofytter (planter) og fytobenthos (bundlevende alger). Der er ikke foretaget supplerende undersøgelser af makrofytter og fytobenthos nedstrøms udledningsspunktet.

MILJØPÅVIRKNING AF VARMEPUMPELØSNING

TEMPERATURFORHOLD I PØLE Å

Hillerød Forsyning har beregnet de temperaturer, det rensede spildevand forlader varmepumpeanlægget med i en driftssituation på forskellige tidspunkter af året. Ud fra målinger af vandtemperaturen i åen op- og nedstrøms udledningsspunktet og medfølgende data om opvarmning i lagunen og den naturlige baggrundsvandføring i åen, er den resulterende temperatur i Pøle Å nedstrøms udledningsspunktet når varmepumpen er i drift, beregnet.

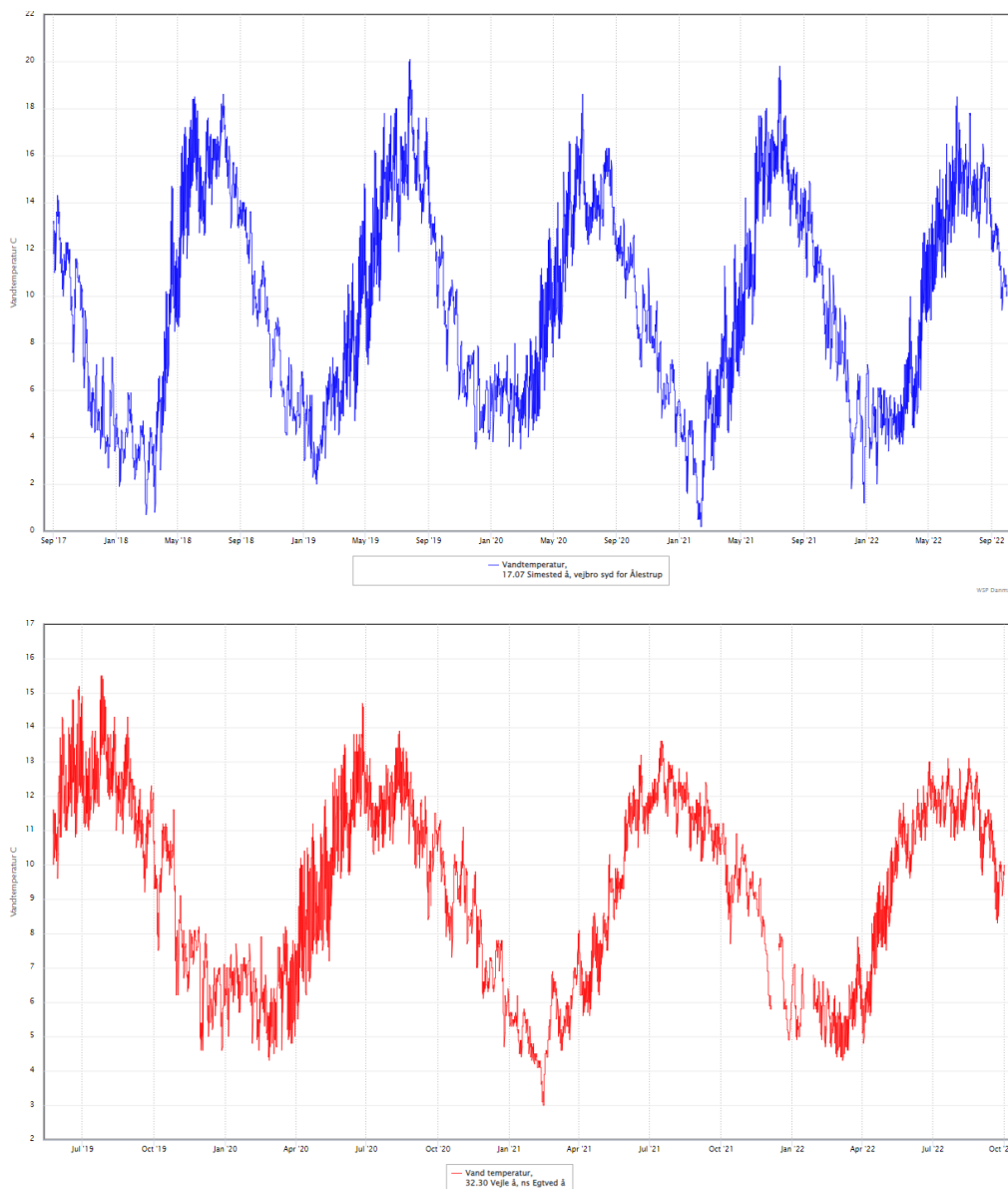
De beregnede temperaturer er opstillet sammen med de målte temperaturer i rensningsanlægget og åen i Tabel 4. Det rensede spildevand oppumpes fortsat til midlertidigt ophold i lagunen i cirka et døgn, inden det udledes til åen. Temperaturen i åen vil derfor grundlæggende fortsat følge et naturligt mønster, hvor det rensede og afkølede spildevand udsættes for omtrent samme temperatur-påvirkninger (f.eks. solindstråling, fordampning, udveksling med luften) som åen og dens opland. Overordnet set forventes varmepumpen at medføre en nedkøling på 5 – 10 °C af vandet i åen ved udledningsspunktet, når pumpen er i drift i forhold til når pumpen ikke er i drift. Det præcise temperaturregime, når pumpen er i drift, er komplekst at beregne præcist på grund af variationen i baggrundsvandføringen og vandtemperaturen i åen. De resulterende temperaturer i åen, når pumpen er i drift, angives derfor som intervaller. Samlet set vil den planlagte køling af det rensede spildevand således reducere minimumstemperaturen efter udledningsspunktet fra et interval på 5 – 12 °C til et nyt interval på 2 – 10 °C i vintermånederne, mens sommertemperaturen reduceres fra et interval på 12 – 24 °C til et nyt interval på 10 – 20 °C, når varmepumpen er i drift.

Tabel 4. Målte og resulterende temperaturer i Pøle Å. HCR Syd, inden køling, ved udledning til sø/lagune angiver det rensede spildevands temperatur når det forlader anlægget hos HCR Syd og udledes til lagunen. HCR Syd efter køling, ved udledning til sø/lagune angiver temperaturen efter rensning og køling når fjernvarmepumpen er i drift. Temperatur opstrøms udledning i Pøle Å angiver den målte temperatur ved Milnersvej, en km opstrøms udledningspunktet. Temperatur i Pøle Å efter udledning uden køling angiver den målte temperatur umiddelbart nedstrøms udledningspunktet i perioden juni 2018 – september 2022. Resulterende temp. i Pøle Å efter udledning med køling angiver den resulterende temperatur, når fjernvarmepumpen er i drift.

	HCR Syd, inden køling, ved udledning til recipient	HCR Syd efter køling, ved udledning til recipient	Temperatur opstrøms udledning i Pøle Å	Temperatur i Pøle Å efter udledning uden køling	Resulterende temp. i Pøle Å efter udledning med køling
Jan.-apr.	10-14 °C	2-6 °C	0-19 °C	5-12 °C	2-10 °C
Maj.	10-15 °C	2-10 °C	10-24 °C	10-15 °C	5-15 °C
Jun.-aug.	15-20 °C	5-12 °C	12-24 °C	12-24 °C	10-20 °C
Sep.	10-15 °C	2-10 °C	8-18 °C	13-18 °C	5-12 °C
Okt.-dec.	10-14 °C	2-6 °C	0-15 °C	5-16 °C	2-10 °C

Den laveste temperatur, der forekommer i åen nedstrøms udledningspunktet, vil være to grader, når varmepumpen er i drift, hvilket er to grader mere end den mindste temperatur, der i udgangspunktet forekommer i Pøle Å opstrøms udledningspunktet. Den højeste sommertemperatur, når varmepumpen er i drift, bliver 20 °C, hvilket er fire grader mindre end højeste temperatur, der i udgangspunktet forekommer i Pøle Å opstrøms udledningspunktet.

Som for mange øvrige sjællandske vandløb er grundvandstilførslen til Pøle Å i dag på et unaturligt lavt niveau som følge af grundvandsindvinding (Sivebæk, 2021). Grundvand har en stabil temperatur året rundt, og har således en stabiliserende virkning på vandløbets temperatur. Vandføringen i Pøle Å udgøres med den ringe grundvandstilførsel derfor i højere grad af overfladevand med mere fluktuerende temperatur, og vandføringen er samtidig lavere og derfor hurtigere temperaturpåvirkelig. Det, der er baggrundstemperaturen i Pøle Å i dag, er således mere varierende end den naturlige baggrundstemperatur i åen i en situation med mere naturlig grundvandstilførsel. På Figur 5 herunder ses eksempler på temperaturprofiler i jyske vandløb (Simested Å og Egtved Å), hvor vandføringen i højere grad udgøres af grundvand. Her ligger vandtemperaturerne mellem 0 og 20 °C i Simested Å, opstrøms Ålestrup, mens den ligger mellem 3 og 15,5 °C i Egtved Å over en hhv. fem- og treårig periode.



Figur 5. Vandtemperatur i Simested Å, opstrøms Ålestrup (øverst), og Egtved Å (nederst) i en hhv. fem- og treårig periode.

Der vil forekomme situationer hvor varmepumpen ikke er i drift. Det kan eksempelvis være i forbindelse med servicering og fejl på udstyret eller ved manglende efterspørgsel på fjernvarme i systemet (primært i sommerperioden). Når varmepumpen ikke er i drift, bidrager den ikke med en ændring på vandtemperaturen i Pøle Å.

ILTFORHOLD I PØLE Å MED VARMEPUMPELØSNING

Udviklingen i iltforholdene i åen er svære at vurdere præcist, da der ikke foreligger et datagrundlag om de nuværende iltforhold. Det rensede spildevand iltes til fuld eller næsten fuld iltmætning, inden det forlader HCR Syd. Der finder en betragtelig gen-iltning sted på den turbulente strækning ved Falkevej (st. 5.500), så det er primært strækningen opstrøms dette der vurderes at være udsat for lave ilt-niveauer hvis de vandlevende organismer har en høj aktivitet og hurtigt omsætter det organiske materiale i vandet. Ilt-niveauet på strækningen har tidligere været beregnet til mindst 7,3 mg/l for de nuværende forhold ved en sommertemperatur på 20 °C

(Davidsen, 2018). Iltindholdet i vandet ved 100 % mætning øges når temperaturen reduceres, og den biologiske aktivitet og derved iltforbruget i vandet reduceres, når temperaturen reduceres (Bruun & Steffensen, 2007) (Fry & Hart, 1948). Derfor vurderes varmpumpekøling af vandet at ville øge iltniveauet nedstrøms udledningspunktet, når varmpumpen er i drift.

PÅVIRKNING AF FISK

Ørreden er en god indikator på den økologiske tilstand i vandløbene, og arten spiller en afgørende rolle for bedømmelse af målopfyldelsen for fisk i vandplanerne (Kristensen, et al., 2014). Der findes god dokumentation for, at laksefisk som ørreden generelt opsøger temperaturer, der optimerer deres stofskifte og vækstmuligheder i vandløbene, f.eks. (Sutton, et al., 2007) (Kurylyk, et al., 2014).

Lignende undersøgelser er ikke lavet for danske ørreder i vandløb, men danske ørreder viser tydelige præferencer for ophold i temperaturer indenfor deres optimale vækstområde (12 – 17 °C) i de danske havområder (Kristensen, et al., 2018). Ved temperaturer under 8 °C og over 20 °C vokser ørreder stort set ikke ved laboratorieeksperimenter (Ojanguren, et al., 2001). Ørreder tåler temperaturer ned til 0 °C i vandløb, mens temperaturer over 22-24 °C begynder at blive farlige for dem.

Med udgangspunkt i ovenstående, vurderes de estimerede temperaturpåvirkninger i Pøle Å ved varmpumpekøling af vandet ikke at ville udgøre en hindring for fremtidig målopfyldelse for fisk i Pøle Å. Effekterne af varmpumpekøling vurderes i stedet primært som værende positive. Særligt reduktionen af sommer-makstemperaturen fra 24 til 18 °C vil være positiv for ørredernes vækst og trivselsmuligheder i åen. Sæsontemperaturudviklingen i åen når varmpumpen er i drift vil i højere grad ligne den, man ser i mere naturlige danske vandløb med højere grundvandstilførsel. Ørreden er en meget iltkrævende art, og den forventede forøgelse af iltindholdet i vandet, når det nedkøles, vil derfor forbedre åens mulighed for at fungere som ørredhabitat i fremtiden.

PÅVIRKNING AF SMÅDYR, PLANTER OG FYTOBENTHOS

Som fiskene kan også smådyr/invertebrater påvirkes negativt, hvis temperaturen i vandløbet afviger fra deres respektive temperatortoleranceniveauer (Sardina, et al., 2016). Med de temperaturscenarier der er opstillet for en eventuelt fremtidig situation med varmpumpekøling af det rensede spildevand fra HCR Syd, forventes der dog overvejende positive konsekvenser for muligheden for at opnå god økologisk tilstand for invertebrater i Pøle Å.

Mange af rentvandsindikatorarterne blandt invertebraterne har ikke gæller og kredsløb til aktivt optag og transport af ilt fra vandet (Lindegaard, 2014). De er i stedet afhængige af passiv diffusion gennem kropsvæggen, hvilket er en langsommelig proces i vand (Bruun & Steffensen, 2007). Invertebrater der har hårde kropsvægge (til f.eks. beskyttelse) eller som lever i skjul i huse er derfor blandt de første til at blive påvirket hvis iltniveauet i vandet bliver lavt. Disse typer invertebrater tilbringer ofte mindst et år i vandløbene, og kan anvendes som indikatorer på god økologisk tilstand, blandt andet fordi de er blandt de første organismer der går til, hvis lave iltniveauer eller ufavorable betingelser forekommer på et tidspunkt i løbet af året. Da iltniveauet i Pøle Å forventes at blive uændret eller lidt forhøjet ved varmpumpekøling af rensede spildevand fra HCR Syd, vurderes projektet heller ikke på denne baggrund at få negative konsekvenser for muligheden for at opnå god økologisk tilstand for smådyr i vandløbet.

De observerede temperaturændringer ved varmpumpekøling af rensede spildevand fra HCR Syd vurderes at være uden betydning for muligheden for at opnå god økologisk tilstand for makrofyter i Pøle Å.

Fytobenthos kan potentielt påvirkes af temperatur i vandløb, men forklaringsgraden er lav. Boxplots af temperaturen som funktion af tilstandsklassen viser at der ikke er signifikant forskel mellem temperaturen i vandløb som har målopfyldelse og dem som ikke har. Selvom påvirkningen ikke er statistisk signifikant, er den svage tendens som dog kan observeres at der er lidt lavere temperatur i de vandløb som har god eller høj økologisk tilstand for fytobenthos (DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 2019). Der er i det undersøgte datamateriale altså ikke resultater eller tendenser som skulle indikere at en lavere temperatur i vandløbet skulle kunne påvirke den økologiske tilstand for fytobenthos negativt. Varmepumpen vurderes derfor ikke at være til hinder for målopfyldelse for fytobenthos.

OPSAMLING

Samlet set vurderes det, at anlæg og drift af et varmepumpeanlæg på HCR Syd, der nedkøler det rensede spildevand inden det udledes til Pøle Å, ikke vil være til hinder for at opnå god økologisk tilstand for hverken planter, smådyr/invertebrater, fytobenthos eller fisk i åen og dermed målopfyldelse. Sænkning af temperaturen i spildevandet i det omfang, der er planlagt, vil kunne have en neutral eller for nogle aspekter positiv effekt på dyrelivet i åen i form af mulighed for større iltindhold samt modvirkning af negative effekter af høje sommertemperaturer på fisk og bundfauna. Overordnet set vil den planlagte varmepumpeløsning, når den er i drift, skabe et temperaturregime i åen der er tættere på de naturlige forhold i danske vandløb.

Det bemærkes også, at de fysiske forhold i Pøle Å må betragtes som værende den dominerende barriere for opnåelse af god økologisk tilstand i åen. Det være sig både i forhold til overbredde, brinkerosion og sandvandring i store dele af selve åen samt ikke mindst det forhold, at åen længere nedstrøms ledes direkte gennem tre engsøer.

BIBLIOGRAFI

- Bozorg-Haddad, O., Delpasand, M. & Loáiciga, H., 2021. Water quality, hygiene, and health. *Economical, Political, and Social Issues in Water Resources*, pp. 217-257.
- Bruun, E. & Steffensen, J., 2007. *Iltoptagelse hos fisk*. [Online]
Available at: <https://virtuelgalathea3.dk/artikel/iltoptagelse-hos-fisk>
- Clarke, A. & Johnston, N., 1999. Scaling of metabolic rate with body mass and temperature in teleost fish. *Journal of Animal Ecology*, pp. 893-905.
- Danmarks Miljøportal, 2025. *Kemidata*. [Online]
Available at: kemidata.miljoportal.dk
[Senest hentet eller vist den 18 september 2025].
- Davidson, S., 2018. *Ilforbrug i Pøle Å*, Taastrup: Orbicon.
- DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 2019. *Fysiske og kemiske kvalitetselementer og understøttelse af god økologisk tilstand i vandløb*,
https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2019/Fysiske_og_kemiske_kvalitetselementer.pdf: Miljøstyrelsen.
- DTU, 2022. *Ørredkortet*. [Online]
Available at: kort.fiskepleje.dk
- Elliott, J. & Hurley, M., 2000. Daily energy intake and growth of piscivorous brown trout, *Salmo trutta*. *Freshwater Biology*, pp. 237-245.

- Elliott, J. & Hurley, M., 2000. Optimum energy intake and gross efficiency of energy conversion for brown trout, *Salmo trutta*, feeding on invertebrates or fish. *Freshwater Biology*, pp. 605-615.
- Fry, F. & Hart, J., 1948. The relation of temperature to oxygen consumption in the goldfish. *The Biological Bulletin*.
- Hillerød Kommune, 2023. *Tilladelse til udledning af rensset spildevand fra Hillerød Centralrenseanlæg Syd til Pøle Å*, Hillerød: Hillerød kommune.
- Kristensen, E. A. et al., 2014. *Dansk Fiskeindeks For Vandløb (DFFV)*, Aarhus: Aarhus Universitet.
- Kristensen, M. et al., 2018. Temperature and depth preferences of adult sea trout *Salmo trutta* during the marine migration phase. *Marine Ecology Progress Series*.
- Kurylyk, B. et al., 2014. Preserving, augmenting, and creating cold-water thermal refugia in rivers: concepts derived from research on the Miramichi River, New Brunswick (Canada). *Ecohydrology*, pp. 1095-1108.
- Lindegaard, C., 2014. *Lex.dk*. [Online]
Available at: https://naturenidanmark.lex.dk/Tilpasninger_til_iltforholdene
- Madsen, F. N., 2021. *Biologisk overvågning i Pøle Å*, Søborg: MOE A/S.
- Miljøstyrelsen, 1998. *Biologisk bedømmelse af vandløbskvalitet*, København: Miljø- og Energiministeriet Miljøstyrelsen.
- Nielsen, J. & Koed, A., 2017. *Fiskepassage af vådområder*, Silkeborg: DTU Aqua.
- Ojanguren, A., Reyes-Gavilán, F. & Brana, F., 2001. Thermal sensitivity of growth, food intake and activity of juvenile brown trout. *Journal of Thermal Biology*, pp. 165-170.
- Paschke, K. et al., 2018. Comparison of Aerobic Scope for Metabolic Activity in Aquatic Ectotherms With Temperature Related Metabolic Stimulation: A Novel Approach for Aerobic Power Budget. *Frontiers in Physiology*.
- Patel, H. & Vashi, R., 2015. Characterization of Textile Wastewater. I: *Characterization and Treatment of Textile Wastewater*. s.l.:s.n., pp. 21-71.
- Sand Jensen, K., 2014. *Ilt (i vandløb)*. [Online]
Available at: https://naturenidanmark.lex.dk/Ilt_-_i_vandloeb
- Sardina, P. et al., 2016. Consequences of altered temperature regimes for emerging freshwater invertebrates. *Aquatic Sciences*, p. 265–276.
- sgavmst.dk, 2025. *MiljøGIS - data om natur og miljø på webkort*, København: Ministeriet for Grøn Trepert - Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø.
- Sivebæk, F., 2021. *Vandløbsbiologi*. [Online]
Available at: <https://www.fiskepleje.dk/vandloeb/vandloeb/sbiologi>
- Sutton, R. et al., 2007. Salmonid observations at a Klamath River thermal refuge under various hydrological and meteorological conditions. *River Research and Applications*, pp. 775-785.
- White, P., Kalff, J., Rasmussen, J. & Gasol, J., 1991. The effect of temperature and algal biomass on bacterial production and specific growth rate in freshwater and marine habitats. *Microbial Ecology*, p. pages99–118.
- WSP, 2022. *Notat om miljøscreening af varmepumpe og solcelleanlæg*, Høje Taastrup: WSP.