



NOTAT OM SLUSE- OG  
PUMPELØSNING VED VIBORGBROEN,  
SILKEBORG  
MARTS 2021

<b>Projektnavn</b>	<b>Klimasikring af Silkeborg By - Sluse/pumpe løsning ved Silkeborg Langsø Vest.</b>
	<b>Vurdering af effekten af etablering af dæmning med tilhørende pumpe i Silkeborg</b>
<b>Kunde</b>	<b>Langsø</b> Silkeborg Kommune
<b>Projektleder</b>	Rasmus Bang
<b>Projektnummer</b>	132200145
<b>Til</b>	Silkeborg Kommune
<b>Udarbejdet af</b>	Gunnar P. Jensen og Hans Mark Smedegaard
<b>Kvalitetssikret af</b>	Anders L. Jensen
<b>Godkendt af</b>	Rasmus Bang
<b>Version</b>	01
<b>Versionsdato</b>	06-10-2020
<b>Første udgivelsesdato</b>	06-10-2020

# 1 INDLEDNING

Nærværende notat er en screening af konkret tiltag med etablering af en Sluse ved Viborgbroen i Silkeborg med henblik på at minimere eventuelle oversvømmelser opstrøms for slusen.

## 1.1 BAGGRUND

Med baggrund i det seneste års høje vandstande i Silkeborg Langsø og Ørnsø er der foretaget nærværende screening af om det har en effekt for arealerne opstrøms hvis en stuvning fra Gudenåen reduceres ved etablering af en dæmning/sluse og pumpe, hvor Viborgvej krydser Silkeborg Langsø. Ideen er at fastholde en lavere kote i indre Silkeborg Langsø og Ørnsø end i den østlige del af Silkeborg Langsø i tilfælde af hændelser, der nu giver høje vandstandshændelser i Silkeborg Langsø. Det tilstrømmende vand fra til Ørnsø/Silkeborg Langsø, som primært stammer fra Funder Å, skal pumpes til den vestlige del af Silkeborg Langsø.

Denne foreslåede løsning betyder er der samlet er en mindre magasin kapacitet, konsekvenserne af dette er belyst i dette notat lige, de pumpede vandmængder, årlige driftsdage. Derudover er anlægs- og driftsøkonomi estimeret.

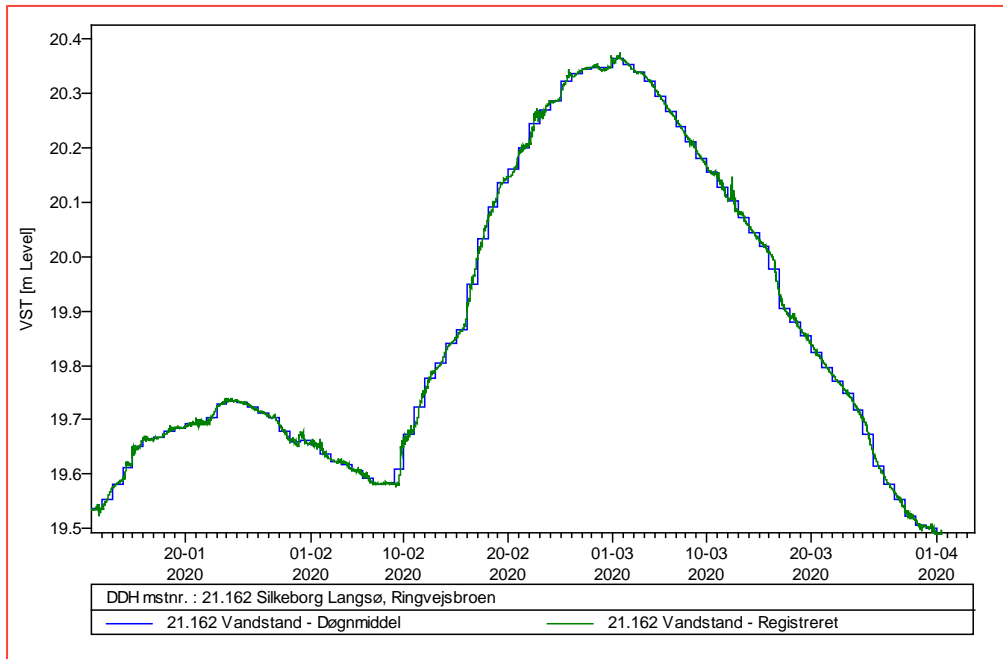


Figur 1 Oversigtskort. Placering af sluse/dæmning/pumpe - rødt strek

## 1.2 PUMPEANLÆGGET STØRRELSE

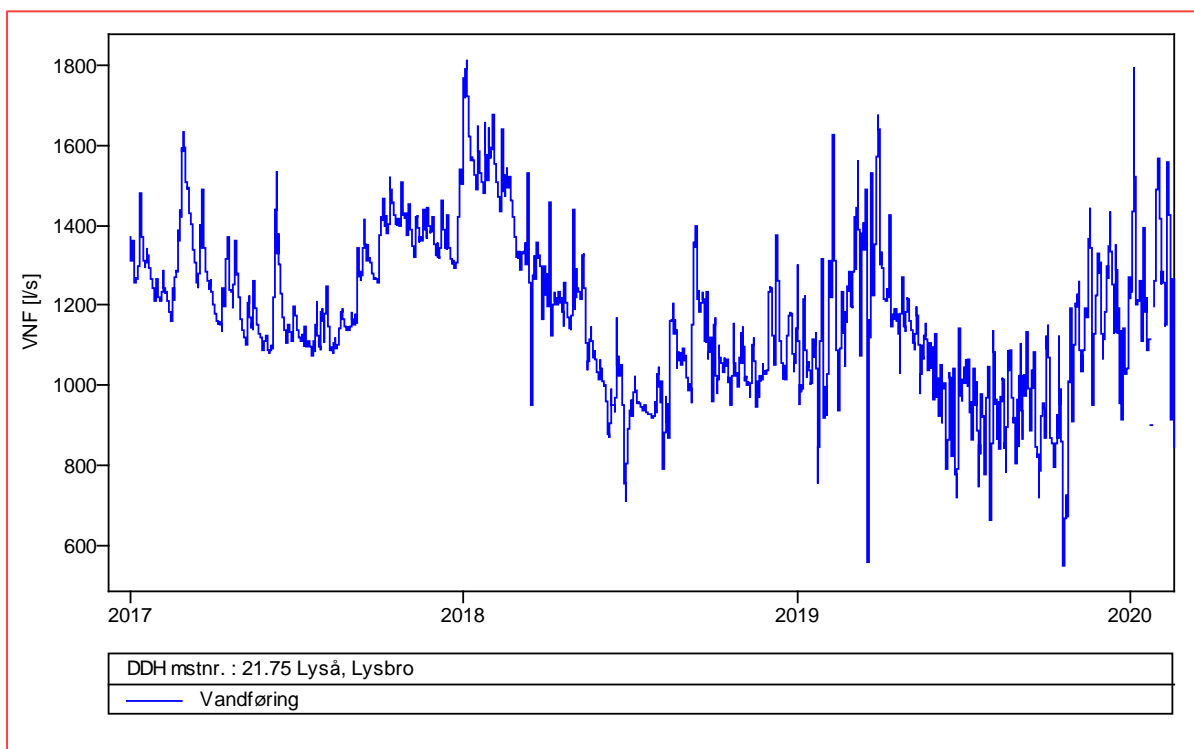
Til bestemmelse af kapaciteten af anlægget, er der taget udgangspunkt i hændelsen i februar-marts 2020, som er den højeste registrerede vandstandshændelse i Silkeborg Langsø.

Vandstandsforløbet under hændelsen er vist i Figur 2. Vandstanden har sit maksimum den 1. marts 2020 med en døgnmiddelvandstand i kote 20,36 m. Der er tale om en meget langvarig hændelse, hvor vandstanden er over kote 20,0 m i 28 dage.



Figur 2 Vandstandsforløbet i Silkeborg Langsø januar-marts 2020.

Valget af pumpe til at fastholde et fast lavt vandspejl afhænger af den vandmængde, der skal bortpumpes og den løftehøjde vandet skal overvinde. Den mængde der skal bortpumpes udgøres af den samlede tilstrømning til opstrøms for Viborgvej. Den vandmængde er estimeret ved at tage udgangspunkt i vandføringen i Lyså, mellem Ørnsø og Silkeborg Langsø. Vandføringen i Lyså er vist i Figur 3.



Figur 3 Vandføringen Mellem Ørnsø og Silkeborg Langsø i perioden 2017-2019.

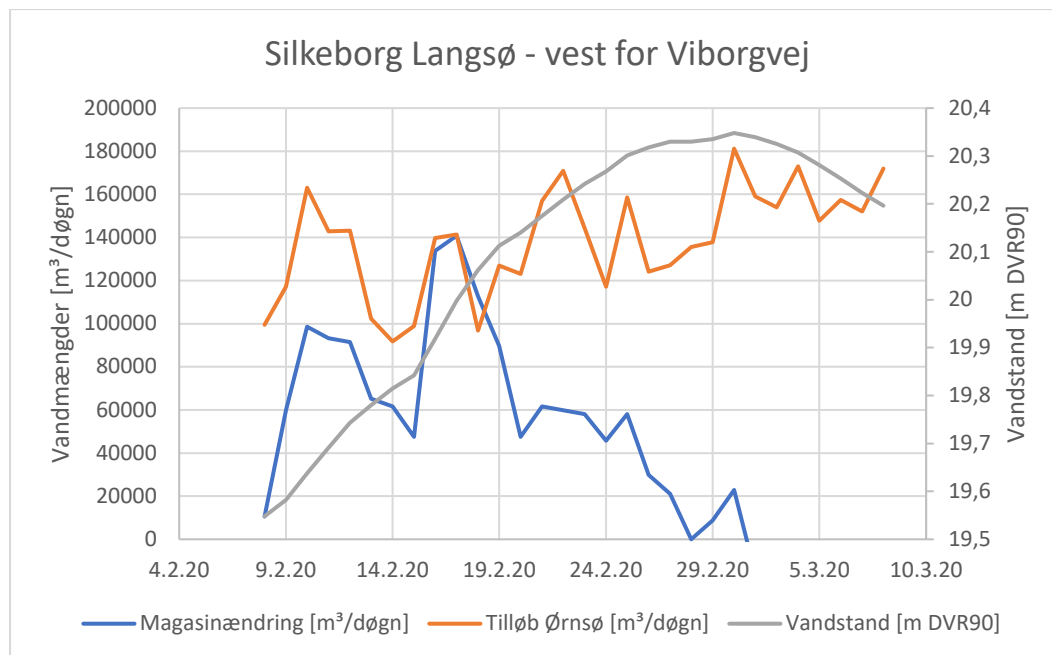
Vandføringen ved målestation 21.75 Lyså, Lysbro er relativt konstant over året og svinger i perioden mellem en døgnmiddel på 800 l/s til 1800 l/s, data for 2020 er ikke endelig kvalitetssikret, men foreløbige data anvendes til beregningen af vandføringen i Lyså under hændelsen. Udover bidraget fra Lyså er der også et vandføringsbidrag fra det umålte opland. Antages det umålte opland afgrænset nedstrøms Ringbroen og opstrøms af Remstrup Å og Lyså, fås et opland på 37 km<sup>2</sup>. Under antagelse af at de umålte opland har samme arealspecifikke afstrømning som Lyså, fås en maksimal pumpeydelse på:

$$\text{Maksimal pumpeydelse [l/s]} = 1800 \text{ [l/s]} (\text{bidrag fra Lyså}) + 37 \text{ km}^2 \cdot 1800 \text{ [l/s]} / 56 \text{ km}^2 \approx 3000 \text{ l/s}$$

### 1.3 KONSEKVENSER NEDSTRØMS

Der er foretaget en vurdering af hvilken konsekvensen det har, at de fjernes et magasineringsvolumen, når der fastholdes et lavere vandspejl i Ørnsø og Indre Silkeborg Langs. Denne vurdering er foretaget for hændelsen i februar-marts 2020.

Til illustration af magasinets funktion er lavet beregninger af magasinændringen under hændelsen i arealet, der afgrænses af Ørnsø og Indre Silkeborg Langs. Magasinændringen er sammenholdt med tilstrømningen til Ørnsø, som er beregnet på baggrund af vandføringen i Lyså, justeret for magasineringen i Ørnsø - Figur 4



Figur 4 Daglige magasinerede over tilstrømmende vandmængder til Silkeborg Langsø - vest for Viborgvej

Som det ses af Figur 4 er de tilstrømmende vandmængder fra oplandet større (rød -) end den mængde der magasineres (blå -), derfor kan det konkluderes, at det ikke er en nettostrømning fra øst mod vest og en eventuel pumpe formål under en højvandshændelse alene er at viderepumpe tilført vand.

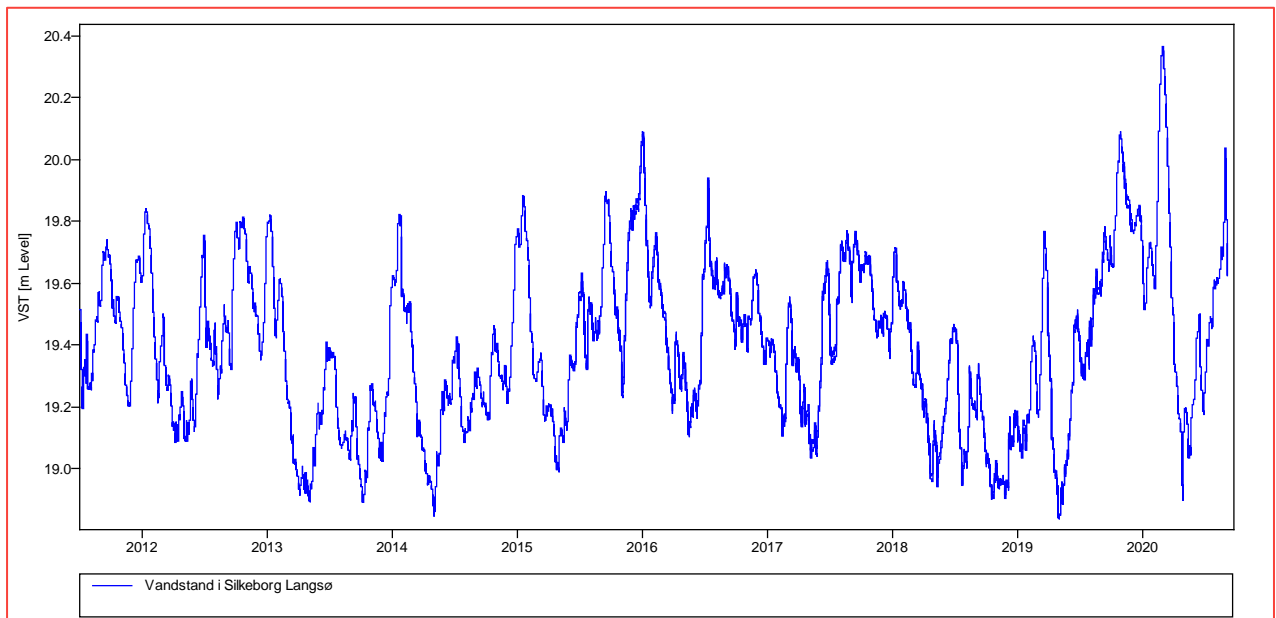
Ved anlæg af sluse og pumpe, vil der under høje afstrømningshændelser ske det, at vandet bortpumpes i takt med, at det løber til Indre Silkeborg Langsø og Ørnsø, for der er således ingen forsinkelse eller dæmpning af de maksimale vandføringer. Beregningerne og data fra hændelsen vist i Figur 4 viser, at magasineringen (blå kurve) blev opbrugt meget tidlig på hændelse (16. -18. februar) og at ved de maksimale vandstande, som indtraf 1. marts, ingen magasinering var. Det er karakteristisk for Gudenåen på dette stræk, at de maksimale hændelser

har et forholdsvis langvarigt og dæmpet forløb og derfor vil magasinerne typisk blive brugt tidligt på den stigende vandstand inden maksimum nås.

I tilfælde af kortvarige lokale hændelser, som kan forårsages af stærkt reduceret vandføringsevne i udløbet fra Silkeborg Langsø (eks. Is), kan det fjernede magasinivolumen have en betydning.

## 1.4 ANTAL DRIFTS-DAGE

Antallet af driftsdage for en fremtidig sluse er bestemt af i hvilket vandspejlsniveau sluse/pumpeløsningen skal opretholde i Silkeborg Indre sø og Ørnsø. For at få en statistisk sikker bestemmelse er analyse på vandstanden i Silkeborg Langsø perioden 1. oktober 2011 til 30. september 2020 præcist 10. Datagrundlaget er vist på Figur 5. Vandstande over kote 20 mDVR90 er relativt sjældne i Silkeborg Langsø, siden 2011 har vandstanden været over kote 20 i 2015, 2016, 2019 og foreløbig 2 gange i 2020.



Figur 5 Vandstand i Silkeborg Langsø i perioden oktober 2011 til september 2020

På baggrund af vandstandsdata vist i Figur 5 er der foretaget en beregning af, hvor mange dage en sluse/pumpe vil være i drift ved forskellige fastholdelses-nivauer af vandstand opstrøms for Viborgbroen. Derudover er der beregnet en middel løftehøjde og anslået en pumpet vandmængde. Det er her antaget, at der skal pumpes 3000 l/s - Tabel 1

Tabel 1 Antal driftsdage, løftehøjde og pumpemængder ved forskellige maksimale vandstande i Indre Silkeborg Langsø/Ørnsø

Niveau [m Kote]	Antal dage 2011-2020	Antal dage 01.10.2019-30.9.2020	Antal dage pr. år 2011-2020	Middel Løftehøjde [m]	Vandmængde [m <sup>3</sup> /år]
20.3	11	11	1.1	0.04	285120
20.2	17	17	1.7	0.11	440640
20.1	23	23	2.3	0.17	596160
20	51	42	5.1	0.14	1321920
19.9	79	62	7.9	0.18	2047680
19.8	87	64	8.7	0.26	2255040

## 1.5 PUMPE- SLUSEFUNKTION

Vandstandshåndteringen påregnes foretaget ved et kombineret pumpe- og sluseanlæg, placeret ved den nuværende vejunderføring Viborg bro, Christian 8.s Vej - **Figur 1**.

Den nuværende underføring er ifølge regulativet et ca. 9,20 m bredt rektangulært betonslug. Bundkoten ca. 17,90 m DVR90 og underkant af brodækket i kote ca. 20,40 m DVR90.

Det fysiske grundlag for anlæggets størrelse og drift baseres på følgende hovedforudsætninger:

- Gennemsnitligt vandspejl kote ca. 19,39 m DVR90 \*
- Styrevandstand i Ørnsø for pumpestart/-stop: 20,0/19,80 m DVR90( fra tabel 1 ovenfor)
- Pumpekapacitet: min. 3000 l/s
- Pumpevarighed, maks: 64 dage \*\* (fra tabel 1 ovenfor)
- Pumpevarighed, gennemsnit: 8,7 dage \*\*\* (fra tabel 1 ovenfor)
- Slusefunktion: åben/lukke -> 0/100%

\*seneste 10 års middelvandstand

\*\* tabel 1, antal pumpedage for perioden 01.10.2019 - 30.9.2020, (antages som højeste estimat)

\*\*\*Tabel 1 antal pumpedage/år for perioden 2011 - 2020, (antages som gennemsnits-estimat)

### 1.5.1 TYPE OG FUNKTION, PUMPE

Der etableres nedgravet pumpestation med min. 2 stk. lavtrykspumper. Vandindtag kan ske under vejgennemføringen og vandafledning til Langsøen på østsiden af vejdæmningen. Forventet løftehøjde op til ca. 0,5 m. Automatisk pumpestyring/drift på vandstand og varsling.

### 1.5.2 TYPE OG FUNKTION, SLUSE

Der etableres automatisk sluse (type som kipluse, alternativt hollændersluse anbefales). Slusen indbygges i tilpasset indfatning i beton eller stål, som fanger betonsluget. Forventet slusehøjde(top) ved luk - i kote ca. 20,50 m DVR90. Automatisk styring af åbne/lukke på vandstand og ved varsling. (kobling med pumpestation)

Pumpestation og sluse indbygges i dæmningssiden. Anlægsarbejdet forventes, foruden pumpestation og sluse at omfatte indfatninger/sikringer i dæmningssiden for pumpestation og sluse. Desuden serviceadgang fra Ansvej.

## 1.6 ANLÆGS- OG DRIFTSOVERSLAG

Der er nedenfor anført et groft anlægsoverslag, baseret på indhentede leverandørpriser samt erfaringspriser fra tilsvarende udførte anlæg. Overslaget skal alene opfattes som retningsgivende, da det er baseret på overordnede forudsætninger.

Driftsoverslag er angivet ud fra årlig estimeret KW forbrug ved maks. og gennemsnit-situationen. Drifts/service, ca. 2% af sum installationer, (afskrivninger ikke medtaget).

Priser er ikke indekserede eller tilbagekrevne til nutidsværdier

<u>Anlægsoverslag</u>	<u>(100 t kr)</u>
Pumpestation inkl. El/SRO, tilslutningsafg.:	2.000
Sluse inkl. El/SRO:	2.700
Indfatninger, serviceadgang mm.	1.400
Øvrige	1.000
Projektering mm.	900
Øvrige undersøgelser, geoteknik mm.	200
Samlet overslag	8.200 – 9.500

<u>Driftsoverslag</u>	<u>(kr./år 2020)</u>
<b>Pumpestation og pumper</b>	
Elforbrug, ved maks. situation	100.000
Elforbrug, gennemsnit.	13.000
Drift (gennemsnit):	25.000
<b>Sluse:</b>	
Drift inkl. elforbrug(gennemsnit):	30.000
Samlet driftsoverslag (gennemsnit):	68.000



---

## 1.7 ØVRIGE FORHOLD

---

### 1.7.1 FAUNAPASSAGE

Ved etableringen af slusen afskæres fuld faunapassage i lukkeperioderne. Der er ikke her taget stilling til, hvorvidt lukningen har væsentlig negativ betydning for faunapassagen. Bortset fra ekstremhændelser, som registreret i februar-marts 2020, vil lukkeperioderne være begrænset til få døgn, og opholds-/levevilkårene for fisk mv. ændres ikke betydeligt i lukkeperioderne indtil de frit kan passere igen. Det vil være muligt at indbygge lukket eller åben faunapassabel forbindelse for en delstrøm udenom slusen. Nødvendigheden heraf vurderes nærmere under en evt. detailplanlægning.

---

### 1.7.2 SILKEBORG LANGSØ

Sammen med denne løsning bør ses på en klimasikring af Langsø Øst med et mindre dige/cykelsti og evt. pumpe til bagvand.

---

### 1.7.3 KANOPASSAGE

Kanopassage er ikke mulig i lukkeperioderne. Ved slusen kan etableres optagnings-/isætningssted på begge sider af slusen, således passagen fortsat kan ske under Ansvej.