



HOFOR
Gyrstinge sø

KONSEKVENSBEREGNING AF VANDSPEJLS- OG AFSTRØMNINGSFOR-

HOLD SOM FØLGE AF OPHØRT REGULERING AF GYRSTINGE SØ

HOFOR Gyrstinge sø

KONSEKVENSVURDERING AF VANDSPEJLS- OG AFSTRØMNINGSFOR-

HOLD SOM FØLGE AF OPHØRT REGULERING AF GYRSTINGE SØ

Rekvirent	HOFOR A/S Jens Rasmussen Ørestads Boulevard 35 2300 København S
Rådgiver	Orbicon A/S Ringstedvej 20 4000 Roskilde
Projektnummer	3621300141
Projektleder	OSMI - Ole Smith
Udarbejdet	JTPE, IKJE, SIDH,KSCH
Kvalitetssikring	OSMI
Revisionsnr.	1.1
Godkendt af	PMJE
Udgivet	20-05-2014

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. Indledning	4
2. Metodebeskrivelse	5
3. Modelopsætning, nuværende forhold	6
3.1. Vandløb og Søer - fysiske forhold	6
3.2. Vandføringer og oplande	7
3.3. Manningtal	8
3.4. Simulering	9
4. Validering af model	10
5. Fremtidigt afløb fra Gyrstinge sø	13
6. Modelopsætning, fremtidige forhold	19
6.1. Vandløb og Søer - fysiske forhold	19
6.2. Vandføringer og oplande	22
6.3. Manningtal	22
6.4. Simulering	22
7. Resultater	23
7.1. Vandstande i Gyrstinge Sø	23
7.2. Modelleret vandstanden i Gyrstinge sø set i forhold til langtidsvariationer	25
7.3. Vandstande i Ringsted Å	28
7.4. Vandhastigheder og vanddybder ved det nye styg	31
8. Konklusion af første udkast til nyt bygværk	33
9. Referencer	34

BILAGSFORTEGNELSE

1. Bilag – Notat vedr. Løsningsmodel for beregning af ændret vandafledning fra Gyrstinge Sø

1. INDLEDNING

HOFOR ønsker at nedlægge Gyrstinge sø som indvindingsressource til drikkevandsforsyningen. I den forbindelse har HOFOR sat en række arbejder i gang for at belyse konsekvenserne af ophørt drift og regulering af søen som drikkevandsreservoir, herunder biologiske, såvel som hydrologiske undersøgelser. Denne opgave omhandler opstilling og kørsel af en dynamisk vandløbsmodel for belysning af fremtidige vandspejlsforhold i søen, samt for nedstrøms strækning.

Siden man i 70'erne opstemmede Gyrstinge sø med op til 2.7 meter over tidligere normal vandstand, har søen været reguleret løbende over året, bl.a. for at tilsikre at der kunne opretholdes et tilstrækkeligt magasin. HOFOR har i forbindelse med reguleringen forsøgt opretholdt et minimum udløbsflow på 70 l/s, samt reguleret vandspejlet efter fastsat praksis. Et nødoverløb i kote 24.5 meter DNN har tillige fungeret som sikkerhed for ekstremt høje vandstande i Gyrstinge sø. I forbindelse med driften har HOFOR herudover tilstræbt, at styre Gyrstinge sø sammen med Haraldsted sø således, at nedstrøms oversvømmelse af de vandløbsnære engarealer har kunnet minimeres. Endelig har HOFOR for de lavt liggende engarealer grænsende til Gyrstinge sø, Flædemosen og Kyringe, drevet pumpestationer som har tilsikret af vandstanden her er holdt under kote 22.0 meter DNN.

Ovennævnte drift har stillet krav til løbende overvågning og bemanning af stemmewærket så man i oversvømmelsestruende situationer har kunnet styre både vandstand og udløbsflow.

Hvis reguleringen af Gyrstinge sø ophører, er det for HOFOR vigtigt, at det fremtidige design af udløbet tilgodeser både en optimal vandstandsvariation i søen såvel som et optimalt flow i nedstrøms vandløb. Med sidstnævnte gælder at der skal sikres det bedst mulige flowmønster for interessenterne omkring vandløbet. Det være sig en økologisk acceptabel mindstevandføring, samt i videst muligt omfang reducerede maksimum vandføringer, så eventuelle oversvømmelser minimeres og bedst helt undgås.

For at kunne belyse ovennævnte har HOFOR i samråd med Orbicon besluttet at det er nødvendigt at etablere en hydrologisk model der kan beskrive vandføringsvariation og vandstandsvariation i både Gyrstinge sø og nedstrøms vandløbsstrækning til Gørlev sø. Beslutningen er taget med støtte i det forstudie som er gennemført af Orbicon i 2013, og rapporteret i "Notat vedr. løsningsforslag til vurdering af effekten af ophørt regulering af Gyrstinge sø" bilag 1.

Denne opgave har således til formål, at give et første bud på et ikke reguleret udløb, der sikrer optimale vandspejls- og flowforhold, herunder at sammenligne de nuværende forhold med de fremtidige forhold som modellen beskriver i de kørte scenarier.

2. METODEBESKRIVELSE

Den metode som er valgt anvendt, er delvist beskrevet i bilag 1, men også uddybet nærmere i kapitlerne 3 og 4. Kort fortalt er opgaven tilrettelagt som følger:

1. Indhentning af datagrundlag for beregningerne er foretaget som første punkt. Der har været behov for tidsserier af vandstand og vandføring i det omfang det har været muligt at fremskaffe. Disse data har været brugt til modellering af referencesituationerne og til verificering af modelberegning. Data har også indgået til vurdering af eksisterende forhold, set i forhold til fremtidige scenarier. Yderligere er indsamlet datagrundlag som omfatter vandløbsskikkelser, søbathymetri, udløbsprofiler, oplande, grødeskæring mv.
2. I samråd med HOFOR er første bud på et udløbsbygværk skitseret, med en udformning der tilgodeser opretholdelse af tilstrækkelig høj minimum vandføring, samtidig med at vandstanden i søen ikke overskrider ønskede niveauer.
3. Første udkast til bygværket er sammen med tidsserier af vandføring, søvolumen og vandløbsskikkelser anvendt som input i Orbicons vandspejlsprogram VASP. Programmet er ikke så tungt og tidskrævende at køre, hvorfor der relativt hurtigt kan justeres og findes en bygværksudformning til videre beregninger.
4. Med det justerede forslag til en bygværksudformning er MIKE11, som er en dynamisk vandløbsmodel, sat op og kørt for referencesituationen og det fremtidige scenarie med valgte bygværk.
For løsning af opgaven er opsat to dynamiske MIKE11 modeller: en der beskriver de nuværende forhold og en der beskriver de fremtidige forhold. Modellerne er baseret på opmålte tværsnit af vandløb og af Gyrstinge Sø, samt bearbejdede vandførings- og vandstandsdata fra en række målestationer i området. Disse forhold er uddybet i Kapitel 0 og i Kapitel 0 for hhv. de nuværende og fremtidige forhold.
5. Resultaterne fra MIKE11 kørslen er slutteligt præsenteret og kommenteret i forhold til nuværende og fremtidige forhold.

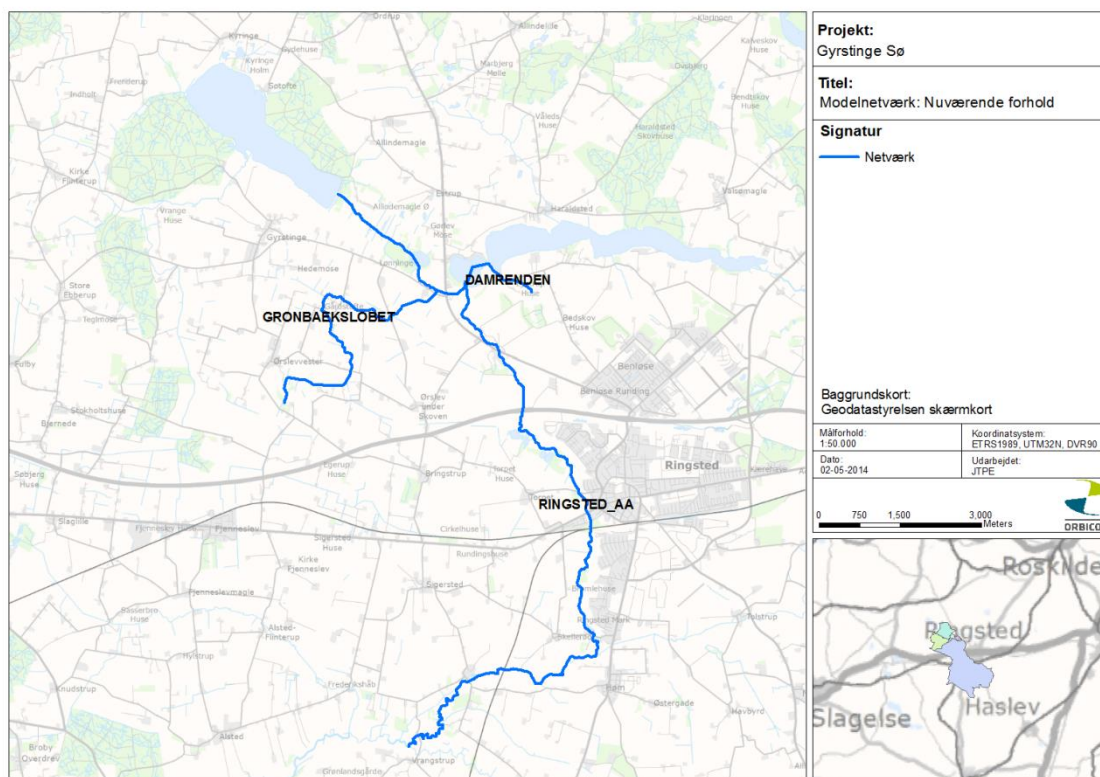
3. MODELOPSÆTNING, NUVÆRENDE FORHOLD

I det følgende beskrives modelopsætningen for de nuværende forhold, dels med hensyn til de fysiske forhold (vandløb og søer), vandføring, oplande samt manningtalsmodel.

3.1. Vandløb og Søer - fysiske forhold

Der er opstillet en MIKE11 model for systemet Gyrstinge Sø-Ringsted Å. Modellen er baseret på opmålinger af Ringsted Å, Damrenden og Grønbæksløbet fra 1993. Ringsted Kommune har fremsendt en opmåling fra 2008 af Ringsted Å, som dog kun i begrænset omfang beskriver opmålte broer. Da længde- og tværprofiler af denne opmåling og opmålingen fra 1993 ikke afviger væsentligt fra hinanden er det besluttet at regne på opmålingen fra 1993 der indeholder en bedre beskrivelse af broerne. Endvidere er der skønnet profiler i Lille Sø (også kaldet Tivolisøen) og i Gørlev Sø.

I modellen der beskriver de nuværende forhold indgår Gyrstinge Sø ikke, idet Orbicon ikke er i besiddelse af en log for styringen af afløbsbygværket fra Gyrstinge Sø. Her starter modellen i Ringsted Å st. 0. Denne simulering beskriver de nuværende forhold og kaldes reference situationen. Vandløbsnetværket, inkl. søer, der beskriver de nuværende forhold er vist i Figur 1.



Figur 1. Mike11 Modelnetværk for de nuværende forhold.

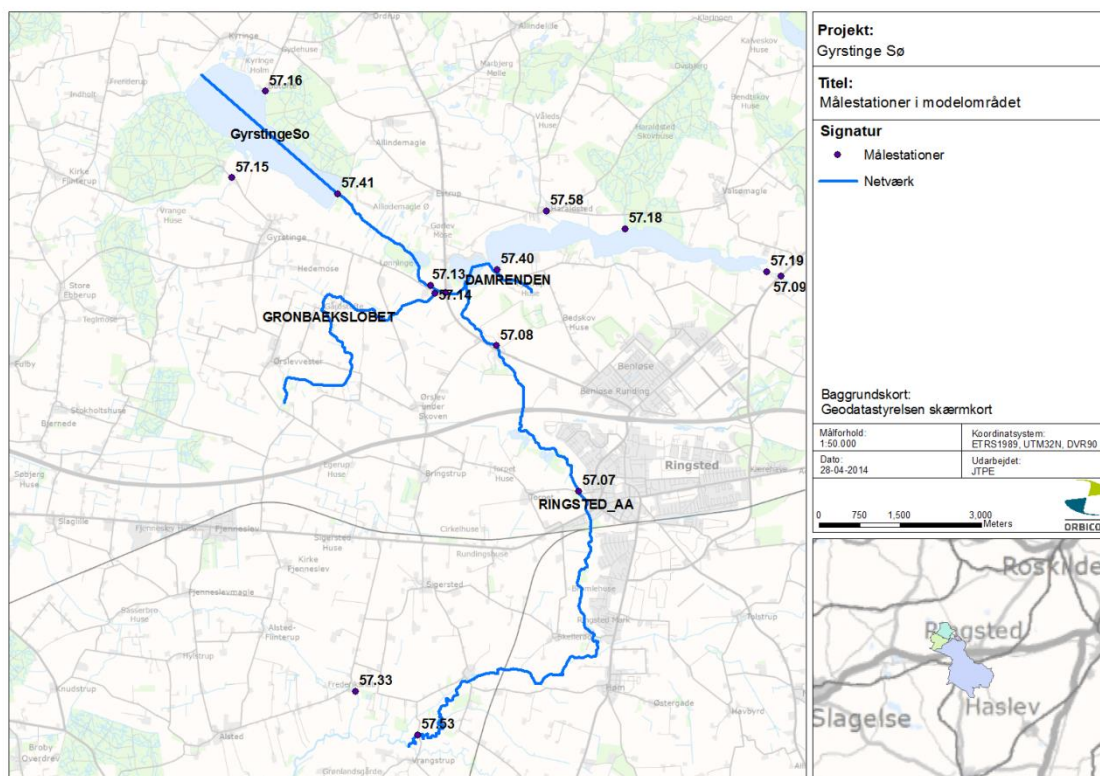
For at kunne beskrive eventuelle oversvømmelser langs Ringsted Å bedst muligt er de opmålte tværprofil forlænget med data fra Danmarks Digitale Højdemodel i 1,6 m grid. Således kan vand brede sig ud over engarealer i modellen. Figur 2 viser et eksempel på dannelsen af et sådant bredt tværprofil.



Figur 2. Eksempel på sammensmeltning mellem opmålt tværprofil (rød) og profil udtrykt fra Danmarks Digitale Højdemodel i 1,6 m grad (sort). Det resulterende sammensmeltede profil er markeret med gult. Det opmålte tværprofil er forlænget op efter med anlæg 1:1, for at være sikker på at det skærer højdemodellen.

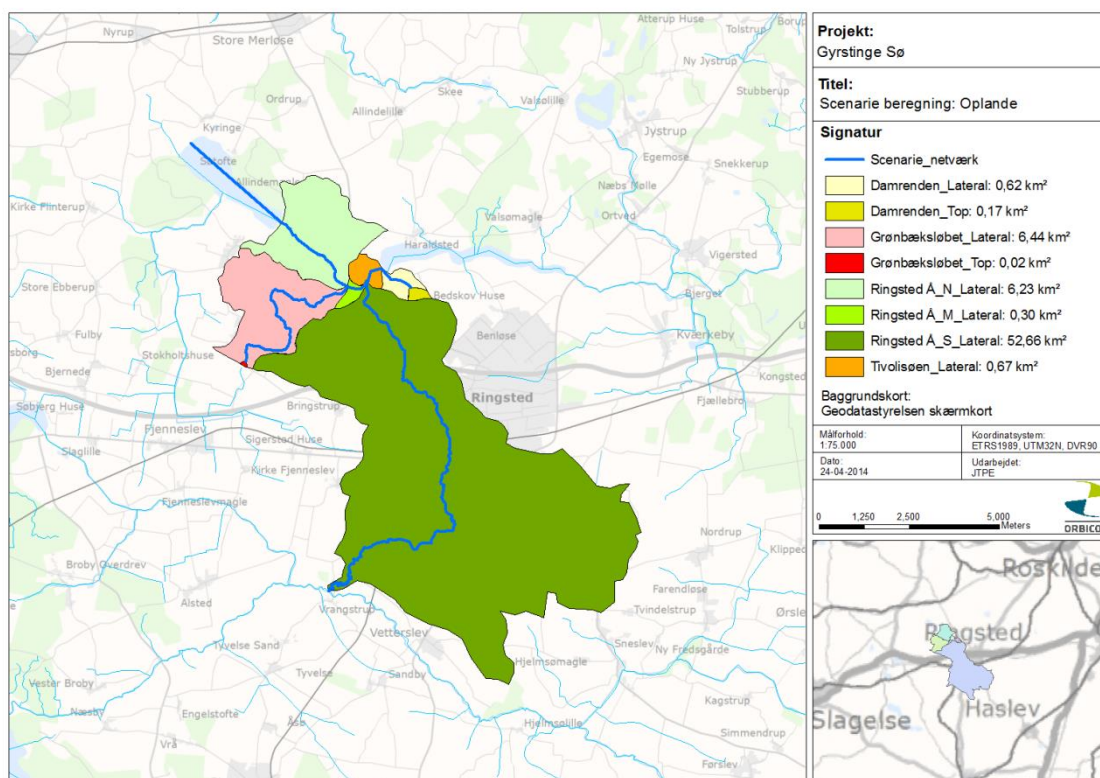
3.2. Vandføringer og oplande

Området indeholder en lang række målestationer (Figur 3).



Figur 3. Målestationer i modelområdet.

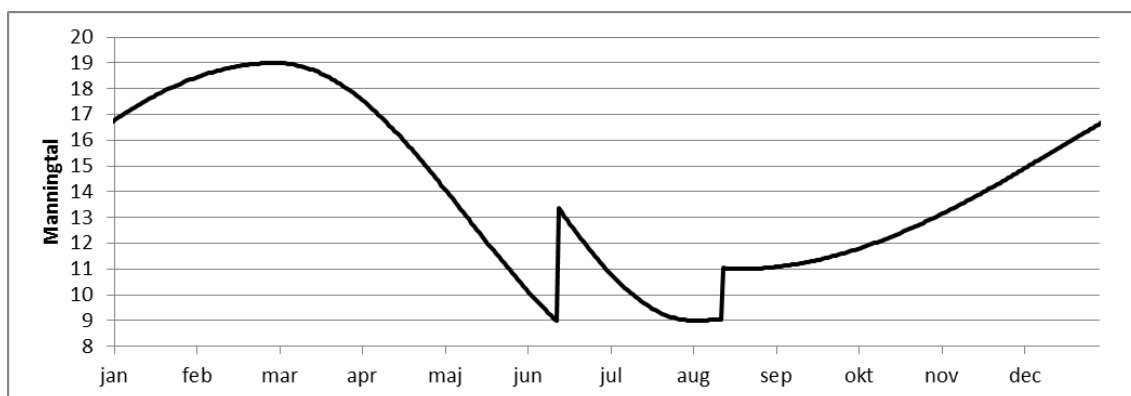
Randbetingelse i modellen består af opstrøms vandføring i alle frie ender (Grønbæksløbet, Damrenden og Ringsted Å) en lateral diffus tilstrømning langs vandløbene (Ringsted Å, Grønbæksløbet og Damrenden), en vandføring fra Haraldsted Sø som punktkilde samt en nedstrøms konstant vandstand i Ringsted Å. Randbetingelserne er udregnet som beskrevet i Bilag 1. Vandføringen i den opstrøms ende af Ringsted Å er i forhold til beskrivelsen i Bilag 1 korrigeret til at være minimum 70 l/sek, da HOFOR søger for altid at opretholde denne minimumvandføring fra Gyrstinge Sø. Oplandsarealer til de enkelte delstrækninger er beregnet ved DMUs oplandsgrænser og oplandsgrænser i Orbicons HYMER database med støtte fra Danmarks Digitale Højdemodel. Deloplande og deres størrelse fremgår af Figur 4.



Figur 4. Deloplande.

3.3. Manningtal

Ifølge regulativet for Ringsted Å foretages grødeskæring 2 gange årligt på strækningen station 0-6600, fordelt med 1 gang i hver af følgende perioder: 1/5-15/7 og 1/8-1/11. Der er derfor konstrueret en manning kurve til beskrivelse af vandløbenes ruhed med to årlige grødeskæringer. Manningkurven er vist i Figur 5.



Figur 5. Årlig variation i manningtal.

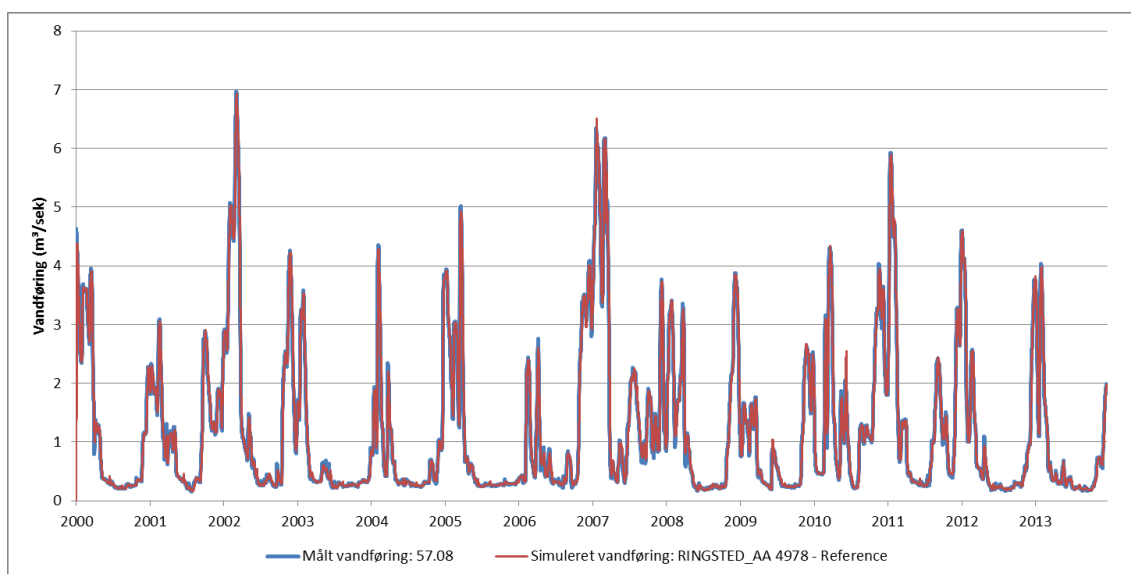
3.4. Simulering

Modelkørslen er foretaget for perioden 2000-2013. Simuleringerne er foretaget med et tidsskridt på 30 sek, og vandstande og vandføringer er gemt i alle 277 tværsnit en gang i timen.

4. VALIDERING AF MODEL

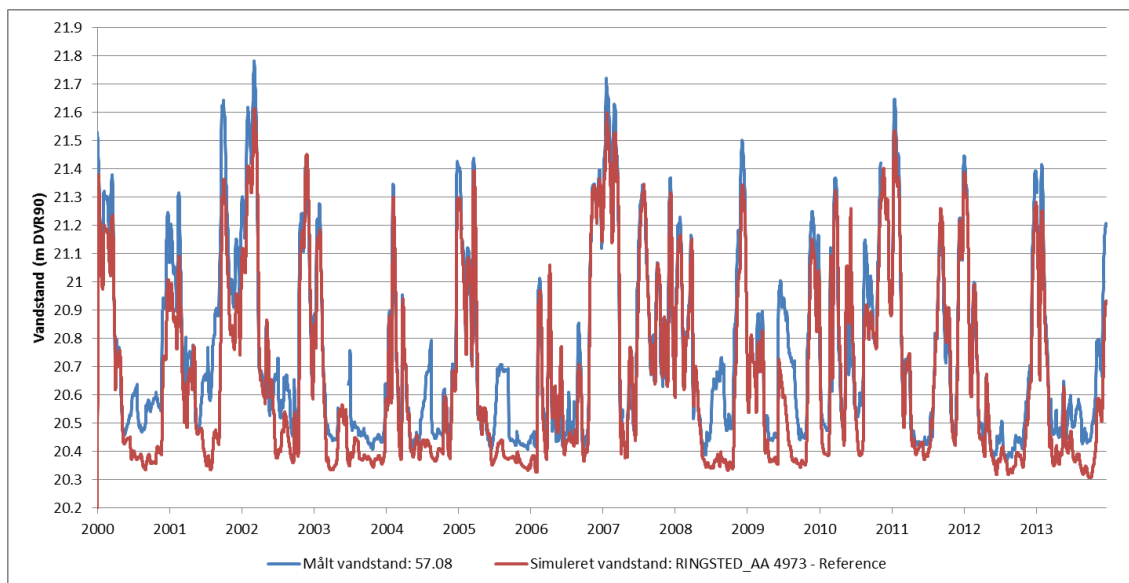
Modellen er valideret ved sammenligning af målte og modellerede data for reference-simuleringen (nuværende forhold). Sammenligningerne er foretaget på vandføring og vandstand ved station 57.08 Ringsted Å, Lille-Skensved, samt på vandstand ved Afløbet fra Haraldsted Sø til Damrenden-Lille Sø.

Figur 6 viser målt og simuleret vandføring ved st. 57.08. Der er en særdeles god overensstemmelse mellem de to serier ($r^2=0,99$, signifikansniveau (p) $<0,0005$).



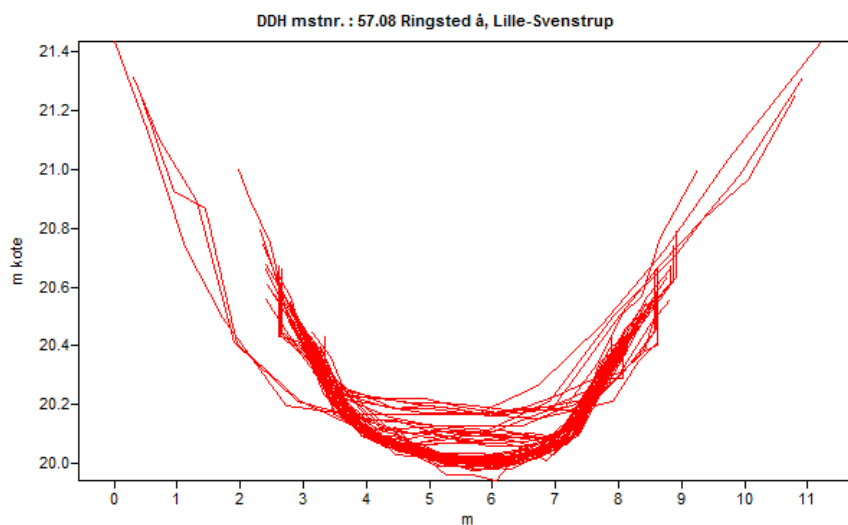
Figur 6. Målt (blå) og simuleret (rød) vandføring ved st. 57.08.

Figur 7 viser den målte og den simulerede vandstand samme sted. Der er en tendens til at de målte vandstande er lidt højere end de simulerede. I og med at vandføringen på dette sted er simuleret så godt, kan forskelle i vandstand kun skyldes to forhold – enten at manningkurven ikke afspejler virkeligheden fuldstændigt, og/eller at tværsnittet ændrer sig over tid.



Figur 7. Målt (blå) og simuleret (rød) vandstand ved st. 57.08.

En analyse af opmålte tværsnit i Orbicons HYMER-database tyder på sidstnævnte (Figur 8). Her ses det, at der er op til mere end 20 cm forskel i bundkoten på de opmålte tværsnit. Da modellen ikke indeholder denne variation i profilkonfiguration over tid, kan det ikke forventes, at vandstanden beskrives perfekt.

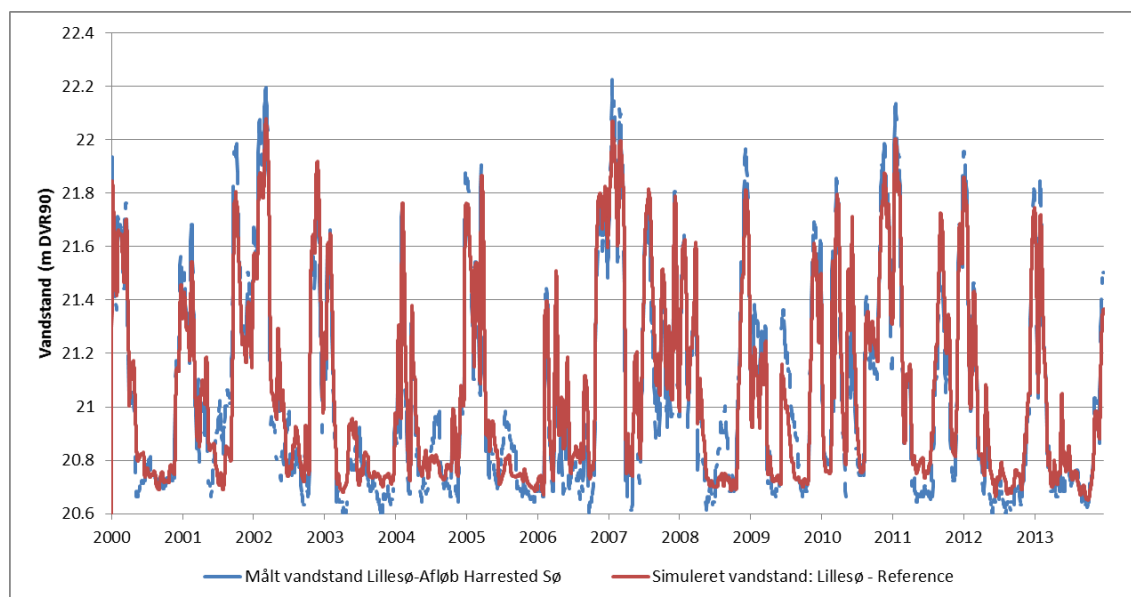


Figur 8. Opmålte tværsnit ved st. 57.08 i perioden 1995 til 2010. Opmålingen er foretaget i forbindelse med vingemålinger af vandføring

Af Figur 7 fremgår det, at den målte vandstand ofte er væsentligt højere end den simulerede i sensommeren. Dette kunne tyde på, at manningkurven i hvert fald i nogle år ikke beskriver vandløbets vandføringsevne særlig godt. Dette kan skyldes at grødeskæringerne er foretaget på et andet tidspunkt end det der er vist i Figur 5, eller at der nogle år slet ikke er foretaget en 2. grødeskæring. Ikke desto mindre korrelerer den målte og simulerede vandstand med $r^2=0,9$ ($p>0,0005$).

Formålet med disse modelopsætninger er at beskrive hvilken forskel etablering af et nyt afløb fra Gyrstinge Sø vil have på afvandingsforholdene. Her er det vigtigt at holde sig for øje, at det er den samme manningkurve der benyttes til at beskrive de nuværende og de fremtidige forhold. Det vil sige, at modelkørslerne godt kan afspejle forskelle præcist (betragtet som forskellen mellem den nuværende simulerede vandstand og den fremtidige simulerede vandstand), selv om det absolutte niveau for vandstanden ikke beskrives 100% korrekt. Sagt på en anden måde, vil de unøjagtigheder på f.eks. manningstal der findes i simuleringen i reference situationen også findes i simuleringen af det nye afløb for Gyrstinge Sø, og således vil en eventuel forskel mellem de to simuleringer reflektere en reel vandspejlsændring, også selv om den i reference situationen ikke rammer de målte fuldstændig.

Figur 9 viser den målte vandstand ved Lillesø sammenholdt med den simulerede vandstand samme sted. Modellen afspejler de målte forhold fint ($r^2=0,94$), om end der også her ses en tendens til en underestimering af de højeste vandstande.



Figur 9. Målt (blå) og simuleret (rød) vandstand ved Lillesø.

5. FREMTIDIGT AFLØB FRA GYRSTINGE SØ

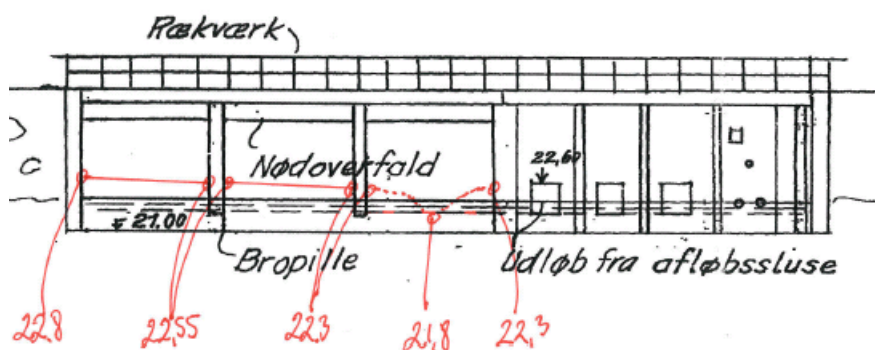
HOFOR har fremsendt et ideudkast til hvordan et fremtidigt afløb fra Gyrstinge Sø kunne udformes. Ideen er at betonen i det nuværende nødoverløb skæres ned for at danne et nyt udløb fra søen, mens den resterende del af bygværket blændes af (højre side af bygværket)

Det er ikke i forbindelse med dette notat undersøgt om det er praktisk muligt at nedbryde betonsiderne i nødoverløbet, men HOFOR har oplyst, at deres indledende undersøgelser viser, at det vil være muligt.

Det nuværende bygværk fremgår af foto i Figur 10 og ideudkastet til det fremtidige udløb er skitseret i Figur 11



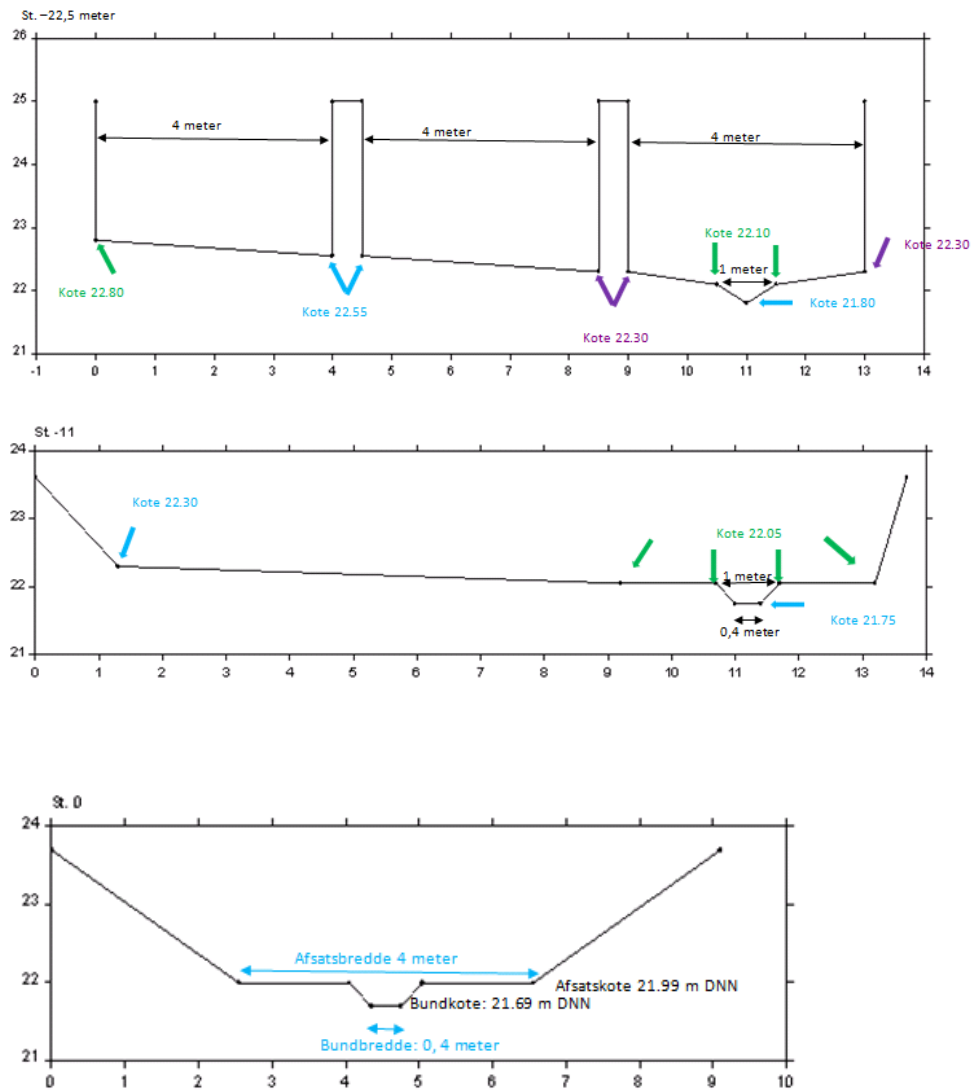
Figur 10. Afløbsbygværk fra Gyrstinge Sø.



Figur 11 Skitse af afløbsbygværk fra Gyrstinge Sø med ideudkast til fremtidigt afløb.

Den regulativmæssige skikkelse af Ringsted Å starter 22,5 meter nedstrøms fra udløbsbygværket. Det er nødvendigt at tilpasse det nye meget brede udløbsprofil gradvist til de nuværende profiler.

Nedenfor er koter og bredder i de fremtidige profiler i det første ideudkast skitseret.



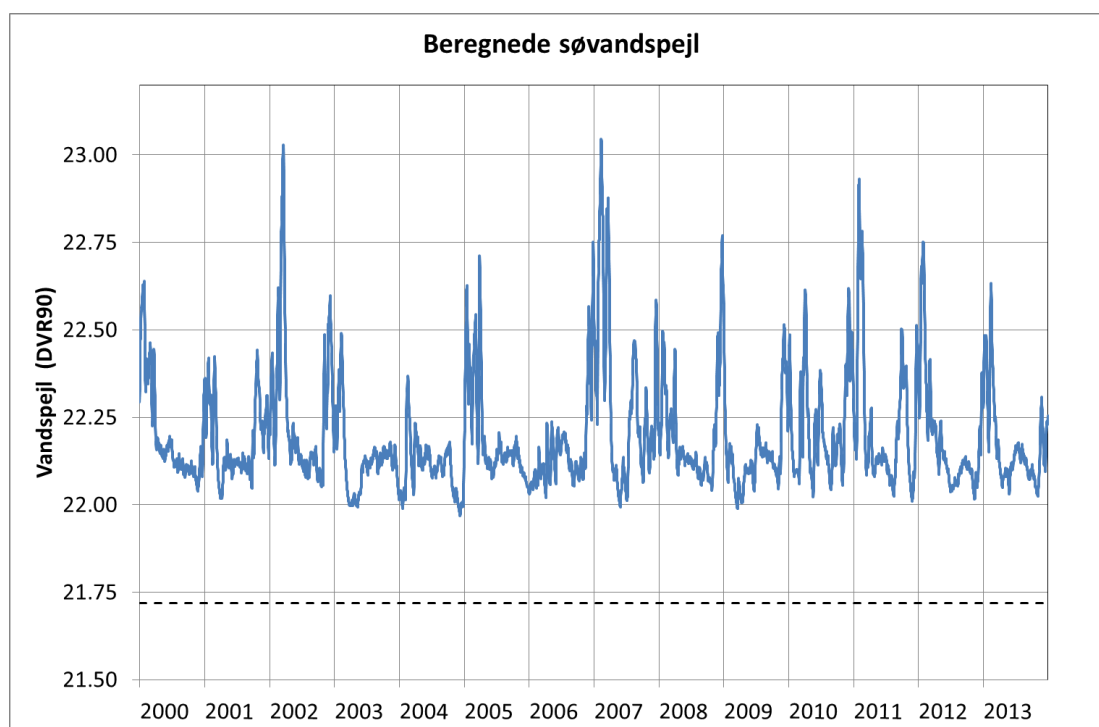
Figur 12 Principskitser til dimensioner, første ideudkast (obs koter i DNN)

Tabel 1 Udkast til dimensioner for nyt afløb i DNN. Det nye udløb strækker sig frem til Ringsted Å st. 190.

Station meter	Bundkote/ afsatskote (m DNN)	Bundbredde meter	Afsats-bredde Meter	Anlæg (nedre/øvre)	Fald Strømrrende
-22,5	21.80/22.10	0	Se Figur 12	Se Figur 12	4,3 ‰
-11	21.75/22.02	0,4	Se Figur 12	Se Figur 12	5,5 ‰
0	21.69/21.99	0,4	4	1/1,5	4,2 ‰
117,5	21.20/21.50	0,4	4	1/1,5	
190	21.50	3,8	enkeltprofil	1,5	

På baggrund af disse dimensioner har Orbicon udført indledende beregninger i vandspejlsprogrammet VASP. Ved hjælp af VASP er der lavet Qh-kurver for forslaget til nyt udløb. Formlerne fra Qh kurverne er overført til et regneark hvor beregning af søvandspejlet er gennemført med de samme tidsserier af vandføringen som senere også er anvendt ved MIKE11-beregningerne. Herudover er Gyrstinge Sø's volumenkurve beregnet og inddraget i beregningerne. På baggrund af disse beregninger er det muligt at give et godt bud på den fremtidige vandstand i Gyrstinge Sø.

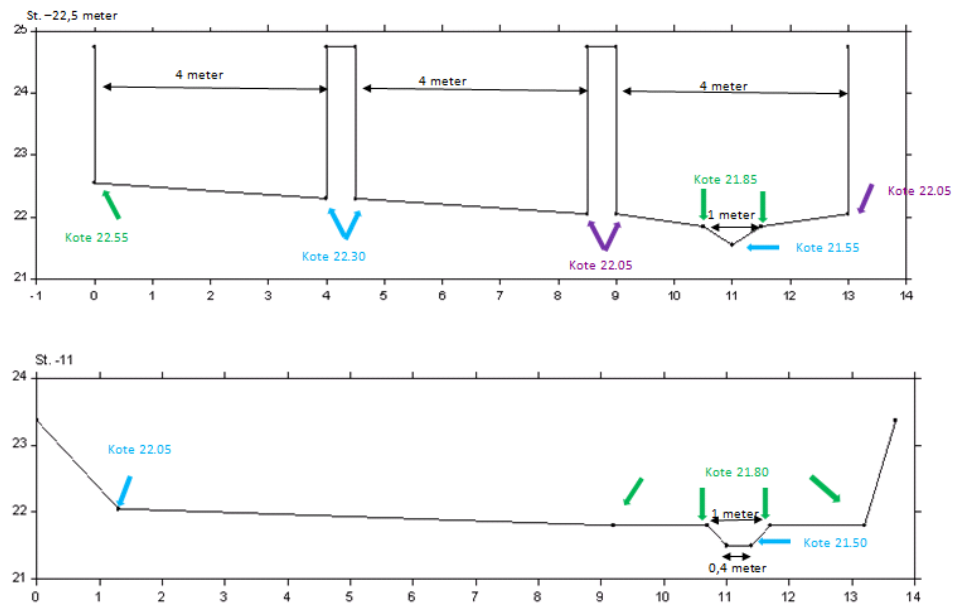
Resultatet af disse indledende beregninger fremgår af Figur 13.

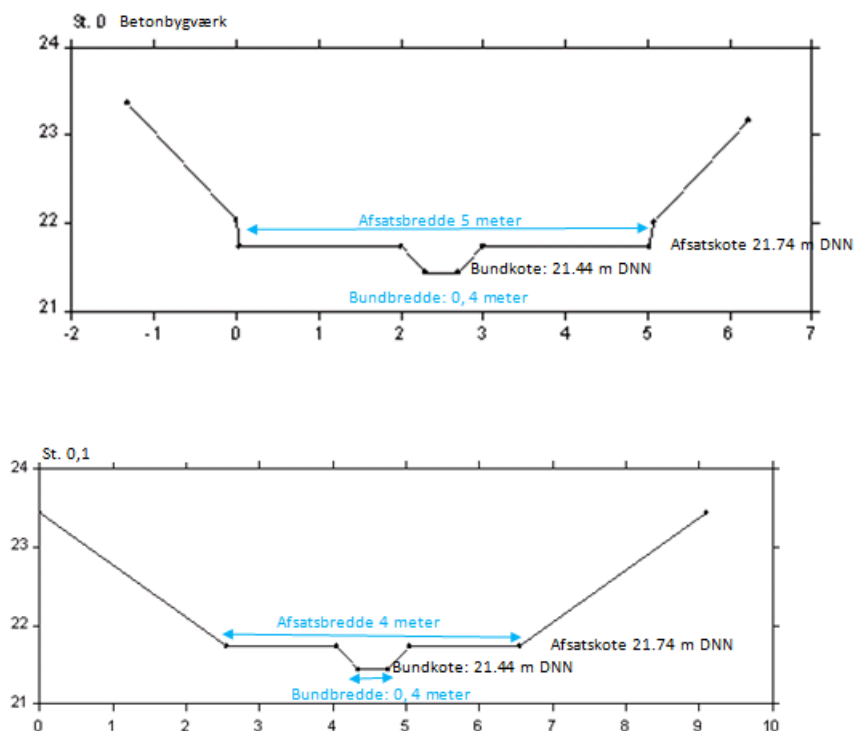


Figur 13 Indledende beregninger: Vandspejl i Gyrstinge Sø ved 1. ideudkast til fremtidigt udløb.

Som det kan ses af figuren er de beregnede vandspejl ved det første ideudkast til det nye afløb fra Gyrstinge Sø noget højere end kote 21.80m (DNN) 21.72 m (DVR90) som var den oprindelige minimumsvandstand i søen inden opstemningen.

På baggrund af disse beregninger har Orbicon tilrettet det oprindelige ideudkast til følgende dimensioner som fremgår af Figur 14 og Tabel 2.



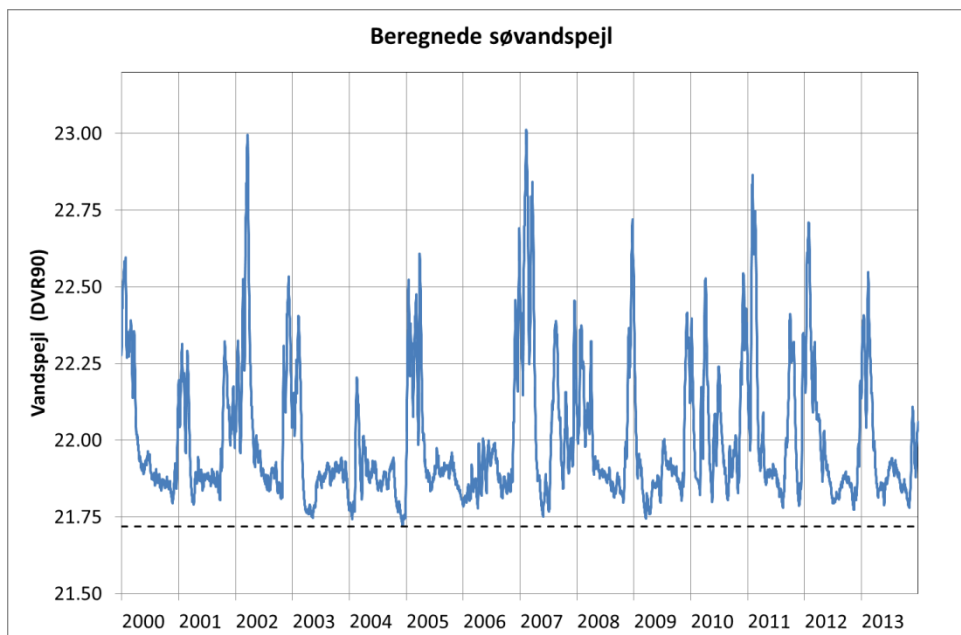


Figur 14. Principskitser til nye dimensioner for udløbet af Gyrestinge Sø.

Tabel 2 Udkast til dimensioner for nyt afløb i DNN. Det nye udløb strækker sig frem til Ringsted Å st. 60

Station meter	Bundkote/ afsatskote (m DNN)	Bundbredde meter	Afsatsbredde Meter	Anlæg (nedre/øvre)	Fald Strømrønde
-22,5	21.55/21.85	0	Se Figur 14	Se Figur 14	4,3 ‰
-11	21.50/21.80	0,4	Se Figur 14	Se Figur 14	5,5 ‰
0	21.44/21.74	0,4	5	Se Figur 14	
0,1	21.44/21.74	0,4	4	1/1,5	
60	21.51	3,8	enkeltprofil	1,5	

Der er regnet på det nye forslag til fremtidigt afløb i VASP / Excel og resultatet af disse beregninger fremgår af Figur 15 der viser forventede fremtidige vandstande i Gyrestinge Sø.



Figur 15: Indledende beregninger: Vandspejl i Gyrstinge Sø ved udkast til fremtidigt udløb.

Ved dette forslag ligger de forventende vandstande tættere på det oprindelige vandstande inden opstemningen. Et overslag over en forventet medianminimum vil ved dette forslag være ca. 97 l/sek der vil give en forventet vanddybde på ca. 30 cm i stryget.

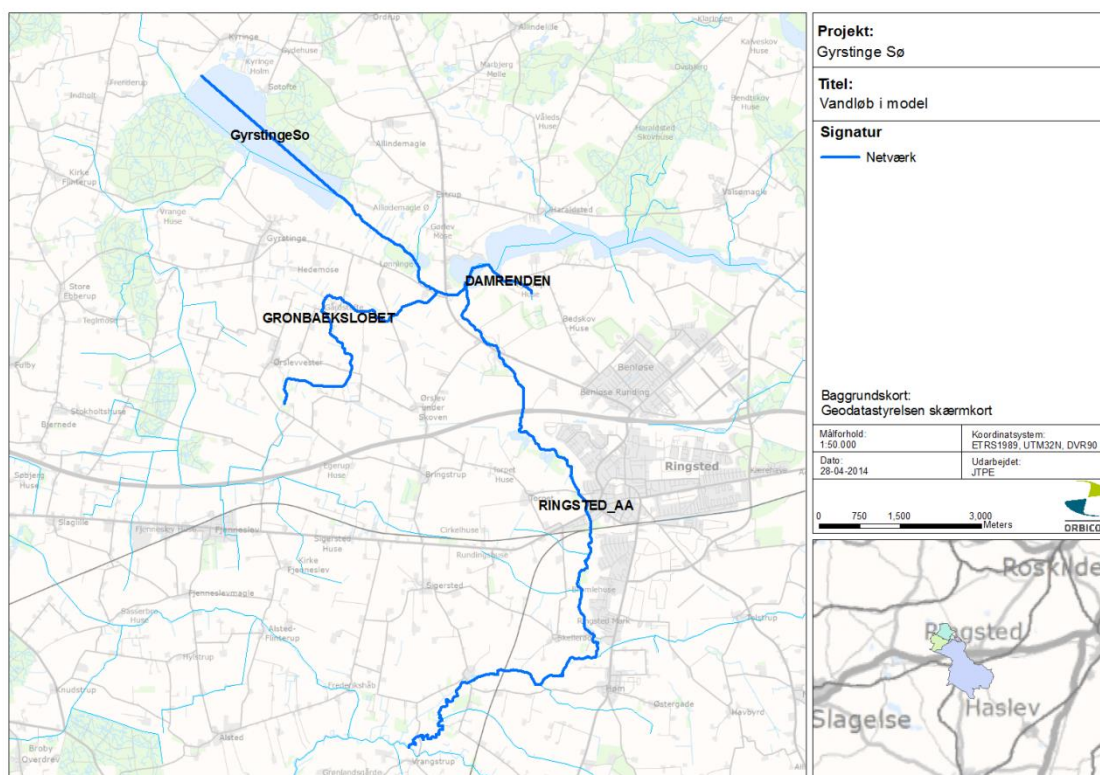
På denne baggrund er dette forslag valgt til den videre analyse med dynamiske beregninger.

6. MODELOPSÆTNING, FREMTIDIGE FORHOLD

I det følgende beskrives modelopsætningen for de fremtidige forhold, dels med hensyn til de fysiske forhold (vandløb og søer), vandføring, oplande samt manningtalmodel. For de fleste parametres vedkommende er modelopsætningen for de fremtidige forhold magen til modelopsætningen for de nuværende forhold. Der er i dette kapitel derfor lagt vægt på de forhold der er ændret.

6.1. Vandløb og Søer - fysiske forhold

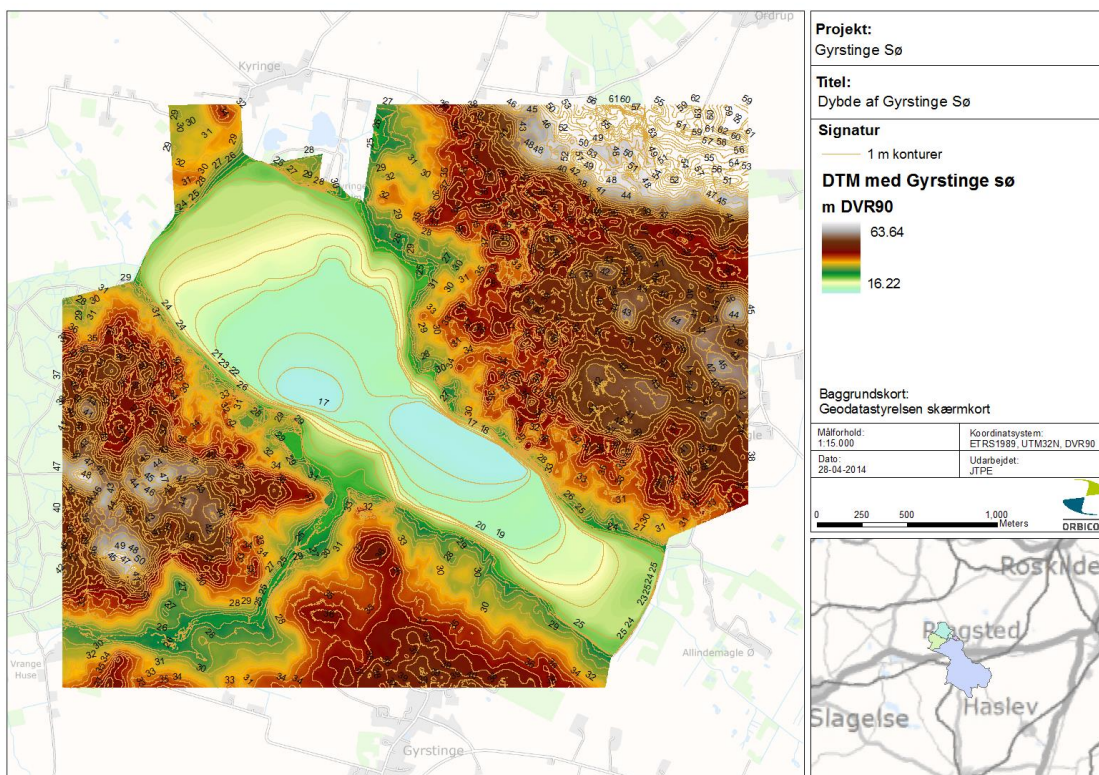
MIKE11 modelopsætningen for de fremtidige forhold adskiller sig fra modelopsætningen for de nuværende forhold ved at indeholde det nye afløbsbygværk fra Gyrstinge Sø i den opstrøms del af Ringsted Å, og ved at indeholde selve Gyrstinge Sø. Modelnetværket for de fremtidige forhold er vist i Figur 16.



Figur 16. Vandløb og søer i MIKE11 model for de fremtidige forhold.

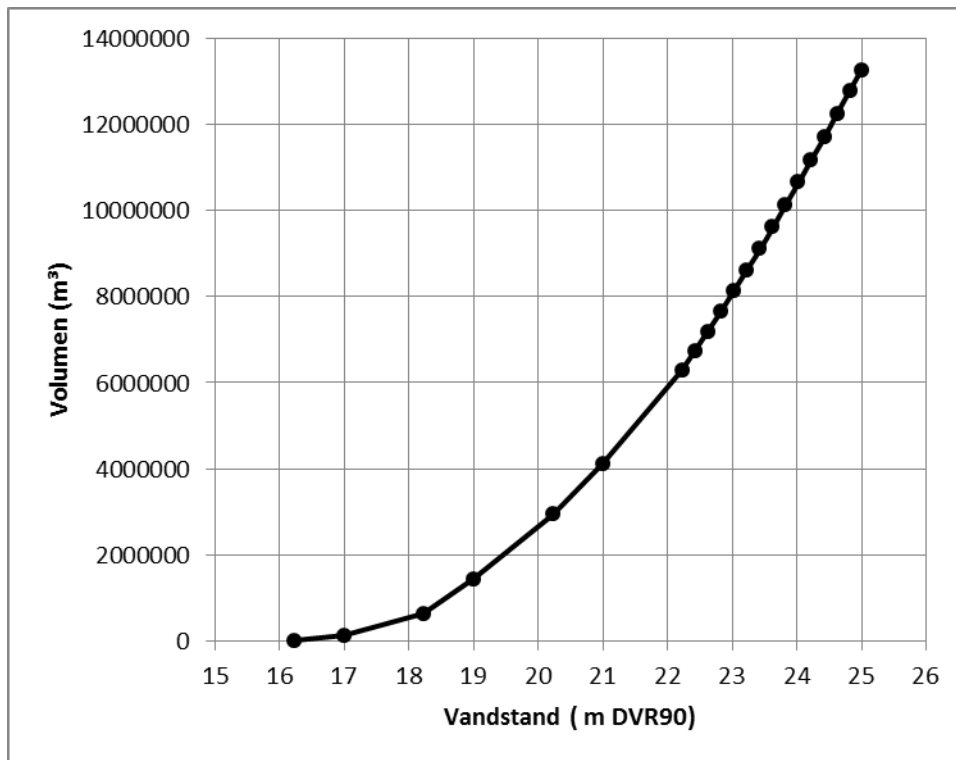
Gyrstinge Sø er beskrevet ud fra et bathymetrisk kort fra /1/. Langs selve Gyrstinge Sø er der udarbejdet profiler, der respekterer sammenhængen mellem vandstanden i søen og volumenet af vand i søen. Denne sammenhæng er fundet ved at interpolere en nye højdemodel ud fra Danmarks Digitale Højdemodel (over vandspejlet) og lod-

ningen af søen beskrevet i /1/ under vandspejlet. Figur 17 viser denne nye højde- og dybdemodel.

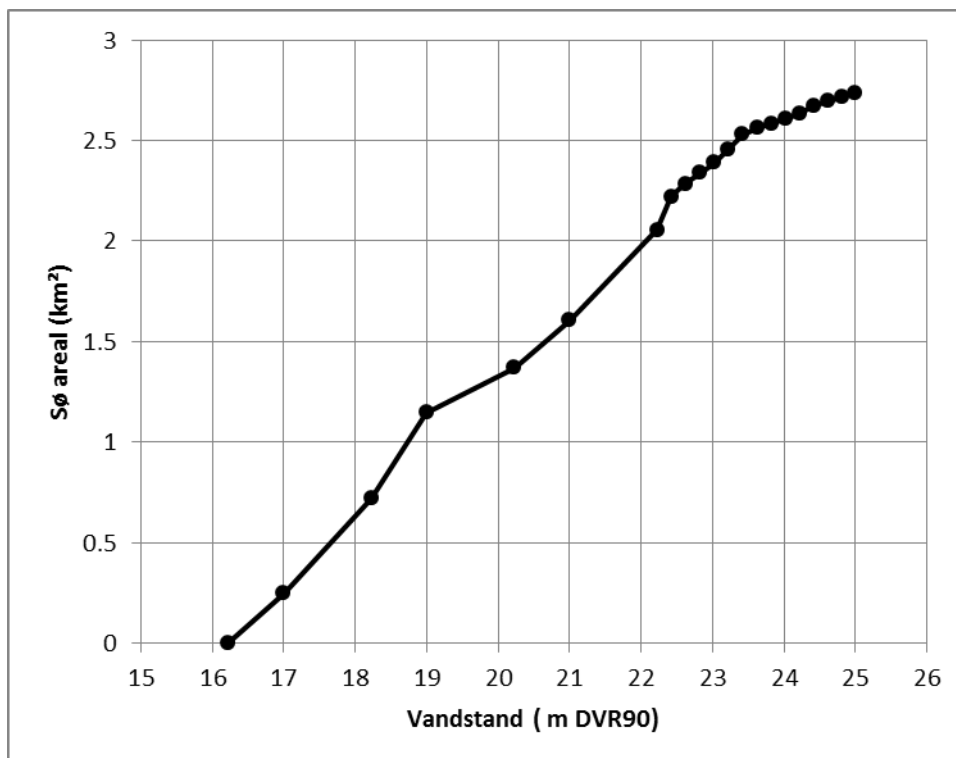


Figur 17. Højde- og dybdemodel for Gyrstinge sø og omkringliggende arealer.

Figur 18 og Figur 19 viser relationerne mellem vandstanden i Gyrstinge Sø og hhv. volumen af vand i søen og arealet af vandspejlet.



Figur 18. Sammenhæng mellem vandstanden i Gyrstinge Sø og volumen af vand i søen.



Figur 19. Sammenhæng mellem vandstanden i Gyrstinge Sø og arealudbredelsen af vandspejlet.

6.2. Vandføringer og oplande

Vandføringen til Gyrstinge Sø er beregnet som beskrevet i Bilag 1. Alle øvrige input parametre er som for de nuværende forhold.

6.3. Manningtal

Manningtallet langs det nye afløbsbygværk er sat til konstant $M=15$. I det øvrige netværk er manningtallet som beskrevet under de nuværende forhold.

6.4. Simulering

Modelkørslen er foretaget for perioden 2000-2013. Simuleringerne er foretaget med et tidsskridt på 30 sek, og vandstande og vandføringer er gemt i alle tværsnit en gang i timen.

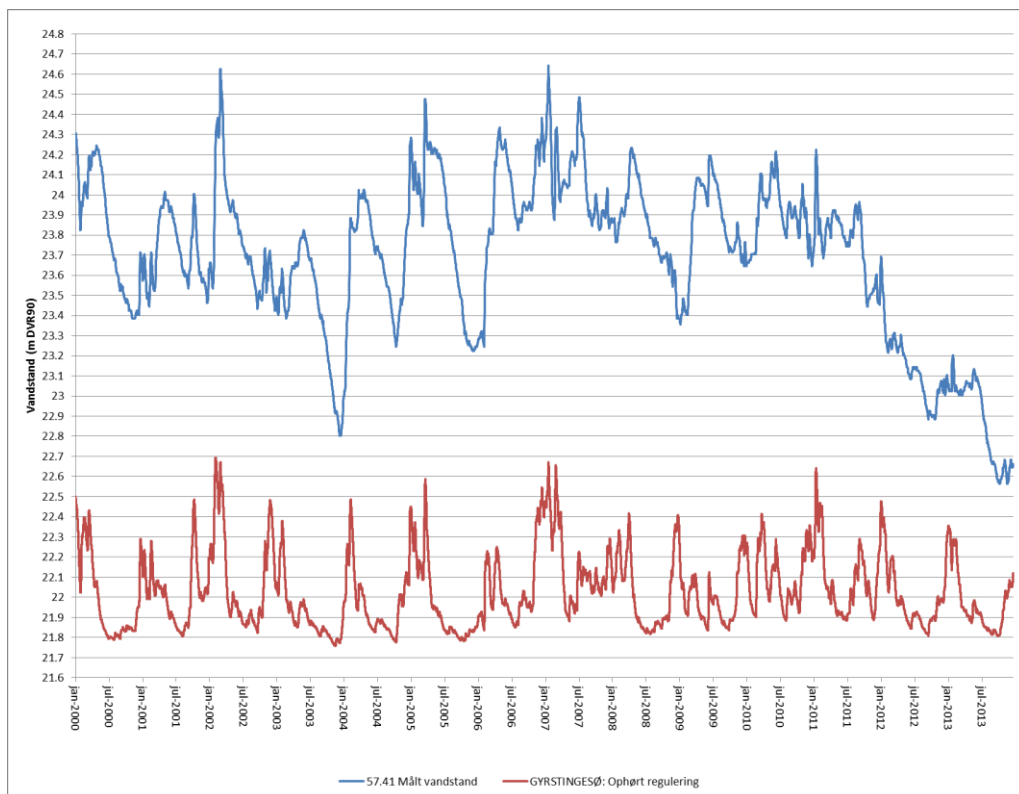
Forskellen mellem de to simuleringer afspejler således forskellen på at have en styring af afløbet fra Gyrstinge Sø og at have et ikke-styret nyt afløb.

7. RESULTATER

I det følgende er beskrevet de beregnede konsekvenser af forslaget til det nye afløb fra Gyrstinge Sø.

7.1. Vandstande i Gyrstinge Sø

Som det ses af Figur 20 har den målte vandstand i Gyrstinge Sø i perioden 2000-2013 varieret mellem 22,64 og 24,64 m DVR90 (middel=23,69 m DVR90). Modellen viser, at vandstanden i Gyrstinge Sø ville have varieret mellem 21,75 og 22,69 m DVR90 (middel=22,02 m DVR90), hvis der havde været det foreslåede afløb fra Gyrstinge Sø. Et ureguleret afløb fra Gyrstinge Sø vil således resultere i væsentligt mindre udsving i vandstanden, og i et generelt lavere vandspejl.



Figur 20. Målt vandstand i Gyrstinge Sø i perioden 2000 til 2013 (blå), samt den vandstand der ville have været i søen hvis der havde været det foreslåede uregulerede afløb fra Gyrstinge Sø.

Den fremtidige vandstand i søen vil få betydning for de arealer, der i dag afvandes ved hjælp af pumper. Såfremt pumpedriften ophører, vil de opstrøms arealer kunne blive påvirket i de perioder hvor vandstanden i søen overstiger 21,92 m DVR90 (=22,0 m

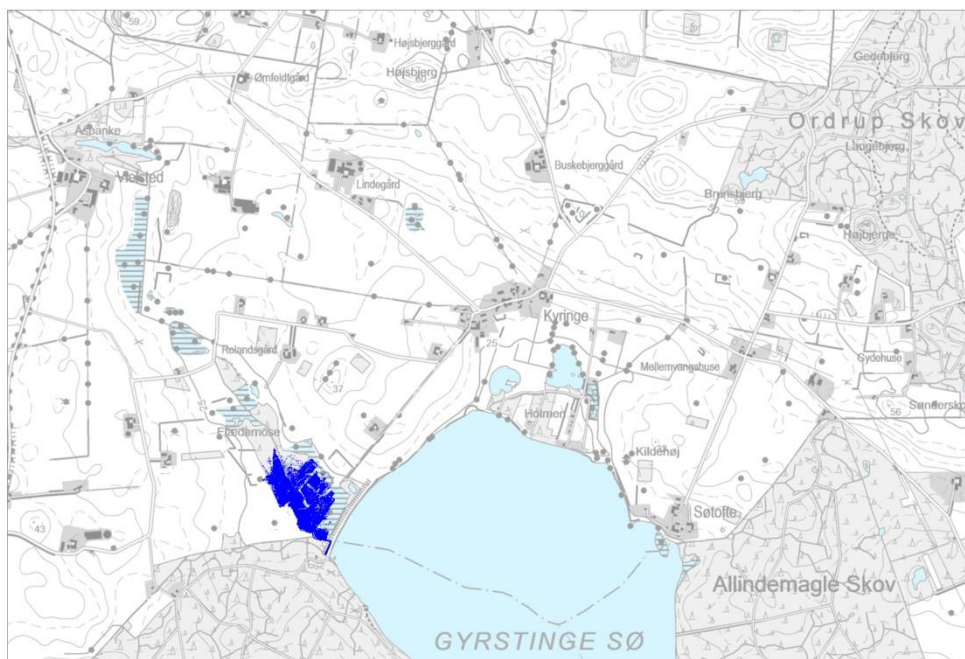
DNN). Hvis pumpningen ophører vil der være arealer der bliver vådere end de er i dag.

For at kvantificere omfanget af påvirkede arealer er der udtrukket hyppighed i dage pr. år af forskellige vandstande i søen. Til hver vandstand er beregnet det areal der vil være oversvømmet. Koter med tilhørende hyppigheder og oversvømmet areal fremgår af Tabel 3. Hyppighed i dage per år, hvor vandstand overstiger forskellige koter med tilhørende arealer der bliver oversvømmet ved de respektive koter. Det er valgt at vise de oversvømmede arealer ved den fremtidige beregnede maksimale vandstand i søen (kote 22.69 m DVR90) samt de vandstande der overskrides 2, 5, 16 og 35 dage. Endelig er der suppleret med de vandstande og arealer der fremgår af Tabel 1 og 2 i Bilag 1.

Tabel 3. Hyppighed i dage per år, hvor vandstand overstiger forskellige koter med tilhørende arealer der bliver oversvømmet ved de respektive koter.

Vandstand meter DVR90	Hyppighed Dage/år hvor koten overskrides	Overflade areal m ²
21.92	231	0
22.02	152	0
22.22	64	812
22.32	35	5.541
22.42	16	12.223
22.52	5	23.035
22.62	2	43.755
22.69	0	55.250
22.92	0	90.550

De arealer der ligger lavere end den beregnede maksimale vandspejlskote på 22.69 m DVR90 i Gyrstinge Sø fremgår endvidere af Figur 21.



Figur 21. Arealer der ligger lavere en kote 22.69 m DVR90

Som det fremgår af bilag 1, er nærmeste lavtliggende bebyggelse, Hjejlevej 17, hvor sokkelkoten er indmålt til 24.10 meter DVR90, mens laveste punkter på gårdspladsen er målt til kote 23.57 DVR90. Med en simulerede maks. vandstand på 22.70 meter DVR90 er der 0.8 meters højdeforskel til gårdspladsen.

7.2. Modelleret vandstanden i Gyrstinge sø set i forhold til langtidsvariationer.

Sammenlignes de modellerede data med de registreringer som blev foretaget i perioden 1961 til 1969 hvor Gyrstinge sø var ureguleret, kan iagttages følgende:

Tabel 4 viser maksimum vandstanden og minimum vandstanden de pågældende år

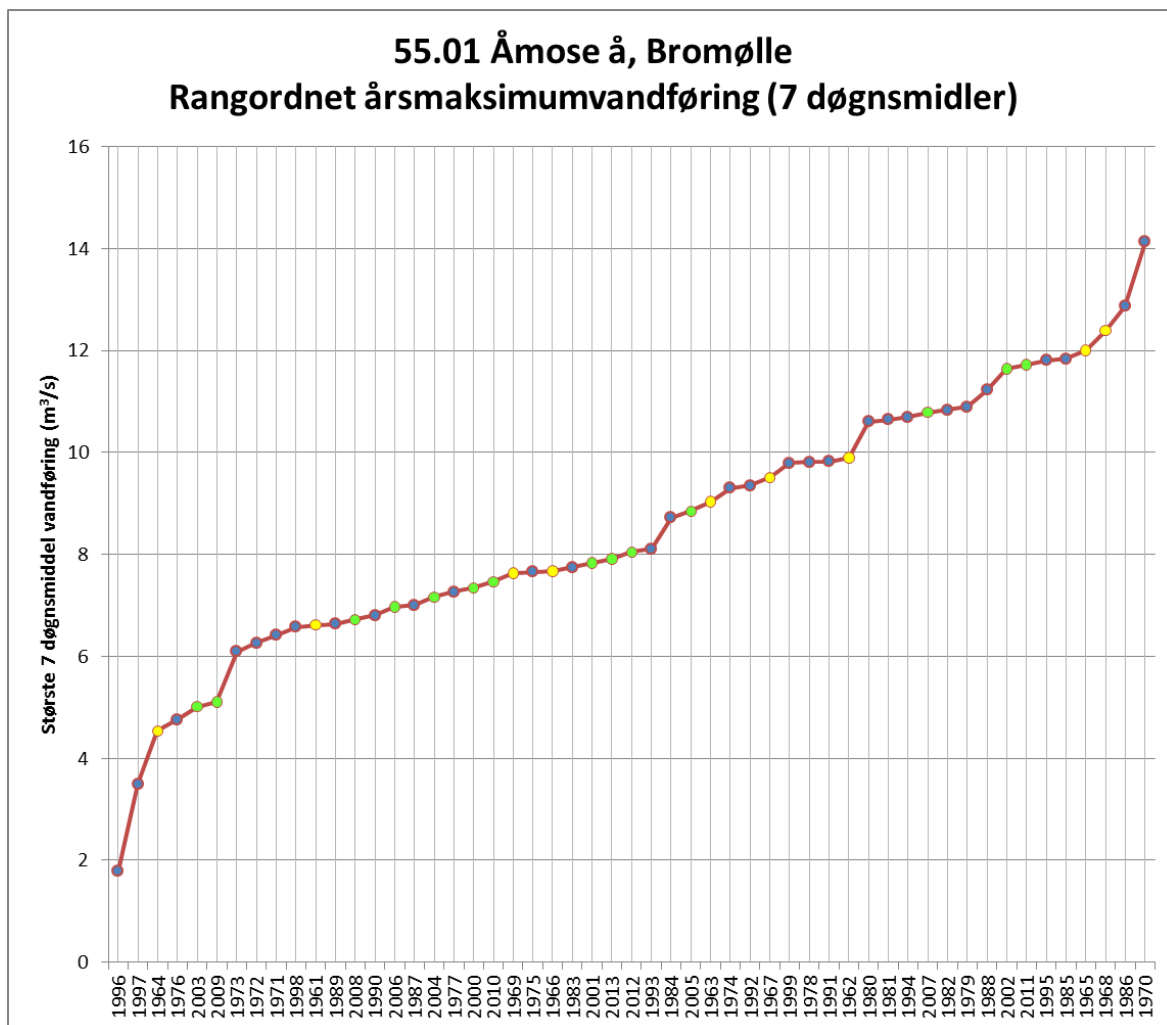
Tabel 4 - Karakteristiske vandstande i Gyrstinge sø 1961-1969

Gyrstinge sø		
Vandstand meter DVR90 (DNN-0.08)		
år	Maks.	Min
1961	22.71	21.68
1962	22.64	21.87
1963	22.68	21.8
1964	22.39	21.75
1965	22.62	21.85
1966	22.62	21.81
1967	22.65	21.87
1968	22.64	21.77
1969	22.38	21.60

Det fremgår at vandstanden i perioden 1961 til 1969 har varieret mellem 21.6 meter og 22.7 meter DVR90. Specielt maksimum er tæt på hvad der blev målt i 60'erne. Minimum er 15 cm højere i modelperioden hvilket kan skyldes at der er tilstræbt at holde en minimumvandføring via magasinering, mens der i 60'erne var et naturligt udløb som måske løb tørt i kritiske år.

For at sikre at den modellerede periode 2000 til 2013 er repræsentativ for både våde og tørre år, er der foretaget en undersøgelse af afstrømningsforløbet på nærmeste målestation DDH nummer 55.01 Åmose å, Bromølle. Stationen i Åmose å har et meget stort opland og har været i drift siden 1920 og er stadig i drift i dag. På grund af det store opland til station 55.01 er der stor forsinkelse i afstrømningen og derfor er den yderst velegnet til sammenligning med det naturlige vandstandsforløb i Gyrstinge sø som også er dæmpet. Afstrømningstoppe på Åmose å stemmer i perioden 1961 til 1969 rigtigt godt overens med vandstandstoppene på Gyrstinge sø.

For at eliminere eventuelle daglige ekstremer/fejllregistreringer er der foretaget en analyse af 7 døgn's glidende middelværdier for perioden 1961 til 2013. Herefter er udtrukket de enkelte årsmaksimum. Resultatet heraf fremgår af nedenstående Figur 22.



Figur 22 - Rangordnede årsmaksima, baseret på 7 døgns glidende gennemsnit fra station 55.01 Åmose å, Bromølle. Værdierne er i m³/s. Gule markeringer er år i perioden 1961-1969, grønne markeringer er år i den modellerede perioden 2000-2013. De blå markeringer er de resterende år i 53 års perioden.

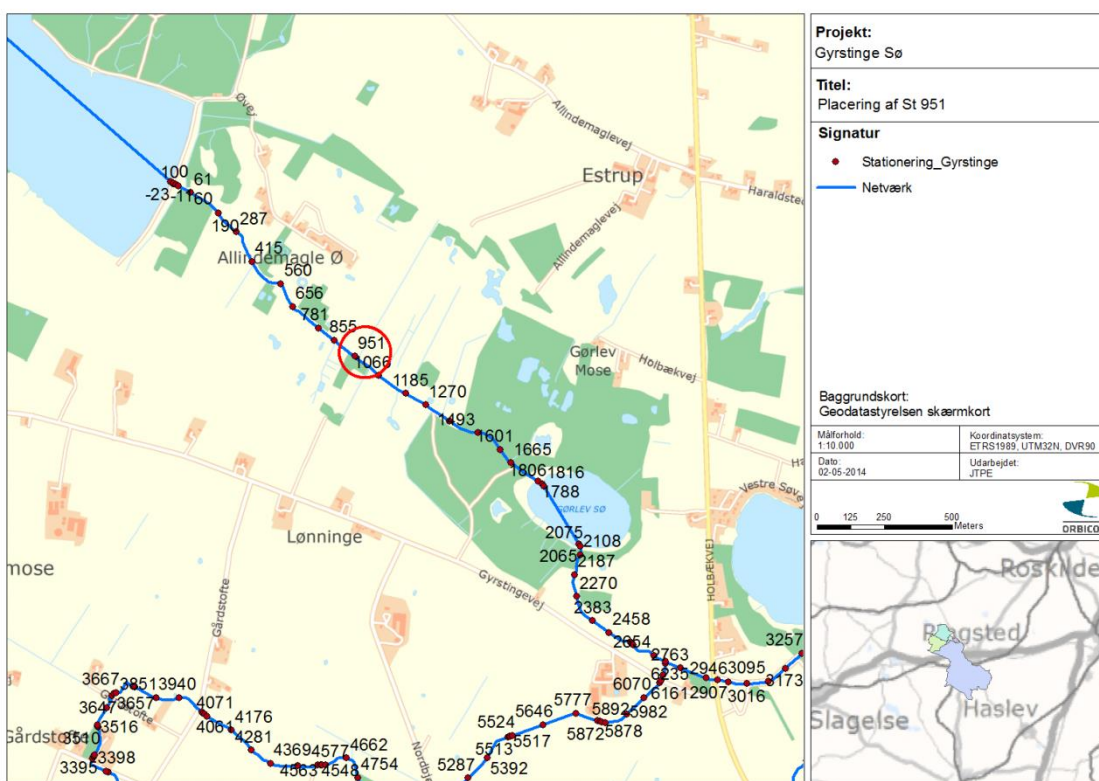
Af Figur 22 fremgår at modelperioden 2000 til 2013 dækker bredt over 53 års-perioden. De grønne prikker som er årstal i modelperioden repræsenterer både år med meget høje maksimum vandføringer og år med lave maksimum vandføringer. Eksempelvis er 2011 som er et modelleret år et meget vådt år, kun overgået 6 gange i perioden, bl.a. i 1965 og 1968 hvor højeste registrerede vandstand i Gyrstinge sø var 22.65 meter DVR90. Årene 1995, 1985, 1965 og 1968 er alle meget tæt på højeste modellerede år 2011, mens 1986 og 1970 er noget højere.

Det år med absolut højeste vandføring er 1970 (understøttet af data fra station 59.01 Tryggevejle å som også har største 7 døgns gennemsnit i netop 1970). Den store hændelse i 1970 blev udløst af et tårbrud efter en periode med frost og sne og den kan meget vel have resulteret i en vandstand i Gyrstinge sø over de modellerede og regi-

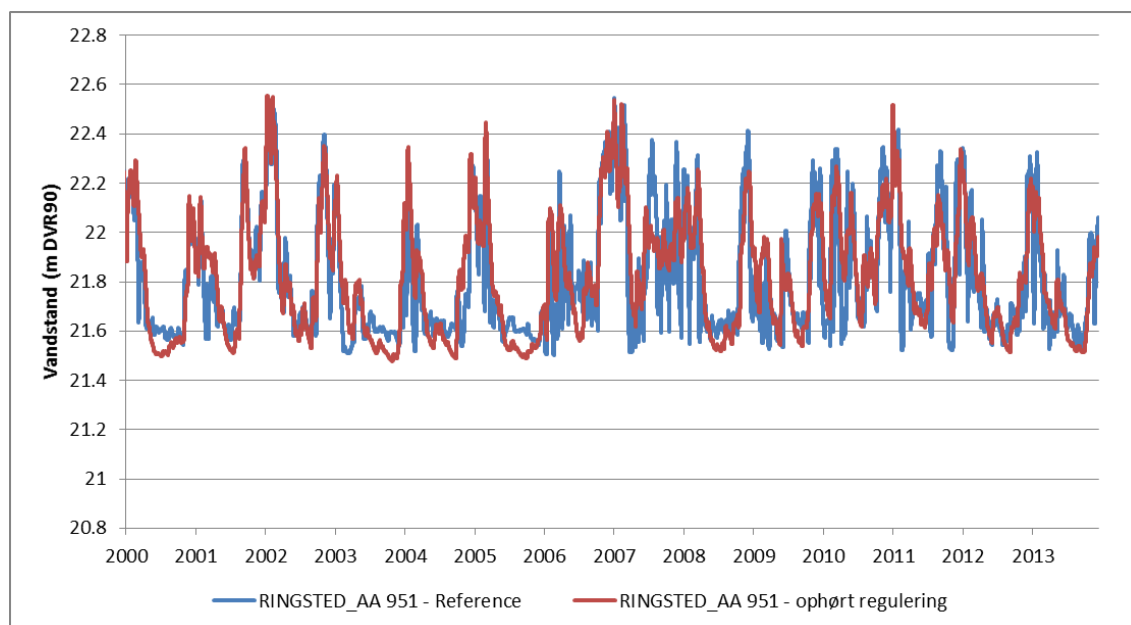
strerede højeste vandstande på 22.7 meter DVR90. En umiddelbar vurdering ud fra sammenligning af de enkelte år og faktum at hændelsen i 1970 var relativt kortvarig, er at vandstanden næppe nåede mere end til kote 22.8 meter DVR90.

7.3. Vandstande i Ringsted Å

Figur 24 viser den modellerede vandstand i Ringsted Å st. 951 som den har været i perioden 2000-2013 (blå), og som den ville have været hvis der havde været det foreslåede afløb fra Gyrstinge Sø (rød). Placeringen af Ringsted Å st. 951 fremgår af Figur 23.



Figur 23. Placering af Ringsted Å st. 951.



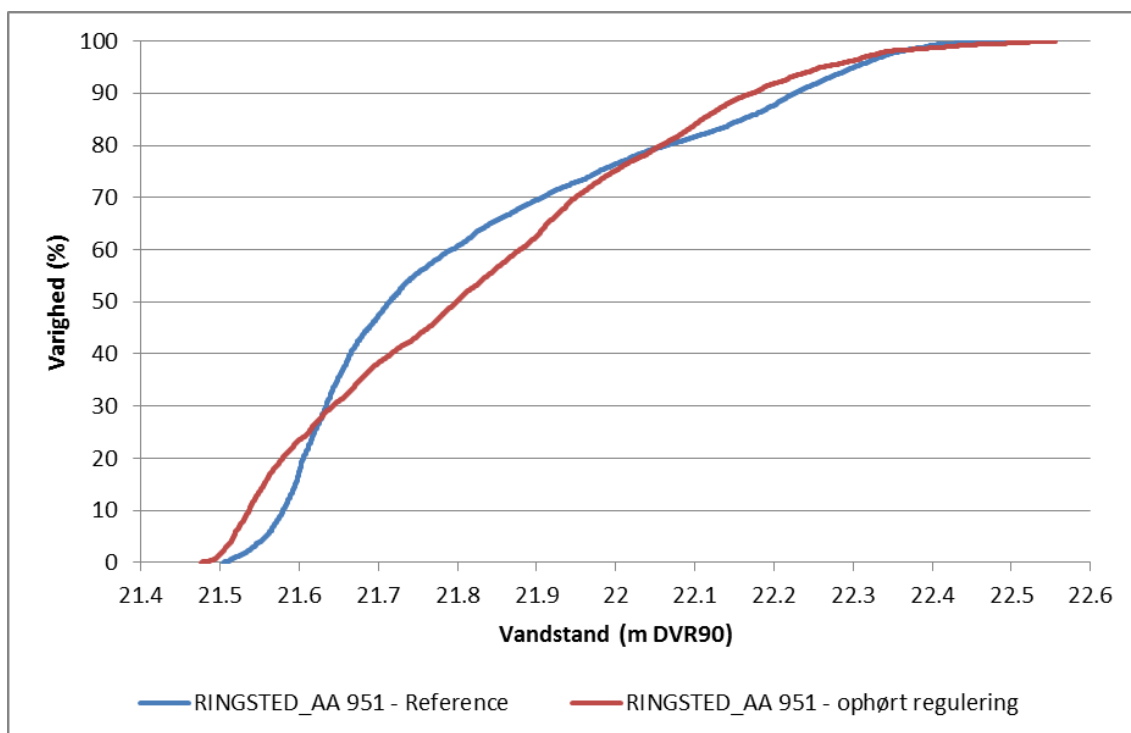
Figur 24. Vandstand i Ringsted Å st 951 i perioden 2000 til 2013, samt den vandstand der ville have været i åen hvis der havde været det foreslåede uregulerede afløb fra Gyrstinge Sø (rød).

Karakteristiske vandstande i de to modelkørsler ses i Tabel 5. Det fremgår, at den ophørte regulering af Gyrstinge Sø vil medføre en 2 cm forhøjelse af vandstanden i årsmiddel og i maksimumsituationer, mens der vil være en 2 cm sænkning af den mindste vandstand. Forskellen er så lille, at der i praksis ikke vil være tale om egentlige ændringer i årsmiddel vandstande. Denne lille forskel dækker over en større variation hen over året, idet den ophørte regulering vil medføre en 22 cm lavere sommermiddel vandstand, og en 5 cm højere vintermiddel vandstand.

Tabel 5. Karakteristiske vandstande (m DVR90). Sommermiddel fra maj-okt, vintermiddel fra nov-apr.

	middel	minimum	maksimum	sommermiddel	vintermiddel
Reference	21,81	21,50	22,54	21,71	21,92
Ophørt regulering	21,83	21,48	22,56	21,49	21,97

Som det fremgår af varighedskurverne for Ringsted Å st. 951 i de to modelkørsler (Figur 25), vil der med det foreslåede uregulerede afløb fra Gyrstinge Sø være flere dage per år, hvor vandstanden i åen er lav (<21,60 m DVR90), flere dage per år hvor vandstanden i åen er høj (>22,05 m DVR90), og færre dage på år, hvor vandstanden i åen er i midterintervallet.



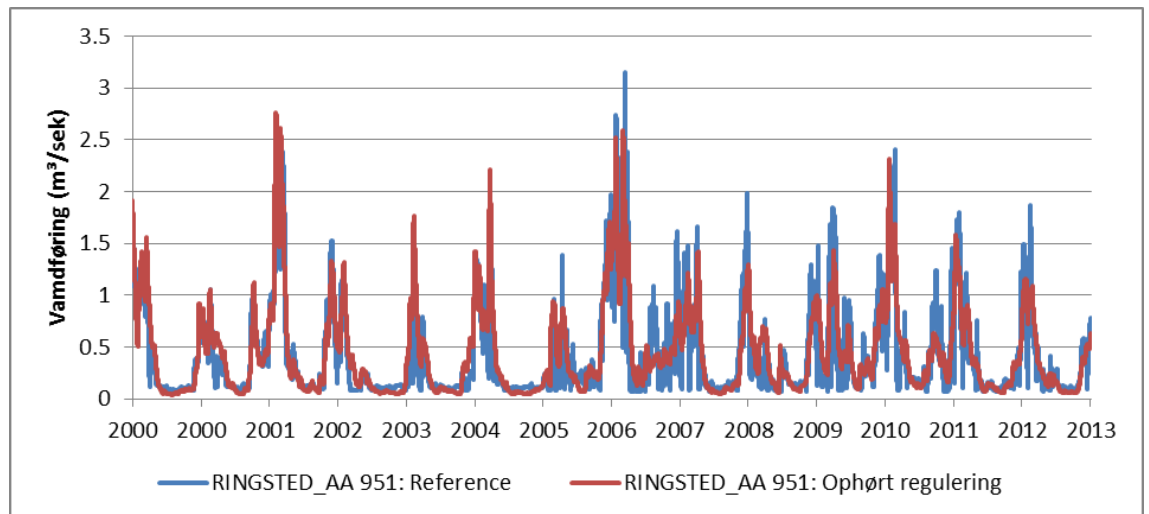
Figur 25. Varighedskurve for vandstande i Ringsted Å st. 951 for perioden 2000-2013 (blå), og som det ville have forholdt sig hvis der havde været det foreslåede uregulerede afløb fra Gyrstinge Sø (rød).

Dette er yderligere kvantificeret i Tabel 6, hvor hyppigheden (dage per år) er angivet for forskellige niveauer.

Tabel 6. Antal dage per år hvor vandstanden er over forskellige niveauer (i m DVR90)

	21,40	21,60	21,80	22,00	22,20	22,40	22,50
Reference	365	301	143	86	45	3	0
Ophørt regulering	365	279	182	91	30	5	2

Figur 26 viser den modellerede vandføring i Ringsted Å st. 951 som den har været i perioden 2000-2013 (blå), og som den ville have været hvis der havde været det foreslåede afløb fra Gyrstinge Sø (rød).

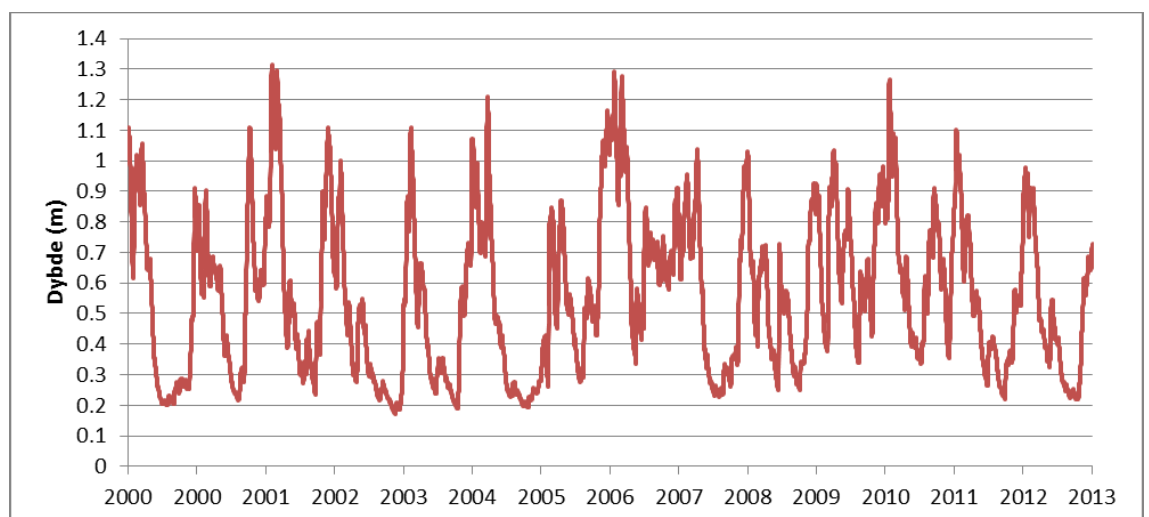


Figur 26. Vandføring i Ringsted Å st. 951 i perioden 2000 til 2013, samt den vandføring der ville have været i åen hvis der havde været det foreslåede uregulerede afløb fra Gyrstinge Sø (rød).

I reference situationen varierer den modellerede vandføring mellem 70 l/sek og 3,15 m³/sek omkring et middel på 423 l/sek. Minimumsvandføringer forekommer formentlig i de perioder, hvor der opstemmes vand i Gyrstinge Sø. I scenariekørslen, der afspejler de fremtidige forhold med ophørt regulering, varierer vandføringen mellem 39 l/sek og 2,76 m³/sek omkring et middel på 442 l/sek. Forskellen i de to middelvandføringer afspejler den usikkerhed der er på den estimerede vandføring fra Gyrstinge Sø.

7.4. Vandhastigheder og vanddybder ved det nye styg

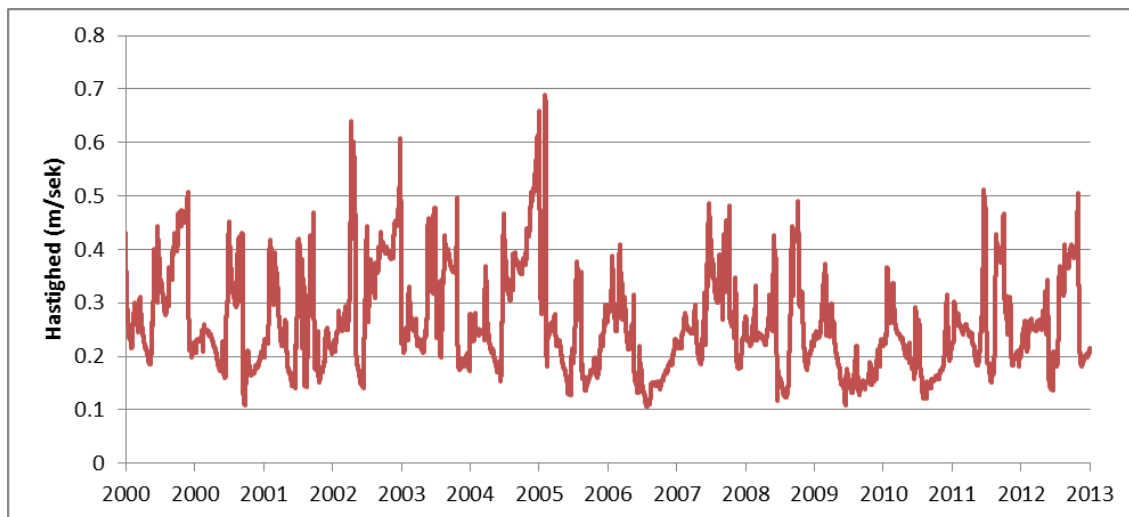
Figur 27 viser vanddybden i Ringsted Å st. 0 ved de fremtidige forhold. Dette tværsnit er placeret 22 m nede af det fremtidige afløbsbygværk.



Figur 27. Vanddybde i Ringsted Å st. 0, 22 m nede af det fremtidige afløbsbygværk.

Dybden varierer fra 0,17 – 1,31 m omkring et middel på 0,56 m.

Figur 28 viser middelstrømhastigheden samme sted. Middelhastigheden varierer fra 0,11 til 0,69 m/sek omkring et middel på 0,26 m/sek.



Figur 28. Middelstrømhastighed i Ringsted Å st. 0, 22 m nede af det fremtidige afløbsbygværk.

På baggrund af disse resultater vurderes afløbsbygværket at være faunapassabelt.

8. **KONKLUSION AF FØRSTE UDKAST TIL NYT BYGVÆRK**

Nærværende undersøgelse har belyst konsekvenserne ved at ophøre med at regulere afløbsbygværket fra Gyrstinge Sø, og i stedet anlægge et faunapassabelt nyt ureguleret afløb. Undersøgelserne viser, at vandstanden i Gyrstinge Sø med det nye afløb vil falde fra en middelvandstand på 23,69 m DVR90 (22,64-24,64 m DVR90) til en middelvandstand på 22,02 m DVR90 (21,75-22,69 m DVR90). Vanddybden og middelstrømhastigheden i det fremtidige afløb vurderes at være faunapassabelt.

Nedstrøms for det nye afløb viser modelberegningerne, at årsmiddel, samt maksimum og minimum vandstandene i Ringsted Å st. 951 vil være stort set uforandrede. Imidlertid vil der være en variation over året, idet den ophørte regulering vil medføre en 22 cm lavere sommermiddel vandstand, og en 5 cm højere vintermiddel vandstand. I de opstrøms arealer der i dag pumpes til søen vil der være nogle mindre arealer der vil blive vådere i de perioder hvor vandstanden overstiger kote 21.92 m DVR90 (= kote 22.00 m DNN).

9. REFERENCER

/1/ Københavns Energi, Vurdering af muligheden for vandstandsændringer i Gyrstinge Sø, NIRAS December 2010.

BILAG 1



Gyrstinge sø

NOTAT VEDR. LØSNINGSFORSLAG TIL VURDERING AF EFFEKTEN AF OP-

HØRT REGULERING AF GYRSTINGE SØ

Gyrstinge sø

NOTAT VEDR. LØSNINGSFORSLAG TIL VURDERING AF EFFEKTEN AF OP-

HØRT REGULERING AF GYRSTINGE SØ

Rekvirent

Rådgiver Orbicon A/S
Ringstedvej 20
4000 Roskilde

Projektnummer 3621300141

Projektleder Ole Smith

Kvalitetssikring Inger Klint Jensen

Revisionsnr. 2

Udgivet 18.03.2014

INDHOLDSFORTEGNELSE

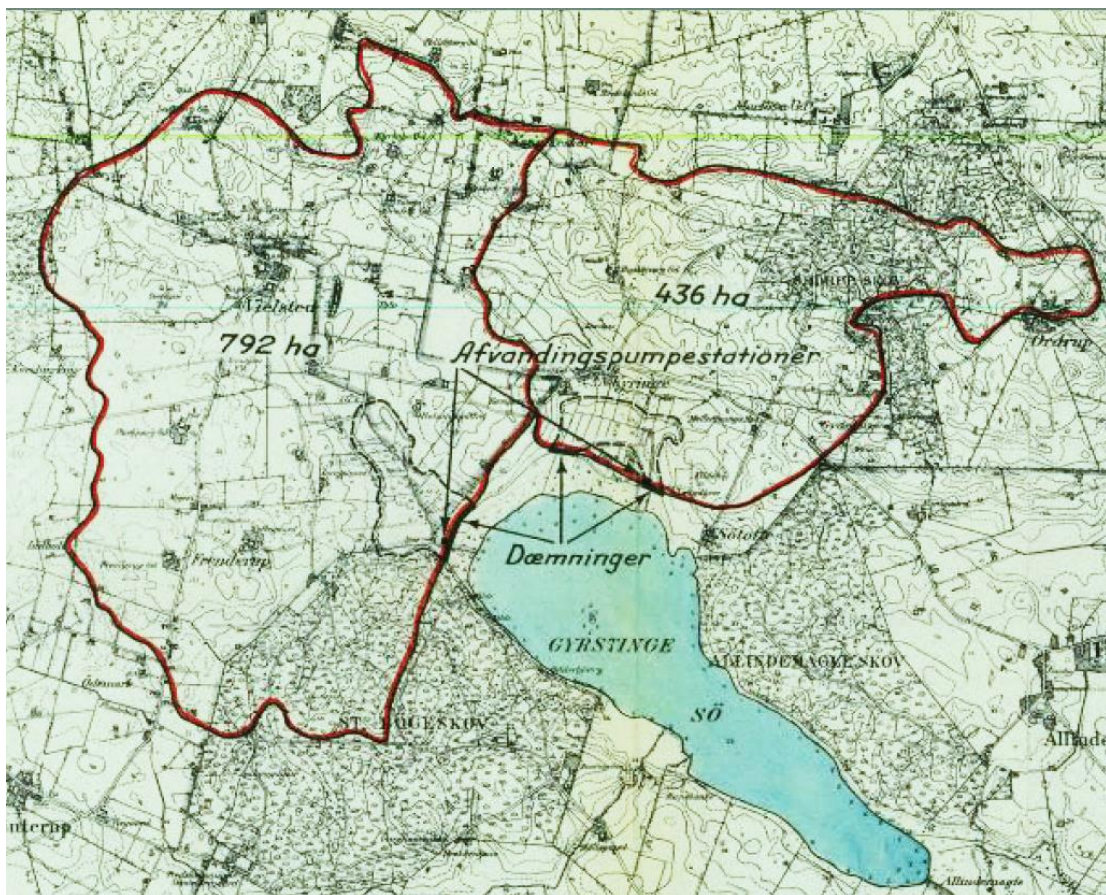
1. Indledning	4
2. Delopgave 1 – Fastlæggelse og vurdering af højdemodellens gyldighed samt opmåling af sokkelkote Hjejlevej 17.....	6
2.1. Højdemodellens gyldighed for Flædemosen og Kyringe.....	6
2.2. Opmåling af sokkelkote på adresse Hjejlevej 17.....	12
3. DELOPGAVE 2 – Fastlæggelse af model for beskrivelse af oversvømmelses hyppigheder som følge af ændret søvandspejl, samt beskrivelses af konsekvenser for vandløbsstrækninger nedstrøms Gyrstinge sø.....	14
3.1. Hydrometrisk datagrundlag.....	15
3.2. Ringsted Å	17
3.3. Model til beskrivelse af faktiske vandstands- og vandføringsforhold samt simulering af fremtidige scenarier.....	17
4. Konklusion og videre arbejde.....	20
5. Referencer.....	21

1. INDLEDNING

Dette notat er udarbejdet af Orbicon for HOFOR, med det formål, at opstille en løsningsmodel til vurdering af hvilken effekt en ophørt regulering af Gyrstinge sø vil have på arealer omkring og nedstrøms søen.

Gyrstinge Sø har ikke siden nedlæggelsen af HOFOR's overfladevandsanlæg ved Værket ved Regnemark været anvendt som drikkevandressource, og skal det heller ikke i fremtiden. I den forbindelse planlægges at føre søen tilbage til den oprindelige uregulerede tilstand, som søen havde før opdæmningen i 1970-erne.

Reguleringen af afløbet skal ophøre og afløbet gøres faunapassabelt, samtidig med stop af afvandingen i form af pumpning fra engområderne Flædemosen og Kyringe, hvor de 3 vandløbsforbindelser skal genåbnes og gøres faunapassable. Figur 1.



Figur 1 – Ældre kort visende de 2 oplande som afvandes ved pumpestationer, vestlige opland er Flædemosen og østlige opland er Kyringe. Afløbet fra Gyrstinge sø er i søens sydøst-ende hvor der i dag er etableret et reguleringsbygværk.

I 2010 udarbejdede NIRAS et notat 1/ hvor det blev undersøgt hvilke muligheder der var for ændring af søens vandstand set i forhold til afvandingsforhold, biologi osv. I dette notat er beskrevet de tekniske muligheder for vandstandsændring og dennes indflydelse på vandkva-

litet, nærliggende natur og nærliggende arealer. I notatet er desuden beskrevet de oprindelige vandstandsforhold med en oprindelig minimumsvandstand på 21.8 m DNN og nuværende noget højere middelvandstand på 23.87 m DNN. Der i rapporten fremlagt scenarier hvor det mest aktuelle går på en fremtidig vandstand på 21.8 m DNN.

Med det som udgangspunkt afholdt HOFOR og Orbicon den 13. september et møde hvor problemstillingen omhandlende konsekvenser af ny ureguleret vandstand. HOFOR's basale ønske er at få bedre kendskab til hvor store opstrøms områder der kan blive påvirket ved givne vandstande og ligeledes hvor hyppigt der ville stå vand på disse arealer. Desuden ønskede HOFOR belyst om et ophør af reguleringen får indflydelse på nedstrøms oversvømmelser eller om de i store afstrømningshændelser vil optræde uanset hvad, bl.a. på grund af manglende vandføringsevne nedstrøms i Ringsted Å.

For at kunne belyse ovennævnte blev det på mødet besluttet at i gang sætte 2 mindre undersøgelser:

- Den første undersøgelse, også benævnt delopgave 1, omhandler forbedring af grundlaget til vurdering af udbredelse og hyppighed af oversvømmelser på opstrøms arealer som i dag holdes vandfri ved pumpedrift. De aktuelle arealer er Flædemosen og Kyringe. Orbicon har i den forbindelse gennemført en GPS koteopmåling til kontrol af højdemodellen for området. Resultaterne heraf er fremlagt i nærværende notat. Det forbedrede grundlag vil gøre det muligt med større sikkerhed at bestemme arealudbredelsen af vandfladen ved givne fremtidige vandspejl for de to områder.
- Den anden undersøgelse, delopgave 2 er, at betragte som en forundersøgelse til vurdering af metodevalg og løsningsmodel for beskrivelse af hvorledes ændret afledning og ændrede vandspejlsforhold i Gyrstinge sø vil influere på den nedstrøms vandløbsstrækning såvel som på de lave inddæmmede arealer på søens vest og nordside. Orbicon har i denne opgave gennemgået hvad der eksisterer af tilgængeligt datagrundlag og fremlagt forslag til valg af den løsningsmodel der bedst vil kunne beskrive ovennævnte forhold.

Resultaterne af ovennævnte to opgaver er beskrevet i de følgende kapitler.

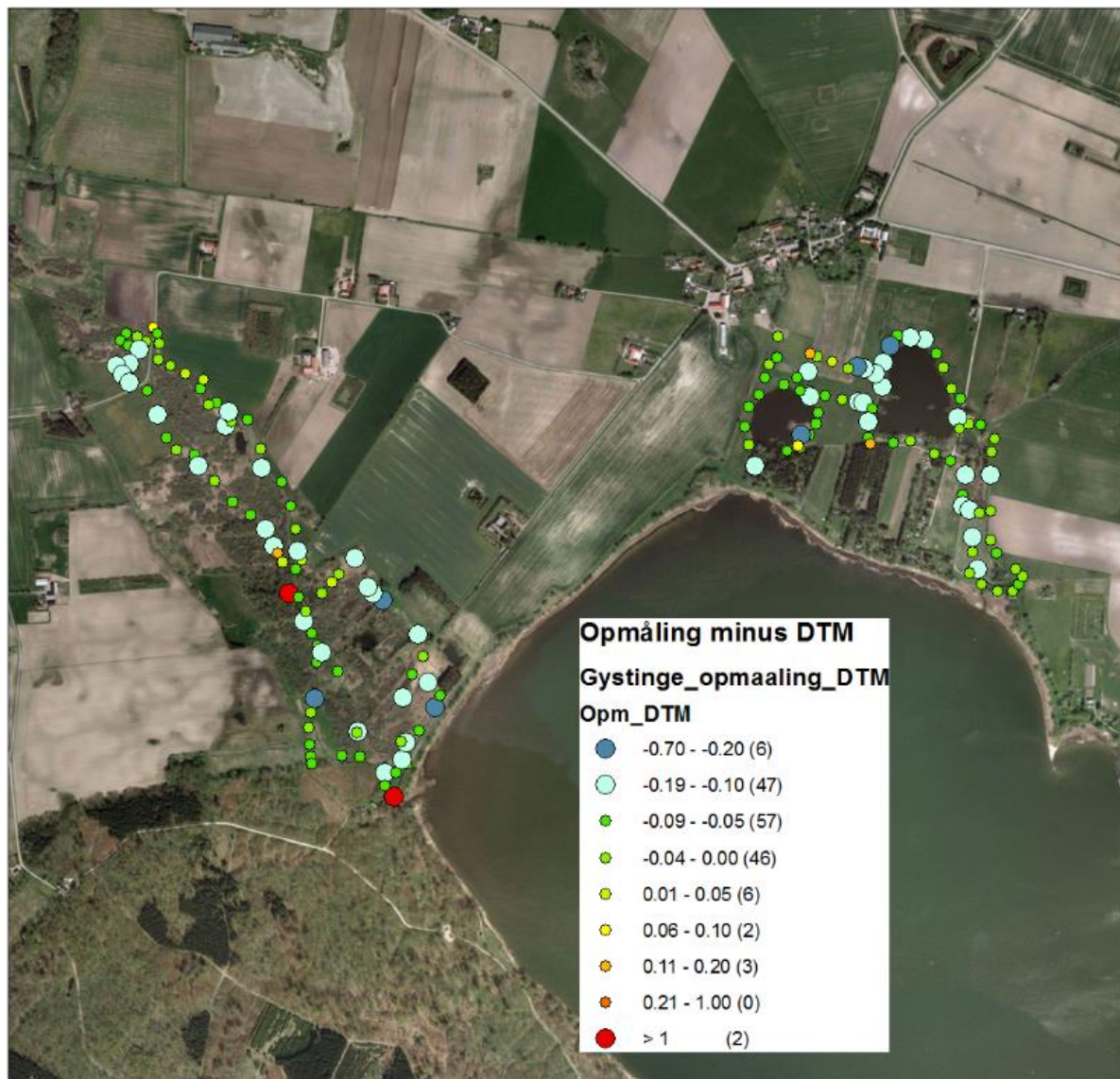
2. DELOPGAVE 1 – FASTLÆGGELSE OG VURDERING AF HØJDEMODELLENS GYLDIGHED SAMT OPMÅLING AF SOKKELKOTE HJEJLEVEJ 17.

2.1. Højdemodellens gyldighed for Flædemosen og Kyringe

Hvis pumpedriften på Flædemosen og Kyringe bringes til ophør vil de to lavtliggende områder i højere grad end tidligere kunne blive vanddækkede. Omfang og hyppighed vil afhænge af den fremtidige naturlige vandstandsvariation i Gyrstinge sø, som igen vil afhænge af de fremtidige afledningsforhold. Beskrivelse af arealudbredelse ved givne vandstande kan tilvejebringes ved anvendelse af en digital højdemodel, hvor der til denne opgave er valgt DHM/Terræn (1,6 m grid) fra Geodatastyrelsen.

Orbicons erfaring med ovennævnte model er rigtigt gode, men erfaringen er også, at der på specielt vådområder er risiko for usikkerhed på højdebestemmelsen, bl.a. fordi modellen i områder med siv og vand kan blive "snydt". Valget var derfor at kontrollere modellen med opmålinger med GPS. Disse opmålinger blev gennemført den 12. november 2013, af Orbicon med hjælp fra HOFOR's tilsynsførende på Gyrstinge sø anlægget. Der blev målt på lavtliggende fremkommelige områder, uden træer og buskads til sikring af gode og præcise GPS målinger.

Resultaterne af GPS opmålingen er efterfølgende sammenlignet med højdemodellens data og tematiseret i Figur 2.



Figur 2 - Tematiseret kort visende forskellen mellem opmålingen og højdemodellens koter. Farveskalaen angiver om det er positive eller negative afvigelser, og størrelsen angiver omfanget af afvigelser.

Kontrolopmålingen viser, at forskellen på højdemodellens og GPS-opmålingens koter typisk ligger indenfor intervallet -0,2 meter til 0 meter. Tilsammen falder 150 af de opmålte punkter indenfor dette område, mens 6 punkter ligger med en større forskel på -0,7 til -0,2 meter. Til sammenligning er der kun 13 punkter hvor højdemodellen ligger lavere end de opmålte koter. Der er således en klar tendens til at højdemodellen beskriver de faktiske forhold højere end de reelt er. Når afvandingen af områderne ikke længere sikres ved udpumpning kan det derfor have en betydning i forhold til hvor store arealer der reelt kan blive påvirket.

Vandspejlets forventede fremtidige variationsmønster foreligger ikke ved udarbejdelsen af dette notat. Det forhindrer dog ikke, at der kan gives et foreløbigt bud på hvor store arealer

givne vandstande kan forventes at dække. I Tabel 1, er fire (4) tilnærmelsesvis karakteristiske vandstande; nuværende forhold ved pumpning, fremtidig middel, høj og maksimum undersøgt. Det skal bemærkes at de givne vandstande ikke skal betragtes som de endelige størrelser men blot tilnærmede værdier for belysning af arealudbreddelsen.

Tabel 1 - Karakteristiske vandspejl.

22.0 meter DNN 21.92 meter DVR90 "min"	Denne kote er den vandstand der svarer til de faktiske forhold i dag hvor områder pumpes.
22.1 meter DNN 22.02 meter DVR90 "middel"	Denne vandstand er tæt på den vandstand som er overskredet 6 måneder om året i årene 1962-1963. 1962 var i øvrigt vådere end normalt mens 1963 var tørre end normalt, set på årsmiddelf-strømninger for Åmose å, station 55.01.
22.30 meter DNN 22.22 meter DVR90 "høj"	Denne vandstand er bedste bud på en vandstand som overskides 3 måneder om året. Grundlag 1962-1963. Bedre estimater kan først laves når en egentlig data analyse og modellering er gennemført.
23 meter DNN 22.92 meter DVR90 "maks"	Vandstanden er baseret på gamle data fra før reguleringen i 1962-1963 hvor maksimum er henholdsvis 22.7 og 22.8. Ved sammenligning med en upåvirket vandløbsstation 55.01 Åmose å, ses at de høje vinter afstrømninger de pågældende år var over 10års maks. Men ikke absolut maks. Et forsigtigt bud er derfor at vandstanden tidligere godt kunne nå 23 m DNN i ekstreme år.

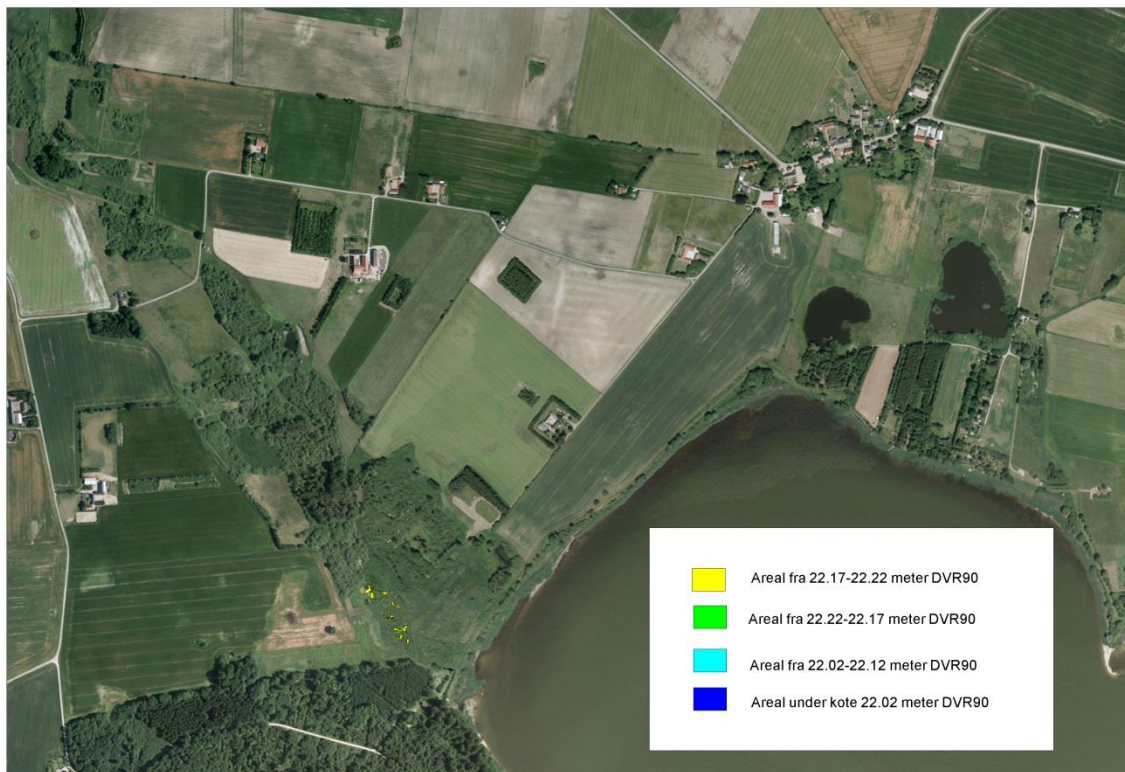
Ved hjælp af den terrænmodel er det muligt at fastlægge hvor store arealer der ligger under de karakteristiske vandstande og det er samtidig muligt at give et bud på bestemmelsens usikkerhed fordi der er lavet kontrolopmålinger. For hver af de givne koter er tillige beregnet hvor store arealer, der er ved de enkelte koter hvis terrænmodellen sænkes op til 20 cm. Det skal bemærkes, at arealerne er fremkommet på baggrund af et vandret vandspejl. I praksis vil der være et vandspejlsfald ned mod søen. Dette skal derfor ses som en indledende screening.

Det fremgår af undersøgelsen at ingen arealer bliver våde ved denne analyse ved koten for de faktiske forhold samt ved middelvandstanden. Hvis højdemodellen sænkes vil der dog være arealer der bliver sat under vand. Ved den maksimale vandstand i søen vil 90.546,4 m² være vanddækket. Med en maksimal usikkerhed på højdemodellen på 20 cm vil arealet forøges med 48.863,4 m².

Arealerne fremgår af tabel 2 og af kortene i Figur 4 (kote 22.1 middelvandstand), Figur 4 (kote 22.3 høj vandstand) og Figur 5 (kote 23.0 maks. vandstand).

Tabel 2 – Arealer ved de karakteristiske vandspejl.

Vandstand meter DNN/DVR90	Overflade areal m ²	Areal tilvækst som følge af usikkerhed på højdemodel i cm. Tilvæksten i de enkelte kolonner skal lægges sammen.(enhed m ²)		
		10 cm	15 cm	20 cm
22.0/21.92	0	0	0	2,6
22.1/22.02	0	2,6	107,3	709,8
22.3/22.22	819,8	4721,5	3092,3	3589,2
23.0/22.92	90.546,4	22.522,7	13.641,7	12.699,0



Figur 3 - Middel vandstand: Areal under kote 22,1 m DNN (22.02 meter DVR90 samt tilvækst op til 20 cm)



Figur 4 - Areal under kote 22.30 m DNN (22.22 meter DVR90 samt tilvækst op til 20 cm)



Figur 5 - Maksimal vandstand: Areal under kote 23,0 m DNN (22.92 meter DVR90 samt tilvækst op til 20 cm)

Som nævnt i indledningen til dette afsnit, viser denne undersøgelse hvilken arealer der ligger under givne koter og derfor med sikkerhed vil blive oversvømmet. Denne undersøgelse har ikke afdækket afdræningsforholdene og således siger undersøgelsen ikke noget om hvilket areal der i fremtiden vil kunne dyrkes.

Af ovennævnte undersøgelse fremgår, at de to søer ved Kyrringe ikke bliver påvirket ved høje vandstande i Gyrstinge sø. Det skyldes at det nuværende vandspejl ifølge højdemodellen er henholdsvis i kote 23.5 og 23. 2 meter DVR90 og derfor over højeste undersøgte vandspejl på 22.92 meter DVR90

Søerne ved Kyrringe er i øvrigt tidligere tørvegrave som er opstået efter 1944 og før 1954. (ref. diverse historiske flybillede-dokumentation).

2.2. Opmåling af sokkelkote på adresse Hjejlevej 17.

Ved kontrolopmålingen blev sokkelkoten på Hjejlevej 17, 4100 Ringsted indmålt, for at afgøre om ejendommen får behov for eventuel afværgelse i forhold til fremtidige søvandspejl.

Den kritiske kote for huset er indmålt til kote 24.10 meter DVR90. I forbindelse med indmålingen blev yderligere 3 punkter kotesat. Henholdsvis husets gårdsplads, selve Hjejlevej ud for nr. 17 og et punkt nær søen vest for huset. Figur 6 viser indmålingspunkterne, samt deres respektive koter i DVR90.



Figur 6 - Kotesatte punkter ved Hjejlevej 17. Kote 24.107 meter DVR90 er sokkelkoten på hovedhuset.

3. DELOPGAVE 2 – FASTLÆGGELSE AF MODEL FOR BESKRIVELSE AF OVERSVØMMELSES HYPPIGHEDER SOM FØLGE AF ÆNDRET SØVANDSPEJL, SAMT BESKRIVELSE AF KONSEKVENSER FOR VANDLØBSSTRÆKNINGER NEDSTRØMS GYRSTINGE SØ

Gyrstinge Sø har været reguleret siden 70'erne. Søen har med sit reguleringsbygværk kunnet reguleres mellem kote 21,6 og 24,5 DNN . Reguleringen har primært haft som mål at sikre, at det størst mulige vandvolumen var til rådighed. De senere år, hvor der ikke har været dette behov, har det været tilstræbt, at lade søens vandspejl svinge mere naturligt, samt undgå så høje vandstande, at nødoverløbet kom i funktion. Denne ændring af driftsformen synes at have reduceret hyppigheden af oversvømmelser nedstrøms søen langs Ringsted Å. Med ophør af søens anvendelse som drikkevandsressource, hvor søen bringes tilbage mod naturlig tilstand og mindre søvolumen, vil afstrømningen fra søen fremover være styret af udformningen af et nyt udløb og den naturlige tilstrømning. Vandspejlsmålinger i Ringsted Å indikerer tillige at vandføringsevnen i Ringsted Å, i perioder med stor afstrømning, kan være den styrende faktor for afstrømningen fra søen og dermed også vandspejlskoten.

Fra kote 22,3 til 21,8 DNN reduceres søens volumen med ca. 1 mio. m³, hvilket vil kunne "dække" en fordampning på 2,5 mm/døgn og en afstrømning på 50 l/s (mediaminimumskrav i forslag til vandplan: 41 l/s) i godt 100 dage. Den kommende udformning af udløb fra søen skal foruden at tilgodese dette behov også samtidig sikre, at de vandstande, de giver uønskede konsekvenser i de tidligere afvandede områder, bliver af kortest mulig varighed.

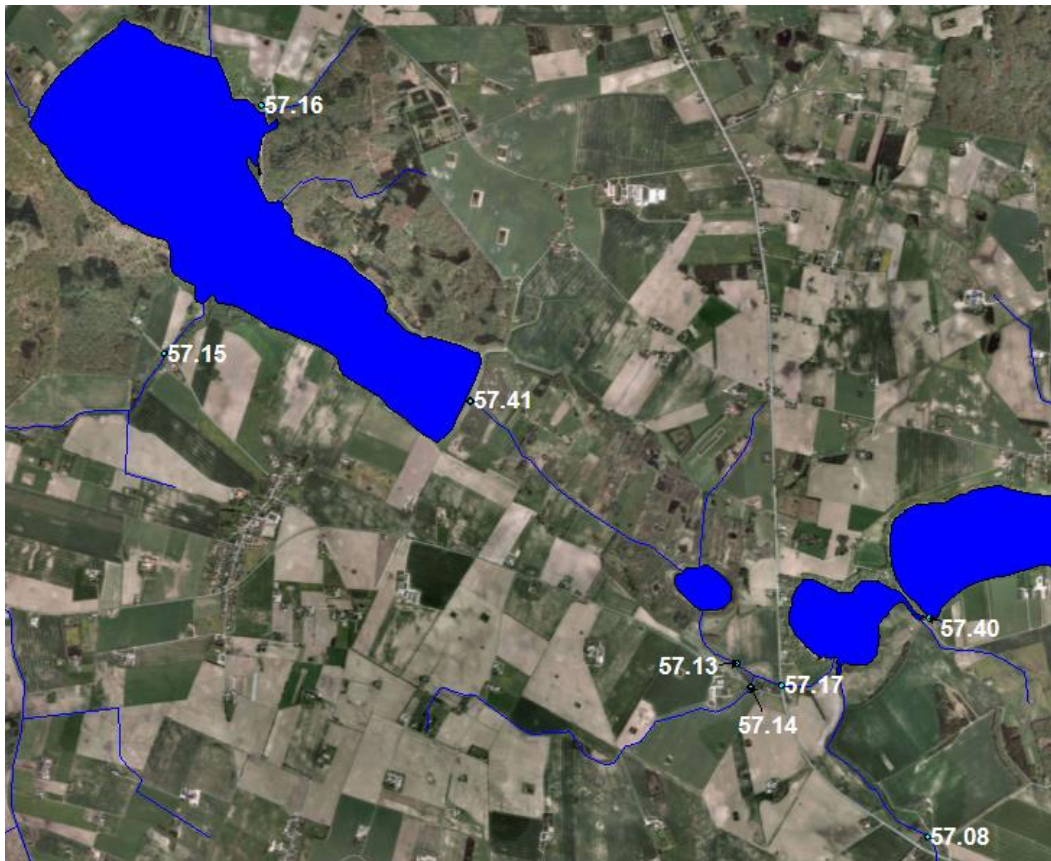
Denne opgave har imidlertid ikke til hensigt at afdække konsekvenser eller beskrive fremtidige forhold. Opgaven går udelukkende ud på at vurdere hvilken model der kan sættes op for at kunne besvare de mange spørgsmål som givet vil komme i forbindelse med diskussion af konsekvenser og udformning af det optimale afløb.

For at kunne opsætte en model til beskrivelse af afstrømning og vandstandsforhold er det nødvendigt at indhente så meget viden som muligt om tidligere afstrømningsforhold og nuværende afstrømningsforhold og vandstandsvariationer. Det gælder både tilstrømning til Gyrstinge sø, vandstandsforhold i søen, samt afstrømningsforhold. Herudover er en vigtig parameter også kendskab til reguleringspraksis samt nedstrøms forhold som vandstand og vandløbsforhold. Sidstnævnte vandløbsprofiler, gradienter og regulativer.

Delopgave 2 er valgt opdelt i følgende afsnit. Afsnit 1 som omhandler udredning af tilgængelige hydrometriske data som forventes af værdi for opgaven. Afsnit 2 som omhandler regulativmæssige forhold og endelig afsnit 3 som beskriver Orbicons forslag til valg af model.

3.1. Hydrometrisk datagrundlag

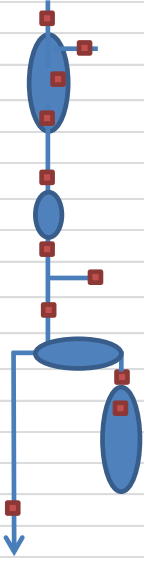
På 5 er angivet hvilke hydrometriske stationer som der har været eller stadig er i drift omkring Gyrstinge sø. På de angivne stationer foreligger der tidsserier af vandstandsdata og vandføringsdata.



Figur 7 - Hydrometriske stationer omkring Gyrstinge sø. Stationerne er angivet med 4 ciffrede DDH-st numre. Stationerne er både igangværende og nedlagte stationer med vandførings- og/eller vandstandsdata

I nedenstående Tabel 2 er angivet respektive hydrometriske stationer og perioder hvor der foreligger henholdsvis vandstandsdata og vandføringsdata. De indsamlede data stammer delvist fra Orbicons hydrometriske data og fra HOFOR's dataindsamling. Enkelt-målinger som er foretaget i vandløbene er ikke medtaget, kun data hvor der er kontinuert indsamlet data i en længere periode.

Tabel 2 – Hydrometriske data for området ved Gyrstinge sø



DDH st.	Stednr.	Navn	Lokalitet	H-data i perioden	Vandførings data
57.15	570065	Frøsmose å	Møllegård	1961-64;1966;1978-80	1961-67;1978-80
57.16	570260	Gyrstinge sø	Søtofte		1961
		Gyrstinge sø	Søtofte	1961-1969 ⁽¹⁾	
57.41	570167	Gyrstinge sø	Dæmningen	1978-2013	
		Gyrstinge sø	Afløbsiden/Ringsted å	1997-2013	
	570178	Ringsted å	750m os Gørlev sø	⁽²⁾	⁽²⁾
			Gørlev sø		
57.13	570259	Ringsted å	Holtegård		1961-1967
57.14	570130	Grønbæksløbet	Holtegård	⁽³⁾	⁽³⁾
57.17	570064	Ringsted å	Tidsebro	⁽³⁾	⁽³⁾
			Haraldsted Lillesø	1961-2013 ⁽⁴⁾	
57.40	570139	Haraldsted sø	ns vandstand, Dæmn	2005-13	
57.40	570139	Haraldsted sø	os vandstand, Dæmn	1978-96;2002-13	2000-2013
			Haraldsted sø		
57.08	570255	Ringsted å	Lille-Svenstrup	1970-2013	1957-2013
⁽¹⁾		<i>H-data foreligger ikke digitalt</i>			
⁽²⁾		<i>Vestsjællands amt har målt vandføringer på denne lokalitet i en periode i 90'erne</i>			
⁽³⁾		<i>Hedeselskabets papirarkiv kan indeholde data. Ingen digitale data foreligger</i>			
⁽⁴⁾		<i>Siden 1961 er der foretaget aflæsninger periodevist. Søen kaldes også Tivolisøen</i>			

Følgende kommentarer kan knyttes til målestationerne:

Station 57.15 Frøsmose Å udgør med sit opland på 44 km² godt 70 % af det samlede opland til station 57.41 Gyrstinge Sø udløbet. Således kan disse tilstrømningsdata anvendes til kalibrering af en senere model samt til vurdering af bidraget fra umålte oplande.

Vandstanden målt i Gyrstinge Sø i perioden før reguleringen giver værdifuld information om vandstandsvariationerne i en ureguleret tilstand og kan sammen med ovennævnte data fra Frøstrup bæk anvendes til verificering af en model.

Station 57.41 Gyrstinge Sø. Her er der regelmæssige vandstands aflæsninger siden 1978. Disse data forventes inddraget i beregningen. Registreringerne nedstrøms er også af værdi.

Stednummer 570178. Det vides at der er målt på lokaliteten men det er i skrivende stund ikke muligt at sige om disse data skal inddrages.

Gældende for modelberegningen er at der skal være kendskab til vandbalancen og derfor er oplandet mellem Gørlev Sø og Haraldsted Lillesø af betydning. Data fra stationerne 57.13, 57.14 og 57.15 vil blive inddraget i det omfang det er muligt.

Station 57.40. Afløbsdata fra denne station skal inddrages i modellen for at kunne beskrive hele systemet. Nedstrøms vandstandsmålinger som forventeligt er vandstanden i Haraldsted Lillesø er også af værdi i beregningen.

Station 57.08 som har både vandstandsdata og vandføringsdata tilbage fra 1957, dvs. lang tid før reguleringen er af stor værdi. Stationen giver randbetingelser til modelleringen af systemet såvel som den beskriver forholdene før og efter, samt hvad der måtte være af ændringer som følge af ændret vandføringsevne i vandløbet.

Alt i alt foreligger der et solidt datagrundlag som kan være med til at sikre at den model der bliver sat op kan beskrive de faktiske forhold og dermed med meget større nøjagtighed også beskrive de scenarier som tænkes afprøvet.

3.2. Ringsted Å

Ringsted Å starter ved det nuværende udløb fra Gyrstinge Sø. Det nuværende regulativ for Ringsted Å er vedtaget i 1996. På de første 6600 meter af vandløbet er der fastsat krav til vandløbets skikkelse. Af redegørelsen til regulativet fremgår det, at regulativet fra 1996 erstatter et regulativ der er vedtaget i 1909/1910. Det fremgår endvidere at bundkoten i regulativet fra 1996 er sænket fra 2-54 cm i forhold til det tidligere regulativ for at tilnærme sig de faktiske forhold. Bundbredden er fra st. 0-3200 uændret i forhold til tidligere regulativ. På strækningen fra st. 3200-3260 er bundbredden forøget fra 2,5 m til 3,8 m, og forøget fra 3,75m til 3,8 m på strækningen fra st. 3260-3360. Omvendt er bundbredden indsnævret fra 5,3 m til 5 meter på strækningen fra st. 3387-6000, og fra 6,3 m til 6 meter fra st. 6000-6600. Orbicon har en opmåling af Ringsted Å fra 1993. Det bør undersøges om Ringsted Kommune har en nyere opmåling.

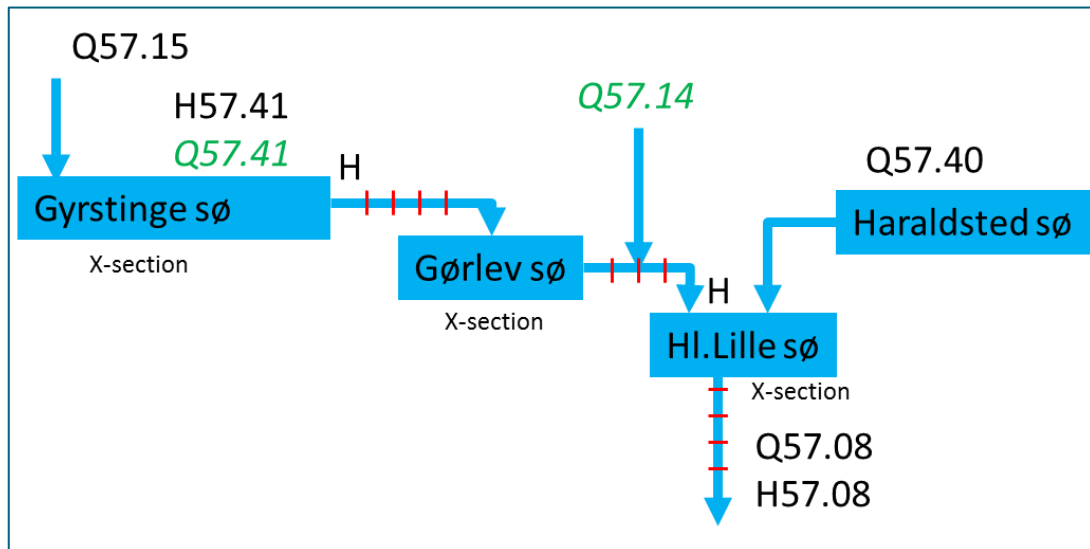
Det fremgår, at på givne strækninger er profilet øget mens det på andre strækninger er mindsket. Det er ikke muligt i denne undersøgelse at vurdere den samlede konsekvens for vandføringsevnen i Ringsted Å. Hertil kræves at det gamle regulativ fremskaffes (om muligt) og at der efterfølgende gennemføres deciderede vandspejlsberegninger.

3.3. Model til beskrivelse af faktiske vandstands- og vandføringsforhold samt simulering af fremtidige scenarier.

Ønsket er at kunne vurdere; (1) dels hvilken indflydelse et reguleringsophør vil have på henholdsvis de lave arealer vest og nordvest for Gyrstinge sø og (2) dels om det har indflydelse på nedstrøms vandløbsstrækning.

Det er Orbicons vurdering at for at kunne vurdere ovennævnte og fastlægge en optimal udformning af det nye afløb til Gyrstinge sø er det nødvendigt at sætte en egentlig hydrologisk model op for systemet. Vores forslag er derfor at der bliver sat en MIKE11 dynamiske vandløbsmodel op, som bliver kalibreret på målte data. Input til modellen er vandløbsprofiler og gradienter, hypsografiske kurver for søerne samt de målte vandførings og vandstandsdata.

Gyrstinge sø samt vandløbssystem af interesse er skitseret i nedenstående Figur 8.



Figur 8 - Skitseret vandløbssystem for Gyrstinge Sø og afløb. Q= vandføring, H= vandstand. Markeret med sort er eksisterende stationer og data til modellering. Markeret med kursiv og grøn er data som skal estimeres før modellering. De røde tværstreger indikerer hvor der er behov for viden om vandløbsprofiler, mens "x-section" angiver at her er der behov for viden om hypsografiske kurver til konstruktion af profiler til modellen.

For at kunne beskrive systemet nedstrøms Gyrstinge Sø og eventuelle påvirkninger på Ringsted Å, skal randbetingelserne være kendte, såvel som vandføringer, profiler, mv. Det fremgår af figuren at:

Af kendte størrelser er:

- Randen i form Ringsted Å (Station 57.08)
- Tilløbet fra Haraldsted Sø
- Vandløbsprofiler mv fra regulativer og opmålinger.
- Hypsografiske kurver for søerne er kendte.
- Diverse målte vandstande.

Ubekendte størrelser som kan beregnes:

- Den regulerede vandføring fra Gyrstinge Sø de senere år er ikke målt men forventes beregnet som:

$$Q_{\text{Gyrstinge(reg)}} = Q_{57.08} - (Q_{\text{Haraldsted}} + Q_{5714\text{opl}})$$

- Den vandføring som ville have eksisteret hvis ikke der var reguleret kan beregnes som:

$$Q_{\text{Gyrstinge(ureg)}} = (\Delta H * A) + Q_{\text{Gyrstinge (reg)}}$$

Q5714opl bestemmes som oplandskorrigeret vandføring fra station 57.14 som tidsseriemæssigt forlænges med korrelation til andre hydrometriske stationer.

Med de frembragte tidsserier og en MIKE11 model vurderer Orbicon, at det er muligt at modellere ønskede scenarier på fremtidig vandstand og hyppigheder/varigheder opstrøms Gyrstinge Sø, når pumperne skal nedlægges. Det vil også være muligt at estimere hvor stor en indflydelse f.eks. Ringsted Å's vandføringsevne har på de høje vandstande som i dag forekommer nedstrøms søen såvel som vurderer hvilket billede der vil ses i fremtiden.

4. KONKLUSION OG VIDERE ARBEJDE

Denne opgave har haft til hensigt at belyse hvilken metode der kan anvendes til beskrivelse af de hydrologiske konsekvenser af ophørt regulering af Gyrstinge sø.

Opsummeret vil det videre arbejde bl.a. være:

- Beregning af tidsserier af vandføring på de oplandskomponenter som pt. er ubekendte.
- Klargøring af tidsseriedata til modellering
- Indsamling og klargøring af vandløbsdata
- Opsætning og kalibrering af MIKE11 model
- Scenarietørsler for belysning af oversvømmelseshyppigheder for Flædemosen og Kyrringe
- Scenarietørsler for belysning af oversvømmelsesgrad af Flædemosen og Kyrringe
- Scenarietørsler for optimering af ny afløbsudformning ved Gyrstinge Sø
- Scenarietørsler for belysning af Ringsteds Å's indflydelse på vandafledningen

Det anbefales at HOFOR og Orbicon snarligt afholder møde for afklaring af det videre arbejde.

5. REFERENCER

- 1/ Vurdering af mulighederne for vandstandsændringer i Gyrstinge sø. Københavns Energi December 2010. Teknisk notat udarbejdet af NIRAS.