



**Syddjurs Kommune
Ryom Å**



Rekvirent

Syddjurs Kommune
Natur, teknik og miljø
Lundbergsvej 2
8400 Ebeltoft

Steen Ravn Christensen
Telefon: 87 53 59 21
E-mail: src@syddjurs.dk

Rådgiver

Orbicon A/S
Jens Juuls Vej 16
8260 Viby J
Telefon: 87 38 61 66
E-mail: AJS@Orbicon.dk

Sag	139-07.100
Projektleder	Allan Bo Mikkelsen
Projektmedarbejdere	Morten Larsen
Kvalitetssikring	Klaus Schlüsen
Revisionsnr.	1
Godkendt af	Henrik Vest Sørensen
Udgivet	4. maj 2008

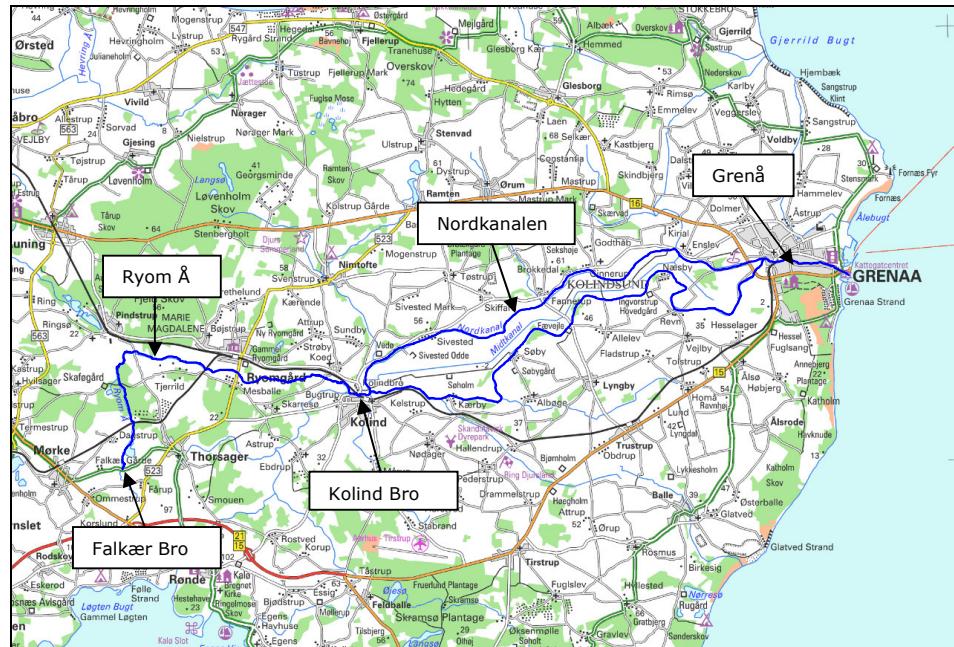
Syddjurs Kommune
Ryom Å

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Indledning og baggrund.....	3
2	Beregningsmodeller	4
3	Kloakmodellen	4
4	Den konceptuelle vandløbsmodel	5
5	Vandløbsmodellen	5
5.1	Vandløbets geometriske udformning.....	6
5.2	Bidrag fra de kloakerede oplande og naturlige bidrag.....	6
5.3	Vandstanden i Kattegat	6
6	Kalibreringen	6
6.1	Kalibreringsdata	6
6.2	Kalibreringsresultat.....	7
7	Modelkørsler	10
8	Resultater	11
8.1	Påvirkningen fra de kloakerede oplande	11
8.2	Påvirkningen af overpumpningen fra Hornslet	17
8.3	Påvirkning fra vandstanden i Kattegat	22
9	Konklusion	27
9.1	Modellerne	27
9.2	Resultater	28
9.2.1	Bidrag fra de kloakerede oplande.....	28
9.2.2	Nybro	28
9.2.3	Overpumpning fra Hornslet til Mørke Renseanlæg	28
9.2.4	Vandstanden i Kattegat	29
9.3	Afstrømningsforhold.....	29
10	Bilagsoversigt	31

1 Indledning og baggrund

Ryom Å ligger i Grenåens vandområde. I den senere tid har der, ifølge lods-ejerne langs Ryom Å, været tiltagne problemer med oversvømmelser og kraftige opstuvninger i nær oplandene til vandløbet og dets sidegrene. På denne baggrund er den hydrauliske tilstand i Ryom Å undersøgt. Fokusstrækningen er strækningen mellem Falkær Bro til Kolind Bro, se Figur 1.1.



Figur 1.1. Oversigtskort med vandløbsstrækninger. Fokusområdet i denne afrapportering er strækningen fra Falkær Bro til Kolind Bro.

Undersøgelsen bygger blandt andet på en netop udført vandløbsopmåling.

Der er en del forhold, der påvirker vandføringen i Ryom Å:

- Pumperne i pumpelaget ved Kolindsund
- Faldforholdene i vandløbet
- Bidrag fra kloakerede oplande
- Vandstanden i Kattegat

Der er i denne afrapportering, og efter aftale med Syddjurs Kommune, fokuseret på punkterne vedrørende bidragene fra de kloakerede oplande samt Kattegat-vandstandens påvirkning på forholdene i vandløbssystemet. For bidragene fra de kloakerede oplande er det specielt undersøgt, om overpumpningen af spildevand fra Hornslet til Mørke Renseanlæg har påvirkning på vandstanden i Ryom Å.

Beregningerne i nærværende rapport er foretaget ud fra data fra primo 2007.

2 Beregningsmodeller

Vandføringen i Ryom Å er summen af flere forskellige bidrag - afstrømningen fra marker, grundvandstilstrømning, tilledninger fra dræn og sidetilløb samt afstrømning fra de befæstede arealer i byerne.

For at beskrive forholdene i Ryom Å er det valgt at betragte vandføringen som summen af to typer bidrag, henholdsvis bidragene fra de kloakerede oplande og de naturlige bidrag.

Bidragene fra de kloakerede oplande er beskrevet med hydrauliske beregninger i en kloakmodel. Med denne model er vandets transport, fra det falder som regn, til det ledes ud i Ryom Å, beskrevet.

De naturlige bidrag er beskrevet gennem en konceptuel vandløbsmodel for Ryom Å. Med denne model er bidragene fra sidetilløbene samt de laterale bidrag fra markafstrømning og grundvand beskrevet.

Forholdene i selve Ryom Å er beskrevet med hydrauliske beregninger foretaget i en vandløbsmodel. I denne model er bidragene fra de kloakerede oplande og de naturlige bidrag samlet, og heraf er vandføringen og vandstanden i vandløbet beskrevet.

3 Kloakmodellen

Kloakmodellen er en dynamisk model, hvilket betyder, at varierende belastninger af kloaksystemet i form af historiske nedbørsmålinger kan beskrives.

Resultatet af kloakmodellen er tidsserier for hvert enkelt udløb, som beskriver udledningerne til Ryom Å og sidetilløbene.

De hydrauliske beregninger i kloakmodellen er gennemført med randbetingelser i form af en regnserie, oplandsbeskrivelser, bassin- og bygværksbeskrivelser samt koblinger og overpumpninger.

Nedenstående er de kloakerede oplande fra Syddjurs Kommune, som bidrager til vandføringen i Ryom Å, afbilledet på Figur 3.1.



Figur 3.1. Byer med afstrømning til Ryom Å eller et af sidetilløbene.

4 Den konceptuelle vandløbsmodel

I den konceptuelle vandløbsmodel er fordelingen af de naturlige bidrag til Ryom Å beskrevet. Bidragene er fordelt på henholdsvis sidetilløb og laterale tilledninger.

De naturlige bidrag er beregnet på baggrund af vandføringsmålinger foretaget i Ryom Å. Resultatet af den konceptuelle vandløbsmodel er tidsserier, der beskriver tilstrømningerne til Ryom Å.

5 Vandløbsmodellen

Vandløbsmodellen er som kloakmodellen også en dynamisk model. Med modellen kan variationer i vandføringen og vandstanden i Ryom Å beskrives ud fra bidragene fra de kloakerede oplande og de naturlige bidrag samt påvirkningen fra vandstanden i Kattegat.

Modellen omfatter Ryom Å, Nordkanalen, Sydkanalen og Grenåen med særlig fokus på Ryom Å.

De hydrauliske beregninger i vandløbsmodellen er gennemført på baggrund af vandløbets geometriske udformning, bidragene fra de kloakerede oplande samt naturlige bidrag, pumpebidragene fra Kolindsund, vandstanden i Kattegat og modstanden i vandløbet i form af grøde.

Nedenstående er kort beskrevet anvendelsen af vandløbets geometriske udformning, de urbane og naturlige bidrag samt vandstanden i Kattegat. En nærmere beskrivelse af opsætningen af vandløbsmodellen er vedlagt i bilag 2.

5.1 Vandløbets geometriske udformning

Ryom Å's geometriske udformning er ved modellen beskrevet ud fra opmålinger foretaget i perioden 14.-29. november 2007. Opmålingerne er foretaget fra vandløbets start ved Falkær Bro til Kolindbro. Nordkanalen, Sydkanalen og Grenåen er beskrevet ud fra ældre opmålinger.

Broer og rørunderføringer er på strækningen fra Falkær Bro til Kolindbro ligeledes beskrevet ud fra opmålingen. På de øvrige vandløbsstrækninger er der ikke taget hensyn til broer og rørunderføringer.

5.2 Bidrag fra de kloakerede oplande og naturlige bidrag

Bidragene fra de kloakerede oplande er geografisk indbygget i modellen, så de svarer til det, der er beskrevet i spildevandsplanerne. For de udledninger, som ikke foregår direkte til Ryom Å, men til sidetilløb, er der beregnet en forsinkelse i forhold til afstanden til Ryom Å.

De naturlige bidrag i form af sidetilløbene er geografisk indbygget i modellen således, at tilstrømningerne sker i stationeringerne svarende til opmålingen og kortmateriale.

De naturlige bidrag i form af de laterale tilstrømninger er fordelt i stationeringer langs hele vandløbet i forhold til oplandsstørrelserne.

5.3 Vandstanden i Kattegat

Vandløbet har udløb i Kattegat ved Grenå Havn. Vandstanden i Kattegat har dermed betydning for forholdene i vandløbet.

I modellen er vandstanden i Grenå Havn anvendt som nedre randbetingelse.

6 Kalibreringen

Med en kalibrering sammenholdes vandløbsmodellens resultater med målinger foretaget i vandløbet.

Formålet med kalibreringen er at tilpasse modellen til de observerede forhold, og kontrollere om modellen kan anvendes til at beskrive de observerede forhold tilfredsstillende.

6.1 Kalibreringsdata

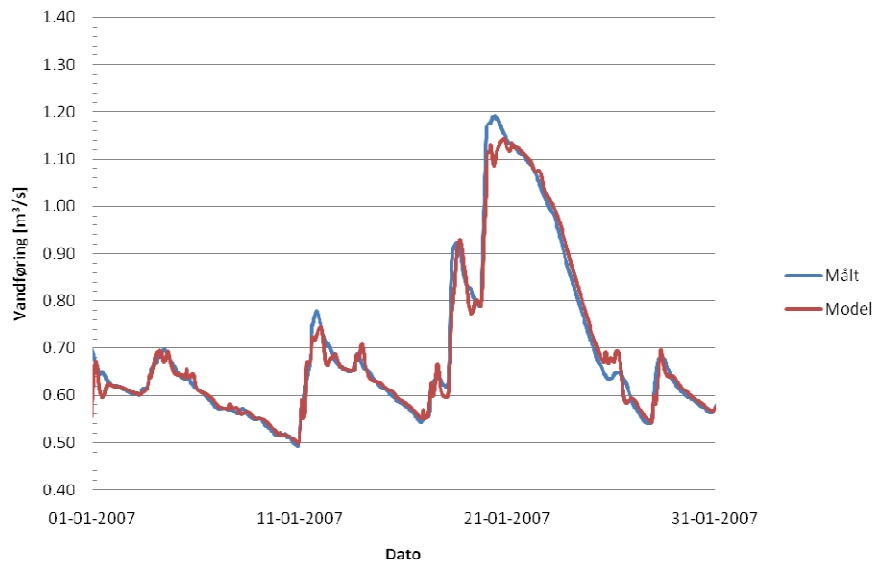
I kalibreringen af vandløbsmodellen for Ryom Å er der anvendt kalibreringsdata i form af en vandstand og en vandføring målt på en enkelt station i vandløbet. Det betyder, at kalibreringsdata består af to tidsserier, som viser henholdsvis vandstanden og vandføringen i netop dette punkt.

Kalibreringsdata for modellen stammer fra målestationen ved Ryomgård Bro svarende til station 11.226 i vandløbet.

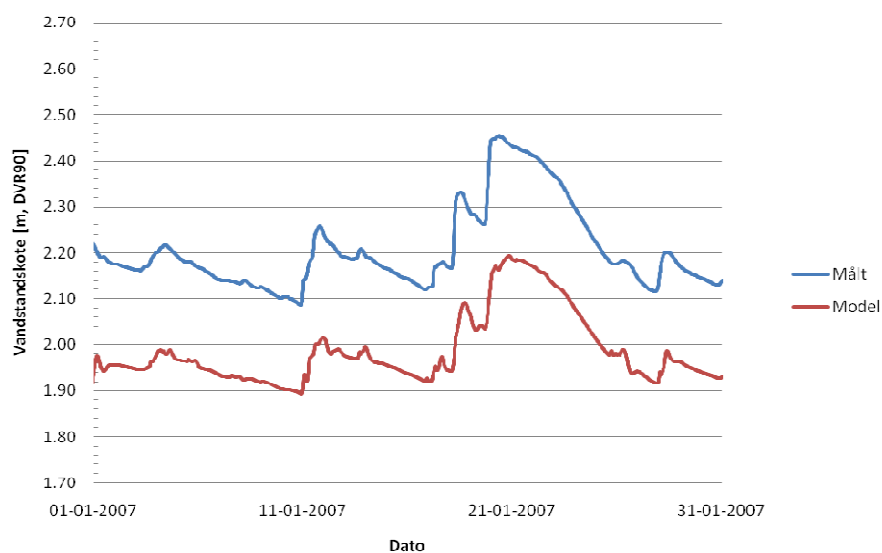
6.2 Kalibreringsresultat

Kalibreringen er foretaget således, at de målte tidsserier for vandføringen og vandstanden er sammenholdt grafisk med tilsvarende beregnede tidsserier fra vandløbsmodellen.

Perioden for kalibreringen er valgt fra den 1. januar 2007 til den 31. januar 2007. Resultatet af kalibreringen ses nedenstående på Figur 6.1 og Figur 6.2.



Figur 6.1. Kalibreringsresultat for vandføringen i januar 2007.



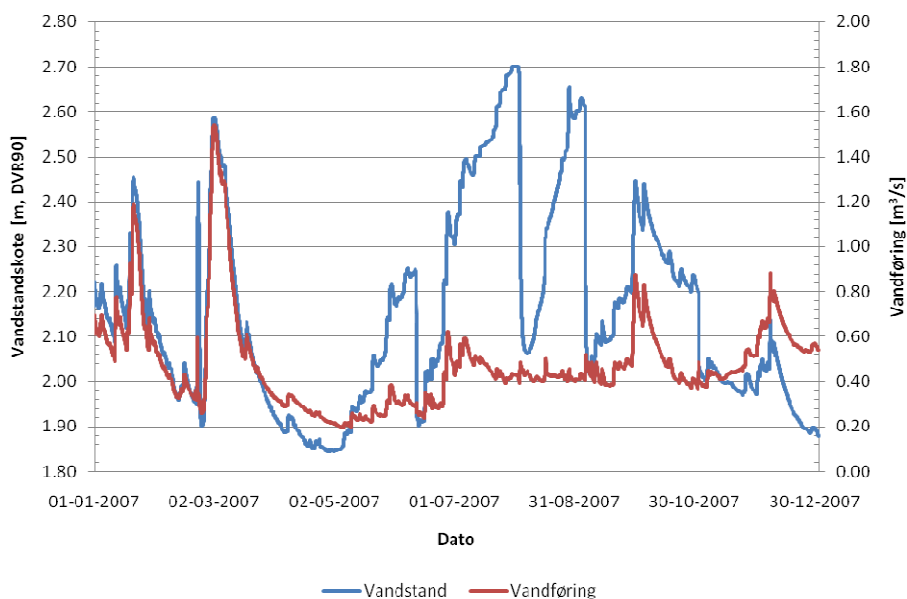
Figur 6.2. Kalibreringsresultat for vandstanden i januar 2007.

Kalibreringsresultatet for vandføringen i januar 2007 viser, at der er en tilfredsstillende overensstemmelse mellem den beregnede vandføring og den målte vandføring. Modsat viser kalibreringsresultatet for vandstanden i januar 2007, at der ikke kan opnås en tilfredsstillende beskrivelse af vandstanden.

I kalibreringen er der anvendt et Manningtal på 21. Manningtallet er en koefficient, der beskriver modstanden i et vandløb. Et lille Manningtal betyder en stor modstand og høj vandstand, mens et stort Manningtal betyder en lille modstand og lav vandstand.

Manningtallet for vandløbet i vinterperioden bør erfaringsmæssigt ligge i intervallet 20 – 25. En yderligere reduktion af Manningtallet, for at opnå en højere vandstand, vil derfor ikke afspejle realistiske forhold.

For at undersøge nærmere, hvorfor der ikke kan opnås en tilfredsstillende beskrivelse af vandstanden med den opstillede model, er målingen af vandstanden og vandføringen analyseret. Nedenstående på Figur 6.3 ses vandføringen og vandstanden målt i 2007.



Figur 6.3. Vandstand og vandføring på st. 11.226 Ryomgård Bro i 2007.

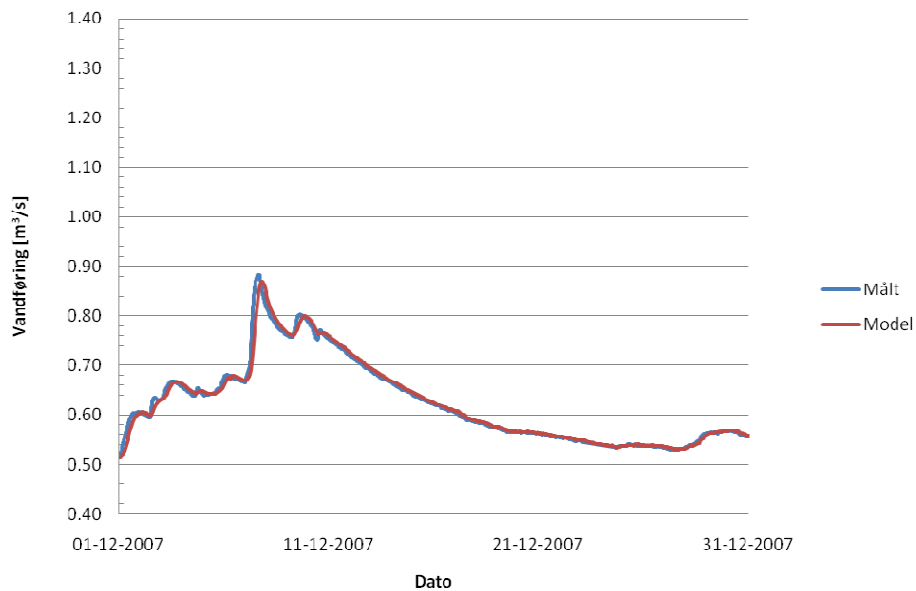
Den målte vandstand og vandføring viser de to hændelser i januar og februar måned, hvor der blev observeret høj vandstand og vandføring. Herudover ses der 3 bratte fald i vandstanden henover sommeren og i starten af efteråret, hvor vandføringen ikke ændres. Faldene i vandstanden afspejler vedligeholdelsen af vandløbet i form af grødeskæring.

Primo november ses der også et brat fald i vandstanden på ca. 20 cm, men uden de store ændringer i vandføringen. Faldet skyldes ikke, at der er foreta-

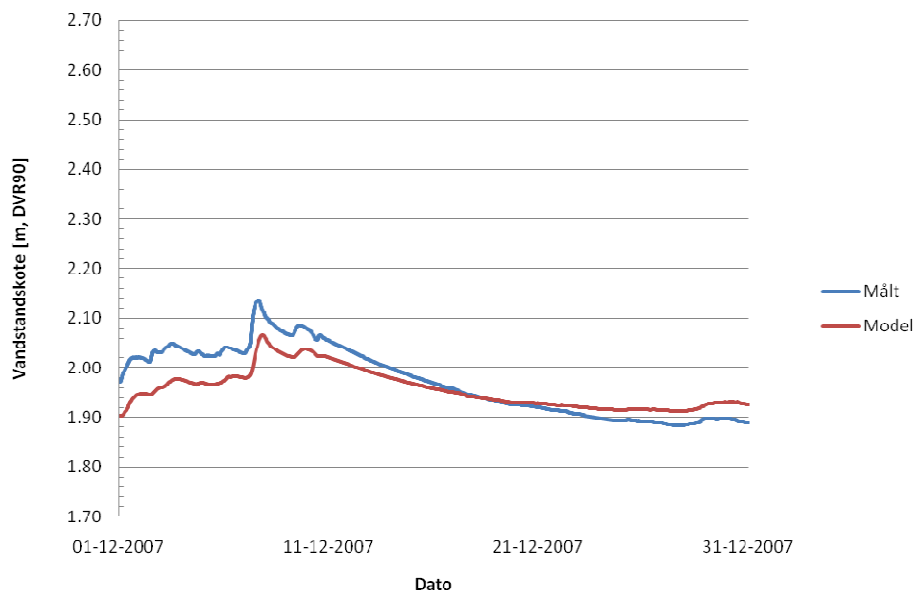
get grødeskæring. Faldet formodes at skyldes ændringer i de fysiske forhold i vandløbet, f.eks. i form af opgravning af materiale i nærheden af målestationen. Syddjurs Kommune har ikke foretaget vedligeholdelse af vandløbet i denne periode.

Som tidligere beskrevet er modellen opstillet ud fra opmålinger foretaget i perioden 14.-29. november 2007, altså umiddelbart efter de formodede fysiske ændringer skulle være foretaget.

For at undersøge om de formodede fysiske ændringer er årsagen til, at vandstanden ikke kan beskrives tilfredsstillende i januar måned, er modellen kalibreret i forhold til vandstands- og vandføringsmålinger foretaget i december måned 2007. Resultatet af kalibreringen ses på Figur 6.4 og Figur 6.5.



Figur 6.4. Kalibreringsresultat for vandføringen i december 2007.



Figur 6.5. Kalibreringsresultat for vandstanden i december 2007.

Kalibreringsresultatet for vandføringen og vandstanden i december 2007 på Figur 6.4 og Figur 6.5 viser, at der med vandløbsmodellen er opnået en tilfredsstillende beskrivelse af forholdene i vandløbet efter de formodede fysiske ændringer primo november 2007.

I det følgende er modellen anvendt til en række modelkørsler for nærmere undersøgelse af påvirkningen på forholdene i vandløbet fra forskellige bidrag. Problemerne omkring kalibreringen af vandløbsmodellen påvirker ikke de følgende undersøgelser, da de er gennemført gennem relative betragtninger, hvor modelkørslerne sammenlignes.

7 Modelkørsler

Formålet med den hydrauliske vandløbsmodel var som udgangspunkt, at beskrive de eksisterende forhold i Ryom Å. Herudover skulle påvirkningen fra henholdsvis vandstanden i Kattegat og bidragene fra de kloakerede opland undersøges nærmere med særlig fokus på overpumpningen af spildevand fra Hornslet til Mørke Renseanlæg.

Påvirkningerne er undersøgt gennem modelkørsler. Der er i alt foretaget 4 modelkørsler:

- Modelkørsel nr. 1. Alle bidrag fra de kloakerede oplande og de naturlige bidrag samt pumperne fra Kolind Sund er medtaget. Der er anvendt nedbørsdata og vandstandsdata fra januar 2007.
- Modelkørsel nr. 2. Bidragene fra de kloakerede oplande er ikke medtaget. Alle de naturlige bidrag samt pumperne fra Kolind Sund

er medtaget. Der er anvendt nedbørsdata og vandstandsdata fra januar 2007.

Modelkørsel nr. 3. Overpumpningen af spildevand fra Hornslet til Mørke Renseanlæg er ikke medtaget. Alle øvrige bidrag fra de kloakerede oplande og de naturlige bidrag samt pumperne fra Kolind Sund er medtaget. Der er anvendt nedbørsdata og vandstandsdata fra januar 2007.

Modelkørsel nr. 4. Der er anvendt en fast øvre lateral randbetingelse på $0,016 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ svarende til en vandføring ved Ryomgård bro på ca. $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette svarer til vandføringen medio januar 2007. Pumperne fra Kolind Sund er ikke medtaget. Herudover er der som nedre randbetingelse anvendt en vandstand på 0,5 m. Vandstanden er fastholdt indtil der er opnået ligevægt i vandløbssystemet. Efter der er opnået ligevægt, er vandstanden ændret til minus 0,5 m og modelkørslen fortsat, indtil der igen er opnået ligevægt i vandløbssystemet.

Påvirkningen fra bidragene fra de kloakerede oplande er undersøgt ved at sammenligne resultaterne af modelkørsel nr. 1 og nr. 2. Påvirkningen er vurderet ud fra vandføringerne og vandstanden.

Til undersøgelsen af påvirkningen fra overpumpningen af spildevand fra Hornslet til Mørke Renseanlæg er modelkørsel nr. 1 og nr. 3 sammenholdt. Påvirkningen er ligeledes vurderet ud fra vandføringen og vandstanden.

Kattegat-vandstandens påvirkning på forholdene i vandløbet er undersøgt ved at vurdere vandstanden og strømningshastighederne i vandløbet ved de to ligevægtssituationer ved modelkørsel nr. 4. Med modelkørslen er det undersøgt, hvor langt opstrøms vandstanden påvirker strømningsforholdene og hvor lang tid der går, før påvirkningen forekommer.

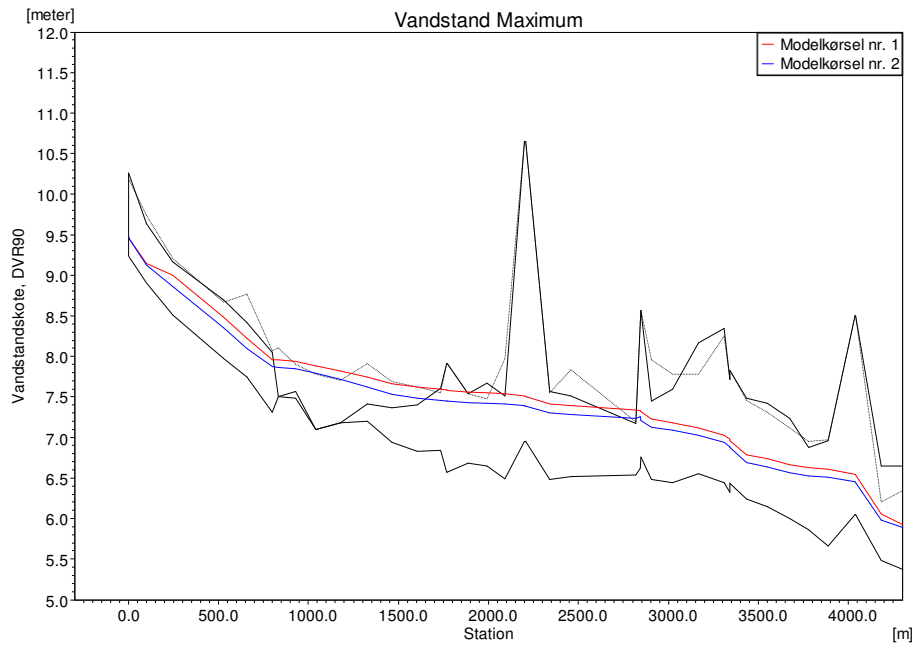
8 Resultater

Resultatet af de 4 modelkørsler danner grundlag for vurderingen af påvirkningerne på forholdene i vandløbet fra de kloakerede oplande og vandstanden i Kattegat.

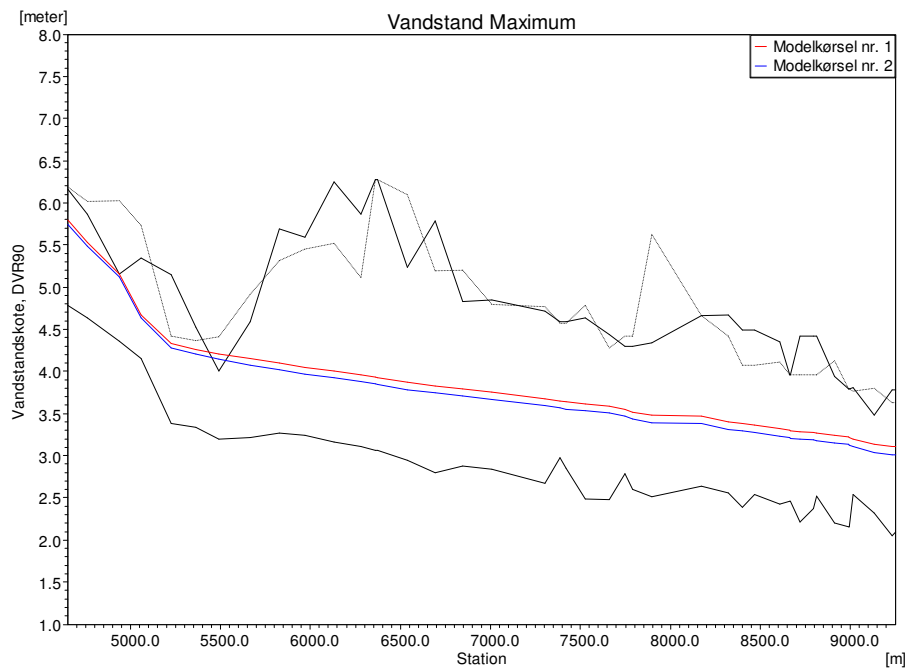
8.1 Påvirkningen fra de kloakerede oplande

Påvirkningen fra de kloakerede oplande er vurderet ved at sammenholde modelkørsel nr. 1 og nr. 2. Ved modelkørsel nr. 1 er alle bidrag medtaget i beregningen, mens bidragene fra de kloakerede oplande er udeladt ved modelkørsel nr. 2.

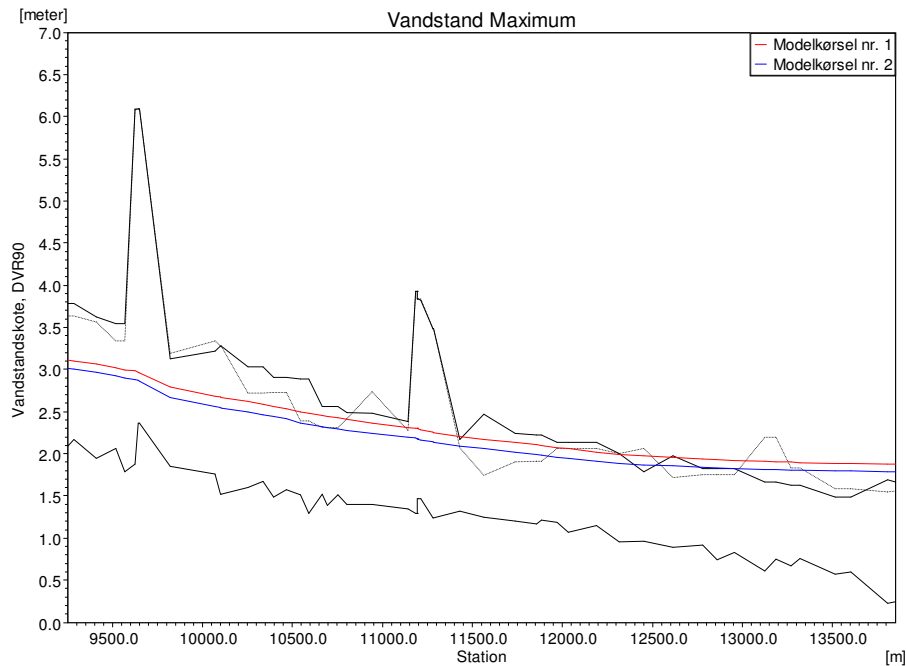
Nedenstående er de maksimale vandstande sammenholdt i de to modelkørsler på 3 længdeprofiler, se Figur 8.1, Figur 8.2 og Figur 8.3.



Figur 8.1. Længdeprofil 1 med de maksimale vandstande ved modelkørsel nr. 1 og nr. 2.



Figur 8.2. Længdeprofil 2 med de maksimale vandstande ved modelkørsel nr. 1 og nr. 2.

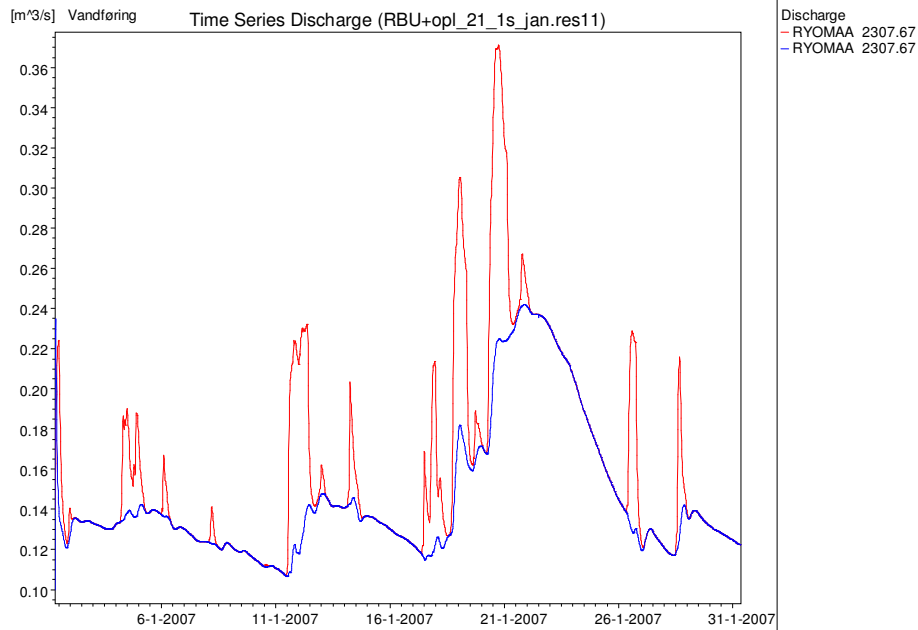


Figur 8.3. Længdeprofil 3 med de maksimale vandstande ved modelkørsel nr. 1 og nr. 2.

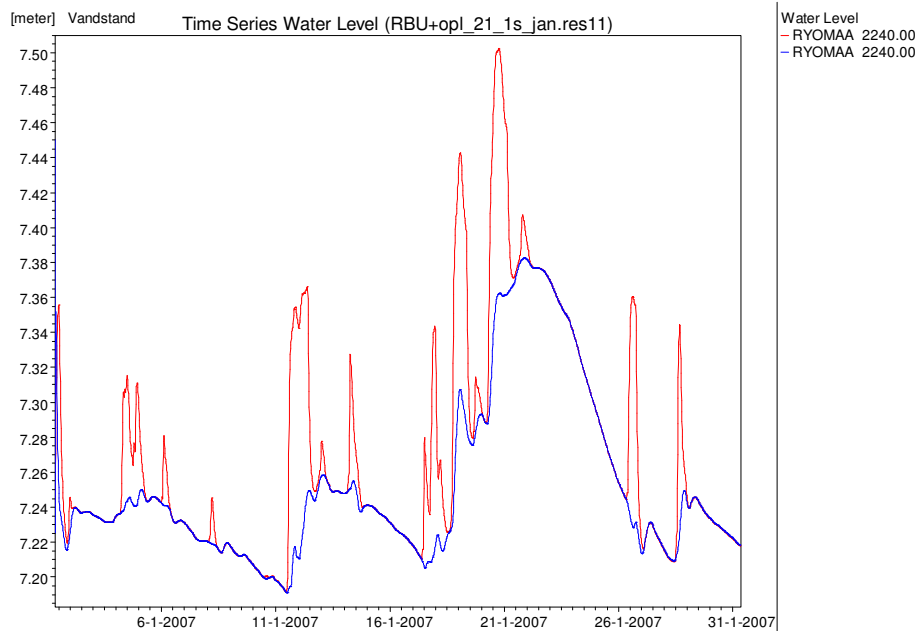
Længdeprofilerne viser, at forskellen mellem den maksimale vandstand ved modelkørsel nr. 1 og nr. 2 er ca. 15 cm. Dermed har bidragene fra de kloakerede oplande påvirkning på vandstanden i vandløbet.

Figur 8.3 viser, at den maksimale vandstand omkring st. 13.500 forårsager en lokal oversvømmelse i både modelkørsel nr. 1 og 2. St. 13.500 svarer til engområdet syd for Korupskov mellem Korupskovvej og Ballevej.

Nedenstående på Figur 8.4 og Figur 8.5 er vandføringen på st. 2.308 og vandstanden på st. 2.240 sammenholdt for de to modelkørsler. De 2 stationer er beliggende opstrøms Nybro, der ligger ved st. 2.876.



Figur 8.4. Vandføring på st. 2.308 i de to modelkørsler (rød er modelkørsel nr. 1, mens blå er modelkørsel nr. 2).



Figur 8.5. Vandstand på st. 2.240 i de to modelkørsler (rød er modelkørsel nr. 1, mens blå er modelkørsel nr. 2).

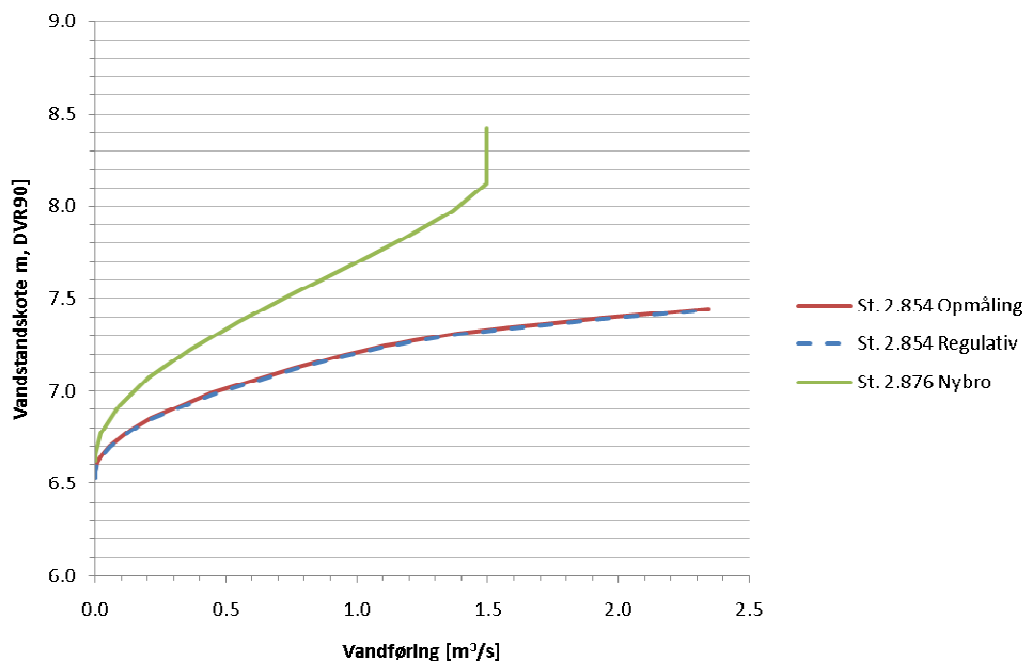
Figur 8.4 og Figur 8.5 viser, at bidragene fra de kloakerede oplande har en stor betydning for de maksimale vandføringer og vandstande. Figurerne viser dog også, at udbredelsen af de maksimale hændelser kun forekommer i korte perioder. Hændelsen omkring den 21. januar er således på ca. 24 timer.

Til sammenligning af vandstandene viser en beregning af vintermiddel vandspejlet med et Manningtal på 25, og med de regulativmæssige forhold, en vandstandskote på ca. 7,5 m DVR90 på st. 2.240 ved en vandføring på 0,19 m³/s. Dette svarer til en vanddybde på ca. 0,5 m.

Ligeledes viser en beregning af medianmaksimumvandspejlet med et Manningtal på 25, og med de regulativmæssige forhold, en vandstandskote på ca. 7,9 m DVR90 på st. 2.240 ved en vandføring på 0,46 m³/s. Det svarer til en vanddybde på 0,9 m.

Den maksimale vandstand ved beregningen i modelkørsel nr. 1 svarer altså til det regulativmæssige vintermiddel vandspejl.

I forhold til rørunderføringen under Nybro viser en beregning af kapaciteten i rørlægningen, at rørunderføringen er begrænsende i forhold til vandløbstværsnittet ca. 20 m opstrøms. På nedenstående Figur 8.6 er dette angivet med Qh-relationer.



Figur 8.6. Qh-relation for Nybro st. 2.876 og vandløbstværsnittet 22 m opstrøms.

Figur 8.6 viser, at rørunderføringen under Nybro er begrænsende i forhold til vandløbstværsnittet 22 m opstrøms. Således vil en vandføring på ca. 0,6 m³/s medføre oversvømmelse ved st. 2.854. Betragtes vandføringerne i modelkørsel nr. 1 på Figur 8.4 ses det dog, at den maksimale beregnede vandføring i januar 2007 ikke overstiger 0,4 m³/s.

Figuren viser også, at Qh-relationen for det opmålte tværsnit på st. 2.854 er i overensstemmelse med Qh-relationen for det regulativmæssige tværsnit på stationen.

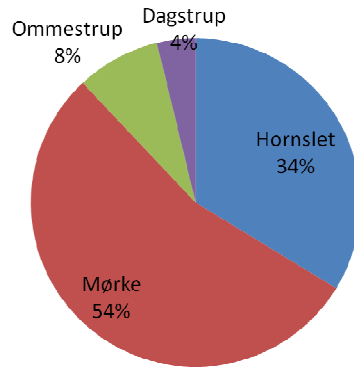
Qh-relationerne er beregnet på baggrund af vandløbsopmålingerne, og det er forudsat, at der ikke er aflejret materiale i rørunderføringen, som nedsætter tværsnitsarealet.

Det er undersøgt hvilke byområder i Syddjurs Kommune, der ligger opstrøms st. 2.240. Nedenstående tabel viser det samlede oplandsareal i byområderne, hvorfra der afledes overfladevand til Ryom Å. Tabellen viser også det samlede reducerede areal og det samlede bassinvolumen i byområderne. Byområderne markeret med gul ligger opstrøms st. 2.240, mens de øvrige byer ligger nedstrøms.

By	Areal [ha]	Red. areal [ha]	Bassin vol. [m ³]
Hornslet	69	17	2200
Mørke	104	33	2250
Ommestrup	14	4	650
Dagstrup	8	2	10
Thorsager	85	22	340
Pindstrup	70	17	2540
Ryomgård	118	28	4580
Mesballe	0.6	0.2	20
Koed	11	1.4	5
Kolind	107	21	2380
Nødager	19	3	7
Rostved	5	1.5	100
Korup	3	0.5	0
Essig	5	1	0
Tåstrup	12	3	1250
Feldballe	21	7	0
Skiffard	9	1.6	12
Nimtofte	33	6	940
Sum	693.6	169.2	17284

Tabel 8.1. Oplandsarealer og bassinvolumen i de enkelte byområder.

Nedenstående er vist bidragene for januar måned fra de fire byområder i Syddjurs Kommune, opstrøms st. 2.240, fordelt forholdsmæssigt i cirkeldiagrammet på Figur 8.7.



Figur 8.7. Procentvis fordeling af summerede bidrag fra kloakerede oplande i Syddjurs Kommune opstrøms st. 2.240 i januar 2007.

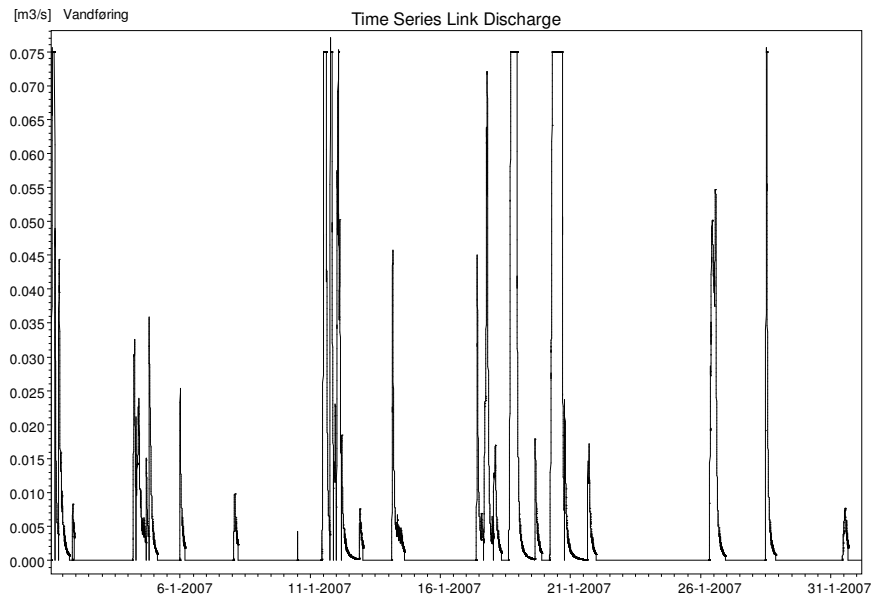
Figur 8.7 viser, at bidragene fra de kloakerede oplande i Mørke samlet set udgjorde over halvdelen af bidragene fra de kloakerede oplande opstrøms st. 2.240. Bidragene fra Hornslet udgjorde en tredjedel.

Påvirkningen på vandstanden og vandføringen fra de kloakerede oplande er altså betydende for forholdene i Ryom Å. Opstrøms Nybro udgjorde bidragene fra de kloakerede oplande i Mørke og Hornslet ca. 90 % af de samlede bidrag fra de kloakerede oplande i januar 2007.

8.2 Påvirkningen af overpumpningen fra Hornslet

Som i den foregående undersøgelse er overpumpningen fra Hornslet til Mørke Renseanlæg undersøgt ved at sammenholde to modelkørsler.

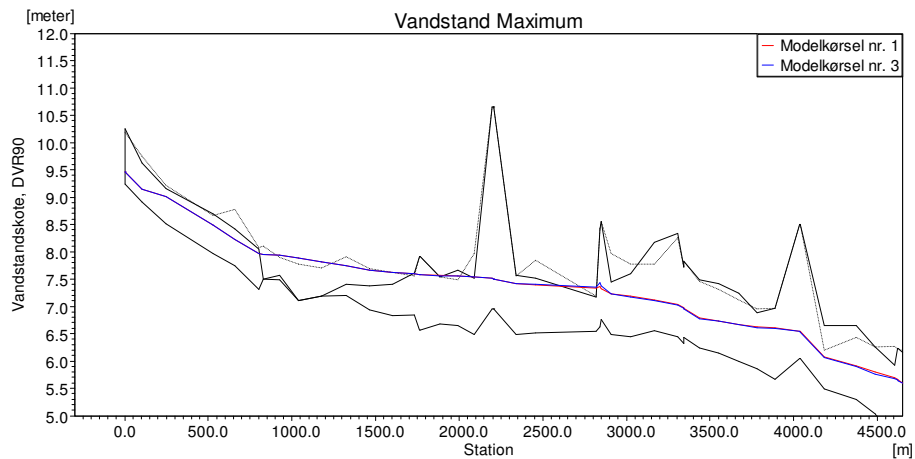
Ved modelkørsel nr. 1 er alle bidrag medtaget i beregningen, mens overpumpningen fra Hornslet er udeladt ved modelkørsel nr. 3. Overpumpningen i januar måned er afbilledet nedenstående på Figur 8.8.



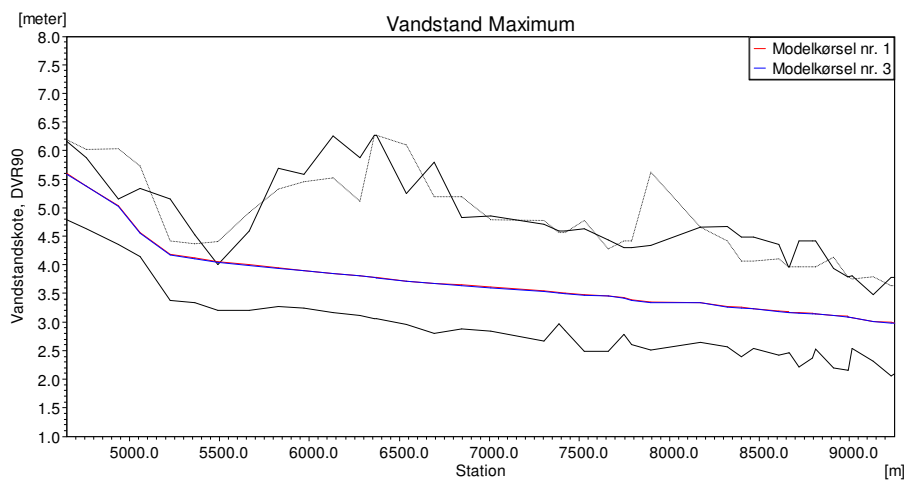
Figur 8.8. Overpumpning fra Hornslet til Mørke Renseanlæg i januar måned 2007.

Figur 8.8 viser, at der mellem den 20.-21. januar 2007 blev overpumpet spildevand fra Hornslet til Mørke Renseanlæg i omkring 12 timer med en maksimal vandføring på 75 l/s.

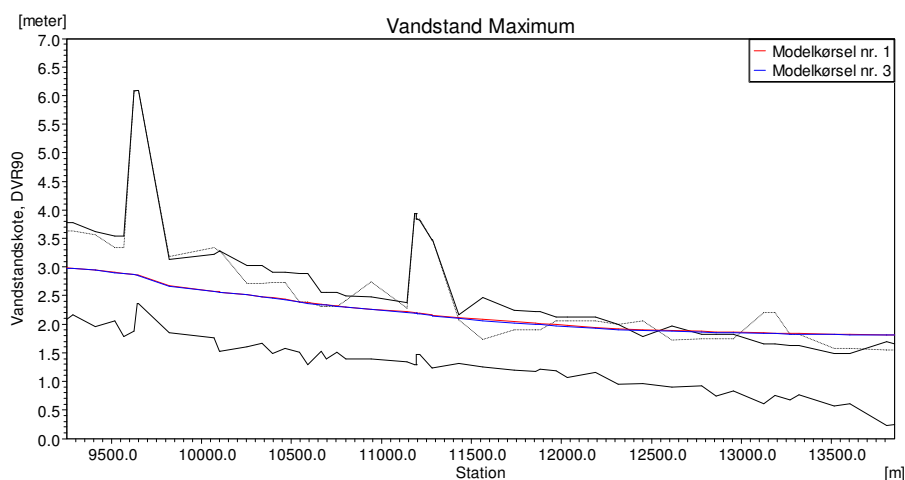
Nedenstående er de maksimale vandstande sammenholdt i de to modelkørsler på 3 længdeprofiler, se Figur 8.9, Figur 8.10 og Figur 8.11.



Figur 8.9. Længdeprofil 1 med de maksimale vandstande ved modelkørsel nr. 1 og nr. 3.



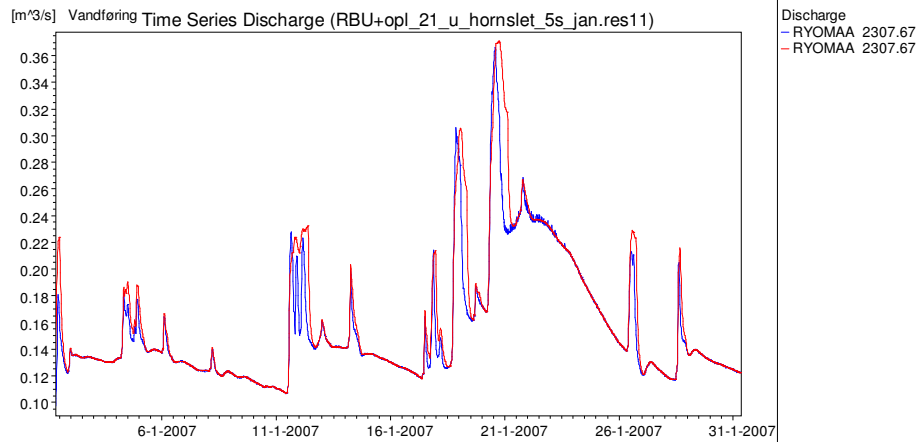
Figur 8.10. Længdeprofil 2 med de maksimale vandstande ved modelkørsel nr. 1 og nr. 3.



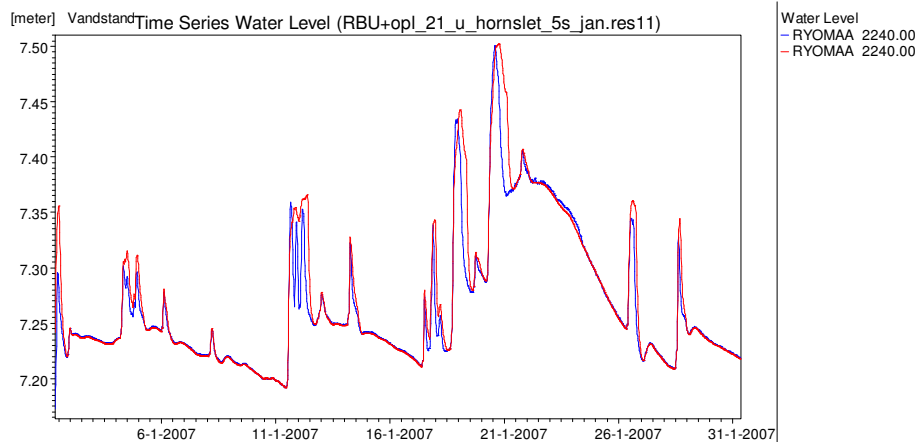
Figur 8.11. Længdeprofil 3 med de maksimale vandstande ved modelkørsel nr. 1 og nr. 3.

Figur 8.9, Figur 8.10 og Figur 8.11 viser, at der næsten ingen forskellen er mellem den maksimale vandstand ved modelkørsel nr. 1 og nr. 3. Det over-pumpede vand fra Hornslet udledes ved st. 370.

Nedenstående på Figur 8.12 og Figur 8.13 er vandføringen på st. 2.308 og vandstanden på st. 2.240 sammenholdt for de to modelkørsler.



Figur 8.12. Vandføring på st. 2.308 i de to modelkørsler (rød er modelkørsel nr. 1, mens blå er modelkørsel nr. 3).



Figur 8.13. Vandstand på st. 2.240 i de to modelkørsler (rød er modelkørsel nr. 1, mens blå er modelkørsel nr. 3).

Figur 8.12 og Figur 8.13 viser, at overpumpningen fra Hornslet har en lille påvirkning på længden af, hvor lang tid de maksimale vandføringer og vandstande forekommer. Omkring den 21. januar forlænges perioden med høj vandstand med cirka 12 timer.

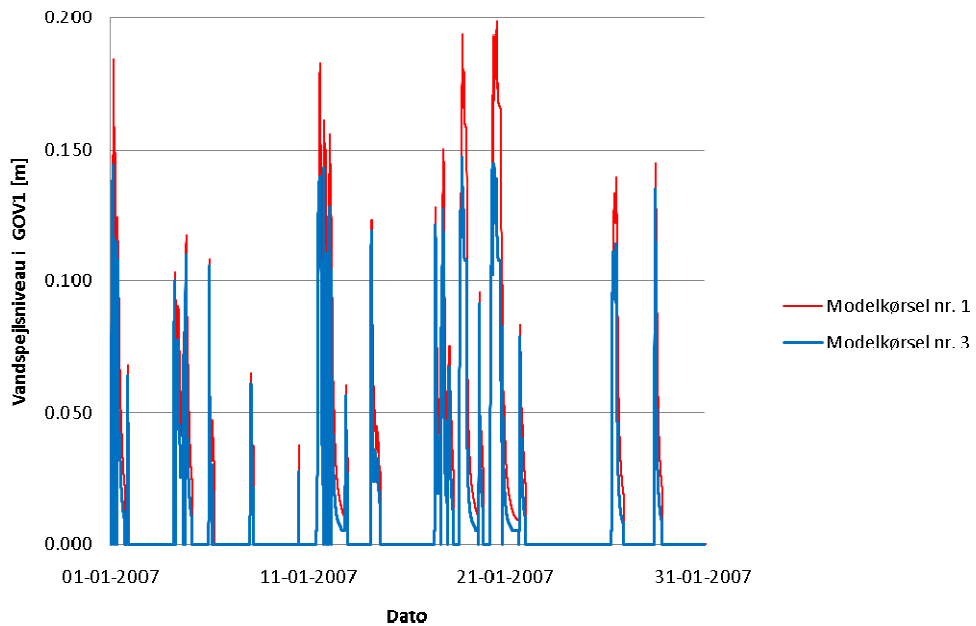
At overpumpning kun påvirker udbredelsen af de maksimale vandføringer og vandstande og ikke størrelsen skyldes, at bassinkapaciteten udnyttes bedre ved overpumpningen.

Overpumpningen fra Hornslet til Mørke er ved modellen beskrevet således, at vandet pumpes fra Hornslet til bassin GOV1 ved Mørke Renseanlæg. Vand fra Mørke ledes også til GOV1. Fra GOV1 ledes vandet til Mørke Renseanlæg.

Når den maksimale tilstrømning til Mørke Renseanlæg på 164 l/s overskrides, magasineres den øvrige tilstrømning i GOV1. Efter en regnhændelse, når til-

strømningen igen er under 164 l/s, ledes det magasinerede vand fra GOV1 til renseanlægget.

Magasineringsniveauet i GOV1 ses nedenstående på Figur 8.14, hvor vandspejlsniveauet over bunden er angivet for modelkørsel nr. 1 og nr. 3.

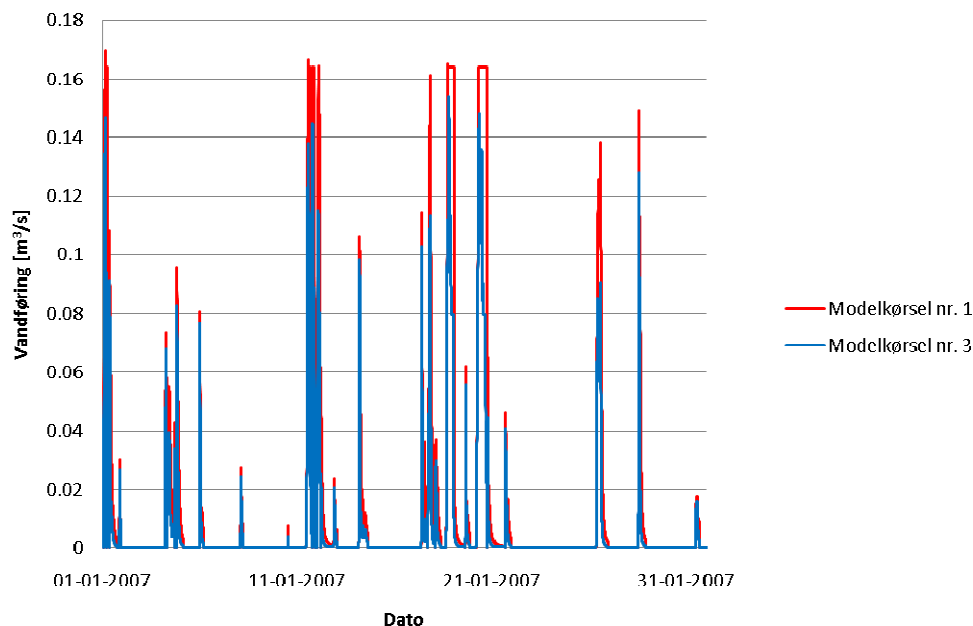


Figur 8.14. Vandspejlsniveau over bunden i bassin GOV1 ved modelkørsel nr. 1 og 3.

Det højere vandspejlsniveau ved modelkørsel nr. 1 i forhold til modelkørsel nr. 3 viser den bedre udnyttelse af bassinkapaciteten ved overpumpningen.

Der forekommer ikke overløb fra GOV1 ved modelkørslerne.

Nedenstående på Figur 8.15 er udløbsvandføringen fra Mørke Renseanlæg afbilledet.



Figur 8.15. Udløbsvandføring fra Mørke Renseanlæg.

På Figur 8.15 ses det, at den maksimale udløbsvandføring på 164 l/s fra Mørke Renseanlæg forekommer i længere perioder ved modelkørsel nr. 1 end ved modelkørsel nr. 3. Det skyldes, som tidligere beskrevet, at det magasinerede vand fra GOV1 ledes til renseanlægget efter regnhændelserne er ophørt. Dette medfører den større udbredelse af maksimalvandføringen og -vandstanden angivet på Figur 8.12 og Figur 8.13.

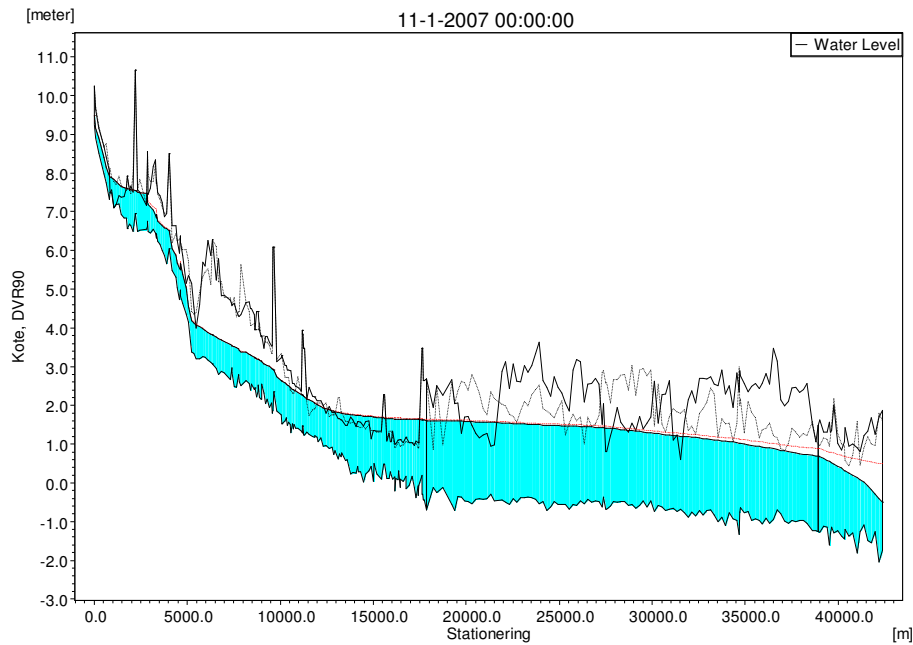
Figur 8.15 viser også, at udløbsvandføringen i perioderne mellem regnhændelserne er 0 m³/s. Dette er ikke korrekt, da der er en tørvejrsvandføring på 20 l/s fra renseanlægget. Tørvejrsvandføringen er ikke medtaget i beregningerne, da den kontinuerlige spildevandstilførsel til renseanlægget er vurderet at kunne negligeres i forhold til tilledningerne af overfladevand ved regnhændelserne.

Samlet set viser undersøgelsen af overpumpningen fra Hornslet til Mørke Renseanlæg, at påvirkningen på den maksimale vandstand og vandføring i Ryom Å er lille, mens der er påvirkning på udbredelsen af den maksimale vandstand og vandføring.

8.3 Påvirkning fra vandstanden i Kattegat

Påvirkningen på forholdene i vandløbet fra vandstanden i Kattegat er undersøgt ved modelkørsel nr. 4.

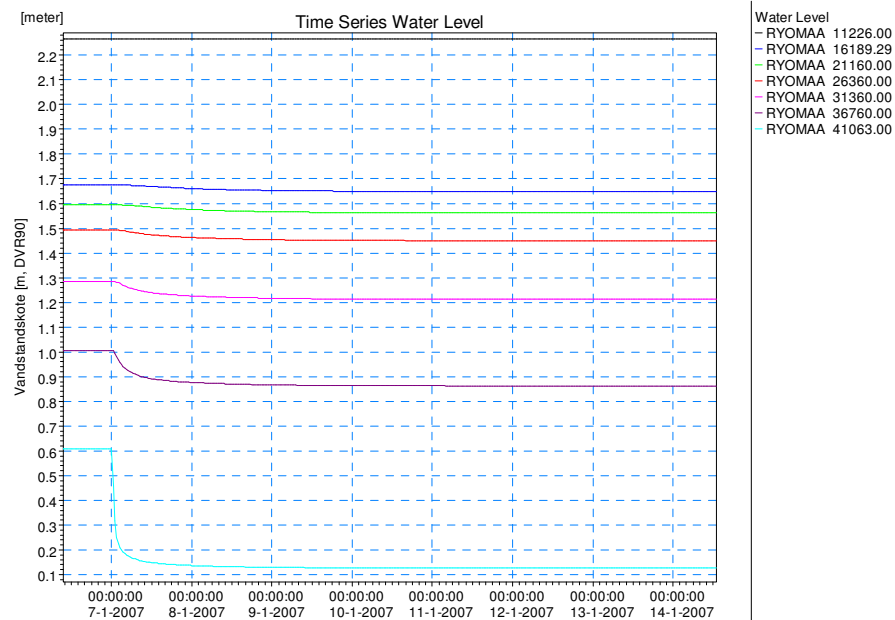
Nedenstående længdeprofiler viser vandstanden i vandløbssystemet ved ligevægt med en vandstand i Kattegat på henholdsvis 0,5 m og minus 0,5 m. Øvre rand i beregningen er en afstrømning til vandløbssystemet på 0,016 m³/s/km² svarende til en vandføring ved Ryomgård bro på ca. 1,2 m³/s. Dette svarer til vandføringen medio januar 2007. Bidragene fra pumperne i Kolind Sund er ikke medtaget i undersøgelsen.



Figur 8.16. Vandstanden i vandløbssystemet ved ligevægt med et lateralt bidrag på $0,016 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ og en vandstand i Kattegat på henholdsvis $0,5 \text{ m}$ (rød linje) og $\text{minus } 0,5 \text{ m}$ (blå skravering).

Figur 8.16 viser, at vandstanden i Kattegat påvirker vandstanden i vandløbet ca. 30 km opstrøms ved modelkørsel nr. 4.

For at undersøge, hvor lang tid der går, før påvirkningen fra vandstanden i Kattegat forekommer i vandløbet, er der på Figur 8.17 angivet tidsserier for vandstanden på 7 stationer.

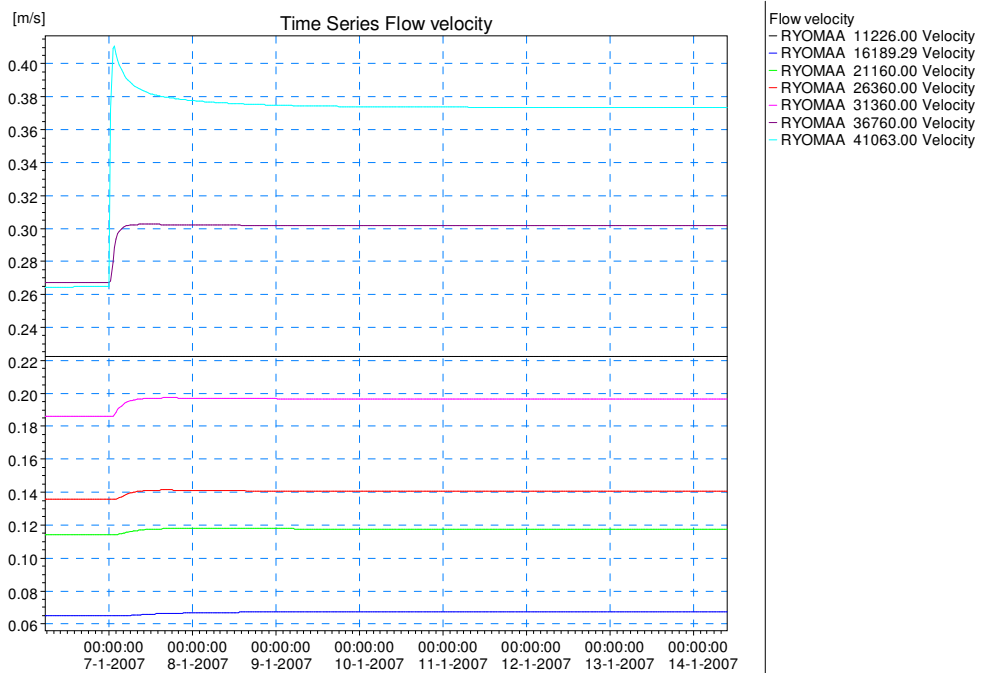


Figur 8.17. Vandstanden i forhold til tiden på 7 stationer i vandløbet.

På Figur 8.17 ses det, at fra ligevægtstilstanden d. 7. januar 2007 ved en vandstand i Kattegat på 0,5 m, til der igen er ligevægt i vandløbssystemet ved en vandstand på minus 0,5 m i Kattegat, går ca. 3 døgn.

Figuren viser også, at der på st. 21.160 (grøn kurve) ca. 21 km opstrøms Kattegat kun er en ændring i vandspejlet på ca. 3 cm efter 2 døgn.

For at undersøge påvirkningen på strømningshastigheden i vandløbet fra vandstanden i Kattegat, er der på Figur 8.18 angivet tidsserier for hastigheden på 7 stationer.



Figur 8.18. Hastigheden i forhold til tiden på 7 stationer i vandløbet.

Figur 8.18 viser, at påvirkning på hastigheden i vandløbet fra vandstanden i Kattegat er begrænset. På st. 21.260 (grøn kurve) ca. 21 km opstrøms Kattegat er hastigheden stort set ikke øget med ændringen i vandstanden i Kattegat.

Samlet viser undersøgelsen af påvirkningen fra vandstanden i Kattegat ved modelkørsel nr. 4, at påvirkningen er meget begrænset allerede ca. 21 km opstrøms Kattegat.

Det vurderes, at pumperne i Kolind Sund har en større påvirkning på forholdene i Ryom Å end vandstanden i Kattegat. Datagrundlaget for pumpestationerne er begrænset og består kun af pumpekapaciteter bestemt i forbindelse med en undersøgelse i 2000. I undersøgelsen er pumpekapaciteten bestemt som angivet i Tabel 8.2.

Pumpestation	Pumpekapacitet [m^3/s]
Enslev	3,1
Fannerup	2,5
Allelev	0,6

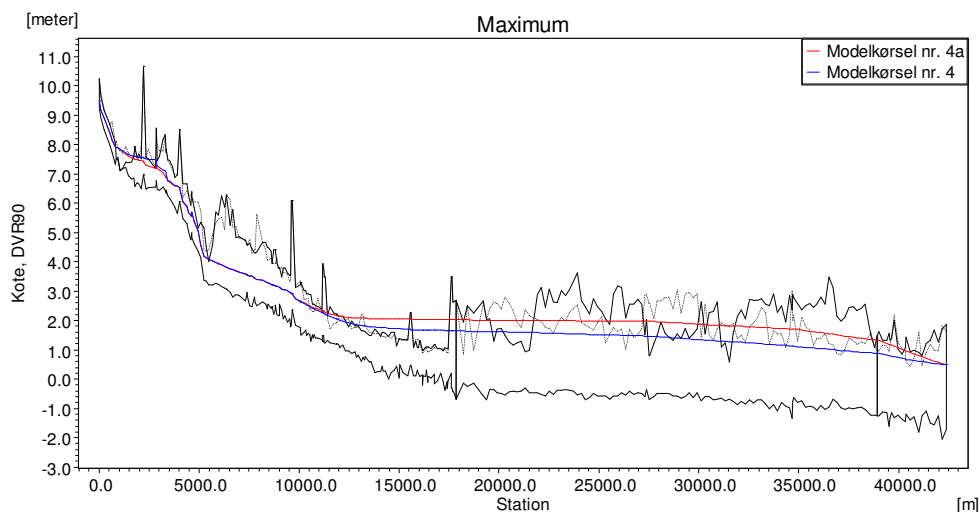
Tabel 8.2. Pumpekapaciteter.

For at lave en undersøgelse af pumpernes påvirkning på forholdene i Ryom Å i en situation med henholdsvis høj og lav vandstand i Kattegat, er der gennemført 2 supplerende modelkørsler.

Modelkørsel nr. 4a. Der er anvendt en fast øvre lateral randbetingelse på $0,016 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$. Pumperne fra Kolind Sund er medtaget med konstant bidrag som angivet i Tabel 8.2. Herudover er der som nedre randbetingelse anvendt en vandstand på 0,5 m.

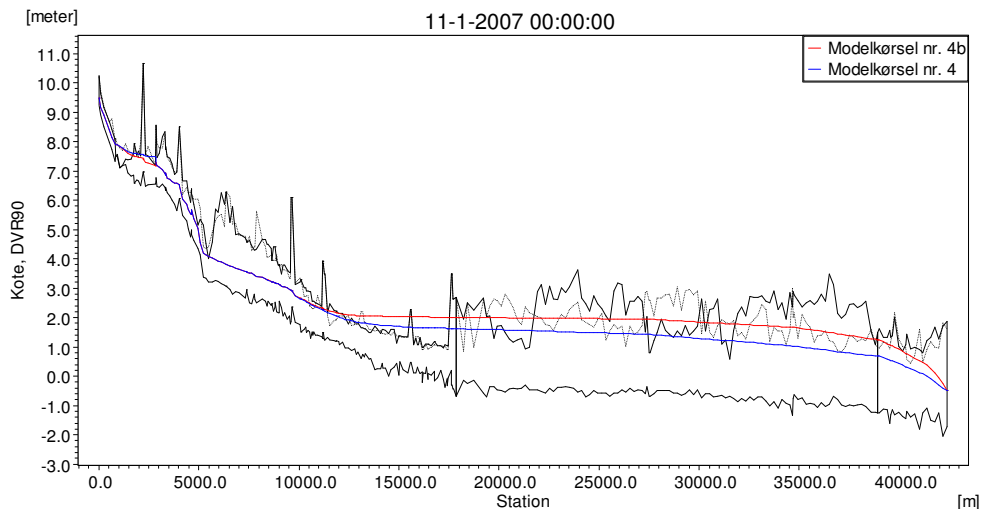
Modelkørsel nr. 4b. Der er anvendt en fast øvre lateral randbetingelse på $0,016 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$. Pumperne fra Kolind Sund er medtaget med konstant bidrag som angivet i Tabel 8.2. Herudover er der som nedre randbetingelse anvendt en vandstand på minus 0,5 m.

Resultatet af de 2 supplerende modelkørsler er angivet nedenstående på Figur 8.19 og Figur 8.20 i forhold til modelkørsel nr. 4.



Figur 8.19. Vandstandskote ved henholdsvis modelkørsel nr. 4 ved ligevægtssituationen med en vandstand i Kattegat på 0,5 m og vandstandskote ved modelkørsel nr. 4a.

Figur 8.19 viser, at påvirkning fra pumperne ved modelkørsel nr. 4a påvirker vandstandskoten i forhold til modelkørsel nr. 4 fra omkring st. 9.820 til udløbet, svarende til ca. 33 km opstrøms udløbet.



Figur 8.20. Vandstandskote ved henholdsvis modelkørsel nr. 4 ved ligevægtssituationen med en vandstand i Kattegat på minus 0,5 m og vandstandskote ved modelkørsel nr. 4b.

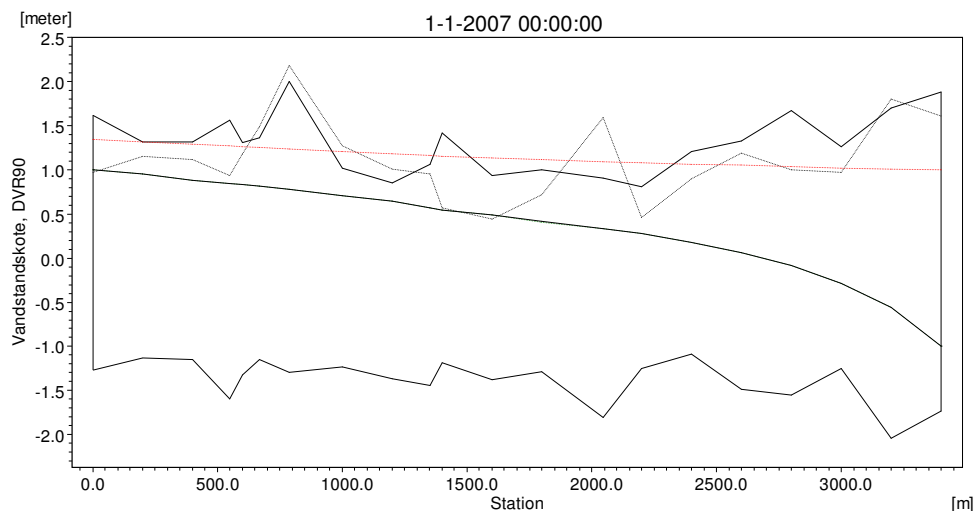
Som på Figur 8.19 viser Figur 8.20, at påvirkning fra pumperne ved modelkørsel nr. 4b påvirker vandstandskoten i forhold til modelkørsel nr. 4 fra omkring st. 9.820 til udløbet.

Ved at sammenholde modelkørsel nr. 4a og 4b på Figur 8.19 og Figur 8.20 ses det, at pumperne påvirker vandstandskoten ca. 33 km opstrøms udløbet under de givne forudsætninger, uanset vandstanden i Kattegat. Hvor langt opstrøms påvirkningen fra pumperne kan påvirke forholdene i Ryom Å afhænger af afstrømningen fra oplandene. Under en lille afstrømning vil påvirkningen være mindre udbredt end under en stor afstrømning.

På grund af det begrænsede datagrundlag skal undersøgelsen ses som en overordnet vurdering af pumpernes påvirkning. Ønskes en nærmere undersøgelse udført, bør pumpetiderne og pumpekapaciteten fra pumpestationerne undersøges nærmere.

De supplerende modelkørsler nr. 4a og nr. 4b viser som modelkørsel nr. 4, at påvirkningerne på forholdene i Ryom Å fra vandstanden i Kattegat er begrænset, mens pumperne i Kolind Sund har betydning for forholdene i Ryom Å.

Vandstanden i Kattegat her derimod betydning for vandføringskapaciteten i Grenå. Dette er afbilledet nedenstående på Figur 8.21 på længdeprofilet for Grenå, hvor vandstandskoten er angivet med en fast vandføring på $11,2 \text{ m}^3/\text{s}$ og med en vandstandskote på henholdsvis minus 1 m og 1 m.



Figur 8.21. Vandstandskote i Grenå med en fast vandføring og en vandstandskote på minus 1 m (sort linie) og en vandstandskote på 1 m (rød stiplede linie) i Kattegat.

Figur 8.21 viser, at Grenåen kan føre de $11,2 \text{ m}^3/\text{s}$ uden oversvømmelser ved en vandstandskote på minus 1 m i Kattegat, mens der vil forekomme oversvømmelser ved en vandstandskote på 1 m i Kattegat.

9 Konklusion

9.1 Modellerne

Der er opstillet en hydraulisk kloakmodel til beskrivelse af bidragene fra de kloakerede oplande til Ryom Å, mens de naturlige bidrag er beskrevet med en konceptuel model for vandløbet.

Til beskrivelse af forholdene i vandløbet er der opstillet en hydraulisk vandløbsmodel på baggrund af bl.a. bidragene fra de kloakerede oplande og de naturlige bidrag. Vandløbsmodellen er kalibreret for at justere og kontrollere modellen.

Kalibreringen af modellen viste, at modellen ikke kunne anvendes til beskrivelse af forholdene i vandløbet før primo november 2007. Årsagen hertil formodes at være, at der er foretaget fysiske ændringer i vandløbet i nærheden af målestationen primo november 2007, umiddelbart før vandløbsopmålingen blev foretaget.

De formodede fysiske ændringer afspejles i vandstandsmålingerne fra 2007, hvor der ses betydelige ændringer i forholdene primo november 2007.

Modellen er anvendt til undersøgelse af påvirkningen på forholdene i Ryom Å fra henholdsvis vandstanden i Kattegat og bidragene fra de kloakerede oplande. Undersøgelsen er foretaget gennem 4 modelkørsler.

Modelkørslerne er gennemført med nedbørsdata og vandføringsdata fra januar 2007 samt vandløbsopmålingen fra medio til ultimo november 2007.

De 4 modelkørsler omfatter:

Modelkørsel nr. 1 er gennemført med bidrag fra de kloakerede oplande og naturlige bidrag samt vandstanden i Kattegat som i januar 2007.

Modelkørsel nr. 2 er gennemført med naturlige bidrag samt vandstanden i Kattegat som i januar 2007.

Modelkørsel nr. 3 er gennemført med bidragene fra de kloakerede oplande, dog uden bidraget fra Hornslet, de naturlige bidrag samt vandstanden i Kattegat som i januar 2007.

Modelkørsel nr. 4 er gennemført med konstant afstrømning og varierende vandstand i Kattegat.

9.2 Resultater

9.2.1 Bidrag fra de kloakerede oplande

Resultatet af modelkørslerne er, at bidragene fra de samlede kloakerede oplande har en betydelig påvirkning på forholdene i Ryom Å. Undersøgelsen viser en ændring i den maksimale vandstand på ca. 15 cm og en væsentligt større maksimalvandføring på næsten en fordobling. Udbredelsen af de maksimale hændelser forekommer dog kun i kortere perioder.

Den beregnede maksimale vandstand svarer til vintermiddel vandspejlet beregnet med et Manningtal på 25 og med de regulativmæssige forhold.

Opstrøms Nybro har bidragene fra de kloakerede oplande i Mørke størst betydning for påvirkningen på forholdene i vandløbet.

9.2.2 Nybro

En undersøgelse af rørunderføringen under Nybro viser, at vandføringskapaciteten under broen er begrænsende i forhold til vandløbstværsnittet 22 m opstrøms. Således vil en vandføring på ca. 0,6 m³/s medføre oversvømmelse ved st. 2.854. Modelkørsel nr. 1 viser dog, at den maksimale beregnede vandføring i januar 2007 ikke overstiger 0,4 m³/s.

9.2.3 Overpumpning fra Hornslet til Mørke Renseanlæg

Undersøgelsen af overpumpningen fra Hornslet til Mørke Renseanlæg viser, at overpumpningen har en meget lille betydning for den maksimale vandstand og vandføring i Ryom Å. Den maksimale vandstand og vandføring i vandløbet er stort set uændret som følge af overpumpningen fra Hornslet.

I forhold til varigheden for de maksimale vandstande og vandføringer er disse forlænget ved overpumpningen.

At overpumpning kun påvirker udbredelsen af de maksimale vandføringer og vandstande og ikke størrelsen skyldes, at bassinkapaciteten udnyttes bedre med overpumpningen, mens der er større restkapacitet uden overpumpning.

9.2.4 Vandstanden i Kattegat

Kattegat-vandstandens betydning for vandstands- og strømningssforholdene i Ryom Å er meget begrænset. Undersøgelsen viser, at påvirkningen allerede ca. 21 km opstrøms Kattegat er meget lille både i forhold til vandstanden og strømningsshastigheden.

Der er gennemført en overordnet vurdering af pumperne i Kolind Sund omkring deres påvirkning på forholdene i Ryom Å gennem to supplerende modelkørsler. Vurderingen viser, at pumperne har større påvirkning på forholdene i Ryom Å end vandstanden i Kattegat.

Herudover har en undersøgelse af Kattegat-vandstandens påvirkning på vandføringskapaciteten i Grenåen vist, at vandføringskapaciteten afhænger af vandstanden i Kattegat.

Den samlede konklusion af modelkørslerne i vandløbsmodellen er, at bidragene fra de kloakerede oplande samlet set påvirker forholdene i Ryom Å, mens vandstanden i Kattegat ikke har nogen betydende påvirkning så langt opstrøms.

9.3 Afstrømningssforhold

Det har ikke været muligt at beskrive de observerede oversvømmelser i januar måned med vandløbsmodellen. Det er derfor ikke muligt at anvende modellen til beskrivelse af, hvor ofte lignende oversvømmelser vil kunne forekomme.

Sandsynligheden for lignende hændelser i er derfor vurderet ud fra registrerede vandstande og vandføringer i vandløbet på st. 11.226 i perioden 1977-2007. Vandstandene og vandføringerne i perioden er dog ikke direkte sammenlignelige på grund af ændret vedligeholdelses- og plejepraksis af vandløbet. Vurderingerne skal derfor tages med forbehold. Foruden vandstande og vandføringer er regnhændelserne i januar 2007 medtaget i vurderingen.

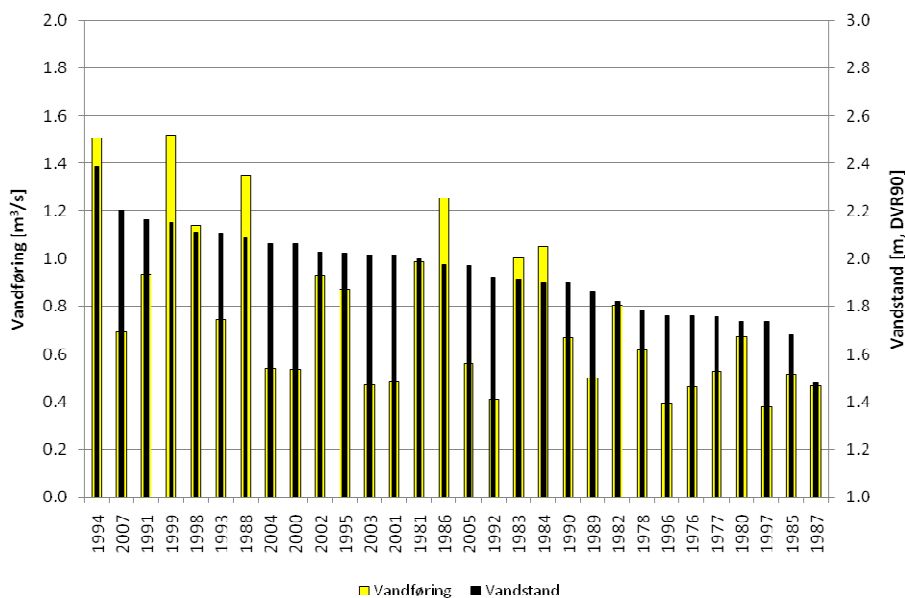
I januar måned forekom den største målte nedbørshændelse den 20. januar. Statistisk set var døgnnedbøren ved regnhændelsen mindre end 1 års regnhændelse. Det betyder, at man må forvente, at lignende regnhændelser vil forekomme mere end 1 gang om året. Det skal dog bemærkes, at der i januar måned 2007 forekom flere regnhændelser med forholdsvis stor døgnnedbør.

De gentagne regnhændelser gennem perioden har formentligt bevirket, at det naturlige magasineringssvolumen i oplandet har været opbrugt. Tilbageholdelsen af vandet i oplandet ved de større regnhændelser har derfor været minimal, mens afstrømningen til Ryom Å har været stor. Den samlede nedbør over flere koblede regnhændelser er derfor også af stor betydning for forholdene i vandløbet og fremgår ikke af den statistisk beregnede gentagelsesperiode.

Sammenholdes middelvandføringen i januar 2007 med middelvandføringen i januar for perioden 1977-2007 ses det, at middelvandføringen i januar 2007 var den 14. største. Dermed vil en middelvandføring svarende til den observerede i januar 2007 kunne forventes at forekomme ca. hvert andet år. Middelvandføringen i januar 2007 var ca. 10% mindre end gennemsnittet af middelvandføringerne i januar for perioden 1977-2007.

Hverken regnhændelserne eller middelvandføringen i januar 2007 indikerer, at der i denne måned skulle være forekommet nogle hændelser, som ligger langt fra det normale og som skulle forårsage de observerede oversvømmelser.

Betragtes derimod middelvandstandene i januar for perioden 1977-2007 ses det, at middelvandstanden i januar 2007 var meget høj. Dette er angivet nedenstående på Figur 9.1.



Figur 9.1. Middelvandføring og middelvandstand på st. 11.226 i januar 1977-2007.

Figur 9.1 viser, at middelvandstanden i januar 2007 var den anden største i perioden 1977-2007. På figuren ses ligeledes middelvandføringerne i januar i perioden. Sammenholdes middelvandføringerne og middelvandstandene ses det, at middelvandstanden var høj i forhold til middelvandføringen i 2007 sammenlignet med de øvrige år. Middelvandstanden i januar 2007 var 13% højere end gennemsnittet af middelvandstandene i januar for perioden 1977-2007. Dette svarer til ca. 26 cm.

Statistisk set vil regnhændelser og middelvandføringer som i januar 2007 også kunne forventes i fremtiden ud fra ovenstående undersøgelse. Sammenholdes dette med vandstanden, er der dog kun observeret én højere middelvandstand i januar for perioden 1977-2007.

10 Bilagsoversigt

Bilag nr.	Emne
1	Kloakmodellen, Modelopsætning
2	Vandløbsmodellen, Modelopsætning