

## Indholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Baggrund</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Hydraulisk Modellering</b>	<b>1</b>
2.1	Modelopsætning	1
2.2	Modelinput	2
2.3	Kalibrering	5
<b>3</b>	<b>Simulering</b>	<b>6</b>
3.1	Eksisterende forhold	6
3.2	Fremtidige forhold	7
3.3	Betydning af fordampning	16
<b>4</b>	<b>Resultater</b>	<b>17</b>

### 1 Baggrund

Som vurderingsgrundlag af konsekvenserne ved en vandspejlshævning i Åmose Å, er den eksisterende situation såvel som de fastlagte tre scenarier simuleret i en hydraulisk modelopsætning. Resultaterne af disse beregninger bliver brugt til dimensionering af opstuvningsbygværker og visualisering af de kommende vanddækkede arealer i Åmosen.

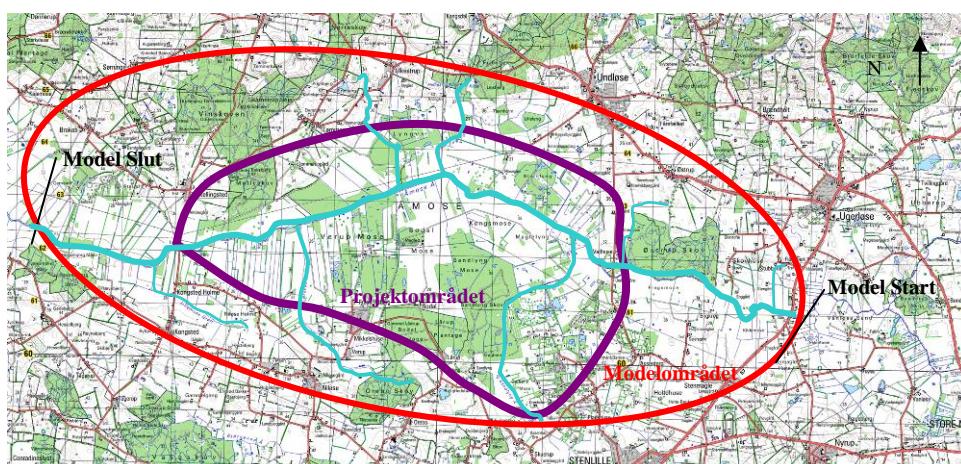
### 2 Hydraulisk Modellering

#### 2.1 Modelopsætning

Modellen over Åmose området er opbygget i MIKE 11, en 2-dimensional hydraulisk modelleringsværktøj til blandt andet dynamisk simulering af vandstande og vandføringer i vandløb. Åmose Å bliver primært analyseret i projektområdet mellem styrtet i Åmose Å (i station 9230) og Brovadgrøften (tilløber Åmose Å i station 14913). Modellen er derudover udvidet både opstrøms og nedstrøms fra projektområdet, så hele interesseområdet er dækket af modellen. Den simulerede strækning dækker dermed vandløbet fra Ugerløse Bro (station 3968) til nedstrøms Lillemosegrøften (station 18041) og slutter ved Bromølle (station 24433). Ud over hovedløbet er i alt 6 af de mest relevante sidetiløb inkluderet i modelopsætningen. Disse er:

- Sandlyng Å
- Muskebækken
- Fugle Å
- Lyngbækken
- Brovadgrøften
- Lillemosegrøften

Yderligere grøfter og dræn er ikke inkluderet i modellen, disse bliver dog efterfølgende vurderet på baggrund af de simulerede vandstande.

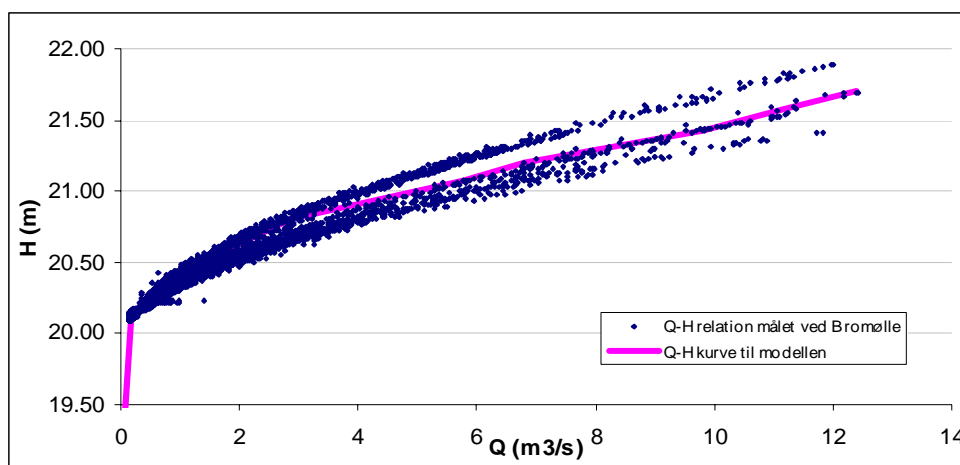


Figur 2-1 Åmose Å projekt- og modelområde

## 2.2 Modelinput

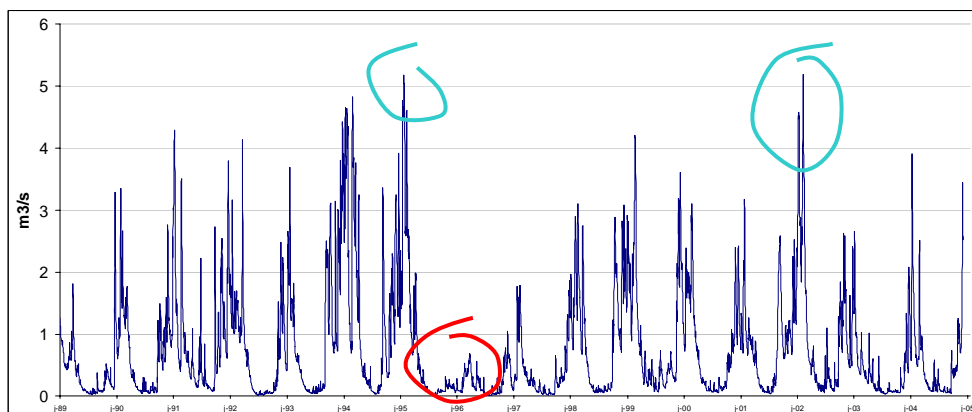
Tværsnittene igennem vandløb er primært baseret på opmålinger i 2002 samt målinger fra 1998 og 2006. I hovedløbet er tværsnittene udtaget med indbyrdes afstand af ca. 150m, hvorimod tværsnit for sidetilløb er registreret med i større afstand (200-1000m). Tværsnit i hovedløbet er efterfølgende forlænget igennem terrænet, baseret på opmålinger fra laserscanning 2006 og efterfølgende databehandling, så at en udvidelse af ådalen kan blive analyseret.

Afstrømnings og vandstandsmålinger ved henholdsvis Ugerløse Bro og Bro-mølle målestation fra 1989 til 2004 danner baggrundsinformationer til de hydrauliske forhold i Åmose Å. Den målte vandstand og afstrømning ved Bro-mølle målestation er omregnet til en Q-H-relation, denne er brugt som nedstrøms randbetingelse ved modellens ende.



Figur 2-2 Q-H randbetingelser ved modellens ende

Måleperiodens laveste afstrømninger optræder i august 1996, hvorimod de højeste afstrømninger er registreret i februar 1995 og i marts 2002.



Figur 2-3 Historisk afstrømning ved Ugerløse Bro

De statistiske vandføringer er beregnet for begge målestationer. Målinger ved Ugerløse primært bliver brugt som modellinput, disse er angivet nedenfor.

Tabel 2-1 Statistik for Åmose Å, afstrømningssituation ved Ugerløse Bro baseret på målinger mellem 1989 og 2004 (14 år)

Afstrømningssituation	Vandføring l/s	Vandføring l/s/km <sup>2</sup>
Absolut minimum (MIN)	16	0.14
Median Minimum (MedianMIN)	41	0.36
Median (50%)	368	3.3
Average (Middel)	731	6.5
Median Maksimum (MedianMax)	3601	32
Absolut maksimum (MAX)	5182	46

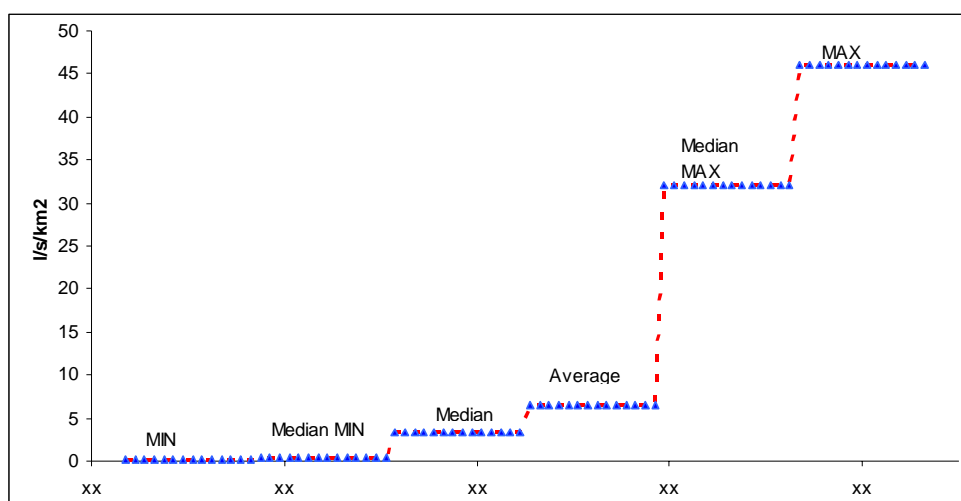
Suppleret med en detaljeret oplandsanalyse er afstrømningsmålinger ved Ugerløse Bro regnet om til overfladeafstrømninger af hele modelområdet. Afstrømningen er påført vandløbet som en lateral afstrømning afhængig af deloplandets areal. Oplandsarealer er beregnet baseret på terrænforhold og suppleret med regulativmæssige oplysninger.

Tabel 2-2 Oplandsstørrelser for hoved- og deloplande

Opland	km <sup>2</sup>
Opstrøms Ugerløse Bro	113
Sandlyng Å	39
Fugle Å	6
Muskebækken	10
Lyngbækken	6
Brovadgrøften	8
Lillemosegrøften	11
Samlet opland mellem sidetilløbne	50
Opland nedstrøms Lillemosegrøften	49
Samlet opland ved Bromølle	292

Som inputdata er afstrømningsmålinger mellem oktober 1994 og december 2002 valgt, for at dække over både de laveste og højeste vandføringer, der er registreret i måleperioden.

To typer tidsserier er brugt til simuleringer, hvorfra den ene er den historiske som vist i Figur 2-3, registreret ved Ugerløse Bro, omregnet til l/s/km<sup>2</sup>. Den anden tidsserie, vist i Figur 2-4, er et teoretisk afstrømningsscenario delt op efter karakteristiske afstrømninger baseret på målinger ved Ugerløse Bro.



Figur 2-4 Teoretisk afstrømnings scenario

### 2.3 Kalibrering

Modellen er kalibreret i forhold til de regulativmæssige vandstandsangivelser og enkelmålinger i Åmose Å.

Følgende parameter er justeret under kalibreringsprocessen:

- Ruhed (*Manning tal*) i Åmose å og sidetilløb
- Tværsnitsprofiler og bundkoter
- Fordampningstal

Ruhed er varieret fra et konstant Manning tal af  $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  til et varierende Manning tal afhængig af årstiden fra  $15\text{-}20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

De i regulativet anviste vandstandene ved maksimal sommerafstrømning af  $20 \text{ l/s/km}^2$  er simuleret og kontrolleret til alle skalapæle i projektområdet. Det viser sig, at den valgte ruhedsgrad for sommerperioden er lidt for høje (lave Manning tal) og resulterer dermed i for høje vandstande.

Det valgte Mannings tal afspejler dog udmærket den fremtidige situation med højere ruhed grundet kraftigere vegetation.

Tværsnitsprofiler af de forskellige opmålingsperioder er indarbejdet i modellen, enkelte profiler er dog revideret eller helt fjernet fra modellen for at sikre en korrekt beregning.

Fordampning er inkluderet i modellen via en månedsbaseret tidsserie. Fordampning er beregnet ud fra klimatologiske data som den potentielt mulige fordampning. Disse tal er tilgængelige via DMI (DMI 2000).

Fordampning fra åbne vandoverflader svarer erfaringsmæssigt til 1,1 gange den potentielle fordampning. For området ved Åmosen (DMI grid 20135) giver dette anledning til nedenstående værdier for fordampning.

Tabel 2-3 Fordampning ved Åmosen

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	År
Potentiel fordampning (mm)	5	12	30	56	88	104	107	85	53	27	10	4	581
Fordampning fra vandoverflader (mm)	6	12	33	62	96	113	116	92	57	30	11	4	631

Nedbør er fordelt relativt konstant over året. Potentiel fordampning er derimod meget højere (85%) i sommerhalvåret end i vinterhalvåret (15%).

### 3 Simulering

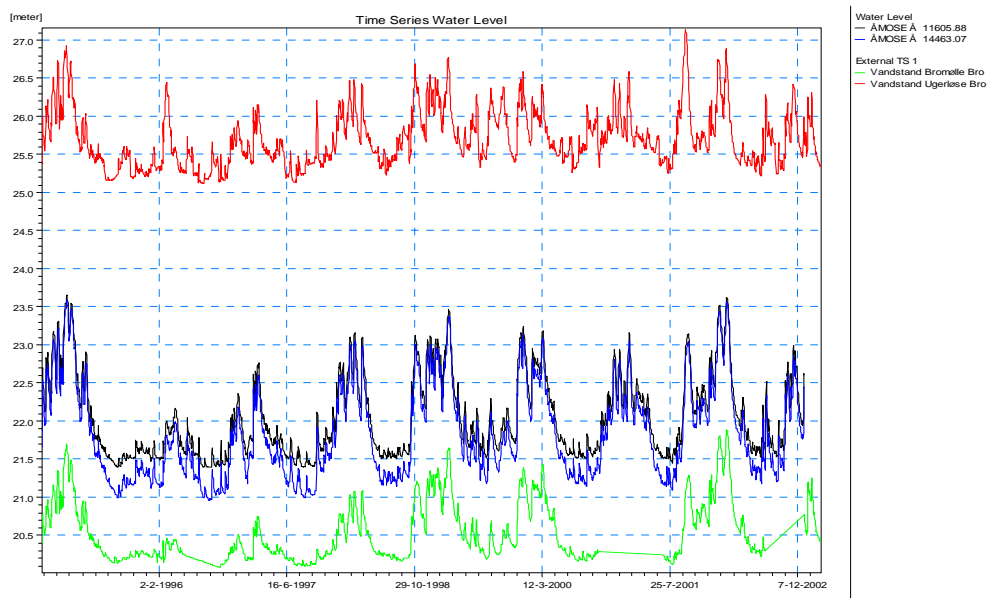
#### 3.1 Eksisterende forhold

De eksisterende forhold er simuleret i modellen og efterfølgende sammenlignet med målte vandstande i området. Over måleperioden mellem oktober 1994 og december 2002 er følgende karakteristiske vandstande beregnet:

Table 3-1 Simuleringsresultater af de eksisterende forhold. Alle vandstande er angivet i m DVR90

Afstrømning	Magleørevlen	Tømmerupgård
MAX	23.79	23.74
MedianMax	23.39	23.31
Average	22.24	22.07
MEDIAN	21.90	21.71
MedianMin	21.46	21.10
MIN	21.40	20.96

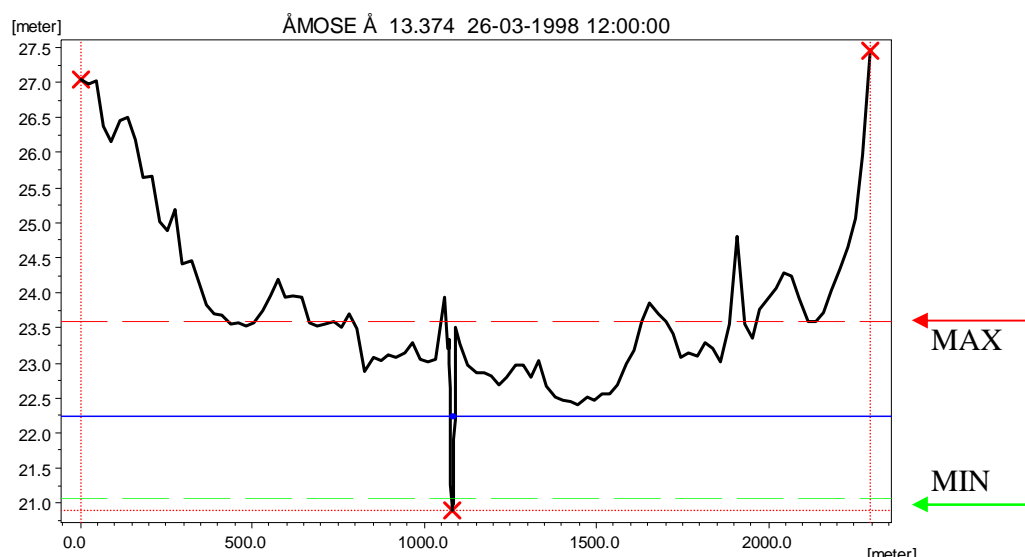
En sammenligning af de simulerede vandstande i projektområdet med de målte vandstande både opstrøms og nedstrøms af projektområdet viser god overensstemmelse, som vist i Figur 3-1.



Figur 3-1 Eksisterende vandstande i Åmose Å. Den røde linie viser vandstande registreret ved Ugerløse Bro og den grønne linie de målte vandstande ved Brømølle Bro (lige linier som optræder i forår 1996 og vinterperioden 2000 og 2001 er begrundet i manglende målinger). Den sorte og blå linie repræsenterer simulerede vandstande ved henholdsvis Magleørevlen og Tømmerupgård

Vandstandssimuleringer viser, at laveste vandstande i simuleringsperioden kun ligger ca. 15 cm over vandløbsbunden, hvorimod de højeste afstrømninger re-

sulterer i vanddybder op til 2,6m i vandløbet udfor ved Verup Mose. Variationen af vandstande er dermed relativ højt. En position ved Verup Mose er valgt til vandstandsanalysen, da dette befinder sig midt i projektområdet imellem de 2 stryg som er foreslået implementeret under scenario 2-4.

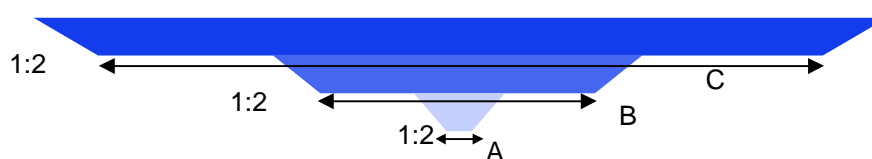


Figur 3-2 Tværsnit igennem Åmosen ved Verup Mose (set medstrøms)

### 3.2 Fremtidige forhold

I alle tre scenarier er den ønskede stuvningseffekt genereret ved etablering af to stryg i henholdsvis station 12250 ved Magleørevlen og 14600 ved Tømmerupgård med et længdefald af ca. 5‰.

Tabel 3-2 Stryg dimensioner anvendt til MIKE11 modelopsætning



	Midtløb A	Bundløb B	Overfaldskant C
Højde	0,25 m	0,2-0,3 m	0,2-0,3 m
Bundbredde	0,3 m	5-8 m	50-125 m
Sideanlæg	1:2	1.2	~1:2

Strygene er dimensioneret således, at bundløbet selv i de lavere vandførings-situationer (MedianMIN) vil sikre fuld faunapassage. Vandstanden i midtløbet er derfor beregnet til at være altid mindst 0,25m, bortset fra de mest tørre sommerperioder, hvor vanddybden i korte perioder kan falde til 10-15cm. For at

overholde de definerede opstuvningshøjder for de enkelte scenarier er alle modeller i første omgang simuleret med det teoretiske afstrømnings-scenario.

### 3.2.1 Scenario 2

Beregninger er som for de eksisterende forhold udført i følgende situationer:

- Teoretiske karakteristiske vandføringer uden fordampning
- Historisk tidsserie med fordampning

#### Resultater af beregninger med karakteristiske vandføringer

Den ønskede opstuvning ved en median minimum afstrømning er 22,75 m DVR90 ved Tømmerupgård og 23,25 m DVR90 ved Magleørevlen.

Ved hjælp af den teoretiske afstrømningsserie er strygene dimensioneret, så de ønskede opstuvningsniveauer opnås. Disse opstuvningsniveauer medfører en absolut maksimalvandstand af 23,75m/23,74m og en absolut minimalvandstand af 23,14m/22,64m (Magleø Revlen/Tømmerupgård).

Simuleringsresultater fremgår af Tabel 3-3.

Tabel 3-3 Simuleringsresultater af Scenario2 med teoretiske afstrømningsdata. Alle vandstande er angivet i m DVR90

Afstrømning	Magleørevlen	Design stuvningsniveau	Tømmerupgård	Design stuvningsniveau
MAX	23,75	23,75*	23,74	23,75*
Median-Max	23,64		23,34	
Average	23,50		22,96	
MEDIAN	23,44		22,92	
MedianMin	23,24	23,25	22,74	22,75
MIN	23,14		22,64	

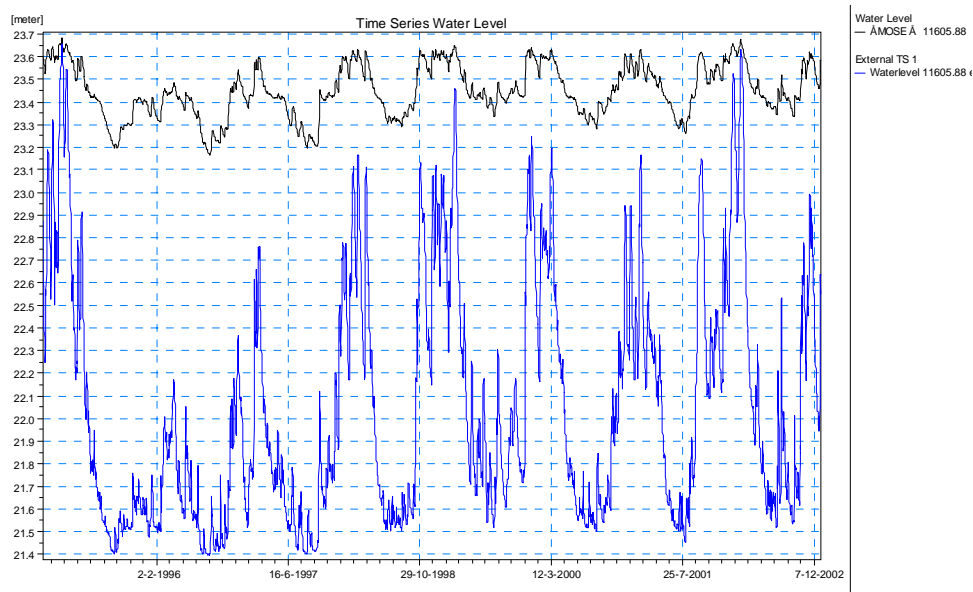
\* Maximalt opstuvningsniveau er i scenario 2 ansat til 23,75, da denne vandstand også forekommer under de eksisterende forhold.

#### Resultat af beregninger med historiske data

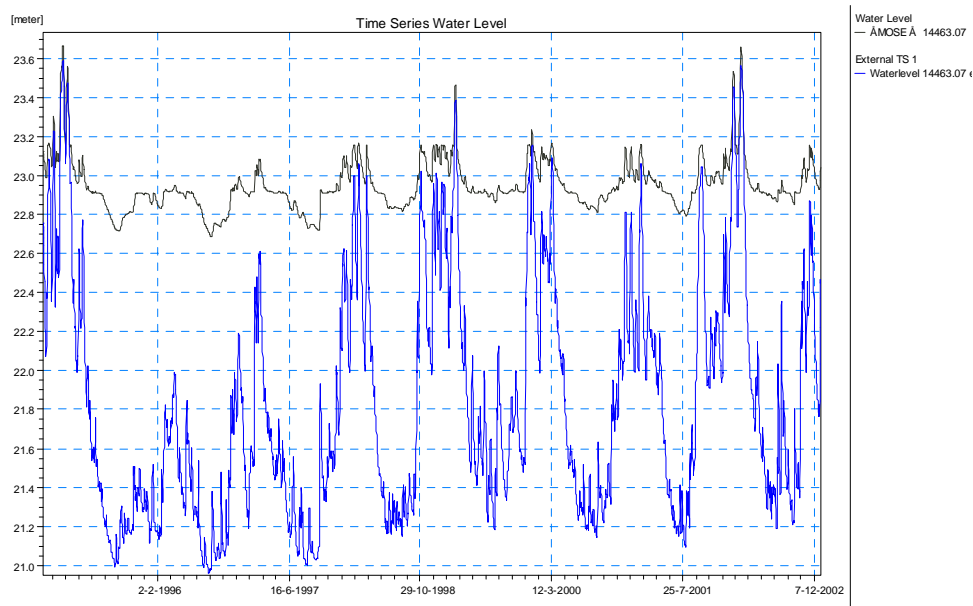
Efterfølgende er modellen gennemregnet med den historiske afstrømningsserie inkl. fordampning, som afspejler, hvilke vandstande der kunne være opnået, hvis strygene havde været etableret i perioden mellem 1995 og 2002.

For at kunne sammenligne situationen i scenario 2 med de eksisterende forhold er resultaterne af den eksisterende situation plottet sammen med scenario 2 resultaterne opstrøms placeringen af de to stryg.





Figur 3-3 Simuleringsresultater Scenario 2 opstrøms stryg ved Magleørvæn (blå: eksisterende forhold/sort scenario 2). Strygets midtløb ligger i kote 23,0m DVR90, hvor der altid vil være en vanddybde på mindst 15 cm..

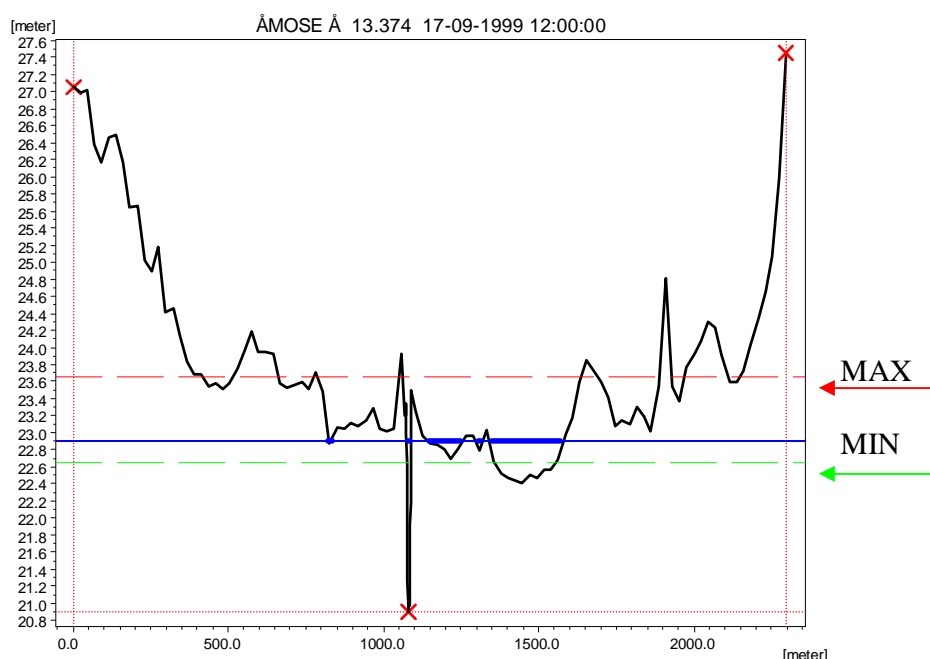


Figur 3-4 Simuleringsresultater Scenario 2 opstrøms stryg ved Tømmerupgård (blå: eksisterende forhold/sort scenario 2) Strygets midtløb ligger i kote 22,5m DVR90, hvor der altid vil være en vanddybde af mindst 15 cm.

En tydelig vandstandshævnning optræder opstrøms de to stryg under scenario 2. Vandstandsforskellen mellem de eksisterende forhold og de simulerede er mest udpræget for lave vandstande, hvor scenario 2 viser op til 1,8m højere vandstande. I situationer, hvor afstrømningen under eksisterende forhold fremkalder en høj vandstand, er forskellen med og uden stryg markant lavere, og vandstan-

dene bliver mellem 0,05m til 0,8m højere ved Magleørevlen og mellem 0,05m til 0,6m højere ved Tømmerupgården.

Et tværsnitsprofil som vist i Figur 3-5 gennem Verup Mose anskueliggør vandstandsvariation i et punkt i vandløbet. Den maximale afstrømning vil i scenario 2 medføre en vanddybde af ca. 2,6m over bund af vandløbet. Denne vandstand er ikke højere end under eksisterende forhold. Ved minimale vandføringer vil vanddybden derimod ikke falde helt ned til bundkoten. Gennemføres strygene som beskrevet vil vanddybden vil være mindst 1,5m ved Verup Mose.



Figur 3-5 Tværsnit igennem Åmose Å ved Verup Mose. under scenario2 (set medstrøms)

### 3.2.2 Scenario 3

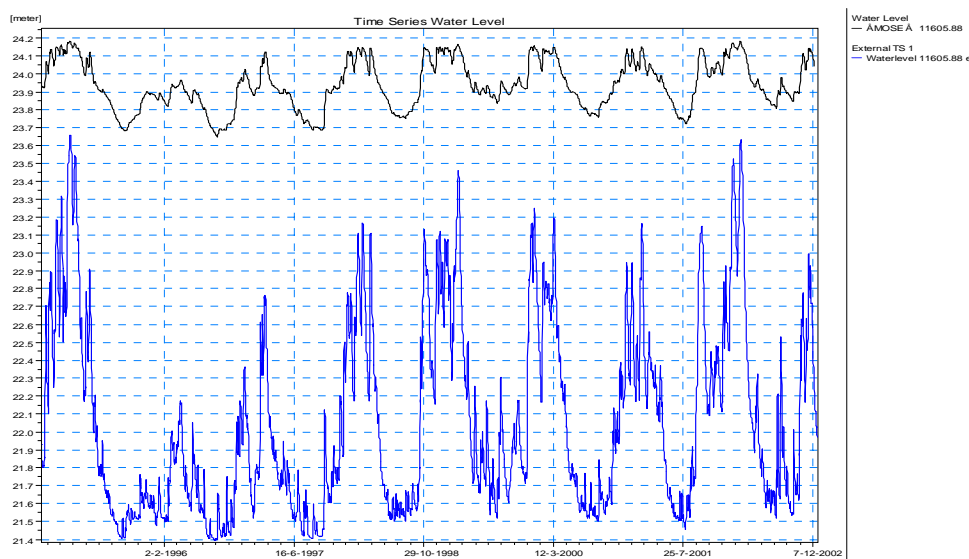
Beregning af scenario 3 følger samme procedure som scenario 2. De ønskede opstuvninger ved en median minimum afstrømning er 23,25 m DVR90 ved Tømmerupgård og 23,75 m DVR90 ved Magleørevlen.

Ved hjælp af den teoretiske afstrømningsserie er strygene dimensioneret, og de ønskede opstuvningsniveau fremkaldt, som vist i Tabel 3-4. Disse opstuvningsniveauer medfører en absolut maksimalvandstand af 24,2m /23,74m og en absolut minimalvandstand af 23,65m/23,1m (Magleørevlen/Tømmerupgård).

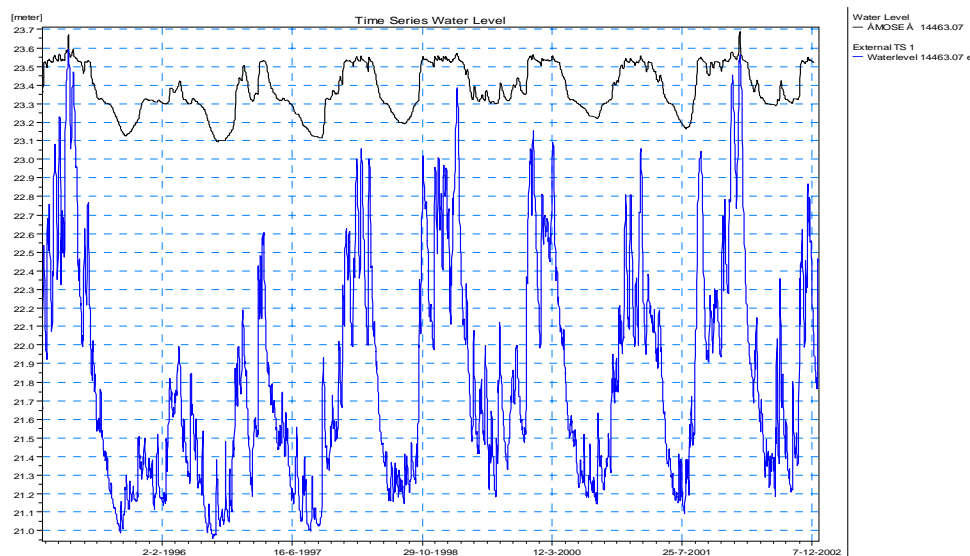
Tabel 3-4 Simuleringsresultater Scenario3 med teoretiske afstrømningsdata. Alle vandstande er angivet i m DVR90

Afstrømning	Magleørevlen	Tilladte opstuvningsniveauer	Tømmerupgård	Tilladte opstuvningsniveauer
MAX	24.19	24.25	23.74	23.75
MedianMax	24.16		23.57	
Average	24.00		23.47	
MEDIAN	23.93		23.38	
MedianMin	23.73	23.75	23.22	23.25
MIN	23.65		23.09	

Efterfølgende er modellen beregnet med historiske afstrømningsdata, som afspejler vandstande, der ville være opstået, hvis strygene var etableret i perioden mellem 1995 og 2002. For at sammenligne scenario 3 med de eksisterende forhold er begge vandstandskurver vist i de nedenstående figurer.



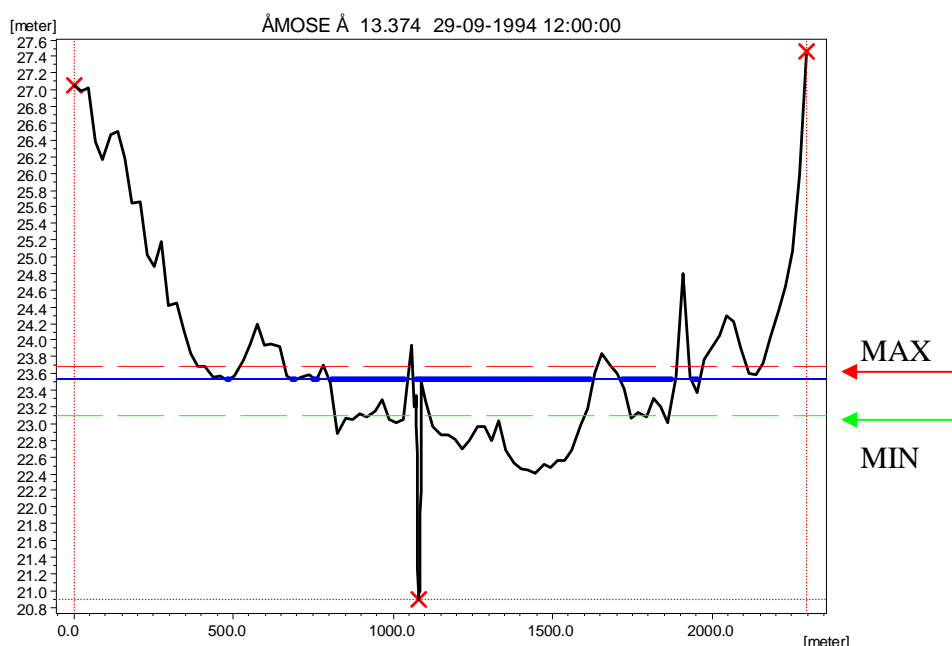
Figur 3-6 Simuleringsresultater Scenario 3 opstrøms fra Maglerevlen (blå: eksisterende forhold/sort scenario 3) Strygets midløb ligger i kote 23,5m DVR90 hvor der altid vil være en vanddybde af mindst 15 cm. Den laveste vandstand er beregnet til 23,65m DVR90.



Figur 3-7 Simuleringsresultater Scenario 3 opstrøms fra Tommerupgården (blå: eksisterende forhold/sort scenario 3) Strygets midtløb ligger i kote 23m DVR90 hvor der altid vil være en vanddybde af mindst 10 cm. Den laveste vandstand er beregnet til 23,1m DVR90.

Vandstandshævning optræder opstrøms de to stryg under scenario3, tilsvarende scenario 2, dog er vandstandshævningerne højere over hele simuleringsperioden. Også i scenario 3 er vandstandsforskellen højere for de lave vandstande hvor resultaterne viser op til 2,3m højere vandstande sammenlignet med de eksisterende forhold. I situationer med høje vandføringer er vandstandsforskellen mellem 0,15m og 0,6m.

Betragtes vandstande ved Verup Mose, vil den maksimale vandstand være 23.7m DVR90, svarende til en maksimal vanddybde af 2,7m. Vanddybden ved laveste vandføringer vil ikke falde under 2m. Et tværsnitsprofil igennem Verup Mose med maksimale og minimale vandstande er vist i Figur 3-8.



Figur 3-8 Tværsnit igennem Åmose Å ved Verup mose, under scenario3 (set medstrøms).

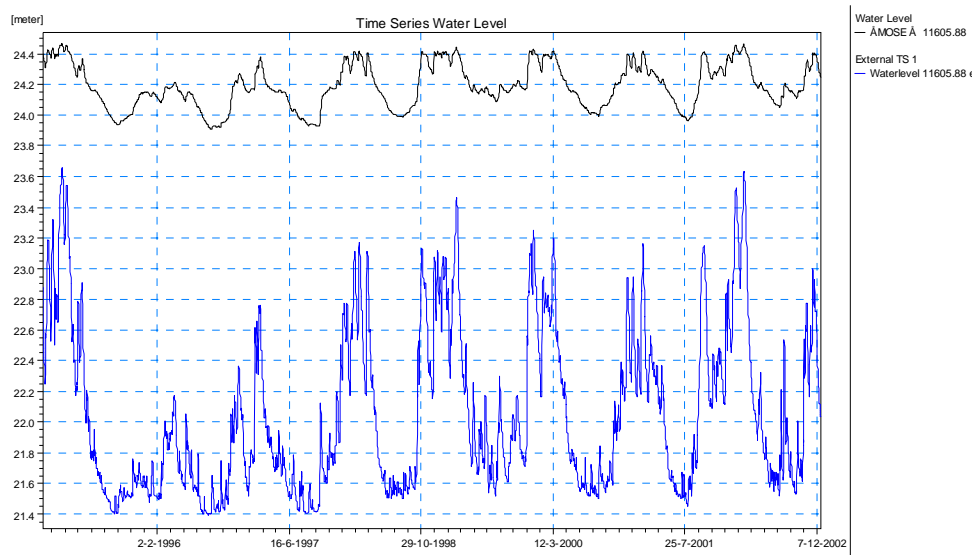
### 3.2.3 Scenario 4

Scenario 4 følger samme procedure som scenario 2 og 3. De ønskede opstuvninger ved en median minimum afstrømning er 23,5 m DVR90 ved Tømmerupgård og 24 m DVR90 ved Magleørevlen.

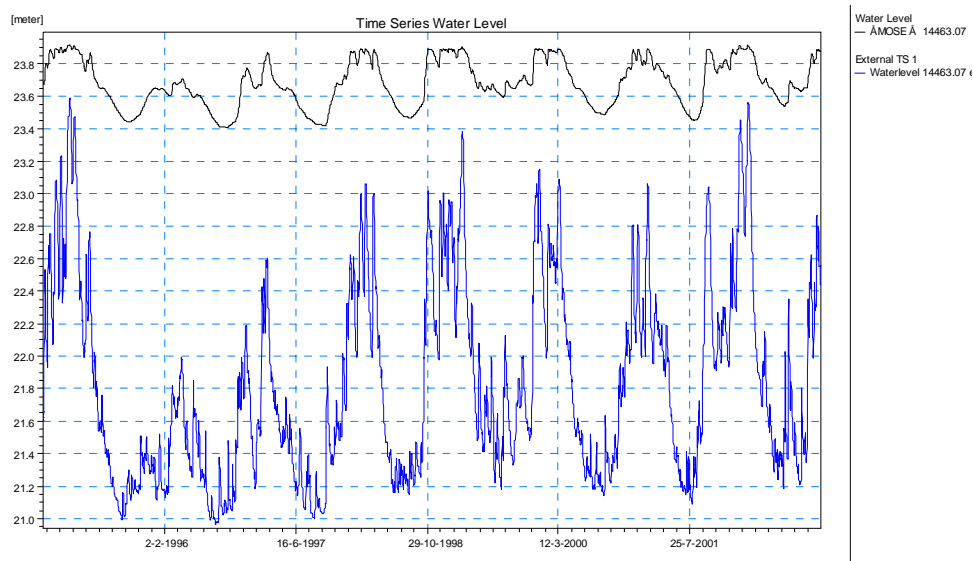
Stryg er dimensioneret via den teoretiske afstrømningsserie, som fremgår af Tabel 3-5, for at opnå de ønskede opstuvningsniveauer. I scenarie 4 opnås en maksimalvandstand på 24,5m /23,9m og en minimalvandstand af 23,9m/23,5m (Magleørevlen/Tømmerupgård).

Tabel 3-5 Simuleringsresultater Scenario4 med teoretiske afstrømningsdata. Alle vandstande er angivet i m DVR90

Afstrømning	Magleørevlen	Tilladte opstuvningsniveauer	Tømmerupgård	Tilladte opstuvningsniveauer
MAX	24.47	24.5	23.92	24.0
MedianMax	24.43		23.90	
Average	24.25		23.76	
MEDIAN	24.18		23.69	
MedianMin	24.00	24.0	23.53	23.5
MIN	23.94		23.46	



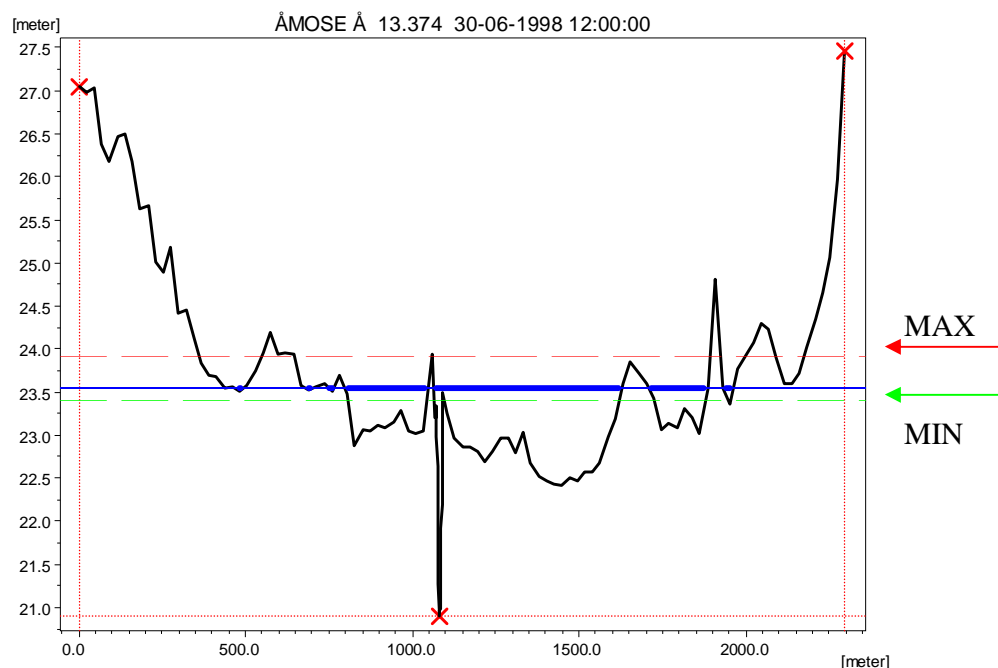
Figur 3-9 Simuleringsresultater Scenario4 opstrøms for Magleørevlen (blå: eksisterende forhold/sort scenario 4) Strygets midtløb ligger i kote 23,75m DVR90 hvor der altid vil være en vanddybde af mindst 15 cm. Den laveste vandstand er beregnet til 23,91m DVR90.



*Figur 3-10 Simuleringsresultater Scenario 4 opstrøms fra Tommerupgården (blå: eksisterende forhold/sort scenario 4) Strygets midtløb ligger i kote 23,25m DVR90 hvor der altid vil være en vanddybde af mindst 15 cm. Den laveste vandstand er beregnet til 23,41m DVR90.*

Scenario 4 medfører de højeste opstuvningsniveauer opstrøms strygene. Ved Magleørevlen er vandstandsforskellen mellem 0,75m og 2,5m og ved Tømmerupgården mellem 0,35m og 2,6m.

Betragtes man området imellem de to stryg, viser vandstandsvariationer følgende forandringer. Ved Verup Mose vil vandstanden ved høje afstrømninger kunne stige op til 23,9 m DVR90, svarende til en vanddybde af 2,9m. Under minimale afstrømninger vil vandstanden kunne falde ned til ca. 23,4m, svarende til en vanddybde af 2,4m.

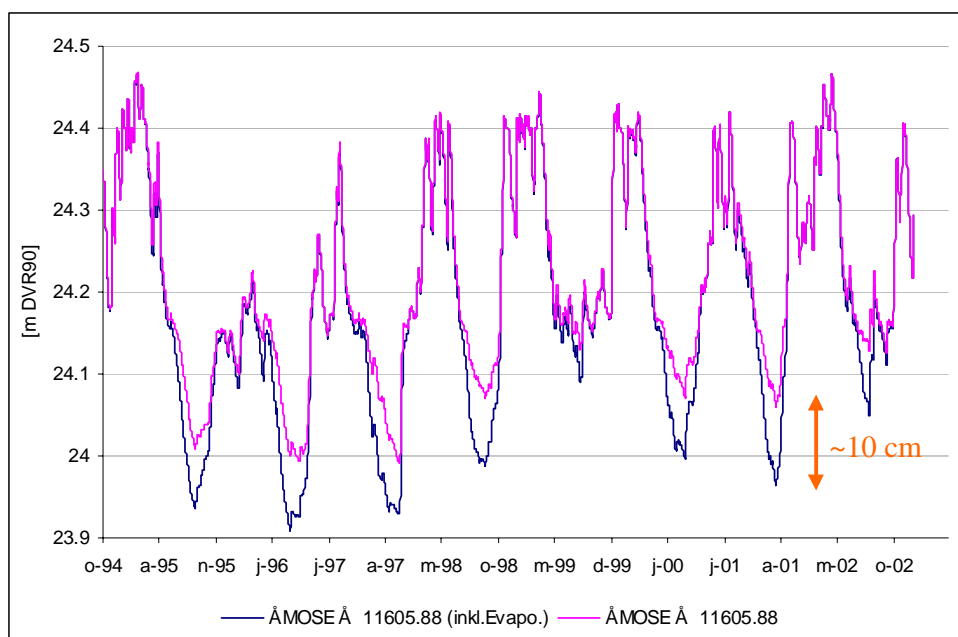


Figur 3-11 Tværsnit igennem Åmose Å ved Verup mose, under scenario4 (set medstrøms).

### 3.3 Betydning af fordampning

For at kunne vurdere betydningen af fordampning fra de frie vandoverflader er modellen parallel-simuleret uden tab til fordampning. Resultaterne af vandstandene viser nærmest identiske vandstande ved høje afstrømninger men op til 10 cm lavere vandstande under ekstremt lave afstrømninger.





Tabel 3-6 *Vandstandssimuleringer under scenario 4 ved Maglørevlen. Den lyserøde linie repræsenterer resultaterne uden hensyn til fordampning hvorimod et tab til fordampning er inkluderet i resultaterne af den blå linie.*

Differencen mellem simuleringer er højest i sommerhalvåret, hvor afstrømningen er lavere og fordampningen er højest. Forskellen er størst i scenario 4, hvor de højeste opstuvninger forekommer. Dette viser at tab af vand via fordampning vil forøges ved de planlagte opstuvninger, grundet de langt større åbne vandoverflader m.v.

#### 4 Resultater

De tre scenarier viser alle en opstuvning svarende til de ønskede niveauer opstrøms de to stryg. Stryg er foreslået udformet med dobbelt trapezprofil, herved minimumvandstand sikres i midtløbet og den brede overløbskant reducerer høje opstuvningsniveauer med fare for oversvømmelser ved høje vandføringer. I alle scenarier bliver de maksimale opstuvningsniveauer (defineret til højst 0,5 m over det normale vandspejl) overholdt og de ønskede mindste vandstande i midtløbet overholdes også.

Under absolut minimalafstrømninger kan vanddybden dog falde i strygene, således, at vandstanden i perioder kun vil være ca. 10cm. Disse perioder optræder dog kun i meget varme sommermåneder med et forudgående regnfattigt forår.

Simulering af effekten fra fordampning viser, at vandstanden i perioder med meget lav afstrømning og høj fordampning kan resultere i et fald i vandstanden på ca. 10 cm. Alle simulationer resulterer i langt mindre vandstandsvariationer, end for de eksisterende forhold. Den midlertidige effekt af jordbundens tørkesprækker kan dog betyde at der i en årrække efter etableringen vil ske kraftig strømning gennem jordmatricen, indtil disse sprækker lukkes eller tilsandes.