

## NOTAT

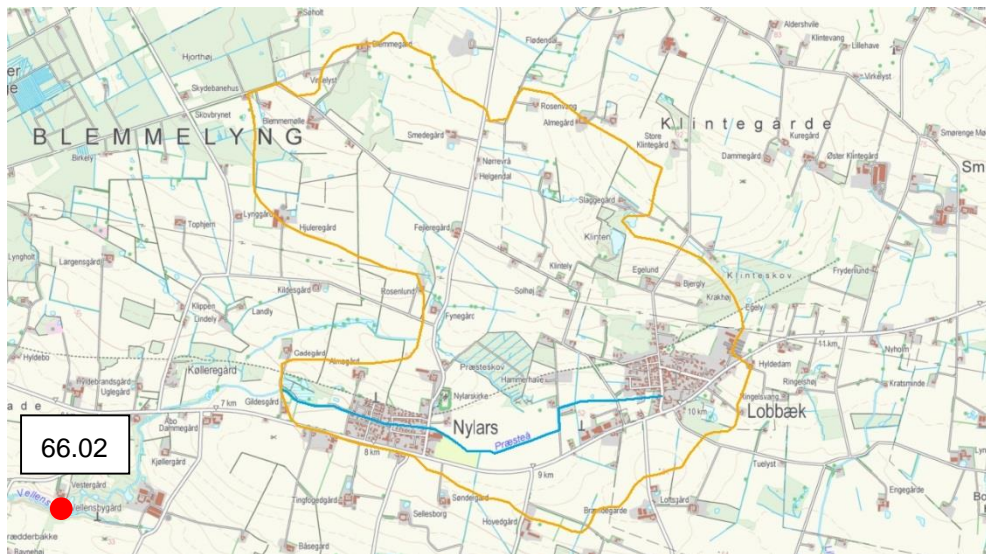
<b>Projekt</b>	Præsteåen/Nylars
<b>Projektnummer</b>	3691600056
<b>Kundenavn</b>	Bornholms Regionskommune
<b>Emne</b>	Kapacitetsberegning af Præsteåen ved Nylars
<b>Til</b>	Vivi Granby
<b>Fra</b>	Michael Juul Lønborg
<b>Projektleder</b>	Maria Mølmer Laugen
<b>Kvalitetssikring</b>	Jørn Torp Pedersen
<b>Revisionsnr.</b>	2
<b>Godkendt af</b>	Carsten O. R. Pedersen
<b>Udgivet</b>	22-03-2016

### 1. Formål

Formålet med denne opgave er at vurdere ved hvilken hændelse, der vil ske oversvømmelse i Præsteåen ved Nylars på Bornholm. Specifikt vurderes vandstanden i Præsteåen opstrøms idrætshallen øst for Nylars.

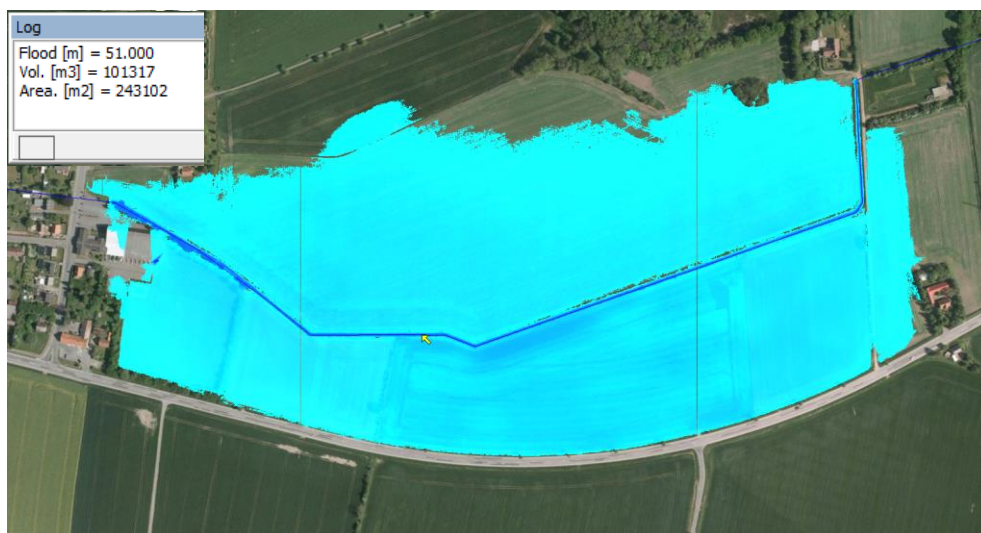
### 2. Baggrund

Der har tidligere været oversvømmelser øst for Nylars, f.eks. i marts 2005 under et tøbrud, hvorved vandet skulle pumpes væk. Der ønskes derfor en beregning af gentagelsesperioden for oversvømmelser ved Nylars under forudsætning af, at der foretages enkelte terrænreguleringer omkring idrætshallen, hvorved lavningen øst for Nylars (et tidligere moseområde) kan benyttes til magasinering, se Figur 1. Såfremt dette ikke er tilstrækkeligt til at sikre en acceptabel høj gentagelsesperiode for oversvømmelser, vil en del af oplandsvandet til Præsteåen i stedet blive ledt nord om Nylars.



Figur 1 Placering af Præsteåen med tilhørende vandløbsopland (gul polygon). Oplandet er bestemt på baggrund af strømningssveje beregnet med den nye højdemodel. Rød prik viser målestation 66.02 i Vellens Å.

Hvis vandet tillades at brede sig ud på lavningen øst for Nylars kan der i alt magasineres ca. 100.000 m<sup>3</sup> ved en vandstandskote på 51 m, hvilket anses for den maksimale tilrådelige kote. Ved denne kote fyldes et areal på ca. 243.000 m<sup>2</sup>, som vist på Figur 2.



Figur 2 Magasineringsvolumen og udbredelse af vand på terræn ved en vandstandskote på 51 m.

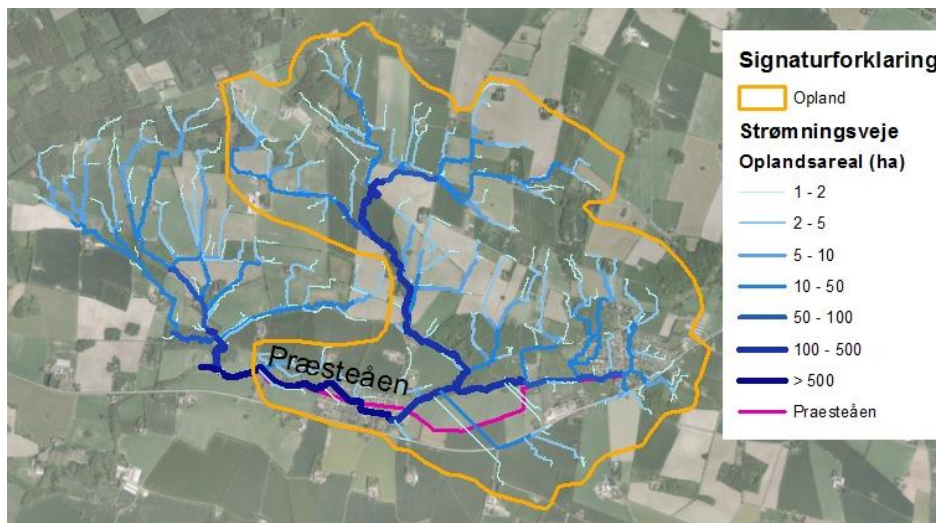
Som det fremgår af Figur 2 vil der skulle foretages mindre terrænreguleringer omkring idrætshallen i Nylars for at vand ikke skal løbe ned i kælderskakten i hallens sydøstlige hjørne ved en vandstand på 51,0 m DVR90. Det er desuden en

forudsætning for beregningen, at vandet frit kan strømme ud i lavningen og tilbage til vandløbet. Dvs. de nuværende diger langs vandløbet skal gennembrydes på begge sider.

Orbicon har i 2007 assisteret Bornholms Regionskommune med at udarbejde et regulativ for Præsteåen /1/ der løber gennem Nylars. Der er desuden udført en opmåling af Præsteåen i 2006, som danner baggrund for den vandløbsmodel, der benyttes i dette projekt.

### 3. Oplandsanalyse

Ifølge vandløbsregulativet /1/ har Præsteåen et opland på 3,96 km<sup>2</sup>, men en oplandsanalyse af strømningsveje baseret på den nye højdemodel fra Geodatastyrelsen (januar 2016) i 0,4 m grid viser, at oplandet til vandløbet strækker sig længere mod nord. I alt vurderes oplandet til Præsteåen at udgøre ca. 5,48 km<sup>2</sup>. Oplandsarealet med tilhørende strømningsveje er vist på Figur 3.



Figur 3 Opland til Præsteåen samt strømningsveje baseret på højdemodel i 0,4 m grid.

Som det fremgår af Figur 3 strømmer et større areal (svarende til ca. 208 ha) til vandløbssystemet, men nedstrøms endepunktet af Præsteåen, dvs. i det vandløb, som hedder Vellens Å, se kapitel 5 vedrørende vandløbsmodellen. Præsteåen er vist som baggrund til strømningsvejene og følger i stor udstrækning de største strømningsveje. Øst for Nylars følger strømningsvejene ikke vandløbet, hvilket kan skyldes at åen er omlagt, da dette område er et tidligere moseområde, jf. Figur 4.



Som det fremgår af Figur 5 er sommervandføringen meget lav, mens de store vandføringer forekommer om vinteren eller foråret. Den højeste vandføring i perioden 1979-1983 er knap 2500 l/s.

Resultatet af afstrømningsanalysen fremgår af Tabel 1, og er et gennemsnit af de fem typer ekstremværdianalyser<sup>1</sup>, der kan foretages i Hymer.

Tabel 1 Afstrømningsstatistik for Præsteåen/Vellens Å for forskellige gentagelsesperioder. Med fed skrift er angivet de gentagelsesperioder, der regnes på i dette notat.

Gentagelsesperiode (år)	Vandføring ved målestation 66.02 (l/s)	Afstrømning (l/s/km <sup>2</sup> )
2	1287	130
5	1866	188
<b>10</b>	<b>2245</b>	<b>227</b>
20	2610	264
30	2823	285
40	2975	301
<b>50</b>	<b>3094</b>	<b>312</b>
60	3191	322
75	3312	335
<b>100</b>	<b>3469</b>	<b>350</b>
200	3858	390
500	4402	445
1000	4841	489

Som det fremgår af tabellen svarer en vandføring på 2500 l/s, der er den højeste målte vandføring i perioden 1979-1983, til en hændelse med gentagelsesperiode på 10-20 år.

Som kontrol af resultaterne er der desuden lavet en analyse af vandføringsdata for målestation 67.05 i Øle Å, der har vandføringsdata for perioden 1986-2007 (22 år) og et oplandsareal på 45,48 km<sup>2</sup>. Resultatet viste en afstrømning i samme størrelsesorden for de forskellige gentagelsesperioder – i alle tilfælde lidt lavere værdier, hvilket er forventeligt pga. det større oplandsareal. Den fundne afstrømning i Præsteåen/Vellens Å virker derfor rimelige.

<sup>1</sup> Log Pearson Type III, Pearson Type III, Normal, Log normal samt Log normal P3.

For at være på den sikre side, antages hændelsen at vare to døgn, hvilket desuden baseres på de målte vandføringer Vellens Å i perioden 1979-1983. Før og efter hændelsen antages vandføringen at svare til en vintermedianmaksimum, hvilket i sig selv er en høj vandføring.

## 5. Vandløbsmodel

Der er valgt at opstille en dynamisk MIKE 11 vandløbsmodel i stedet for en stationær model i f.eks. VASP, da en stationær model ikke på tilfredsstillende vis kan beskrive forhold under enkelthændelser. Vandløbsmodellen er opstillet for Præsteåen / Vellens Å systemet med tilhørende tilløb. Alle koter angivet i dette notat er i meter DVR90.

### *Vandløbsnetværk:*

Opmålingen af Præsteåen blev foretaget af Orbicon i 2006 og ifølge opmålingen (og regulativet fra 2007) har Præsteåen en længde på 2617 m. Præsteåen fortsætter i Vellens Å (tidligere amtsvandløb), der har udløb i Østersøen, se Figur 6. Vellens Å er inkluderet i vandløbsmodellen, men der findes intet regulativ eller opmåling for denne strækning. I modellen er Vellens Å derfor inkluderet som en nedre randbetingelse for Præsteåen samt Tilløb2 fra nord. Hakkedam Bæk er ikke inkluderet i modellen, da den ikke påvirker forholdene i Præsteåen.



Figur 6 Vandløbsnetværk af Præsteåen, Vellens Å samt tilløb. Hakkedam Bæk er ikke inkluderet i modellen. Grænsen mellem Præsteåen og Vellens Å er markeret med en rød cirkel.

En oversigt over vandløb i modellen er angivet i Tabel 2.

Tabel 2 Vandløb inkluderet i modellen.

Vandløb	Længde (m)	Forbindelse til / station
Præsteåen	2617	Vellens Å / 0
Tilløb 1	1953	Præsteåen / 978
Tilløb 2	1240	Vellens Å / 281
Vellens Å	5068	Østersøen

*Vandløbstværsnit:*

For Præsteåen anvendes vandløbstværsnit fra opmålingen i 2006. På strækningen fra st. 860-1450 anvendes desuden brede tværsnit fra højdemodellen for at kunne beskrive lavningen øst for Nylars. Dette er nødvendigt for at kunne beskrive magasineringen af vand i lavningen.

De øvrige vandløb i modellen (Tilløb 1, Tilløb 2 og Vellens Å) er udelukkende beskrevet ud fra højdemodellen, idet der ikke findes opmålinger for disse strækninger. Bundkoten i disse vandløb er imidlertid justeret enkelte steder på baggrund af punkt-opmålinger foretaget af Bornholms Forsyning, f.eks. i forbindelse med rørunderføringer, se næste afsnit.

*Rørbroer og underføringer:*

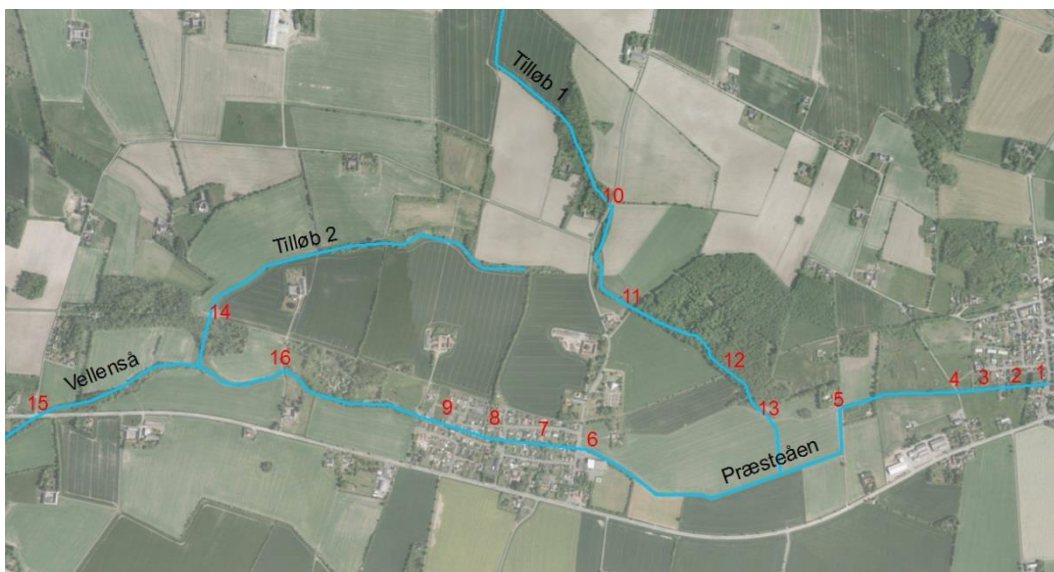
Der er i alt 16 rørlagte strækninger og rørunderføringer i modellen. En del af disse rørlægninger ligger imidlertid i forlængelse af hinanden, idet Præsteåen er rørlagt i st. 0-282 og 1622-2241, i alt mere end 900 m. En oversigt over de rørlagte strækninger fremgår af Tabel 3 og Figur 7. Længderne af de rørlagte strækninger er for Præsteåen beskrevet i regulativet, mens de for de øvrige vandløb er estimeret ud fra ortofotos. Dimensioner samt ind- og udløbskoter af de rørlagte strækninger i Præsteåen er ligeledes fra regulativet, mens de øvrige underføringer er opmålt af Bornholms Forsyning.

Det antages, at Manningtallet er  $M=60$  for alle rørlagte strækninger.

Tabel 3 Rørlagte strækninger i modellen. Station (m) angiver midtpunktet af den rørlagte strækning. ID henviser til Figur 7.

Vandløb / lokalitet	Station (m)	Længde (m)	Dim. (cm)	Indløbskote (m DVR90)	Udløbskote (m DVR90)	ID
Præsteåen, rørlagt Lobbæk	22	44	Ø50	52,024	51,774	1
Præsteåen, rørlagt Lobbæk	84	77	Ø50	51,754	51,364	2
Præsteåen, rørlagt Lobbæk	197	148	Ø50	51,354	50,694	3
Præsteåen, rørlagt Lobbæk	277	9,92	Ø65	50,664	50,667	4
Præsteåen, markvej	645	7,79	Ø90	49,664	49,64	5
Præsteåen, rørlagt Nylars	1631	17,20	Ø100	48,681	48,684	6
Præsteåen, rørlagt Nylars	1768	255	Ø100	48,654	48,274	7
Præsteåen, rørlagt Nylars	1958	123	Ø100	48,284	48,084	8
Præsteåen, rørlagt Nylars	2131	221	Ø100	48,094	47,79	9
Tilløb 1, Kirkevej	833	10	Ø90	61,76	61,76	10
Tilløb 1, markvej	1220	4	Ø45	57,04	56,72	11
Tilløb 1, cykelsti	1590	4	2 stk. Ø50	51,81	51,32	12
Tilløb 1, rørlagt under mark	1858	190	Ø70	50,80	49,25	13
Tilløb 2, cykelsti	1090	4	110 x 110	46,21	46,21	14
Vellens Å, Rønnevej	795	22	2 stk. Ø110	40,35	39,99	15
Vellens Å, skelbro*	10	4	170 x 90	46,151	45,899	16

\*) Broen ligger på grænsen mellem Præsteåen og Vellens Å, men er af modelmæssige årsager placeret i Vellens Å, st. 10.



Figur 7 Oversigtkort over rørlagte strækninger i modellen, jf. Tabel 3.



### Overløbsbygværker:

Der er ingen egentlige overløbsbygværker (f.eks. styrt eller stemmeværk) i vandløbssystemet. Til gengæld er der i forbindelse med enkelte rørbroer i modellen indlagt et overløb, der sikrer, at vandet kan løbe over f.eks. en vej, hvis vandet stiver højt nok op. Dette er tilfældet hvis kapaciteten af rørbroen er mindre end de vandmængder, der påføres i modellen. I praksis vil det også kunne forekomme, at vandet løber over en vej. Overløbskoten er baseret på højdemodellen og alle overløbstærskler har en bredde på tværs af strømningsretningen på 10 m.

Tabel 4 Overløbskoter i forbindelse med begrænsende rørbroer og underføringer.

Vandløb / lokalitet	Station (m)	Tærskelkote (m)
Tilløb 1, markvej	1220	58,30
Tilløb 1, rørlagt under mark*	1858	51,19

\*) Overskrider vandstanden kote 51,19 m løber vandet ud på lavningen øst for Nylars.

### Randbetingelser:

I vandløbsmodellen skal der som minimum specificeres en randbetingelse i de "frie" ender, dvs. i st. 0 og ved udløbet til Østersøen. Den nedre randbetingelse i modellen (udløb af Vellens Å) er et fastholdt vandspejl i kote 0 m. I de opstrøms ender anvendes en inflow-randbetingelse, der repræsenterer oplandet opstrøms st. 0. Desuden er der i modellen anvendt en diffus tilstrømning svarende til oplandsarealet på de enkelte delstrækninger. Dette er vist i Tabel 5.

Tabel 5 Inflow til modellen fordelt på delstrækninger for de tre hændelser T=10, 50 og 100 år. De angivne vandføringer antages at vare i to døgn.

Vandløb	Station (m)	Opland (ha)	T=10, 227 l/s/km <sup>2</sup> (l/s)	T=50, 312 l/s/km <sup>2</sup> (l/s)	T=100, 350 l/s/km <sup>2</sup> (l/s)
Præsteåen	0	50	113	156	175
Præsteåen	0-978	85	193	266	298
Præsteåen	978-2617	112	254	350	392
Tilløb 1	0	206	467	644	722
Tilløb 1	0-1953	95	215	297	333
Tilløb 2	0	0	0	0	0
Tilløb 2	0-1240	208	472	650	729
Vellens Å	0-281	0,5	1,1	1,6	1,8
Vellens Å	281-1900	234	531	731	820
I alt		990,5	2.246	3.095	3.471

Som det fremgår af Tabel 5 er der ikke tilført vand til Vellens Å nedstrøms st. 1900, dvs. de beregnede vandstande og vandføringer nedstrøms dette punkt er ikke retvisende. Det har imidlertid ingen betydning for forholdene i Præsteåen, der er fokus i dette notat.

#### *Manningtal:*

Vandløbsregulativet har fastlagt et Manningtal for en vintersituation uden grøde på  $M=20$ . Manningtallet om sommeren vurderes at være noget lavere (større modstand) pga. grøde, formentlig  $M=8$ . Dette ville give en højere vandstand om sommeren end om vinteren for den samme vandføring. Idet de største vandføringer forekommer om vinteren eller foråret i forbindelse med sneafsmeltning, jf. kapitel 4, er der i beregningerne valgt at benytte et Manningtal på  $M=20$  (vinter).

#### *Tidsskridt og simuleringsperiode:*

Der anvendes et tidsskridt i MIKE 11 på 30 sekunder og der gemmes resultater (vandstand og vandføring) hver time. Simuleringsperioden er på 10 dage, hvor selve hændelsen varer to dage og ligger midt i perioden. Desuden køres simuleringer med en længere periode for at beregne, hvor lang tid det tager at fylde lavningen øst for Nylars op ved de forskellige gentagelsesperioder.

## **6. Resultater**

#### *Eksisterende forhold:*

Med den opstillede vandløbsmodel beregnes vandstande og vandføringer i hele vandløbssystemet. I vandløbstværsnittene beregnes vandstande og i midtpunktet mellem tværsnittene beregnes en vandføring. I Tabel 6 er vist de beregnede vandstande i lavningen øst for Nylars i to forskellige situationer: Med de opmålte (smalle) tværsnit i lavningen og med brede tværsnit til at beskrive lavningen.

Tabel 6 Beregnede vandstande i Præsteåen øst for Nylars med nuværende og brede vandløbstværsnit.

Gentagelsesperiode (år)	Maksimal vandstand (m)	Maksimal vandstand (m)
	Nuværende tværsnit	Brede tværsnit
10	51,11	50,57
50	(52,86)*	50,86
100	(53,61)*	50,98

\*) Disse vandstande forudsætter at vandet bliver i det smalle tværsnit, men i praksis vil brinkerne overskrides og vandet strømme ud på lavningen, dvs. vandstanden er overestimeret.

Som det fremgår af Tabel 6 vil vandstanden i Præsteåen ved de nuværende vandløbstværsnit overskride den kritiske kote på 51 m allerede ved en 10-årshændelse (51,11 m). Ved større hændelser end T=10 år vil vandstanden i vandløbet overskride brinkerne, men modellen antager "lodrette vægge" langs brinkerne, og de beregnede vandstande ved T=50 år og T=100 år er derfor ikke retvisende. I praksis vil vandet overskride brinkerne og brede sig til lavningen, hvorved vandstanden ikke når væsentligt højere op end kote 51 m. Men en vandstand på kote 51 m vil også forårsage oversvømmelse omkring idrætshallen ved Nylars såfremt der ikke laves lokale sikringer af bygningen.

I beregningerne er det forudsat, at hændelser varer to døgn. Hvis det i stedet antages, at hændelsen varer længere end de to døgn, hvor lang tid skal hændelsen så vare, før en vandstandskote på 51 m opnås? Dette er undersøgt ved at lade simuleringen køre en måned og derefter beregne hvor mange timer, det tager at nå op på en vandstandskote på 51 m. Udgangsniveauet for vandføringen antages at være en vintermedianmaksimum, dvs. 75 l/s/km<sup>2</sup> for alle tre hændelser. Det skal imidlertid understreges, at der så er tale om mere end en hændelse på 10, 50 eller 100 år, men analysen kan være relevant idet det beskriver situationen ved koblede regn. Dvs. at en hændelse indtræffer inden den forrige hændelse er løbet ud af systemet. Resultatet fremgår af Tabel 7.

Tabel 7 Tid for opfyldning af lavningen øst for Nylars.

Gentagelsesperiode (år)	Fyldetid
10	338 timer eller ca. 14 døgn
50	71 timer eller ca. 3,0 døgn
100	56 timer eller ca. 2,3 døgn

Som det fremgår af Tabel 7 vil en vandføring svarende til en 10-årshændelse være 14 dage om at fylde lavningen op, mens en 50- og 100-årshændelse vil fylde lavningen op på hhv. 3,0 og 2,3 døgn. Tømmetiden af lavningen svarer stort set til opfyldningstiden.

### Alternativ C:

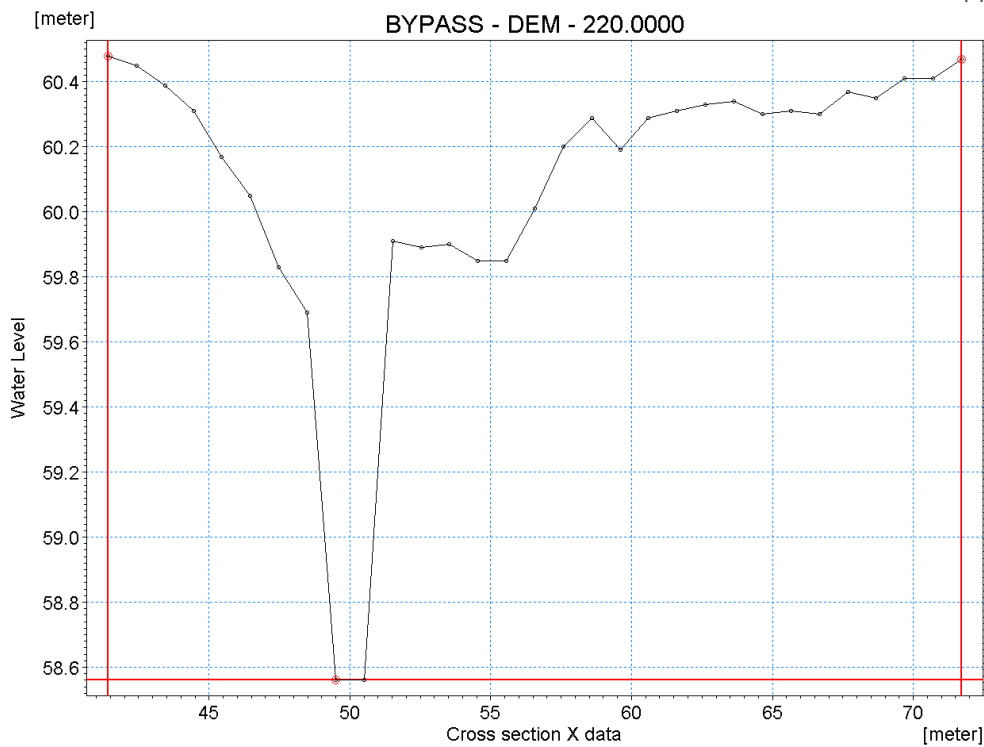
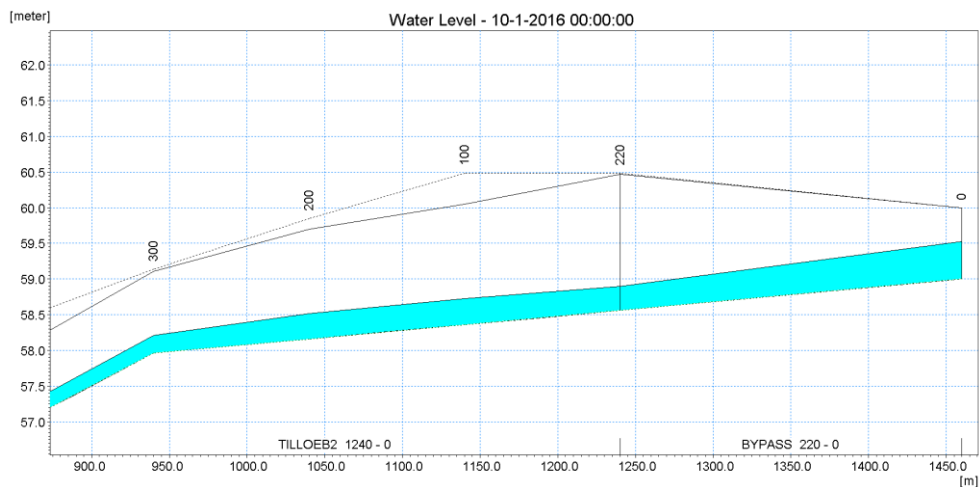
Med dette alternativ regnes der på et scenarie, hvor der ud over lavningen øst for Nylars også ledes en del af vandet fra Tilløb 1 over i Tilløb 2, således at de største afstrømninger ledes nord om Nylars i stedet for gennem den rørlagte strækning i Nylars. Dette er vist på Figur 8, hvor "Bypass" henviser til en ny grøft, der forbinder Tilløb 1 med Tilløb 2.



Figur 8 Alternativ løsning, hvor en del af vandet fra Tilløb 1 ledes over i Tilløb 2. Med grønne rektangler er vist strækningen på 520 m, hvor grøften tænkes anlagt.

Under Kirkevej antages anlagt en rørunderføring med diameter  $\varnothing 50$  cm med bundkote i 59,10 m. Bunden af grøften i Tilløb 1 er omkring kote 59 m, hvor Bypass-grøften tilsluttes, dvs. de mindre vandføringer forsætter i Tilløb 1, og kun når vandstanden øges til højere end kote 59,10 m, vil vandet også strømme til Tilløb 2. Alternativt kan vandføringen i Tilløb 1 begrænses med en drosling, og når kapaciteten af denne drosling overstiges, ledes det overskydende vand i stedet via Bypass-grøften til Tilløb 2.

Bypass-grøften og den opstrøms ende af Tilløb 2 anlægges med et fald på 2 % langs en strækning på 520 m, hvor bundkoten sænkes i forhold til det nuværende terræn, se Figur 8. Dvs. efter 520 m er bundkoten ca. 1 m lavere (kote ca. 58 m). Grøften antages at have en bundbredde på 1 m og ifølge højdemodellen skal der graves mellem 0,4 m og op til 1,0 m af for at opnå de nødvendige bundkoter og det rette fald. Figur 9 viser et længde- og tværsnitsprofil for Bypass-grøften og den opstrøms ende af Tilløb 2.



Figur 9 Øverst: Længdeprofil af ny Bypass-grøft (0-220 m) samt opstrøms del af Tilløb 2 (0-300 m), herefter følger profilet de nuværende faldforhold i Tilløb 2. Nederst: Tværsnitsprofil i overgangen mellem Bypass-grøften og Tilløb 2. Selve grøften har i modellen en bundbredde på 1 m og et anlæg på 1:1. Stiger vanddybden til mere end ca. 1 m kan vandet brede sig til begge sider af grøften alt afhængig af terrænforholdene. Dette er imidlertid ikke tilfældet i scenarierne beskrevet i dette notat.

Såfremt der arbejdes videre med Bypass-grøften, skal de præcise faldforhold, bundkoter og indløbskote samt dimension for rørunderføringen under Kirkevej tilpasses, så der opnås en passende fordeling af vandet, der ledes til Tilløb 2. Dette er ikke undersøgt i detaljer i dette projekt, der blot regner på et enkelt løsningsforslag. Resultatet af løsningsforslaget beskrevet oven for er vist i Tabel 8.

Tabel 8 Reduktion af vandstande opstrøms Nylars ved alternativ C:

Gentagelsesperiode (år)	Maksimal vandstand (m) Brede tværsnit	Maksimal vandstand (m) Alternativ C	Sænkning (cm)
10	50,57	50,39	18
50	50,86	50,74	12
100	50,98	50,85	13

Som det fremgår af Tabel 8 kan vandstanden i lavningen opstrøms Nylars med det valgte løsningsforslag reduceres med 12-18 cm for de forskellige gentagelsesperioder. En anden udformning af grøften og opstemningen, der skal lede de høje vandføringer fra Tilløb 1 til Tilløb 2, vil give andre sænkninger af vandstanden i lavningen. Den endelige udformning skal desuden tage hensyn til miljøforhold mm.

## 7. Konklusion

Med en dynamisk vandløbsmodel er der beregnet maksimale vandstande og vandføringer i Præsteåen / Vellens Å systemet ved Nylars på Bornholm. Modellen kan kun beregne pålidelige vandstande i Præsteåen, mens vandstanden i Vellens Å og tilløbene til Præsteåen og Vellens Å vil være mere usikkert bestemt, idet der ikke findes opmålte vandløbstværsnit for disse dele af systemet.

Modelberegningerne viser, at vandstanden på lavningen øst for Nylars kan stuve op til kote 51 m, hvilket svarer til ca. en 100-årshændelse. Dette forudsætter at indløbsristen til den rørlagte strækning gennem Nylars holdes fri for grene, blade mm. samt at grødeskæringen i henhold til vandløbsregulativet er overholdt. Det er desuden en forudsætning, at vandet frit kan strømme fra Præsteåen ud på lavningen og tilbage igen, så lavningen kommer til at virke som en buffer for store vandføringer. Ved opstuvning til kote 51 m skal der foretages mindre terrænreguleringer omkring idrætshallen ved Nylars.

Der er benyttet et Manningtal på 20, idet de største vandføringer forekommer om vinteren eller om foråret i forbindelse med tøbrud. Beregningerne kan evt. udvides til at inkludere skybrudshændelser om sommeren, hvor Manningtallet vil være lavere (og dermed give højere vandstande for den samme vandføring).

Der er desuden regnet på et alternativt løsningsforslag, hvor en del af vandet fra den nordlige del af oplandet ledes uden om Nylars. Ved det skitserede løsningsforslag kan vandstanden i lavningen øst for Nylars sænkes med 12-18 cm for forskellige gentagelsesperioder. Den præcise udformning af løsningsforslaget kan optimeres så de største vandføringer ledes uden om Nylars, og de mindre vandføringer fortsat ledes til lavningen øst for Nylars.

## **8. Referencer**

/1/ Bornholms Regionskommune, 2008. Regulativ for Præsteåen – kommunevandløb.