Intended for
Viborg Kommune

Document type
Rapport

Date
September, 2016

KLIMATILPASNING AF BJERRINGBRO
LOKALE INDSATSMU-LIGHEDER VED GUDENÅ



RAMBØLL

KLIMATILPASNING AF BJERRINGBRO
LOKALE INDSATSMULIGHEDER VED GUDENÅ

Revision	**0**
Date	**04/09/2016**
Made by	**Charlotte Sinkbæk Schow, Erik Saugmann Rasmussen, Mads Bøg Grue, Jannie Elkær Knudsen, Rambøll**
Checked by	**Dennis Søndergård Thomsen, Rambøll**
Description	**Klimatilpasning af Bjerringbro – Lokale indsatsmuligheder ved Gudenå**

Ref	1100023425
Document ID	1100023425-813907485-16
Version	0.30

Ramboll
Lundborgvej 16
8800 Viborg

INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	**OPSUMMERING**	**1**
1.1	Baggrund og formål	1
1.2	Udfordringer i området	1
1.3	Motivation for prioritering af indsatser	2
1.4	Forslag til indsatsmuligheder højvandssikring	3
1.5	Sikring mod høj grundvandsstand	3
1.6	Økonomiske overslag	3
2.	**INDLEDNING**	**5**
2.1	Udfordringer i området	5
3.	**SIKRINGSNIVEAU**	**7**
3.1	Vandstand i Gudenå	7
3.1.1	Generelt om vandføringen i Gudenåen	7
3.1.2	Ekstreme hændelser	7
3.1.3	Sommersikring	9
3.2	Grundvand	9
3.2.1	Data	9
3.2.2	Mulige sikringsniveauer	9
4.	**GEOLOGISKE OG HYDROGEOLOGISKE FORHOLD**	**10**
4.1	Geologi	10
4.2	Hydrogeologi	11
4.3	Opsummering	14
5.	**STRØMNINGSVEJE OG RISIKOOMRÅDER FOR OVERSVØMMELSE**	**15**
6.	**BESKRIVELSE AF OVERORDNEDE ALTERNATIVE INDSATSMULIGHEDER MOD HØJ GRUNDVANDSSTAND**	**17**
6.1	Behov	17
6.2	Indsatsmuligheder for grundvandssænkning	17
6.2.1	Punktsikring af bygninger	17
6.2.2	Områdesænkning	17
7.	**BESKRIVELSE AF OVERORDNEDE ALTERNATIVE INDSATSMULIGHEDER MOD HØJ VANDSTAND**	**19**
7.1	Opmagasinering af vand	19
7.2	Udvidelse af vandløbsprofil	19
7.3	Diger	20
7.4	Terrænhævning	23
7.5	Spunsvægge	23
8.	**GENERELLE KRAV TIL INDSATSMULIGHEDER**	**25**
9.	**OMRÅDE A – GUDENÅ UMIDDELBART VEST FOR MØLLEBÆKKENS UDLØB**	**26**
9.1	Beskrivelse af område	26
9.2	Indsatsmulighed A-1: Beskyttelse af private haver og ejendomme ved digeløsning	27
9.2.1	Effekt	29

9.2.2	Konsekvensvurdering	29
9.3	Indsatsmulighed A-2: Beskyttelse af private haver og ejendomme ved terrænhævning	29
9.3.1	Effekt	31
9.3.2	Konsekvensvurdering	31
9.4	Økonomisk overslag	31
10.	**OMRÅDE B – MØLLEBÆKKEN**	**33**
10.1	Beskrivelse af området	33
10.2	Indsatsmulighed for den østlige side	35
10.2.1	Effekt	37
10.2.2	Konsekvensvurdering	37
10.3	Økonomisk overslag	38
11.	**OMRÅDE C - GUDENÅ UMIDDELBART ØST FOR MØLLEBÆKKENS UDLØB**	**39**
11.1	Beskrivelse af området	39
11.2	Indsatsmulighed C-1: Beskyttelse af private haver	40
11.2.1	Effekt	40
11.2.2	Konsekvensvurdering	41
11.3	Indsatsmulighed 3-2: Beskyttelse af hele området ved digeløsning langs åen	41
11.3.1	Effekt	41
11.3.2	Konsekvensvurdering	41
11.4	Indsatsmulighed 3-3: Terrænhævning	42
11.4.1	Effekt	42
11.4.2	Konsekvensvurdering	42
11.5	Forslag til kombineret indsatsmulighed	42
11.6	Økonomisk overslag	43
12.	**OMRÅDE D - GUDENÅ LANGS GRUNDFOS**	**43**
12.1	Beskrivelse af område	43
12.2	Indsatsmulighed D-1: Beskyttelse af Martin Bachs Vej, parkeringspladser og bygning ved dige	45
12.2.1	Effekt	46
12.2.2	Konsekvensvurdering	46
12.3	Indsatsmulighed D-2: Beskyttelse af Martin Bachs Vej, parkeringspladser og bygning ved terrænhævning	46
12.3.1	Effekt	47
12.3.2	Konsekvensvurdering	47
12.4	Økonomisk overslag	48
13.	**TOPKOTE DIGER OG TERRÆNHÆVNINGER**	**49**
14.	**KONKLUSION**	**50**

1. OPSUMMERING

1.1 Baggrund og formål

I Viborg Kommunes klimatilpasningsplan fra 2014 er der i Bjerringbro udpeget 8 risikoområder, hvor mulighederne for klimasikring skal undersøges nærmere. Områderne fremgår af efterfølgende kort. I denne rapport behandles mulige indsatser for klimatilpasning af område 5, 7 og 8 mod høj vandstand i enten Gudenåen eller Møllebækken samt høj grundvandsstand, herunder udarbejdelse af økonomiske anlægsoverslag for de enkelte indsatsmuligheder.
Indsatserne er bearbejdet på et overordnet niveau for at danne grundlag for en videre politisk proces vedrørende hvorvidt der skal arbejdes videre med indsatsmulighederne (detailprojektering).

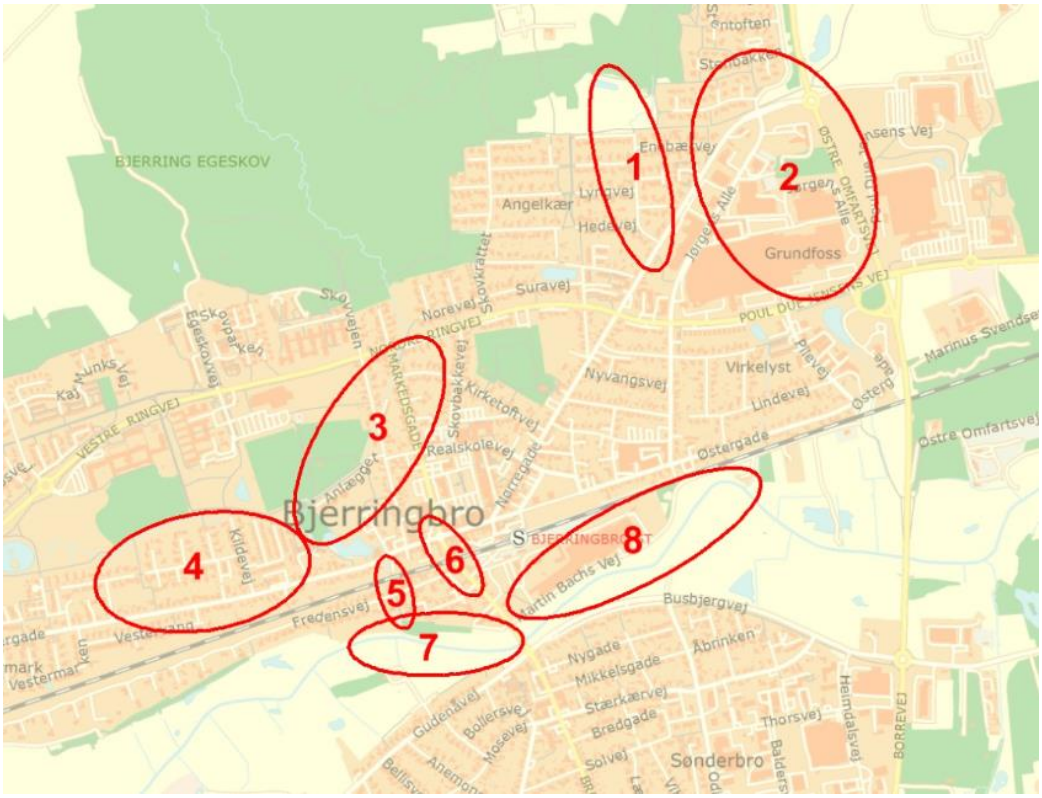


Illustration 1: Risikoområder i Bjerringbro fra Viborg Kommunes Spildevandsplan (2014).

1.2 Udfordringer i området

Med jævne mellemrum opleves vandstandsforhold i Gudenåen, der giver anledning til oversvømmelser af arealer udenfor Gudenåens profil. Oversvømmelserne påvirker centrale dele af Bjerringbro, men det er ikke for alle lokaliteter at oversvømmelsen er problematisk, idet det delvist er den ubebyggede, ikke urbane del af ådalen, der oversvømmes. For andre lokaliteter giver oversvømmelser dog anledning til stor gene, idet der er tale om haver, ejendomme, stier, veje, parkeringsarealer og offentlige rekreative områder der oversvømmes.

Høj vandstand i Gudenåen kan forekomme i en længere periode, over flere dage eller uger, hvilket betyder, at oversvømmede områder kan stå under vand i en længere periode. Generelt står vandstanden i Gudenåen højt om vinteren og siden 1974 er vintervandstanden i Gudenå steget med ca. 25 cm, hvilket vurderes at skyldes en større tilstrømning af vand samt mere overvintrende grøde. Om sommeren er vandstanden i en middelsituation steget med 80 cm grundet grødevæksten.

Møllebækken løber ud i Gudenåen (område 5), men ved høj vandstand i Gudenåen opstår der tilbagestuvning af vand, således at Møllebækken reelt ikke kan afvande til Gudenåen. Dette forårsager oversvømmelser langs den nedstrøms del af Møllebækken. Det er flere gange registreret, at vandet fra Gudenåen forårsager tilbagestuvning op i Møllebækken til stitunnelen under jernbanen nord for Fredensvej.

I vinteren 2015/2016 blev der registreret problemer med høj grundvandsstand i området nær ved Gudenåen. Borgere har oplevet, at deres kældre er blevet våde nedefra grundet høj grundvandsstand.

En problematik, som ikke berøres yderligere i denne rapport er, at der er en række udløb fra regnvandskloakken direkte til Gudenå eller Møllebækken. Ved høj vandstand i Gudenåen eller Møllebækken vil kloakkens evne til at aflede regnvand til disse recipienter være begrænset, ligesom der kan ske tilbagestuvning af vand fra Gudenå og Møllebækken til regnvandskloakken. Høje vandstande i Gudenå og Møllebækken kan dermed indirekte medføre begrænset kapacitet i regnvandskloakken og reelt give anledning til oversvømmelser fra denne.

Det vides ikke om der er sætninger i området. Sætter terrænet sig nævneværdigt vil konsekvenserne ved oversvømmelserne øges.

Projektet er gennemført af en tværfaglig gruppe i Rambøll på baggrund af input fra Viborg Kommune og Energi Viborg Vand.

Rapporten omhandler udelukkende de tre nævnte risikoområder (5,7 og 8).

1.3 Motivation for prioritering af indsatser

Gudenåen danner rammen om Bjerringbro og er en vigtig del af byens image som en by med naturen i baghaven. Gudenåen danner et blå-grønt rekreativt stryg gennem Bjerringbro, til stor glæde for både lokale og turister.

Det at bo ned til Gudenåen, med udsigt til Gudenåen eller i nærhed af Gudenåen er et vigtigt aktiv for Bjerringbro. Derfor er det indtænkt i samtlige forslag til indsatser, at adgangen til Gudenåen både visuelt og fysisk i videst muligt omfang skal bibeholdes.

Gudenåen og Møllebækken er vigtige biotoper. Højvandssikringen må ikke have en negativ virkning på dyrelivet eller forhindre den fri passage af flora og fauna i vandløbene.

Indsatserne må ligeledes ikke forøge risikoen for oversvømmelser udenfor indsatsområderne.

Den nuværende funktion af arealerne må i videst muligt omfang ikke begrænses. Samlet set skal løsningerne skabe værdi for både lokalbefolkningen og virksomhederne, ved at risikoen for skadesforvoldende oversvømmelser reduceres betydeligt uden at de negative konsekvenser af løsningerne bliver for høje.

Gudenåen besøges årligt af en række kanoturister og løsningerne må ikke besværliggøre kanosejlads langs Gudenåen. Det skal også sikres, at kanoturister har let adgang til Bjerringbro By, således der fortsat indbydes til at gøre ophold i byen under kanoturen.

Det er ikke muligt at foretage en tilfredsstillende højvandssikring ved at opmagasinere vand vest for Bjerringbro hverken ved styret opstuvning eller ved udvidelse af vandløbsprofil. Højvandssikringen vil derfor inkludere enten diger, terrænhævninger eller spunsvægge, som vil ændre på området på grænsen mellem Gudenåen og byen. Det skal sikres at disse indsatser får den højest mulige æstetiske værdi.

1.4 Forslag til indsatsmuligheder højvandssikring

Der er vurderet indsatsmuligheder for følgende fire områder:
Område A: Gudenå umiddelbart vest for Møllebækkens udløb
Område B: Møllebækken
Område C: Gudenå umiddelbart øst for Møllebækkens udløb
Område D: Gudenå langs Grundfos

For arealerne langs Gudenåen anbefales sikringen mod høj vandstand i Gudenåen at ske enten ved diger eller ved en generel hævning af terrænet i udsatte områder eller ved en kombination af disse. I **område A** vil højvandssikringen skulle anlægges i private haver. Her anbefales enten et dige ned mod Gudenåen eller en generel terrænhævning af haverne ned mod Gudenåen for to villaejendomme. Begge indsatsmuligheder vil medføre en betydelig indgriben i de private haver.

Diger og terrænhævninger vil blokere de naturlige strømningsveje af overfladevand fra de bebyggede områder i Bjerringbro mod Gudenåen. Desuden vil der kunne trænge vand fra Gudenåen gennem digerne ved længere perioder med høj vandstand i Gudenåen. Derfor er der behov for at dræne på bagsiden af digerne og pumpe afdrænet vand til Gudenåen.

I **område C** foreslås en etablering af et dige på den vestlige del af strækningen lige syd for de private haver. På det offentlige rekreative areal ved Sol- og Vandtrappen foreslås en terrænhævning anlagt, så dette areal kan bibeholde sin nuværende funktion. Det er også muligt enten at anlægge diger eller foretage en terrænhævning langs hele strækningen.

I **område D** anbefales enten et dige på sydsiden af Martin Bachs Vej eller en terrænhævning. Her forventes det nuværende afløbssystem langs Martin Bachs Vej og ved Grundfos at kunne sikre dræning af bagvand og indtrængende vand gennem højvandssikringen. Dette skal undersøges nærmere i et detailprojekt.

Langs Møllebækken (**område B**) er det ikke pladsmæssigt muligt at etablere højvandssikring i form af diger. Her anbefales, at der anlægges en spunsvæg langs Møllebækken. Dette vil ændre markant på det nuværende æstetiske indtryk af området. Et alternativ kan være at hæve terrænet både langs cykelstien og i de private haver. Det er dog ikke umiddelbart muligt at hæve terrænet hvor cykelstien krydser broen, da broen er for lav til dette. Der kan dog gennemføres en kombineret løsning, hvor der anlægges spuns langs Møllebækken ved broen og terrænhæves langs de øvrige strækninger af Møllebækken.

Høje vandstande i Gudenåen og Møllebækken vil resultere i, at udledningskapaciteten for udløb fra regnvandskloakken reduceres. Dette kan medføre oversvømmelser fra regnvandskloakken i kloakoplandene, da regnvandet ikke vil kunne afledes. Det anbefales at få klarlagt denne udfordring og mulige løsninger nærmere, så dette kan indtænkes i eventuelle detailprojekter for højvandssikring, hvor relevant.

1.5 Sikring mod høj grundvandsstand

Grundvandssænkning kan foretages enten ved lokal punktsikring af bygninger eller ved en generel områdesænkning. En lokal grundvandssænkning ved omfangsdræn er ikke altid tilstrækkelig, idet grundvand kan sive op gennem soklen, såfremt disse ikke er tætte. Ved en områdesænkning påvirkes grundvandsforholdene i et større område. Dette kan medføre potentielle udfordringer med sætninger, problemer for pælefunderede ejendomme samt udfordringer i forhold til vandindvindinger og forureninger.

1.6 Økonomiske overslag

Der er udarbejdet økonomiske anlægsoverslag for de enkelte indsatsmuligheder. Det har en begrænset indvirken på de økonomiske overslag, om områderne sikres mod en 10 års, 20 års eller

50 års hændelse. Derfor anbefales det også ud fra økonomiske betragtninger at vælge et sikringsniveau i den høje ende.

Nedenfor er angivet de forventede økonomiske omkostninger til anlæggelse af højvandssikring af de fire nævnte områder. Dertil kommer løbende driftsomkostninger.
Område A: 0,45 – 0,65 mio. kr. ekskl. moms
Område B: 1,35 – 1,15 mio. kr. ekskl. moms
Område C: 0,75 – 3,5 mio. kr. ekskl. moms
Område D: 1,4 – 2,3 mio. kr. ekskl. moms

Udgiftsfordelingen til etablering af højvandssikringen skal undersøges og vurderes nærmere.

2. INDLEDNING

I Viborg Kommunes klimatilpasningsplan fra 2014 er der i Bjerringbro udpeget 8 risikoområder, hvor mulighederne for klimasikring skal undersøges nærmere. Områderne fremgår af efterfølgende kort. I denne rapport behandles mulige indsatser for klimatilpasning af område 5, 7 og 8 mod høj vandstand i enten Gudenåen eller Møllebækken samt høj grundvandsstand, herunder udarbejdelse af økonomiske anlægsoverslag for de enkelte indsatsmuligheder.
Indsatserne er bearbejdet på et overordnet niveau for at danne grundlag for en videre politisk proces om hvorvidt der skal arbejdes videre med indsatsmulighederne (detailprojektering).

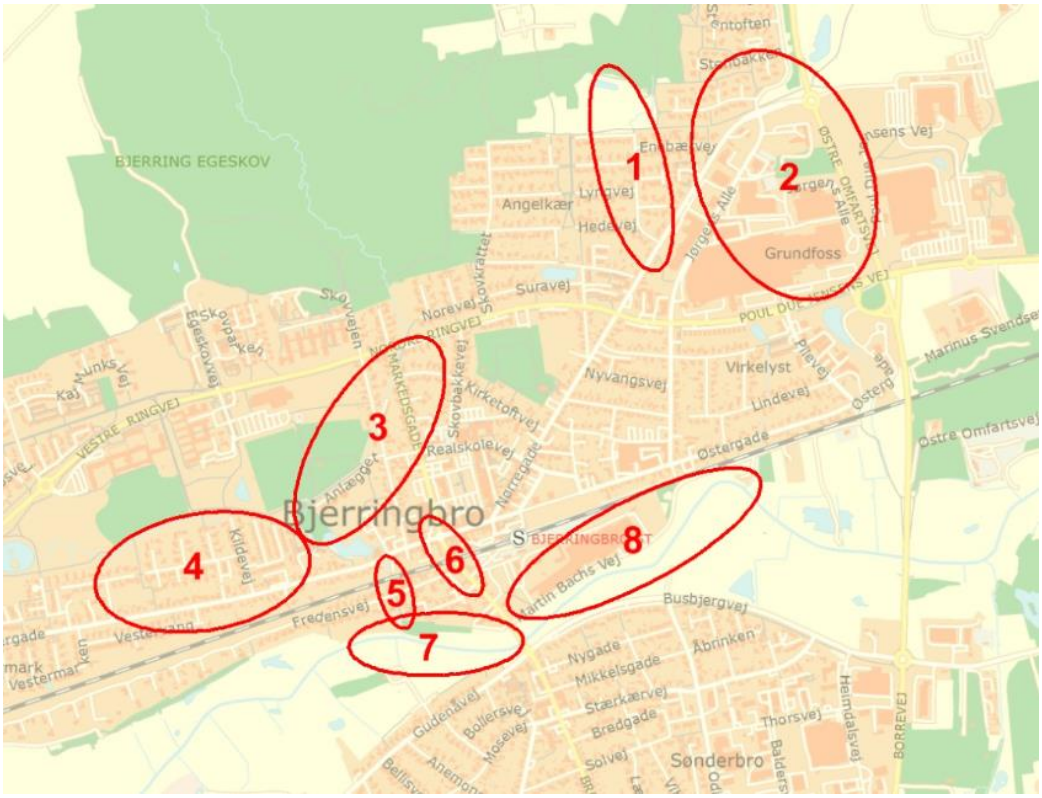


Illustration 2: Risikoområder i Bjerringbro fra Viborg Kommunes Spildevandsplan (2014).

2.1 Udfordringer i området

Med jævne mellemrum opleves vandstandsforhold i Gudenåen, der giver anledning til oversvømmelser af arealer udenfor Gudenåens profil. Oversvømmelserne påvirker centrale dele af Bjerringbro, men det er ikke for alle lokaliteter at oversvømmelsen er problematisk, idet det delvist er den ubebyggede, ikke urbane del af ådalen, der oversvømmes. For andre lokaliteter giver oversvømmelser dog anledning til stor gene, idet der er tale om haver, ejendomme, stier, veje, parkeringsarealer og offentlige rekreative områder der oversvømmes.

Høj vandstand i Gudenåen kan forekomme i en længere periode, over flere dage eller uger, hvilket betyder, at oversvømmede områder kan stå under vand i en længere periode. Generelt står vandstanden i Gudenåen højt om vinteren og siden 1974 er vintervandstanden i Gudenå steget med ca. 25 cm, hvilket vurderes at skyldes en større tilstrømning af vand samt mere overvintrende grøde. Om sommeren er vandstanden i en middelsituation steget med 80 cm grundet grødevæksten.

Møllebækken løber ud i Gudenåen (område 5), men ved høj vandstand i Gudenåen opstår der tilbagestuvning af vand, således at Møllebækken reelt ikke kan afvande til Gudenåen. Dette for-

årsager oversvømmelser langs den nedstrøms del af Møllebækken. Det er flere gange registreret, at vandet fra Gudenåen forårsager tilbagestuvning op i Møllebækken til stitunnelen under jernbanen nord for Fredensvej.

I vinteren 2015/2016 blev der registreret problemer med høj grundvandsstand i området nær ved Gudenåen. Borgere har oplevet, at deres kældre er blevet våde nedefra grundet høj grundvandsstand.

En problematik, som ikke berøres yderligere i denne rapport er, at der er en række udløb fra regnvandskloakken direkte til Gudenå eller Møllebækken. Ved høj vandstand i Gudenåen eller Møllebækken vil kloakkens evne til at aflede regnvand til disse recipienter være begrænset, ligesom der kan ske tilbagestuvning af vand fra Gudenå og Møllebækken til regnvandskloakken. Høje vandstande i Gudenå og Møllebækken kan dermed indirekte medføre begrænset kapacitet i regnvandskloakken og reelt give anledning til oversvømmelser fra denne.

Det vides ikke om der er sætninger i området. Sætter terrænet sig nævneværdigt vil konsekvenserne ved oversvømmelserne øges.

Projektet er gennemført af en tværfaglig gruppe i Rambøll på baggrund af input fra Viborg Kommune og Energi Viborg Vand.

Rapporten omhandler udelukkende de tre nævnte risikoområder (5,7 og 8).

Der henvises til rapporten: ”Etablering af gydestryg i Gudenåen”, der også behandler klimaudforinger i Bjerringbro. Rapporten er udarbejdet i juni 2016 af Rambøll.

3. SIKRINGSNIVEAU

Klimatilpasningsindsatsen afhænger af det ønskede sikringsniveau. For beskyttelse mod høj vandstand i Gudenåen har Viborg Kommune valgt, at der skal udarbejdes forslag til beskyttelse for en 10 års, 20 års og 50 års hændelse fremskrevet til år 2050.

3.1 Vandstand i Gudenå

3.1.1 Generelt om vandføringen i Gudenåen

Gudenåen, ved Bjerringbro, har en vandføring på 7 til 70 m^3/s med en årsmiddel på ca. 22 m^3/s. De store vinterafstrømninger især i forbindelse med længere regnperioder har historisk set længe givet anledning til forhøjede vandspejle med risiko for oversvømmelser ved Bjerringbro by. Siden den invasive art, vandremuslingen er indvandret i Gudenå systemet, er vandet i Gudenåen blevet mere klart og der har været en stigning i grødevæksten i Gudenåen. Dette formodes at skyldes, at vandremuslingen filtrerer vandet. Klart vand sender mere lys langt ned i vandet og derfor får vandplanterne på Gudenåens bund bedre vækstbetingelser. Dette resulterer i en mere massiv grødevækst.

Den øgede grødevækst i Gudenåen har siden 2008 givet anledning til sommeroversvømmelser af de vandløbsnære områder i forbindelse med længerevarende regn. Samtidig kan det konstateres, at overvintrende grøde i vandløbet også har fået en vis betydning for vandløbets vandføringsevne om vinteren.

Vandstanden i Gudenåen er generelt højere om vinteren end om sommeren. Grøde er ikke den primære årsag til den stigende vandstand i Gudenåen i vinterhalvåret. Det er derimod øget nedbørsmængder især i forbindelse med længere regnperioder der resulterer i store afstrømningsmængder i Gudenåen, der primært er grunden til de hyppigere ekstreme vandstande i Gudenåen ved Bjerringbro.

Forenklet kan det siges, at oversvømmelserne i sommerhalvåret er en kombination af langvarige nedbørsperioder og grødevækst i Gudenåen, mens vinteroversvømmelserne skyldes store afstrømninger (langvarige nedbørsperioder, tøbrud).

3.1.2 Ekstreme hændelser

Til vurdering af de ekstreme hændelser i Gudenåen (gentagelsesperioder på 2, 10, 20 og 50 år) er der indhentet vandføringsdata for målestation ved Ulstrup. Målestationen er en hydrometrisk målestation (DMU nr. 210461), som har været i drift siden 1973. For målestationen ved Bjerringbro (DDH nr. 21.07) er der ligeledes modtaget vandspejlsdata for perioden 2009-2015. Målestationen i Bjerringbro er placeret ved broen ved Brogade i St. 4.400 m (Bilag 2).

Karakterisitiske afstrømningen Gudenåen			
	l/s	*l/s/km²*	*Statistisk definition*
Medianminimum	9.875	5,5	Underskrides hvert 2. år
Sommermedian	15.745	8,8	Over/underskrides 50 % af tiden i maj-sep.
Årsmedian	19.757	11,0	Over/underskrides 50 % af året
Årsmiddel	22.409	12,5	Årsgennemsnit
Medianmaksimum	48.780	27,3	Overskrides hvert 2. år
10 års maksimum	62.018	34,6	Overskrides hvert 10. år

Tabel 1: Karakteristiske afstrømninger i Gudenåen (DMU nr. 210461).

Ved målestationen i Bjerringbro er der i perioden 2009-2015 målt et middelvandspejl i kote 3,70 m og et maksimalt vandspejl (døgnmiddel) i kote 4,88 m. Da der er tale om døgnmiddel værdier er der formentlig kortere perioder, i forbindelse med megen nedbør, hvor øjebliksvandspejlet har været højere.

For at vurdere vandspejlsniveauet for hhv. 2, 10, 20 og 50 års hændelser fremskrevet til 2050 er der beregnet vandspejle i en simpel VASP model ved følgende afstrømninger med et vinter manningtal på M=22 .Dette er på baggrund af historiske målinger af vandføring og vandspejl langs Gudenåen, estimeret som et repræsentativt vinter Manningtal for Gudenåen.

- 2 års 27 l/s/km^2 (medianmaksimum)
- 10 års 35 l/s/km^2
- 20 års 40 l/s/km^2
- 50 års 45 l/s/km^2

For at fremskrive til 2050 er afstrømningen ganget med en klimafaktor på 1,15. Denne klimafaktor er estimeret ud fra nyeste viden om forventede stigninger i nedbør frem til år 2050.

VASP modellen er konservativ idet der eksempelvis ikke er inkluderet terræn. Dvs. den store forøgelse, som sker i tværsnitsarealet, når vandløbet løber over selve vandløbsprofilet og ud i terræn, er ikke medregnet. De beregnede vandspejle for de hændelser, som skaber oversvømmelser er altså overestimeret (konservative) og vurderes som ret robuste ifht. overskridelser.

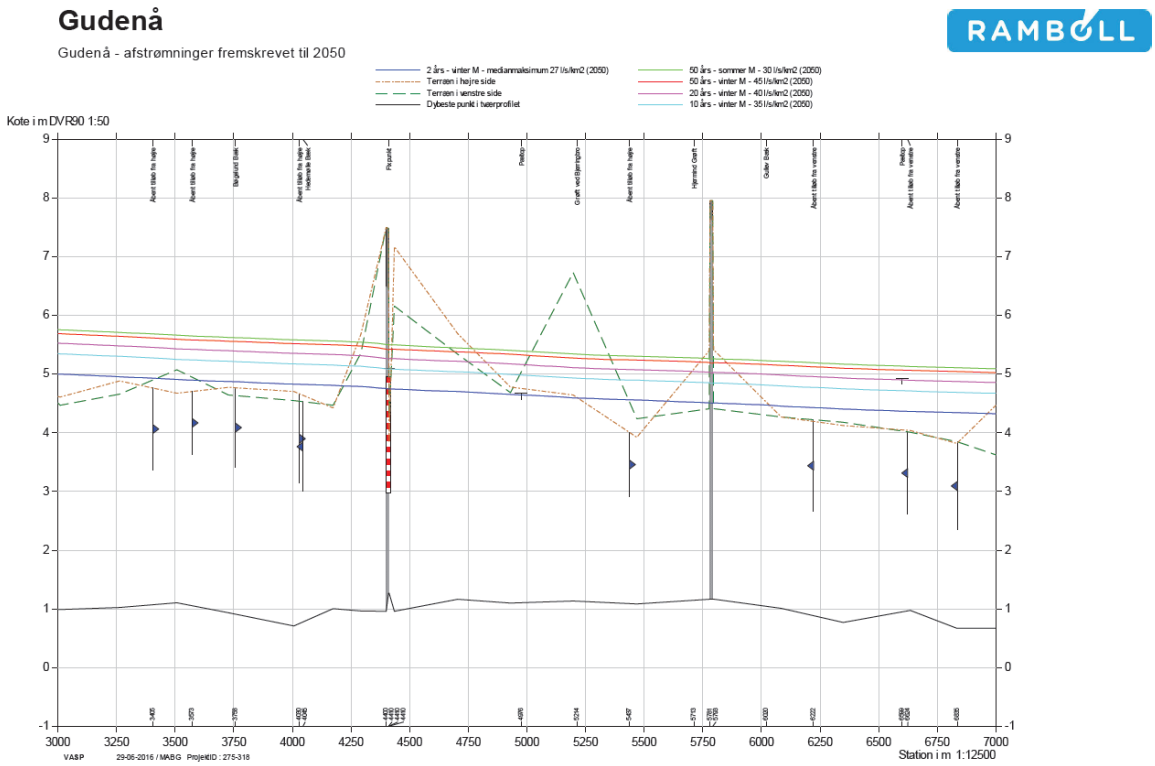


Illustration 3: Længdeprofil for Gudenåen og beregnede vandspejle ved de valgte hændelser. Illustrationen fremgår ligeledes af bilag 5.

Ud fra beregningerne i VASP er der fastlagt følgende vandspejle ved hhv. 2, 10, 20 og 50 års gentagelsesperioder for der hvor Gudenåen krydser Brogade.

- 2 års 4,56 m
- 10 års 4,91 m
- 20 års 5,08 m
- 50 års 5,20 m

Beregningerne i VASP er baseret på målestation 2107 i Bjerringbro.

Der kan med fordel opsættes en dynamisk model I MIKE 11 – MIKE Flood i forbindelse med en detailprojektering for at fastlægge disse vandspejl nærmere.

På Bilag 3 er der vist udbredelse af vandspejlet i ådalen ved de forskellige scenarier (konservativ udbredelse). Erfaringer viser, at bygninger bliver berørt ved et vandspejl på målestation 2107 ved Bjerringbro på ca. 5,0 meter.

Reelt vil der kun være en lille forskel på det vandstandsniveau, der opleves for hhv. en 10 års, 20 års og 50 års hændelse. Dette skyldes, at vandstanden for alle hændelser giver anledning til oversvømmelser af Gudenåens brinker og dermed oversvømmer ådalen, som reelt fungerer som et udvidet vandløbsprofil, med en buffer i.

Det medfører også, at der i forhold til beskyttelsesstrategierne kun vil være en mindre forskel på en 10 års, 20 års og 50 års hændelse. Diger og terrænhævninger vil have samme udbredelse, men der vil være en lille forskel på højden for diger og terrænhævninger alt efter ønsket sikringsniveau. Der tages udgangspunkt i de konservativt beregnede vandspejle.

3.1.3 Sommersikring

For områder hvor det udelukkende er grønne områder som haver og rekreative arealer der oversvømmes, kan det overvejes om højvandssikringen skal anlægges i koter, hvor der i sommerhalvåret sikres til den ønskede gentagelsesperiode. Det er i sommerhalvåret disse arealer primært er i brug og i denne periode det er interessant at sikre dem. Vandstanden er generelt lavere i Gudenåen om sommeren end om vinteren.

3.2 Grundvand

3.2.1 Data

Der forefindes ikke tilgængelige data, som kan anvendes til at fastlægge gentagelsesperioder for det terrænnære grundvandsspejl og der findes ikke løbende registreringer af grundvandsstanden i området. Der findes offentlige tilgængelige data for historiske boringer i området, hvor der for de fleste af disse er registreret koten af det terrænnære grundvandsspejl. Det indmålte terrænnære grundvandsspejl er blot udtryk for et øjebliksbillede. Der er data for boringer helt tilbage til 1950 for området.

Grundvandsstanden ændrer sig i løbet af året og afhænger blandt andet af samspillet mellem nedbør og fordampning. Typisk er grundvandsstanden højest i februar og marts og lavest i august og september, men der forekommer naturligvis store variationer fra år til år. Der er ikke data tilgængelige for området, der gør det muligt at udtale sig om de forventede grundvandsvariationer i løbet af et år.

I vinteren 2015/2016 vurderer Viborg Kommune, at grundvandsstanden var særlig høj i området grundet en meget våd vinter. Dette var ligeledes tilfældet mange andre steder i Danmark. Grundvandsstanden er ikke indmålt i denne periode.

3.2.2 Mulige sikringsniveauer

I forhold til grundvand anbefales det at udvælge sikringsniveauer på baggrund af, hvad det er der konkret ønskes sikret mod den potentielle grundvandsindtrængning. Er det ejendomme uden kældre kan typisk regnes med, at bund af sokkel er ned til 1,2 meter under terræn. For ejendomme med kælder kan kælderen typisk forventes med bund ned til 2,5 meter under terræn.

4. GEOLOGISKE OG HYDROGEOLOGISKE FORHOLD

Der gives i det følgende en indledende hydrogeologisk vurdering af mulige årsager til, at der opleves stigende grundvandsspejl i Bjerringbro. Vurderingen er foretaget på baggrund af nuværende datagrundlag, og der gives forslag til supplerende dataindsamling, såfremt dette ønskes. Energi Viborg er ved at foretage geotekniske undersøgelser i området, hvilket vil bidrage med nye data.

4.1 Geologi

Geologien omkring Gudenåen ved Bjerringbro er præget af landskabsdannende processer fra istiden Weichsel for 115.000-10.000 år siden. Da isen var smeltet tilbage fra Jylland og videre ud i Kattegat fik Gudenåen sit nuværende afløb gennem Randers Fjord området til Kattegat. Ved Bjerringbro fremgår de forskellige dannelsesstadier i denne proces som flere terrasser langs dalsiderne i Gudenådalen. Landskabet nord for Gudenådalen er præget at et storbakket morænelandskab med vekslende ler- og sandlag. Jordartskortet på Illustration 4 viser, at der i de øvre jordlag overvejende findes sandede aflejringer omkring Bjerringbro. På Illustration 4 er vist potentialekortet for Viborg Amt. Potentialekortet er ikke magasinspecifikt.

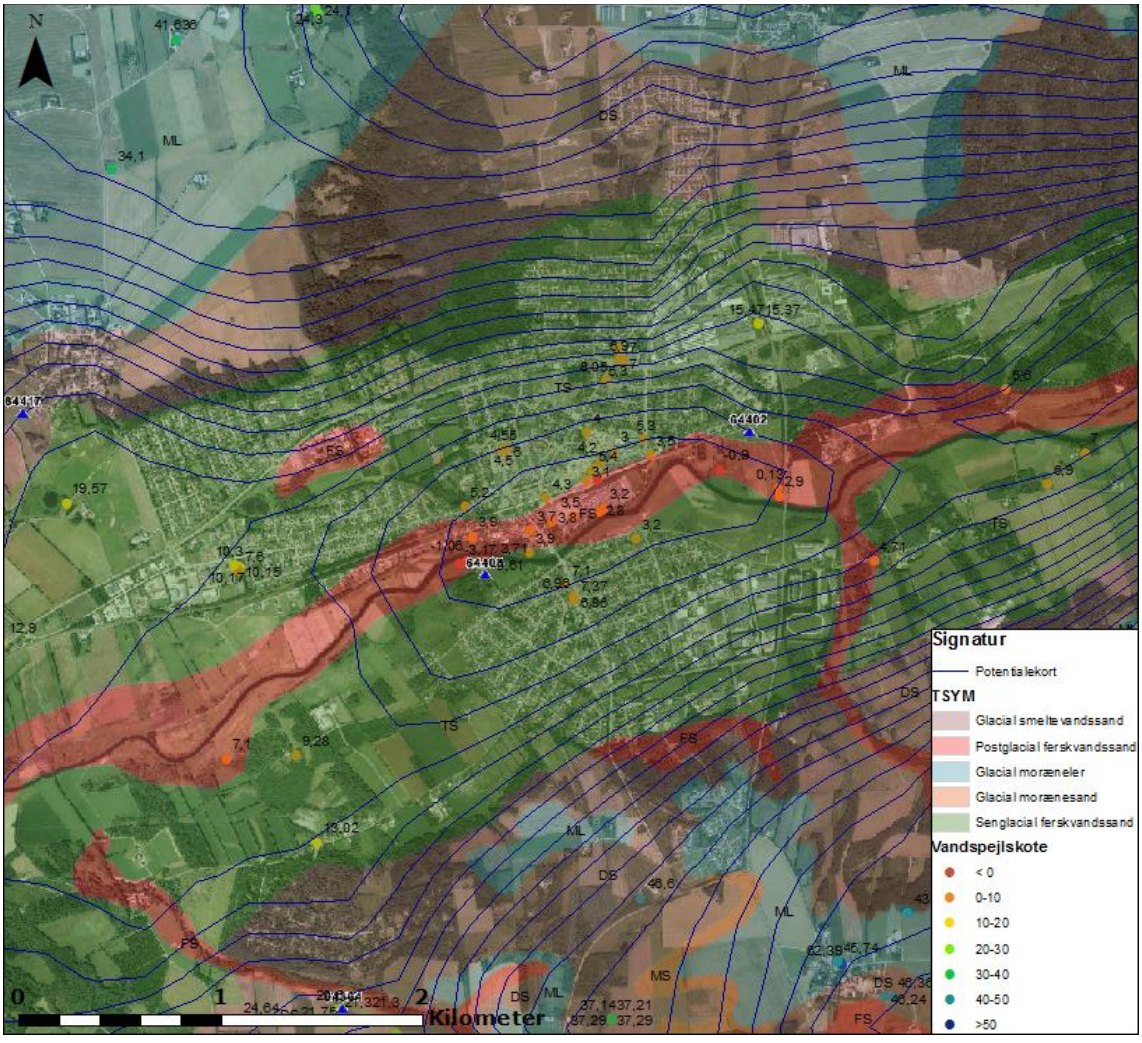


Illustration 4: Jordartskort, Potentialekort (Viborg Amt 2005) og vandspejlskote (seneste pejling).

På Illustration 4 er anlæg til almene vandforsyninger markeret med en blå trekant. Ved område 7 ligger anlæg nr. 64403, som tilhører Bjerringbro Vandværk, Sønderbro. Vandværkets 4 aktive indvindingsboringer er placeret på sydsiden af Gudenåen ved område 7. Potentialebilledet viser, at der generelt sker strømning mod Gudenåen. Der ses et lokalt lavpunkt ved Bjerringbro, som sandsynligvis er et udtryk for tætheden af pejledata nær Gudenåen i dette område.

Lagserien ved Bjerringbro består terrænnært af et sekundært grundvandmagasin af smeltevandssand- og grus med mægtigheder i størrelsesordenen 5-10 meter. Herunder ses et lavpermeabelt lerlag, som primært består af moræne- og smeltevandsler med mægtigheder på op til ca. 50 meter. Det underliggende primære magasin i området består af smeltevandssand og –grus, og det er primært herfra områdets vandværker indvinder.

Omkring Bjerringbro ses et markant, delvist begravet dalsystem. Gudenåen løber ved Bjerringbro i dette begravede dalsystem. Uden for dalsystemet ligger den fede tertiære ler højt, mens der centralt i dalen ses større mægtigheder af sand. Det primære magasin ved Bjerringbro består af et sandmagasin placeret i bunden af dalsystemet.

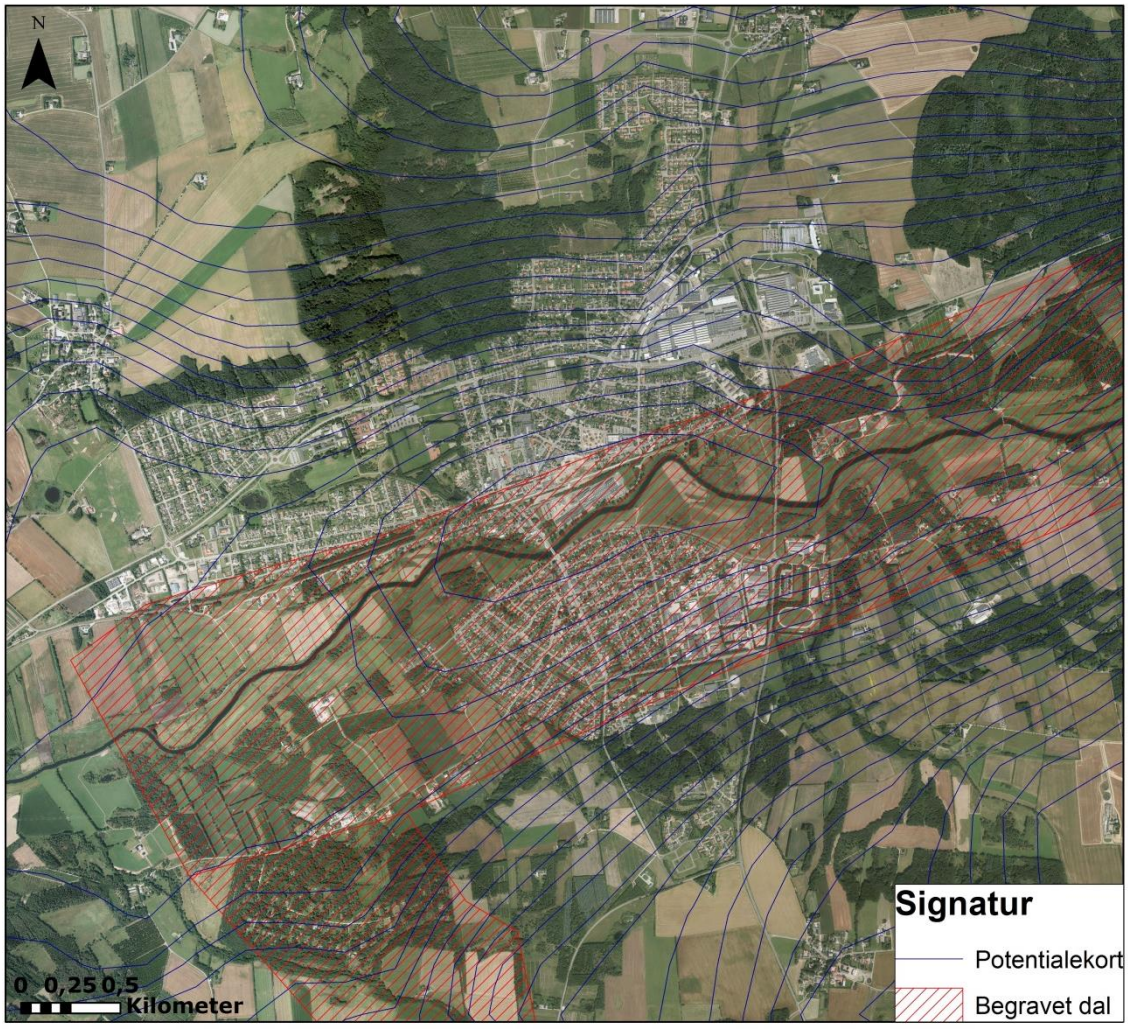


Illustration 5: Begravet dalsystem ved Bjerringbro.

4.2 Hydrogeologi

Der er placeret en online vandføringsstation, nr. 21.07, i Bjerringbro. Stationen drives af Viborg Kommune og placeringen er vist på Illustration 6.

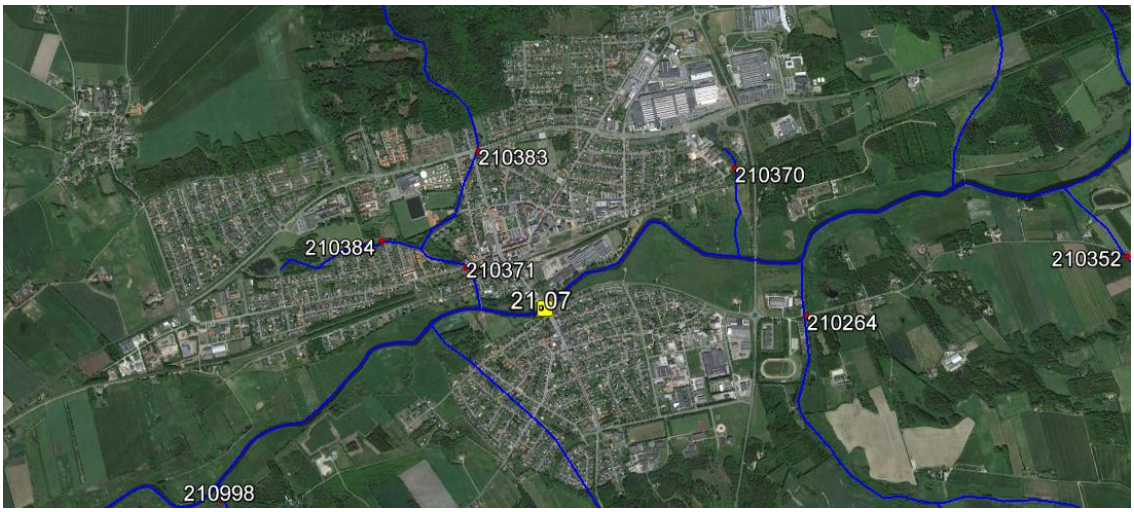


Illustration 6: Placering af målestationer og målesteder ved Bjerringbro.

Ved risikoområde 5 ses et tilløb (Møllebækken) til Gudenåen, vist på Illustration 7. Da både terræn og potentialeforhold falder ned mod Gudenåen, vil både øget nedbør og den stigende vandstand i Gudenåen kunne medføre en opstuvning i magasinet, da der ved Bjerringbro ses et tyndt terrænnært sandlag over et underliggende lavpermeabelt lag. Der er en naturlig begrænsning i kapaciteten for nedsivning gennem lerlaget, og ved større regnhændelser, vil der ske overfladenær afstrømning, som vil føres med tilløb til Gudenåen. De områder, som er berørte af den stigende grundvandsstand, ligger nedstrøms to større tilløb, som i perioder med meget nedbør vil bidrage med øgede vandmængder fra det topografiske opland.

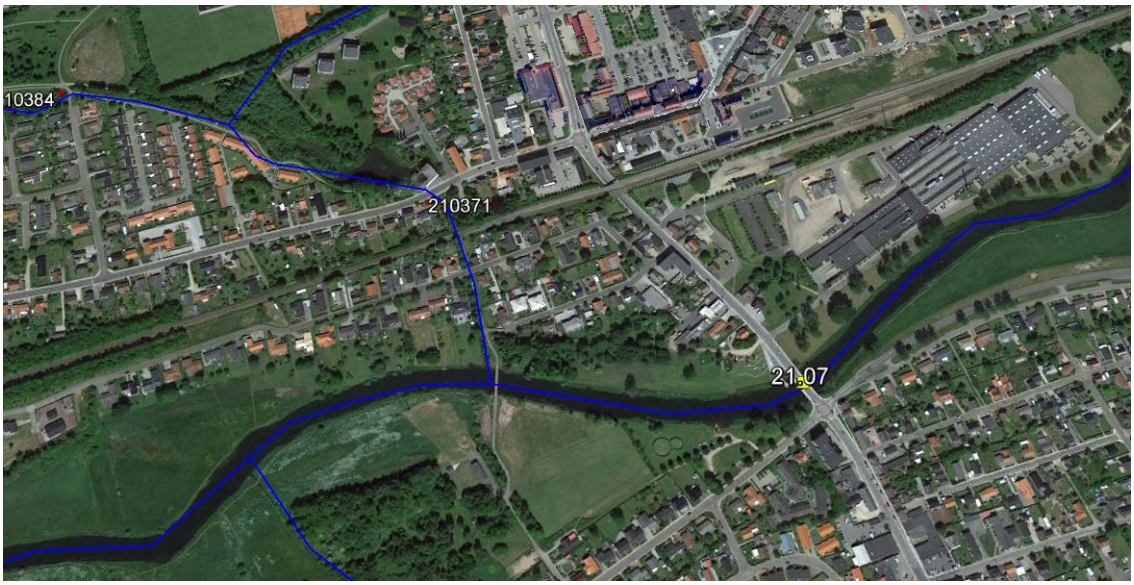


Illustration 7: Gudenåen og tilløb omkring Bjerringbro.

På efterfølgende illustration er vist den seneste pejling i området med angivet boredybde. Pejlinger i det terrænnære magasin ligger omkring kote 3-4 meter, mens vandspejlskoter i det primære magasin generelt ligger lavere, hvilket indikerer en nedadrettet gradient. Potentialekortet viser, at strømningen sker mod Gudenåen, hvor der ses et lokalt potentialelavpunkt. Gudenåsystemet vurderes at være i hydraulisk kontakt med det terrænnære grundvandsmagasin.



Illustration 8: Seneste pejling kategoriseret efter boredybde.

Terrænet omkring Gudenåen ved Bjerringbro hælder kraftigt ned mod Gudenåen. Grundvandsspejlet i det terrænnære magasin står meget tæt på terræn, omkring 1-2 meter under terræn.

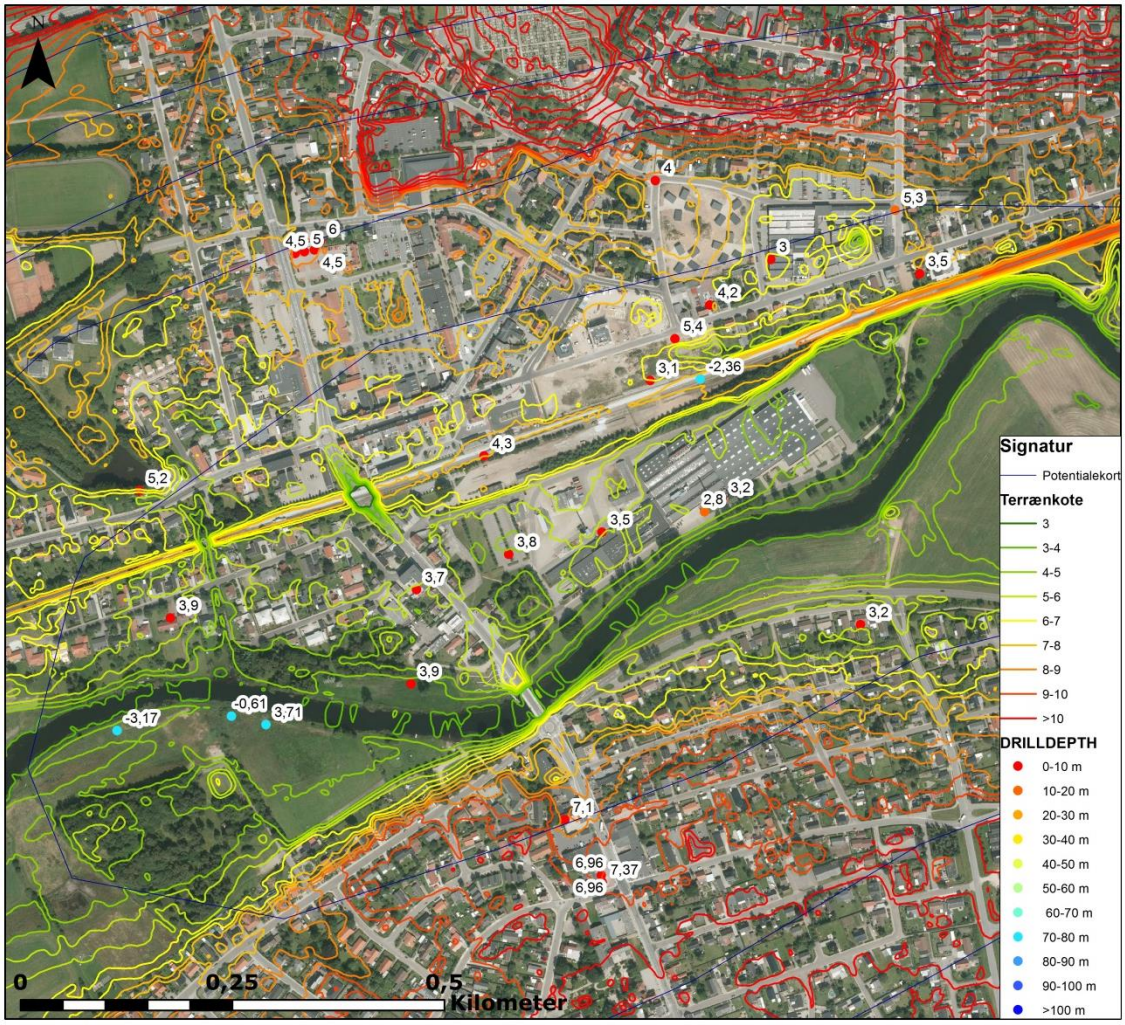


Illustration 9: Terrænforhold og pejlede vandstandskoter.

4.3 Opsummering

Da Gudenåsystemet vurderes at være i hydraulisk kontakt med det terrænnære grundvandsmagasin, vil en stigende vandstand i Gudenåen sandsynligvis medføre en opstuvning i det terrænnære grundvandsmagasin.

Det stigende terrænnære grundvandsspejl i de berørte områder vurderes umiddelbart at være et resultat af et øget vandspejl i Gudenåen, som forplanter sig bagud i oplandet, primært omkring de større tilløb. Geologi, terræn- og potentialeforhold indikerer, at der ved større regnhændelser er begrænset nedsivningskapacitet, da der er en lille umættet zone og et tyndt terrænnært magasin over et lavpermeabelt lerlag. Det er sandsynligt, at der i det terrænnære magasin ses større fluktuationer som følge af kraftige regnhændelser. Gudenåsystemet løber ved Bjerringbro i et begravet dalsystem. Uden for dalen ligger den fede tertiære ler højt, og nedsivningspotentialet vurderes at være begrænset. Koblet med de topografiske forhold og gradientforhold i det terrænnære magasin, modtager Gudenåen lokalt overfladevand fra et stort område.

5. STRØMNINGSVEJE OG RISIKOOMRÅDER FOR OVERSVØMMELSE

På Illustration 10 ses strømningsveje for området. Strømningsvejene går generelt ned mod Gudenåen og ved etablering af sikringskonstruktioner mod høj grundvandsstand fra Gudenåen og Møllebækken, skal det sikres at overfladevand på bagsiden af sikringskonstruktionerne kan opsamles, så der ikke opstår risiko for oversvømmelse, idet disse konstruktioner kan blokere for de naturlige strømningsveje ned mod Gudenåen. I bilag 4 fremgår terrænkort for området.

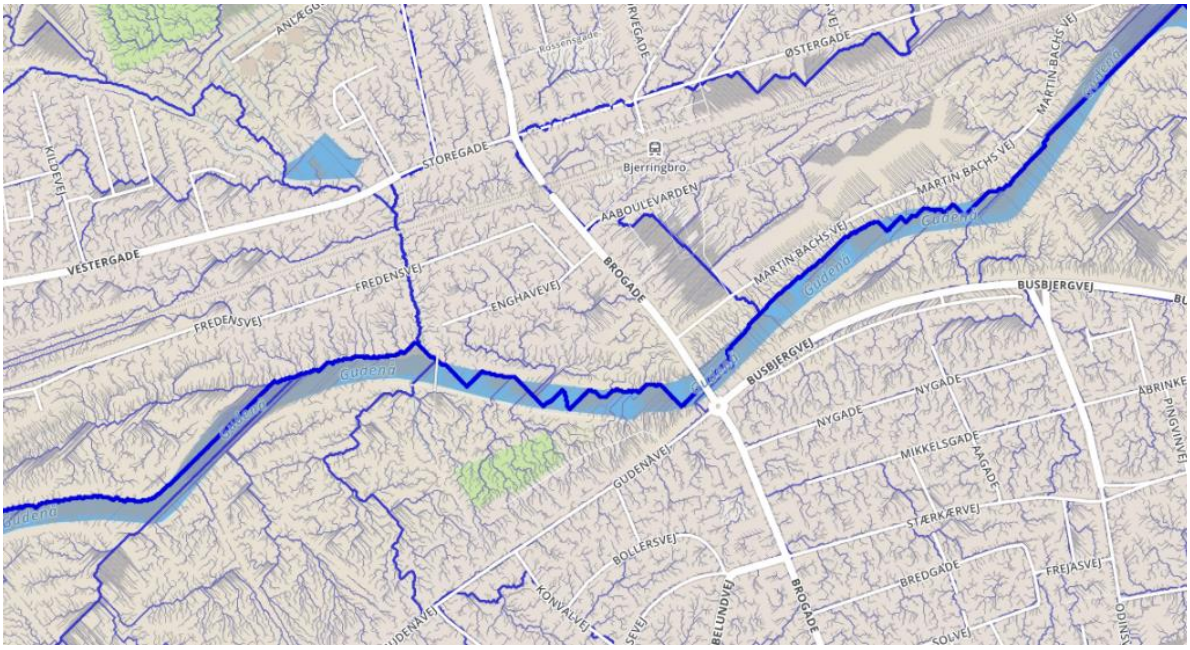


Illustration 10: Strømningsveje fra SCALGOLIVE.

Af Illustration 11 fremgår risikoområder for oversvømmelse. Illustrationen viser hvilke områder der vil blive oversvømmet, hvis der falder 20 mm regn, og der ikke sker nogen form for fordampning, nedsivning eller afledning til regnvandssystem. Ligeledes er strømningsvejene angivet på Illustrationen. Ved anlæggelse af diger eller terrænhævninger, er det vigtigt at have øje for disse risikoområder for oversvømmelse og strømningsveje, for at sikre at risikoen for oversvømmelse relateret til nedbørshændelser ikke forværres i naboområder.

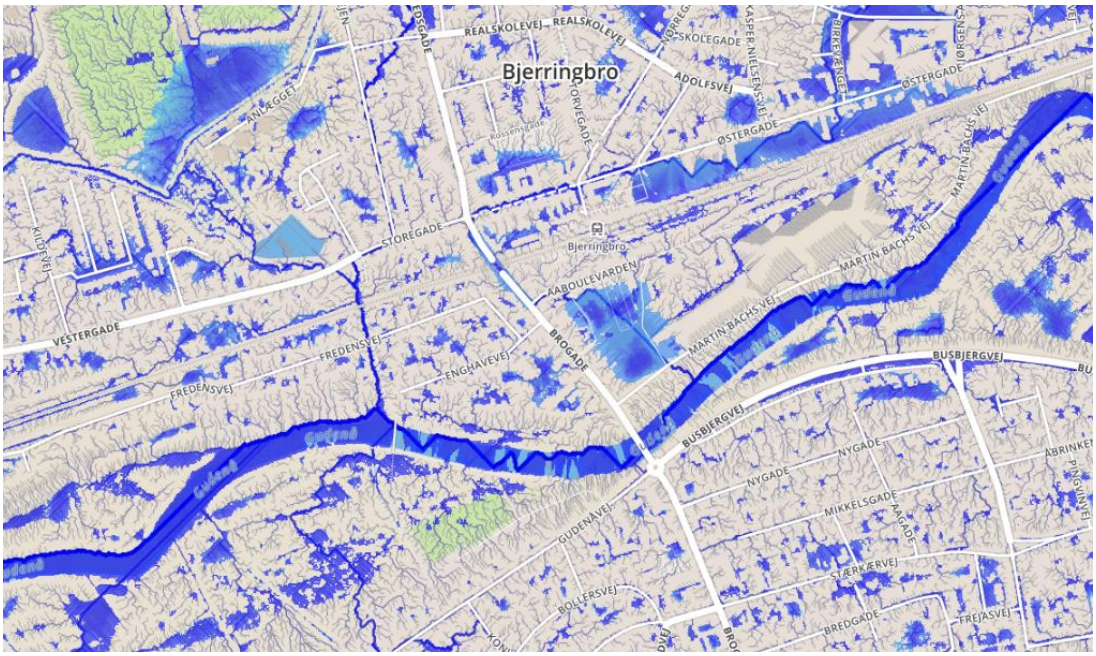


Illustration 11: Oversvømmede områder ved 20 mm nedbør (glaspladem odel) samt strømningsveje fra SCALGOLIVE.

6. BESKRIVELSE AF OVERORDNEDE ALTERNATIVE INDSATSMULIGHEDER MOD HØJ GRUNDVANDSSTAND

6.1 Behov

Det må forventes, at risikoen for problematisk høje grundvandsstande i fremtiden vil blive øget. Dette skyldes både at det terrænnære grundvandsspejl er i hydraulisk kontakt med Gudenåens vandspejl samt at der i fremtiden forventes øgede nedbørsmængder.

Der skal foretages en kortlægning af problemomfang på ejendomsniveau og det terrænnære grundvandsspejl skal kortlægges, før der kan arbejdes videre med en eventuel løsningsstrategi.

Udfordringen i Bjerringbro er, at de øverste 5-10 meter af undergrunden består af sand. Grundvand har en høj transporthastighed i sandede aflejringer. Ved en grundvandssænkning betyder det, at grundvand hurtigt vil strømme til området igen. Det er derfor forholdsvis store mængder grundvand, der reelt skal bortpumpes. Dette vil især være en udfordring ved en områdesænkning, hvor det grundet de sandede aflejringer måske slet ikke er muligt at foretage en grundvandssænkning i et større område, da grundvand strømmer til fra siderne og nedefra og strømningshastigheden er stor. Det samme er tilfældet for en punktsikring, hvor der kan strømme grundvand til nedefra og forårsage våde kældre, til trods for at der er omfangsdræn hele vejen rundt om en ejendom.

6.2 Indsatsmuligheder for grundvandssænkning

Grundvandssænkning kan ske som en lokal punktsikring af bygninger eller ved en generel områdesænkning.

6.2.1 Punktsikring af bygninger

Ved punktsikring af grundvandsspejl for bygninger sænkes det terrænnære grundvandsspejl lokalt, således den konkrete bygning ikke påvirkes af det høje grundvandsspejl i området. Dette sker typisk ved omfangsdræn. Dette kan dog vise sig ikke at være tilstrækkeligt, især for større bygninger, hvor grundvand stadig kan sive op nede fra bygningens bund. I nogle områder vil en lokal punktsikring af grundvandet derfor ikke være tilstrækkelig. Det er den enkelte grundejers ansvar at sikre, at deres sokler er tætte.

Som udgangspunkt er punktsikring en løsning, som den enkelte grundejer står for at gennemføre. Drænet leder til forsyningens regnvandskloak, hvilket kan være en udfordring, hvis forsyningens regnvandskloak ikke har kapacitet til at modtage drænvandet eller til en fælleskloak, hvor forsyningen vil have udgifter til at bortlede, rense og eventuelt pumpe på drænvandet.

6.2.2 Områdesænkning

Der kan foretages en generel områdesænkning af grundvandet i områder med højt grundvandsspejl. Der skal foretages en afklaring af udgiftsfordeling ved dette.

En områdesænkning skal dog overvejes meget nøje, idet den vil påvirke grundvandsforholdene i et større område. Dette kan medføre potentielle udfordringer med sætninger, problemer for ejendomme, der er pælefunderede, problemer i forhold til vandindvinding samt forureninger. I urbane områder anbefales det derfor, at der foretages en forundersøgelse af konsekvenserne ved en områdesænkning. Dette vil kræve et øget datagrundlag for området herunder pejlinger af grundvandsspejl, viden omkring funderingsforhold for bygninger og anlægskonstruktioner i området samt øget viden om geologien.

Det vurderes, at en områdesænkning vil medføre at store mængder grundvand skal bortpumpes på årsbasis og at dette vil være forbundet med store driftsmæssige omkostninger og udfordrin-

ger. Desuden kan det med de meget sandede aflejringer være kompliceret at sikre, at grundvandet kan holdes nede til den ønskede sikringskote, grundet vands høje transporthastighed i sand og grundvandstrykket i området.

7. BESKRIVELSE AF OVERORDNEDE ALTERNATIVE INDSATSMULIGHEDER MOD HØJ VANDSTAND

I det følgende kapitel gives en beskrivelse af udvalgte overordnede alternative indsatsmuligheder mod høj vandstand i Gudenåen og Møllebækken. Der arbejdes videre med mulighederne diger, terrænhævning og spunsvægge i de behandlede indsatsområder, som er beskrevet i de efterfølgende kapitler.

7.1 Opmagasinering af vand

Høj vandstand i Gudenåen inde i Bjerringbro kan afhjælpes ved at etablere magasiner til opsamling af vand i perioder med høj vandføring og udledning af vandet i perioder med lav vandføring. Det er dog store mængder vand, der midlertidigt skal tilbageholdes og opmagasineres for at reducere vandstanden i Gudenåen ved Bjerringbro betydeligt.

Det er tidligere undersøgt hvorvidt Tange Sø kan fungere som buffer i forhold til at tilbageholde vand. Indledende vurderinger peger på, at en midlertidig opstuvning af 1 meter vand i Tange Sø ikke er tilstrækkeligt til at sikre, at vandstanden i Gudenåen ved Bjerringbro holder sig under kote 5,0 m. Der er derfor behov for at tilbageholde større vandmængder i Tange Sø, for at kunne sikre Bjerringbro by. For yderligere information refereres til "Udredning af vandstandsforholdene i Gudenåen ved Bjerringbro", udarbejdet af Orbicon i 2013.

Fordele:

- Vandet opmagasineres midlertidigt opstrøms Bjerringbro og når således slet ikke ned til byen
- Der kan sikres et mere ensartet flow i Gudenåen idet, at der i perioder med lav vandstand vil ske en tømning af bufferen opstrøms

Ulemper:

- Det kræver en meget stor kapacitetsudvidelse opstrøms (Tange Sø)
- Kan ændre på de biologiske forhold da flowet i Gudenåen vil blive mere ensartet.

Det konkluderes, at der lokalt umiddelbart opstrøms for Bjerringbro ikke er mulighed for at tilbageholde så meget vand, at det vil medføre en betydelig reduktion af vandstanden i Gudenå ved Bjerringbro under ekstreme vandføringer i Gudenåen. Derfor arbejdes der ikke videre med denne løsning som mulig lokal indsatsmulighed.

I Gudenåsamarbejdet arbejdes med at finde løsninger for at sikre hele Gudenåområdet mod skadespåvirkende oversvømmelser. Disse mulige indsatser har dog en længere tidshorisont.

En generel reduktion af vandstanden i Gudenåen ved Bjerringbro eller en reduktion ved ekstreme vandføringer, vil medføre at gentagelsesperioderne for skadesvoldende vandstande i Gudenåen reduceres. For at kunne vurdere hvor meget denne gentagelsesperiode forøges mere præcist, anbefales en vurdering i en MIKE 11-MIKE Flood model.

7.2 Udvidelse af vandløbsprofil

For at sænke vandspejlet kan vandløbsprofilet udvides. Men for at kunne minimere risikoen for oversvømmelser langs Gudenåen i Bjerringbro nævneværdigt vil det dog kræve en meget betragtelig udvidelse af å-profilet, for at sikre et tilstrækkeligt øget volumen, I rapporten "Udredning af vandstandsforholdene i Gudenåen ved Bjerringbro" er undersøgt, at åprofilet skal udvides på en 4,5 km lang strækning nedstrøms Bjerringbro. Vandløbsprofilet skal ændres betydeligt til et dobbeltprofil med en øvre banketbredde på 100 meter. Denne indsatsmulighed vil dog ikke alene være tilstrækkelig til at sikre risikoområderne mod oversvømmelser, men vil reducere risikoen for oversvømmelser.

Da dette forslag er meget omfattende, arbejdes der ikke videre med dette i klimatilpasnings-sammenhæng.

Fordele:
- Gudenåens naturlige forløb inde i Bjerringbro by bevares
- Adgangen til Gudenåen bevares

Ulemper:
- Det vil kræve en stor udvidelse af vandløbs-profilet nedstrøms
- Det vil have konsekvenser for naturen
- Det vil medføre en stor ændring af det nuværende landskab

I rapporten "Etablering af gydestryg i Gudenåen", udarbejdet af Rambøll og Danmarks Center for Vildlaks i juni 2016 for Viborg Kommune gennemføres en forundersøgelse for etablering af gydestryg og andre vandløbsforbedrende tiltag samt rekreative tiltag til forbedring af lystfiskeriet i Gudenåen samtidig med en undersøgelse af muligheden for at bidrage til klimasikring af lavtliggende bygninger i Bjerringbro.

Forundersøgelsen har vist, at etablering af gydestryg i Gudenåen er muligt med sandsynlighed for gydning af laks og ørred og som samtidig kan sikre en fornuftig overlevelse af ynglen. Der er dog er der en række anlægsmæssige forhold, som skal behandles nærmere ligesom de hydrauliske forhold skal behandles nærmere. For begge løsninger til etablering af gydestryg vil der ske en hævning af vandspejlet i Gudenåen ved lave vandføringer, mens der ikke vil være nogen effekt af tiltagene ved store vandføringer i Gudenåen. Etablering af gydestryg vil ikke umiddelbart være til hinder for tiltag til klimasikring af Bjerringbro, men kan tilføre en sænkning af åens vandspejl hvis strækningen nedstrøms Bjerringbro inddrages. Det er dermed muligt at opnå synergieffekter, hvor etablering af gydestryg kan bidrage til at reducere risikoen for skadesforvoldende oversvømmelser i Bjerringbro.

Rambøll vurderer at en profiludvidelse af Gudenåen på en strækning, svarende til 1 km vil kunne reducere de maksimale vandspejle med ca. 5-6 cm i Bjerringbro. Ved en udvidelse af profilet nedstrøms Bjerringbro i forbindelse med et sideløb hvor der etableres et gydestryg vil der kunne etableres større lavvandede områder, som er gunstige for opvækst af yngel. Rent klimamæssigt har denne løsning begrænset effekt for Bjerringbro By, men dog en positiv effekt.

Såfremt vandstanden i Gudenå sænkes med 20 cm i en ekstremsituation grundet enten udvidelse af Gudenåens profil, opmagasinering af vand opstrøms Bjerringbro eller etablering af gydestryg, vil dette betyde at Gudenåen vil kunne føre mere vand før der forekommer skadesforvoldende oversvømmelser. En vandstandssænkning på 20 cm svarer til at Gudenåen yderligere kan føre knap 10 m^3/s.

7.3 Diger

Et dige er reelt en jordvold opbygget af eksempelvis ler, der skal forhindre de bagvedliggende "lavtliggende" arealer i at blive oversvømmet. Diget skal opbygges, så det hindrer overskyl af vand hen over toppen, men også så der ikke sker en gennemstrømning eller en strømning under diget til de bagvedliggende arealer.

De øverste 5-10 meter af undergrunden langs Gudenåen i Bjerringbro består af sand, som er nemt gennemstrømmeligt. Derfor vil en høj vandstand på den ene side af diget med tiden forplante sig til den anden side af diget, via strømning gennem sandet under diget.

Når der i forbindelse med de områdespecifikke lokale indsatsmuligheder i de efterfølgende kapitler omtales en "digeløsning", omfatter dette etablering af et dige med en lerkerne. Topkoten af

lerkernen anbefales 10 cm over den ønskede sikringskote, for at hindre vandindtrængning ved skvulp, f.eks. fra vindstød. Det skal sikres, at der ikke sker erosion af lerkernen, således at digets højde med tiden reduceres. Der anbefales derfor løbende tilsyn og vedligehold af diget.

Bredden af toppen (kronebredden) vil være ca. 2 m og hældningen af siderne vil være 1:3,5, for at sikre at skråningerne kan etableres stabile. Den totale bredde af et dige vil være ca. 9 meter, hvis kronekoten er 1 m over naturligt terræn. For hver 10 cm digehøjden øges, vil bredden øges med 70 cm, se principskitse af et dige på nedenstående illustration. Sikringskoten har derfor betydning for digets fysiske udbredelse.

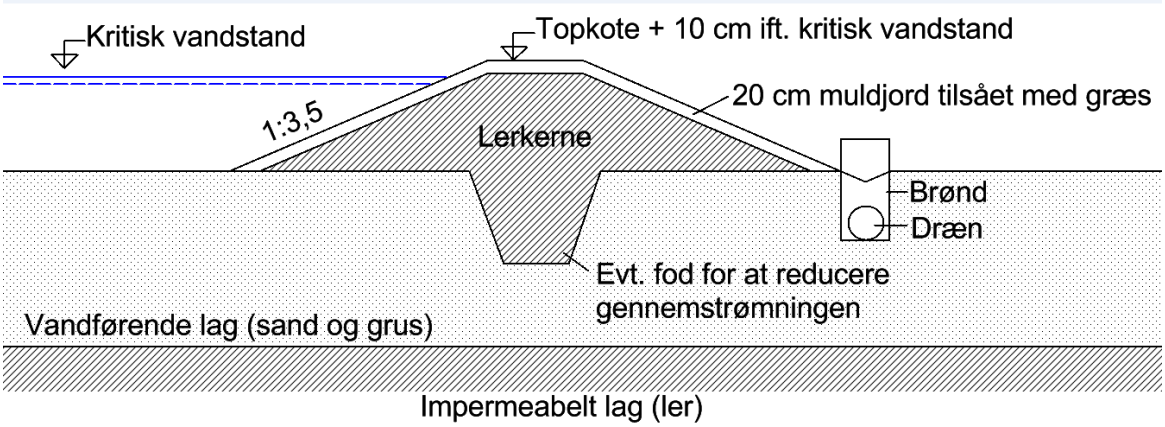


Illustration 12: Principskitse af dige – i et område hvor undergrunden øverst består af et vandførende lag.

Kronebredden kan øges eller reduceres, ved at øge kronebredden reduceres mængden af vand, der strømmer op på bagsiden i perioder med høj vandstand mens anlægsudgifterne øges. En øget bredde kan dog give nogle fordele i forhold til anvendelsen af det plateau. Ved at reducere kronebredden reduceres anlægsudgifterne, mens vandindstrømningen øges og udtrykket kommer mere til at virke som en vold.

I områder, hvor pladsen er begrænset kan bredden af diget reduceres ved at afslutte diget med sten på bagsiden – disse kan stå stejlere (anlæg 1:1,5 til 1:2), hvorved den horisontale udstrækning af diget kan reduceres. Ved at anvende sten øges vandtilstrømningen under diget, hvilket øger behovet for at bortpumpe vand fra bagsiden af diget. På bagsiden af diget skal der derfor etableres et dræn med mulighed for bortledning af indsivet vand. Løsningen med sten vil være dyrere og giver et andet æstetisk udtryk.

Diget vil blokere de naturlige strømningsveje på terræn, hvor overfladevand normalt vil strømme mod recipienten. Dette overfladevand skal ligeledes opsamles på bagsiden af diget. Medmindre det er muligt at bortlede indsivet vand og overfladevand på bagsiden af diget til eksisterende kloak, må formodes at det bliver nødvendigt at pumpe vandet til recipienten.

Det frarådes, at gennemføre en løsning med rørunderføring med kontraklap under diget, for at sikre at der ikke sker stuvning af vand fra recipienten til bagved diget. Dette skyldes, at vandstanden kan stå højt i Gudenåen og Møllebækken i en længere periode, og i den periode vil det så ikke være muligt at afvande overfladevand, der samler sig bag diget.

Antages det, at vandet står 1 meter højere på forsiden af diget end på bagsiden, og at der under diget er et 5 meter tykt vandførende sandlag, er et groft estimat, at der kan strømme ca. 2,9 m^3/døgn pr. m dige. For et dige med en længde på 100 m vil der skulle drænes/pumpes ca. 290 m^3/døgn. Ved mere grusede lag vil vandmængden stige og det samme vil ske hvis mægtigheden

af sandlaget er større end 5 meter (ved Gudenåen er det vurderet, at der er sandlag med en mægtighed på 5-10 meter).

Drænet skal placeres så højt som muligt, således det ikke virker drænende for normalvandstande i Gudenåen og Møllebækken.

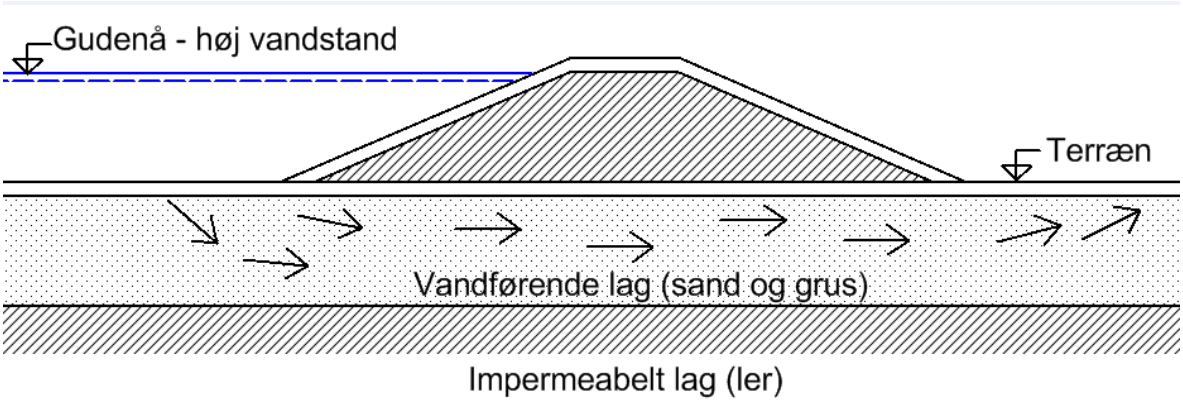


Illustration 13: Principskitse af strømning under dige.

Diget beklædes med græs eller sten. Græs vil passe bedst ind i de naturlige omgivelser i området omkring Bjerringbro og vælges en lidt bredere kronekant (minimum 2 m) vil man kunne gå oppe på diget.

Fordele:
- Risikoen for oversvømmelse af de bagvedliggende arealer reduceres.
- Det er muligt at øge sikringsniveauet med tiden, hvis diget fra start etableres således at udbygning er mulig. Dette kræver en tilstrækkelig bred krone på diget.

Ulemper:
- Den direkte adgang til Gudenåen reduceres i et vist omfang.
- Pladskrævende – ca. 10 meter bred, hvis højden af diget er ca. 1 meter over terræn.
- Etablering af dræn og udpumpestation er forbundet med efterfølgende driftsudgifter, som kan være betydelige.

Hvis der er risiko for at større vandmængder kan trænge ind under diget, som følge af at de underliggende lag er vandførende, kan diget etableres med en "fod", der stikker dybere og dermed reducerer højden af det strømførende lag. Alternativt kan diget etableres med en stålspuns i midten. Herved kan understrømningen under diget reduceres kraftigt idet stålspunsen kan føres langt under eksisterende terræn. Det er dog forbundet med betydelige ekstraudgifter at etablere et dige med en stålspuns.

En fod eller en stålspuns vil reducere vandgennemstrømningen under diget. Vand vil dog stadigvæk kunne strømme rundt om diget under jorden og forårsage oversvømmelser på bagsiden af diget ved længerevarende perioder med høj vandstand i Gudenåen. Foden eller stålspunsen skal føres helt ned til de ikke vandførende lag (dybde 5 -10 meter i Bjerringbro), for at der ikke sker strømning af vand under diget. En mindre dyb fod eller stålspuns vil dog virke begrænsende for vandgennemstrømningen.

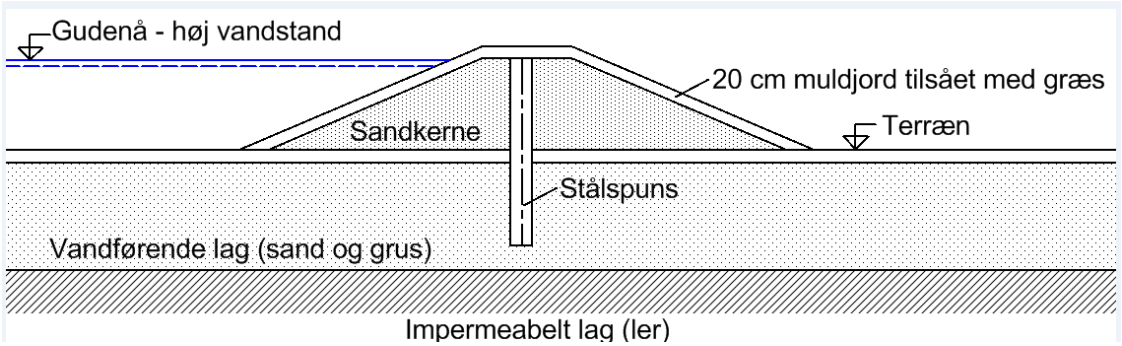


Illustration 14: Dige med stålspuns

7.4 Terrænhævning

Terrænhævning er en general hævning af terrænet, til et niveau, der sikrer, at der ikke sker oversvømmelse, hvis vandstanden når det kritiske niveau. Det anbefales, at terrænhævningen sker til 10 cm over det ønskede sikringsniveau, for at forhindre vandindtrængning ved skvulp. Terrænhævningen skal som udgangspunkt føres helt tilbage til der, hvor det naturlige terræn når samme niveau som terrænhævningen. Dette er dog ikke altid muligt i forhold til beliggenheden af bygninger, infrastrukturanlæg med mere – i sådanne tilfælde betragtes terrænhævningen mere som et meget bredt dige og der skal således sikres dræn på bagsiden.

Ned mod Gudenåen afsluttes terrænhævningen i en stabil skråning med anlæg 1:3,5, der beklædes med græs eller alternativt med sten som en traditionel kystbeskyttelse.

Det skal overvejes om det er nødvendigt, at etablere et afvandingssystem i form af dræn og drænpumpestation med mulighed for bortledning af overfladevand fra afskårne strømningsveje, opstuvet grundvand og indtrængende åvand ved høj vandstand i Gudenåen på bagsiden af terrænhævningen. Dette skyldes, at overfladeafstrømningen sker hurtigere end nedsivningen af overfladevandet, hvormed der kan forekomme lokale oversvømmelser omkring terrænhævningen, hvis der er et dybdepunkt.

Dræn og udpumpestation kan undgås, såfremt at terrænhævningen kan fortsættes så langt ind i området, at den får fat i det naturlige terræn. Herved sikres, der ikke skabes lavpunkter på bagsiden af terrænhævningen, der skal afvandes og at der er naturlige strømningsveje på terræn ned mod Gudenåen. Dette bør undersøges nærmere ved detailprojektering, hvor dette er muligt. Ved denne løsning spares både anlægs- og fremtidige driftsudgifter til dræn og pumpe.

Fordele:

- Terrænhævningen vi ikke visuelt fremstå som en højvandssikring, der vil således ikke være en synlig barriere mellem terræn og recipient.
- I flere af områderne er terrænet i et tilstrækkeligt niveau og denne højvandssikring vil således visuelt ikke adskille sig fra disse arealer.

Ulemper:

- Der skal anvendes store mængder opfyldsmateriale for at gennemføre terrænhævning over større arealer.
- Udsynet til Gudenåen vil reduceres ved denne løsning.
- Omfattende ændringer af arealerne og der vil være behov for rydning af eksisterende beplantning

7.5 Spunsvægge

En spunsvægsløsning er reelt en vertikal væg af f.eks. stålprofiler, der har en top i et niveau, der hindrer bagvedliggende arealer i at blive oversvømmet.

Når der i indeværende projekt omtales en spunsvægsløsning vil det således omfatte etablering af en ikke forankret lodret væg af stålprofiler, der har en topkote 10-20 cm over det ønskede sikringsniveau, se Illustration 15: . Afslutningen på toppen vil være en støbt betonhammer eller en monteret træhammer – se eksempel på en afslutning med en træhammer på Illustration 15.

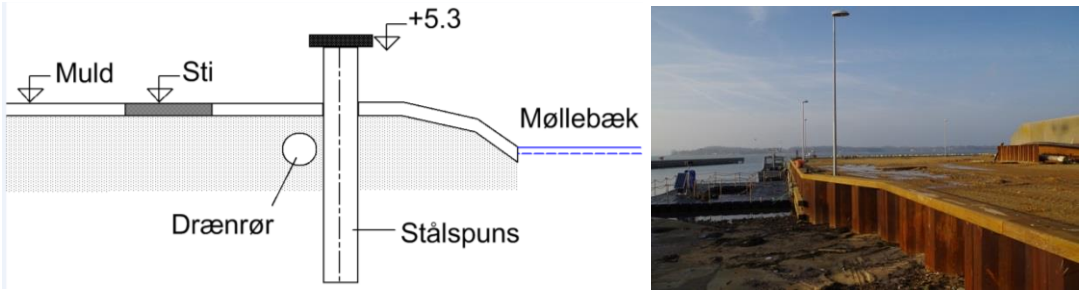


Illustration 15: Spunsløsning. TV. Principskitse af løsning med stålspuns placeret i et område mellem Møllebækken og eksisterende sti. TH. Afslutning med træhammer. Foto fra Nykøbing Mors Havn.

På bagsiden af spunsvæggen, skal der ligesom ved diger, etableres et afvandingssystem i form af et dræn, dette primært for at sikre af overfladevand, hvor de naturlige strømningsveje er afskåret som følge af etableringen af spunsen.

Stålprofilerne bør afsluttes nede i ikke-vandførende lag (impermeable lag) for at sikre, at vandet ikke strømmer nedenom spunsen og op på den anden side. Hvis det ikke er muligt eller hensigtsmæssigt, skal det bagvedliggende afvandingssystem/dræn dimensioneres til også at kunne aflede en større vandmængde stammende fra indstrømningen.

Spunsvæggen kan stå som en rå stålvæg, der kan plantes langs den eller den kan beklædes med træ-profiler i større eller mindre grad. Er der behov for at tage et niveauforskel i terrænet kan spunsen dimensioneres til at kunne tilbageholde et mindre jordtryk.

Fordele:
- Spunsen reducerer risikoen for oversvømmelse af de bagvedliggende arealer
- Spunsen har ikke en stor horisontal udstrækning og denne løsning kan således anvendes i områder, hvor er ikke er meget plads.

Ulemper:
- Den direkte adgang til recipienten fjernes, det naturlige landskab og i et vist omfang også udsynet til recipienten.
- Løsningen kræver, at man kan afskære strømningen under spunsvæggen, hvilket er en udfordring her, idet der er mellem 5 og 10 m fra terræn til ikke-vandførende lag. Afskæres strømningen under spunsfoden ikke skal bagvedliggende dræn kunne håndtere disse vandmængder.

8. GENERELLE KRAV TIL INDSATSMULIGHEDER

I kapitel 9, 10, 11 og 12 beskrives forslag til lokale indsatsmuligheder, der sikrer mod oversvømmelse ved høj vandstand i Gudenåen. Der er opstillet forslag for i alt fire indsatsområder, som fremgår af bilag 1. Af bilag 2 fremgår eksisterende forhold for områderne og af bilag 3 hvilke områder der vil blive oversvømmet ved forskellige gentagelsesperioder for ekstremvandstand i Gudenåen.

I forbindelse med udarbejdelse af forslag til lokale indsatsmuligheder, er det valgt at forslagene skal opfylde følgende generelle krav til indsatsmuligheder:

Risikoen for oversvømmelser opstrøms og nedstrøms Gudenå og Møllebækken må ikke forværres væsentligt. Langs Gudenå vil anlæggelse af diger eller terrænhævninger ikke øge risikoen nævneværdigt, da engarealerne syd for Gudenåen vil blive oversvømmet. Dette giver en ret stor "bassinkapacitet", hvilket bevirker, at de arealer langs den nordlige del som ikke længere oversvømmes, ikke vil have en effekt på den maksimale vandstand hverken lokalt, opstrøms eller nedstrøms.

Gudenåen og Møllebækken er vigtige biotoper. Der skal sikres fri passage af dyreliv. Derfor inkluderer indsatsmulighederne f.eks. ikke en sluseløsning mellem Møllebækken og Gudenåen, da dette vil forhindre den fri passage af dyreliv. Løsningerne må ikke have negative konsekvenser for dyrelivet.

Gudenåen besøges årligt af en række kanoturister, og løsningerne må derfor ikke reducere mulighederne for kanosejlads på Gudenåen. Der lægges vægt på, at det rekreative område ved Sol- og Vandtrappen centralt i Bjerringbro fremadrettet kan anvendes og at der er adgang fra Gudenåen til området.

9. OMRÅDE A – GUDENÅ UMIDDELBART VEST FOR MØLLEBÆKKENS UDLØB

9.1 Beskrivelse af område

Området er beliggende vest for Møllebækkens udløb og strækker sig fra selve Møllebækken og mod vest. De første 80 meter langs Gudenåen er private haver – og her opleves oversvømmelse under kritiske vandstande. Efterfølgende er der et ca. 120 meter langt område, hvor den sydlige del, helt ned mod Gudenå, er ejet af Viborg Kommune (matrikel 10gt, Bjerring By) og mellemstykket mellem haverne og kommunens matrikel, er ejet af Foreningen "Lærkelunden" (matrikel 10he, Bjerring By). Der er ingen sti langs Gudenåen her. Desuden er der et langt stykke, hvor der kun er adgang til bredden af Gudenåen via vandvejen medmindre privatejede matrikler krydses. Det må derfor forventes, at området primært anvendes af de grundejere, der har haver grænsende op til området.

I bilag 3 samt på Illustration 16 er vist, hvilke områder der oversvømmes ved forskellige vandstande i Gudenåen.

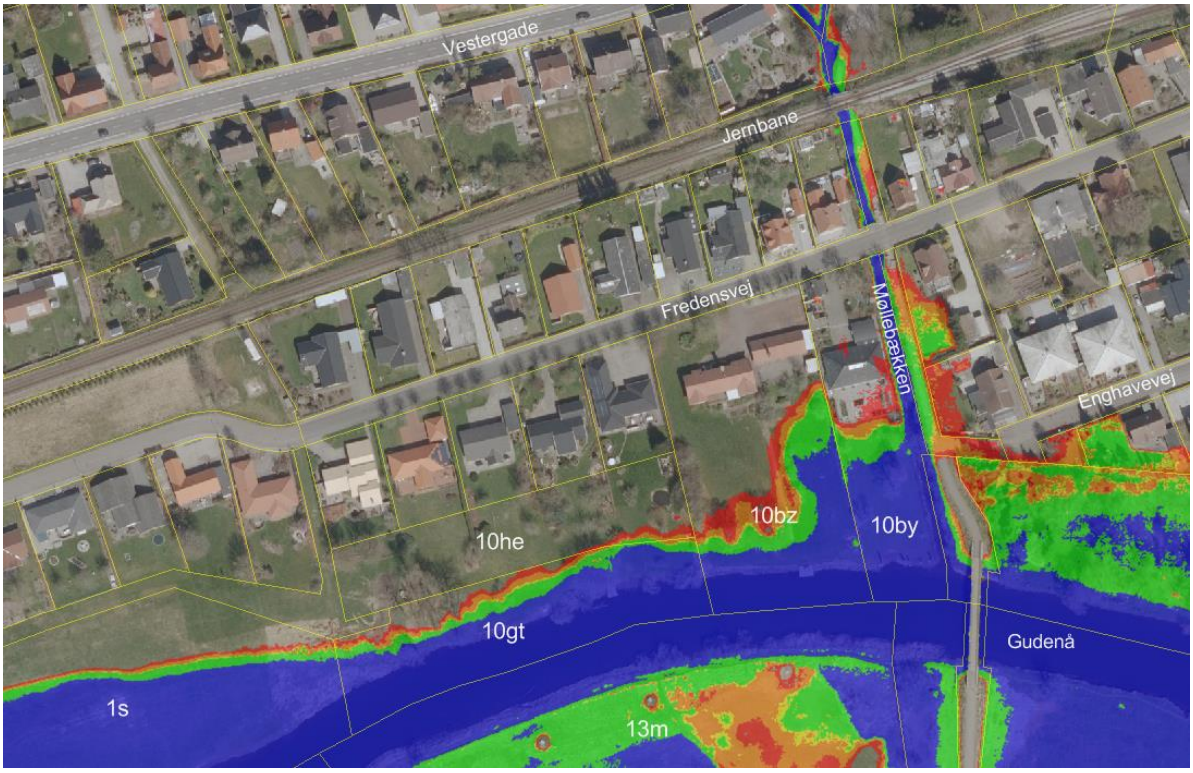


Illustration 16: Områder der oversvømmes ved område A ved forskellige vandstande i Gudenåen. ©Geodatastyrelsen. Blå – 2 års hændelsen, grøn - 10 års hændelsen, orange - 20 års hændelsen og rød - 50 års hændelsen, se desuden Bilag 3..

Terrænet er generelt skrånende ned mod Gudenåen. Mod Møllebækken er terrænet lavest og haverne og ejendommene nærmest Møllebækken er derfor særlig udsat for oversvømmelser. Ved en 50 års hændelse for øget vandstand i Gudenåen vil der kun ske oversvømmelse af de to haver langs Gudenåen, der er nærmest Møllebækken. De to haver nærmest Møllebækken (matr. nr. 10bz og 10by, Bjerring by) vil opleve, at store arealer er oversvømmet allerede ved en 2-års hændelse.

I området ejet af Foreningen "Lærkelunden" er der spredt beplantning.

På Fotos 1 er vist hvorledes området ser ud i dag. Fotos er taget i juni 2016, hvor det ses, at en lille del af haven til ejendommen Fredensvej 17 (matr. nr. 10by, Bjerring By) er oversvømmet.



Fotos 1: Område A. Det øverste foto tv viser området set fra Møllebækken. De to øvrige fotos viser området set fra Gudenåen. Haven ved Fredensvej 17 (matr. nr. 10by) er oversvømmet nærmest Gudenåen.

9.2 Indsatsmulighed A-1: Beskyttelse af private haver og ejendomme ved digeløsning

Hvis formålet er at beskytte de private ejendomme og haver, er det tilstrækkeligt at anlægge et dige langs Gudenåens nordlige brink i den østlige del af området. Diget skal have en længde på ca. 80 meter afhængig af det ønskede sikringsniveau. Diget placeres så tæt på Gudenåens brinker som muligt, således at de private haver berøres mindst muligt.

For at sikre at vand ikke løber ind i området fra Møllebækken skal der etableres spuns på en ca. 45 m lang strækning startende fra terrassen på matr. nr. 10by og ned til diget ved Gudenåen.

Der etableres dræn og pumpestation på nordsiden af diget og vest for spunsen, således ind trængt vand kan ledes bort. Indsatsmuligheden er skitseret på efterfølgende illustration.

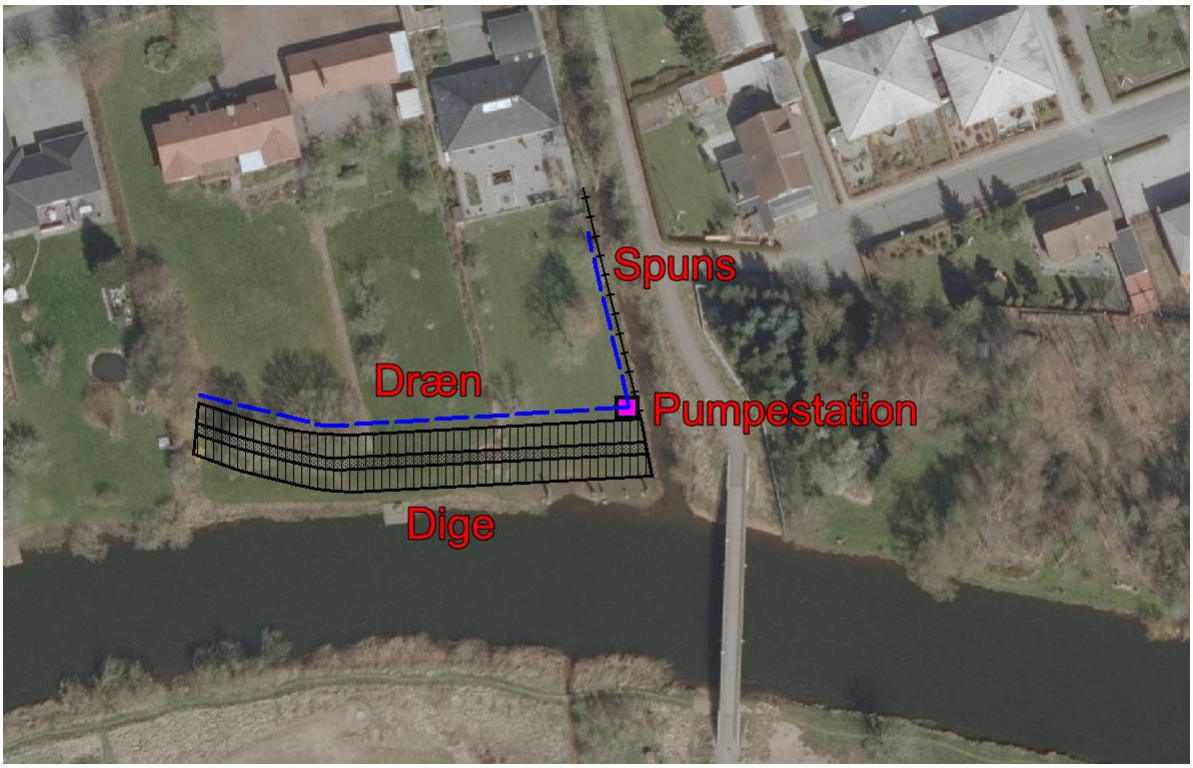


Illustration 17: Indsatsmulighed 1-1. Der etableres et dige langs Gudenåen samt en spunsvæg langs Møllebækken (jf. område B, kap. 9) for at undgå oversvømmelse som følge af stuvning fra Møllebækken.

En udfordring kan være, at jordlagene under diget skal være stabile og der må derfor ikke være store forekomster af blødbund, da dette vil give sætninger af diget og risiko for instabilitet.

Vest for den strækning, hvor der etableres et dige skal det sikres, at diget afsluttes mod naturligt terræn (dvs. diget skal først afsluttes når det naturlige terræn har samme kote som digekronen). Ellers vil der kunne forekomme indløb af vand fra Gudenåen langs siderne. Men mod vest er området naturligt højt og oversvømmelsesarealerne er i dette område væsentligt mindre.

Naturligt terræn for den berørte strækning er i kote ca. 4,3 meter, hvilket betyder, at en sikring mod 50 års hændelsen kræver et dige på ca. 1 meter over naturligt terræn.

Ønskes den kommunalt ejede matrikel langs den nordlige brink af området sikret mod oversvømmelse, skal diget forlænges og kronekoten for diget skal være den samme som langs haverne. Idet området, der oversvømmes er smalt og diget har en vis bredde vil en stor del af det oversvømmede areal blive omdannet til dige og der vil således ikke være en stor gevinst i udvidelse af det rekreative område. Desuden vil diget mindske den direkte adgang til Gudenåen samt udsynet til Gudenåen for ejendommene nordfor.

Diget skal anlægges på private grunde og for ejendommen beliggende på matr. nr. 10by, Bjerring By vil det være i et område, hvor der umiddelbart er frit, dvs. ingen form for beplantning mv. For ejendommen beliggende på matr. nr. 10 bz vil diget skulle anlægges i et område, hvor der i dag er træbeplantning. Medmindre diget rykkes længere op i haven bag om disse vil træer og buske skulle fældes i forbindelse med etableringen af diget. Diget skal ydermere have en udstrækning således, at det får fat i naturligt terræn mod vest for at sikre, at det blokerer mod vand, der ellers ville strømme ind fra vestsiden af grunden. Dette vil kunne sikre haverne for op til 20 års eller 50 års hændelser for vandstand i Gudenåen.

Mod øst skal det sikres, at diget afsluttes op mod spunsen langs Møllebækken, da der ellers vil ske vandindtrængning i det område.

9.2.1 Effekt

Effekten af indsatsmuligheden er, at der foretages en sikring mod oversvømmelser ved høj vandstand i Gudenåen af ejendommene og haverne matr. nr. 10 by og 10 bz. Dræn og pumpestation sikrer, at overfladevand og indsivende vand under sikringen bortledes på bagsiden af diget. Det kommunalt ejede område matr. nr. 10gt sikres ikke mod oversvømmelse ved høj vandstand i Gudenåen.

9.2.2 Konsekvensvurdering

Udgiftsfordelingen for højvandssikringen af de berørte grunde skal afklares.

Fordele:

- Diget bliver forholdsvis kort.
- Dige, dræn og drænpumpestation er forholdsvis ukompliceret at anlægge, såfremt undergrunden er stabil.

Ulemper:

- Spuns, dige, dræn og drænpumpestation anlægges på privat grund.
- Området langs åen påvirkes.
- Indsatserne er på privat grund og der skal være enighed om løsning mellem grundejere.
- Risiko for betydelig vandindtrængning grundet forekomsten af vandførende lag under diget.
- En del af den nuværende beplantning i haven vil skulle reetableres.
- Etablering af dræn og udpumpestation er forbundet med efterfølgende driftsudgifter, som kan være betydelige.
- Løsningen er ekstrem dyr.

9.3 Indsatsmulighed A-2: Beskyttelse af private haver og ejendomme ved terrænhævning

Det lave område i den sydlige del af de private grunde (matr. nr. 10by og 10bz) kan hæves, så det overalt kommer til at ligge over den vandstand, som området ønskes sikret for. Terrænhævningen vil kunne komme til at fremtræde visuelt naturligt, da der allerede i dag er områder, hvor terrænet ligger i dette niveau. Det vil dog betyde at terrænhævningen skal ske helt op til ejendommen på matr. nr. 10by og et langt stykke op i haven for ejendommen på matr. nr. 10bz. Derfor skal der findes den udbredelse af terrænhævningen, som vurderes mest optimal for den enkelte matrikel.

På efterfølgende illustration er vist forslag til indenfor hvilket område der skal foretages en terrænhævning. I tilfælde af, at der er områder, der også efter terrænhævningen vil ligge lavere end sikringskoten, bør etableres et dræn på bagsiden af terrænhævningen. En nærmere skitse- og detailprojektering vil afdække det aktuelle behov herfor.

Terrænhævningen skal foretages således, at haven på matr. nr. 10by mod Møllebækken også sikres op til kote 5,20 m. Dette betyder at terrænhævningens udbredelse skal udføres op til ejendommen terrasse.

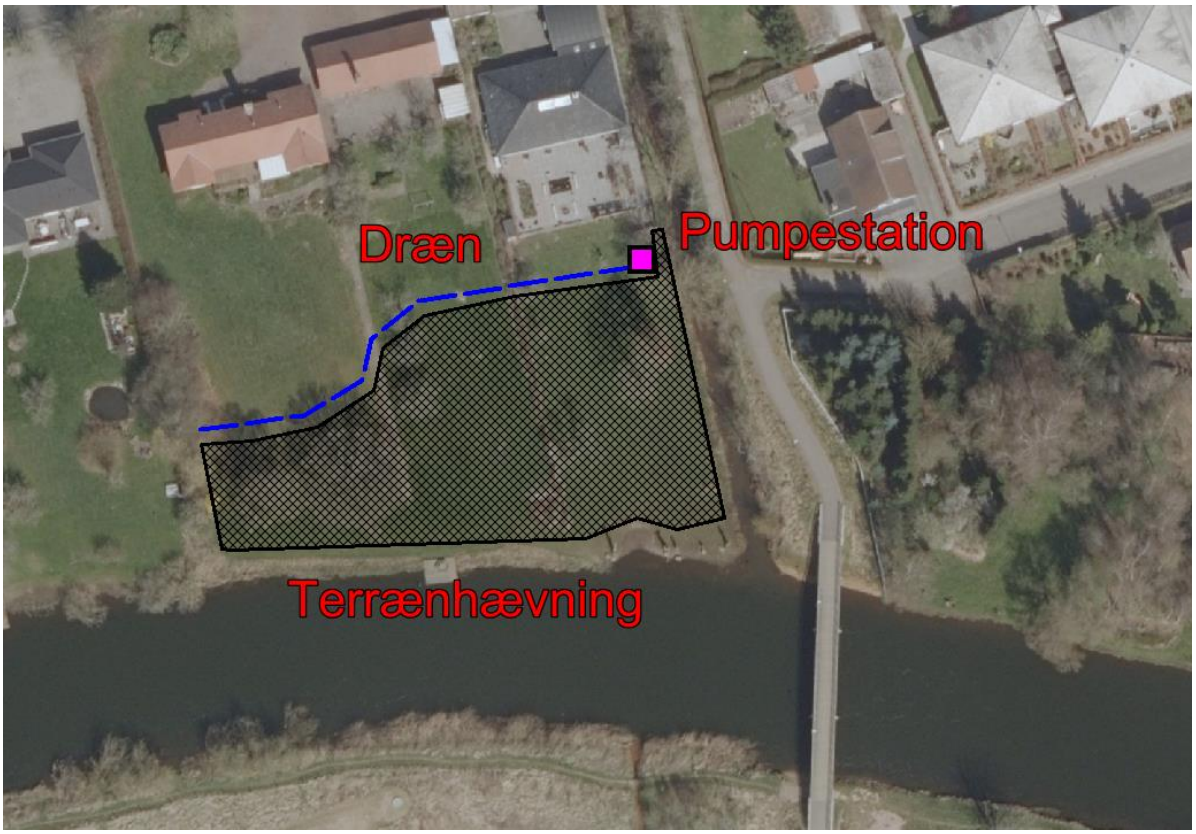


Illustration 18: Indsatsmulighed A-2.

Mod Gudenåen og Møllebækken skal det sikres, at terrænhævningen har en stabil skrænt (anlæg 1:4) - alternativt må afsluttes med spuns eller sten.

Naturligt terræn for den berørte strækning ligger gennemsnitligt i kote 4,3 meter og arealet for terrænhævninger er omtrentligt 2.100 m^2, hvilket betyder, at der skal anvendes ca. 2.100 m^3 egnet materiale til terrænhævning for at sikre området imod en 50 års hændelse.

En terrænhævning eller et dige vil resultere i en ændret adgang til Gudenåen fra arealet. Dette kan skabe helt nye muligheder for udnyttelse af arealet ned mod Gudenåen. På Illustration 19 ses et forslag til hvorledes arealet kan udnyttes ned mod Gudenåen ved en terrænhævning. Ved en terrænhævning skal den eksisterende beplantning ryddes. Dette vil skabe mulighed for at omdesigne haven.



Illustration 19: Landskabelig bearbejdning af indsatsmulighed A-2, terrænhævning.

9.3.1 Effekt

Indsatsmulighed 1-2 har samme effekt som indsatsmulighed 1-1.

9.3.2 Konsekvensvurdering

Udgiftsfordelingen for højvandssikringen af de to berørte grunde skal afklares.

Fordele:

- Giver grundejerne mulighed for at udnytte hele havens areal året rundt.
- God kontakt mellem have og Gudenåen.
- Fremstår organisk og naturligt idet andre områder har terræn i disse koter

Ulemper:

- Al bevoksning vil blive ryddet indenfor det område, der skal terrænhæves.
- Indsatsmulighed på privat grund. Der skal være enighed om løsning mellem grundejere.

9.4 Økonomisk overslag

Overslagsmæssigt beløber de forskellige alternativer for sikring af område A sig til følgende beløb (50 års hændelsen). Digeløsningen indbefatter, at der derudover etableres spuns:

- Indsatsmulighed A-1: Digeløsning: 450.000 kr.
- Indsatsmulighed A-2: Terrænhævning: 650.000 kr.

Spuns langs Mølleåen er indeholdt i det økonomiske overslag for område B.

Forudsætninger:

Priserne indeholder udgifter til anstilling, byggeplads, klargøring af område, levering og indbygning af materialer, reetablering af haver samt uforudsete udgifter. Prisniveauet er august 2016 og er ekskl. moms og ekskl. projekteringsudgifter.

Det vurderes, at vælges en løsning, hvor der i diget rammes 3 m stålspuns til 2 m under terræn vil merprisen blive ca. 2.400 kr./lbm. Vælges en løsning med en nedgravet lerfod må forventes en merpris på ca. 750 kr./lbm.

Sikring af område A for en 20 års hændelse vil overslagsmæssigt betyde en reduktion på ca. 6 %.

I anlægsoverslaget er der regnet med, at jord til diger og terrænhævninger kan findes i lokalområdet. Hvis projektet kan kombineres med andre anlægsprojekter i området, kan prisen reduceres, da transport af jorden til området måske kan afholdes via andre projekter, således at jordarbejdet reduceres til regulering og indbygning på området. Hermed vil pris for indbygning af jord kunne reduceres.

Da det drejer sig om ikke ubetydelige jordmængder må det forventes, at anlægsperioden forlænges, hvis arbejdet skal være afhængigt af, at der er overskudsjord til rådighed.

Det er muligt, at der kan findes egnet overskudsjord i området, der kan anvendes til digerne og terrænhævningen. Dette vil resultere i en reduktion af de økonomiske overslag på ca. 50.000 kroner for digeløsningen og ca. 150.000 kr. for terrænhævningen.

Det bemærkes at indsatsmulighed A-1, digeløsningen, vil resultere ui, at der skal etableres spuns på den vestlige side af Møllebækken ned mod Gudenåen på en længere strækning end ved gennemførelse af indsatsmulighed A-2.

Hvis grundejerne selv ønsker at foretage arbejdet i forbindelse med terrænhævningen, vil dette reducere prisen.

10. OMRÅDE B – MØLLEBÆKKEN

10.1 Beskrivelse af området

Område B dækker strækningen fra Vestergade langs med Møllebækken frem til udløb i Gudenåen. Ved højt vandspejl i Gudenåen vil Møllebækken være stuvningspåvirket fra Møllesøen nord for Vestergade og ca. 200 m mod syd. Dette resulterer i et forhøjet vandspejl og en forringet vandføringsevne i den nederste del af vandløbet.

Generne som følge af de forhøjede vandspejl er hovedsageligt koncentreret omkring cykelstien og private haveanlæg, som periodevist oversvømmes.

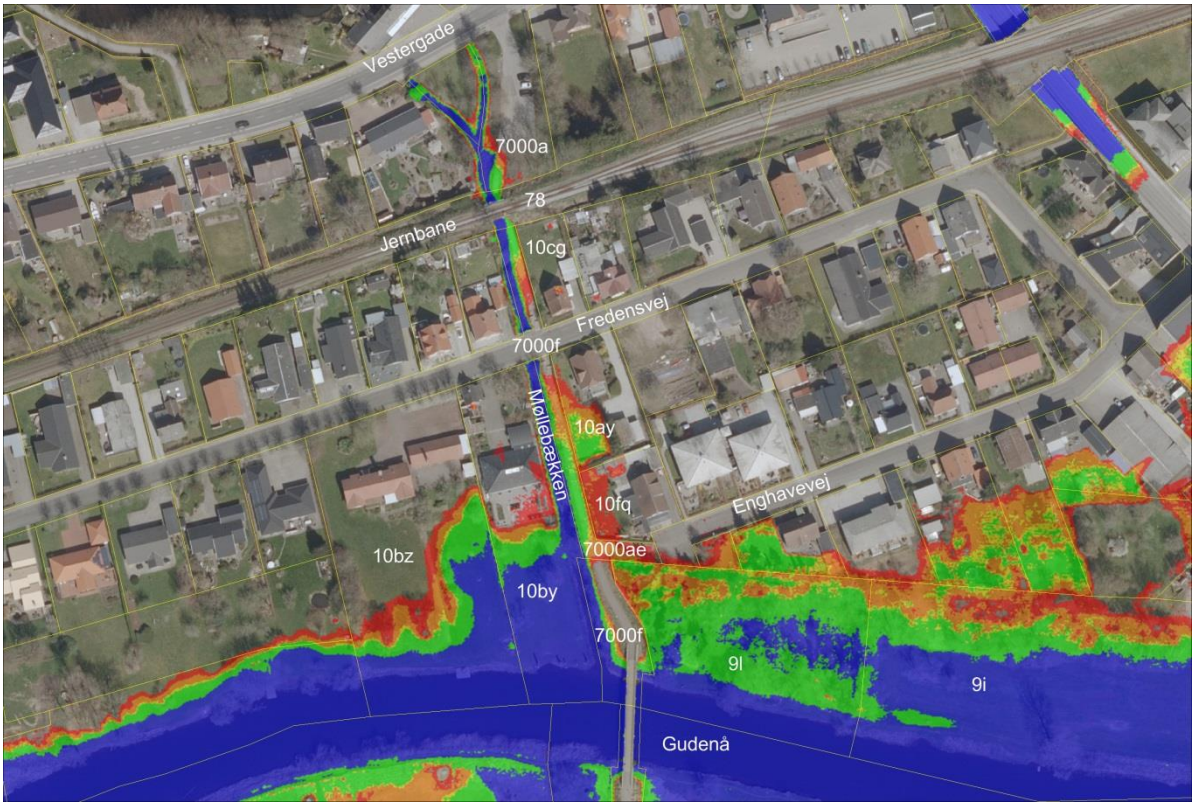


Illustration 20: Oversigtskort over oversvømmelser ved forskellige vandstande for område B ©Geodatastyrelsen. Blå – 2 års hændelsen, grøn - 10 års hændelsen, orange - 20 års hændelsen og rød - 50 års hændelsen, se desuden Bilag 3.

Som det fremgår af Illustration 20 samt Bilag 3 oversvømmes haveanlæg langs med Møllebækken allerede ved en 2 års hændelse. Her oversvømmes haven på matr. nr. 10by (også beskrevet under område A). Ved en 10 års hændelse sker der også oversvømmelse af dels cykelstien langs med Møllebækken samt haven på Matr. nr. 10ay. Ved en 20 og 50 års maksimum sker der yderligere oversvømmelser af haveanlægget ved matr. nr. 10fq.



Illustration 21 TH: Cykelstien og Møllebækken set fra sammenløbet ved Vestergade og ned mod jernbanen. TV: Cykelstien og Møllebækken set fra Fredensvej og ned mod Gudenåen.

Med udgangspunkt i regulativet samt en vandløbsopmåling fra 2011 af Møllebækken er vandløbets bundkoter vist i et længdeprofil (Illustration 21) sammen med terrænkoten fra cykelstien. Længdeprofilet er vist fra St. 1.400 m, som er umiddelbart nedstrøms Vestergade. På længdeprofilet er også vist de udvalgte vandspejl i Gudenåen ved 2, 10, 20 og 50 års hændelser. I vandspejlene, som er vist på Illustration 20 er der ikke taget højde for Møllebækkens egen afstrømning (beskrives senere).

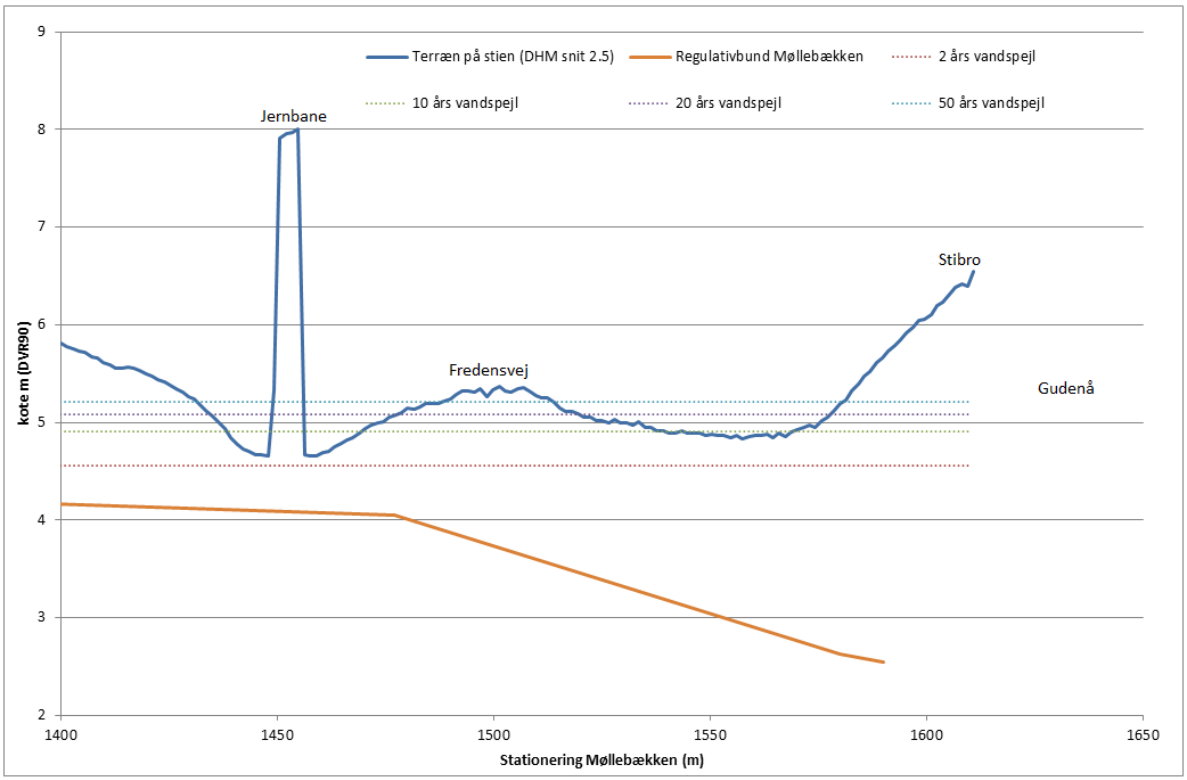


Illustration 22: Længdeprofil af Møllebækken vist med regulativbundkote, terræn fra højdemodellen samt 2, 10, 20 og 50 års vandspejl i Gudenåen.

Længdeprofilet viser sammen med Bilag 3 på hvilke strækninger af cykelstien man vil opleve oversvømmelser. Særligt ved broen under jernbanen opstår der oversvømmelser (Illustration 21 TV).

Oplandet til Møllebækken er 12,7 km^2. Viborg Kommune oplyser, at 10 års maksimum afstrømningen i vandløbet er skønnet til 75 l/s/km^2 svarende til en vandføring på 953 l/s. Udover den naturlige afstrømning til vandløbet er der også en række regnvandstilløb og overløb, som også

bidrager til vandføringen. Regnvandsbidraget er oplyst pr. år i Spildevandsplanen, hvilket dog ikke siger noget om de enkelte hændelsers størrelse. For at kunne vurdere hvad regnvandsbidraget er i eksempelvis en 50 års hændelse vil det være nødvendigt at opstille en MIKE Urban model for området.



Illustration 23 Udsnit fra spildevandsplanen med hhv. regnvandsudløb og overløb til Møllebækken (http://drift.kortinfo.net/Map.aspx?page=Spildevandsplan_DKPlan&Site=Viborg)

For at vurdere betydningen af Møllebækkens vandføring i en situation, hvor Gudenåens vandspejl er forhøjet så der forekommer stuvning op i Møllebækken, er der foretaget beregninger i vandløbsprogrammet VASP. Her er der, som nedre rand for Møllebækken angivet et vandspejl i Gudenåen svarende til de anvendte gentagelsesperioder. Afstrømningen i Møllebækken er pga. det usikre grundlag sat højt for at foretage en konservativ beregning. Beregningerne viser, at ved et vandspejl i Gudenåen i kote 5,20 m (50 års hændelse) er der kun få centimeter vandspejlsstigning op til Møllebækkens St. 1.400 m. Her er vandspejlet i kote 5,24 m ved en samtidig vandføring i Møllebækken på 2 m^3/s. Det vurderes således ikke nødvendigt, at foretage sikringen langs med Møllebækken i et væsentligt højere niveau end angivet for Gudenåen.

Sikringen af arealerne langs med Møllebækken deles op i hhv. en vestlig og østlige side. Sikringen for den vestlige side af Møllebækken er tidligere beskrevet sammen med område A, dvs. etableringen af en spuns langs den nederste del af Møllebækken mod Gudenåen. Spunsen afsluttet mod højvandssikringen for område A.

10.2 Indsatsmulighed for den østlige side

Sikringen af den østlige side af Møllebækken kan enten ske ved en hævning af cykelstien og private haveanlæg eller ved etableringen af lodret væg – eksempelvis en spuns langs østsiden af Møllebækken, som sikrer imod oversvømmelser. Der vil ikke være plads til at etablere et dige langs med Møllebækken for at håndtere de høje vandspejle.

Cykelstien under broen kan ikke hæves, da cyklister så ikke vil kunne passere her uden at skulle bukke hovedet. Derfor er der ikke valgt at arbejde videre med en hævning af cykelsti og haveanlæg. En mulighed er dog en kombineret løsning, hvor der anlægges spuns i området ved broen

og cykelstien på strækningen syd for broen terrænhæves. Det bemærkes, at dette vil kræve, at overfladevand kan ledes væk fra cykelstien under jernbanebroen (pumpeløsning), da der vil blive skabt et lavpunkt her, der ikke naturligt afvandes.

Strækningen fra Vestergade og ned til Gudenåen kan sikres ved etablering af i alt ca. 135 m spunsvæg fordelt over 3 strækninger:

- 25 m nord for jernbanen
- 40 m imellem jernbanen og Fredensvej
- 70 m syd for Fredensvej

Overkanten af spunsen etableres i kote 5,30 m tæt ved Gudenåen stigende op til kote 5,40 m op mod Vestergade. Dette svarer til ca. 10 cm over 50 års hændelsen og tager således højde for den lille vandspejlsstigning, som beregnes op i Møllebækken ved de store afstrømninger.

På østsiden af spunsvæggen skal der etableres en afvanding så cykelstien og de private haveanlæg mod øst kan afvandes uændret når den naturlige strømningsvej mod Møllebækken afbrydes. Dette kan ske ved to strækninger med hver 60 meter drænrør. Den nordlige strækning tilsluttes en ny pumpestation ved Fredensvej, som sikrer afvandingen af cykelstien nord for Fredensvej. Strækningen syd for Fredensvej tilsluttes pumpestationen, som foreslås etableret i område C umiddelbart øst for spunsvæggen. Løsningen er vist på Illustration 24.

Udsnittet fra Spildevandsplanen på Illustration 23 viser, at der ligger en spildevandsledning, som krydser Møllebækken og løber langs med denne ned mod Gudenåen (til område C). Derudover er der regnvandsudløb fra forsyningens regnvandskloak på denne strækning. Et detailprojekt skal derfor koordineres med Energi Viborg. Udover denne ledning kan der være el-kabler, gasledninger, telekabler mm. Der skal i forbindelse med en detailprojektering gennemføres en undersøgelse af placeringen af eksisterende ledninger i området.

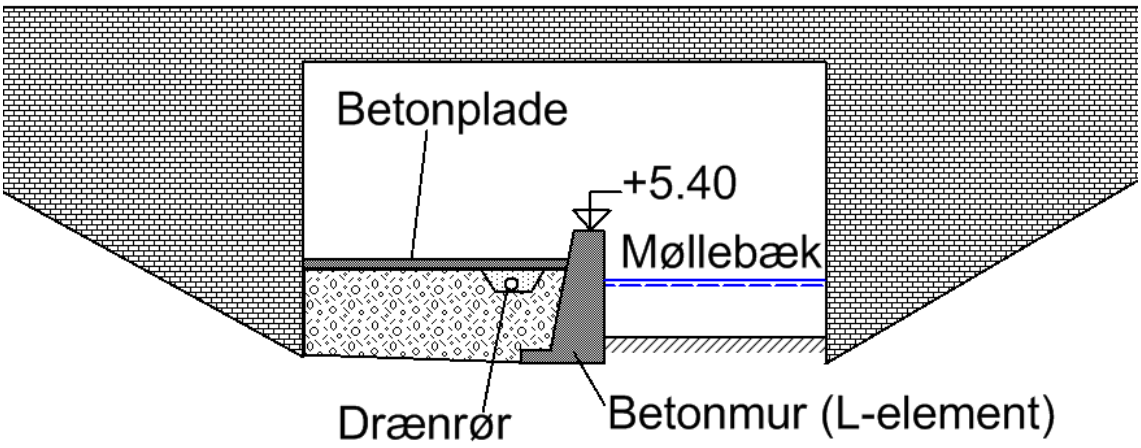


Illustration 24: Skitseforslag til sikring af område B.

Ved jernbanebroen, som er markeret med en rød cirkel på Illustration 24, er den eksisterende underføring en udfordring. Underføringen vil blive oversvømmet ved store afstrømninger, men det er pga. jernbanen ikke muligt at nedramme en spuns på denne strækning.

I lavpunktet der skabes ved cykelstien under jernbanebroen skal vand bortpumpes.

Passagen under jernbanen kan sikres ved at erstatte den nuværende træbro med et betonstøbt L-profil og betonplade, jf. Figur 1.



Figur 1: Principskitse af afskærming af cykelsti under jernbanebro. Drænet skal placeres Så højt som muligt, således det ikek dræner standardvandstande i Møllebækken.

Profilet skal være tæt ud mod Møllebækken og etableres med en sti-kote svarende til den eksisterende, således at passagens åbning/højde ikke ændres. Det nye profil vil erstatte den ca. 6 m lange og 2 m brede træbro under jernbanen. Den eksisterende sti har en kote i ca. 4,70 m nord for jernbanen og kote 4,60 m syd for jernbanen. L-profilet placeres således at den høje kant ud mod Møllebækken har topkote i samme niveau som den tilstødende spunsvæg og der laves en tilslutning til denne både nord og syd for jernbanen. Sti-koten skal bevares uændret for at sikre at den i forvejen lave passage ikke minimeres. Vandspejlet i Møllebækken vil ved en 50 år hændelse være beliggende i et niveau ca. 60-70 cm over stien. Det skal med de langsgående dræn og pumpestation samt afskærmningen med beton og spuns sikres at passagen under jernbanen kan tørholdes.

10.2.1 Effekt

Med de beskrevne indsatsmuligheden foretages en sikring af cykelstien og haverne øst for Møllebækken på strækningen fra Vestergade til Gudenåen. Spunsvæggen sikrer, at ekstremvandstande i Gudenåen ikke oversvømmer cykelstien og haveanlæg. Dræn og pumpestation på østsiden af spunsvæggen sikrer, at overfladevand og indsivende grundvand bortledes på bagsiden af spunsvæggen.

10.2.2 Konsekvensvurdering

Udgiftsfordelingen for højvandssikringen af de to berørte grunde skal afklares.

Fordele:

- Ikke store pladskrav og dermed diskret løsning, når den først er etableret

Ulemper:

- Håndtering af eksisterende ledninger kan fordyre projektet
- Løsningen er dyr og kompliceret omkring jernbanebroen

- Det er dyrt at anlægge en spunsvæg og denne skal anlægges på en længere strækning
- Løbende udgifter til pumpeafvanding af overfladevand samt indsivning ved jernbanepassagen, hvor der ikke kan spunses.

Det er en forudsætning for gennemførelse at indsatsmuligheden, at BaneDanmark accepterer at indsatsmuligheden gennemføres.

10.3 Økonomisk overslag

Overslagsmæssigt beløber de forskellige alternativer for sikring af område B sig til følgende beløb (50 års hændelsen):

- Kombineret spuns og betonløsning (dige område A): 1.350.000 kr.
- Kombineret spuns og betonløsning (terrænhævning område A): 1.150.000 kr.

Løsningen for område B skal tænkes sammen med løsningen for område A. Hvis der i område A etableres et dige skal der på vestsiden af møllebækken etableres en spuns langs martikel 10by, derfor den højere pris, hvis der etableres et dige. Modsat gennemføres en generel terrænhævning til naturligt terræn har sikringsniveauet skal der ikke lukkes yderligere af langs møllebækkens nederste stykke.

Forudsætninger:
Priserne indeholder udgifter til anstilling, byggeplads, klargøring af område, levering og indbygning af materialer, reetablering af haver samt uforudsete udgifter. Prisniveauet er august 2016 og er ekskl. moms og ekskl. projekteringsudgifter.

Spuns afsluttes med top i kote 5,35 med en træhammer (fyrretræ).

Spunsen strækker sig 135 m på østlig side og 45 m på vestlig side af jernbanen.

For spunsen er estimeret en pris på 3.500 kroner pr. løbende meter. Spunsen er ca. 3 meter høj. Spunsen skal blot tilbageholde forskelle i vandspejle. Spunsen ville være dyrere, hvis den skulle tilbageholde en forskel i terræn og dermed blive påvirket af forskelle i jordtryk.

Det vurderes, at der ikke vil være nogen besparelse ved sikring mod en 10 års eller 20 års hændelse i forhold til en 50 års hændelse, da spunsprofilets overlængde har begrænset betydning for den samlede økonomi for gennemførelse af projektet.

11. OMRÅDE C - GUDENÅ UMIDDELBART ØST FOR MØLLEBÆKKENS UDLØB

11.1 Beskrivelse af området

Området dækker strækningen mellem stibroen og Brogade. Mellem åen og bebyggelsen er der et ca. 40-60 meter bredt område, med skov på den vestlige strækning, og åbent areal på den resterende del. Længst mod øst ligger Vand- og Soltrappen. Den vestlige del er privat ejet. Den østlige del som inkluderer det åbne område og Vand- og Soltrappen er ejet af Viborg Kommune.

På nedenstående illustration er vist, hvilke områder der oversvømmes ved forskellige vandstande i åen.

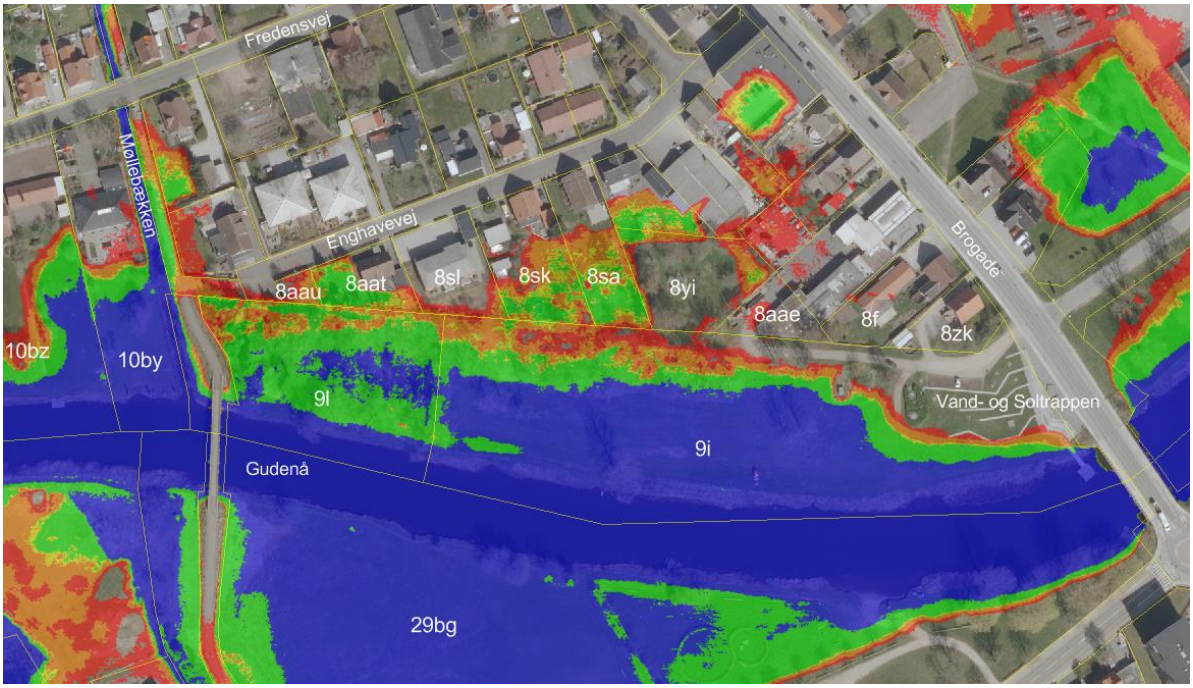


Illustration 25: Områder der oversvømmes ved område C ved forskellige vandstande i åen. ©Geodatastyrelsen. Blå – 2 års hændelsen, grøn - 10 års hændelsen, orange - 20 års hændelsen og rød - 50 års hændelsen, se desuden Bilag 3.

Som det ses af Illustration 25, oversvømmes de fleste haver ved en 10 års hændelse, mens store dele af det åbne område langs Gudenåen oversvømmes oftere. Enkelte ejendomme langs Enghavevej er i risiko for oversvømmelse ved en 10 års hændelse.

Nedenfor er vist hvorledes området ser ud i dag.







Fotos 2: Område C. De to øverste billeder viser den vestlige del af området set fra stibroen. De to nederste billeder viser det kommunale rekreative område mod øst set fra Sol- og Vandtrappen.

I det følgende er beskrevet tre forskellige forslag til indsatsmuligheder, effekten af disse samt en konsekvensvurdering. Valg af indsatsmulighed afhænger blandt andet af hvilke områder der konkret ønskes sikret mod oversvømmelse fra Gudenåen.

11.2 Indsatsmulighed C-1: Beskyttelse af private haver

Hvis formålet med beskyttelsesforanstaltningerne er at beskytte de private huse og haver, kan der anlægges et dige langs matriklernes sydlige skel på strækningen fra Møllebækstien til indkørslen fra Brogade. Der skal etableres dræn og pumpestation på nordsiden af diget.

Diget stopper vest for Sol- og Vandtrappen, således at den tætte kontakt fra Sol- og Vandtrappen til Gudenåen bibeholdes. Sol- og Vandtrappen er så højt liggende, at denne ikke vil blive oversvømmet.

Indsatsmuligheden er skitseret på efterfølgende illustration.

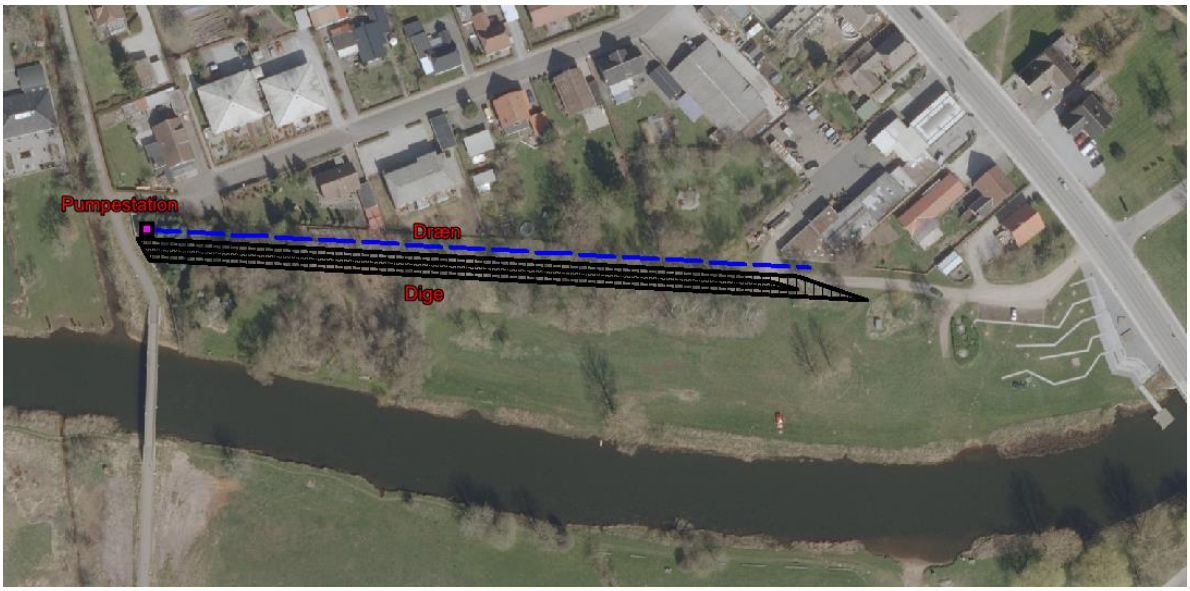


Illustration 26: Indsatsmulighed C-1.

11.2.1 Effekt

Effekten af indsatsmuligheden er, at der foretages en sikring af husene og haverne nord for Gudenåen på denne strækning. Diget sikrer, at ekstremvandstande i Gudenåen ikke oversvømmer huse og haver. Dræn og pumpestation sikrer, at overfladevand og indsivende grundvand bortledes på bagsiden af diget. Området mellem Gudenå og diget vil ikke blive sikret og vil periodevis være oversvømmet.

11.2.2 Konsekvensvurdering

Udgiftsfordelingen for højvandssikringen skal afklares.

Fordele:

- Diget bliver forholdsvis kort.
- Den tætte visuelle kontakt til åen bibeholdes i større grad fra haverne.
- Dige, dræn og pumpe er ukompliceret at anlægge.
- Området langs åen påvirkes ikke.

Ulemper:

- Oversvømmelse af området mellem diget og åen vil fortsætte, med deraf følgende problemer med at udnytte området rekreativt året rundt.
- Der skal fældes en del træer for få plads til diget, hvilket betyder at området vil få en ændret karakter i forhold til i dag.
- Etablering af dræn og udpumpestation er forbundet med efterfølgende driftsudgifter, som kan være betydelige.

11.3 Indsatsmulighed 3-2: Beskyttelse af hele området ved digeløsning langs åen

Hvis formålet både er at beskytte huse og haver og at kunne udnytte arealet mellem åen og haverne til rekreative formål, kan der anlægges et dige langs åbrinken på hele strækningen fra stibroen til lige vest for Sol og Vandtrappen. Der skal etableres dræn og pumpestation på nordsiden af diget.

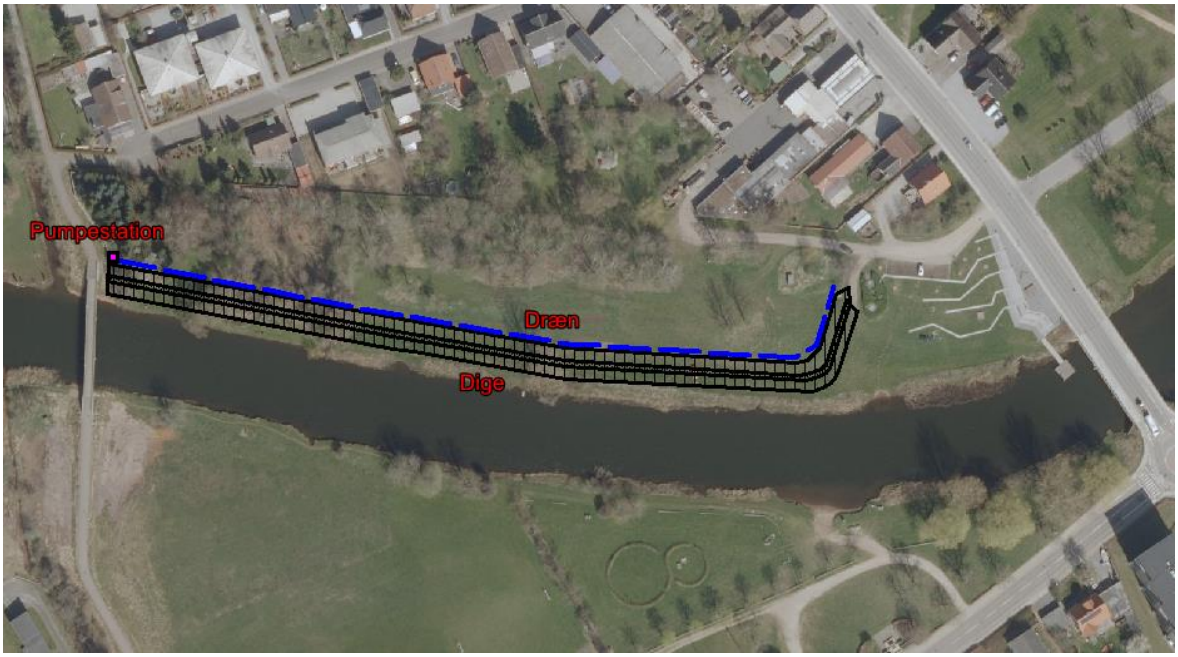


Illustration 27: Indsatsmuligehd C-2.

11.3.1 Effekt

Effekten af indsatsmuligheden er, at der foretages en sikring af hele området mellem Gudenåen og Enghavevej. Hermed sikres både huse og haver samt de rekreative arealer. Dræn og pumpestation sikrer, at overfladevand og indsivende grundvand bortledes på bagsiden af diget.

11.3.2 Konsekvensvurdering

Fordele:

- Giver mulighed for at udnytte arealet mellem haverne og åen rekreativt året rundt.

- Dige, dræn og pumpestation er ukompliceret at anlægge.

Ulemper:
- Digets tætte placering på Gudenåen vil reducere udsynet til åen
- Det visuelle naturlige udtryk langs Gudenåen ændres betydeligt.
- Der skal fældes træer for få plads til diget.
- Etablering af dræn og udpumpestation er forbundet med efterfølgende driftsudgifter, som kan være betydelige.

11.4 Indsatsmulighed 3-3: Terrænhævning

Terrænet i hele det lave område kan hæves så det kommer til at ligge over den vandstand, som området ønskes sikret for. Også i dette alternativ friholdes området omkring Sol- og Vandtrappen for at skabe direkte adgang fra denne til Gudenåen.

Der anlægges dræn og pumpestation mellem terrænhævningen og de private haver. Som alternativ til drænet kan man også hæve terrænet inde i haverne, men dette er et mere vidtgående indgreb, da det vil betyde en fuldstændig rydning og genetablering af haverne. Dette vil dog kunne sikre, at de naturlige strømningsveje mod Gudenåen bevares.

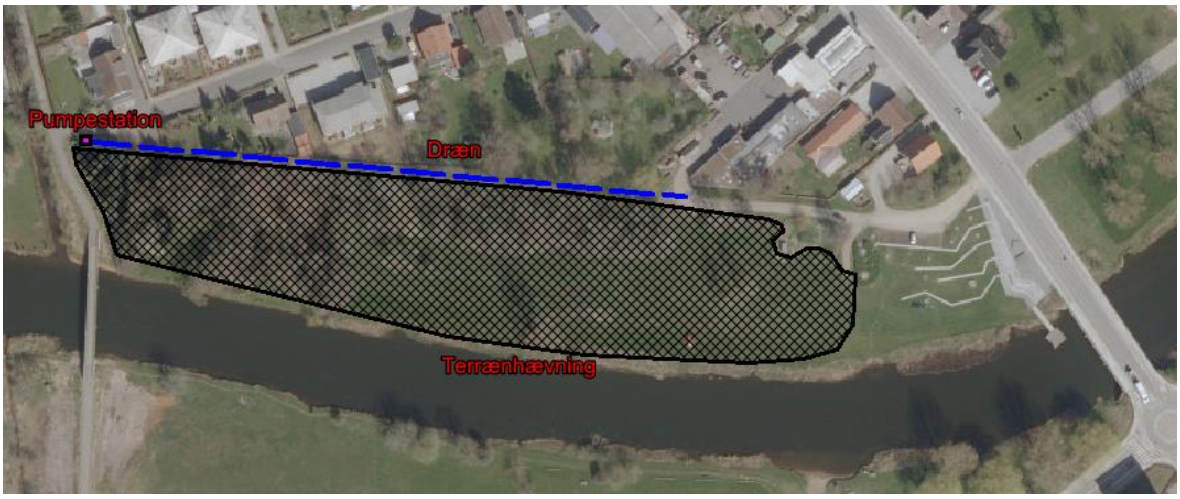


Illustration 28: Indsatsmulighed C-3.

11.4.1 Effekt

Indsatsmuligheden har samme effekt som indsatsmulighed 3-2. Hvis terrænhævningen foretages hele vejen op i haverne, er det ikke nødvendigt at anlægge dræn og pumpestation.

11.4.2 Konsekvensvurdering

Fordele:
- Giver mulighed for at udnytte arealet mellem haverne og åen rekreativt året rundt.
- God kontakt mellem det rekreative område og åen.

Ulemper:
- Området vil ændre karakter, da al bevoksning vil blive ryddet i forbindelse med terrænhævningen.

11.5 Forslag til kombineret indsatsmulighed

De forskellige indsatsmuligheder kan kombineres på forskellige måder, afhængigt af, hvilke interesser, der skal prioriteres.

På Illustration 29 er der skitseret et forslag, der prioriterer både beskyttelse af de private haver, mulighed for rekreativ udnyttelse af området langs åen, og som medfører begrænsede indgreb i området.

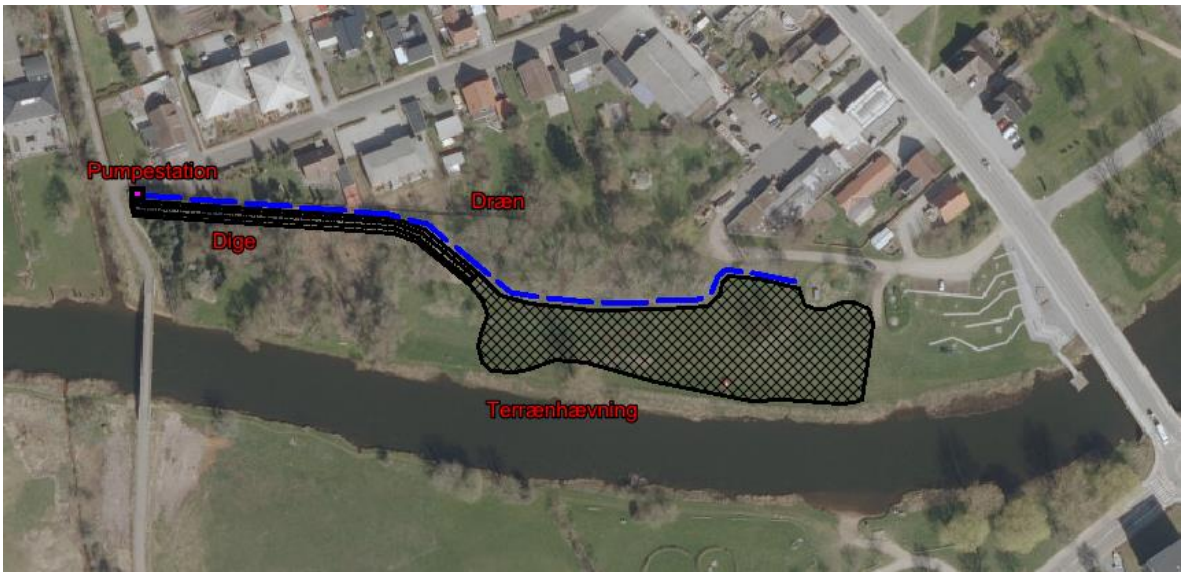


Illustration 29: Forslag til indsatsmulighed område C.

11.6 Økonomisk overslag

Overslagsmæssigt beløber de forskellige alternativer for sikring af Område C sig til følgende beløb:

- Indsatsmulighed C-1, Dige langs haver: 750.000 kr.
- Indsatsmulighed C-2 Dige langs åen: 850.000 kr.
- Indsatsmulighed C-3 Terrænhævning: 3.500.000 kr.
- Indsatsmulighed Kombiløsning: 1.700.000 kr.

De anførte priser er anlægspriser ekskl. moms, og ekskl. udgifter til projektering og tilsyn. Dertil skal regnes løbende driftsomkostninger.

I anlægsoverslaget er der regnet med, at jord til diger og terrænhævninger kan findes i lokalområdet. Hvis projektet kan kombineres med andre anlægsprojekter i området, kan prisen reduceres, da transport af jorden til området måske kan afholdes via andre projekter, således at jordarbejdet reduceres til regulering og indbygning på området. Hermed vil pris for indbygning af jord kunne reduceres.

Da det drejer sig om ikke ubetydelige jordmængder må det forventes, at anlægsperioden forlænges, hvis arbejdet skal være afhængigt af, at der er overskudsjord til rådighed.

12. OMRÅDE D - GUDENÅ LANGS GRUNDFOS

12.1 Beskrivelse af område

Området er ca. 500 m langt og beliggende øst for Brogade ud langs Grundfos. Området er lokaliseret nord for Gudenåen. Tættest på Gudenåen er der et åbent græsområde med enkelte træbevoksninger. Martin Bachs Vej er ca. 5 meter bred. Nord for Martin Bachs Vej er Grundfos bygninger samt parkeringsplads. Der er en større parkeringsplads øst for bygningen, der tidligere har været oversvømmet ved høj vandstand i Gudenåen.

På Illustration 30 ses de matrikulære grænser i området. Matrikel 15^{h} og 15^{ae} ejes af Grundfos. Matrikel 16^{d} og 17^{f} ejes af Viborg Kommune. De nævnte matrikler er beliggende i Hjermind By ejerlav. På matrikel 15^{h} ligger System B8 møbler, som er eje af Grundfos.

På Illustration 30 er også vist, hvilke områder, der oversvømmes ved forskellige vandstande i Gudenåen. Dette fremgår ligeledes af bilag 3.

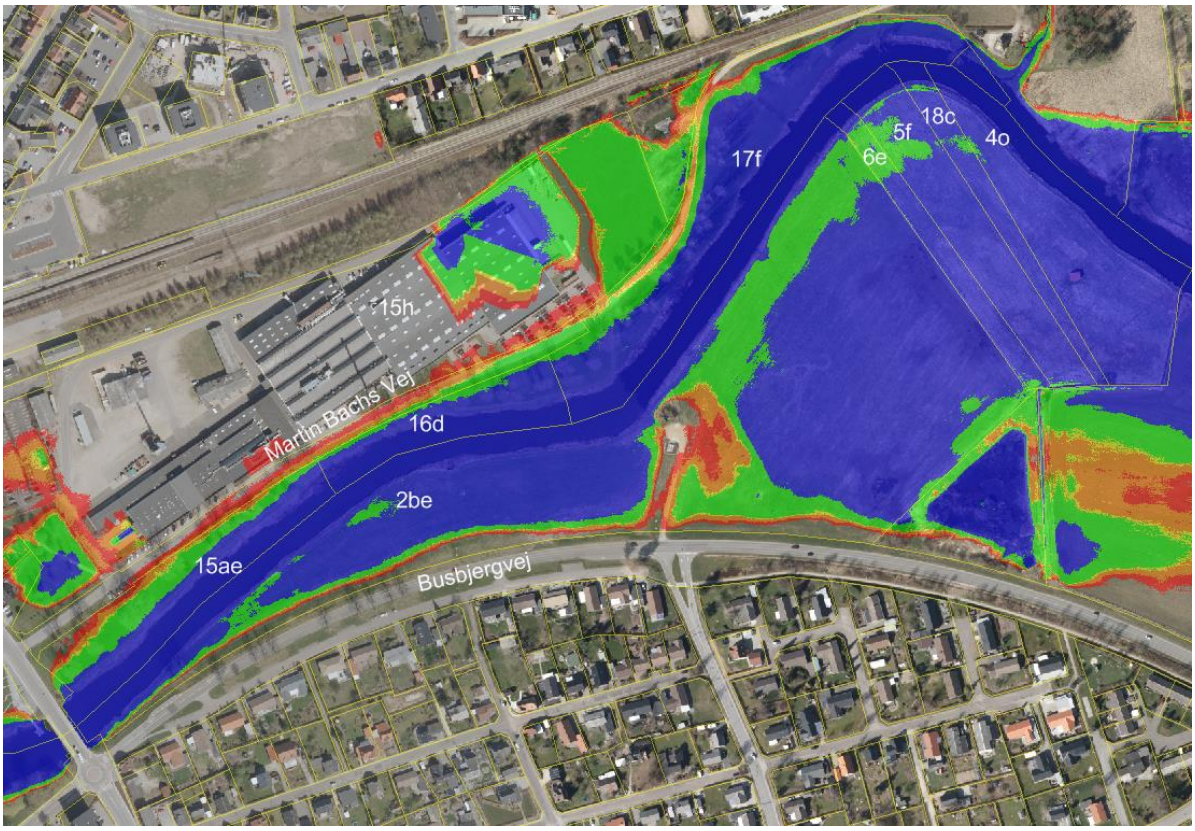


Illustration 30: Områder der oversvømmes ved område D ved forskellige vandstande i Gudenåen. ©Geodatastyrelsen. Blå – 2 års hændelsen, grøn - 10 års hændelsen, orange - 20 års hændelsen og rød - 50 års hændelsen, se desuden Bilag 3.

Det grønne område nærmest Gudenå oversvømmes ved en 2-års hændelse. Ved en 10 års hændelse sker der oversvømmelser af parkeringspladsen øst for bygningen, dele af Martin Bachs Vej og der er risiko for oversvømmelse af Grundfos. Ved en 20 og 50 års hændelse vil en lidt større del af Martin Bachs Vej blive oversvømmet og der må forventes oversvømmelser op langs Grundfos bygning langs den sydlige del af bygningen i den østlige del af grunden.

Mod vest er naturligt terræn ned mod Gudenåen i kote 4,5 m, mens det stiger mod øst til kote 5 (midt på strækningen). Mod øst er der et lavtliggende område, som dog er adskilt af et "naturligt" terræn, der er højere end opstuvningsniveauet i Gudenåen for en 50 års hændelse. Her kan dog forekomme indsivende grundvand samt overfladevand, der oversvømmer disse områder.

Nedenfor er vist hvorledes området ser ud i dag.



Fotos 3: Område D. Området er set fra Brogade.

I det følgende er beskrevet to forskellige forslag til indsatsmuligheder. For begge indsatsmuligheder er fokus på at beskytte Martin Bachs Vej, parkeringspladser samt bygninger.

12.2 Indsatsmulighed D-1: Beskyttelse af Martin Bachs Vej, parkeringspladser og bygning ved dige

En løsning kan være at etablere et dige på sydsiden af Martin Bachs Vej og nordpå langs den østlige side af parkeringspladsen. Hermed sikres vejen, bygningen og parkeringsarealerne mod høje vandstande i Gudenåen. Diget skal føres helt op til jernbanedæmningen. Det kan vælges, at starte diget helt ude ved Brovej for at skabe sammenhæng i området. Udbredelsen af diget ses på nedenstående illustration.



Illustration 31: Indsatsmulighed D-1.

Mod øst munder Martin Bachs Vej ud i en grusvej og denne skal føres over diget.

Det vil også være muligt at rykke diget helt ned til Gudenåen og hermed sikre at det grønne område mellem Gudenåen og Martin Bachs Vej ikke oversvømmes. Dette vil dog mindske udsynet til Gudenåen samt forhindre den direkte adgang fra det grønne område til Gudenåen. Desuden er det en dyrere løsning, da der er behov for et længere og højere dige.

Diget kan anlægges med et mere bugtet forløb, hvilket æstetisk måske kan gøre at det ikke kommer til at virke så barriereagtigt og urbant. Det kan også være nødvendigt med det bugtede forløb hvis så meget som mulig af den eksisterende beplantning skal bibeholdes. Diget kan beklædes med græs, så det falder naturligt ind i omgivelserne. Men en beklædning med sten op mod Martin Bachs Vej kan også overvejes, da det vil kunne reducere den horisontale udstrækning af diget.

Der er stor sandsynlighed for at det eksisterende drænsystem kan fungere som afledningssystem for overfladevand på bagsiden af diget. Dette skal undersøges nærmere i et eventuelt skitse- eller detailprojekt. Det skal dog sikres, at regnvandsafledningen fungerer optimalt under høj vandstand i Gudenåen, hvor der kan ske en tilstrømning af vand fra Gudenåen under diget.

12.2.1 Effekt

Effekten af indsatsmuligheden er, at Martin Bachs Vej, parkeringspladserne og bygningerne sikres mod høj vandstand i Gudenåen. Eksisterende drænsystem på bagsiden af diget sikrer, at overfladevand og indsivende vand under diget kan bortledes fra bagsiden af diget.

12.2.2 Konsekvensvurdering

Udgiftsfordelingen til højvandssikringen skal afklares.

Ved at etablere en højvandssikring vil virksomheden få ubegrænset adgang til alle parkeringsarealer og vejen op til bygningen vil ikke periodevis være oversvømmet. Højvandssikringsindsatserne anlægges udenfor vej, parkeringsplads og bygninger, således at virksomheden ikke i en periode eller generelt vil opleve konsekvenser af indsatsmuligheden, der negativt vil påvirke deres evne til at drive forretning.

Området antages at have begrænset interesse i forhold til rekreativt brug af turister og lokalbefolkningen. Området er bynært og har derfor æstetisk og visuel værdi.

Fordele:

- Området mellem Martin Bachs Vej og Gudenåen kan fortsat benyttes rekreativt, dog vil det i perioder blive oversvømmet.
- Dige er ukompliceret at anlægge, såfremt undergrunden er stabil.
- Området langs åen påvirkes ikke.
- Virksomhedens indtjeningsevne påvirkes ikke.

Ulemper:

- Den direkte adgang til området mellem Martin Bachs Vej og Gudenåen vil blive begrænset til øst og vest for diget. Det vil dog være muligt at passere diget for gående.
- Der skal fældes træer, da størstedelen af træbevoksningen er placeret nord for diget. Det betyder at området vil ændre karakter i forhold til i dag.
- Området mellem Gudenåen og diget vil i perioder være oversvømmet og vil i den periode ikke kunne anvendes rekreativt.

12.3 Indsatsmulighed D-2: Beskyttelse af Martin Bachs Vej, parkeringspladser og bygning ved terrænhævning

Terrænet i hele det lave område udenfor vejen, parkeringspladserne og bygningerne kan hæves, så det kommer til at ligge over den vandstand, som området ønskes sikret for. Terrænhævningen

sker udelukkende af græsarealerne syd for Martin Bachs Vej samt den østlige del af Martin Bachs Vej øst for bygningerne/p-pladsen.

Der vil være behov for at dræne på bagsiden af terrænhævningen. Det skal undersøges nærmere ved et eventuelt skitse- eller detailprojekt, om den eksisterende regnvandsafledning nogle steder kan udgøre det for dræn. Det skal dog sikres, at regnvandsafledningen fungerer optimalt under høj vandstand i Gudenåen.

På efterfølgende illustration er vist forslag til indenfor hvilket område der skal foretages en terrænhævning.



Illustration 32: Indsatsmulighed D-2.

For at terrænhævningen vil fremtræde visuelt mest naturligt, skal den gennemføres indtil terrænet er i den kote, hvor der ikke forekommer oversvømmelser for det ønskede sikringsniveau. Dette vil dog betyde at dele af Martin Bachs Vej samt parkeringspladsen øst for bygningerne skal terrænhæves og vil nogle steder kunne kræve terrænhævninger helt op til bygningernes indgange. Dette ville være et meget omfattende projekt. Det anbefales derfor ikke at gennemføre en terrænhævning af vejen og parkeringspladsen, men kun af arealerne syd for Martin Bachs Vej og øst for bygningerne og parkeringsarealerne. Terrænhævningen afsluttes således med en stabil skråning ned mod Martin Bachs Vej og parkeringsarealerne (anlæg 1:4 eller stenskrænsafslutning)

Mod Gudenåen skal det ligeledes sikres, at terrænhævningen har en stabil skråning.

12.3.1 Effekt

Effekten af indsatsmuligheden er, at Martin Bachs Vej, parkeringspladserne og bygningerne sikres mod høj vandstand i Gudenåen. Eksisterende afvandingssystem på bagsiden af diget sikrer, at overfladevand og indsivende vand under diget kan bortledes fra bagsiden af diget.

12.3.2 Konsekvensvurdering

Udgiftsfordelingen af højvandssikringen skal afklares.

Ved at etablere en højvandssikring vil virksomheden få ubegrænset adgang til alle parkeringsarealer og vejen op til bygningen vil ikke periodevis være oversvømmet. Højvandssikringsindsatserne anlægges udenfor vej, parkeringsplads og bygninger, således at virksomheden ikke i en periode eller generelt vil opleve konsekvenser af indsatsmuligheden, der negativt vil påvirke deres evne til at drive forretning.

Fordele:

- Området mellem Martin Bachs Vej og Gudenåen kan fortsat benyttes rekreativ året rundt.
- God kontakt mellem åen og græsarealet lige nord for åen.

Ulemper:

- Området vil ændre karakter, da al bevoksning vil blive ryddet i forbindelse med terrænhævningen.
- Det er lettere etapevist at forhøje sikringskoten for et dige end for en terrænhævning.

12.4 Økonomisk overslag

Overslagsmæssigt løber de forskellige alternativer for sikring af område D op i

- Indsatsmulighed D-1, Dige: 1.400.000 kr.
- Indsatsmulighed D-2, Terrænhævning: 2.300.000 kr.

Hvis der skal etableres dræn og pumpestation må påregnes en merudgift på ca. 300.000 kr.

Forudsætninger:
Priserne indeholder udgifter til anstilling, byggeplads, klargøring af område, levering og indbygning af materialer, reetablering af haver samt uforudsete udgifter. Prisniveauet er august 2016 og er ekskl. moms og ekskl. projekteringsudgifter.

Prisen er baseret på etableringen af en højvandssikring til 0,8 m over terræn (50 års hændelsen).

Højden vil variere langs strækningen og i forhold til eksisterende terrænkote

Et dige vil have en længde på ca. 550 m.

Det vurderes, at vælges en løsning, hvor der i diget rammes 3 m stålspuns til 2 m under terræn vil merprisen blive ca. 2.400 kr./lbm. Vælges en løsning med en nedgravet lerfod må forventes en merpris på ca. 750 kr./lbm.

I anlægsoverslaget er der regnet med, at jord til diger og terrænhævninger kan findes i lokalområdet. Hvis projektet kan kombineres med andre anlægsprojekter i området, kan prisen reduceres, da transport af jorden til området måske kan afholdes via andre projekter, således at jordarbejdet reduceres til regulering og indbygning på området. Hermed vil pris for indbygning af jord kunne reduceres.

Da det drejer sig om ikke ubetydelige jordmængder må det forventes, at anlægsperioden forlænges, hvis arbejdet skal være afhængigt af, at der er overskudsjord til rådighed.

Det er muligt, at der kan findes egnet overskudsjord i området, der kan anvendes til digerne og terrænhævningen. Dette vil resultere i en reduktion af de økonomiske overslag på ca. 260.000 kroner for digeløsningen og ca. 850.000 kr. for terrænhævningen.

13. TOPKOTE DIGER OG TERRÆNHÆVNINGER

I efterfølgende tabel fremgår de anbefalede topkoter af diger og terrænhævninger. Disse er baseret på det ønskede sikringsniveau.

	Sikringsniveau (m)		
Område	10 års hændelse	20 års hændelse	50 års hændelse
Område A	4,94	5,11	5,23
Område C	4,91	5,08	5,20
Område D	4,79	4,99	5,11

Tabel 2: Topkoter diger og terrænhævninger

14. KONKLUSION

Bjerringbros beliggenhed ned til Gudenåen sammenholdt med den geologiske underbund gør, at der opstår udfordringer i forbindelse med høj vandstand i Gudenåen. Problemerne forventes forværret i fremtiden som følge af øget tilstrømning og deraf øget vandspejl i Gudenåen.

Den terrænnære grundvandsstand i risikoområderne er i hydraulisk kontakt med Gudenåen, hvorved en høj vandstand i Gudenåen vil resultere i et højt grundvandsspejl. Undergrunden består i de øverste 5-10 meter primært af sand, og derfor forplantes et højt vandspejl i Gudenåen forholdsvis hurtigt til det terrænnære grundvandsspejl. Fremtidens øgede nedbørsmængder kan desuden forventes at resultere i øget grundvandsspejl. Grundvandssænkning kan ske som en lokal punktsænkning ved omfangsdræn. Hvis fundamentet ikke er tæt, kan dette dog stadig medføre indtrængende grundvand. Grundet de meget sandede aflejringer er omfangsdræn ikke nødvendigvis tilstrækkeligt, da grundvand stadig kan trænge op nedefra bygningen.

En områdesænkning skal dog overvejes meget nøje, idet den vil påvirke grundvandsforholdene i et større område. Dette kan medføre potentielle udfordringer med sætninger, problemer for ejendomme, der er pælefunderede, problemer i forhold til vandindvinding samt forureninger. I urbane områder anbefales det derfor, at der foretages en forundersøgelse af konsekvenserne ved en områdesænkning. Dette vil kræve et øget datagrundlag for området herunder pejlinger af grundvandsspejl, viden omkring funderingsforhold for bygninger og anlægskonstruktioner i området samt øget viden om geologien.

Det vurderes, at en områdesænkning vil medføre at store mængder grundvand skal bortpumpes på årsbasis og at dette vil være forbundet med store driftsmæssige omkostninger og udfordringer. Desuden kan det med de meget sandede aflejringer være kompliceret at sikre, at grundvandet kan holdes nede til den ønskede sikringskote, grundet vands høje transporthastighed i sand og grundvandstrykket i området.

I år 2050 kan forventes følgende ekstrem vandspejl i Gudenåen ved område A:

- 10 års 4,91 m
- 20 års 5,08 m
- 50 års 5,20 m

For de udpegede indsatsområder er forskellige højvandssikringskonstruktioner vurderet.

Konstruktionerne er udvalgt ud fra kriterier som:

- Neutral påvirkning af områderne umiddelbart op- og nedstrøms Bjerringbro
- Fri passage for dyr
- Bevarelse af kulturelle og sportslige aktiviteter

Der arbejdes reelt med tre former for højvandssikringskonstruktioner:

- Dige
- Terrænhævning
- Spuns

Løsningerne kan kombineres afhængig af hvilket udtryk der ønskes.

For løsningerne er der ikke den store forskel om sikringsniveauet skal modsvare 20 års hændelsen eller 50 års hændelsen. Der er en forskel på ca. 12 cm i topkote, men den horisontale udstrækning af løsningerne ændres ikke markant.

Der er vurderet indsatsmuligheder for følgende fire områder:

Område A: Gudenå umiddelbart vest for Møllebækkens udløb
Område B: Møllebækken
Område C: Gudenå umiddelbart øst for Møllebækkens udløb
Område D: Gudenå langs Grundfos

For arealerne langs Gudenåen anbefales sikringen mod høj vandstand i Gudenåen at ske enten ved diger eller ved en generel hævning af terrænet i udsatte områder eller ved en kombination af disse. I **område A** vil højvandssikringen skulle anlægges i private haver. Her anbefales enten et dige ned mod Gudenåen eller en generel terrænhævning af haverne ned mod Gudenåen for to villaejendomme. Begge indsatsmuligheder vil medføre en betydelig indgriben i de private haver.

Diger og terrænhævninger vil blokere de naturlige strømningsveje af overfladevand fra de bebyggede områder i Bjerringbro mod Gudenåen. Desuden vil der kunne trænge vand fra Gudenåen gennem digerne ved længere perioder med høj vandstand i Gudenåen. Derfor er der behov for at dræne på bagsiden af digerne og pumpe afdrænet vand til Gudenåen.

I **område C** foreslås etablering af et dige på den vestlige del af strækningen lige syd for de private haver. På det offentlige rekreative areal ved Sol- og Vandtrappen foreslås en terrænhævning anlagt, så dette areal kan bibeholde sin nuværende funktion. Det er også muligt enten at anlægge diger eller foretage en terrænhævning langs hele strækningen.

I **område D** anbefales enten et dige på sydsiden af Martin Bachs Vej eller en terrænhævning. Her forventes det nuværende afløbssystem langs Martin Bachs Vej og ved Grundfos at kunne sikre dræning af bagvand og indtrængende vand gennem højvandssikringen. Dette skal undersøges nærmere i et detailprojekt.

Langs Møllebækken (**område B**) er det ikke pladsmæssigt muligt at etablere højvandssikring i form af diger. Her anbefales, at der anlægges en spunsvæg langs Møllebækken. Dette vil ændre markant på det nuværende æstetiske indtryk af området. Et alternativ kan være at hæve terrænet både langs cykelstien og i de private haver. Det er dog ikke umiddelbart muligt at hæve terrænet hvor cykelstien krydser broen, da broen er for lav til dette. Der kan dog gennemføres en kombineret løsning, hvor der anlægges spuns langs Møllebækken ved broen og terrænhæves langs de øvrige strækninger af Møllebækken.

Høje vandstande i Gudenåen og Møllebækken vil resultere i, at udledningskapaciteten for udløb fra regnvandskloakken reduceres. Dette kan medføre oversvømmelser fra regnvandskloakken i kloakoplandene, da regnvandet ikke vil kunne afledes. Det anbefales at få klarlagt denne udfordring og mulige løsninger nærmere, så dette kan indtænkes i eventuelle detailprojekter for højvandssikring, hvor relevant.

Der er udarbejdet økonomiske anlægsoverslag for de enkelte indsatsmuligheder. Det har en begrænset indvirken på de økonomiske overslag, om områderne sikres mod en 10 års, 20 års eller 50 års hændelse. Derfor anbefales det også ud fra økonomiske betragtninger at vælge et sikringsniveau i den høje ende.

Nedenfor er angivet de forventede økonomiske omkostninger til højvandssikring af de fire nævnte områder.
Område A: 0.45 – 0.65 mio. kr. ekskl. moms (dige billigst, terrænhævning dyrest)
Område B: 1.35 – 1.15 mio. kr. ekskl. moms (dyrest når der etableres dige i område A)
Område C: 0.75 – 3.5 mio. kr. ekskl. moms (afhænger af sikringens omfang og metode)
Område D: 1.4 – 2.3 mio. kr. ekskl. moms (dige billigst, terrænhævning dyrest)

Udgiftsfordelingen til etablering af højvandssikringen skal undersøges og vurderes nærmere.