

Afledning i Oksbøls erhvervsområde

Afgangsprojekt

07-02-2014

Christina Husted Andersen
Aalborg Universitet Esbjerg



Titelblad

Titel: Afledning i Oksbøls erhvervsområde

Tema: Analyse af afløbssystemer

Institution: Aalborg Universitet Esbjerg

Projektperiode: 23.10.2013-07.02.2014

Semester: 7. semester - afgangsprøve

Studerende: Christina Husted Andersen

Hovedvejleder: Flemming Davidsen

Hovedrapport: 47

Bilag: 12

Oplag: 3

Synopsis

Denne rapport omhandler vurdering af funktionen af det offentlige kloaksystem i Oksbøls erhvervsområde. Formålet er at vurdere om det er nødvendigt med afløbsbegrænsende foranstaltninger på Oksbøl genbrugsplads i forbindelse med en planlagt udvidelse. I projektet er der opstillet en hydraulisk model over de eksisterende forhold og en over de fremtidige forhold. Der laves simuleringer af regn på modellerne, og på baggrund af disse vurderes kapaciteten, og det konstateres om der vil forekomme kritiske stuvninger.

Afslutningsvist diskuteres der 2 løsningsforslag til afløbsbegrænsende foranstaltninger, og det konkluderes hvilken løsning der er bedst egnet på Oksbøl genbrugsplads.

Forord

Dette projekt er udarbejdet af Christina Husted Andersen i sidste fase af uddannelsen til diplomingeniør inden for bygge- og anlægsretningen ved Aalborg Universitet i Esbjerg.

Projektet omhandler analyse under nedbør, af en del af det eksisterende offentlige afløbssystem i Oksbøls erhvervsområde. Formålet med analysen er, at blive i stand til at kunne vurdere den hydrauliske kapacitet af det offentlige afløbssystem i dag samt påvirkningen af afløbssystemet efter en planlagt udvidelse af Oksbøl genbrugsplads. Analysen vil munde ud i en konklusion, hvori nødvendigheden af afløbsbegrænsende foranstaltninger vurderes. Afslutningsvist forslås der mulige løsninger til afløbsbegrænsende foranstaltninger internt på genbrugspladsen.

Analysen af afløbssystemet foretages ved hjælp af programmet Mike Urban. Hovedformålet med projektet er, at den studerende opnår kendskab til dette program, og bliver fortrolig med de grundlæggende funktioner heri. Herunder at opnå kendskab til at kunne anvende Mike Urban til analyse af afløbssystemer.

Projektet er udarbejdet i samarbejde med Rådgivende ingeniør firma Johansson og Kalstrup A/S, der har forestået vejledning af den studerende under projektperioden som har strakt sig fra d. 21. oktober 2013 til d. 7. februar 2014. Projektet henvender sig til personer med interesse for afløbsteknik.

Den studerende ønsker at rette en tak til hovedvejleder Flemming Davidsen, for udfordrende vejledning under projektforsløbet. Herudover rettes en tak til Mikkel Edelskov Schmidt(studerende Aalborg Universitet Esbjerg) og Morten Lundkvist(ingeniør hos Johansson og Kalstrup A/S) for uundværlig afhjælpning af de programtekniske problemer der uundgåeligt mødes når man som helt ny bruger arbejder i Mike Urban.

Endelig skal der rettes tak til Johansson og Kalstrup A/S for at stille computer, printer og licens til Mike Urban til rådighed gennem hele projektforsløbet, samt formidling af kontakt til relevante personer med henblik på, at skaffe driftsoplysninger til brug i projektet.

Læsevejledning

Projektet består af en hovedrapport og en vedlagt CD. På CDen findes 12 bilag, som der henvises til undervejs i rapporten. Bilagene indeholder tegninger, simuleringsfiler og simuleringsrapporter. For at kunne åbne simuleringsvideoerne, kræver det at man har adgang til MikeView.

Figurer og tabeller er nummeret i rapporten, og der henvises til dem kronologisk.

Kildehenvisninger markeres med arabertal og føres som fodnoter.

Bagerst i rapporten findes en litteraturliste.

Bilagsoversigt

Bilag 1 – Spildevandsplan Oksbøl

Bilag 2 – Oversigtstegning genbrugspladsen

Bilag 3 – Varde Forsynings ledningsregistrering

Bilag 4 – Model 1 – Eksisterende forhold

Bilag 5 – Model 2 – Fremtidige forhold

Bilag 6 – Excel ark med det anvendte regnsценarie

Bilag 7 – Simuleringsvideo og simuleringsrapport – Model 1-1

Bilag 8 – Simuleringsvideo og simuleringsrapport – Model 1-2

Bilag 9 – Simuleringsvideo og simuleringsrapport – Model 1-3

Bilag 10 – Simuleringsvideo og simuleringsrapport – Model 2-1

Bilag 11 – Simuleringsvideo og simuleringsrapport – Model 2-2

Bilag 12 – Kloakplan over genbrugspladsen

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	3
1.1 Problemformulering	4
2. Gennemgang af projektlokaliteten.....	5
2.1 Oplandsinddeling og eksisterende afløbssystemer i projektområdet	6
2.2 Overløbsbygværk ved søndervangen	7
2.3 Afgrænsning af projektområde	8
2.4 Forhold vedrørende genbrugspladsen	8
2.5 Planforhold for projektområde	11
2.6 Driftsoplysninger om projektområdet.....	11
2.7 Forudsætninger og antagelser for projektet	11
3. Retningslinjer og gældende lovgivning.....	11
3.1 SVK Skrift 27.....	12
3.2 Varde Kommunes spildevandsplan	14
4. Teoretisk grundlag for computermodellering af afløbssystemer.....	15
4.1 Afstrømningsmodeller i Mike Urban	15
4.2 Rørmodellen i MOUSE	18
5. Opbygning af dynamisk model	21
5.1 Definition af afstrømningsmodel.....	21
5.2 Definition af rørmodel	24
5.3 Anvendte modeller	26
5.3.1 Oplandsinddeling og rørmodel for eksisterende forhold – Model 1.....	26
5.3.2 Oplandsinddeling og rørmodel for fremtidige forhold – Model 2	26
5.4 Anvendte regndata.....	27
6. Tolkning og vurdering af simuleringsresultater.....	28
6.1 Vurdering af den nuværende funktion – Model 1.....	29
6.1.1 Opsamling og diskussion af simuleringer på Model 1	35
6.2 Vurdering af den fremtidige funktion – Model 2	36
Delkonklusion	Fejl! Bogmærke er ikke defineret.
7. Forslag til afløbsbegrænsende foranstaltninger	40
7.1 Nedsivning af regnvand	40

7.2 Forsinkelse via et rørbassin	42
8. Diskussion af løsningsmetoder	44
9. Hovedkonklusion	45
10. Litteraturliste	47

1. Indledning

Dette projekt tager sit udgangspunkt i Oksbøl, der er en mindre stationsby med 2.877 indbyggere (2013)¹. Oksbøl er geografisk beliggende ved den danske vestkyst og hører under Varde Kommune, se Figur 1.



Figur 1: Oksbøls placering ved den danske vestkyst

I Oksbøls erhvervsområde ligger Oksbøl genbrugsplads, som står over for en omfattende renovering og udbygning. I den forbindelse skal der projekteres et nyt afløbssystem til Oksbøl genbrugsplads.

Varde Forsyning er bygherre i projektet og har ytret ønske om, at der i det nye afløbssystem skal indgå et forsinkelsesbassin i form af et rørbassin, med det formål at udledningsstrømmen fra genbrugspladsen ikke bliver forøget i forhold til i dag. Dette er samstemmende med anbefalingerne i Varde Kommunes spildevandsplan, der foreskriver at tilledningen af overfladevand til det offentlige kloaksystem bør begrænses. Ved udvidelse af bebyggede og befæstede arealer ønsker Varde Kommune derfor, at der kompenseres ved eksempelvis at forsinke eller nedsive den øgede tilledning, der vil komme som følge heraf.²

Varde Forsyning har dog ikke viden omkring, hvorvidt kapaciteten i det offentlige kloaksystem i Oksbøls erhvervsområde er udnyttet. Anlæggelse af et forsinkelsesbassin er ofte forbundet med ekstra anlægsomkostninger. På den baggrund er det fundet interessant, at undersøge afløbsforholdene i Oksbøls erhvervsområde, hvor Oksbøl genbrugsplads er tilsluttet.

¹ Danmarks Statistik: Statistikbanken Tabel BEF44

² Varde Kommunes Spildevandsplan side 65

Undersøgelsen skal skabe grundlag for, at kunne vurdere fornuftigheden af, at der stilles krav om anlæggelse af et forsinkelsesbassin. Med en eventuel viden om, at der er overskydende ledningskapacitet i det offentlige kloaksystem, kan det være at anlæg af et forsinkelsesbassin ikke er nødvendigt. Dermed kan der opnås en anlægsbesparelse.

Undersøgelsen foretages ved hjælp af computermodellering i MOUSE-programmet Mike Urban. I programmet opbygges en model af Oksbøls erhvervsområde, hvor der via simulering af regnhændelser, undersøges for potentielle hydrauliske problemer i form af opstuvning til terræn.

Modellen skal skabe grundlag for, at kunne vurdere funktionen af det offentlige afløbssystem under regn, med genbrugspladsens afledning som den er i dag. Herunder at konstatere om der forefindes overskydende kapacitet i afløbssystemet. Modellen tilpasses dernæst de fremtidige forhold, hvor genbrugspladsen er udvidet med en væsentlig forøgelse af de befæstede arealer til følge. Her ses der på konsekvenserne for funktionen af det offentlige afløbssystem, hvis Oksbøl genbrugsplads efter sin udvidelse udleder uden forsinkelse. Herunder om eventuelle kapacitetsproblemer vil forøges væsentligt som følge af, at genbrugspladsen bliver udvidet.

1.1 Problemformulering

Med afsæt i det ovenfor forklarede opgaveoplæg, søges følgende konkrete problemformulering besvaret:

Hvordan kan det eksisterende afløbssystem i Oksbøls erhvervsområde beskrives via en hydraulisk model, således at der dannes grundlag for at kunne vurdere nødvendigheden af afløbsbegrænsende foranstaltninger på Oksbøl genbrugsplads?

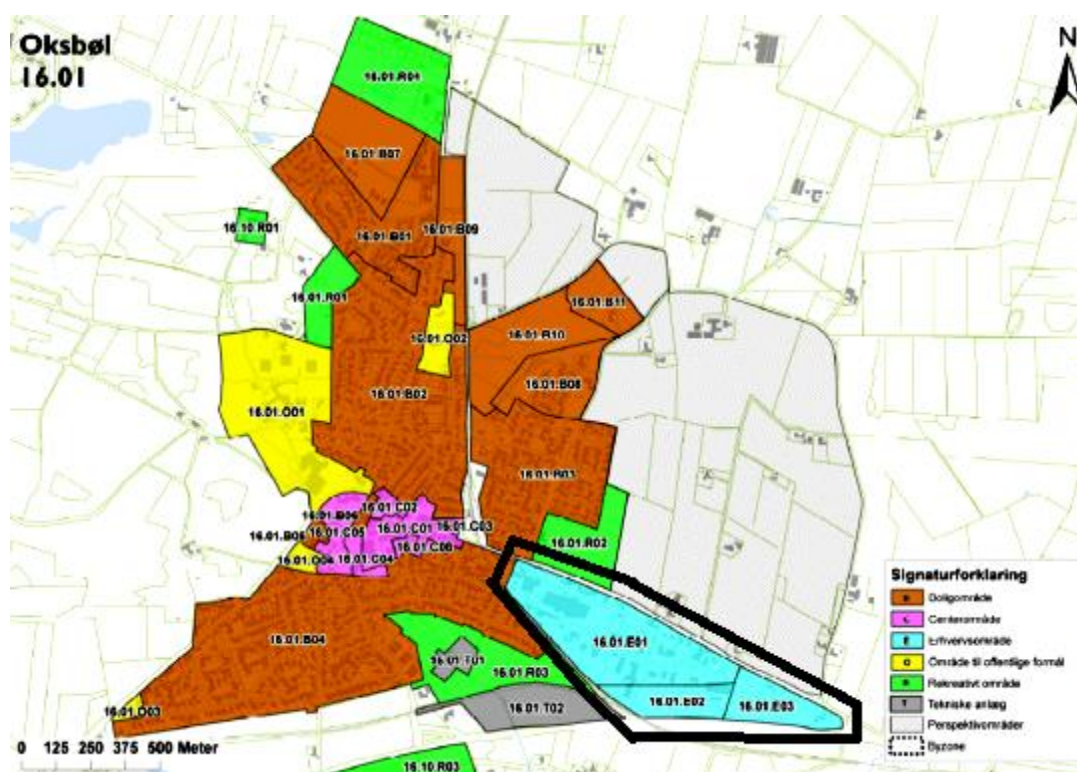
Gennem projektarbejdet ønskes følgende spørgsmål besvaret:

- Er der på nuværende tidspunkt problemer med at opfylde kravene til funktionen, jvf. Varde Kommunes spildevandsplan, af det offentlige afløbssystem i Oksbølserhvervsområde?
- Hvordan vil de fremtidige forhold med en udvidet genbrugsplads, påvirke funktionen af det offentlige afløbssystem i Oksbølserhvervsområde?
- Er der gode indikationer for at udfører afløbsbegrænsende foranstaltninger eksempelvis i form af anlæggelse af et forsinkelsesbassin?
- Kunne der anvendes andre afløbsbegrænsende foranstaltninger?

2. Gennemgang af projektlokaliteten

De følgende afsnit tjener sit formål som baggrundstof for den vurdering af de afløbstekniske forhold for det offentlige kloaksystem i projektområdet, der foretages senere i projektet.

Projektområdet er beliggende i den sydøstlige del Oksbøl, og er i følge lokalplan nr. 01.021.04 udlagt som erhvervsområde herunder bebyggelse til industri- og værkstedsvirksomhed samt til forretningsvirksomhed, se Figur 2.



Figur 2: Arealudlæg til erhvervsformål i kommuneplan for Oksbøl.³

Ved en udredning af de faktuelle forhold med hensyn til anvendelsen af matriklerne i området, fremgår det dog, at der både haves forskelligartet erhverv og parceller til almindelige beboelse. I Tabel 1 ses et udsnit af en oversigt over, hvad matriklerne benyttes til.

³ <http://www.vardekommune.dk/files/cache/20130910140021c87d883fd51745d4908893a5df2c44ba/16%20Oksb%C3%B8l.pdf>

Adresse	Mat.nr	Ejerlav	Zone	Ejendom	Benyttelse
Industrivej 1	1ea	Hesselmed Hgd., Ål	By	101804	Fabrik og lager
Industrivej 3	1eg	Hesselmed Hgd., Ål	By	104504	Fabrik og lager
Industrivej 5	1ex	Hesselmed Hgd., Ål	By	105830	Beboelsesejendom
Industrivej 6	1f	Hesselmed Hgd., Ål	By	101811	Anden kommunal ejendom (Skole, rådhus m.v.)
Industrivej 8	1ed	Hesselmed Hgd., Ål	By	104127	Ren forretning
Industrivej 10	1cø	Hesselmed Hgd., Ål	By	101827	Fabrik og lager
Industrivej 11	1en	Hesselmed Hgd., Ål	By	105396	Ren forretning
Industrivej 12	1eh	Hesselmed Hgd., Ål	By	104485	Ren forretning
Industrivej 14	1ee	Hesselmed Hgd., Ål	By	104128	Fabrik og lager
Industrivej 15	1fe	Hesselmed Hgd., Ål	By	106315	Ren forretning
Industrivej 16A	1fc	Hesselmed Hgd., Ål	By	106044	Ren forretning
Industrivej 16B	1ff	Hesselmed Hgd., Ål	By og land	106323	Ren forretning
Industrivej 18	1eo	Hesselmed Hgd., Ål	By	105397	Ren forretning
Østergade 46	1dø	Hesselmed Hgd., Ål	By	103705	Beboelsesejendom
Østergade 48	1dq	Hesselmed Hgd., Ål	By	103706	Beboelsesejendom
Østergade 50	1ds	Hesselmed Hgd., Ål	By	103707	Beboelsesejendom
Østergade 52A	1fb	Hesselmed Hgd., Ål	By	106036	Beboelsesejendom
Østergade 52B	1eæ	Hesselmed Hgd., Ål	By	105934	Beboelsesejendom
Østergade 52C	1g	Hesselmed Hgd., Ål	Land	101812	Beboelsesejendom
Østergade 54	1h	Hesselmed Hgd., Ål	By	101813	Beboelses- og forretningsejendom

Tabel 1: Udsnit af oversigt der angiver hvad de forskellige matrikler i Oksbøls erhvervsområde benyttes til.

Matriklerne der bliver anvendt til almindelig beboelse, er kendetegnet ved relativ lave befæstelsesgrader i omegnen 18-25 %, hvorimod matriklerne der anvendes til erhverv generelt er væsentligt mere befæstede. I flere tilfælde er næsten hele matrikler befæstede lige med undtagelse af grønne læhegn i forbindelse med skel.

2.1 Oplandsinddeling og eksisterende afløbssystemer i projektområdet

Formålet med dette afsnit er, at give indsigt i opbygningen af det eksisterende afløbssystem i projektområdet. Herudover at danne grundlag for at vurdere, hvilke dele af afløbssystemet det er nødvendigt at beskæftige sig med for at kunne besvare problemformuleringen. Ledningsdata anvendt til beskrivelsen stammer fra Varde Forsynings ledningsregistrering.

I Oksbøls erhvervsområde er ca. 2/3 af de kloakerede områder fælleskloakeret mens den resterende 1/3 er separatkloakeret. Herudover der områder som er udlagt til separatkloakering som endnu ikke udnyttet, se Figur 3.



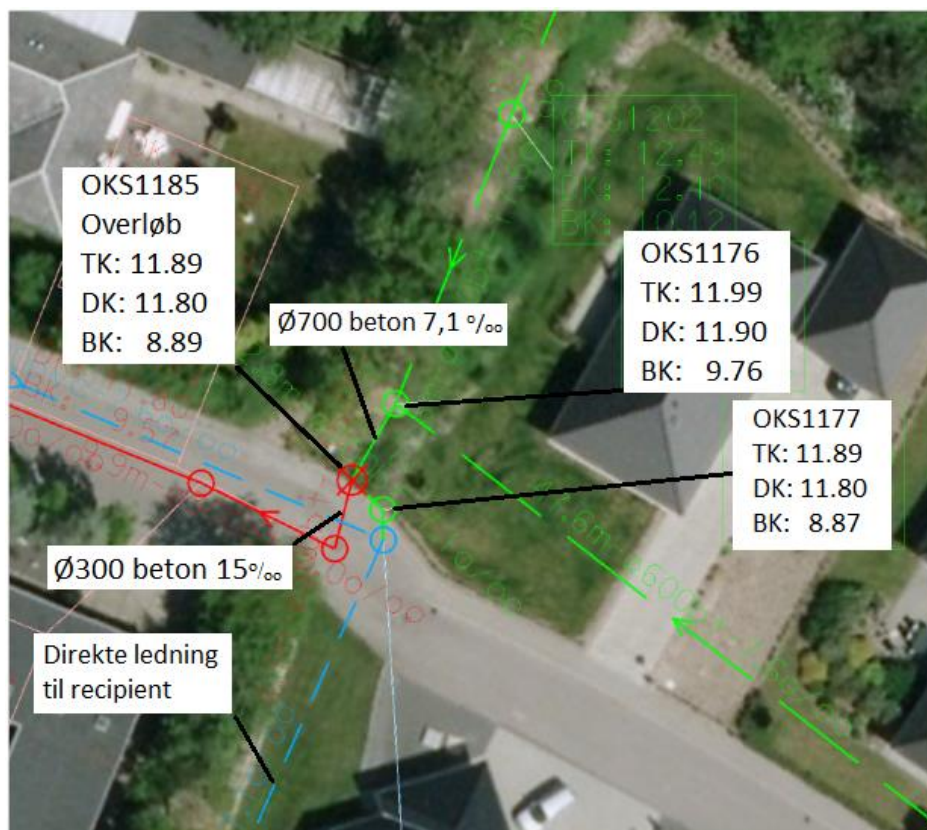
Figur 3: Viser fordelingen af fælleskloakerede og separatkloakerede oplande i Oksbøls erhvervsområde jvf. Varde Kommunes spildevandsplan. For større version af kortet se bilag 1

Spildevandet fra det separatkloakerede opland OB15, graviterer til en pumpestation, hvorfra det pumpes via en trykledning mod Varde Renseanlæg. Regnvandet afledes til lokal recipient sydvest for oplandet. Opland OB15 har ingen forbindelse til det fælleskloakerede opland OB14.

Opland OB14, hvor Oksbøl genbrugsplads er beliggende, afleder fællesvandet ved gravitation til en spildevandsledning i nabooplandet til erhvervsområdet via et overløbsbygværk ved Søndervangen, se Figur 3. Det fællesvand som der er kapacitet til i spildevandsledningen i nabooplandet ledes videre til en pumpestation, hvorfra det ligeledes pumpes til Varde Rense anlæg.

2.2 Overløbsbygværk ved søndervangen

Fællesvandet fra opland OB14 kommer til overløbsbygværket ved Søndervangen i en $\varnothing 700$ mm ledning, og den videreførende spildevandsledning i nabooplandet har en dimension på $\varnothing 300$ mm. Denne nedgang i dimension er foretaget for at sikre tilstrækkelig kapacitet nedstrøms projektområdet. Systemet kan ses på Figur 4.



Figur 4: Overløbsbygværket ved Søndervangen.

Når overløbet går i funktion, sker der en udledning af fællesvand, dvs. både regn- og spildevand til lokal recipient beliggende sydvest for projektområdet. Ved udledning af spildevand foregår der en tilførsel af stof til recipienten, hvilket vil påvirke vandkvaliteten i recipienten negativt. I forbindelse med større regnhændelser vil recipienten også være i risiko for hydrologisk overbelastning.

2.3 Afgrænsning af projektområde

I dette afsnit defineres det opland, der er arbejdes videre med i projektet. Oplandene OB17 og OB18 er indtil videre uudnyttede og bliver ikke behandlet i projektet, da de fremtidigt ikke vil blive tilkoblet det eksisterende fællessystem i OB14.

Det separatkloakerede opland OB15 er uden forbindelse til det fælleskloakerede opland OB14, hvor genbrugspladsen er beliggende. Oplande OB15

Opland OB15 er separatkloakeret, hvor spildevandet ledes direkte til pumpestation og regnvandet ledes til mindre recipient beliggende vest for oplandet. Det er valgt ikke at medtage opland OB15 i projektet, da oplandet er uden forbindelse til OB14, hvorfor det ikke vil være relevant i en kapacitetsundersøgelse i forbindelse med genbrugspladsens udvidelse.

2.4 Forhold vedrørende genbrugspladsen

Specielt for genbrugspladsen er, at en del af de befæstede arealer fremtidigt skal afledes som spildevand. Dette er pga. at affaldet der modtages og oplagres på disse arealer giver anledning til

forurening af overfladevandet. Dette medfører at der ikke er mulighed for nedsivning af regnvand fra arealer der skal afledes som spildevand, da dette vil risikere at forurene grundvandet.

Genbrugspladsen er projekteret som et to-strengssystem, med det formål at være forberedt til en fremtidig kloaksanering, hvor regnvand og spildevand skal adskilles. Spildevand og regnvand skal så samles i en skelbrønd og løbe samlet i stikledning til den offentlige fællesledning.

I det følgende beskrives indretningen af pladsen med henblik på at anskueliggøre afvandingsforholdene på genbrugspladsen. I Tabel 2 ses genbrugspladsens arealfordeling i forhold til belægning og afvandingsforhold.

Område	Areal [m ²]
Hele pladsen	11.747
Køreveje	4.684
Tætte belægninger	2.629
Bebygget areal	780
Grønne arealer	3.654

Tabel 2: Arealfordeling på genbrugspladsen

Containerområde, plansiloområde, areal foran lagerhal til aflevering af farligt affald samt vaskeplads er belagt med en impermeabel belægning, og skal afledes sammen med det sanitære spildevand fra personalefaciliteter i bygning 1. Af Figur 5 eller tegning i bilag 2, ses en oversigtstegning af genbrugspladsen med størrelse og placering af arealerne med impermeabel belægning.



Vaskepladsen er desuden projekteret med sandfang og olieudskiller med en kapacitet på 6 l/s.

10

2.5 Planforhold for projektområde

Varde Kommunes Spildevandsplanen angiver, at der i nuværende planperiode 2010-2015 ikke er planlagt kloaksaneringsprojekter i Oksbøls erhvervsområde. Det er dog generelt målet, at få alt regnvand og spildevand separeret i hele Varde Kommune.

I Spildevandsplanen er der fastsat en maksimal befæstelsesgrad for kloakerede oplande.

For oplandet OB14 hvor genbrugspladsen er beliggende er angivet, at de enkelte matrikler som maksimum må være befæstet med 30 %.

2.6 Driftsoplysninger om projektområdet

Med hensyn til driftsoplysninger om afløbssystemet, er det meddelt at der ikke kendes til opstuvninger på terræn i området. Ved forespørgsel om eventuelle tv-inspektioner af ledningssystemet oplyses det at sådanne ikke er foretaget.

Der er ydermere forespurgt om eventuelle flowmålinger fra overløbsbygværket med henblik på kalibrering af Mike Urban modellen der anvendes til analyse i projektet. Hertil oplyses det, at der ikke er foretaget registrering af overløb eller anden måledata i bygværket. Det oplyses dog, at bygværket fornyeligt er tilset af driftspersonalet, hvor det blev vurderet at bygværket ikke havde været i overløb siden sidste eftersyn et år forinden. Dette blev vurderet på baggrund af at risten til overløbet var ren.

2.7 Forudsætninger og antagelser for projektet

I dette afsnit redegøres for antagelser og forsimplinger der er gjort i projektet.

I projektet gøres den forsimpning, at der i den senere analyse af afløbssystemet under regn, ses bort fra spildevandsmængden. Dette er ligegyldigt i forhold til separatsystemet men vil medføre en ukorrekthed i forhold til fællessystemet. Spildevandsmængden i fællessystemet antages dog at være minimal i forhold til vandmængden under regn.

Indsivning i afløbssystemet sættes til 0, da grundvandsspejlets beliggenhed er dybt under terræn.

I analysen af afløbsforholdene i projektområdet tages klimafaktorer ikke regning, da det er de eksisterende forhold der undersøges. Klimafaktorerne tages heller ikke i regning ved undersøgelse af, hvordan genbrugspladsen efter udvidelse vil påvirke det eksisterende afløbssystem.

Begrundelsen er, at uanset i hvor stor grad afløbsmængden fra genbrugspladsen begrænses, skal det ikke alene sikre hele det offentlige kloaksystem mod en øget intensitet af regn medført af klimaforandringer.

3. Retningslinjer og gældende lovgivning

I dette afsnit ses der på hvilke retningslinjer, der gør sig gældende for kloakeringen i projektområdet. Først beskrives kort formålet med Spildevandskomiteens skrift 27 og Varde Kommunes spildevandsplan, hvorefter de væsentligste, for dette projekt relevante, retningslinjer bliver beskrevet.

3.1 SVK Skrift 27

Skrift 27 blev udarbejdet af Spildevandskomiteen med hensigt på at skabe en funktionspraksis, der kunne opnå status som den sædvanlige praksis i Danmark. Skriftet er vejledende omkring, hvorledes fremtidens afløbssystemer skal fungerer under regn, og udstikker retningslinjerne for dimensioneringen af afløbssystemer.

Som udgangspunkt anbefaler skriftet, at der opstilles fremtidige funktionskrav til et afløbssystem.

Kravene til afløbssystemets funktion bør tage hensyn til den enkelte bruger, til byens andre funktioner og til de økonomiske omkostninger der er i forbindelse med drift og anlæg af systemet⁴.

Med afsæt i grundlæggende kendte begreber fra afløbsteknikken, er der opstillet nogle principper omhandlende overholdelse af kriterier, der er sat op med gentagelsesperioden for en given skadevoldende effekt som det centrale.⁵

Den væsentligste ændring fra tidligere praksis og til den nye praksis anbefalet i skriftet er, at det er den virkelige opstuvningshændelse, der er afgørende for om funktionskravene til et afløbssystem er overholdt.

Den nye praksis rummer hovedelementerne *formulering af funktionskrav, beregninger og valg af sikkerhedstillæg*.

Funktionskrav

Det centrale i funktionskravene er, at de formuleres ud fra den mindste tilladelige gentagelsesperiode for opstuvning til veldefinerede kritiske koter. I dette projekt er de kritiske koter lig med terræn omkring omlandets brønde. Det ønskes ved undersøgelse af den virkelige effekt i afløbssystemet, at beskrive funktionen af afløbssystemet angivet som gentagelsesperiode for overskridelse af de kritiske koter. I skriftet anvendes også udtrykket *serviceniveau* omkring et funktionskrav der eksempelvis tillader opstuvning til terræn én gang hvert 10. år.⁶ I Tabel 3 angives minimumskravene, der gælder ved nydimensionering og fornyelse af kloaker. Minimumskravene udtrykker de rettigheder borgere eller virksomheder har til funktionaliteten det offentlige afløbssystem.

⁴ SVK Skrift 27 side 14

⁵ SVK Skrift 27 side 5

⁶ SVK Skrift 27 side 14

Arealanvendelse	Tilladelig gentagelsesperiode for opstuvning til terræn	Gentagelsesperiode for fuldtløbende ledninger
Fælleskloak i bolig- og erhvervsområder	10 år	2 år
Separatkloak, i bolig- og erhvervsområder	5 år	1 år

Tabel 3: Viser minimumskrav angivet som tilladelig gentagelsesperiode for opstuvning til terræn og anbefalet gentagelsesperiode for fuld udnyttelse af rørkapacitet. Sidst nævnte gælder ved dimensionering vha. den rationelle metode.

Varde Forsyning er forpligtet til at overholde minimumskravene for nye og fornyede kloaker.

Hovedformålet med dette projekt er, at undersøge om der vil forekomme opstuvning til terræn i det oplandet hvor genbrugspladsen er tilsluttet. Efterfølgende sammenholdes resultaterne med minimumskravene for at kunne vurdere afløbssystemets funktion.

Beregninger

Formålet med beregninger er, ved en acceptabel grad af tilnærmelse, at sammenknytte udformningen af afløbssystemet og regnhændelsen med den hændelse, i form af opstigende vand, som forårsager skader.

Til dette foreslår Skrift 27 tre forskellige beregningsniveauer, hvor det er den aktuelle problemstilling der afgør hvilket niveau der bør regnes på.

Ønskes det at dimensionere et nyt afløbssystem er det beregningsniveau 1 der anvendes. Her regnes der med den rationelle metode, hvor der for en valgt gentagelsesperiode fås den maksimale afstrømning med det formål at bestemme den nødvendige rørdimension. Til regndata anvendes regnrækker. Denne metode er således ikke relevant for dette projekt, da det ønskes at beregne gentagelsesperioden for opstuvning til terræn.

Ønskes det at analysere et eksisterende afløbssystem eller kontrollere et nyt afløbssystem regnes der på beregningsniveau 2 eller 3 som alene er analysemetoder. På begge beregningsniveauer indgår opstilling af dynamiske modeller. Forskelligt for de to niveauer er anvendelsen af regndata, som er henholdsvis syntetiske CDS-regn og historiske regn. Herudover er kompleksiteten af de afløbssystemer, de hver i sær kan analysere forskellig. Beregningsniveau 2 kan håndtere forholdsvis ukomplicerede afløbssystemer, hvorimod beregningsniveau 3 kan håndtere afløbssystemer indeholdende pumper, vandbremsere, bassiner m.m.⁷

Da der i dette projekt haves et simpelt afløbssystem overvejende med brønde og ledninger, benyttes beregningsniveau 2.

Sikkerhedstillæg

Det sidste og meget væsentlige hovedelement i den nye praksis er bevidst valg af sikkerhedsfaktorer, der skal inkludere den usikkerhed der ligger i forudsætninger og beregninger.

⁷ SVK Skrift 27 side 23

Sikkerhedsfaktorerne der anvendes i analysen af det eksisterende afløbssystem i dette projekt, fastsættes i næste afsnit omhandlende Varde Kommune Spildevandsplan.

Det er muligt at reducere usikkerheden på beregningsniveau 2 og 3 ved at kalibrere modellen, hvilket dog ikke er medtaget i dette projekt. Med kalibrering menes der at modellen afstemmes med de faktiske forhold under en regnhændelse.

En metode til kalibrering er, at få styr på vandbalancen i afløbssystemet, hvilket dog kræver kendskab til måledata. Med tilgængelige måledata er det muligt at gennemføre sammenhængende målinger af regn og afstrømning med henblik på, at bestemme karakteristiske egenskaber ved det aktuelle opland⁸. Dette kunne eksempelvis være en justering af den hydrologiske reduktionsfaktor, som har en væsentlig følsomhed, hvad angår de resulterende effekter i et afløbssystem.

3.2 Varde Kommunes spildevandsplan

Spildevandsplanen redegør for Varde Kommunes målsætninger for håndteringen af spildevand og regnvand og fremlægger de overordnede rammer for de kommende års aktiviteter.

Spildevandsplanens vision er at give mest miljø for pengene og samtidig sikre en god forsyningssikkerhed for borgere og virksomheder.⁹

Herudover skal spildevandsplanen være medvirkende til, at målsætningen for vandkvaliteten i recipienterne samt at intentionerne i vandplanerne efterleves.¹⁰

Med hensyn til funktions- og dimensioneringskrav angiver Varde kommune i spildevandsplanen, at disse skal følge spildevandskomiteens skrift 27 mht. gentagelsesperioder¹¹. Da afløbssystemet i projektet er fælleskloakeret, er det som beskrevet i afsnittet om Skrift 27, T=10 for opstuvning til terræn og T=2 for fuld udnyttelse af rørkapacitet.

Spildevandsplanen foreskriver overvejelse af tre forskellige sikkerhedsfaktorer i forbindelse med kapacitetsberegninger på eksisterende systemer eller nyprojektering. Størrelsen på sikkerhedsfaktorerne er afhængigt af, hvilket scenarie der ønskes undersøgt.

I Tabel 4 ses de angivende værdier for sikkerhedsfaktorerne, samt hvilke der er valgt med en begrundelse herfor.

⁸ SVK Skrift 27 side 35-36

⁹ Varde kommunes Spildevandsplan side 8

¹⁰ Varde Kommunes Spildevandsplan side 8

¹¹ Varde Kommunes Spildevandsplan side 65

Usikkerhed	Anbefalet Sikkerhedstillæg	Valgt	Argument
Statistisk	1,2	1,2	Der haves en ukalibreret model
Klimaforandring	1,2-1,4	1	Eksisterende forhold undersøges
Fortætning af befæstede arealer, og evt. fremtidig tilkobling af nye oplande	1,1	1	Eksisterende forhold undersøges

Tabel 4: Viser de sikkerhedsfaktorer spildevandsplanen foreskriver der bør overvejes i forbindelse med kapacitetsberegninger på eksisterende systemer eller nyprojektering, samt de valgte faktorer.

Af øvrige faktorer omtalt i spildevandsplanen er den hydrologiske reduktionsfaktor og initialtabet. Den hydrologisk reduktionsfaktor angiver den andel af nedbøren på de befæstede arealer, som afledes til kloaksystemet og er i spildevandsplanen sat til 0,8. Initialtabet er den del af nedbøren, som skal falde, før den egentlige overfladeafstrømning begynder¹². Denne faktor er i spildevandsplanen sat til 0,6 mm, og denne værdi bruges også i projektet.

4. Teoretisk grundlag for computermodellering af afløbssystemer

I de følgende afsnit redegøres der kort for det teoretiske grundlag, hvorpå beregningerne for henholdsvis overfladeafstrømning og rørstrømning udføres.

4.1 Afstrømningsmodeller i Mike Urban¹³

I Mike Urban kan der vælges mellem tre typer af afstrømningsmodeller, der udfører beregningerne for hvordan vand strømmer på overflader og til afløbssystemet på hver sit grundlag. De tre modeller er benævnt:

- Model A- Tid-areal metoden
- Model B- Ikke-lineært Reservoir (kinematisk bølge) metoden
- Model C- Lineært Reservoir metoden

Modellerne adskiller sig fra hinanden bl.a. med hensyn til, hvilke oplandsdata der er nødvendige for at kunne benytte dem. Modeldataene er inddelt i generelle oplandsdata, modelspecifikke oplandsdata og modelparametre.

De generelle oplandsdata er uafhængige af valg af afstrømningsmodel, og inkluderer arealet af oplande, deres geografiske position, og hvor i afløbssystemet de enkelte oplande er tilsluttet.

¹² Varde Kommunes Spildevandsplan, bilag 6 side 6

¹³ MOUSE - RunoffReference

De modelspecifikke oplandsdata omfatter yderligere oplysninger om oplandenes geometri og en mere eller mindre detaljeret beskrivelse af arealanvendelsen.

Modelparametre er organiseret i parametersæt, hvor det i hvert sæt er muligt at regulere de enkelte parametre. Det er derved muligt at få en beregning af overfladeafstrømningen for hvert enkelt opland baseret på de parametre, der er indeholdt i sættet som er forbundet med oplandet.

I første omgang, giver Mike Urban en standard parameterindstilling for hver af modellerne, men hvor det er muligt at oprette et vilkårligt antal parametresæt under brugerdefinerede navne.

Valg af afstrømningsmodel

Overflademodel A baserer sig på Tid-Areal metoden, hvor den fysiske struktur er bygget op så hvert befæstet areal er koblet til en brønd. Modelparametrene er den hydrologiske reduktionsfaktor, initialtab, tid-arealkurve og koncentrationstiden på oplandene.

Overfladehastigheden regnes konstant, så længe koncentrationstiden er konstant.

Overflademodel B og C er baseret på mere avanceret hydrologi, hvor overfladehastigheden afhænger af vanddybden og derfor ikke er konstant.

Overflademodel B og C er mere realistiske modeller af virkeligheden end Overflademodel A, men kræver til gengæld også flere data- og parameteroplysninger. Overflade model A er desuden den mest anvendte i praksis og samtidig mere simpel at opbygge, hvorfor den anvendes i projektet.

Tid-areal metoden

I det følgende redegøres for princippet i Model A, tid-areal metoden. Ved anvendelse af tid-areal metoden afhænger afstrømningsmængden af initialtabet på afstrømningsfladen, størrelsen på de arealer der bidrager til afstrømningen, samt en hydrologiske reduktionsfaktor der angiver den del af nedbøren som når frem til afløbssystemet. Formen på afstrømningshydrografen for et opland afhænger af koncentrationstiden og en tidareal-kurve der vælges ud fra oplandets form.

De *model specifikke* data til tid-areal metoden rummer kun oplysninger om den procentvise del af oplande der vil bidrage til afstrømningen. I Mike Urban angives dette som en uigennemtrængelighed for hvert opland, hvor nul vil sige, at intet afløbsvand strømmer til afløbssystemet, og 100 vil sige at alt afløbsvand strømmer til afløbssystemet. Der skelnes i tid-areal metoden ikke imellem befæstelser med forskellig permeabilitet såsom grus, sf-sten eller fliser med brede fuger. Uigennemtrængeligheden bliver således kun beregnet på baggrund af, hvor stor en del af et opland der er henholdsvis helt permeabelt og helt impermeabelt.

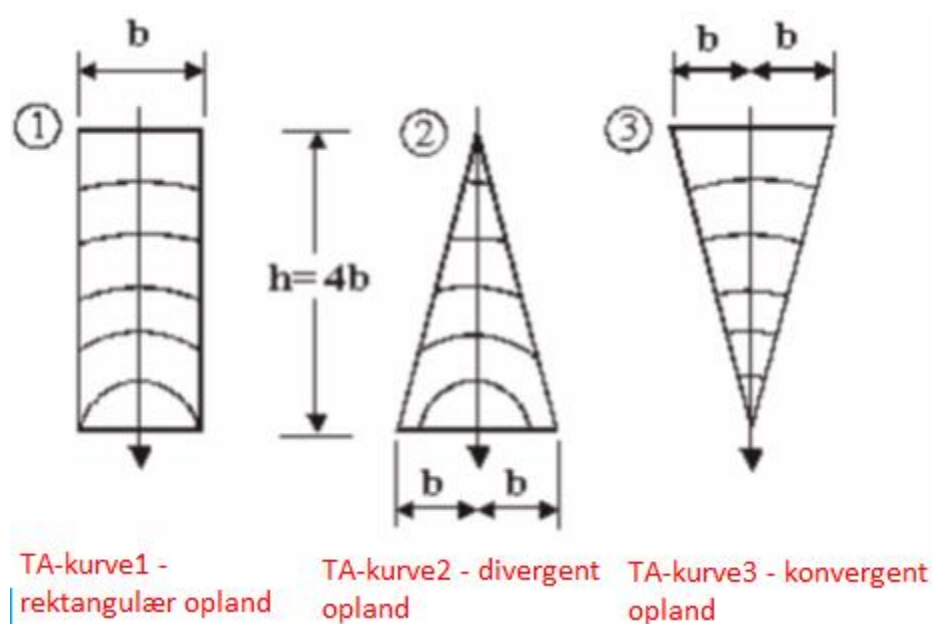
Modelparametrene i tid-areal metoden, angår de hydrologiske parametre der skal inddateres som tidligere nævnt er *initialtal*, *hydrologisk reduktionsfaktor* og *koncentrationstiden* samt hvilken *tid-arealkurve* der ønske benyttet.

Initialtabet definerer den nedbørsdybde, [m], der går til at befugte overfladen inden selve overfladeafstrømningen begynder, hvor standardværdien i Mike Urban er 0,0006 m.

Den hydrologisk reduktionsfaktor tager hensyn til, at ikke alt vand der falder på befæstede arealer nødvendigvis når frem til afløbssystemet, hvor standardværdi i Mike Urban er 0,9.

Koncentrations-tiden definerer den tid, som det tager for afløbsstrømmen på overfladen, at nå fra den fjerneste del af oplandet til udstrømningspunktet, hvor standardværdien er i Mike Urban sat til 7 min.

Angående tid-arealkurver, kan der i vælges mellem tre foruddefinerede typer af tid - areal kurver, til anvendelse i afstrømningsberegningerne, se Figur 6.



Figur 6: Standardmuligheder for valg af tid-arealkurver i MOUSE.

I dette projekt er tid-arealkurven for et rektangulært opland valgt, da denne, på nær et par enkelte afvigere mellem deloplandene, blev fundet mest passende. Havde man haft at gøre med et opland, hvor det ikke var muligt at tilnærme til en af standardkurverne, ville det være muligt at angive en bruger defineret tid-arealkurve.

Afstrømningsberegningerne

For at kunne udføre afstrømningsberegningerne for et opland, diskretiseres den kontinuerlige afstrømningsproces i tiden af de beregningsmæssige tidsskridt Δt . Diskretiseringen består hovedsagelig i at opdele den fysiske model i mange beregningsceller, der samlet kaldes det numeriske net.

Under antagelse af konstant afstrømningshastighed, foretager Mouse inddelingen af beregningsceller ud fra koncentrationstiden og det valgte tidsskridt for beregningerne:

$$n = \frac{t_c}{\Delta t}$$

Hvor

n er antallet af beregningsceller

t_c er koncentrationstiden

Δt er det valgte tidsskridt i den aktuelle simulering

MOUSE beregner herefter arealet af hver beregningscelle ud fra den valgte tid-arealkurve.

Afstrømningen starter når regndybden har oversteget det for oplandet fastsatte initialtab.

Når afstrømningen er begyndt, vil et stigende volumen fra en betragtet celle, til hvert tidsskridt bevæge sig i nedstrøms retning. Selve volumenet i cellen beregnes ud fra tilstrømningen fra den opstrøms beliggende celle, den aktuelle nedbør i den betragtede celle (multipliseret med cellens areal), og udstrømningen til den nedstrøms celle. Afstrømningen fra den mest nedstrøms beliggende celle bliver så den resulterende overfladeafstrømningshydrograf for oplandet.

4.2 Rørmodellen i MOUSE¹⁴

I dette afsnit omtales rørmodellen og ligningerne som ligger til grund for rørstrømningsberegningerne.

Rørmodellen i Mike Urban er et værktøj til at simulere ikke stationære strømninger i rørssystemer, hvor afløbsvandet i systemet varierer mellem at være under tryk og løbe med frit vandspejl, hvilket ofte vil forekomme under ekstreme regnskyl.

Beregningerne er baseret på numerisk løsning af, de fra hydraulikken velkendte, endimensionale strømningsligninger – Saint Vernant ligningerne. Rørmodellen kan i kraft af en implementeret algoritme give effektive og præcise løsninger trods komplicerede rørssystemer. Algoritmen rummer beskrivelser for afløbsstrømme under tryk såvel som afløbsstrømme med frit vandspejl, hvilket muliggør en jævn og stabil overgang mellem de to strømtyper.

Saint Vernant ligningerne kan enten løses via brugerdefinerede eller automatisk leverede randbetingelser.

I rørmodellen kan der vælges mellem tre forskellige bølgeapproximationer til simulering af rørstrømningen:

- Kinematisk

¹⁴ MOUSE - PipeFlowReference

- Diffusiv
- Dynamisk

Fælles for bølgeapproximationerne er, at de alle er baseret på Saint-Venant ligningerne, der kommer af kontinuitetsligningen og impulsligningen, der ser ud som følger:

Kontinuitetsligningen:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

Impulsligningen:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha \frac{Q^2}{A})}{\partial x} + gA \frac{\partial y}{\partial x} = gA(I_0 - I_f)$$

hvor

Q er afløbsstrømmen i $\frac{m^3}{s}$

A er tværsnitsarealet af afløbsstrømmen i m^2

y er dybden af afløbsstrømmen i m

g er tyngdeaccelerationen i $\frac{m}{s^2}$

x er afstanden i strømningsretningen i m

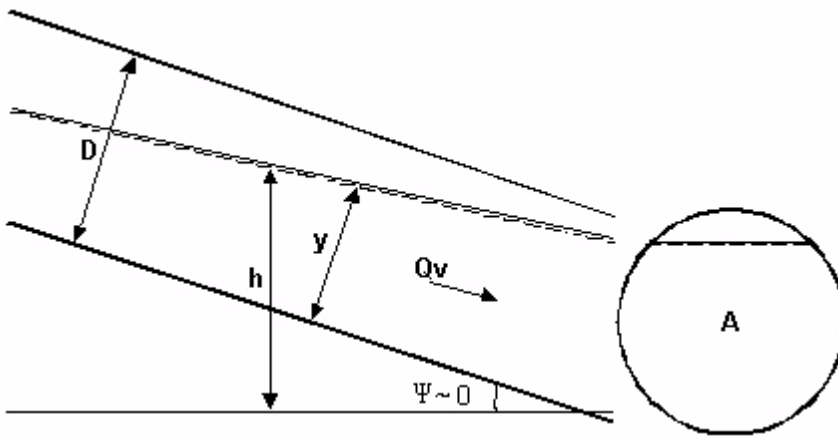
t er tiden i *sek*

α er hastighedsfordelingskoefficienten

I_0 er bundhældningen

I_f er friktionshældningen (analog med energilinjegradienten)

På Figur 7 ses en skitse af det system som Saint-Venant ligningerne beskriver.



Figur 7: Skitse af det system som Saint Venant ligningerne beskriver

Kontinuitetsligningen udtrykker at vandvolumenet som bliver tilført en ledningsstrækning med længden ∂x , vil svare til en forøgelse af det våde tværsnitsareal ∂A .

De første to led på venstre side i impuls-ligningen repræsenterer inertikræfterne, og det tredje led repræsenterer trykkkræfter. På højre side haves gravitations- og friktionskræfter.

Ved anvendelse af en kinematiske bølgeapproximation, er udgangspunktet en udæmpet bølge, og der udføres ikke beregninger på tilbagestuvning og trykstrømninger. Den diffusive bølgeapproximation er baseret på en dæmpet bølge, og i beregningerne medtages stuvning og trykstrømninger, men der ses bort fra hurtige accelerationer.

Den mest virkelighedstro rørstrømningsmodel fås ved anvendelse af den dynamiske bølgeapproximation, da der her medtages alle kræfter som påvirker rørstrømningen. Den dynamiske bølgeapproximation er derfor som udgangspunkt mere tidskrævende at simulere, da den indeholder flere beregninger pr. tidsstep. Dette forhold vil dog næppe være mærkbart ved simuleringer med en model af Oksbøls erhvervsområde, da det er et ganske lille område med relativt få ledningsstrækninger der analyseres.

Det anbefales at anvende den dynamiske bølgeapproximation med mindre det kan dokumenteres, at enten den kinematiske eller den diffusive bølgeapproximation vil være tilstrækkelig. Ydermere vil den dynamiske bølgeapproximation give den mest realistiske beregning af vandybder under hensyntagen til opstuvninger i systemet. Dette skyldes at den dynamiske bølgeapproximation medtager alle led i impuls-ligningen. I dette projekt anvendes derfor den dynamiske bølgeapproximation.

Når Mike Urban anvender Saint-Venant ligningerne, er det med de samme antagelser som ellers er gældende:

- Der er hydrostatisk trykfordeling

- Afløbsvandet er usammentrykkeligt og homogent, hvilket medfører at der kan ses bort variationer i densiteten
- Hældningen på en betragtet ledning er lille, hvorfor cosinus til vinklen mellem rørbund og vandret kan tilnærmes til 1. Dette medfører at vanddybden målt lodret er næsten den samme som målt langs normalen til ledningen
- Bølgelængderne er store sammenlignet med vanddybden, hvilket medfører at strømningsretningen overalt kan antages at være parallel med rørbunden
- Strømningen i ledningerne sker med frit vandspejl

Såfremt der haves korrekte begyndelses- og randbetingelser, vil løsning af ligningerne føre frem til bestemmelse af strømningsbetingelserne, herunder vanddybden og strømningshastigheden, i en betragtet ledning. Da analytisk løsning af de generelle strømningsligninger, udover at være uoverskueligt, kun er muligt i meget begrænset omfang, skal ligningerne løses ved hjælp af numeriske metoder.

Angående det forhold, at de opskrevne ligninger kun er gældende når afløbsvandet løber med frit vandspejl i ledningerne, er det dog muligt at generalisere ligningerne til også at gælde for ledninger under tryk. Dette gøres automatisk i Mike Urban, ved at der fra ledningens top laves en smal spalte op til terræn, og derefter en beregning af vandspejlets beliggenhed i denne spalte. Spalten laves så smal, at volumenet er uden betydning for beregningerne¹⁵. Dette fører til nogle modificeringer af impuls-ligningen som ikke vil blive nærmere beskrevet her.

5. Opbygning af dynamisk model

I dette afsnit beskrives opbygningen af den dynamiske model der anvendes i projektet. Anvendelsen af dynamiske modeller har sine fordele i, at det bliver muligt at simulere afstrømningsforløbet i et afløbssystem.

For at kunne opbygge en model, kræves der bl.a. kendskab til deloplande og deres befæstelsesgrad, dimensioner af ledningsnet samt den geometriske udformning af afløbssystemet. Der skal defineres en afstrømningsmodel og en rørmodel.

Det er under opbygningen af disse modeller vigtigt, at være omhyggelig med inddatering af de tilgængelige data, og ligeledes forholde sig kritisk hvis noget lyder usandsynligt. Ellers vil det resultere i eksempelvis en opstuvningsberegning, der ikke afspejler virkeligheden godt nok til, at den reelt kan bruges til at sige noget om, hvorvidt et afløbssystem lever op til funktionskravene eller ej.

5.1 Definition af afstrømningsmodel

Oplandsinddeling

¹⁵ Afløbsteknik side 115

Det er valgt at inddele projektoplandet i mindre deloplande svarende til de matrikulære grænser, hvor større matrikler dog er splittet op i to, se Figur 8. Ydermere er vejarealerne delt op nogenlunde svarende til bredden på omkringliggende matrikler. Dette er gjort med henblik på, at kunne regulere befæstelsesgraden inden for den enkelte matrikel og få en mere realistisk fordeling mht. deloplandenes tilslutning til afløbssystemets brønde. Til optegning af deloplandene anvendtes Cowi-kort som blev importeret til AutoCad. AutoCad-filen er herefter transformeret til en shapefil, der er brugbar til direkte til indlæsning i Mike Urban modellen.



Figur 8: Viser oplandets inddeling i deloplande – i Mike Urban kaldet catchments.

Bestemmelse af befæstede arealer

Grundet det betragtede oplands begrænsede størrelse, er det valgt at optegne de befæstede arealer og tagarealer i AutoCad, som de aktuelt ser ud med henblik på fastsættelse af en rimelig nøjagtig befæstelsesgrad, se Figur 9 og Figur 10. Til hjælp herfor importeredes et Cowi-kort over oplandet, hvorefter befæstede arealer og tagarealer blev optegnet. Optegningen af befæstede arealer er foretaget med den forsimpning, at der ikke blev skelnet mellem overflader af forskellig karakter som eksempelvis asfalt og fliser med brede fuger. Alle befæstede arealer blev altså tegnet under et og inddateret som impermeable.

AutoCad-filerne blev herefter transformeret til shapefiler, der sammen med shapefilen for oplandsinddelingen blev importeret til Mike Urban, hvorefter programmet kunne udregne befæstelsesgrader for hvert enkelt delopland.



Figur 9: Viser optegning af oplandets befæstede arealer.



Figur 10: Viser tagarealer i oplandet.

Besigtigelse af oplandet

Efter simuleringer på den indledende model med genbrugspladsens afledning som den er i dag, blev der observeret voldsomme opstuvninger til terræn i de fleste brønde i oplandet. Da de tilgængelige driftsoplysninger, angav, at der ikke kendtes til opstuvninger i området, blev det følgende konstateret, at modellen ikke kunne afspejle virkeligheden.

Herefter blev der foretaget en besigtigelse af oplandet, med henblik på en eventuel manuel regulering af befæstelsesgrader for de enkelte matrikler beregnet i Mike Urban.

Omfanget af besigtigelsen blev begrænset til de matrikler, der efter skøn ville kunne yde et væsentligt bidrag til regnvandsafstrømningen, dvs. matrikler af betydelig størrelse. Efter samtale med borgere tilknyttet de enkelte matrikler samt lokalisering af nedløbsbrønde og terrænhældning gav følgende forhold anledning til manuel regulering af befæstelsesgraden i Mike Urban:

- Lokal afledning regnvand, her nedsivning i faskiner på egen matrikel, hvilket medfører at der ikke bidrages med regnvandsafstrømning til det offentlige afløbssystem.
- P-areal der ud fra Cowi-kort synes som overflade af asfalt, viste sig at have overflade af grus. Gruspladser har normalt en afløbskoefficient på 0,3-0,2¹⁶, men her var gruspladsen omkranset af en høj kantsten og ydermere fandtes der græsarealer omkring kantstenen. Derfor blev det vurderet usandsynligt at gruspladsen ville bidrage til afstrømningen. Baggrunden for denne vurdering er oplysninger fra brugerne af pladsen, der kunne fortælle at der under kraftig regn kommer mindre "vandpytter" på p-pladsen som efterhånden nedsiver.
- Områder på matrikler hvor der ikke fandtes nedløbsbrønde og samtidig visuelt tydelig terrænhældning i modsat retning af nedløbsbrønde tilhørende det offentlige kloaksystem. Dette angår særligt matrikler langs den sydlige grænse af oplandet, der for manges vedkommende har fald mod grøft ved jernbanen syd for oplandet. Ved disse matrikler antages, at kun tagvand fra bygninger og overfladevand fra belægning med nedløbsbrønde bidrager til det offentlige afløbssystem.
- Vejarealer langs den nordlige kant af oplandet viste sig at afvande til grøft.

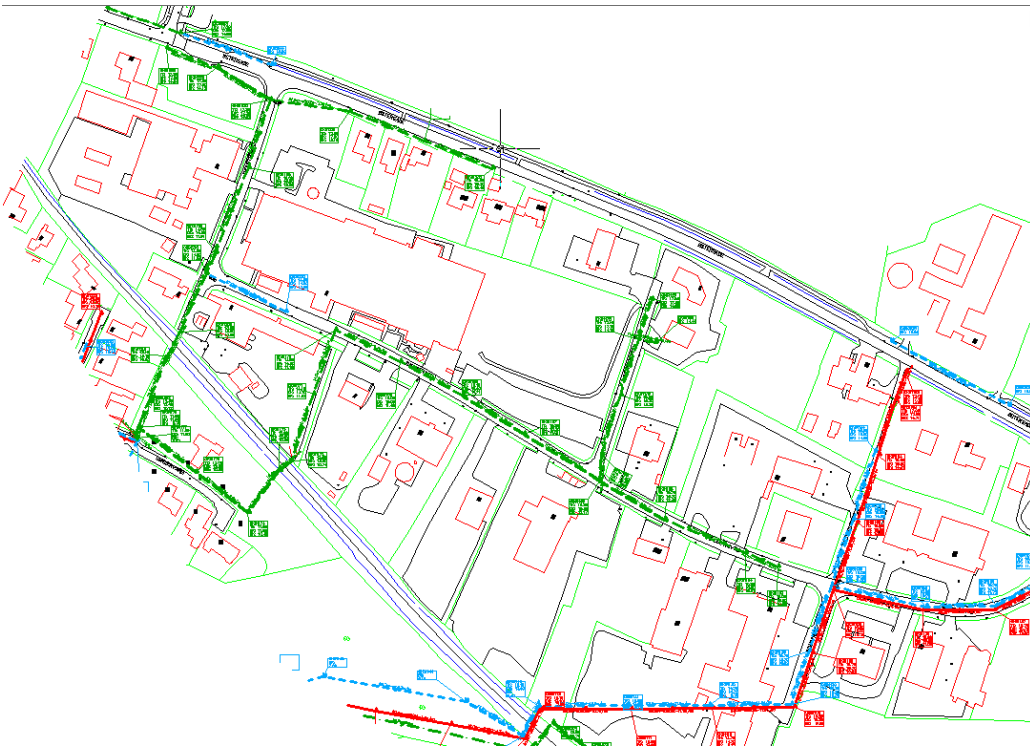
Efter besigtigelsen blev der ved manuelle beregninger bestemt nye befæstelsesgrader til input til modellen.

5.2 Definition af rørmodel

Mike Urban indeholder et generelt rørstrømningsmodul med mulighed for håndtering af en lang række data og parametre vedrørende ledningssystemet. Generelt gælder det, at jo mere kompleks en model er, jo flere parametre og data skal der bestemmes og inddateres, hvorved sandsynligheden for at lave fejl øges markant.

Ledningsoplysninger til opbygning af en rørmodel til dette projekt er rekvireret hos Varde Forsyning, og kan ses på Figur 11.

¹⁶ Afløbsteknik side 98



Figur 11: Ledningsoplysninger for projektområdet udleveret af Varde forsyning.

Ledningsoplysningerne er vurderet intakte, da der ikke er registreret mangler af nogen art. Følgende oplysninger om brønde og ledninger er tilføjet rørmodellen:

Brønde

- Placering
- Dimension
- Terrænkoter
- Bundkoter

Ledninger

- Placering
- Dimension
- Længde
- Fald
- Udløbskote
- Indløbskote
- Ruhed sat til 1,5 svarende til et manningstal på 75

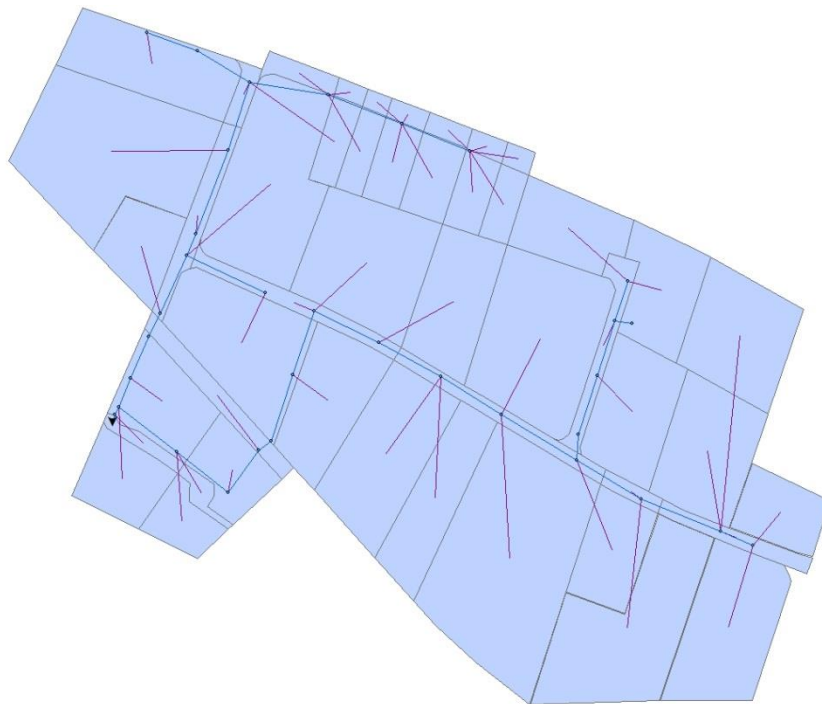
Der kan ses en større tegning af Figur 11 i bilag 3.

5.3 Anvendte modeller

I projektet simuleres der på to forskellige modeller. En for de eksisterende forhold og en for de fremtidige forhold.

5.3.1 Oplandsinddeling og rørmodel for eksisterende forhold – Model 1

Med oplandsinddeling og rørmodel på plads i Mike Urban, skal de enkelte deloplande tilsluttes en brønd. Oplandsinddeling og rørmodel samt, hvilke brønde de enkelte deloplande forudsættes at afstrømme til kan ses på Figur 12. Der kan ses en større model i bilag 4.

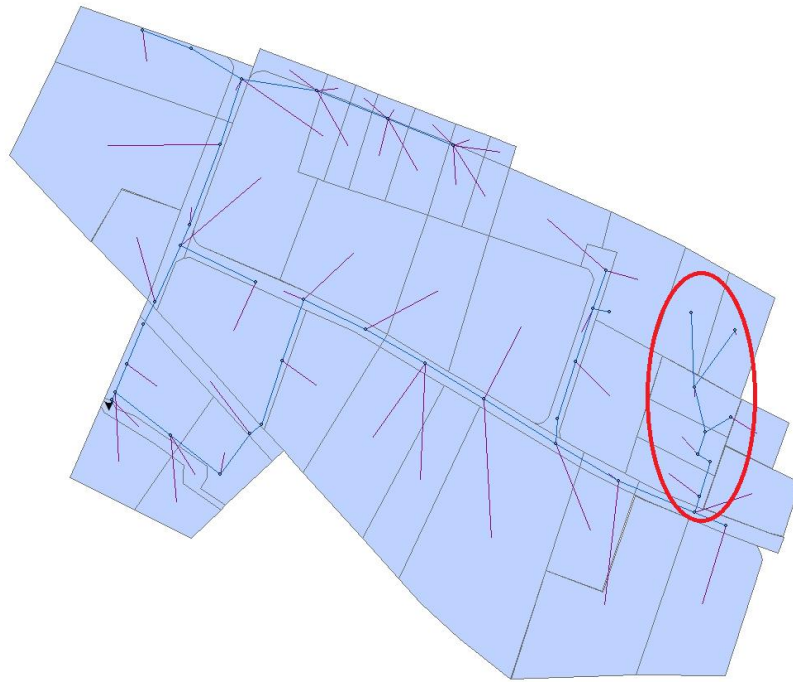


Figur 12: Viser oplandsinddeling og rørmodel samt, hvilke brønde de enkelte deloplande forudsættes at afstrømme til.

5.3.2 Oplandsinddeling og rørmodel for fremtidige forhold – Model 2

Udvidelsen af genbrugspladsen medfører, at der foretages en yderligere opdeling af oplandsarealet på pladsen. Dette gøres for at give en mere korrekt modellering af afstrømningen fra genbrugspladsen, da genbrugspladsen bliver mere befæstet.

Herudover er der tegnet en forsimplet rørmodel for genbrugspladsen, som tilnærmelse til det fremtidige afløbssystem internt på genbrugspladsen. Dette gøres for at simulere afløbsstrømmen fra genbrugspladsen til det offentlige kloaksystem. På Figur 13 ses de udførte ændringer af oplandsinddeling og rørmodellen på genbrugspladsen. Der kan ses en større model i bilag 5.



Figur 13: Viser modellen for fremtidige forhold, hvor ændringer af oplandsinddeling og rørmodel på genbrugspladsen er omkranset med rødt.

5.4 Anvendte regndata

Som forklaret i afsnit 3.1, er det fundet passende at udføre beregningerne på beregningsniveau 2, hvilket medfører at der skal anvendes CDS¹⁷-regn. CDS-regn er konstruerede syntetiske ekstremhændelser for en på forhånd valgt gentagelsesperiode.

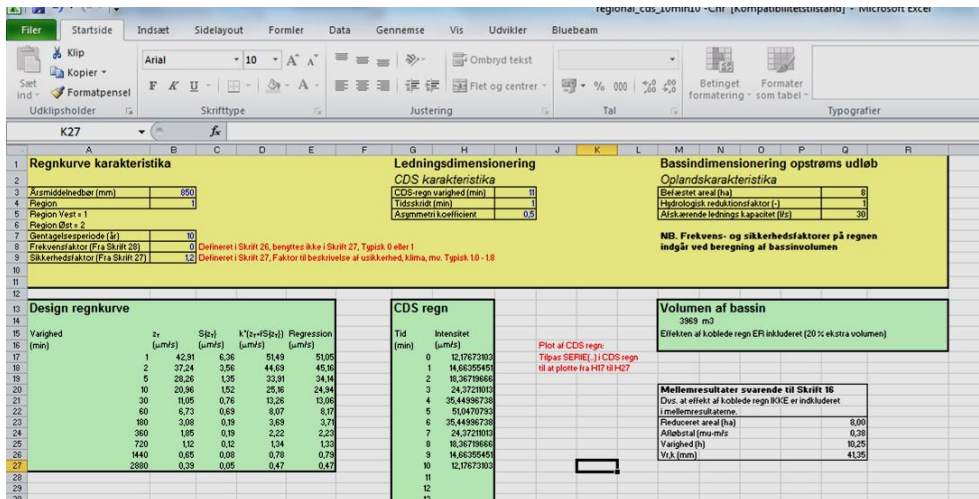
Hver enkelt CDS-regn indeholder for den valgte gentagelsesperiode information om maksimale middelintensiteter for et interval af varigheder. Herved samles information fra en hel regnkurve i en enkelt dimensioneringsregn, hvor det antages at den skadevoldende effekt har samme gentagelsesperiode som regnen.¹⁸

Herunder på Figur 14 ses et excel-regneark udarbejdet af spildevandskomiteen.

Herved er det let og hurtigt at generere forskellige regn til brug på den dynamiske model. Der skal indtastes årsmiddelnedbør og region, hvilket er givet ud fra projektområdets geografiske beliggenhed. Herudover er det gentagelsesperiode, sikkerhedsfaktor, varighed af regn, tidskridt, asymmetrikoeficient, som vælges med baggrund i Spildevandsplanens retningslinjer.

¹⁷ CDS: Chicago Design Storm

¹⁸ Afløbstechnik side 84



Figur 14: Spildevandskomiteens excel-regneark der håndterer den statistiske behandling ved generering af CDS-regn.

Der anvendes et regnscenarie i projektet og i Tabel 5 ses de anvendte værdier for scenariet.

Regnkurve karakteristika		CDS karakteristika	
Årsmiddelnedbør:	850 mm	Regn varighed:	120 min
Gentagelsesperiode:	10 år	Tidsskridt:	1 min
Sikkerhedsfaktor regnhændelse:	1	Assymetrikoefficient:	0,5

Tabel 5: Scenarie til beregning af opstuvninger over terræn

Excel-arket med det anvendte regnscenarie kan ses i bilag 6.

6. Tolkning og vurdering af simuleringresultater

I de følgende afsnit tolkes og vurderes der på beregningsresultaterne, der er fremkommet ved simulering af en 10-års regnhændelse på modeller over Oksbøls erhvervsområde. Der simuleres, som beskrevet i afsnit 5.3, på to modeller, Model 1 med afledningen som den er i dag, og Model 2 med afledningen som den vil blive i fremtiden når Oksbøl genbrugsplads er udvidet.

På Model 1 laves der tre simuleringer:

1. En hvor den hydrologiske reduktionsfaktor er 0,8 som angivet i spildevandsplanen
2. En hvor der justeres på den hydrologiske reduktionsfaktor
3. En hvor befæstelsesgraden ændres til max 30 % på alle matrikler som foreskrevet i Spildevandsplanen

På Model 2 laves der to simuleringer:

1. En hvor der udledes uden forsinkelse fra genbrugspladsen
2. En hvor der modelleres et forsinkelsesbassin på genbrugspladsen

Herudover ses der på overløbsmængden i det tilknyttede overløbsbygværk.

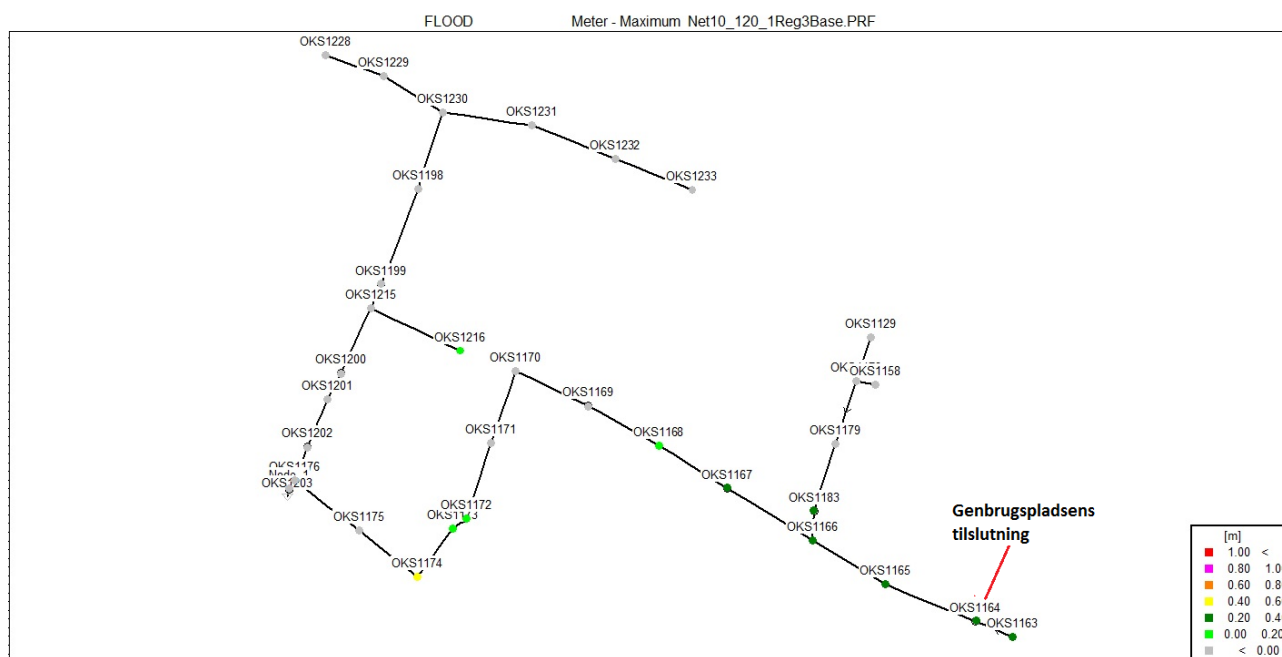
Gentagelsesperioden for fællessystemer er som tidligere beskrevet 10 år for opstuvning til terræn, for at funktionskravet er overholdt. Funktionskravet er som nævnt kun gældende for nye og fornyede kloaksystemer, men anvendes dog alligevel til vurdering af det eksisterende kloaksystems funktion.

6.1 Vurdering af den nuværende funktion – Model 1

I dette afsnit ses der på den nuværende funktion af det fælleskloakerede afløbssystem i Oksbøls erhvervsområde. Som beskrevet i afsnit 2, er der både tilkøbet parceller og industrigrunde til afløbssystemet. En mangelfuld funktion af afløbssystemet i form af kraftige opstuvninger over terræn, vil medføre risiko for skade på ejendommene i oplandet. Ydermere vil fællesvandet, pga. indholdet af opspædet spildevand, udgøre en sundhedsrisiko for borgerne i området.

Model 1 - 1. Simulering med hydrologisk reduktionsfaktor på 0,8

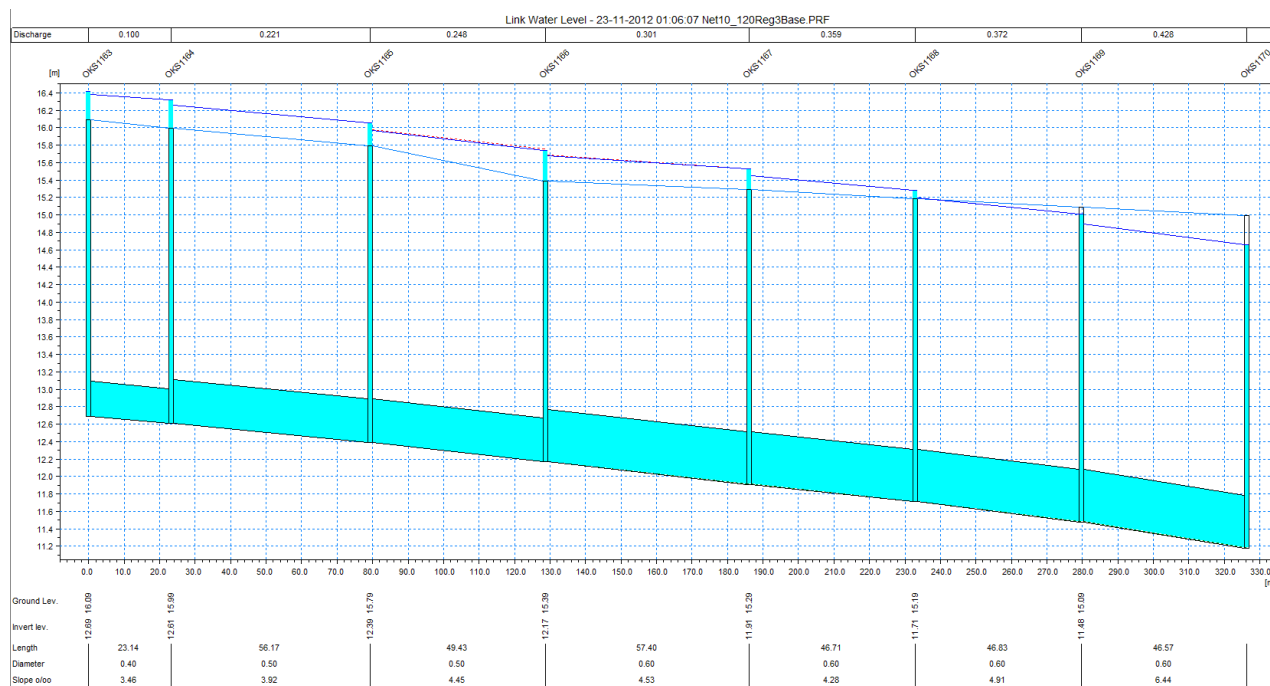
Med udgangspunkt i det anvendte regnsценarie for gentagelsesperiode på 10 år og 120 minutters varighed af regnen findes følgende opstuvninger til terræn, se Figur 15. Simuleringsvideo resultatrapport kan ses i bilag 7.



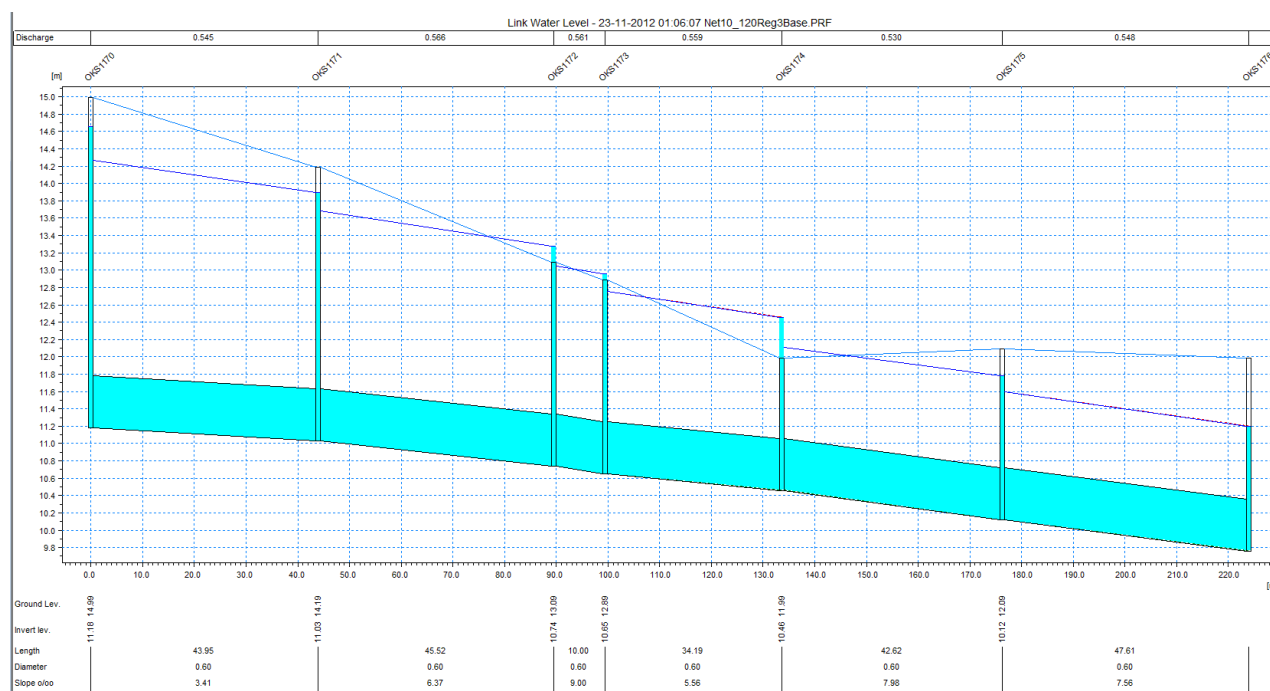
Figur 15: Opstuvninger over terræn for gentagelsesperiode på 10 år for eksisterende forhold og hydrologisk reduktionsfaktor på 0,8

Ved simuleringen kan det konstateres, at der er 11 brønde der stuer op over kritisk kote. Det ses at hovedparten af opstuvningerne sker på strækning OSK1176 - OKS1163, hvor genbrugspladsen er tilsluttet

Af Figur 16 og Figur 17 ses længdeprofiler for ledningsstrækningen.



Figur 16: Længdeprofil der viser de kritiske opstuvninger i brønde for ledningsstrækning OKS1163 - OKS1170 under eksisterende forhold med hydrologisk reduktionsfaktor 0,8.



Figur 17: Længdeprofil der viser de kritiske opstuvninger i brønde for ledningsstrækning OKS1170 - OKS1176 under eksisterende forhold med hydrologisk reduktionsfaktor 0,8.

Tabel 6 fremgår størrelsen på opstuvningerne i de enkelte brønde.

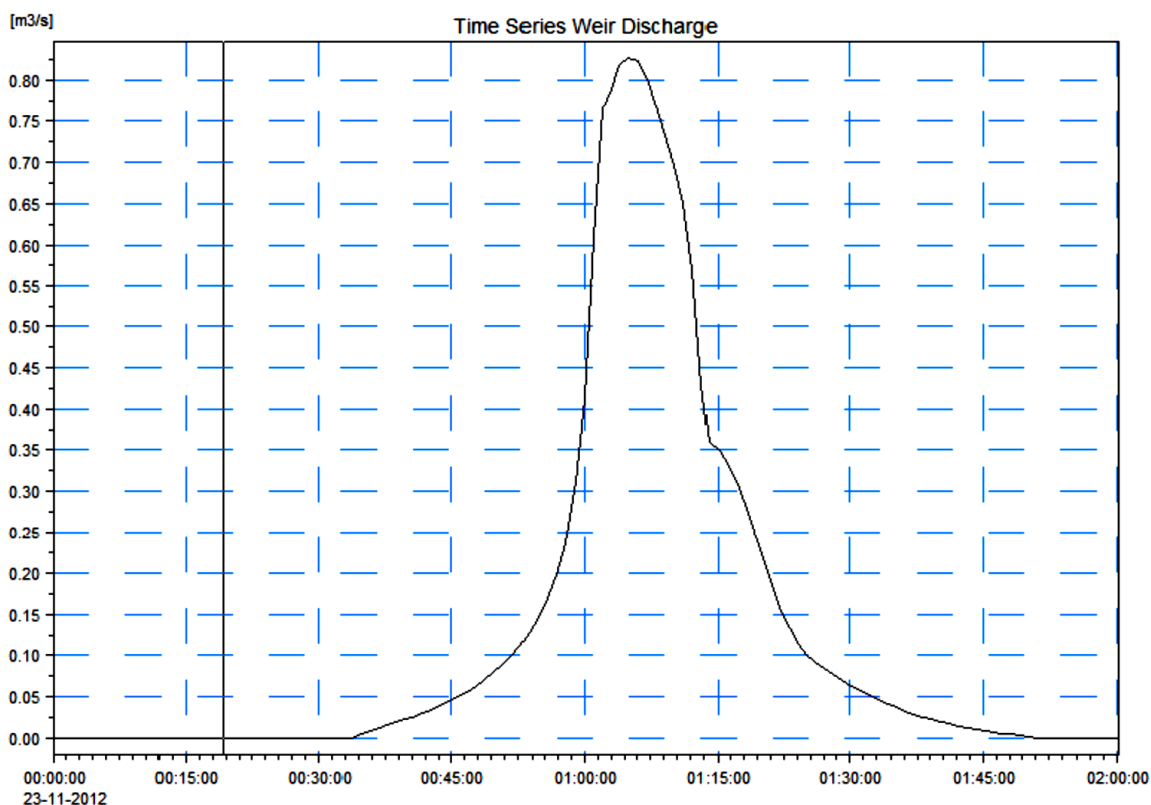
Brønd betegnelse	Oks 1163	Oks 1164	Oks 1165	Oks 1166	Oks 1183	Oks 1167	Oks 1168	Oks 1172	Oks 1173	Oks 1174	Oks 1216
Stuvning [m]	0,32	0,33	0,27	0,37	0,30	0,24	0,09	0,19	0,07	0,48	

Tabel 6: Viser størrelsen på de maksimale opstuvninger under eksisterende forhold med hydrologisk reduktionsfaktor 0,8.

De maksimale opstuvningerne ligger i størrelsesordenen ca. 7 – 48 cm. Det skal her nævnes, at størrelsen på hver opstuvning, angiver en opstuvning svarende til en cylinder af samme diameter som den pågældende brønd. Ved at betragte simuleringssvideoerne i Mike View ses det, at opstuvningerne generelt er ganske kortvarige.

Sat på en spids, kan afløbssystemet ikke overholde funktionskravene fastsat i spildevandsplanen. Opstuvningerne er dog ikke af sådan kraftighed, at de kan forventes at udrette skade på bygninger i oplandet. Med hensyn til sundhedsrisiko, vil opstuvninger over terræn med opspædet spildevand, hvor mennesker og dyrs færdes, altid være forbundet med sundhedsrisiko i større eller mindre grad.

Som beskrevet i afsnit 2.2, kommer fællesvandet fra erhvervsområdet i en Ø700 over til en Ø300 mm spildevandsledning i nabooplandet via et overløbsbygværk. Det er klart at dette vil medføre et betydeligt overløb ved en større regnhændelse som en 10-års regn. Overløbsflowet varierer betydeligt under regnhændelsen, hvilket fremgår af Figur 18.



Figur 18: Afløbshydrograf for overløbet ved Søndervangen under eksisterende forhold

Mike Urban beregner den maksimale overløbsstrøm og den akkumulerede overløbsmængde fra overløbsbygværket ved Søndervangen, og resultaterne ses af Tabel 7.

	Maksimum[m ³ /s]	Akkumuleret flow[m ³]
Overløb Søndervangen	0,828	937

Tabel 7: Den maksimale overløbsstrøm og den akkumulerede overløbsmængde under de eksisterende forhold.

Da de til rådighedsværende data omkring overløbsbygværket har været begrænsede og forbundet med usikkerhed, skal den beregnede overløbsmængde behandles kritisk. Eksempelvis har overløbskoefficienten indflydelse på afløbshydrografen, og overløbskoefficienten afhænger af overløbskantens udformning og placering, som er blandt de data der er usikkerhed på.

Det kan ikke umiddelbart ses af beregningerne, hvor meget det skal regne før bygværket går i overløb. Beregningerne kan anvendes til at konstatere om der i det hele taget kommer overløb ved en given regnhændelse. Man kunne dog have itereret sig frem til, hvilken regnhændelse der netop ville få bygværket til at gå i overløb.

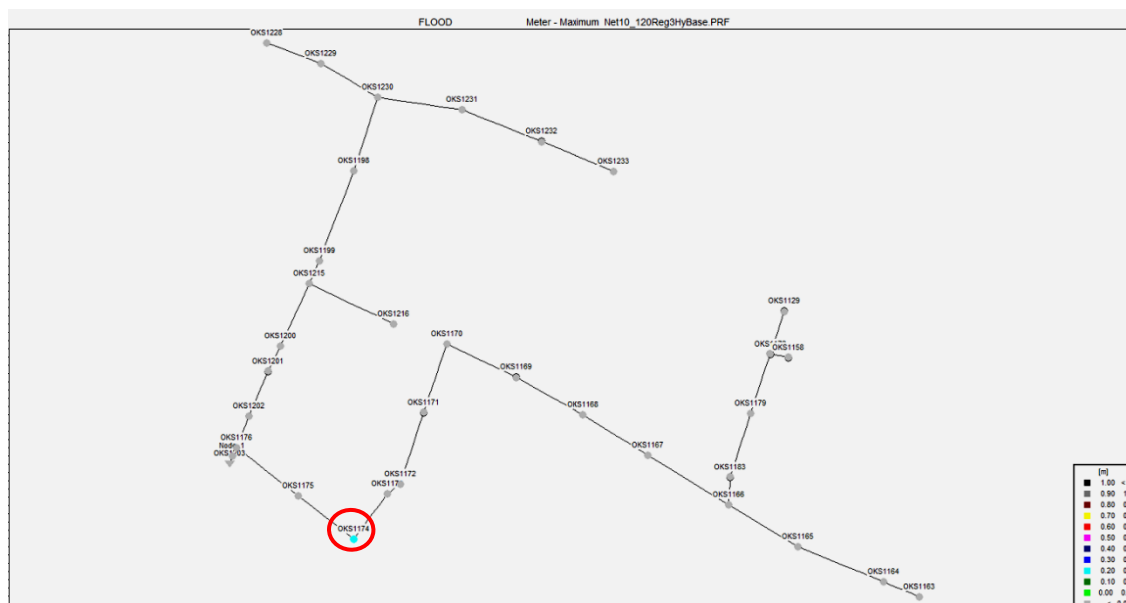
Hvis der skulle konkluderes noget mere specifikt omkring overløb fra bygværket, ville det være optimalt med en regnmåler placeret i oplandet og en flowmåler i overløbsbygværket.

Model 1 - 2. Simulering med reduceret hydrologisk reduktionsfaktor

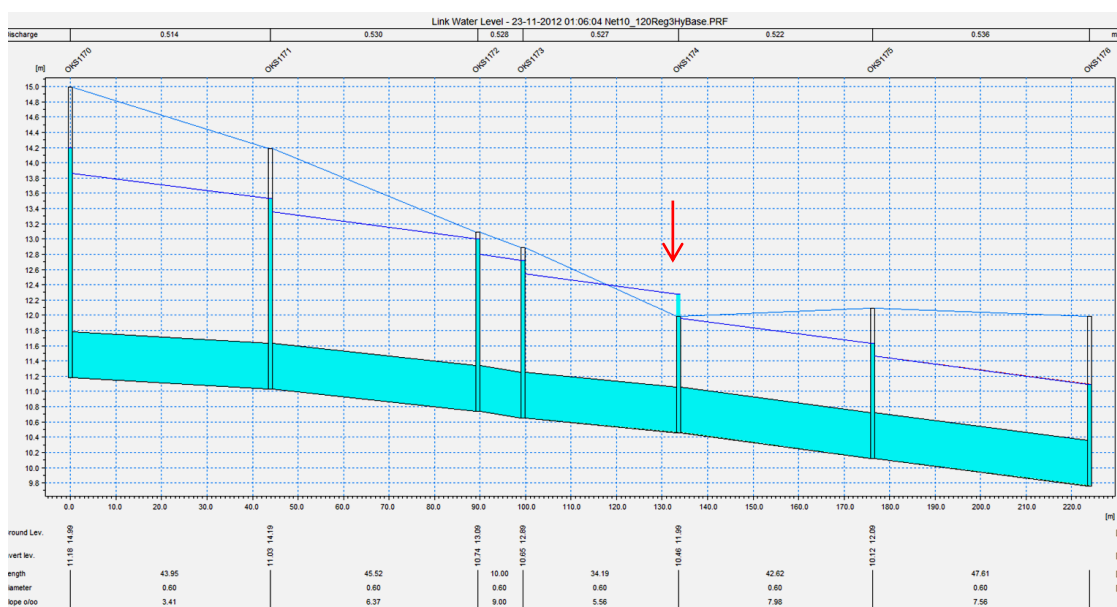
For at undersøge modellens følsomhed i forhold til den hydrologiske reduktionsfaktor, er det valgt at foretage en gennemregning, hvor der justeres på denne. Simuleringen af opstuvninger i ledningsnettet, fortages hvor reduktionsfaktoren er nedsat til 0,65. Dette gøres da gennemlæsning af projekter hvor Mike Urban modeller er kalibreret viser, at den hydrologiske reduktionsfaktor i mange tilfælde er lavere end de antagne 0,8 der er standard i SVK Skrift 27.

Gennemregningen med nedsat hydrologisk reduktionsfaktor viste, at modellen er meget følsom for regulering af denne. Ved anvendelse af samme regnscenarie med T=10, blev antallet af opstuvninger reduceret fra 11 til 1.

Af Figur 19 ses, at det kun er brønd OKS1174 der stuver op over terræn, og på Figur 20 ses længdeprofil af ledningsstrækningen. Her kan det aflæses at opstuvningen er på ca. 30 cm over terræn når den er på sit maksimale niveau. Simuleringsvideo resultatrapport kan ses i bilag 8.



Figur 19: Maksimale opstuvninger over terræn for gentagelsesperiode på 10 år for eksisterende forhold med hydrologisk reduktionsfaktor nedsat fra 0,8 til 0,65.



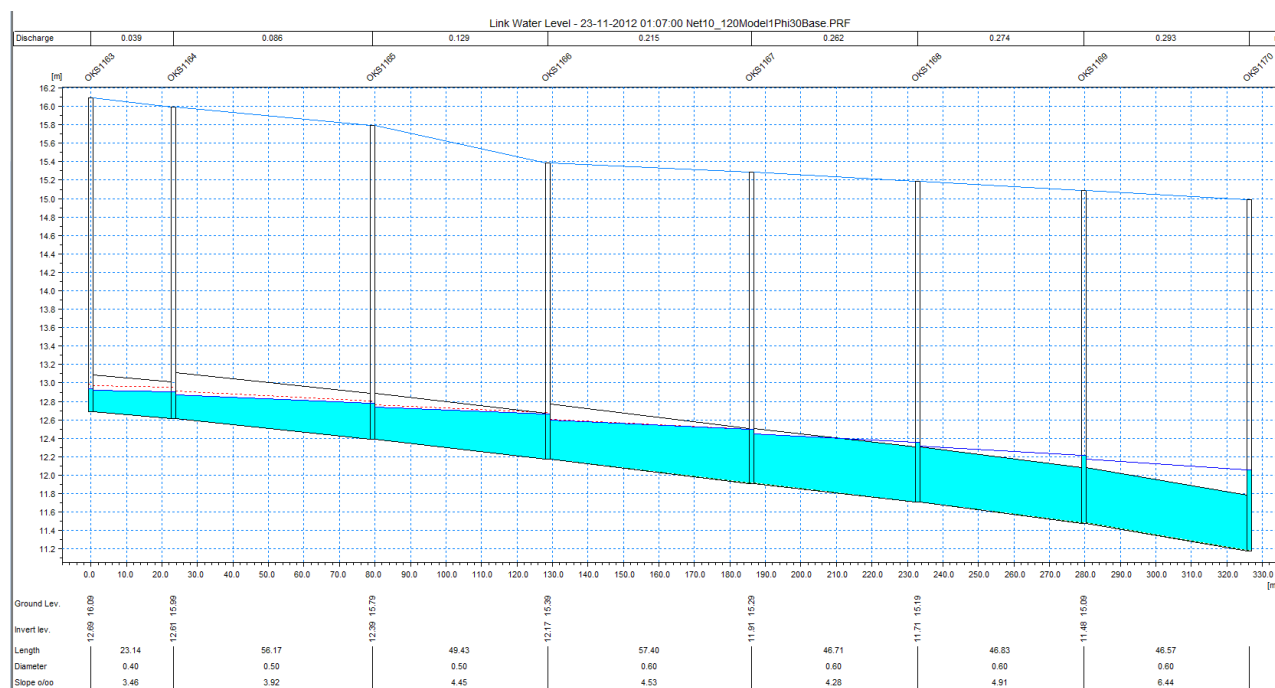
Figur 20: Længdeprofil der viser den kritiske opstuvning i brønd OKS1174 under eksisterende forhold med hydrologisk reduktionsfaktor 0,65.

Det ses ydermere på længdeprofilet at terrænet har en lavning ved brønd OKS1174, hvor ledningsdata fra Vardeforsyning angav terrænkoten til kote 11,99. Terrænkoten er følgende kontrolleret via højdedata fra Cowi-kort, der viste kote 12,20, hvorfor der må antages at være fejl i ledningsoplysningerne. De 21 cm medfører at opstuvningen reduceres til ca. 8 cm.

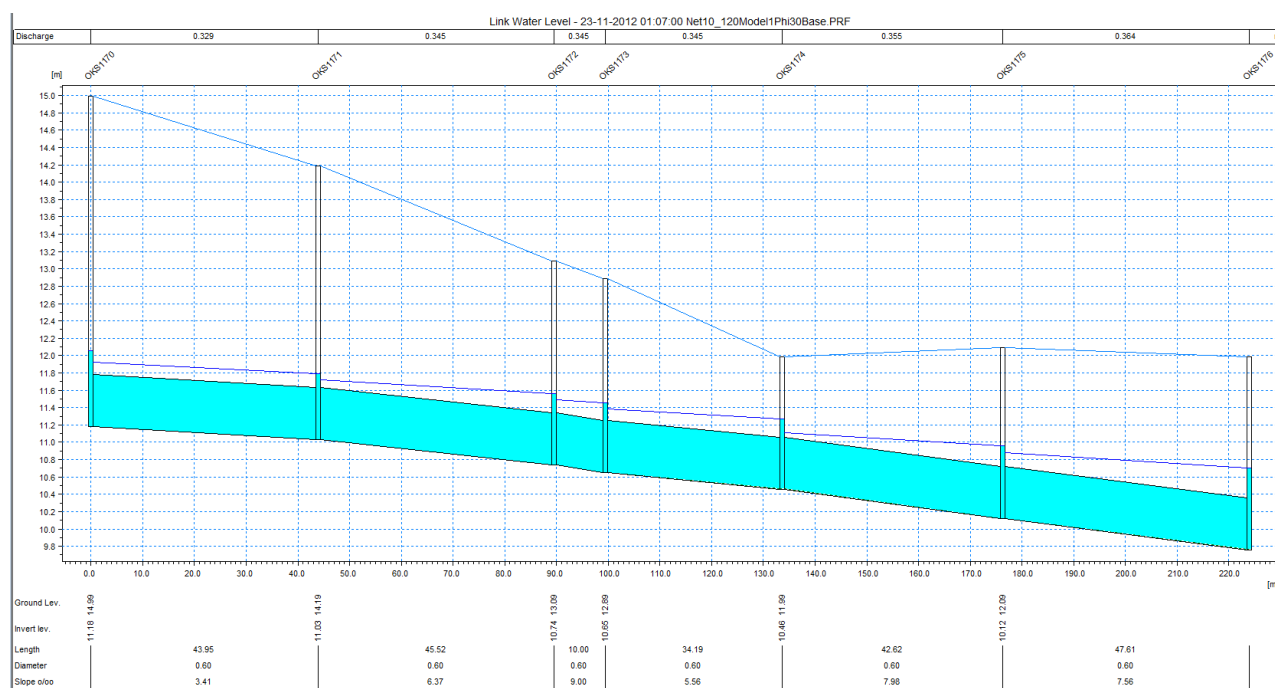
Model 1 - 3. Simulering med maksimal befæstelsesgrad på 30 %

Det er valgt at lave en simulering på Model 1, hvor den aktuelle befæstelsesgrad ændres til den maksimale befæstelsesgrad på 30 % som Varde Kommune foreskriver i Spildevandsplanen.

Herunder på Figur 21 og Figur 22 vises igen længdeprofiler for ledningsstrækning OKS1163 - OKS1170 og ledningsstrækning OKS1170 - OKS1176, så der er mulighed for sammenligning med resultaterne fra simuleringen med den aktuelle befæstelsesgrad. Simuleringens video resultatrapport kan ses i bilag 9.



Figur 21: Viser længdeprofil af ledningsstrækning OKS1163 - OKS1170, hvis den maksimale befæstelsesgrad var 30 %



Figur 22: Viser længdeprofil af ledningsstrækning OKS1170 - OKS1176, hvis den maksimale befæstelsesgrad var 30 %

Som det fremgår af længdeprofilerne, ville der ikke komme opstuvninger til kritisk kote ved en afstrømning til afløbssystemet hidrørende fra en maksimalbefæstelsesgrad på 30 %. Der forekommer en smule opstuvning i de fleste af brøndene, men dette er i orden så længe det kritiske niveau ikke overstiges. Således ville funktionskravet til afløbssystemet være overholdt, såfremt alle brugere af afløbssystemet sørgede for at forsinke eller nedsive overfladevand hidrørende fra befæstede og bebyggede arealer ud over de foreskrevne 30 %.

6.1.1 Opsamling og diskussion af simuleringer på Model 1

Det anvendte regnscenarie er baseret på forudsætningerne i Varde Kommunes spildevandsplan. 1. Simulering på Model 1, hvor de eksisterende forhold var modelleret, viste 11 opstuvninger over kritisk kote af begrænset størrelse. Under forudsætning af at modellen er fuldstændig korrekt, vil det sige at funktionskravene til afløbssystemet ikke er overholdt.

Ved 2. simulering på Model 1 blev det bekræftet, hvor stor betydning den hydrologiske reduktionsfaktor har for modellen. Dette skyldes især, at der haves høje befæstelsesgrader på en betydelig del oplandet. Ved gennemregningen med en hydrologisk reduktionsfaktor på 0,65 viste simuleringen, at der kom en mindre opstuvning i en enkelt brønd. Hvis dette forhold sammenholdes med driftsoplysningerne om, at der ikke kendes til opstuvninger i området, tyder på at denne reduktionsfaktor er den rigtige. På den anden side er de 11 opstuvninger af så begrænset størrelse, at de ikke nødvendigvis er observeret og indmeldt til driftspersonalet.

Et andet interessant spørgsmål er, om der i hele taget har været en 10-årsregn i løbet af de år driftspersonalet angiver, at de ikke har kendskab til opstuvninger. Hvis der eksempelvis kun har været regnhændelser der er mindre end en 10-års regnhændelse i denne periode, kan det indikere at det er rimeligt med de 11 fundne opstuvninger i modellen. Det modsatte kunne selvfølgelig også være tilfældet.

Skulle man tvivlen om størrelse på den korrekte hydrologiske reduktionsfaktor til livs, ville det være nødvendigt at kalibrere modellen. En metode til dette er at sammenholde målinger af nedbør over oplandet med målinger af afløbsstrømmen i oplandets udløb. Herved vil modellen blive mere optimal i forhold til at simulere, hvor meget af regnen der reelt når frem til afløbssystemet.

Når det så er sagt, er det søgt at gøre modellen så præcis som muligt med hensyn til de befæstede arealer. Dette er gjort igennem optegning af de befæstede arealer i oplandet og besigtigelser af de enkelte matrikler. Størrelsen på de befæstede arealer har den største indflydelse på, hvor meget regn der kommer i afløbssystemet. Da der er gjort et omhyggeligt stykke arbejde men hensyn til fastsættelse af befæstelsesgraden for hvert opland på matrikelplan, vurderes det at selve afstrømningsmodellen er så præcis som den kan blive uden kalibrering. Ydermere er der som, nævnt i afsnit 3.2, anvendt en sikkerhedsfaktor for statistisk usikkerhed på 1,2. Denne faktor er ganget på de anvendte hydrologiske reduktionsfaktorer før inddatering i Mike Urban.

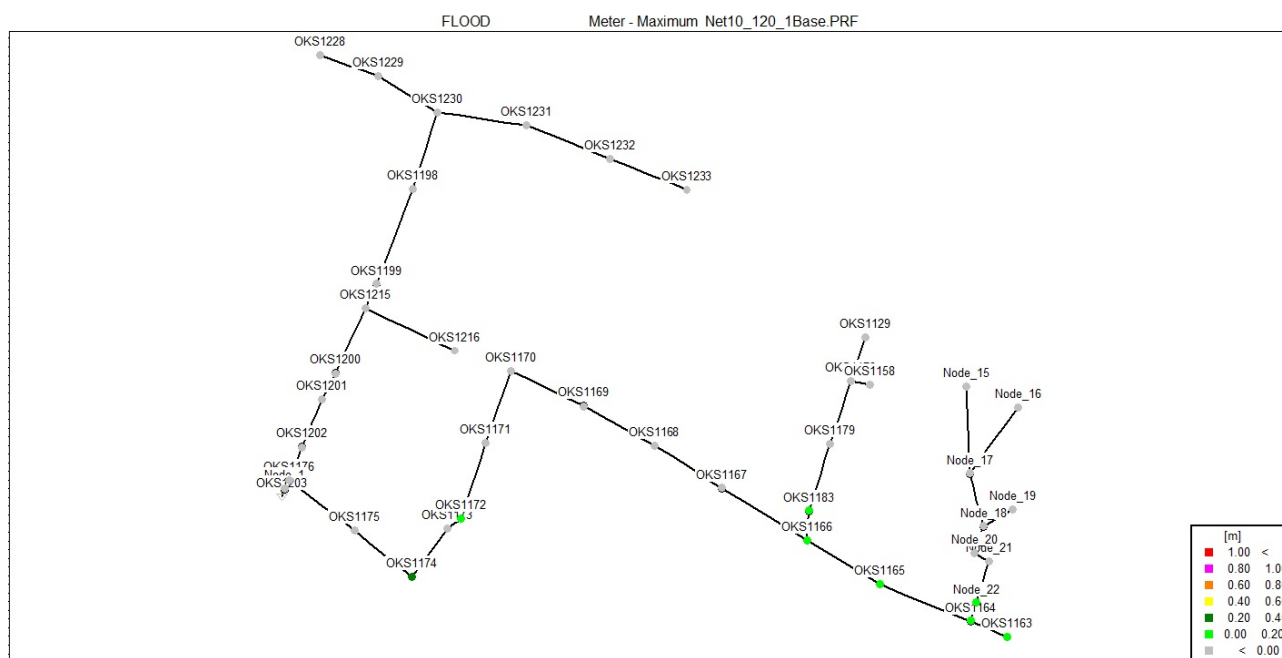
På baggrund af simuleringresultaterne og den ovenfor værende diskussion, anvendes den hydrologiske reduktionsfaktor reduceret til 0,65 i det videre modelarbejde.

6.2 Vurdering af den fremtidige funktion – Model 2

I dette afsnit ses der på den fremtidige funktion af det offentlige afløbssystem når Oksbøl genbrugsplads udvidet.

Model 2 - 1. Simulering uden forsinkelse med hydrologisk reduktionsfaktor på 0,65

Med udgangspunkt i det anvendte regnsценarie for gentagelsesperiode på 10 år og 120 minutters varighed af regnen findes følgende opstuvninger til terræn, se Figur 23. Simuleringsvideo resultatrapport kan ses i bilag 10.



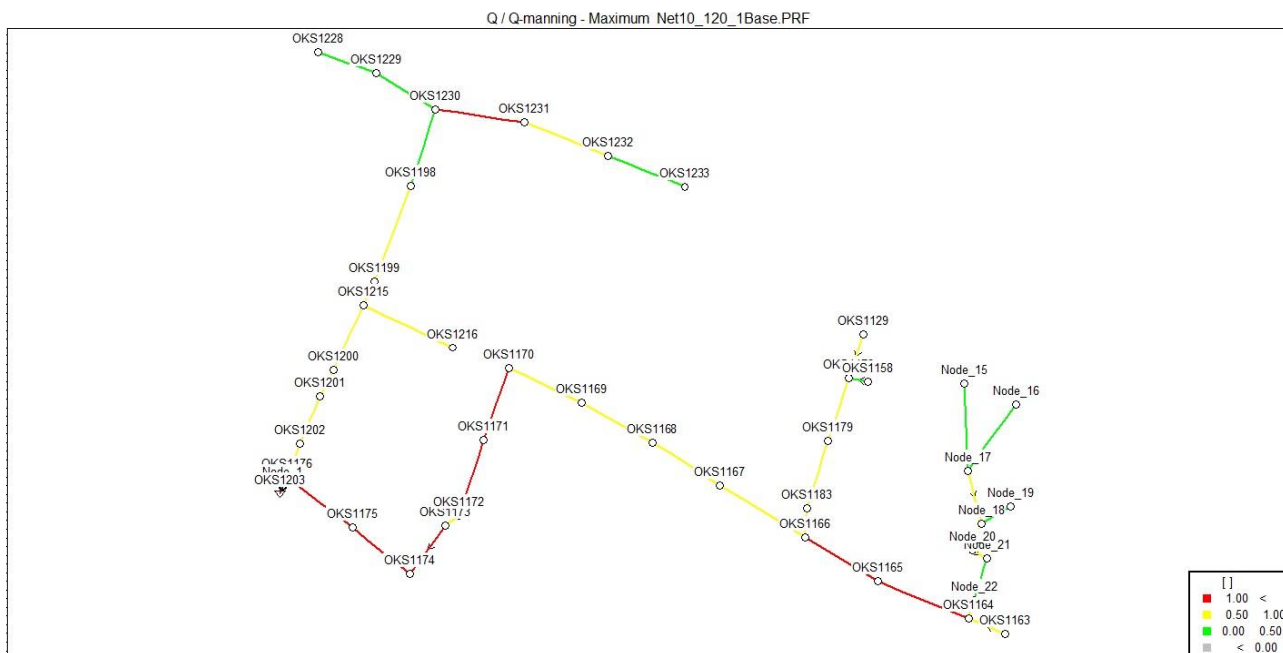
Figur 23: Opstuvninger over terræn for gentagelsesperiode på 10 år for fremtidige forhold uden forsinkelse og hydrologisk reduktionsfaktor på 0,65

Ved simuleringen kan det konstateres, at der er 8 brønde der stuver op over kritisk kote. Det ses at hovedparten af opstuvningerne sker på strækning OSK1176 - OKS1163, hvor genbrugspladsen er tilsluttet

Ledningskapaciteten Q_l i de enkelte ledningsstrækninger er bestemt af forholdet mellem den aktuelle vandstrøm til ledningen og ledningens maksimale teoretiske vandføring.

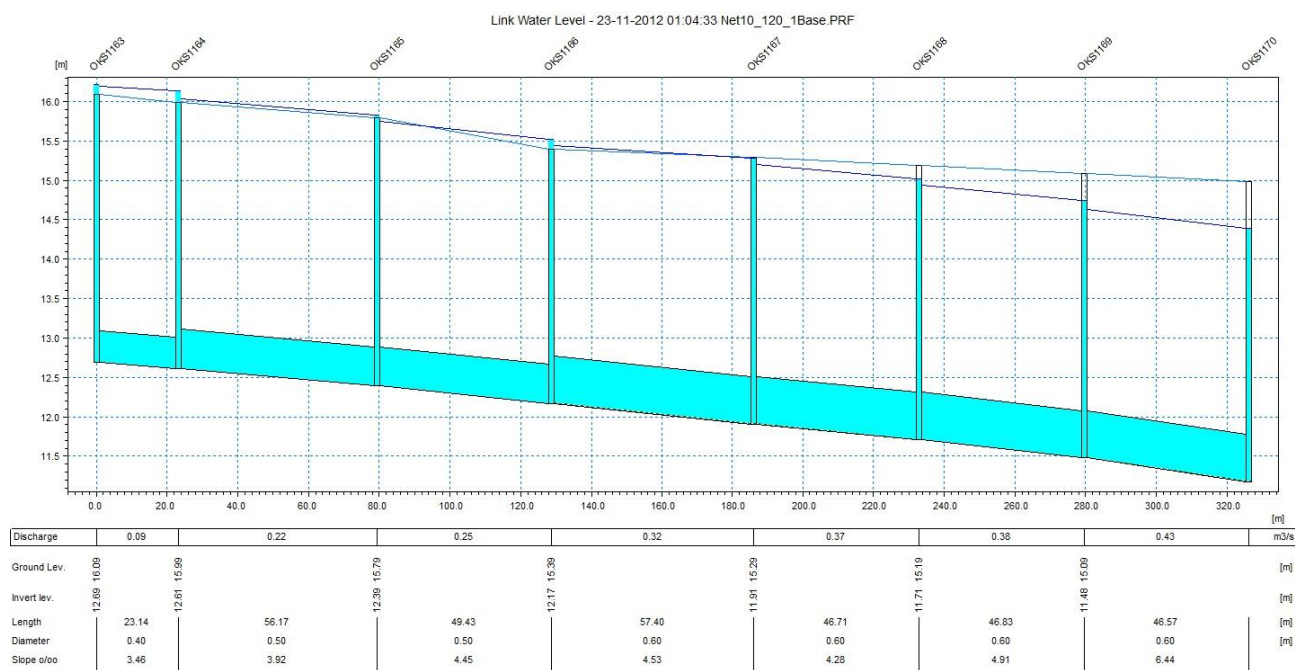
$$Q_l = \frac{Q}{Q_{manning}}$$

Ved $Q_l > 1$ er kapaciteten for den pågældene ledningstrækning overskredet og dette tilfældet for 8 ledningsstrækninger, se Figur 24.

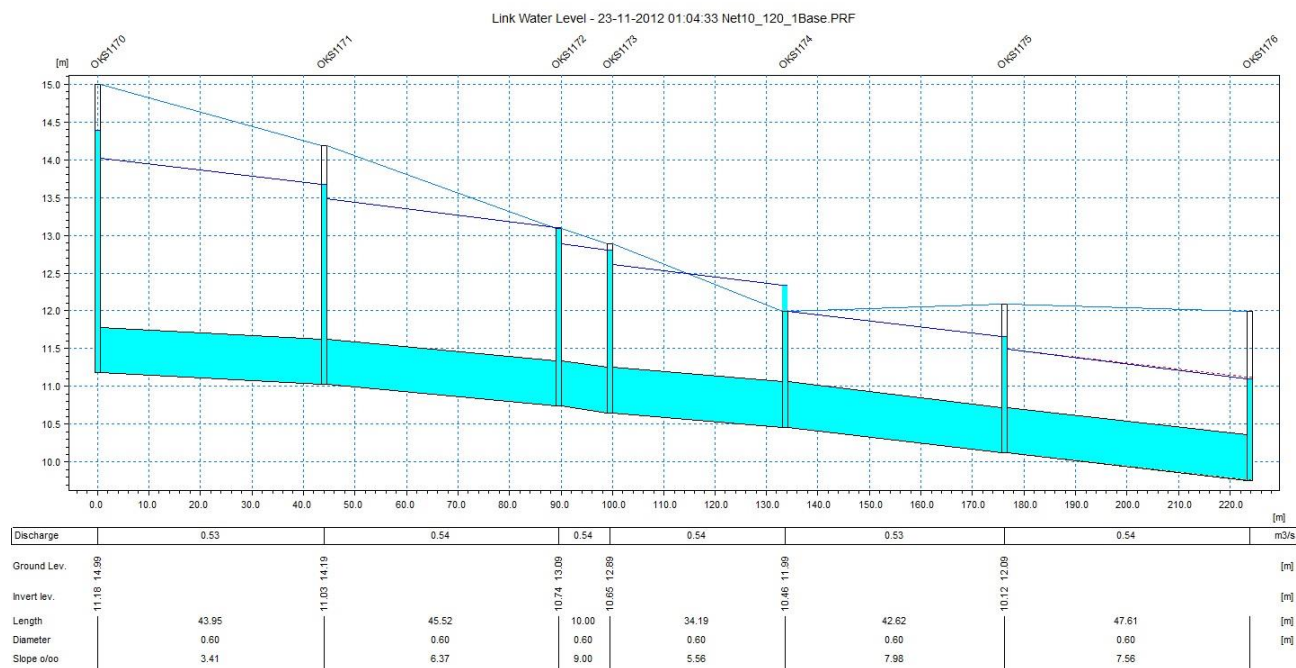


Figur 24: Undersøgelse af ledningskapaciteten. Strækninger hvor der opstår manglende kapacitet ses med rød farve.

Af Figur 25 og Figur 26 ses længdeprofiler for ledningsstrækningen.



Figur 25: Længdeprofil der viser de kritiske opstuvninger i brønde for ledningsstrækning OKS1163 - OKS1170 under fremtidige forhold uden forsinkelse med hydrologisk reduktionsfaktor 0,65.



Figur 26: Lændeprofil der viser de kritiske opstuvninger i brønde for ledningsstrækning OKS1170 - OKS1176 under fremtidige forhold uden forsinkelse med hydrologisk reduktionsfaktor 0,65.

Af Tabel 8 fremgår størrelsen på opstuvningerne i de enkelte brønde.

Brønd betegnelse	Node	Oks	Oks	Oks	Oks	Oks	Oks	Oks
	22	1163	1164	1165	1166	1183	1172	1174
Stuvning [m]	0,16	0,13	0,15	0,04	0,13	0,05	0,01	0,35

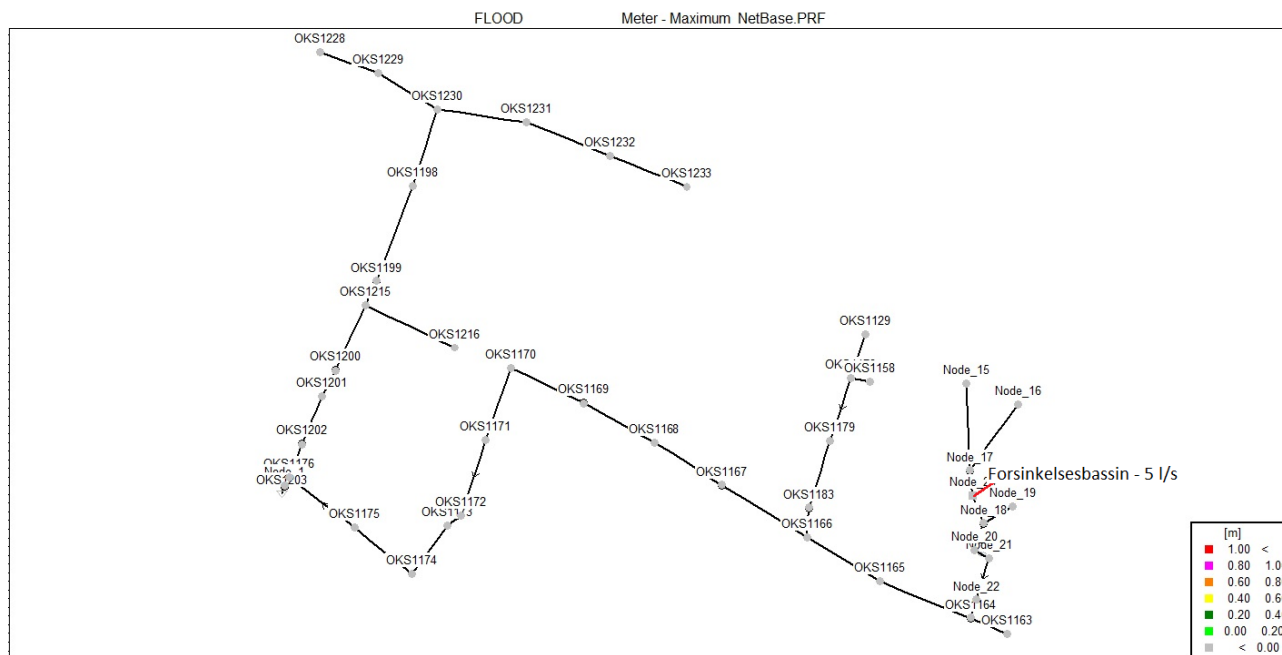
Tabel 8: Viser størrelsen på de maksimale opstuvninger under fremtidige forhold uden forsinkelse med hydrologisk reduktionsfaktor 0,65.

De maksimale opstuvningerne ligger i størrelsesordenen ca. 1 – 35 cm. Afløbssystemet kan ikke overholde funktionskravene fastsat i spildevandsplanen. Opstuvningerne er dog ikke af sådan kraftighed, at de kan forventes at udrette skade på bygninger i oplandet. Med hensyn til sundhedsrisiko, vil opstuvninger over terræn med opspædet spildevand, hvor mennesker og dyrs færdes, altid være forbundet med sundhedsrisiko i større eller mindre grad.

Det er nu vist at der bør forsinkes på genbrugspladsen når denne i fremtiden udvides.

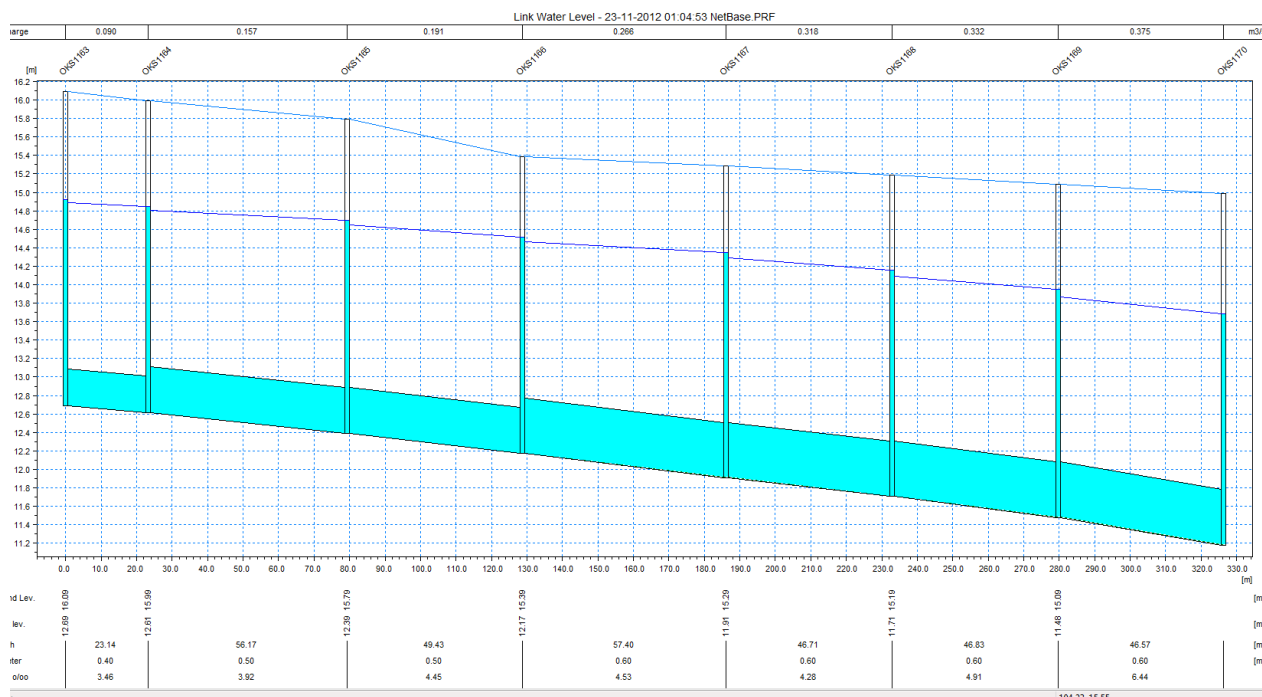
Model 2 - 1. Simulering med forsinkelse med hydrologisk reduktionsfaktor på 0,65

Her er der modelleret et forsinkelsesbassin på genbrugspladsen for at iterere sig frem til, hvor meget udløbet fra genbrugspladsen skal begrænses for at kritiske opstuvninger nedstrøms elimineres. Forsinkelsesbassinet placeres mellem Node 17 og Node 18, og indstilles til en maksimal udledning på 5 l/s, se Figur 27. Modellen er modelleret så arealer svarende til plansiloområdet og containerområdet, jvf. Figur 5 afsnit 2.4, afledes via bassinet. De øvrige arealer afstrømmer som hidtil.

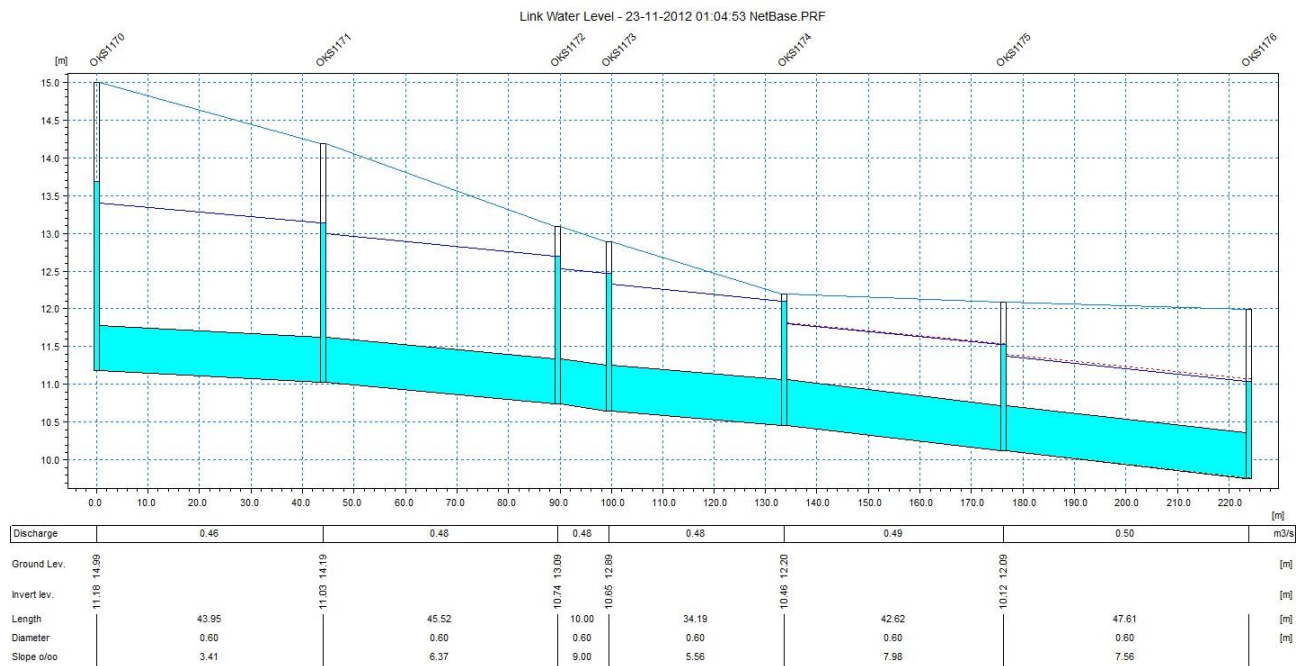


Figur 27: Viser at der under fremtidige forhold med forsinkelse og hydrologisk reduktionsfaktor på 0,65 ikke vil forkomme opstuvninger

Af Figur 27 og Figur 28 ses længdeprofiler for ledningsstrækningen. Simuleringsvideo resultatrapport kan ses i bilag 11.



Figur 28: Længdeprofil for ledningsstrækning OKS1163 - OKS1170 under fremtidige forhold med forsinkelse med hydrologisk reduktionsfaktor 0,65



Figur 29: Længdeprofil for ledningsstrækning OKS1170 - OKS1176 under fremtidige forhold med forsinkelse med hydrologisk reduktionsfaktor 0,65

Det ses af længdeprofilerne, at der ikke længere vil forekomme opstuvninger over kritisk kote. Den største stuvning forekommer i brønd OKS1174, og hvor maksimum er ca. 10 cm under terræn.

Den maksimale overløbsstrøm og den akkumulerede overløbsmængde fra overløbsbygværket ved Søndervangen under fremtidige forhold er beregnet og resultaterne ses af Tabel 7, hvor også resultatet fra eksisterende forhold fremgår. Det er nu vist, at hvis der forsinkes til 5 l/s fra arealer svarende til plansiloområdet og containerområdet, kan det offentlig afløbssystem fungere uden kritiske opstuvninger under påvirkning af en 10-års regnhændelse.

7. Forslag til afløbsbegrænsende foranstaltninger

Efter at det er konkluderet, at der bør inkluderes afløbsbegrænsende foranstaltninger på genbrugspladsen, kan der overvejes forskellige løsningsmetoder i forbindelse hermed. Der ses på muligheden for nedsivning af regnen, der falder på de rene arealer samt tagflader, og der ses på et forslag med forsinkelse via et rørbassin.

7.1 Nedsivning af regnvand

Formålet med nedsivning af regn er at aflaste et kloaksystem, ved at begrænse eller helt fjerne tilstrømningen af regnvand til kloaksystemet. Dette kan gøres via flere forskellige metoder, eksempelvis:

- Nedsivning direkte fra overfalde
- Nedsivning gennem faskiner nedgravet i jorden
- Forsinkelse via bassiner eller regnbede

Genbrugspladsens indretning, beskrevet i afsnit 2.4, hvor alle arealer er enten bebyggede eller besfæstede til forskellige formål gør, at kun nedsivning i faskiner nedgravet i jord kan komme i betragtning. Der er et krav at faskinerne er egnede til tung belastning, da der kan forekomme kørsel med tunge køretøjer over alt på genbrugspladsen.

Faskinernes volumen skal være stort nok til at opmagasinere regnmængden, hvis tilstrømningen midlertidigt er større end udsivningen.



Figur 30: Eksempel på faskineløsning til nedsivning af regnvand.

For at en faskineløsning kan komme i betragtning, kræves der egnede geologiske forhold. De væsentligste faktorer er jordens hydrauliske ledningsevne og grundvandsspejlets beliggenhed. Af geoteknisk rapport for Oksbøl genbrugsplads fremgår det, at der ved boringer til 7 m.u.t. ikke er truffet grundvandsspejl samt at der haves sandede jordbundsforhold. Dette indikerer at jordbundsforholdene er egnede til nedsivning. Jordens egnethed til nedsivning bør dog undersøges nærmere ved eksempelvis infiltrationsforsøg til vurdering af permeabiliteten.

Etablering af faskiner kræver tilladelse fra myndighederne, og følgende krav skal være opfyldt for at tilladelse kan gives:

- Afstand til vandindvindingsanlæg og recipienter skal være minimum 25 meter
- Afstand til beboelsesejendomme med og uden kælder skal være minimum 5 meter
- Afstand til ejendomme uden beboelse med og uden kælder skal være 2 minimum meter
- Afstand til skel skal være minimum 2 meter

- Der må ikke tilledes nogen former for spildevand til faskinerne

Tilladelser til nedsivning af overfladevand fra erhvervsområder bliver dog vurderet særskilt.

Via Miljøportalen ses det at området er udlagt som værende med begrænsede drikkevandsinteresser, og området forventes ikke at indgå i den fremtidige drikkeforsyning. Det fremgår yderligere, at der nord for projektlokaliteten forefindes en aktiv boring til markvanding, se Figur 31.



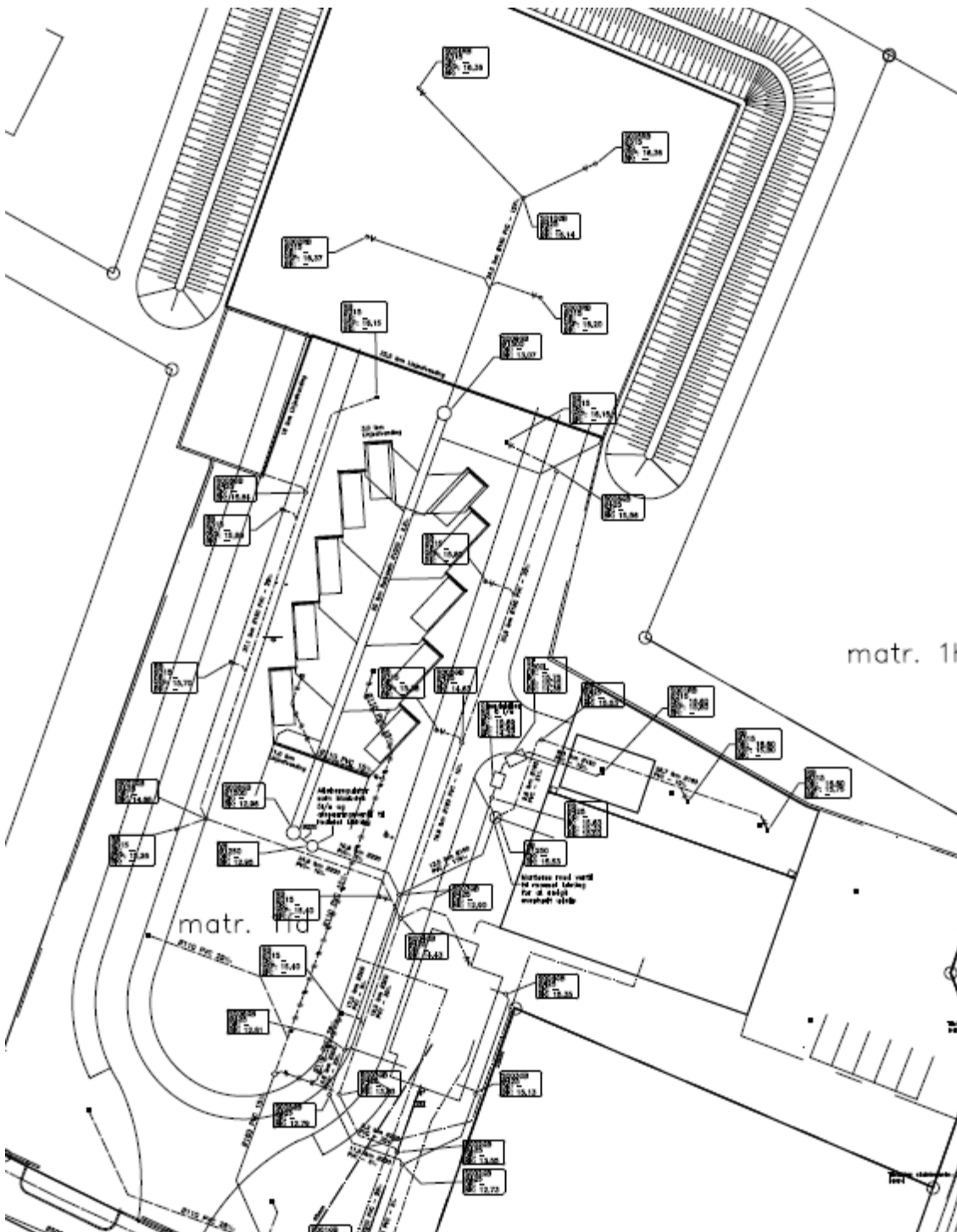
Figur 31: Oversigt over borer i projektområdet, hvor den omtrentlige retning for grundvandsstrømningen er markeret.

Der er således ikke vandindvindingsanlæg eller recipienter inden for afstandskravet på 25 m. Ydermere foregår grundvandsstrømningen i den modsatte retning af boringen nord for projektlokaliteten, hvorfor denne ikke er i risiko for forurening hidrørende fra nedsivning af regnvand på genbrugspladsen.

Der er vil dog være en risiko for, at nedsivning af regnvandet tilfører forurening til grundvandet, til trods for at overfladerne hvor regnvandet skal håndteres som spildevand afledes separat. Dette kunne forekomme ved spild af forurenende stoffet på overflader der afvandes til faskiner. Det kunne også forekomme under ekstremregn hvor hele overfladen vil være dækket af vand, hvorved regn der skal afledes som spildevand og den øvrige regn blandes.

7.2 Forsinkelse via et rørbassin

Denne løsning fungerer via et magasineringsprincip. Der anlægges et underjordisk bassin, hvortil arealer hvorfra der ønskes forsinkelse tilsluttes. Ved udløb fra bassinet kan der monteres en afløbsregulator, så en ønsket maksimal udledningshastighed kan indstilles.



Figur 32: Skitseforslag med et rørbassin nedgravet under containergraven på genbrugspladsen

For større tegning se bilag 12.

Som beskrevet i afsnit 2.4, skal en stor del af de regnmodtagende arealer på genbrugspladsen afledes som spildevand. Der projekteres et to-strengssystem så regnen der skal afledes som spildevand og den øvrige regn holdes adskilt. Der er således vælges enten at forsinke spildevandet eller regnvandet via et forsinkelsesbassin.

Ved en evt. fremtidig separatkloakering forventes kun en beskeden spildevandsafledning til spildevandssystemet (f.eks. 1 l/s /ha). Med afledning af forurenede overfladevand fremkommer en forholdsvis stor spildevandsmængde, hvorfor denne spildevandsfraktion bør forsinkes, for at fremtidssikre kloakeringen af genbrugspladsen.

8. Diskussion af løsningsmetoder

I dette afsnit diskuteres de foreslåede løsningsmetoder.

Oksbøl genbrugsplads projekteres, som nævnt i afsnit 2.4, med separatkloakering internt på pladsen. Derfor vil koteringsen af genbrugspladsen blive udført således, at regnen der skal afledes som spildevand vil afstrømme til et spildevandssystem, og de øvrige regnmodtagende overflader samt tagarealer vil afstømme til et regnvandssystem.

Afløbsvandet skal dog samles i skelbrønd før udløb til det offentlige afløbssystem, da dette indtil videre er fællessystem. Herudover vil der blive gjort meget ud af afmærkning på pladsen, så det er synligt hvor de forskellige affaldsfraktioner hører til.

Såfremt det kunne garanteres, at der ikke på noget tidspunkt ville forekomme affaldsfraktioner af forurenede karakter på overfladerne hvor regn kan afledes som regnvand, ville det være oplagt at nedsive regnvandet herfra i faskiner. Nedsivningsforholdene er tilsyneladende gode og en faskineløsning ville helt fjerne en betydelig del af regnvandsafstrømning fra afløbssystemet. Dette ville medføre, at det akkumulerede overløbsvolumen i overløbet ved Søndervangen ville blive mindre. Tiltaget ville være til gavn for vandkvaliteten i recipienten, der hermed får en reduceret udledning af opspædet spildevand. En afledt affekt ville være, at der ville blive tilledt mindre regnvand til Varde renseanlæg. Dette er gunstigt i forbindelse med større regnhændelser, hvor rensningsanlægget kan være i risiko at blive overbelastet. Ydermere fungerer rensningsanlæg mere optimalt når de modtager decideret spildevand frem for fællesvand, hvorfor det er ønskeligt at begrænse regnvandsmængden i fællesvandet.

Omkring bygningen til modtagelse af farligt affald, vil der blive projekteret tæt belægning med nedløbsriste til afløbssystem med aflukningsventil. Her kan der parkeres og indleveres med sikring mod udledning af eventuelle spilduheld i form af lukningsventilen. Herved er det muligt, at opsamle forurenende stoffer før de når det offentlige kloaksystem.

Imidlertid vil det i praksis være svært at sikre, at alle brugere af genbrugspladsen overholder reglerne med hensyn til aflæsningsområder for farligt affald som eksempelvis spildolie, oliefiltre, malingsrester eller organiske opløsningsmidler.

Dette forhold medfører, at hele genbrugspladsen har karakter af at være et risikoområde med hensyn til forurening, uanset at det er bestræbt at adskille regne fra de rene og urene arealer.

En faskineløsning ville medføre, at der ved eventuel spild af forurenende stoffer på de rene arealer, ville blive ledt forurening til grundvandet, uden nogen mulighed for effektiv opsamling.

Ved at lave et klassisk system hvor det rene regnvand afledes i et rørsystem, ville det være muligt at placere en aflukningsventil før udløb til det offentlige kloaksystem ligesom det gøres i forbindelse med spildvandssystemet. Herved ville der også i det "rene" regnvandssystem blive mulighed for effektiv opsamling.

Et forsinkelsesbassin i form af et rørbassin til modtagelse af regnvandet fra plansiloområdet og containerområdet, vil kunne give den nødvendige mulighed for begrænsning af udledningsstrømmen til det offentlige kloaksystem under kraftige regnhændelser. Løsningen med nedsivning af regnvand i faskiner, vil også kunne gøre dette. Af hensyn til risikoen for forurening af grundvandet vurderes det, at en løsning med forsinkelse via et rørbassin og aflukningsventiler placeret strategisk i afløbssystemet er den mest forsvarlige løsning.

9. Hovedkonklusion

Hovedopgaven i projektet var at vurdere nødvendigheden af afløbsbegrænsende foranstaltninger på Oksbøls genbrugsplads i forbindelse med udvidelse af denne. For at kunne vurdere dette, er der i projektet opbygget en hydraulisk model over den fælleskloakerede del af Oksbøls erhvervsområde, hvor Oksbøl genbrugsplads er tilsluttet. Modellen anvendes i projektet som grundlag for vurdering af funktionen af det eksisterende og det fremtidige offentlige afløbssystem.

Rørmodellen er opbygget på basis af ledningsoplysninger fra Varde Forsynings ledningsregistrering. Deloplandene i afstrømningsmodellen er defineret på basis af optegning på matrikelkort og satellitfotos. I den forbindelse er der foretaget besigtigelser af de enkelte matrikler i projektområdet med henblik på, at estimere en mere oprigtig tilstrømning til afløbssystemet. Dette har givet et forbedret modelgrundlag med hensyn til afstrømningsmodellen, i og med at det blev konstateret at arealer af væsentlig størrelse i virkeligheden ikke bidrog til afstrømningen til det offentlige kloaksystem.

På basis af den udarbejdede rørmodel og afstrømningsmodel, er der opbygget en dynamisk model, der ved påførelse af en regnhændelse, kan angive om der vil komme opstuvninger i det modellerede afløbssystem. Til simuleringen blev der anvendt en 10-års CDS-regn af 120 minutters varighed, jvf. mindstekravene for opstuvninger til terræn i fællessystemer angivet i Varde Kommunes Spildevandsplan.

Model 1 over de eksisterende forhold blev, via regulering af den hydrologiske reduktionsfaktor, tilpasset, så den stemte godt overens med de til rådighedsværende driftsoplysninger om projektområdet. Simuleringen viste, at der vil forekomme en enkel mindre stuvning, ca. 8 cm, i brønd OKS1174. Det blev følgende vurderet, at der på nuværende tidspunkt ikke er problemer med at opfylde mindstekravene til funktionen af det offentlige afløbssystem i Oksbølserhvervsområde.

For at undersøge de fremtidige forhold med en udvidet genbrugsplads, og hvorledes dette vil påvirke funktionen af det offentlige afløbssystem blev der simuleret på Model 2, hvor de

fremtidige forhold var modelleret. Simuleringsresultaterne viste at en udvidelse af de befæstede arealer på genbrugspladsen, vil medføre 8 opstuvninger over terræn såfremt der udledes uden forsinkelse fra genbrugspladsen. På baggrund heraf er det konstateret at der ikke forefindes ledig kapacitet i afløbssystemet, og at funktionen af det offentlige kloaksystem bliver påvirket negativt i og med, at antallet af brønde der oplever stuvning til terræn bliver forøget fra 1 til 8.

På baggrund af resultaterne for de udførte simuleringer konkluderes det, at der bør udføres afløbsbegrænsende foranstaltninger i forbindelse med udvidelse af Oksbøl genbrugsplads.

Et oplagt løsningsforslag var at aflede regnvand fra de rene arealer via nedsivning i faskiner. Dette ville løse kapacitetsproblemerne i det offentlige afløbssystem når genbrugspladsen bliver udvidet. Herudover havde løsningen et par gode afledte effekter i form af reduceret udledning af opspædet spildevand ved overløbet ved Søndervangen og begrænsning af regnvandsmængden i fællesvandet der ledes til Varde renseanlæg. Forslaget blev dog forkastet p.g.a risikoen for tilledning af forurenende stoffer til grundvandet.

Det vurderes, at håndtering af regnen i et klassisk 2-strengssystem vil give, de bedste muligheder for at begrænse en eventuel forurening.

Konklusionen blev derfor, at et lukket rørbassin til forsinkelse spildevandet fra plansiloområdet og containerområdet er den mest optimale løsning i forbindelse med udvidelsen af Oksbøl genbrugsplads.

Det er vist, at hvis bassinet styres via en afløbsregulator indstillet til 5 l/s, kan det offentlige kloaksystem håndtere afløbsvandet herfra samt fra de øvrige regnmodtagende arealer på genbrugspladsen. Ved den anvendte gentagelsesperiode på 10 år, vil der med denne løsning ikke forekomme opstuvninger over terræn. Dermed er der forekommet en forbedring, i og med at den kritiske opstuvning på 8 cm over terræn, fundet ved undersøgelse af de eksisterende forhold, nu kun stuer til 10 cm under terræn. Dette forhold skyldes, at den maksimale belastning, ved anlæggelse af forsinkelsesbassinet, reduceres fra ca. 121 l/s til 92 l/s jvf. simuleringsrapporter bilag 10 og bilag 11.

10. Litteraturliste

- Winther, Leif; Linde, Jens Jørgen; Jensen, H Thorkild m.fl.: Afløbsteknik, 5. udgave, 1. oplag. Polyteknisk Forlag 2006
- Spildevandskomiteen, Skrift 27, Funktionspraksis for afløbssystemer under regn, Ingeniørforeningen i Danmark – IDA, 1. Oktober 2005.
- Varde Kommunes spildevandsplan 2010 - 2015
- MOUSE - RunoffReference
- MOUSE - PipeFlowReference