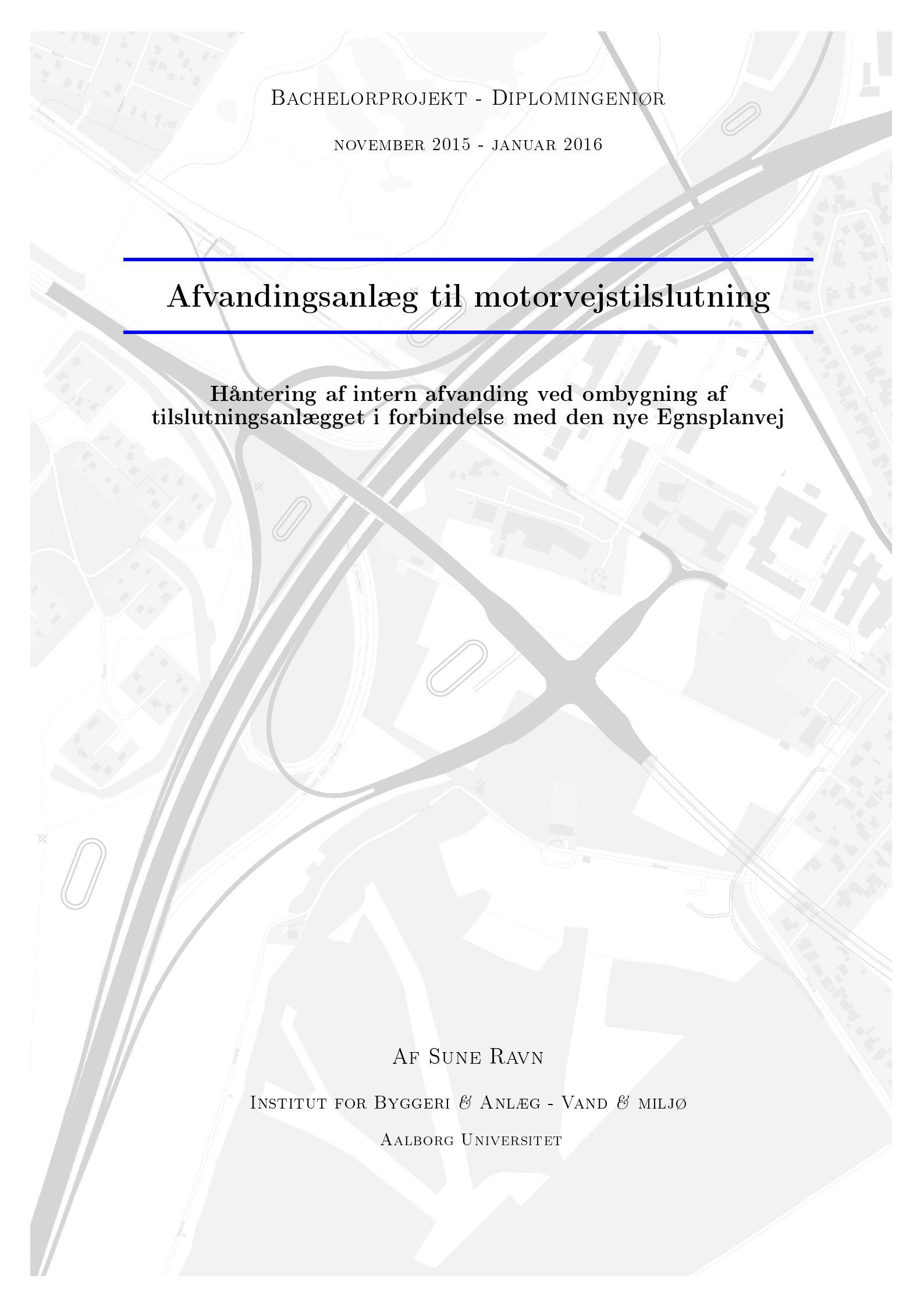




BACHELORPROJEKT - DIPLOMINGENIØR

NOVEMBER 2015 - JANUAR 2016

Afvandingsanlæg til motorvejestilslutning

Håndtering af intern afvanding ved ombygning af
tilslutningsanlægget i forbindelse med den nye Egnspanvej

AF SUNE RAVN

INSTITUT FOR BYGGERI & ANLÆG - VAND & MILJØ

AALBORG UNIVERSITET



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Institut for Byggeri og Anlæg
Fibigerstræde 10
9220 Aalborg Øst
<http://www.byggeri.aau.dk/>

Titel:

Afvandingsanlæg til motorvejstilslutning

Periode:

16. nov 2015 - 22. jan 2016

Deltager(e):

Sune Ravn

Vejleder(e):

Søren Thorndahl

Oplagstal: 3

Sidetal: 66

Afleveringsdato:

7. januar 2016

Synopsis:

Dette projekt omhandler dimensionering af et afvandingsanlæg til en motorvejstilslutning. Tilslutningsanlægget er en del af en ny kommunevej i Aalborg Kommune. Vejen går fra Hadsund Landevej mellem Gistrup og Sdr. Tranders, syd om Gug over til Motorvej E 45. Her skal det eksisterende tilslutningsanlæg ombygges til at kunne håndtere den fremtidige trafik.

Projektet er opdelt i tre dele, hvor første del indeholder et skitseprojekt, hvor tilslutningsanlægget inddeles med vandskel ud fra topografi og vejgeometri. Ud fra vandskellene regnes de enkelte oplandes areal for at finde frem til bassinernes stuvningsvolumen. Projektets anden del indeholder en dimensionering af et afvandingsanlæg til et delområde af tilslutningsanlægget. Ledningsanlæggets hovedledninger dimensioneres med afløb til bassin og videre til recipient. I sidste del af projektet dokumenteres det ved modellering, at anlægget kan overholde gældende dimensioneringskrav.

Sune Ravn



AALBORG UNIVERSITY
STUDENT REPORT

Department of Civil Engineering

Fibigerstræde 10

9220 Aalborg Øst

Denmark

<http://www.byggeri.aau.dk/>

Title:

Drainage system for a motorway approach system

Project period:

November 16, 2015 - January 22, 2016

Participant(s):

Sune Ravn

Supervisor(s):

Søren Thorndahl

Copies: 3

Number of pages: 66

Date of Completion:

January 7, 2016

Abstract:

This project concerns the design of a drainage system for a motorway approach system. The approach system is part of a new municipal road in Aalborg, Denmark. The road runs from Hadsund landevej between Gistrup and Sdr. Tranders. It then runs West, south of Gug to highway E 45. the existing approach system at highway E 45 is to be converted to handle future traffic.

The project is divided into three parts. The first part consists of a conceptual design. Based on topography and road geometry the facility is divided by watershed. The volume of each reservoir is calculated based on the total catchment area separated by the watershed.

In the project's second part the drainage system for one catchment area in the approach system is designed. The size of the main pipes is calculated for all parts of the road and to the outlet.

In the last part of the project it is documented by computer model, that the drainage system complies with the applicable design requirements.

Forord

Denne rapport indeholder en afrapportering af mit afgangsprøve på uddannelsen Diplomingeniør, *byggeri og anlæg* med specialisering i *vand og miljø*. Projektperioden er fra 16. november 2015 til 31. januar 2016 med aflevering den 7. januar 2016. Projektet og rapporten er udført af Sune Ravn med vejledning af Søren Thorndahl, som skal have en stor tak for hjælpen.

Projektet er placeret syd for Aalborg og omhandler håndtering af afvanding i forbindelse med anlæggelsen af en ny vej. Til arbejdet er der anvendt forskellige programmer i forbindelse med projektets analyser. Disse programmer er Mike Urban 2014, Arcmap 10.1 og AutoCAD Civil 3D 2016 samt Excel. Det digitale grundlag til dette projekt er fra udbudsprojektet og suppleres af Niras' vejafdeling.

Kildehenvisningen er angivet med forfatterens efternavn og publikationsår samt et eventuelt sidenummer. Et eksempel herpå er [Larsen og Brorsen, 2009, side 111], hvor der henvises til side 111 i bogen *Lærebog i Hydraulik* af Michael Brorsen og Torben Larsen udgivet i 2009. Ved andre navne, hvor forfatterne er f.eks. virksomheder, hjemmesider, grupper, råd og nævn, vil disse fremgå som forfattere. Et eksempel er [Aalborg Kommune, 2015], som henviser til Aalborg Kommunes hjemmeside.

Der er gennem rapporten henvist til forskellige bilag og appendikser, der er brugt i projektet. Appendikserne vil være at finde bagerst i rapporten og bilag vil være vedlagt rapporten på CD. En oversigt over indholdet af CD'en findes i appendiks.

Indholdsfortegnelse

Kapitel 1	Indledning	9
1.1	Planlægningen af Egnspanvej	10
1.2	Aalborg Kommunes udbudsprojekt	10
1.3	Afgrænsning	11
1.4	Problemformulering	12
1.5	Metode	12
I	Skitseprojekt	13
Kapitel 2	Inddeling i afvandingsoplande	14
2.1	Antagelser og forudsætninger	14
2.2	Placering af vandskel	14
2.3	Udformning af oplande	17
2.4	Valg af recipienter	20
Kapitel 3	Arealbindinger	22
3.1	Grundvand	22
3.2	Fredninger	23
3.3	Naturbeskyttelse	24
II	Detailprojekt	27
Kapitel 4	Dimensionering af ledningsanlæg	28
4.1	Antagelser og forudsætninger	28
4.2	Udformning af ledningsanlæg	28
4.3	Dimensionering af ledninger	32
4.3.1	Vandmængder	32
4.3.2	Sikkerheds- og korrektionsfaktorer	32
4.3.3	Rørdimensionering	33
Kapitel 5	Udformning af bassin	37
5.1	Antagelser og forudsætninger	37
5.2	Beregning af bassinvolumen	37
5.3	Bassinets geometri	37
5.4	Dimensionering af afløb fra bassin	39

IIIEftervisning af ledningsanlæggets funktion	41
Kapitel 6 Modellering med Mike Urban	42
6.1 Antagelser og forudsætninger	42
6.2 Modelopbygning	43
Kapitel 7 Sammenligning af detailprojekt og model	44
Kapitel 8 Eftervisning af funktion	46
8.1 Udlledning fra bassin	51
Kapitel 9 Simulering med historisk regnserie	52
9.1 Resultat - bassinfunktion	53
9.2 Resultat - udlledning til recipient	54
9.3 Resultat - afvandingsanlæg	55
Kapitel 10 Konklusion	56
Litteratur	58
Appendiks A Relevante kote for resterende vejdele	60
A.1 Opland B2	60
A.2 Opland B3	61
A.3 Opland B4	61
A.4 Opland B5	62
Appendiks B Udvalgte resultater fra simuleringerne	63
Appendiks C CD bilag	65

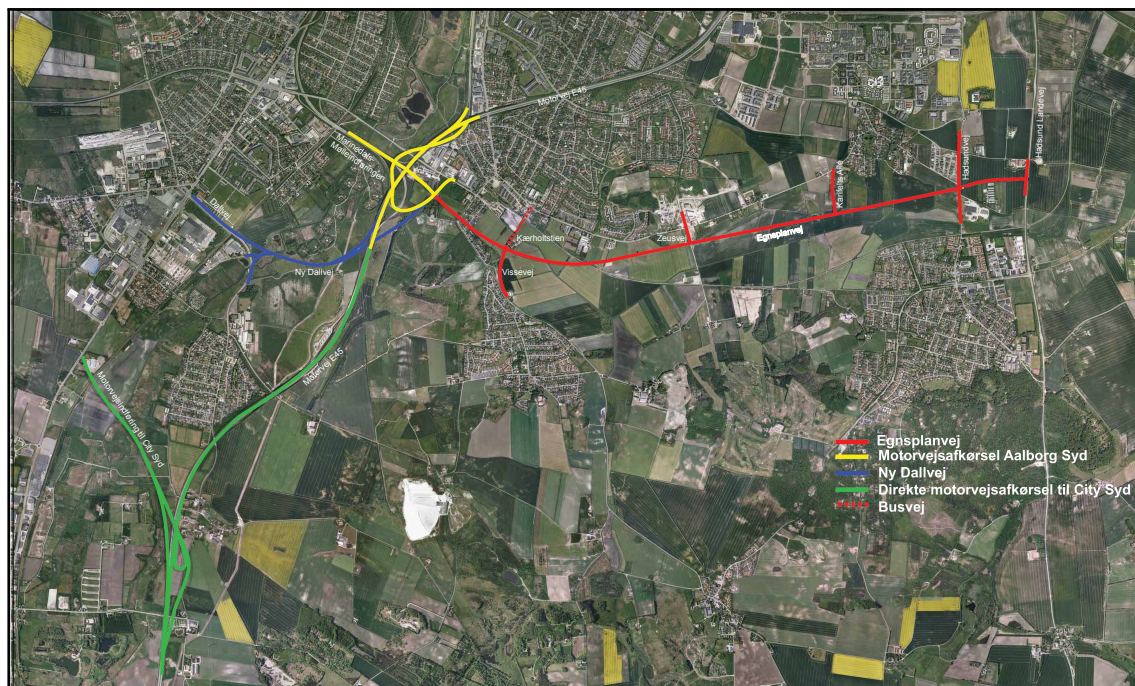
Indledning 1

Egnsplanvej er en ny tværgående vej i Aalborg Syd. På figur 1.1 vises vejen, der går fra Motorvej E 45 i vest, syd om Gug og danner forbindelse over til Hadsund Landevej i øst mellem Sønder Tranders og Gistrup. Vejen etableres for at sikre den fremtidige byudvikling i området og skal forhindre kødannelse ned på motorvejen [Markworth et al., 2005].



Figur 1.1. Den lilla markering på figuren er det vejtrace, som Egnsplanvej følger. Vejen forløber fra Motorvejen og syd om Gug over til Hadsund Landevej mellem Sønder Tranders og Gistrup

Vejanlægget består af to dele: Egnsplanvej mellem E 45 og Hadsund Landevej og et nyt tilslutningsanlæg til E 45 ved Mariendals Mølle. Derudover er der i den samlede vejudbygningsplan 2005 planlagt to alternative forbindelser mellem Hobrovej og E 45, Ny Dallvej og motorvejsindføring til City Syd vist på figur 1.2 [Aalborg Kommune, 2015b].



Figur 1.2. Oversigtskort over projektet 'nye veje i Aalborg syd', som er en vejudbygningsplan vedtaget af Aalborg Kommune og Nordjyllands Amtsråd i 2005 [Aalborg Kommune, 2015b]

1.1 Planlægningen af Egnsplanvej

Vejudbygningsplanen blev vedtaget i 2005 af Aalborg Kommune og Nordjyllands Amtsråd. Formålet er at belyse, hvorledes den fremtidige struktur af vejnettet i og omkring Aalborg skal være for at kunne håndtere den fremtidige trafik. Efter kommunesammenlægningen i 2007 besluttede Aalborg Kommune at få udarbejdet en status over planen. [Markworth et al., 2005]

'Vejudbygningsplan - Tillæg 2009' gør status over vejudbygningen og indeholder desuden en beskrivelse af nye projekter siden 2005. Heri fremgår det, at Egnsplanvejens trace ligger fast og der er igangsat miljøundersøgelser for 'Nye vejanlæg i Aalborg Syd'. Disse undersøgelser dækker over Egnsplanvej, tilslutningsanlæg E 45 og de to alternative løsninger, Ny Dallvej og motorvejsindføring til City Syd. [Cowi A/S, 2009]

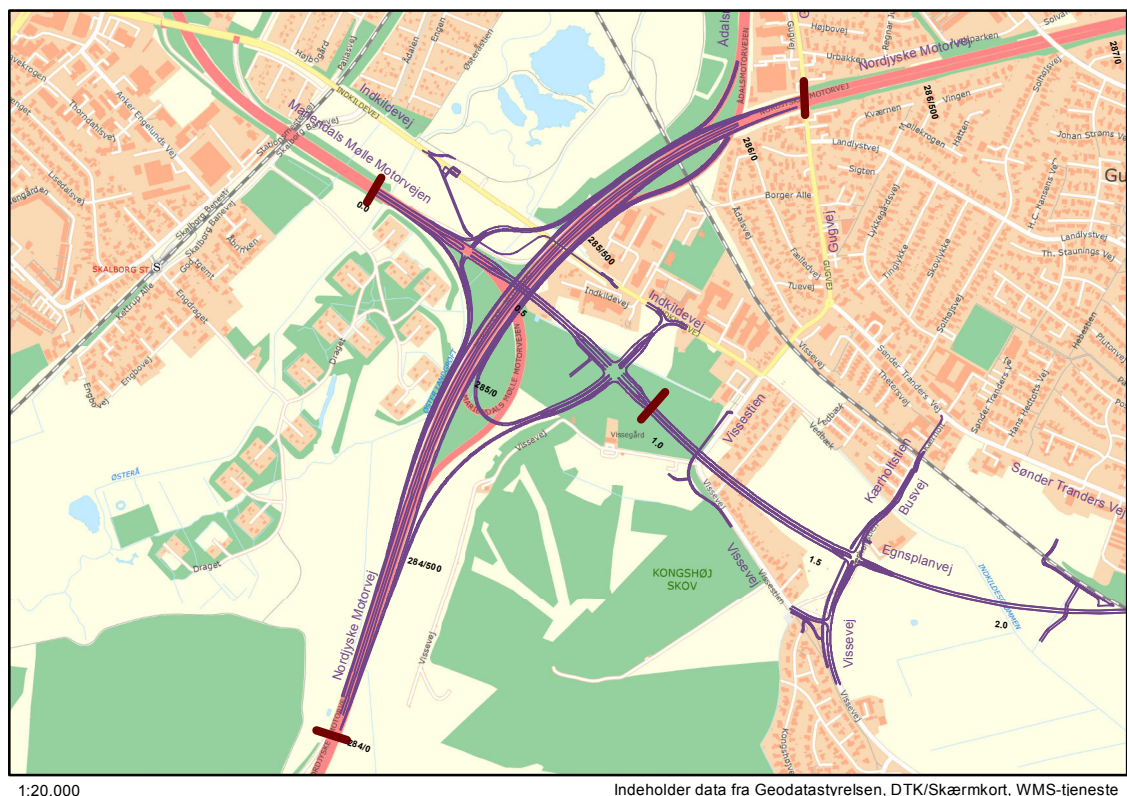
1.2 Aalborg Kommunes udbudsprojekt

Aalborg Kommune, med Rambøll som rådgiver, sendte i 2013 projektet i udbud. Udbuddet omfatter ombygning af tilslutningsanlægget til Mariendals Mølle motorvejen, udførelse af Egnsplanvej med tilhørende sideveje, krydsanlæg, stianlæg, broer og stitunneller samt sænkning af jernbanen på en strækning over ca. 800 m og etablering af tæt konstruktion. Projektet blev udbudt som en totalentreprise, hvorfor der er en del projektering at udføre før udførelsen af det fulde vejanlæg. En af disse opgaver er projekteringen af afvandingen for det ombyggede tilslutningsanlæg til E 45. [Aalborg Kommune, 2013]

Afvandingssystemet opdeles typisk i en række deloplande for at undgå for lange ledninger og for at imødekomme udfordringer grundet terrænets udformning. Det er vigtigt for sikkerheden på vejen, at regnvandet ledes hurtigt og sikkert væk. Fra vejbanen ledes regnvandet via ledningerne til et bassin, der fungerer som et forsinkelsesbassin. Dette bassin sikrer, at recipienten ikke forurenes eller ødelægges.

1.3 Afgrænsning

Projektet omhandler denne afledning af regnvand fra det ombyggede tilslutningsanlæg ved Mariendal Mølle motorvejen. Dermed afgrænses projektet til at gælde tilslutningsanlægget, hvilket vil sige fra ramperne begyndende ved Mariendal Mølle motorvejen til og med det nye Indkildekryds i stationering 0.92. På motorvejen afgrænses mod nord og syd i ca. station 284/0 til 286/200. Det er i projektet kun den interne afvanding, der vil blive håndteret, hvorfor der ikke tages hensyn til ekstern afvanding eller andre eksisterende ledninger. Definitionen af intern og ekstern afvanding følger den angivet i *Vejregel for afvandingskonstruktioner*.



Figur 1.3. Kortet viser tilslutningsanlægget, hvor kørebanelinjer er markeret med lilla og dette projekts grænser er markeret med rød

Projektet lader sig dog ikke begrænse af de ekspropriationsgrænser, der gør sig gældende for det faktiske Egnspanvejs projekt. Dette gøres for udelukkende at fokusere på bedst mulige løsning i forhold til afvandingen. Selve dimensioneringen af ledninger og bassiner vil følge vejreglerne. Hvis der gøres afvigelser herfra, vil der blive gjort tydelig opmærksom herpå.

1.4 Problemformulering

Der er på baggrund af ovenstående opstillet følgende spørgsmål til udformningen af afvandingen:

Hvordan kan et afvandingsanlæg til motorvejstilslutningen udformes under hensyntagen til de fysiske forhold og den planlagte vejgeometri samt gældende vejregler for afvandingskonstruktion?

- Hvordan inddeles anlægget på baggrund af topografien og vejgeometrien, således det er muligt at lede regnvandet til recipienten ved brug af gravitation?
- Hvordan udformes afvandingen af vejen i et enkelt opland, således det fungerer ved gravitation?
- Hvordan udformes og dimensioneres bassinet, så det overholder gældende krav?
- Hvordan sandsynliggøres det, at der ikke opstaves regnvand op til dækselkote/kritiskkote inden for gentagelseperioden for motorvejsbyggeri?

1.5 Metode

Projektet deles i tre dele. Første del er et skitseprojekt, hvor tilslutningsanlægget opdeles i flere oplande for at give mulighed for at vurdere de vandmængder, der ved regn løber til recipienterne. Anden del er et detailprojekt. Her udvælges et af disse oplande for hvilket den interne afvandning og tilhørende bassin samt afledning til recipient dimensioneres. Sidste del indeholder en analyse for at eftervise, at afvandingssystemet kan overholde fastsatte krav.

Tilslutningsanlægget deles i oplande med vandskel. Dette gøres på baggrund af vejgeometrien, længdeprofiler og terrænets topografi samt naturlige barrierer. Der vil desuden blive givet et udløbspunkt til en recipient og en placering af det tilhørende bassin. Dette udføres hovedsagelig på baggrund af kortdata udarbejdet i Autocad og ArcMAP.

I projektets anden del dimensioneres afvandingsystemet for et udvalgt opland. Dimensioneringen sker ud fra *Vejregel for afvandingskonstruktioner*. Der vil blive udarbejdet et afvandingsystem med placering af brønde og ledninger samt bassin. Dimensioner og fald på de enkelte ledningsstykker udregnes med rationel metode i Excel. Der angives dækselkoter og bundløbskoter for alle brønde på baggrund af disse beregninger. Bassinet udformes som et vådt bassin; ligeledes på baggrund af retningslinierne i *Vejregel for afvandingskonstruktioner*. Fastlæggelse af bassinvolumen vil blive udført med Spildevandskomitens regneark. Bassinets tværprofil tegnes med relevante mål og koter.

Afvandingsystemet overføres til programmet Mike Urban med henblik på simulering af systemets funktion. Først udføres simulering med kasseregn for at eftervise, at systemet overholder dimensioneringskrav. Det ønskes, at der ikke forekommer opstuvning til dækselkote. Der vil desuden blive gennemført simulering med historisk regnserie. Simuleringen vil blive brugt til at eftervise funktionen af bassinet ved fyldningsgrader over tid og antallet af overskridelser i perioden. Dette gøres for at indregne effekten af koblede regnhændelse.

Del I

Skitseprojekt

Inddeling i afvandingsoplande 2

Der vil i det følgende blive fastlagt vandskel, der tydeligt deler projektet op i mindre dele. Dette gøres for at reducere bassinernes og rørenes størrelse samt mindske påvirkningen af de enkelte recipienter.

2.1 Antagelser og forudsætninger

Vandskellene vil udadtil være afgrænset af dette projekts grænser, som fastsat i kapitel 1.3. Regnvandet ledes ved gravitation og der anvendes ikke dybe ledninger, dvs. ledninger over 6 m i jorden.

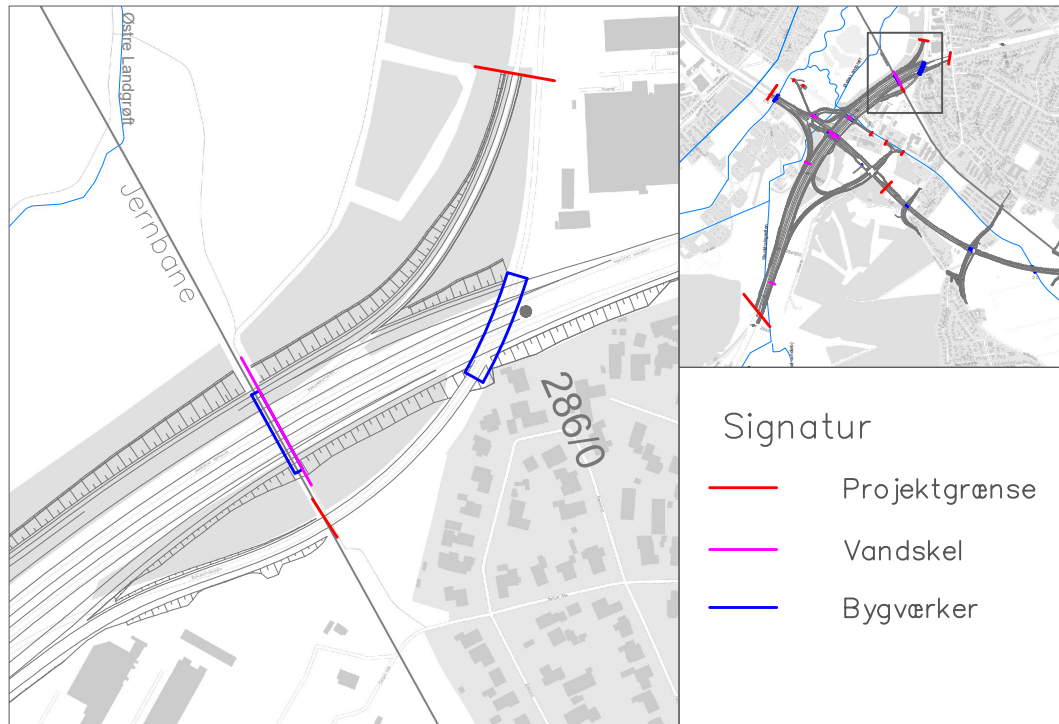
Det forudsættes, at vejens geometri både horisontalt og vertikalt er fastlagt som i udbudsmaterialet. Det vil sige, at de digitale filer fra udbudsmaterialet bruges som projektgrundlag. Filerne er vedlagt på bilags CD'en og er alle i koordinatsystemet DKTM2 og højden i DVR90.

Der vil ikke blive taget højde for vejens tværprofil, hvorfor kun koter fra højdeprofilerne vil blive brugt til fastsættelse af koter for vejdelene. Faldet på tværs af vejen vurderes ikke at kunne give anledning til ændring i skitsedelen.

Benævnelse af de enkelte vejdele følger den navngivning, der er på lokalitetsplanen fra udbudsmaterialet. Tegningen er vedlagt på CD og har tegningsnr. H-TV-1001 00.

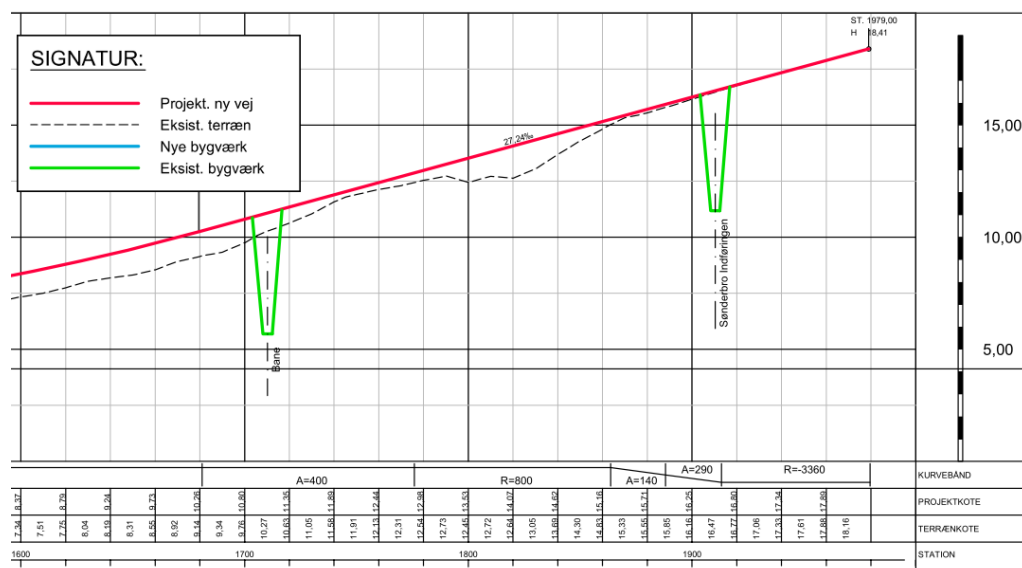
2.2 Placering af vandskel

Afvandingsanlægget skal virke ved gravitation, hvilket stiller særlige krav til vandskelende. Naturlige steder at placere vandskel er toppunkter og lavpunkter i terrænet, da disse vil være vanskelige at passere ved gravitation. Derudover kan vandløb og bygværker på tværs af vejen udgøre en naturlig hindring, der kan give anledning til dybe ledninger. Det er et problem ved jernbaneunderføringen under E 45 i stationering 285/810, vist på figur 2.1.



Figur 2.1. Underføring af jernbane under E45

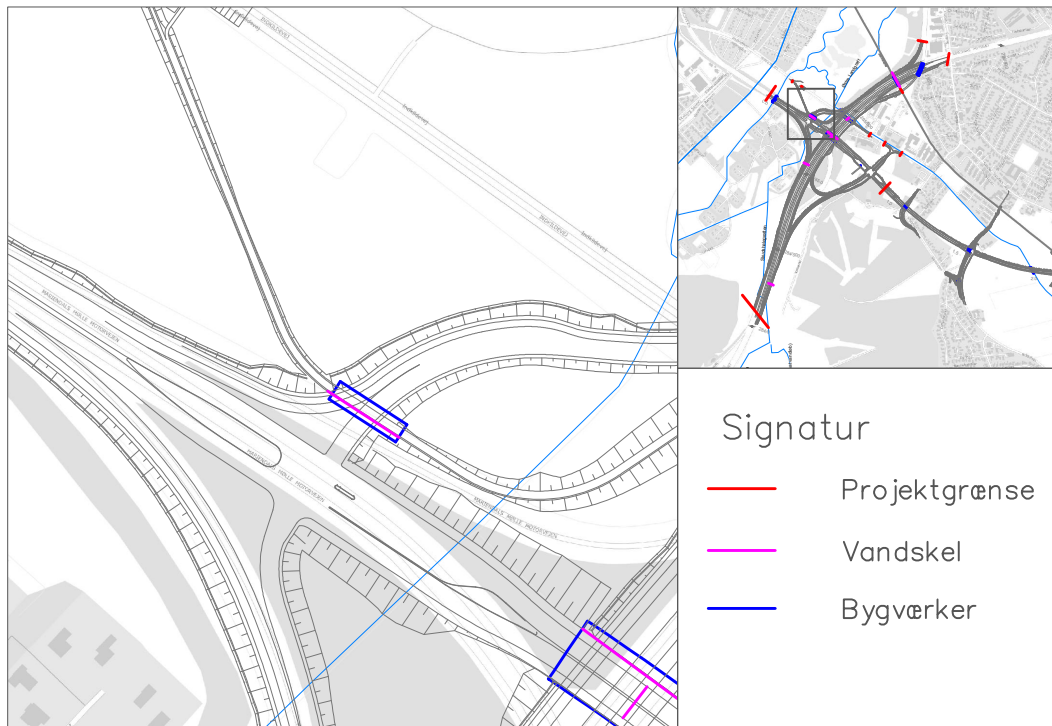
Figur 2.2 er et udsnit af længdeprofilen, hvor motorvejen passerer jernbanen. Hele profilen ligger på bilags CD'en under udbudsmateriale. Af figuren fremgår det, at ledningen skal graves over 6 m i jorden for at passere jernbane. Udover jernbaneunderføringen skal der yderligere tillægges 2 m fra skinne overkant til overkanten af rør, hvis gravningen udføres som opgravningsfri etablering uden jordfortrængning [Bane Danmark, 2008].



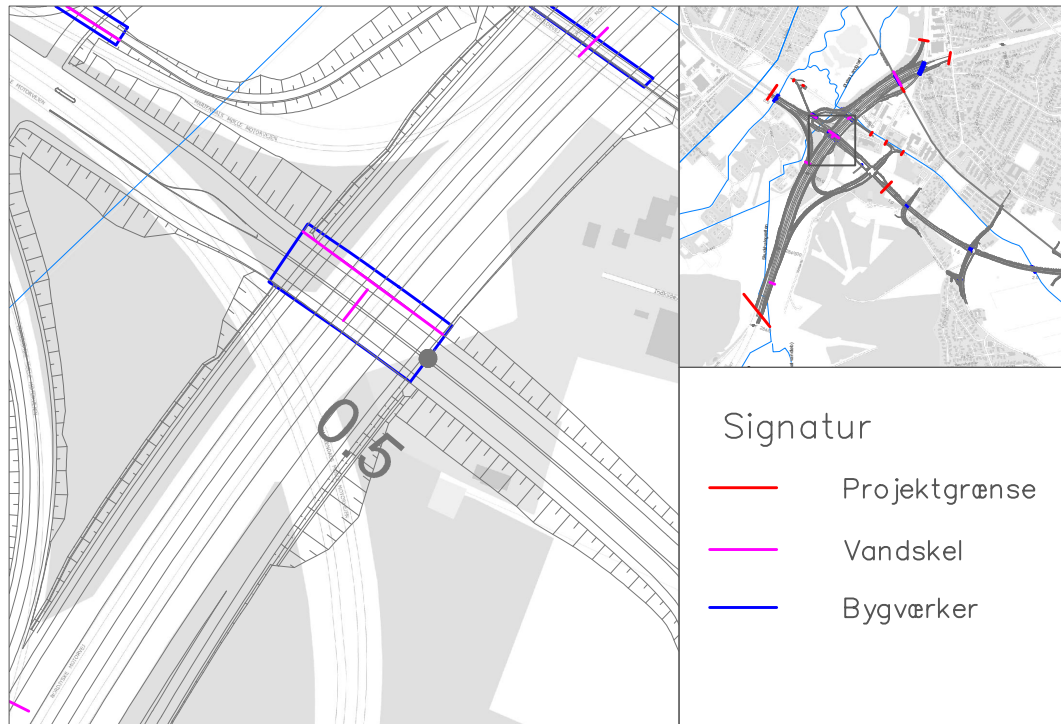
Figur 2.2. Udsnit af længdeprofilen for det vestlige parallelspor, benævnt A1, hvor den passerer jernbanen

Det er desuden en fordel at placere vandskel ved tydelige terrængenstande i forhold til forureningsberedskabet. Skulle der ske et uheld, hvor en recipient trues af forurening, er det hurtigt at overskue, hvilke udløb der skal lukkes.

Der placeres derudover et vandskel langs Egnspanvej i stationering 0.3. Vandskellet vil følge bygværket til stien, der går langs med Egnspanvej. Desuden placeres et vandskel på broen, der fører Egnspanvej over motorvejen. Stederne fremgår af figurene 2.3 og 2.4



Figur 2.3. Stien langs Egnspanvej i den vestlige del af anlægget



Figur 2.4. Udsnit af længdeprofilen for det vestlige parallelspor, A1, hvor den passerer jernbanen

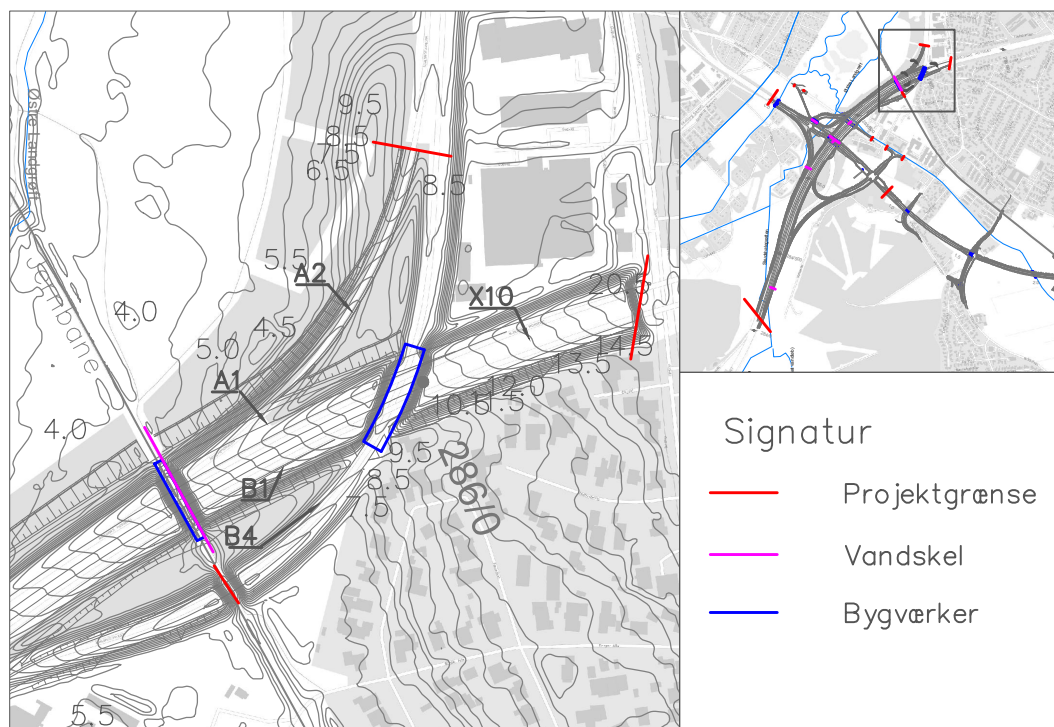
Begge steder er tydelige terrængenstande, men samtidig udgør de også top- og dybdepunkter. Der er et toppunkt midt på overføringen af Egnspanvej over E 45 og i forhold til motorvejen ligger bygværket ved foden af en bakke, hvor terrænet syd for er meget fladt.

Alle vejdele er gennemgået på lignende vis, hvorudfra det har været muligt at fastsætte vandskel og dermed inddele anlægget i afvandingsoplande.

2.3 Udformning af oplande

Tilslutningsanlægget er ifølge ovenstående delt i fem oplande. Det skal dog også sandsynliggøres, at regnvandet fra oplandene kan ledes via et bassin til en recipient. Alle oplandes vejdele gennemgås derfor for at finde frem til det laveste punkt i oplandet. Til eksempel gennemgås et af oplandene, mens resultaterne af de resterende oplande fremgår af tabellerne i appendiks A sidst i rapporten.

Figur 2.5 viser området nordøst for jernbanen, hvilket gennemgås som eksempel. Figuren er påført benævnelserne fra lokalitetsplanen samt 0,5 m højdekurver.



Figur 2.5. Området nord for jernbanen med angivelser jf. lokalitetsplanen i udbudsmaterialet

Tabel 2.1 viser resultatet af gennemgangen af alle længdeprofiler til oplandet. Det har dog ikke været muligt at få en længdeprofil for motorvejen. Der er derfor gjort brug af højdekurverne, hvor der ikke har været nogen længdeprofil tilgængelig. Tabellen er opstillet med vejdel, stationering og kote, hvor stationeringen angiver endepunkterne for vejdelene i dette opland. Desuden angives det, hvis punkter ligger højere eller lavere end endepunkterne.

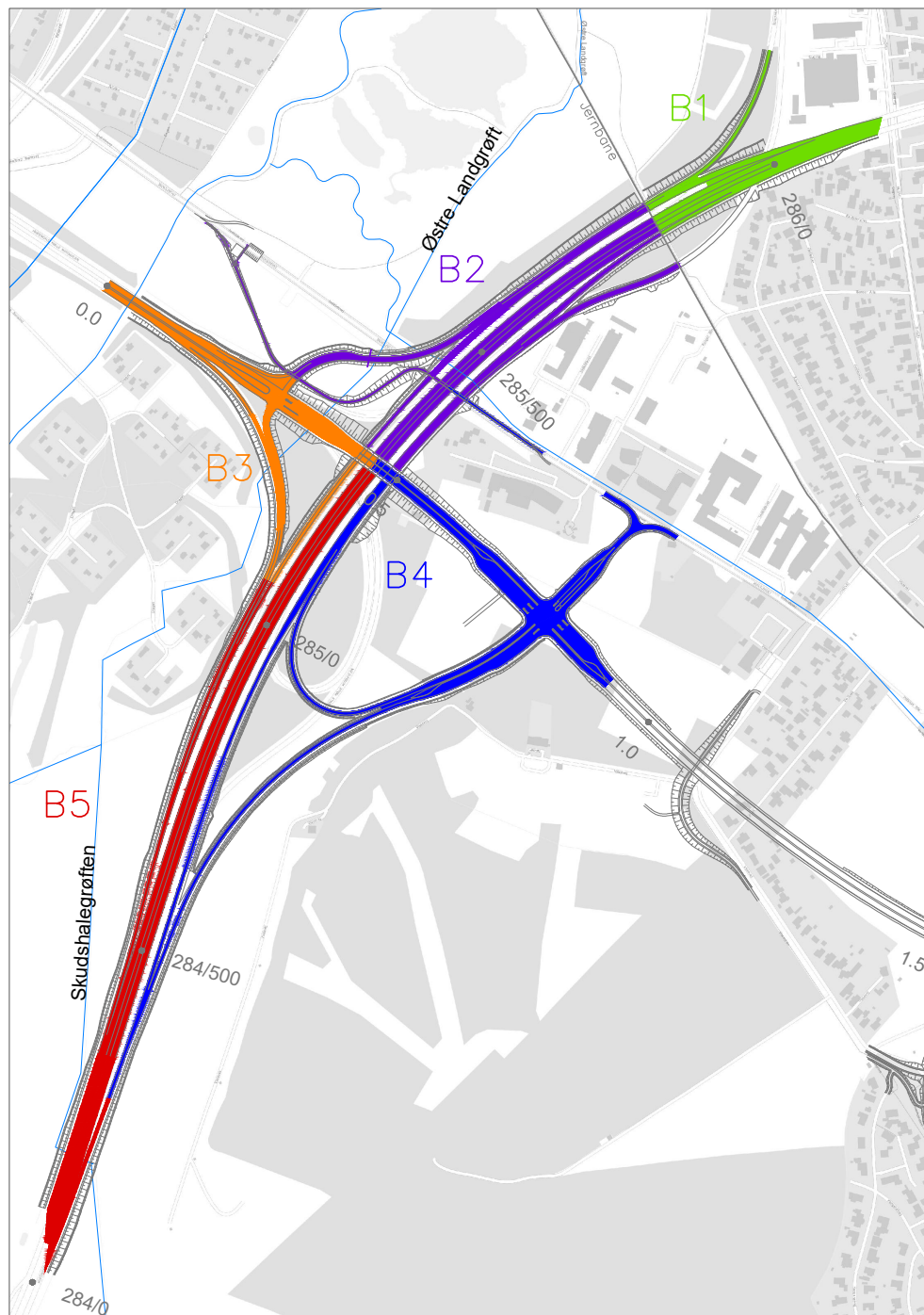
Vejdel	St.	Kote
B1	1675	10,7
	1816	14,75
A1	1720	11,4
	1979	18,4
A3	18	11,50
	116	14,2
	312	8,3
X10	285 810	13,5
	286 150	20,0

Tabel 2.1. Vejdel, stationering og kote, hvor stationeringen angiver endepunkterne for vejdelene i dette opland sammen med andre relevante koter for vejens forløb

Det fremgår af tabellen ovenfor, at dybdepunktet er på rampe A3 helt oppe ved projektgrænsen i stationering 312 m, hvor koten er målt til 8,3 m. Det skal altså være muligt at

lede regnvandet fra dette dybdepunkt til recipienten.

Ud fra ovenstående inddeles tilslutningsanlægget i fem oplande benævnt B1-B5, vist på figur 2.6



Figur 2.6. De fem oplande visualiseret med hver sin farve

2.4 Valg af recipienter

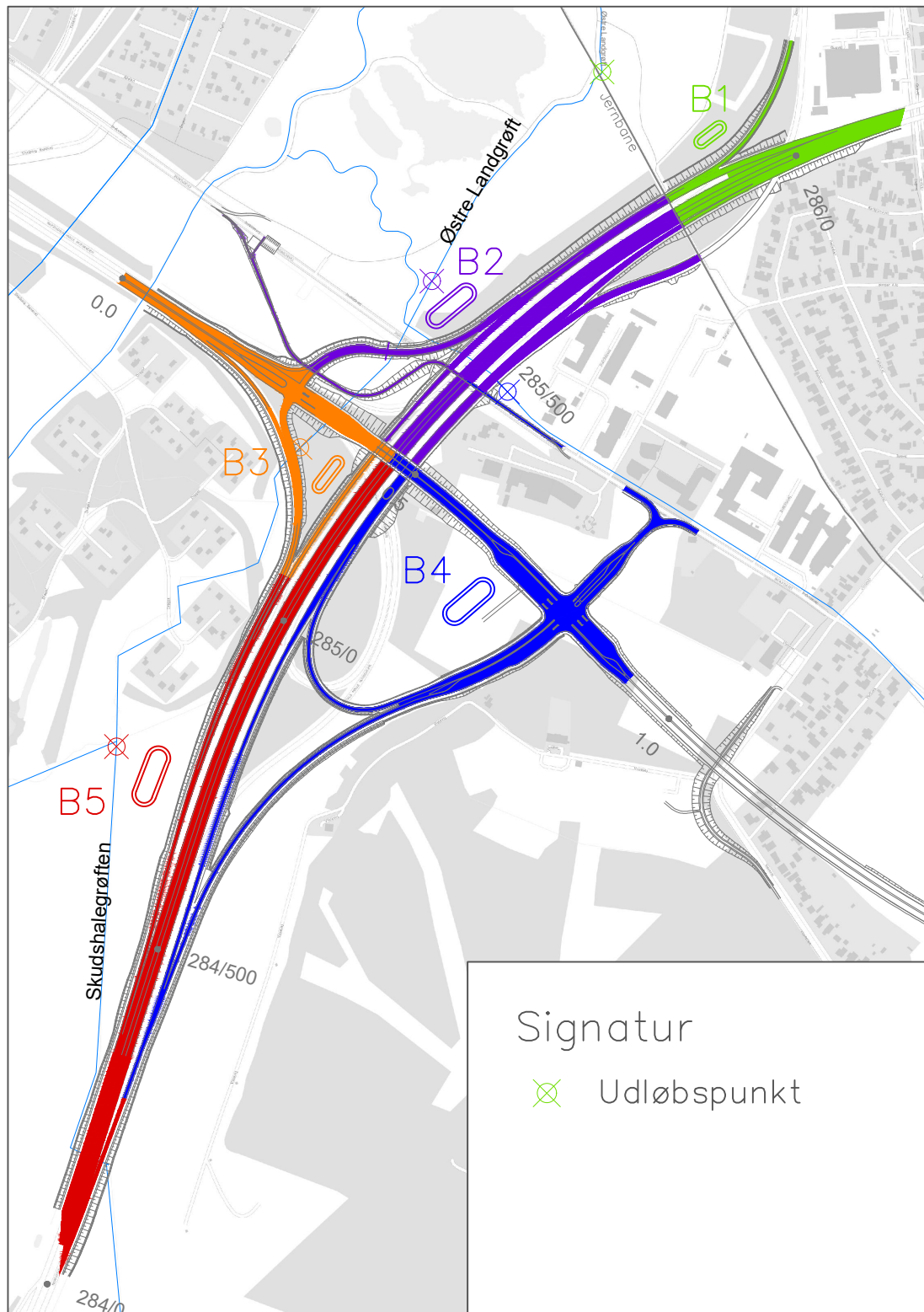
Der fortsættes med eksempelområdet nordøst for jernbanen, benævnt opland B1, jf. figur 2.6. Den nærmeste recipient for oplandet er Østre Landgrøft, der ligger nordvest for oplandet. Bundløbskoten for vandløbet opgives i vandløbsregulativerne fra kommunen. I vandløbsregulativet for Østre Landgrøft beskrives det, at vandløbet løber under jernbanen mellem punkt 8 og 9. Ud fra regulativet er koten vurderet til 2,01 m DNN ved jernbanen, som vil blive brugt som udledningspunkt for dette opland. Udløbspunkter og koter for oplandene fremgår af tabel 2.2 herunder. Koterne i regulativerne er i Dansk Normal Nul (DNN). Dette har dog ingen betydning i området, da forskellen mellem DNN og DVR90 her i området er 2,0 cm [Kort- og Matrikelstyrelsen, 2005].

Opland	Recipient	Koordinater [DKTM2]		Kote [DNN]
B1	Østre Landgrøft	395 087	1 321 143	2,01
B2	Østre Landgrøft	394 802	1 320 870	2,11
B3	Østre Landgrøft	394 615	1 320 634	2,24
B4	Indkildestrømmen	394 910	1 320 713	3,60
B5	Østre Landgrøft	394 355	1 320 210	2,44

Tabel 2.2. Udløb for alle oplande med angivelse af recipient og koordinater for udløb samt regulativ bundløb

Udløb skal fastsættes til 30 cm over regulativbund, jf. særlige betingelser i udbudsmaterialet [Rambøll, 2013]. Det er således muligt at få regnvandet fra vejens laveste punkt i kote 8,43 m til udløb i kote 2,31 m i Østre Landgrøft.

Der er ud fra ovenstående fundet frem til en mulig bassinplacering for alle oplande. Herudfra kommer oplande med bassiner og udledningspunkter til at se ud som vist på figur 2.7.



Figur 2.7. Den endelige udformning af de fem oplande til anlægget med angivelse af bassin og udløbspunkt

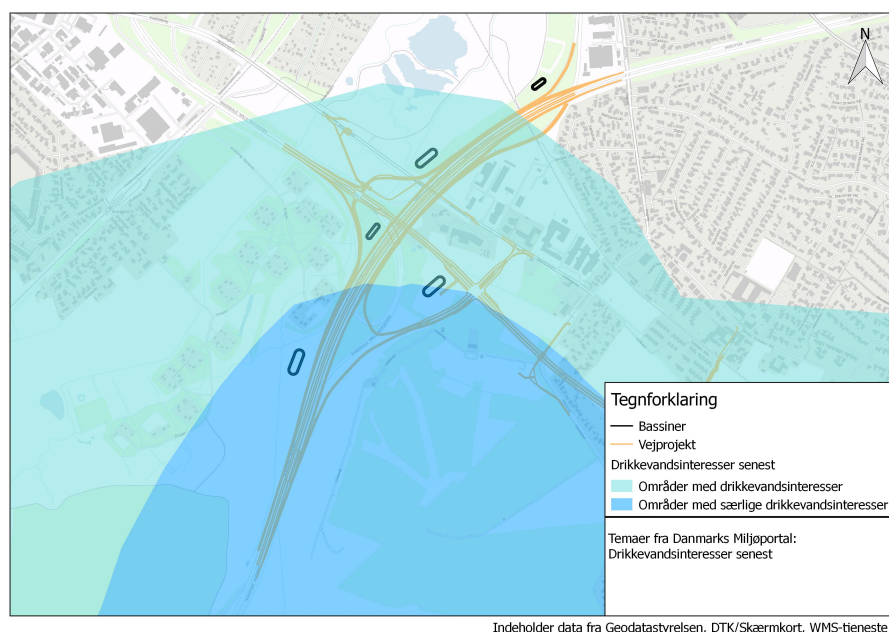
Arealbindinger 3

Efter den nye inddeling af vandoplande, har nogle af bassinerne fået anden placering end i udbudsmaterialet. Det undersøges derfor, hvorvidt der er arealbindinger, der har indflydelse på bassinplaceringerne. Gennemgangen vil kun beskæftige sig med arealbindinger i forhold til bassinerne, da hele projektet er blevet godkendt i forbindelse med udbuddet. Der vil kun blive gennemgået de bindingstemaer, der har indflydelse på bassinerne.

3.1 Grundvand

Der er for at kunne sikre drikkevandet, både nu og i fremtiden, udpeget nogle områder, der beskytter grundvandet. Disse drikkevandsinteresser er udpeget på baggrund af en grundvandsressources mængde, kvalitet og sårbarhed. Der ydes en særlig beskyttelse af områdene, hvilket kan medføre at arealanvendelsen indskrænkes.[Miljøstyrelsen, 1995]

En stor del af tilslutningsanlægget er placeret i område med drikkevandsinteresser, hvilket fremgår af figur 3.1. Vejvand indeholder flere miljøfarlige partikler, der ikke må nedsive til grundvandet. Partiklerne kan komme fra eksempelvis olieprodukter fra biler og fra selve vejbelægningen [Vollertsen et al., 2008].



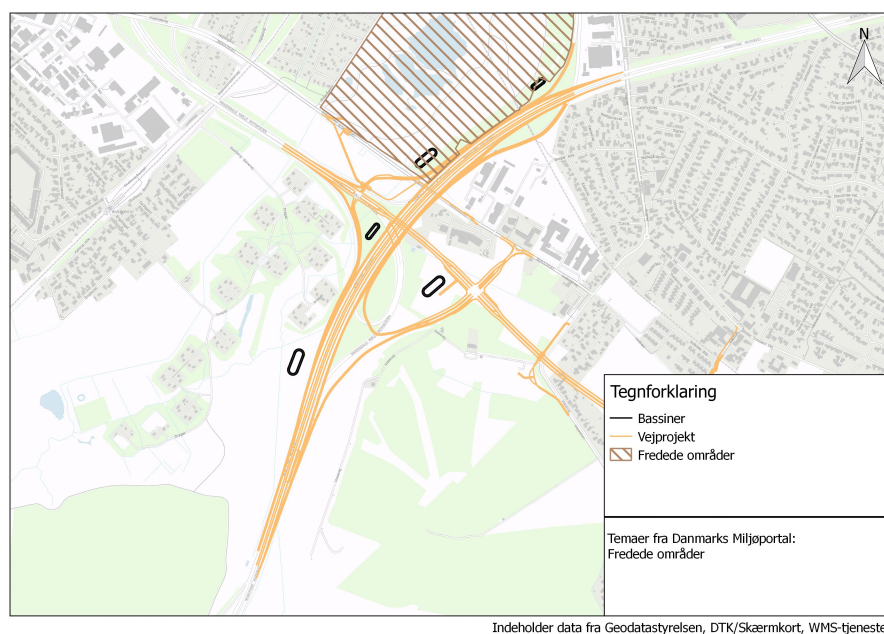
Figur 3.1. Kort med drikkevandsinteresser hentet fra Danmarks Miljøportal

Beskyttelse af områdets drikkevandsinteresser indebærer, at alle bassiner skal sikres mod nedsivning med vandtæt bund, hvilket også fremgår af VVM-redegørelsen [Aalborg Kommune, 2015a].

3.2 Fredninger

Bestemmelserne om fredninger findes i *Naturbeskyttelsesloven*. Det er et værktøj til at beskytte dyr, planter, kulturspor og landskab. Samtidig er det også med til at sikre adgang for offentligheden. Fredninger har eksproiationslignende karakter pga. de væsentlige begrænsninger, der ligger på et områdes anvendelsesmuligheder. [Naturstyrelsen, 2015a]

Fredningen, der fremgår af figur 3.2, er en fredning af Østerådalen gennemført i 1998. I starten af 1990'erne blev der gennemført et naturgenopretningsprojekt for dalen og i den forbindelse blev den indstillet til fredning. [Fredningsnævnet, 1998]



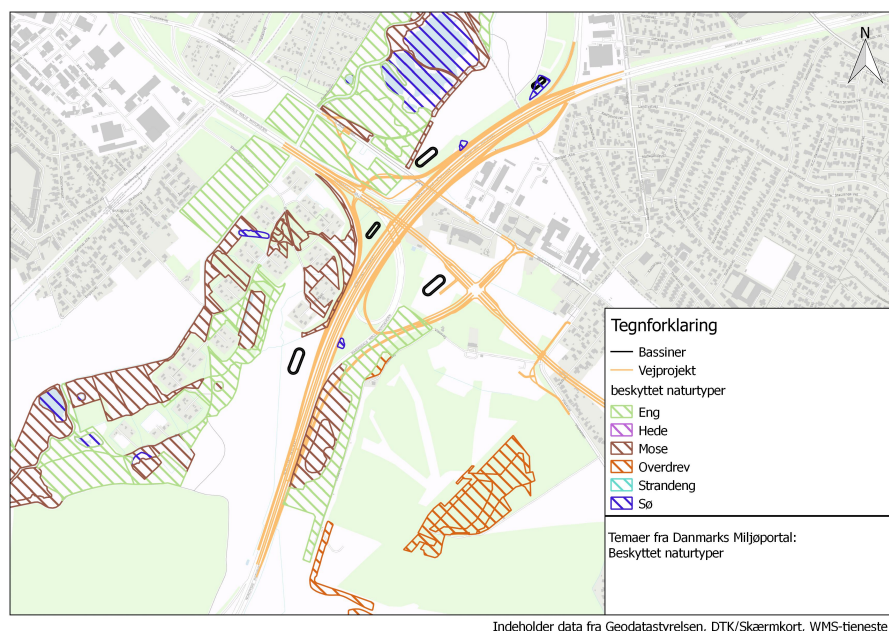
Figur 3.2. Kort med fredede områder, de fredede områder er en del af østerådalen.

Der er i 2012, i forbindelse med vejprojektet, ansøgt om tilladelse til at inddrage nogle af de fredede arealer [Fredningsnævnet, 1998]. Fredningsnævnet/Naturstyrelsen skal forespørges, om placeringen af bassin B1 og B2 kan indgå under den nuværende tilladelse. Hvis dette ikke er muligt, skal der ansøges om en ny tilladelse.

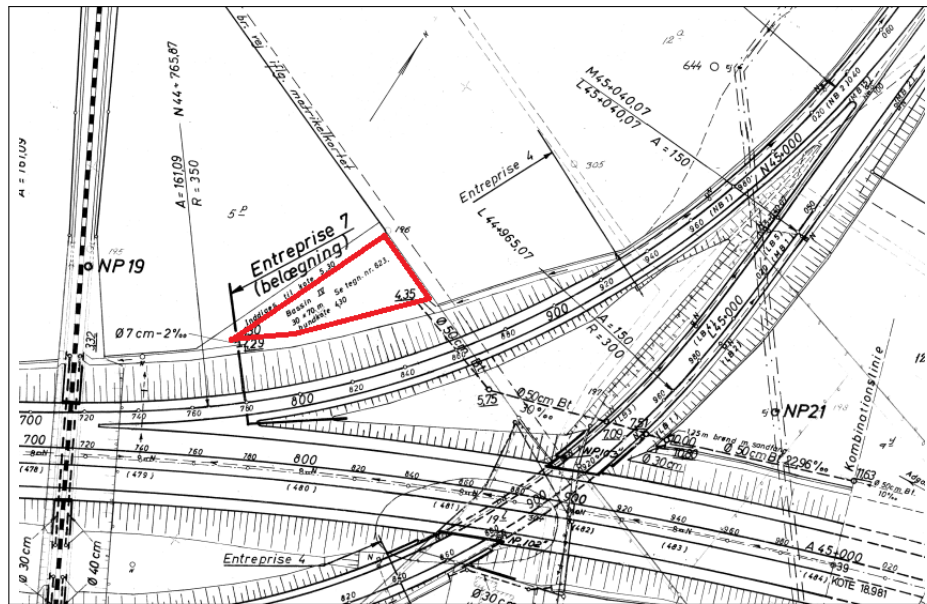
3.3 Naturbeskyttelse

Områder, der er beskyttet efter *Naturbeskyttelseslovens § 3*, er naturtyper, der beskyttes mod ændringer i deres naturtilstand. I sådanne områder må der derfor ikke foretages større ændringer som eksempelvis dræning, oprensning eller tilplantning. Det er desuden ikke tilladt at anvende sprøjtegifte eller gødning. Derimod må den hidtidige drift af arealet gerne fortsætte. [Naturstyrelsen, 2015b]

Det eneste bassin, der ligger indenfor naturbeskyttelse, er bassin B1, jf. figur 3.3. Den beskyttede sø er et gammelt afvandingsbassin til motorvejen, jf. figur 3.4. Bassinet har med tiden udviklet sig, således det i dag er beskyttet, jf. *Naturbeskyttelseslovens § 3*. Dette er muligt for selv menneskeskabte søer eller bassiner, hvis de udvikler et naturligt dyre- og planteliv i tilknytning til søen. Heri indgår også tekniske anlæg som regnvandsbassiner. [§ 3 team, Naturområdet, By- og Landskabsstyrelsen, 2009]. Omvendt kan § 3 beskyttede områder også ændre tilstand uden indblanding, således fredningen ophører.



Figur 3.3. Områder der er beskyttet efter *Naturbeskyttelseslovens § 3*



Figur 3.4. Udsnittet viser bassin IV, der i dag er en beskyttet sø. Tegning nr. H70-285,4-10A fra Vejdirektoratet

På grund af de begrænsninger, beskyttelsen ligger på arealerne, er det nødvendigt at ansøge om dispensation fra beskyttelsen på bassinet.

Del II

Detailprojekt

Dimensionering af ledningsanlæg 4

Der vil i dette kapitel blive udarbejdet et afvandingsanlæg til et af de fire oplande, der blev udarbejdet i skitseprojektet. Afvandingsanlægget vil indeholde hovedledninger, bassin og udløb til recipient.

4.1 Antagelser og forudsætninger

Det antages, at motorvejen har tagprofil med kantopsamling langs sporenes ydre side. Ramperne har ensidigt fald med kantopsamling langs sporets lave side. Hovedledningen placeres i rabatten langs motorvejens ydre side og i rabatten langs den lave side på ramperne.

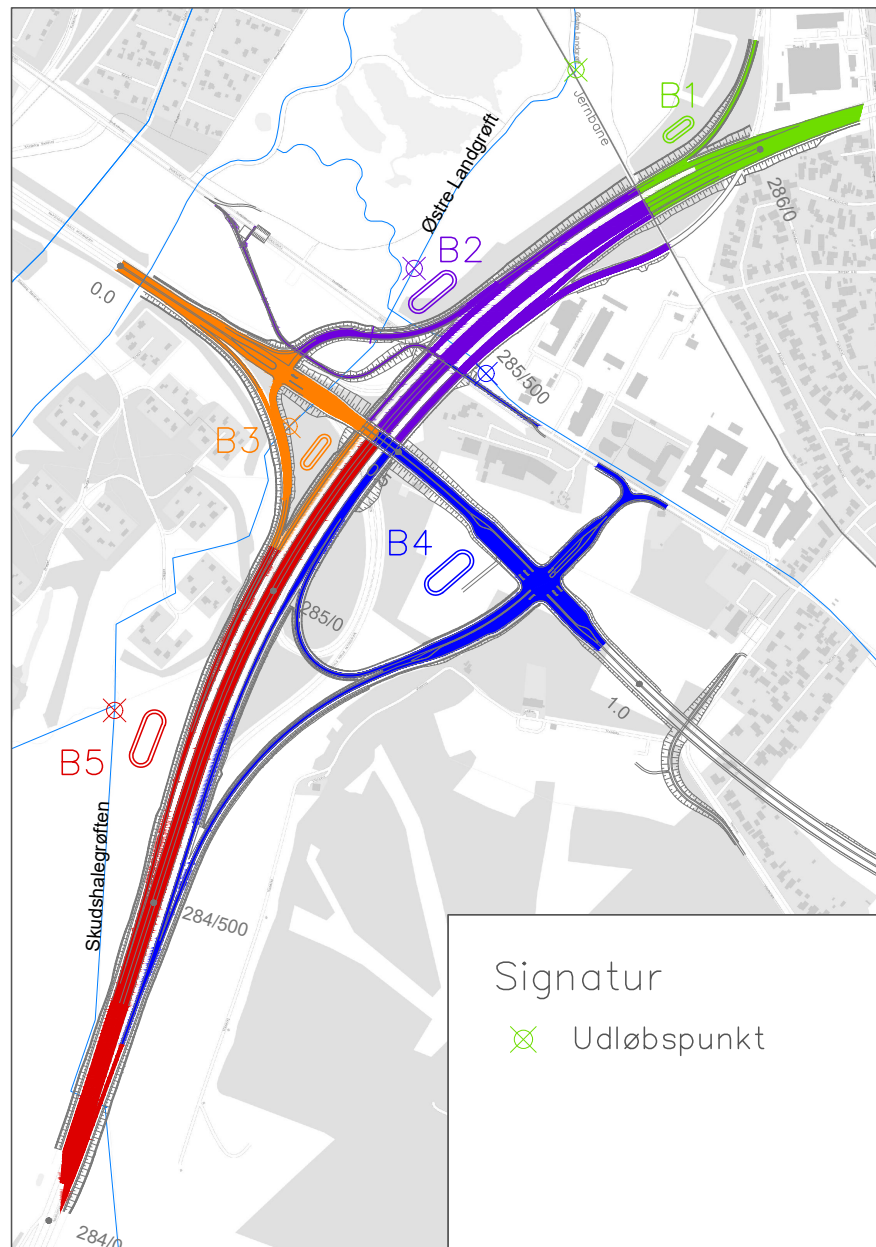
Alle brønde på hovedledningen udføres som min. $\varnothing 1000$ ifølge udbudsmaterialet [Rambøll, 2013]. Desuden er der etableret sandfang i alle brønde for give en så god selvrensning som muligt [Vejregelrådet, 2009].

Der arbejdes med ledningslængder på maks. 160 m og mindste dimension på rør $\varnothing 150$ mm af hensyn til renseligheden. Mindstefald er 3‰ for $\varnothing 150$ mm–200 mm og 1‰ for $\varnothing > 200$ mm for at opretholde selvrensning. Når der er sandfang i alle brønde vil selvrensning ifølge vejreglerne være tilstrækkelig, så længe hastigheden er minimum 0,7 m/s–0,8 m/s. [Vejregelrådet, 2009]

Til rørene er der valgt at bruge plastrør op til en diameter på $\varnothing 315$ mm og betonrør ved en diameter større end $\varnothing 315$ mm.

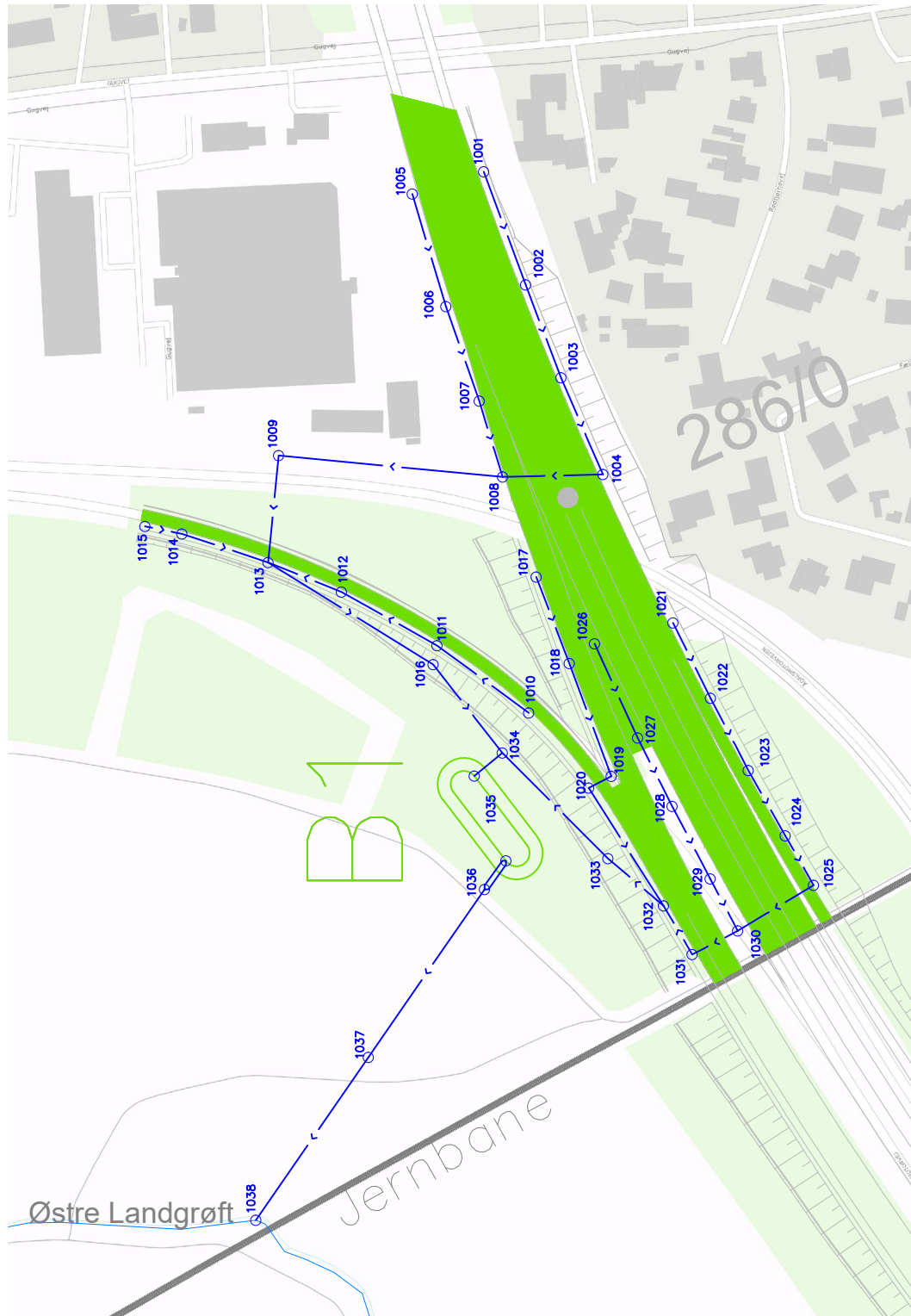
4.2 Udformning af ledningsanlæg

Område B1 er udvalgt som eksempelområde for udformning af anlæg. Område B1 er det grønne område på figur 4.1. Anlægget er udformet, således der til hver brønd tilhører et opland. Brøndene er forbundet til en hovedledning, der leder regnvandet til et bassin. Udløbet på bassinet reguleres, således der kun ledes 5 l/s til recipienten. Desuden udføres bassinet med nødoverløb.



Figur 4.1. Afvandingoplandene til tilslutningsanlægget, hvor det grønne opland, B1, vil blive dimensioneret

Det samlede ledningsanlæg er vist på figur 4.2, hvor brøndene er nummereret fra 1001 til 1038. Det angives desuden med pile på ledningen, hvilken vej regnvandet ledes. Koter og arealer til brøndene er vist i tabel 4.1.



Figur 4.2. Tegningen viser opbygningen af afvandingsanlægget med angivelse af ledninger med retning på faldet og nummeret brønde

Brønd Nr.	Koordinater		Dækselkote	Afvandingsareal	Anm.
	X	Y	[m]	[ha]	
1001	395 443,2	1 321 080,4	19,5	0,0413	
1002	395 400,2	1 321 064,4	18,25	0,0481	
1003	395 364,8	1 321 051,0	17	0,0512	
1004	395 327,9	1 321 035,0	16	0,0778	
1005	395 434,7	1 321 107,6	19,5	0,0526	
1006	395 391,9	1 321 094,8	18,25	0,054	
1007	395 355,9	1 321 082,1	17	0,0627	
1008	395 327,0	1 321 073,2	16,65	0,0768	
1009	395 335,1	1 321 158,5	9	0	
1010	395 237,2	1 321 063,2	12,53	0,0188	
1011	395 262,8	1 321 098,1	11,9	0,0156	
1012	395 283,2	1 321 134,6	10,78	0,0183	
1013	395 294,4	1 321 162,5	9,58	0,0182	
1014	395 305,3	1 321 195,3	8,86	0,011	
1015	395 308,2	1 321 209,4	8,43	0,0066	
1016	395 255,5	1 321 099,6	9	0	
1017	395 289,0	1 321 060,4	15,87	0,0254	
1018	395 256,0	1 321 047,7	14,89	0,0291	
1019	395 213,0	1 321 031,8	13,13	0,0553	
1020	395 208,5	1 321 040,4	12,68	0,0177	
1021	395 271,4	1 321 008,3	14,32	0,0675	
1022	395 242,8	1 320 993,9	13,42	0,0498	
1023	395 215,2	1 320 979,5	12,56	0,0492	
1024	395 190,4	1 320 965,5	11,67	0,0523	
1025	395 171,5	1 320 954,7	10,82	0,0522	
1026	395 263,5	1 321 038,2	15	0,0887	
1027	395 227,7	1 321 021,8	13,95	0,0607	
1028	395 201,6	1 321 008,6	13,14	0,0591	
1029	395 173,9	1 320 994,1	12,35	0,0647	
1030	395 154,1	1 320 983,6	11,76	0,0642	
1031	395 145,1	1 321 000,9	11,46	0,0365	
1032	395 163,7	1 321 011,9	12,23	0,0433	
1033	395 181,6	1 321 033,0	8,5	0	
1034	395 221,9	1 321 073,3	5,5	0	
1035			4,5		Bassin
1036	395 169,9	1 321 080,1	5		
1037	395 106,0	1 321 124,3	5		
1038	395 044,0	1 321 167,2	2,31		Udløb Recipient

Tabel 4.1. Tabel med placering og kote på alle brønde, samt evt. tilhørende opland til brønd

Nummer 1035 er ifølge ovenstående tabel bassinet, og recipienten har nummer 1038. Recipienten for anlægget er Østre Landgrøft, og tabel 4.2 angiver kote og placering af udløb. Ifølge udbudsmaterialet skal udløbet desuden placeres 30 cm over regulativ koten [Rambøll, 2013].

Afvandingsopland, bassin B1		
Recipient	Østre Landgrøft	
Udløbskoordinater	395 044,0	1321 167,2
Regulativ kote	2,01 m	
Udløb over regulativbund	30	cm

Tabel 4.2. DKT M2 og DVR90

4.3 Dimensionering af ledninger

Selve ledningerne dimensioneres efter vejreglerne, hvoraf det fremgår, at den hydrauliske kompleksitet og dokumentationsniveau skal vurderes. Den hydrauliske kompleksitet vurderes, jf. vejreglerne, at være ukompliceret, da anlægget kun består af ledninger, brønde og åbne bassiner [Vejreglerrådet, 2009]. Desuden vurderes det, jf. vejreglerne, at dokumentationsniveauet er normalt. Det skal derfor dokumenteres med stuvningsprofiler, at der inden for gentagelsesperioden ikke forekommer stuvning til kritisk kote. Der står dog, at ledningerne indledningsvis kan dimensioneres efter lempet krav. Der dimensioneres derfor efter lempede krav i denne del, mens eftervisning efter normale dokumentationskrav udføres og forefindes i del III af denne rapport.

Dimensionering efter lempet dokumentationskrav betyder, at der benyttes rationel metode og en kasseregning til dimensioneringen.

4.3.1 Vandmængder

Der skal ifølge vejreglerne dimensioneres med en 10 min regn med en gentagelsesperiode på T=2 år og Årsmiddelnedbøren. Regnintensiteten kan derpå udregnes med spildevandskomiteens regneark fra Skrift 30, *regionalregnrække ver 4.0*. Dette giver en 10 min regnintensitet på 1401/(s · ha). Årsmiddelnedbøren fås ud fra ETRS89 /UTM zone 32N koordinaterne på området, som er E 555483.2 og N 6318607. Denne regn vil blive brugt indtil afstrømningstiden i et punkt er større end 10 min, herefter regnes en ny som er lig med afstrømningstiden.

4.3.2 Sikkerheds- og korrektionsfaktorer

For at tage højde for de usikkerheder, der må ligge i de anvendte beregningsmetoder eller datasæt samt usikkerheden på fremtidens regn anvendes nogle sikkerheds- og korrektionsfaktorer. Faktorerne følger de angivet i *Spildevandskomiteens skrift 30* og indeholder fire faktorer, der ganget sammen giver en samlet faktor, $f_{sikkerhed}$, jf. formel 4.1

$$f_{sikkerhed} = f_{regnserie} \cdot f_{klima} \cdot f_{fortætning} \cdot f_{model} \quad (4.1)$$

$f_{regnserie}$	Korrektionsfaktor ved brug af historiske regnserie
f_{klima}	Klimafaktor jf. Spildevandskomiteens skrift 30
$f_{fortætning}$	Sikkerhedsfaktor i forhold til en evt. stigning i befæstelsesgrad jf. Spildevandskomiteens skrift 27
f_{model}	Sikkerhedsfaktor i forhold til usikkerheden på den hydrauliske model til afløbssystemet.

Denne sikkerhedsfaktor ganges på den dimensionsgivende vandføring, Q_{dim} , og kan regnes med udtrykket i formel 4.2.

$$Q_{dim} = \varphi \cdot F \cdot i(t_f) \cdot f_{sikkerhed} = F_{red} \cdot i(t_f) \cdot f_{sikkerhed} \quad (4.2)$$

φ	Afløbskoefficient	$[-]$
F	Oplandets areal	$[ha]$
$i(t_f)$	Koncentrationstiden som funktion af regnintensiteten	$[l/s]$
F_{red}	Det befæstede/reducerede areal	$[ha]$

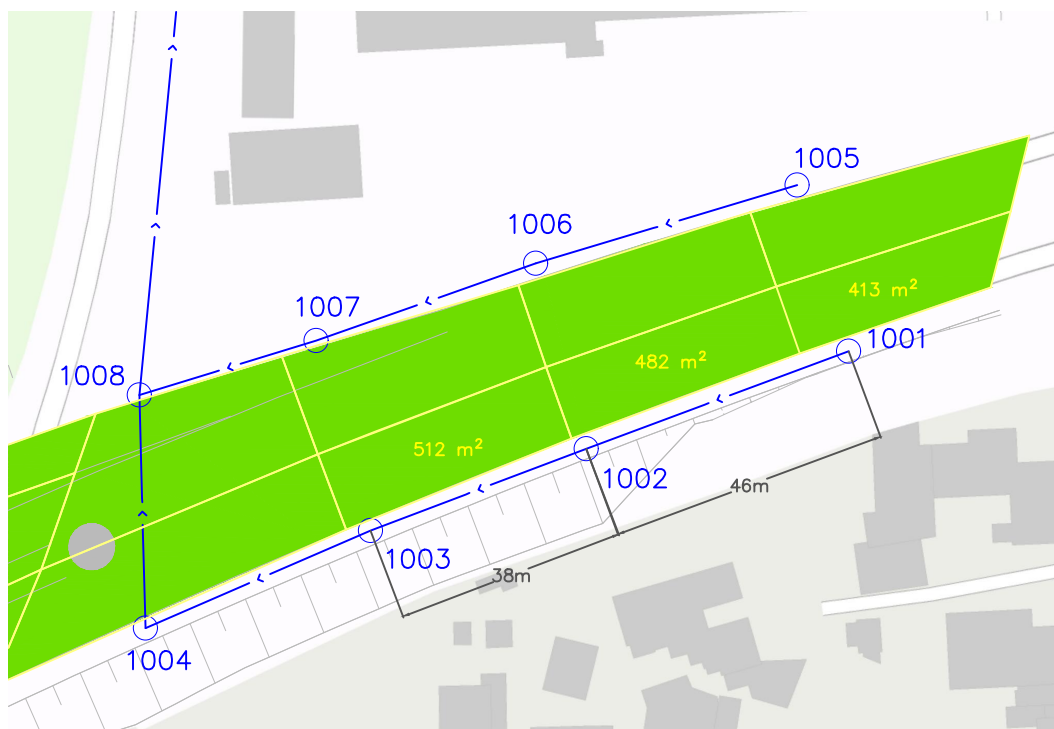
Ud fra vejledningerne i *SVK, skrift 30* er faktorerne fastsat og fremgår af tabel og den samlede faktor, $f_{sikkerhed}$, giver 1,43

$f_{regnserie}$	1,0
f_{klima}	1,1
$f_{fortætning}$	1,0
f_{model}	1,3
$f_{sikkerhed}$	1,43

Tabel 4.3. Sikkerheds- og korrektionsfaktorer for detailprojektet

4.3.3 Rørdimensionering

Der bruges rationel metode til at finde den dimensionsgivende vandføring og derefter regnes den nødvendige minimumsdiameter ved at bruge kontinuitetsligningen. Til eksempel regnes en del af rørende i afvandingsanlægget. Figur 4.3 viser denne del, hvor beregningerne udføres med oplandsarealer og ledningslængder. Afløbskoefficienten, φ , sættes til 1,0, da arealerne kun består af befæstet vej.



Figur 4.3. Udsnit af det grønne opland, hvor de gule linjer markerer hvilken del af vejen, der hører til hvilken brønd

Ledningstrækning 1001-1002

Den dimensionsgivende vandføring, Q_d , for det første areal regnes med formel 4.3. Da der endnu ikke er nogle ledninger regnes den ud fra det afstrømmede areal og overfladeafstrømningstiden. Denne vurderes til 5 min i følge *vejreglerne*. Så længe koncentrationstiden er mindre end 10 min, vil 10 min blive brugt som koncentrationstid, og regnintensiteten bliver derfor $140 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$ ud fra afsnit 4.3.1, Vandmængder.

$$\begin{aligned} Q_{d,1001} &= \varphi_1 \cdot F_{1001} \cdot i(t_{f,1001}) \cdot f_{\text{sikkerhed}} \\ &= 1,0 \cdot 0,0413 \text{ ha} \cdot 140 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha}) \cdot 1,43 = 8,3 \text{ l/s} = 0,0083 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned} \quad (4.3)$$

Rørdimensionen regnes efterfølgende ved Manningformlen og kontinuitetsligningen, hvor rørdimensionen først gættes og efterfølgende justeres, således forholdet mellem Q_d og Q_{fuld} er mindre end en. Tabel 4.4 viser hovedtallene ved beregningen, hvor det fremgår at Q_d/Q_{fuld} er 0.31.

Rørdimension, 1001-1002		
Rør, Plast	160	mm
Indvendig rørdiameter	151	mm
Fald, I	0,027	m/m
Hydraulisk radius, R	0,0378	m
Ækvivalent sandruhed, k	0,001	m
Manningtal, M	80	m ^{1/3} /s
Gyldighedsområde		
$0,0033 < k/R < 0,21$	0,002 65	
Vandets Hastighed, V	1,49	m/s
Vandføring, Q_{fuld}	0,0267	m ³ /s
$Q_{d,1001}/Q_{fuld}$	0,31	—

Tabel 4.4. Beregning af drosselledning med Manningformelen

Kapaciteten i røret er dog ikke fuld udnyttet, men da vejreglerne fastsætter mindste dimensionen til 160 mm, bliver dimensionen på røret 160 mm, og næste ledning kan regnes.

Ledningsstrækning 1002-1003

For denne ledningsstrækning skal der regnes en ny koncentrationstid, $t_{f,1002-1003}$, hvor ledningsstrækning 1001-1002 indgår.

$$t_{f,1002-1003} = t_{fo,1002} + t_{fr,1001-1002} \quad (4.4)$$

$$= 5 \text{ min} \cdot 60 \text{ s/min} + \frac{L_{1001-1002}}{V_{1001-1002}} = 300 \text{ s} + \frac{46 \text{ m}}{1 \text{ m/s}} = 346 \text{ s} \quad (4.5)$$

Her er koncentrationstiden også under 10 min og derfor regnes denne ledning på samme vis som ovenfor, hvilket giver $d_{rør,1002-1003} = 160 \text{ mm}$ med $Q_d/Q_{fuld} = 0,61$. Resultaterne af alle rør er angivet i tabel 4.5 nedenfor.

Ledningernes fald er beregnet ved at dividere forskellen i bundløbskoterne med længden af ledningen. Herefter er der justeret på bundløbskoterne for at tilpasse faldet. Derpå er det muligt at beregne hastigheden i ledningerne.

Fra nr.	Bundløbskote [m]	Dimension [mm]	Længde [m]	Fald [m/m]	Bundløbskote [m]	Til nr.	Q_d/Q_{fuld}
1001	18,34	PL160	46	0,027	17,09	1002	0,31
1002	17,09	PL160	38	0,033	15,84	1003	0,61
1003	15,81	PL200	40	0,025	14,81	1004	0,61
1004	14,76	PL250	38	0,009	14,41	1008	0,87
1005	18,34	PL160	45	0,028	17,09	1006	0,39
1006	17,09	PL160	38	0,033	15,84	1007	0,73
1007	15,81	PL200	30	0,038	14,66	1008	0,60
1008	11,91	PL250	86	0,048	7,76	1009	0,80
1009	7,69	PL315	41	0,010	7,27	1013	0,93
1010	11,37	PL160	43	0,015	10,74	1011	0,19
1011	9,74	PL160	42	0,020	8,92	1012	0,30
1012	8,82	PL160	30	0,013	8,42	1013	0,56
1015	7,27	PL160	14	0,012	7,10	1014	0,07
1014	6,80	PL160	35	0,011	6,42	1013	0,21
1013	6,27	PL315	74	0,015	5,19	1016	0,93
1016	5,19	PL315	43	0,023	4,19	1034	0,74
1017	14,71	PL160	35	0,028	13,73	1018	0,19
1018	12,73	PL160	46	0,023	11,67	1019	0,44
1019	11,64	PL200	10	0,015	11,49	1020	0,62
1020	11,44	PL250	53	0,010	10,89	1032	0,48
1021	13,16	PL160	32	0,028	12,26	1022	0,50
1022	12,26	PL160	31	0,028	11,40	1023	0,87
1023	11,37	PL200	28	0,032	10,48	1024	0,64
1024	10,48	PL200	22	0,039	9,63	1025	0,77
1025	9,51	PL315	34	0,008	9,25	1030	0,63
1026	13,76	PL250	39	0,027	12,71	1027	0,21
1027	12,71	PL250	29	0,028	11,90	1028	0,34
1028	11,83	PL315	31	0,032	10,84	1029	0,24
1029	10,84	PL315	22	0,018	10,45	1030	0,42
1030	9,20	B400	20	0,010	9,00	1031	0,60
1031	9,00	B400	22	0,010	8,77	1032	0,62
1032	8,27	B400	28	0,044	7,04	1033	0,38
1033	5,04	B400	57	0,018	4,04	1034	0,61
1034	4,04	B400	26	0,021	3,50	1035	0,94

Tabel 4.5. Tabellen indeholder resultatet af rørdimensioneringen med dimension, længde og fald. Hvor PL står for plast og B for beton i dimension.

De to sidste ledninger i tabel 4.5 er regnet med Manning formelen, hvor den dimensionsgivende vandføring er regnet som indløb=udløb.

Udformning af bassin 5

Bassinet vil blive anlagt som et åbnet og vådt bassin. Det vil blive udformet ifølge vejreglerne. Afløb fra bassinet reguleres med drosselledning og nødoverløb fra udløbsbygværket.

5.1 Antagelser og forudsætninger

Oplandet til bassinet er det befæstede areal til område B1, hvilket omfatter 1,28 ha.

Der må udledes $1\text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$ til recipienten, hvis dette resulterer i under $5\text{ l}/\text{s}$ regnes der dog med $5\text{ l}/\text{s}$.

5.2 Beregning af bassinvolumen

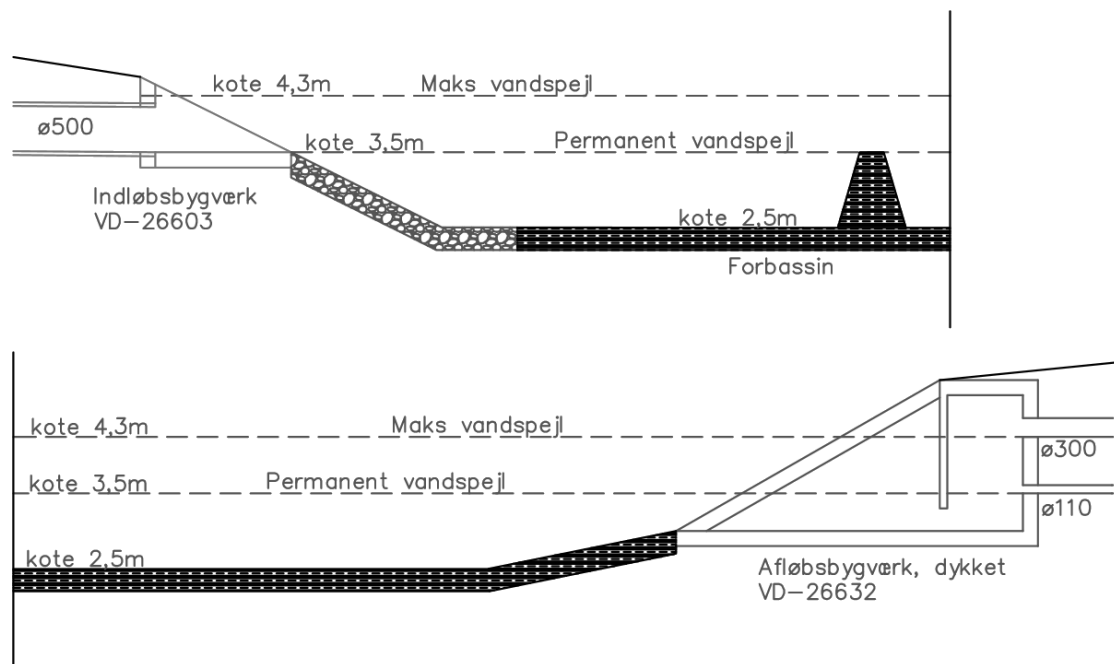
Til at regne bassinvolumen benyttes *SVK, skrift 30* regneark med samme UTM koordinater som tidligere; E 555483.2 og N 6318607. Gentagelsesperioden for bassinet er 25 år og sikkerhedsfaktoren er 1,43 i følge afsnit 4.3.2. Den hydrologisk reduktionsfaktor er 1 og den afskærende ledningskapacitet er $5\text{ l}/\text{s}$. Dette giver, jf. regnearket, et stuvningsvolumen på 1111 m^3 .

5.3 Bassinets geometri

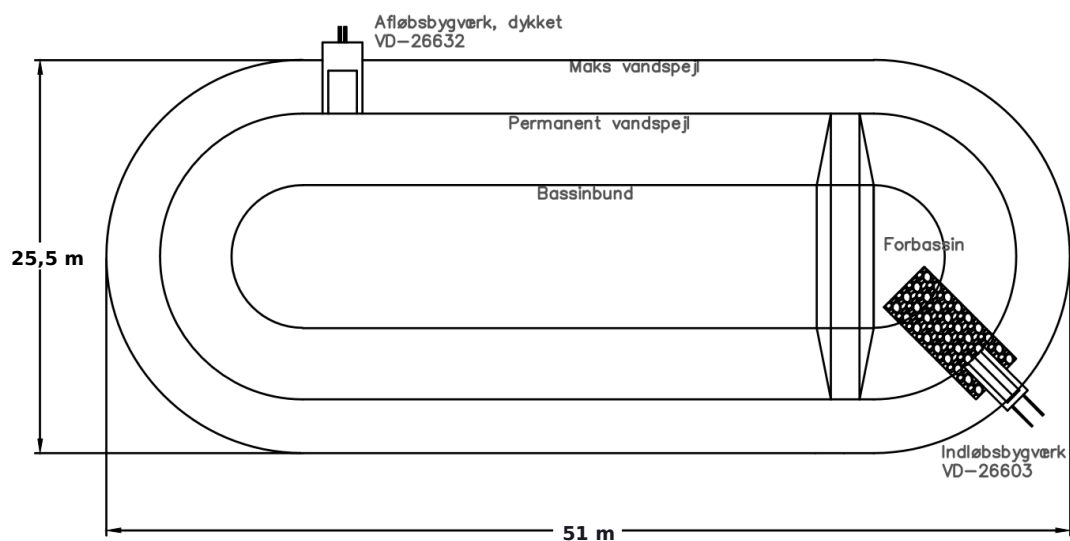
Bassinet dimensioneres efter følgende forudsætninger, jf. vejreglerne:

- Længde 2 til 4 gange bredden
- Permanent vandspejl 1 m
- To-delt bassin, hvor første del fungerer som sandfang, $20\text{ m}^2/\text{ha}$
- Anlæg 5
- Dykket afløb
- Et våd volumen på $250\text{ m}^3/\text{ha}$

Derudover vil bassinet få en stuvningshøjde på 0,80 m. Der er ud fra disse kriterier designet et bassin. Tværsnit og plantegning er vist herunder.



Figur 5.1. Principskitse af tværprofilet af bassinet med koter angivet.



Figur 5.2. Principskitse af planet af bassinet med længde og bredde mål angivet

Det er regnet om bassinet overholder kriterierne. Resultatet sammen med det tilhørende kriterie er angivet i tabel 5.1.

Bassindimensionering				
Opland	1,28	ha		
Overfladeareal, maks stuvning	1810	m ²		
Overfladeareal, permanent	993	m ²		
	Nødvendigt		Projekteret	
Sandfang, 20 m ³ /ha	26	m ³	65	m ³
Permanentvådvolumen, 250 m ³ /ha	320	m ³	667	m ³
Stuvningsvolumen	1111	m ³	1130	m ³

Tabel 5.1. Tabellen angiver det nødvendige og det projekteret volumen i bassinet

5.4 Dimensionering af afløb fra bassin

Afløbet fra bassinet udføres med drosselledning og nødoverløb i et bygværk og begge føres til en brønd, hvor de samlet løber videre til udløb i recipienten. Drosselledningen udføres på simpel vis ved at begrænse røredimension og fald, således fuldløbende rør ikke overstiger det i udledningstilladelsen. Oplandet til bassinet udgør mindre end 5 ha, og det giver en maksimal udledning fra bassinet på 5 l/s i følge afsnit 5.1. Røret er valgt som et 110 mm med en indvendig diameter på 104 mm. Resultatet af beregningen fremgår af tabel 5.2 og er regnet ved brug af Manningformelen og kontinuitetsligningen.

Drosselledning		
Maks udledning for bassin	5	l/s
Rør, Plast	110	mm
Længde	15	m
fald	0,007	m/m
Hydraulisk radius R	0,026	m
ækvivalent sandruhed, k	0,001	m
Manningtal	80	
Gyldighedsområde		
$0,0033 < k/R < 0,21$	0,0385	
Vandets Hastighed, V	0,58	m/s
Vandføring, Q_{fuld}	0,005	m ³ /s
	4,9	l/s

Tabel 5.2. Beregning af drosselledning med Manningformelen

Den ækvivalente sandruhed er sat til 0,001 m jf. vejreglerne og dermed er gyldighedsområdet for Manningformlen opfyldt. Det 110 mm rør har dermed en fuldtløbende vandføring på 4,9 l/s

Nødoverløbet dimensioneres ligeledes med Manningformelen og kontinuitetsligningen. Den nødvendige vandføring regnes som forskellen mellem indløbsvandføring og drosselledningsvandføring. Det fremgår af tabel 5.3 at ved brug af to ø315 mm plastrør opnås den ønskede vandføring. Den indvendige diameter for røret er 297 mm.

Nødoverløb		
Udledning	0,269	l/s
Rør, Plast	315	mm
Længde	15	m
Fald, I	0,037	m/m
Hydraulisk radius, R	0,074 25	m
ækvivalent sandruhed, k	0,001	m
Manningtal, M	80	m ^{1/3} /s
Gyldighedsområde		
$0,0033 < k/R < 0,21$	0,0135	
Vandets Hastighed, V	2,73	m/s
Vandføring, Q_{fuld}	0,189	m ³ /s
2x Vandføring	0,379	m ³ /s

Tabel 5.3. Beregning af overløb ved brug af Manningformelen

På lignede måde er ledningen resten af vejen ud til recipienten regnet, hvilket giver et ø500 rør, når ledningen skal kunne fungere som nødoverløb.

Del III

Eftervisning af ledningsanlæggets funktion

Modellering med Mike

Urban

6

Til at eftervise funktionen af afvandingssystemet bruges simuleringsprogrammet Mike Urban fra DHI. Programmet integrerer computermodel og GIS, hvilket giver mulighed for at opbygge modeller med både fysisk geometri og hydrologiske parametre. MOUSE er computermodellen i Mike Urban og bruges til analyse af afløbssystemer og kan regne på alle dele af afløbssystemet.

Mike Urban deler modelleringen op i to. Først regnes de mængder regn, der falder på overfladen og som når frem til afløbssystemet. Efterfølgende regnes afstrømningen i ledningerne. Mike Urban kan desuden regne på stoftransport, kemiske og biologiske processor og langtidsstatistik. Med Mike Flood er det desuden muligt at regne på vand på overfladen.

Dette projekt vil bruge Mike Urban til at analysere funktionen af detailprojektet og til eftervisning af, at dimensioneringen overholder nævnte krav fra *vejreglerne*. Desuden udføres en langtidssimulering med en historisk regnserie. Resultatfilerne til alle simuleringer er vedlagt på bilags CD'en.

6.1 Antagelser og forudsætninger

Der benyttes i Mike Urban tid/areal metoden, der i programmet benævnes overflademodel A. Til detailprojekt er brugt rationel metode, hvilket er en forsimplet udgave af tid/areal metoden.

Den samlede sikkerhedsfaktor fra afsnit 4.3.2 forbliver på 1,43 under simuleringerne med undtagelse af de historiske simuleringerne, hvor der ikke anvendes sikkerhedsfaktor. Sikkerhedsfaktor indsættes af praktiske årsager som parameteren hydrologisk reduktionsfaktor, da denne ligeledes skal ganges på regnintensiteten. Den hydrologisk reduktionsfaktor antages at være 1, da alle dele af oplandets arealer er befæstede og derfor bliver den samlede '*hydrologisk reduktionsfaktor*' = 1,43.

Bassinudformningen i Mike Urban består af tre parametre: en højde og to arealer. I højden indtastes koten til de forskellige vandspejle: det permanente vandspejl og maksimal stuvningsvandspejl. Det første areal, A_c , er tværsnitsarealet vinkelret på flowretningen, mens det andet areal, A_s , er overfladearealet. Tabel 6.1 herunder viser hvilke værdier, der er brugt i denne model. Samlet giver det et bassinvolumen på 1130 m^3 ved maksimal stuvningsvolumen, hvilket stemmer overens med det fra detailprojektet.

H [m]	Ac [m^2]	As [m^2]
3,5	0	990
4,3	17,2	1810

Tabel 6.1. Parametre til brug for bassinudformning i Mike Urban

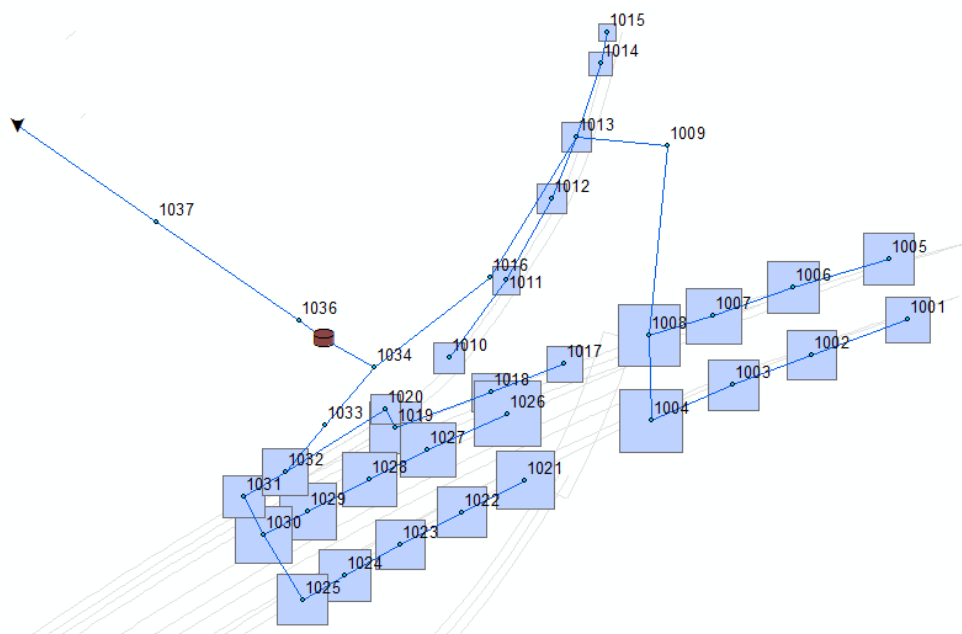
6.2 Modelopbygning

Modellen i MOUSE bygges op af tre dele: Input, Parametre og Fysisk struktur, hvor inputtet er de forskellige regnserier. De parametre, der skal bruges, når der benyttes overflademodel A, er angivet i tabel 6.2.

Parametre til overflademodel A		
Koncentrationstid	5	[min]
Initialtab	0,0006	[m]
Hydrologisk reduktionsfaktor	1,00	[–]
Sikkerhedsfaktor	1,43	[–]
Samlet hydrologisk reduktionsfaktor	1,43	[–]

Tabel 6.2. Parametre benyttet til overflademodel A

Den fysiske struktur er oplandsarealer, ledningsdimensioner, fald, koter og rørmateriale. Dette er stort set alle resultater af detailprojektet og vil indtastet i Mike Urban se ud som vist på figur 6.1.



Figur 6.1. Den fysiske struktur af detailprojektet indtastet i Mike Urban

Sammenligning af detailprojekt og model 7

Den første simulering bruges til at eftervise, at kravet til fuldtløbende rør inden for en gentagelsesperiode på 2 år overholdes. Dette gøres ved at sammenligne resultatet med det fra detailprojektet. Der blev i detailprojektet dimensioneret for fuldtløbende ledning, hvorfor det er interessant at sammenligne fyldningsgraderne for model og detailprojekt.

Der bruges en kasseregn som dimensionsgivende regn. Den dimensionsgivende regn var i detailprojekt en 10 min regn med en gentagelsesperiode på 2 år, hvilket gav en intensitet på $140\text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$. Kasseregnen er valgt for at kunne sammenligne resultatet med det fra detailprojektet.

Tabel 7.1 viser fyldningsgrad for både model og detailprojekt, og i sidste kolonne vises den relative afvigelse i forhold til detailprojektet.

Der er ingen ledninger med en afvigelse på over 10 %. Det vil sige, at modellen stemmer godt overens med detailprojektet. Der er i dette tilfælde ikke den store forskel, hvorvidt der benyttes rationel metode eller tid/areal til dimensioneringen. Til rørdimensioneringen bruges Manningformlen i begge tilfælde, hvilket også bevirker, at resultaterne er meget ens.

Det vurderes derfor, at afvandingsanlægget overholder dimensioneringskravet på maks. fuldtløbende rør inden for en gentagelsesperiode på $T=2$ år.

LinkID	From Node	To Node	Qmax/ Model	Qfuld Detail	Relativ forskel
1001-1002	1001	1002	0,311	0,310	0,4 %
1002-1003	1002	1003	0,611	0,610	0,2 %
1003-1004	1003	1004	0,605	0,613	-1,3 %
1004-1008	1004	1008	0,858	0,865	-0,8 %
1005-1006	1005	1006	0,391	0,390	0,2 %
1006-1007	1006	1007	0,733	0,727	0,8 %
1007-1008	1007	1008	0,603	0,596	1,1 %
1008-1009	1008	1009	0,85	0,804	5,7 %
1009-1013	1009	1013	0,972	0,935	4,0 %
1010-1011	1010	1011	0,191	0,192	-0,6 %
1011-1012	1011	1012	0,302	0,304	-0,8 %
1012-1013	1012	1013	0,549	0,564	-2,7 %
1013-1016	1013	1016	0,949	0,932	1,8 %
1014-1013	1014	1013	0,198	0,209	-5,2 %
1015-1014	1015	1014	0,074	0,074	-0,1 %
1016-1034	1016	1034	0,89	0,915	-2,7 %
1017-1018	1017	1018	0,19	0,188	1,2 %
1018-1019	1018	1019	0,445	0,444	0,2 %
1019-1020	1019	1020	0,619	0,618	0,1 %
1020-1032	1020	1032	0,475	0,476	-0,2 %
1021-1022	1021	1022	0,5	0,498	0,4 %
1022-1023	1022	1023	0,877	0,871	0,7 %
1023-1024	1023	1024	0,651	0,644	1,1 %
1024-1025	1024	1025	0,764	0,767	-0,4 %
1025-1030	1025	1030	0,629	0,631	-0,3 %
1026-1027	1026	1027	0,208	0,206	1,2 %
1027-1028	1027	1028	0,365	0,340	7,4 %
1028-1029	1028	1029	0,255	0,238	7,3 %
1029-1030	1029	1030	0,449	0,418	7,4 %
1030-1031	1030	1031	0,586	0,599	-2,2 %
1031-1032	1031	1032	0,608	0,621	-2,1 %
1032-1033	1032	1033	0,374	0,383	-2,4 %
1033-1034	1033	1034	0,459	0,468	-2,0 %
1034-1035	1034	1035	0,882	0,940	-6,2 %

Tabel 7.1. *Fyldningsgrader af ledningerne i både simuleringen og fra detailprojekteringen*

Eftervisning af funktion 8

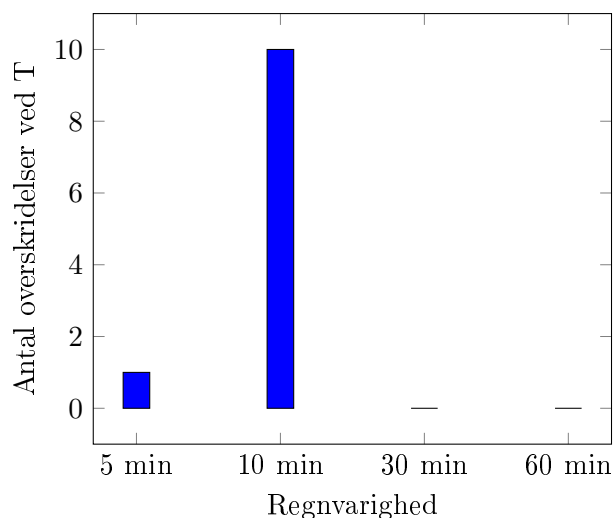
Det er en fordel at bruge programmer som Mike Urban til at eftervise funktionen af anlægget, fordi et program som Mike Urban regner både på vand i rør og opstuvning i brønde. Det giver en bedre mulighed for at vurdere, om der kommer vand på terræn under ekstremregn. Dette er ikke en mulighed med rationel metoden eller tid/areal metoden, da disse kun kan regne på rørene. Desuden er det et krav i vejreglerne, at det i normalt dokumentationsniveau skal sandsynliggøres, at der ikke forekommer opstuvning til kritisk kote ved en given gentagelsesperiode. Dette ville være meget besværligt at efterkomme, hvis ikke det var muligt at modellere.

Gentagelsesperioden for motorvej er $T=25$ år, jf. vejreglerne. Der simuleres med forskellige regnvarigheder for at finde frem til den, der er dimensionsgivende. Regnvarighederne kan sammen med intensiteterne ses i tabel 8.1. Disse er regnet med regnearket fra *Spildevandsskomitens skrift 30*. Kritisk kote er i dette projekt vurderet til at være dækselkote, da der så ikke forekommer vand på vejen.

Varighed [min]	Regnintensitet [l/(s · ha)]
5	343
10	263
30	146
60	89

Tabel 8.1. Regnvarigheder til brug i simuleringerne for at finde den dimensionsgivende regn for $T=25$ år

Der er ved simulering med de forskellige regnvarigheder fundet frem til, at det er en regn med en varighed på 10 min, der er dimensionsgivende. Samtidig viser det sig, at afvandingsanlægget ikke overholder dimensioneringskravet på stuvning til maks. kritisk kote. Figur 8.1 viser antallet af brønde med stuvning over kritisk kote.



Figur 8.1. Diagram over antallet af brønde, hvor der forekommer stuvning over kritisk kote ved de forskellige regnvarigheder

De steder, hvor der forekommer vand over kritisk kote ved en regnvarighed på 10 min, er vist i tabel 8.2. Det ses på tabellen, at der forekommer mellem 3 cm–36 cm vand på overfladen. Udbredelsen af vandet er i Mike Urban defineret som en faktor 1000 af brøndens tværsnitsareal dvs. med en brønd diameter på 1 m blive udbredelsen 3140 m^2 . Det betyder, at der ved brønd nr. 1025 kommer 1130 m^3 regnvand på overfladen. Når vandstanden igen falder vil Mike Urban lede regnvandet tilbage til den brønd det kom fra.

Node	Maximum [m]	Ground Level [m]	Ground Level - Maximum [m]
1022	13,67	13,42	−0,25
1023	12,63	12,56	−0,07
1024	11,94	11,67	−0,27
1025	11,18	10,82	−0,36
1009	9,08	9	−0,08
1015	8,67	8,43	−0,24
1004	16,17	16	−0,17
1003	17,06	17	−0,06
1006	18,32	18,25	−0,07
1002	18,28	18,25	−0,03

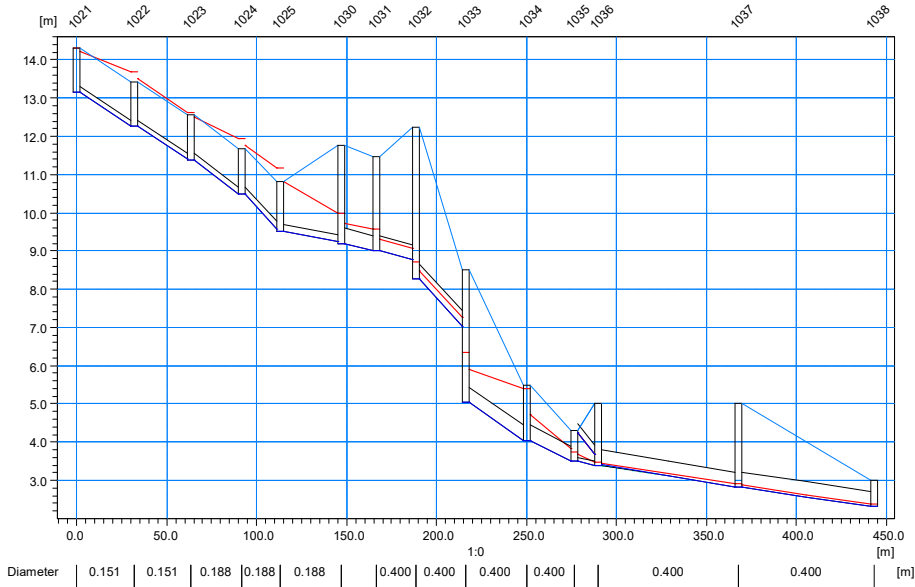
Tabel 8.2. Brønde hvor kritisk kote er overskredet. Der er i appendiks B en tabel med angivelse af alle stuvningskoter

Til at afhjælpe opstuvningen øges rørdimensionen af de berørte brønde og ledninger. Hvilke ledninger, der ændrer rørdimension fremgår af tabel 8.3. Her er vist mellem hvilke brønde, ledningen er placeret og henholdsvis den gamle og den nye rørdimension.

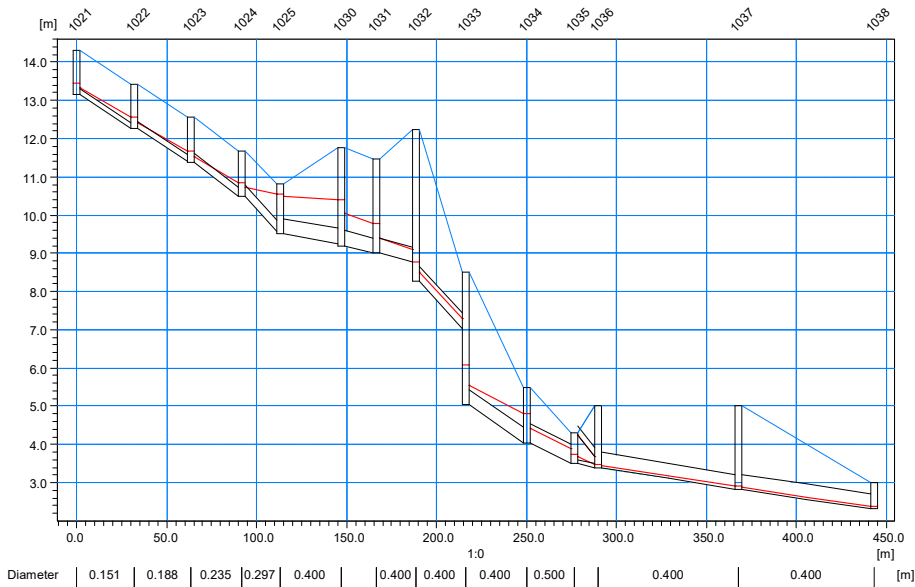
Brønd nr.		Dimension [mm]		Ny dimension [mm]
Fra	Til			
1002	1003	PL160	→	PL200
1003	1004	PL200	→	PL250
1004	1008	PL250	→	PL315
1005	1006	PL160	→	PL200
1006	1007	PL160	→	PL200
1007	1008	PL200	→	PL250
1008	1009	PL250	→	PL315
1009	1013	PL315	→	B400
1013	1016	PL315	→	B400
1015	1014	PL160	→	PL200
1016	1034	PL315	→	B400
1022	1023	PL160	→	PL200
1023	1024	PL200	→	PL250
1024	1025	PL200	→	PL315
1025	1030	PL315	→	B400
1034	1035	B400	→	B500

Tabel 8.3. De berørte ledninger, hvor rørdimensionen ændres, hvor rørmaterialet er angivet ved *plast(PL)* og *beton(B)*

Derefter simuleres igen, hvorefter der ikke længere forekommer stuvning til kritisk kote. Figur 8.2 viser en længdeprofil af de ledninger, hvor opstuvningen er værst før ændring af rørdimensionen. På figur 8.3 vises samme ledningstræk efter simulering med nye rørdimensioner.



Figur 8.2. Længdeprofil af en del af afvandingssystemet fra brønd 1021 til recipient. Den røde linje markerer den maksimale vandstand og ud fra det ses, at der kommer vand på terræn flere steder



Figur 8.3. Samme længdeprofil som ovenfor, men her er der ændret på rørdimensionerne, således der ikke længere forekommer vand på terræn. Den røde linje markerer den maksimale vandstand

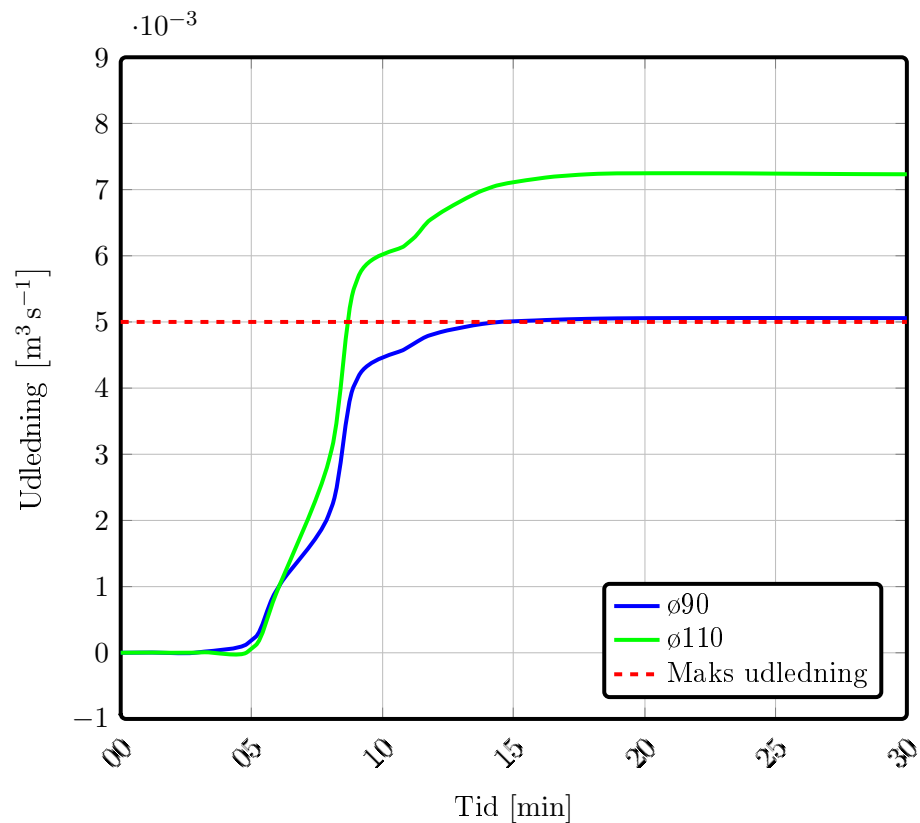
Det er dokumenteret, at der ikke forekommer stuvning til dækselkote, hvormed vejreglernes dimensioneringskrav er opfyldt. Resultatet er vist i tabel 8.4, hvor kote for opstuvning og kritiske koter til hver brønd er angivet.

Node	Maximum [m]	Ground Level [m]	Ground Level - Maximum [m]
1021	13,46	14,32	0,86
1022	12,57	13,42	0,85
1023	11,68	12,56	0,88
1024	10,86	11,67	0,81
1025	10,55	10,82	0,27
1030	10,39	11,76	1,37
1029	11,2	12,35	1,15
1031	9,79	11,46	1,67
1028	12,13	13,14	1,01
1032	8,77	12,23	3,46
1027	13,03	13,95	0,92
1020	11,81	12,68	0,87
1033	6,08	8,5	2,42
1026	13,98	15	1,02
1019	12,22	13,13	0,91
1034	4,82	5,5	0,68
1018	13,07	14,89	1,82
1035	3,73	4,3	0,57
1016	5,73	9	3,27
1017	14,83	15,87	1,04
1036	3,48	5	1,52
1013	6,89	9,58	2,69
1037	2,9	5	2,1
1009	8,25	9	0,75
1012	9,07	10,78	1,71
1014	6,96	8,86	1,9
1038	2,37	3	0,63
1008	12,31	16,65	4,34
1011	9,91	11,9	1,99
1015	7,33	8,43	1,1
1004	15,19	16	0,81
1007	16,08	17	0,92
1010	11,5	12,53	1,03
1003	16,13	17	0,87
1006	17,34	18,25	0,91
1002	17,32	18,25	0,93
1005	18,51	19,5	0,99
1001	18,51	19,5	0,99

Tabel 8.4. Resultatet af simuleringen efter de ændrede rør dimensioner

8.1 Udledning fra bassin

Det skal derudover eftervises, at der ikke udledes mere end 5 l/s til recipienten, som det er angivet i detailprojektet. Figur 8.4 viser udledningen fra bassinet ved simulering med to forskellige rørdimensioner. 110 mm røret fra detailprojektet udleder mere end det maksimalt tilladelige. Røret er efterfølgende blevet reduceret til 90 mm, desuden er faldet øget fra 7 ‰ til 22 ‰ for på den måde at overholde udledningskravet. Alternativt kan drosselningen udskiftes med en vandbremse for på den måde at overholde udledningskravet.

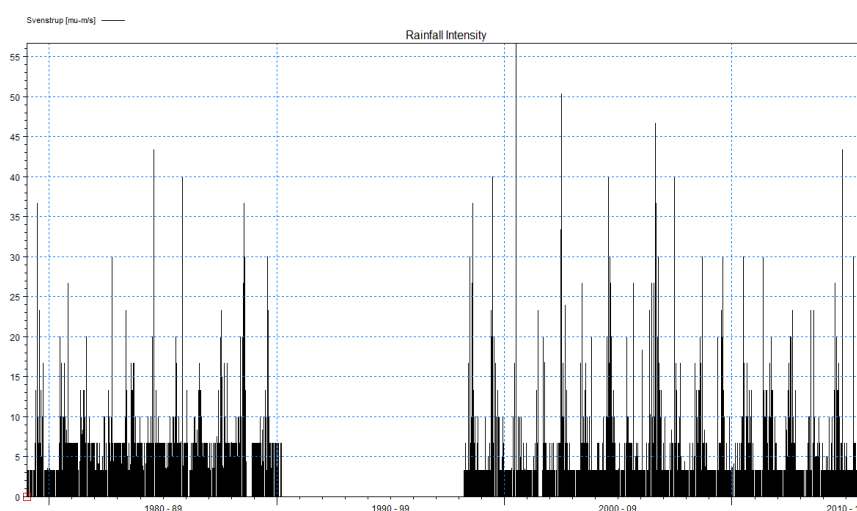


Figur 8.4. Udledningen fra bassinet ved to forskellige rørdimensioner

Simulering med historisk regnserie 9

Der bruges MOUSE LTS til at simulere historisk regn på afvandingsanlægget. Ved at simulere med historiske regnserier er der muligt at se, hvordan anlægget fungerer under normale forhold. Det er f.eks. ikke altid, at anlægget er tomt fra den ene regnhændelse til den næste. Dette betyder ikke så meget for selve ledningssystemet, da dette ofte vil være tomt inden for tidsrummet nogle timer til få dage. Bassinet derimod kan være flere dage eller uger om at vende tilbage til permanent vandspejl. MOUSE LTS simulering er derfor især god til at vurdere, hvordan bassinet vil fungere under forskellige regnforhold.

Til MOUSE LTS simuleringen i dette projekt vil regnen fra Svenstrup serien blive brugt. Denne bruges fordi den geografisk ligger meget tæt på tilslutningsanlægget. Serien går fra jan. 1979 til nov. 2015, hvor der dog ikke er noget regndata fra 1990 til 1998, som det er vist på figur 9.1.



Figur 9.1. Svenstrup serien med en måleperiode fra jan. 1979 til nov. 2015. Det ses, at målestationen var inaktiv i en periode i 1990'erne.

Dette giver serien en samlet observationsperiode på 28 år, hvilket er nok til at dække gentagelsesperioden fra dimensioneringen, der er på 25 år. Observationsperioden er dog for kort til at vurdere om den største forekommende regn svarer til en gentagelsesperiode på 25 år. Den kunne f.eks. være en 50 eller 100 års regn i stedet.

Der skal til simuleringen genereres en jobliste, der indeholder regnhændelserne til brug i

simuleringen. For ikke at tage alle hændelser med sættes en grænse, således alle hændelser større end 5 mm medtages. Denne grænseværdi udregnes med formel 9.1 med parametrene fra tabel 9.1. Joblisten bliver på 121 jobs med en grænseværdi på $0,1035 \text{ m}^3/\text{sek}$

Befæstet areal:	1,36	ha
Reduktionsfaktor	1,0	—
Regndybde, minimum	5	mm
Varighed	10	min

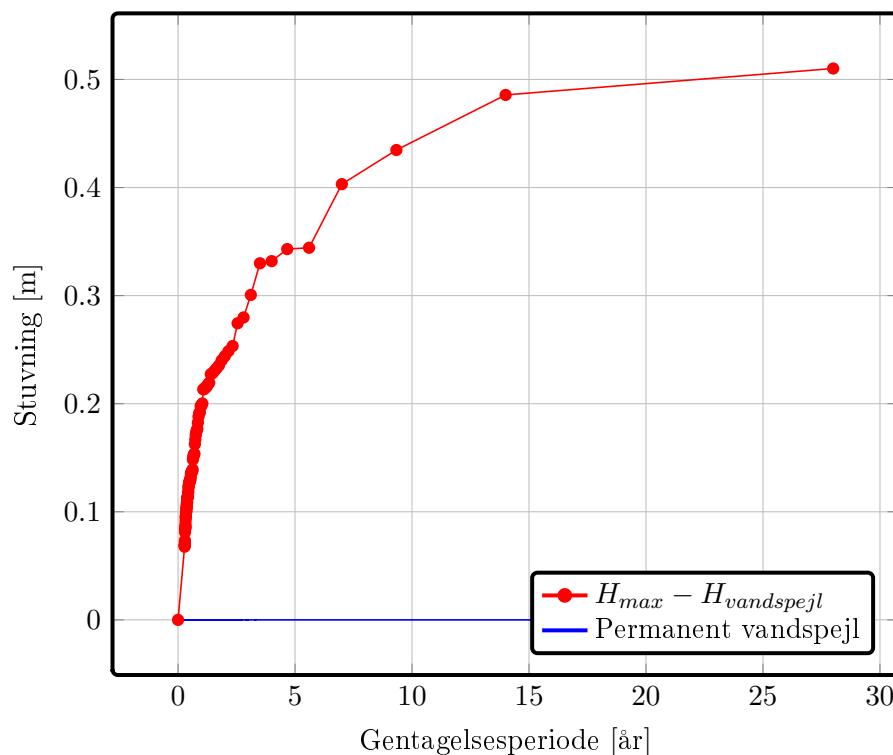
Tabel 9.1. Parametre til kriterie for udvælgelse af hændelser i LTS

$$\frac{\frac{5 \text{ mm}}{1000 \text{ mm/m}} \cdot 1,36 \text{ ha} \cdot 10000 \text{ m}^2/\text{ha} \cdot 1,0}{10 \text{ min} \cdot 60 \text{ sek/min}} = 0,1035 \text{ m}^3/\text{sek} \quad (9.1)$$

Der benyttes ikke initial- eller stopkriterier i simuleringen.

9.1 Resultat - bassinfunktion

Figur 9.2 viser resultatet af LTS-simuleringen for bassinet. Her fremgår det, at det med den dimensionerende gentagelsesperiode på 25 år giver en opstuvning på 0,5 m. Den maksimale stuvning i bassinet er 0,8 m, så der er stadig kapacitet tilbage i bassinet.

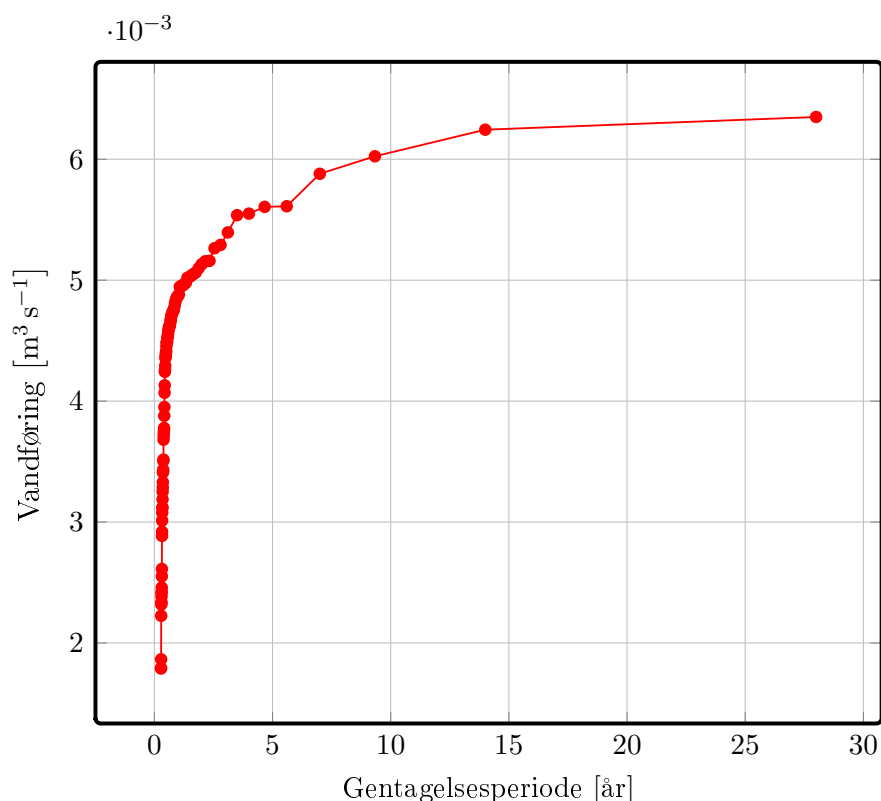


Figur 9.2. Gentagelsesperioder for stuvningen i bassinet

Dette stemmer overens med dimensioneringen, da sikkerhedsfaktoren ikke indgår i den historiske regnserie. Sikkerhedsfaktoren på 1,43 vil øge bassinets og ledningernes kapacitet med $\sim 40\%$.

9.2 Resultat - udledning til recipient

Vandføringen på afløbet af bassinet er også målt i forhold til gentagelsesperioden og er vist på figur 9.3. Af figuren fremgår det, at gentagelsesperioden, hvor vandføringen overstiger 5 l/s , er 1 år. Recipienten vil altså en gang om året få tilført mere vand end i forhold til dimensioneringen.

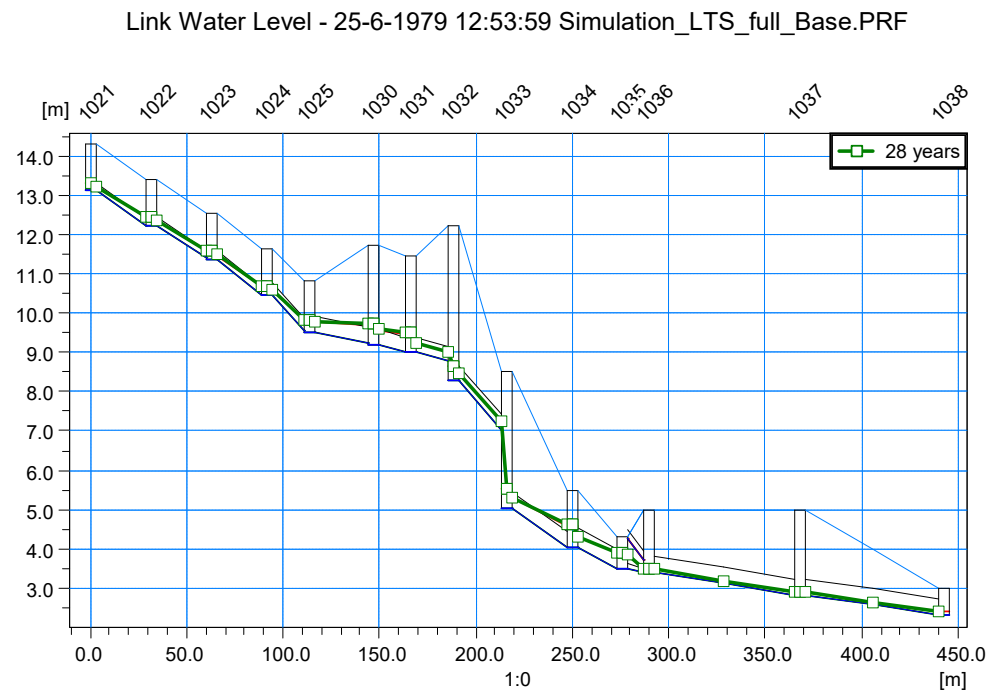


Figur 9.3. Gentagelsesperioder for stuvningen i bassinet

Det er dog en begrænset overskridelse af vandføring, da den først ved en gentagelsesperiode på 10 år kommer over 6 l/s . Der er heller ikke tale om en decideret aflastning af bassinet, da dette først sker, når bassinet er fuldt. Løsningen kan være at reducere faldet på ledningen, og hvis dette ikke er tilstrækkelig, kan rørdiameteren reduceres. Der kan istedet indsættes en vandbremse, hvis det vurderes at rørdimensionen bliver for lille til at rense.

9.3 Resultat - afvandingsanlæg

Figur 9.4 viser stuvningen ved en 28 års hændelse på det ledningstykke, der rammes værst. Det sted, som kommer tættest på, er i brønd 1034, der ligger lige inden bassinet. Her står regnvandet i værste fald 0,75 m under brøndkoten. Dette var forventelig, da der ikke anvendes sikkerhedsfaktor i den historiske simulering.



Figur 9.4. Længdeprofil hvor den grønne linje angiver opstuvningen med en gentagelsesperiode på 28 år

Der er på baggrund af vejgeometrien i udbudsmaterialet og topografien af det omkringliggende terræn placeret vandskel, der inddeler tilslutningsanlægget i fem oplande. Det er sikret, at dybdepunktet er placeret højere end den recipient, der tilhører oplandet. Dette gør, at regnvandet ved gravitation kan ledes til recipienten.

Derefter er der for det nordligste område, B1, dimensioneret et hovedledningssystem. Ledningssystemet er placeret ud fra geografien, topografi og vejens geometri, således ledningerne udgør et sammenhængende system. Der er til hver brønd tilknyttet et areal, så alle dele af vejen kan afvandes ved gravitation til bassinet og videre til recipienten. Brøndene er nummeret fra 1001 til 1035 og har toppunkt i kote 19,5 m ved brønd 1001 og 1005. Dybdepunktet på vejen er placeret i kote 8,43 m, der er ved brønd nr. 1015.

Afvandingssystemet er indledningsvis dimensioneret efter lempet krav i *vejreglerne*. Dette vil sige, at kritisk kote er fuldtløbende ledning. Der er brugt rationel metode med en gentagelsesperiode på 2 år, mens Manning-formlen er benyttet til beregning af vandføringen i rørene. Bassinvolumet er regnet til 1111 m³ ved en gentagelsesperiode på 25 år. Derudover er bassinets geometri fastlagt med permanent vandspejl i kote 3,5 m, hvor også bundløb for ind- og udløb er placeret. Efterfølgende er systemets funktion eftervist ved modellering i Mike Urban. Her viste det sig, at forskellen mellem dimensioneringen og modellen var relativt små. Den største forskel er på 7,4 % på ledningerne 1027-1028 og 1029-1030.

Det blev dokumenteret ved modellering, at afvandingsanlægget kan overholde reglerne for normal dokumentation. Her blev der modelleret med forskellige regnvarigheder for at finde den dimensionsgivende regnvarighed, hvilket var regnintensitet på 263 l/(s · ha) ved en varighed på 10 min.

Det viste sig, at der var regnvand over kritisk kote 10 forskellige steder. Regnvandet stod højest i brønd nr. 1025, hvor vandet stod 36 cm over dækselkote. Rørdimensionen blev øget på de berørte ledninger, således der ikke forekommer vand over kritisk kote ved den dimensionsgivende regn. Desuden blev udledningen fra bassinet reguleret, så den overholder kravet på 5 l/s, da den ved modelleringen viste sig at være på 7 l/s. Røret blev reduceret til en ø90 og faldet blev øget til 22 ‰.

Til sidst er det ved modellering undersøgt, hvorledes afvandingsanlægget reagerer ved en historisk regnserie, hvor der ikke benyttes sikkerheds- og klimafaktor. Til modelleringen er valgt at bruge Svenstrup serien, der indeholder 28 år regn. Der forekommer ingen regnvand over kritisk kote inden for hele Svenstrup seriens periode, hverken på ledningssystemet eller bassinet. Ved den dimensionsgivende gentagelsesperiode på 25 år er vandstanden i bassin 30 cm fra overkanten. Der er ingen steder i ledningssystemet, hvor regnvandet er mindre

end 75 cm fra kritisk kote. Det viste sig dog, at vandføringen i udløbet til recipienten er 1,5 l/s over det tilladte, hvilket kan løses ved at reducere faldet på ledningen.

Litteratur

- § 3 team, Naturområdet, By- og Landskabsstyrelsen , 2009.** § 3 team, Naturområdet, By- og Landskabsstyrelsen . *Vejledning om naturbeskyttelseslovens § 3 beskyttede naturtyper*, By- og Landskabsstyrelsen, Miljøministeriet,, 2009. URL <http://naturstyrelsen.dk/media/nst/70872/1-sidet-24-6-vejled-%C2%A73.pdf>.
- Aalborg Kommune, 2015a.** Aalborg Kommune. *VVM-redegørelse, Nye vejanlæg i Aalborg Syd*, 2015. URL <http://www.aalborg.dk/media/882000/vvm-mv-nyevejanlaeg-aalborgsyd.pdf>.
- Aalborg Kommune, 2015b.** Aalborg Kommune. *Egnsplanvej*, 2015. URL <http://www.aalborg.dk/trafik-pas-og-transport/veje/aktuelle-vejprojekter/egnsplanvej>.
- Aalborg Kommune, 2013.** Aalborg Kommune. *DK-Nørresundby: Bygge- og anlægsarbejder 2013/S 114-193910*, 2013. URL <http://udbud.dk/Pages/Tenders/ShowTender?tenderid=10082>.
- Bane Danmark, 2008.** Bane Danmark. *Banenorm BN1-13-1 'Ledningsanlæg på Banedanmarks arealer'*, Bane Danmark, 2008. URL <http://www.bane.dk/db/filarkiv/5312/BN1-13-2.pdf>.
- Cowi A/S, 2009.** Cowi A/S. *Vejudbygningsplan for Aalborg-området 2009-16*, Aalborg Kommune, 2009. URL <http://www.aalborg.dk/media/394761/Baggrundsrapport2009-tillaeg.pdf>.
- Fredningsnævnet, 1998.** Fredningsnævnet. *sag. FS 44/1997 om fredning af Østerådalen i Aalborg kommune*, Naturstyrelsen, 1998. URL <http://www2.blst.dk/nfr/07930.00.pdf>. Reg. nr.: 07930.00.
- Kort- og Matrikelstyrelsen, 2005.** Kort- og Matrikelstyrelsen. *Vejledning om højdesystemet*, Miljøministeriet, 2005. URL <http://www.gst.dk/media/gst/65263/Vejledning%20om%20h%C3%B8jdesystemet.pdf>. Vejledning nr. 2 af 10. januar 2005.
- Markworth et al., 2005.** Kurt Markworth, Martin Fischer, Erik Møller, Henrik Jess Jensen, Jes Vestergaard, Svend Tøfting, Keld Schurmann og Ole W. Jensen. *Vejudbygningsplan for Aalborg-området 2005-16*, Nordjyllands Amt og Aalborg Kommune, 2005. URL <http://www.aalborg.dk/media/394770/Vejudbygningsplan-baggrundsrapport.pdf>.
- Miljøstyrelsen, 1995.** Miljøstyrelsen. *Udpegning af områder med særlige drikkevandsinteresser*, Miljø- og Energiministeriet, 1995. URL <http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/1995/87-7810-406-8/pdf/87-7810-406-8.pdf>. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr.4/1995.

- Naturstyrelsen, 2015a.** Naturstyrelsen. *Fredninger*, 2015. URL <http://naturstyrelsen.dk/naturbeskyttelse/national-naturbeskyttelse/fredninger/>.
- Naturstyrelsen, 2015b.** Naturstyrelsen. *Beskyttelse af § 3-naturtyper*, 2015. URL <http://naturstyrelsen.dk/naturbeskyttelse/national-naturbeskyttelse/beskyttede-naturtyper-3/beskyttelse-af-3-naturtyper/>.
- Rambøll, 2013.** Rambøll. *Særlige betingelser (SB)*, Aalborg Kommune, 2013. URL <https://classic.projectweb.dk/documents/PublicFolder.Asp>.
- Vejreglerådet, 2009.** Vejreglerådet. *Vejkonstruktioner - Afvandingskonstruktioner*, Vejdirektoratet, 2009. URL <http://vejregler.lovportaler.dk/>.
- Vollertsen et al., september 2008.** Jes Vollertsen, Asbjørn Haaning Nielsen og Thorkild Hvitved-Jacobsen. *Det beskidte vejvand*. Trafik og Veje, 2008.

Relevante kote for resterende vejdele

A

A.1 Opland B2

Vejdel	st.	Kote
A1	1180	5,4
	1720	11,4
A3	40	7,1
	281	5,9
	361	6,5
B1	1150	4,8
	1675	10,7
B4	0	5,8
	265	10,85
AB10	160	11,3
	209	11,9
	398	3,6
	428	3,7
	654	6,0
	660	5,9

Tabel A.1. Kritiske koter til de forskellige vejdele

A.2 Opland B3

Vejdel	st.	Kote
A1	954	5,15
	1180	5,4
A3	0	8,10
	40	7,10
A4	100	5,4
	374	7,85
A5	0	5,4
	152	7,2
	262	6,2
A6	30	7,3
	46	7,4
	115	6,10
V10	0	7,75
	197	4,7
	462	11,8

Tabel A.2. Kritiske koter til de forskellige vejdele

A.3 Opland B4

Vejdel	st.	Kote
B1	165	5,80
	1080	4,65
	1150	4,80
B2	0	4,80
	388	4,40
	823	6,60
B3	0	6,50
	640	4,70
B5	0	6,2
	92	44,8
	243	6,2
B6	0	5,9
	25	5,95
	53	5,6
	73	5,9
V10	462	11,79
	769	6,05
	920	6,4
AB10	0	6,8
	160	11,3

Tabel A.3. Kritiske koter til de forskellige vejdele

A.4 Opland B5

Vejdel	st.	Kote
A1	0	6,9
	462	5,15
	955	4,8
B1	0	7
	165	5,8
B4	0	5,3
	100	5,4

Tabel A.4. Kritiske koter til de forskellige vejdele

Udvalgte resultater fra simuleringerne

B

Her er udvalgte resultater af simuleringerne, alle resultater fra simuleringerne forefindes på bilags CD'en under 03 Mike Urban Model.

Simulering med system fra detailprojekt

Resultatet af simuleringen med system fra detailprojekt. Der er simuleret med T=25 år og regnvarighed 10 min.

Filnavn: Summary_HD_Simulation_pipe_T25aar_10min_Base.HTM

Nodes - Water level

G : Max level exceeds ground level

W : Max level exceeds weir crest level

C : Max level exceeds critical level

	Minimum [m]	Maximum [m]	Ground Level [m]	Ground Level - Maximum [m]	Note
1021	13.16	14.32	14.32	0	
1022	12.26	13.67	13.42	-0.25	C G
1023	11.37	12.63	12.56	-0.07	C G
1024	10.48	11.94	11.67	-0.27	C G
1025	9.51	11.18	10.82	-0.36	C G
1030	9.2	9.98	11.76	1.78	
1029	10.84	11.2	12.35	1.15	
1031	9	9.59	11.46	1.87	
1028	11.83	12.13	13.14	1.01	
1032	8.27	8.71	12.23	3.52	
1027	12.71	13.03	13.95	0.92	
1020	11.44	11.81	12.68	0.87	
1033	5.04	6.34	8.5	2.16	
1026	13.76	13.98	15	1.02	
1019	11.64	12.23	13.13	0.9	
1034	4.04	5.41	5.5	0.09	
1018	12.73	13.08	14.89	1.81	
1035	3.5	3.73	4.3	0.57	
1016	5.19	6.85	9	2.15	
1017	14.71	14.83	15.87	1.04	
1036	3.4	3.48	5	1.52	
1013	6.27	8.8	9.58	0.78	
1037	2.82	2.9	5	2.1	
1009	7.69	9.08	9	-0.08	C G
1012	8.82	9.16	10.78	1.62	
1014	6.8	8.7	8.86	0.16	
1038	2.31	2.37	3	0.63	
1008	11.91	15.55	16.65	1.1	
1011	9.74	9.91	11.9	1.99	
1015	7.27	8.67	8.43	-0.24	C G
1004	14.76	16.17	16	-0.17	C G
1007	15.81	16.7	17	0.3	
1010	11.37	11.5	12.53	1.03	
1003	15.84	17.06	17	-0.06	C G
1006	17.09	18.32	18.25	-0.07	C G
1002	17.09	18.28	18.25	-0.03	C G
1005	18.34	18.91	19.5	0.59	
1001	18.34	18.66	19.5	0.84	

Number of Critical level exceedings : 10

Number of Ground level exceedings : 10

Number of Weir Crest level exceedings : 0

Oversigt over indholdet af bilags CD:

- 01 Beregninger
 - afvandingsledning_dimensionering_B2.xlsx
 - bassingeometri.xlsx
 - regionalregnraekke_ver_4_0.xls
- 02 Tegninger
 - 01 Udbud
 - C4_KO_1_001.pdf
 - C4_KO_3_100.pdf"
 - C4_KO_B_1_090.pdf
 - C4_KO_B_1_091.pdf
 - C4_KO_B_1_092.pdf
 - C4_KO_B_1_093.pdf
 - C4_KO_B_1_094.pdf
 - C4_KO_B_1_095.pdf
 - C4_KO_B_1_096.pdf
 - C4_KO_B_1_097.pdf
 - C4_KO_B_1_098.pdf
 - H-TF-1601 00 -Afv. Motorvej E45 (X10).pdf
 - H-TV-1001 00 -Lokalitetsplan.pdf
 - H-TV-1001 01.pdf
 - H-TV-1107 00 -Oversigtsplan, Ekspropriationsgrænser.pdf
 - H-TV-7101 01 -V10.pdf
 - H-TV-7111 00 -Tværprofil, Vestlig parallelrampe (A1,A2-A6 og B2-B4).pdf
 - H-TV-7112 00 -Tværprofil, Østlig parallelrampe (B1, B4).pdf
 - H-TV-7121 00 -AB10.pdf
 - H-TV-7122 00 -Normaltværprofil, (B5, B6)og stier (BC10, BC11).pdf
 - H-TV-8101 00 -Længdeprofiler, E45 Vest (A1, A2, A3, A4, A5 og A6).pdf
 - H-TV-8102 00 -Længdeprofiler, E45 Øst(B1, B2, B3, B4, B5 og B6).pdf
 - H-TV-8111 00.pdf
 - H-TV-8141 00 LP AB10.pdf
 - 02 AutoCAD - Udbud
 - 3D model.dwg
 - 3Dsystemlinier.dwg
 - Kørebanekanter.dwg
 - Linieføringer.dwg
 - Længdeprofiler.dwg
 - Skråningsanlæg.dwg
 - vandløb.dwg
 - X-Højdekurver-S34.dwg
 - 03 AutoCAD - Projekt
 - afvanding_oplande-DKTM2.dwg
- 03 Mike Urban Model
 - 01 LTS
 - extreme.html
 - Simulation_LTS_1979_2015_Base.ERF

- Simulation_LTS_1979_2015_Base.PRF
- Simulation_pipe_T25aar_10min_ny_ror_Base.PRF
- Summary_HD_Simulation_LTS_1979_2015_Base.HTM
- Summary_HD_Simulation_LTS_1979_2015_Base001.HTM
- Summary_HD_Simulation_LTS_1979_2015_Base002.HTM
- Summary_HD_Simulation_LTS_1979_2015_Base003.HTM
- Summary_HD_Simulation_LTS_1979_2015_Base004.HTM
- Summary_HD_Simulation_LTS_1979_2015_Base005.HTM
- 02 T=2år
 - Simulation_pipe_T2aar_10min_Base.PRF
 - Simulation_surface_T2aar_10min_Base.CRF
 - Summary_HD_Simulation_pipe_T2aar_10min_Base.HTM
 - Summary_RA_Simulation_surface_T2aar_10min_Base.htm
- 03 T=25år
 - Simulation_pipe_T25aar_5min_Base.PRF
 - Simulation_pipe_T25aar_10min_Base.PRF
 - Simulation_pipe_T25aar_10min_nyBase.PRF
 - Simulation_pipe_T25aar_30min_Base.PRF
 - Simulation_pipe_T25aar_60min_Base.PRF
 - Simulation_surface_T25aar_5min_Base.CRF
 - Simulation_surface_T25aar_30min_Base.CRF
 - Simulation_surface_T25aar_60min_Base.CRF
 - Summary_HD_Simulation_pipe_T25aar_5min_Base.HTM
 - Summary_HD_Simulation_pipe_T25aar_10min_Base.HTM
 - Summary_HD_Simulation_pipe_T25aar_10min_ny_ror_Base.HTM
 - Summary_HD_Simulation_pipe_T25aar_10min_nyBase.HTM
 - Summary_HD_Simulation_pipe_T25aar_30min_Base.HTM
 - Summary_HD_Simulation_pipe_T25aar_60min_Base.HTM
 - Summary_RA_Simulation_surface_T25aar_5min_Base.htm
 - Summary_RA_Simulation_surface_T25aar_30min_Base.htm
 - Summary_RA_Simulation_surface_T25aar_60min_Base.htm
- 04 Dokumenter
 - Regulativ for kommunevandløb nr. 0.10 - Østre Landgrøft.pdf
 - Regulativ for kommunevandløb nr. 3.01 - Landbækken.pdf
 - Regulativ for kommunevandløb nr. 3.02 - Indkildestrømmen.pdf
 - Særlige betingelser og arbejdsbeskrivelser - udbud.pdf
 - vd26603.pdf
 - VD26632.pdf
 - vd-afvandingskonstruktion.pdf