Grontmij A/S
Kystvej 26
8500 Grenaa
Danmark
T +45 8210 5100
F +45 8210 5155
www.grontmij.dk

CVR-nr. 48233511

Teknisk notat

AquaDjurs - Udarbejdelse af oversvømmelseskort Grenaa

23. oktober 2013
Projekt: 30.8300.50

Udarbejdet : Grontmij A/S – Sille L. Larsen

Kontrolleret : Grontmij A/S - Alvaro Fonseca, Klaus Helweg

Vedlagt : 6 stk. Mike FLOOD oversvømmelseskort for Grenaa, samt bilag

Kopi til : -

Indholdsfortegnelse

1 Baggrund 3
2 Resumé og konklusion 4
3 Beskrivelse af modelområde 6
4 Scenarier og udførte beregninger 7
5 Opstilling af hydraulisk model 7
5.1 Import af netværksdata 8
5.2 Opsætning af bygværker, bassiner og pumper 8
5.3 Opstilling af kloakoplande 13
5.4 Spildevand 16
5.5 Randbetingelser 18
5.5.1 Grenåen 18
5.5.2 Kattegat 19
5.5.3 Udløb 20
5.5.4 Hydrodynamisk afløbs- og overflademodel 21
5.6 Regnserier 22
6 Beregningsresultater 23
6.1 Oversvømmelseskort 23
6.2 Beskrivelse af udpegede risikoområder 26
7 Sammenfatning og anbefalinger 30

1 BAGGRUND

Udsigten til ændrede nedbørsmønstre og stigende vandstande har sammen med de seneste 10 års oversvømmelseshændelser rundt omkring i Danmark påvist behovet for at kortlægge oversvømmelsesrisici og tage aktivt stilling til forebyggelse af oversvømmelser.

I 2012 præsenterede den danske regering sin ”Handlingsplan for klimasikring af Danmark”. Heri er der beskrevet en række initiativer, hvis formål er at skabe en ramme for klimatilpasning. Som følge af regeringens handlingsplan har KL og regeringen forhandlet en økonomiaftale, der indebærer blandt andet, at investeringerne i klimatilpasning af spildevandsområdet løftes med 2,5 mia. kr. i 2013.

Kommunerne skal i denne forbindelse udarbejde klimatilpasningsplaner, der indeholder en kortlægning af risikoen for oversvømmelse samt en prioritering over indsatserne. Med ændring af planloven fra 1. juni 2012 har regeringen desuden gjort det muligt for kommunerne at inddrage klimatilpasning direkte i lokalplanlægning, enten ved at indarbejde klimatilpasningsplanen direkte i kommuneplanen eller som et tillæg hertil.

Forsyningens bidrag til dette arbejde er aktiv deltagelse og levering af en fyldestgørende kortlægning af kapacitetsforhold i de regnvandsførende ledninger samt oversvømmelsesmodellering af udvalgte områder.

Miljøministeriet – Naturstyrelsen (NST) har desuden udgivet en vejledning for udarbejdelse af klimatilpasningsplaner og klimalokalplaner. Vejledningen giver et overblik over, hvordan arbejdet med en klimatilpasningsplan kan tilrettelægges og gennemføres.

De nærværende hydrauliske beregninger i forbindelse med denne opgave er udført i overensstemmelse med denne vejledning, og er en del af et samarbejde mellem AquaDjurs og Grontmij. Den opstillede hydrauliske model tager udgangspunkt i de tidligere hydrauliske opgaver udført for AquaDjurs. Dette notat beskriver udarbejdelsen af oversvømmelseskortlægning af Grenaa by udført for AquaDjurs.

2 RESUMÉ OG KONKLUSION

En Mike Urban hydraulisk model for regnvand- og fællessystemet i Grenaa er blevet opstillet. Modellen baseres på den nyeste opdaterede DANDAS ledningsdatabase samt oplysninger og data, som forsyningen har stillet til rådighed.

Generelt vurderes inputdata at være af fornuftig kvalitet, omend det i forbindelse med opsætningen af modellen har været nødvendigt at estimere en række bundkoter, terrænkoter og ledningsdimensioner, samt manglende data vedrørende bassiner, pumper og overløbsbygværker.

Modellens oplande er genereret med udgangspunkt i matrikelkort med manuel tilretning. Afløbstal og befæstelsesgrad er beregnet på baggrund af GIS-lag for befæstede arealer. Der er dog ikke foretaget kalibrering af modellen, hvorfor oplandsdata er behæftet med en vis usikkerhed.

Grenåens daglige vandspejl er fundet på baggrund af data fra DMU, Naturstyrelsen samt bundkoter og længder fra vandløbsregulativet. Dette er anvendt som randbetingelse for udløb til Grenåen. Havvandsstand er baseret på DMI målinger fra st. 22121.

Som input til modellen er der anvendt CDS-regnhændelser genereret efter spildevandskomitéens skrift 28. På trods af AquaDjurs har opstillet en regnmåler ved pumpestation P40, indeholder denne kun regndata fra 2010. Derfor kan måleren ikke udelukkende danne grundlag for en repræsentativ årsmiddelnedbør. Anvendelsen af CDS-regnhændelser er derfor foretaget med en estimeret årsmiddelnedbør på 600 mm.

Spildevandsmængder indgår dynamisk i modellen på baggrund af geokodede punktkilder med udgangspunkt i forsyningens forbrugsafregningsdata.

Den udarbejdede afløbsmodel er efterfølgende sammenkoblet med en hydrologisk forbedret terrænmodel for Grenaa. Denne 1D-2D koblede model anvendes til udarbejdelse af Mike FLOOD oversvømmelseskort ved 5, 10, 20, 50 og 100 års regnhændelser efter forskrifterne i Naturstyrelsens vejledning, baseret på A1B klimascenario.

Da der ikke i forbindelse med udarbejdelse af dette projekt har været nogle observerede regnhændelser at kalibrere modellen mod, kan modelresultaterne være forbundet med usikkerhed.

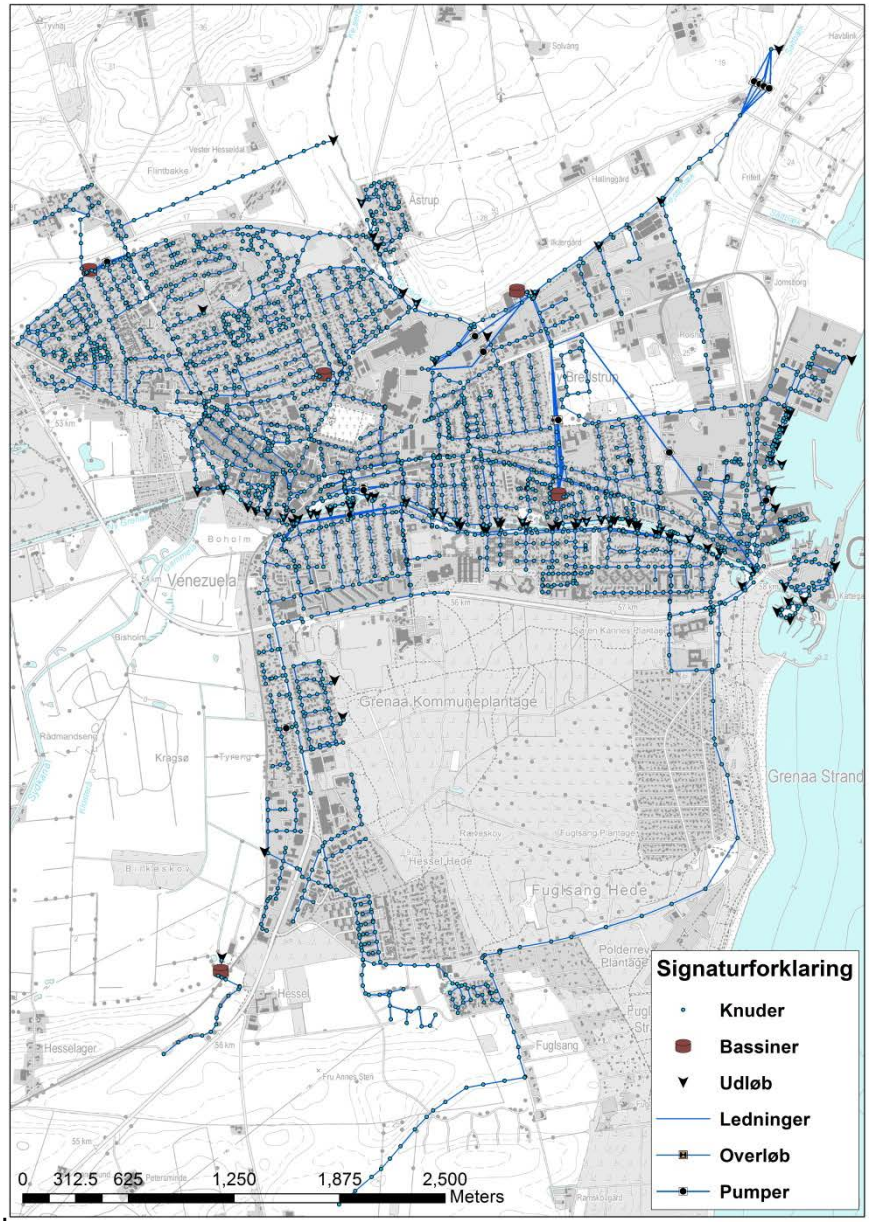
Beregningerne viser, at der er flere områder i Grenaa by, hvor der er risiko for opstuvning af vand til terræn ved 5 og 10 års regnhændelser. Ved gentagelsesperioder på hhv. 20, 50 og 100 stiger udbredelsen og mængden af nedbørsrelaterede oversvømmelser markant. Disse kort overstiger forsyningens funktionskrav, men kan fremadrettet anvendes ved udbygningen af afløbssystemet samt i planlægningshenseende ved ændring af arealanvendelser.

I forsyningens videre arbejde vil modellen kunne bidrage til optimering af afløbskapaciteten samt til konsekvensberegninger af enkelte eller flere forslag til tiltag på afløbskapaciteten. Samtidig kan modellen anvendes til at evaluere tiltags effekt på oversvømmelseshyppighed og oversvømmelsesudbredelse.

3 BESKRIVELSE AF MODELOMRÅDE

Afvandingen af de befæstede arealer i Grenaa sker via AquaDjurs' afløbssystem samt via Grenåen og ud til havet. Grenåen afvander dele af de befæstede områder i Grenaa ved udløb fra separatkloakerede områder, samt overløb fra fælles- og spildevandssystemet. Hertil kommer den naturlige afstrømning i Grenåens opland på i alt 464 km^2.

I det centrale Grenaa består kloakeringen hovedsageligt af fællesledninger. Vandet fra fælles- og spildevandssystemet ledes via ledninger og pumper til Fornæs Renseanlæg nord for byen. Figuren nedenunder giver et overblik over modelområdet.



Figur 1. Overblik over modelområdet i Grenaa

4 SCENARIER OG UDFØRTE BEREGNINGER

Der er udført simuleringer og udarbejdet oversvømmelseskort for gentagelsesperioderne angivet i nedenstående tabel.

Tabel 1. Anbefalede scenarier fra Naturstyrelsens vejledning om Klimatilpasningsplaner og klimalokalplaner

Gentagelsesperiode [år]	Klimafaktor
5	1,11
10	1,14
20	1,15
50	1,17
100	1,18

.

De angivne klimafaktorer er udarbejdet af DMI for A1B-scenariet og beskriver den forventede statistiske stigning i fremtidens nedbørsmønstre frem til 2050.

Der er udført beregninger på i alt 6 forskellige scenarier:

Tabel 2. Beregningsscenarier i nærværende oversvømmelseskortlægning

Gentagelsesperiode [år]	Nedbør [mm]
5, status	30
10, status	35
10, plan	40
20, plan	47
50, plan	59
100, plan	69

5-plan, samt 20, 50 og 100-status er udeladt, da der ikke er stor forskel i nedbør mellem disse scenarier og planscenariet. For hver beregning er der udarbejdet detaljerede kort med oversvømmelsesudbredelser og dybder.

5 OPSTILLING AF HYDRAULISK MODEL

Med henblik på at kortlægge opstuvning fra Grenaas regnvands- og fællessystem, er der opstillet en hydraulisk model i Mike Urban. Modellen er baseret på den nyeste, opdaterede DANDAS ledningsdatabase samt oplysninger og data, som forsyningen har stillet til rådighed.

Herunder, beskrives de tekniske detaljer, betydelige antagelser og valg i forbindelse med opsætning af modellen:

1. Import af netværksdata
2. Opsætning af bassiner, pumper og bygværker
3. Opstilling af kloakoplande
4. Randbetingelser
5. Regndata

5.1 Import af netværksdata

Modellen er bygget på basis af en DANDAS database udleveret i juli 2013. Herfra er systemet via Grontmijs egen udviklede import-bro oprettet i modelprogrammet Mike Urban CS version 2012, med anvendelse af koordinatsystem EUREF89, UTM32N. DVR90 anvendes som kotesystem.

Data er gennemgået et grundigt kvalitetstjek med rettelser, hvor data har virket forkerte eller ikke opmålte. Især er der tale om flere end 1000 brønde uden diameter, omkring 250 brønde uden bundkote og 200 ledninger uden diameter og 300 med ukendt materiale.

Bundkoter er blevet estimeret ved interpolering og anvendelse af digital terrænmodel. I nødvendigt omfang er der foretaget kvalificerede antagelser og estimater. Størstedelen af brønde med en angivet diameter er registreret som ø1000 brønde i databasen, og derfor er det antaget at brønde med ukendt diameter også er ø1000. Hvor ledningen er ø1000 eller over, er brønden sat til ø1500-2000. Ledningsdiameter er estimeret på baggrund af omkringliggende ledningsdimensioner, og det samme gør sig gældende for ledningsmateriale - enten beton eller plastik.

En komplet oversigt over ændringer og antagelser gjort i forbindelse med knuder og ledninger kan ses i bilag 1.

Under opsætning af afløbsmodellen er der løbende udvekslet informationer med AquaDjurs til afklaring af særlige områder i afløbssystemet. Disse er indarbejdet i den endelige model. Dette drejer sig i særdeleshed om pumper, bassiner og overløbsbygværker.

5.2 Opsætning af bygværker, bassiner og pumper

Bygværker, bassiner og pumper er opstillet ud fra tilgængelige data og tegninger. Hvor det ikke har været muligt at fremskaffe information om det pågældende bassin, bygværk eller pumpe, er disse data blevet estimeret. Manglende bund- og terrænkoter er vurderet ud fra de omkringliggende brønde og den digitale terrænmodel.

En komplet oversigt over bygværker, bassiner og pumper kan ses i bilag 1.

Pumper

I forbindelse med opsætning af model og import af data fra DANDAS databasen, blev det konstateret, at der ingen pumper var med i importen. De relevante regnvands- og fællespumper blev derfor fundet på baggrund af et GIS-lag udviklet i forbindelse med ”Strukturplan for Grenaa by”.

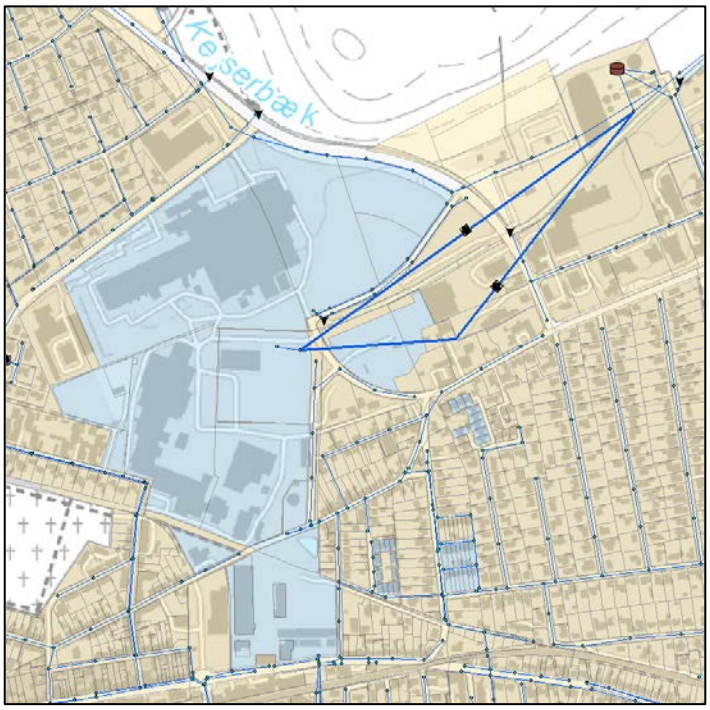
Disse pumpeoplysninger blev sammenholdt med oplysninger fra AquaDjurs' driftsafdeling, og der blev inden for modelområdet fundet 14 pumpestationer, hvoraf 1 er privatejet, 1 hører til regnvandssystemet, og 12 tilhører fællessystemet. Flere af stationerne styrer mere end én pumpe. Der er adskillige spildevandspumper, der pumper til fællessystemet, men da start-/stopkoter for disse ikke er blevet oplyst, er spildevandet direkte koblet til fællessystemet i den knude, hvortil vandet pumpes. Herved antages det, at spildevandspumpen har kapacitet nok til at pumpe alt spildevandet til den modtagende knude.

AquaDjurs leverede data vedrørende start-/stophøjder over bund, undtagen ved pumpe; P23-Snebærvej, P42-Åbyen og pumpen ved Pakhusvej (privat). Adskillige steder har der dog manglet bundkote i pumpebrønden, og disse er derfor estimeret på baggrund af omkringliggende ledninger og knuder. Dette drejer sig om P11-Åstrupbakken, P13-Nordhavnsvej, P40-Ådalen, P44-Østervænget og P53-Rådmandsvej. Ved disse pumper er start-/stopkoter derfor fundet på baggrund af den estimerede bundkote.

I dokumentet "PST i AquaDjurs Fornæs" er der angivet pumpeydelser, samt antallet af pumper ved hver station, se bilag 2. Disse ydelser er sat ind som konstante pumpeydelser. Specielle antagelser er gjort ved enkelte pumper.

P44, Pumpe ved Østervænget/Østre Alle:

Oplandet vest for Østervænget er privat. Ifølge GIS-laget fra "Strukturplan for Grenaa by" er der to pumpestationer placeret i området. Det har dog ikke været muligt at finde pumpeydelser på de to pumper, og der er derfor antaget en ydelse på 100 l/s på hver af pumperne. Da afløbssystemet i området er ukendt, antages det, at pumperne modtager alt vandet fra oplandet. Figuren nedenunder illustrerer denne opsætning.



Figur 2. P44 - Pumpe ved Østervænget/Østre Alle

Ydermere er pumpe P11, ved Åstrupbakken angivet som 4 alternerende pumper med samme start-/stopkote. Her er det antaget, at de kører i par af to med hver en pumpeydelse på 110 l/s.

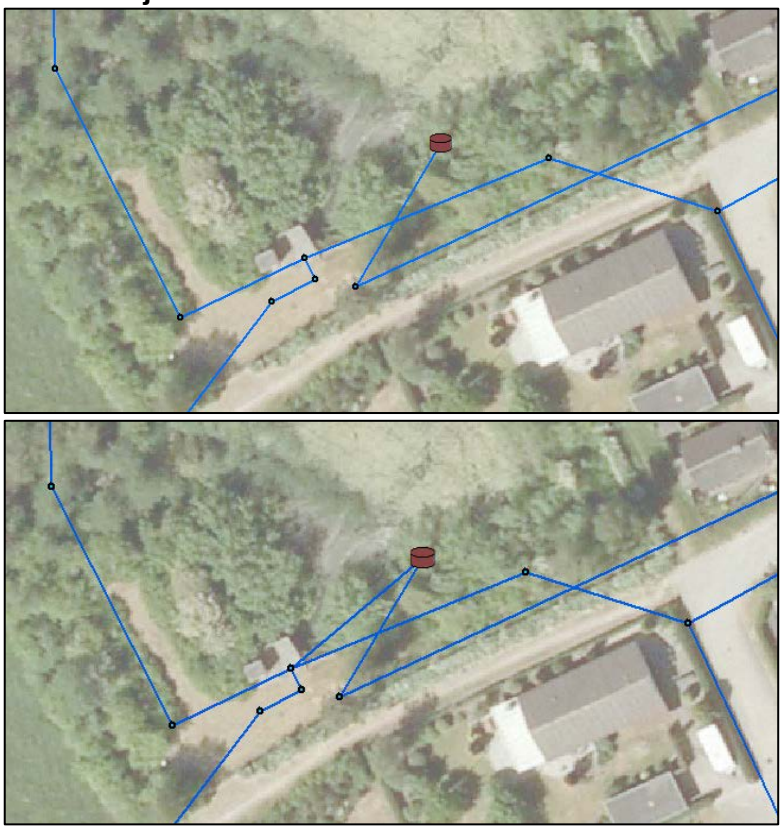
Bassiner

Der er registreret otte bassiner i DANDAS databasen. Af disse otte blev fem verificeret af AquaDjurs. Det drejer sig om bassinerne: Skovsvinget, Snebærvej, Ådalen (underjordisk bassin), Lupinskrænten (underjordisk bassin), samt Hessel. De fire bassiner, der er blevet slettet, lå ifølge databasen placeret ved Hestehaven, Hessel Allé og to ved Skovsvinget (udløb i skoven). Der er yderligere indsat et bassin i modellen ved Bredstrup og der er derfor fem bassiner i afløbsmodellen.

Der var ved import oplysninger vedrørende bundkote på Snebærvej, Lupinskrænten og Hessel. Ådalen og Bredstrup er estimeret på basis af omkringliggende ledninger og knuder. Volumen på de fem bassiner blev angivet af AquaDjurs og baseret på den digitale terræn model, er der blevet estimeret et overfladeareal, samt en terrænkote. Ud fra disse oplysninger er der efterfølgende blevet estimeret en bassingeometri. Det er antaget at Ådalen og Lupinskrænten er rørbassiner, da disse ikke var at finde i terrænmodellen.

Specielle antagelser er gjort ved enkelte bassiner:

Snebærvej:



Figur 3. Øverst ses ledninger, knuder og bassinet ved Snebærvej, som det blev importeret fra DANDAS og nederst ses ændringer foretaget i modellen.

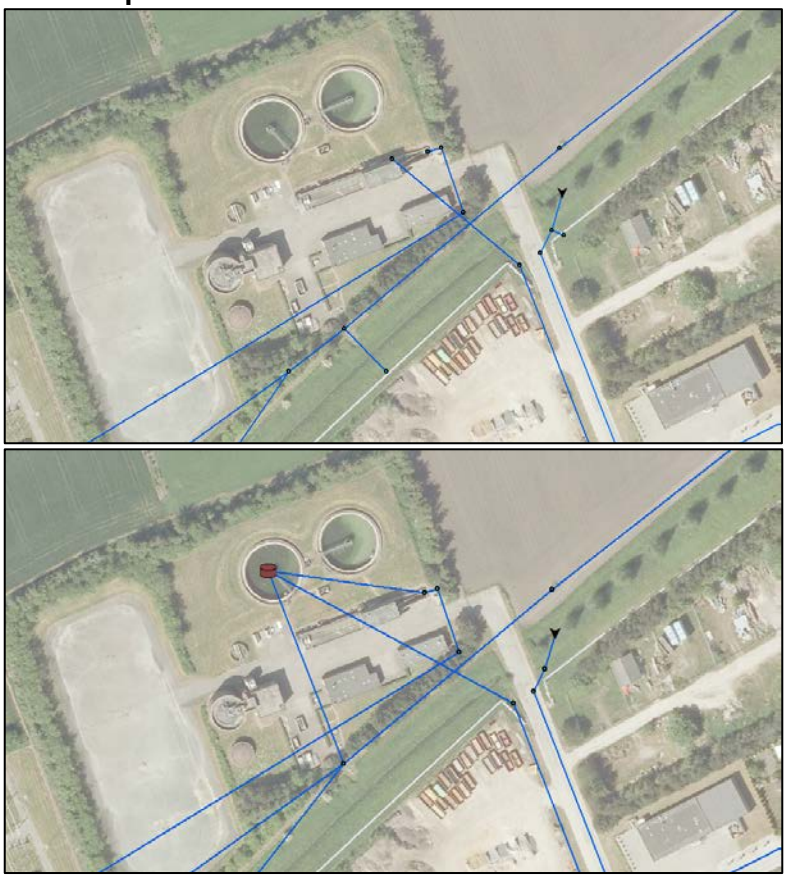
Øverst på Figur 3 ses ledningsopbygning som importeret fra DANDAS for bassinet ved Snebærvej

.

Der er ingen forbindelse til bassinet fra systemet både nord og syd for Snebærvej. Der er derfor indsat en ledning fra den fælles knude til bassin, som det kan ses nederst af Figur 3. Pumpebrønden, P23 hvortil vandet fra bassinet løber, havde heller ingen bundkote, og det er derfor antaget, at vandet løber via gravitation til pumpebrønd P23, hvorfra det pumpes til Bavnehøjvej.

På baggrund af oplysninger fra AquaDjurs har bassinet et volumen på 810 m^3 og et areal på 1800 m^2. Dette giver en opstuvningsdybde på 45 cm.

Bredstrup:



Figur 4. Øverst ses ledninger, knuder og bassinet ved Bredstrup, som det blev importeret fra DANDAS og nederst ses ændringer foretaget i modellen.

Øverst på Figur 4 ses ledningsopbygning som importeret fra DANDAS ved Bredstrup Renseanlæg, som er et mekanisk forrenseanlæg.

Bredstrup bassin er ikke registreret i DANDAS. Der er derfor indsat et bassin, med geometri defineret på baggrund af oplysninger fra AquaDjurs. Bundkote er estimeret ud fra tilkoblede ledninger. Der er ingen forbindelse mellem bassinet og den afskærende ø1100 fællesledning, der løber til Fornæs Renseanlæg via P11-Åstrupbakken.

Nederst på Figur 4 ses den antagne sammenhæng mellem tilløbende ledninger, bassin og kobling til den afskærende ledning. Kotemæssigt ligger bassinet lavere end den afskærende ledning til Fornæs Renseanlæg, og da der ikke er nogle oplysninger om en pumpe fra bassinet til den afskærende ledning, graviterer spildevandet fra bassinet til ledningen ved en opstuvningshøjde i bassinet på 1,5m. Denne sammenhæng er derfor behæftet med en vis usikkerhed.

Overløbsbygværker

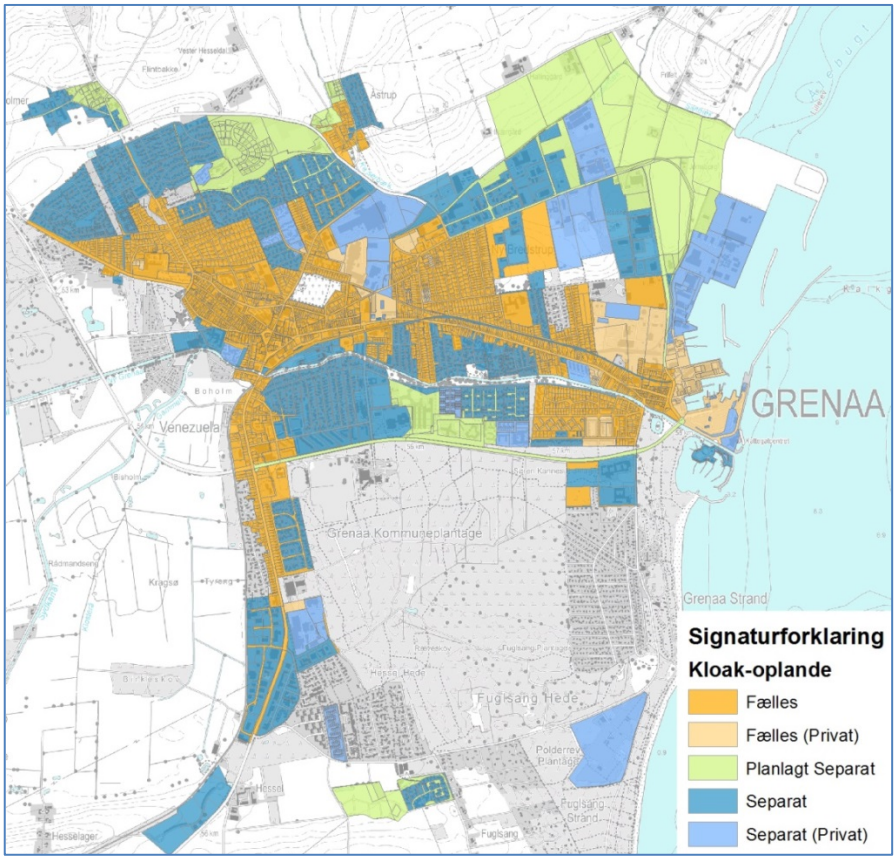
Ved import fra databasen blev der registreret 25 overløbsbygværker på regn-, fælles- og spildevandssystemet. Ingen af disse havde data for overløbskant eller bredde. AquaDjurs leverede i den forbindelse data på 15 af de 25 overløb. Syv overløb blev slettet. To ved bassinet Hessel, et overløb fra spildevandssystemet til fællessystemet ved Passagen, Markedsgade og tre ved N.P. Josiassens Vej. Disse overløb er slettet i modellen under antagelse af, at spildevandsoverløb ikke bidrager væsentligt i forhold til afstrømmende regn ved en 5-100 års hændelse.

Data for de resterende fem overløb, stammer fra en tidligere Mike Urban model, opstillet i 2005 af Grontmij. Data fra AquaDjurs og data fra 2005 modellen blev sammenstillet og fundet i høj grad overensstemmende.

5.3 Opstilling af kloakoplande

I forbindelse med ”Strukturplan for Grenaa by” for Norddjurs Kommune i 2008, blev der foretaget en detaljeret kortlægning af grænser for regnvandsoplande, fællesoplande, spildevandsoplande og nedsivningsoplande. På baggrund heraf samt kommunens matrikelkort er der blevet defineret et opland for hver matrikel, og det er blevet angivet hvilket afløbssystem oplandet tilhører. Hvert opland er tilknyttet nærmeste brønd.

Figuren nedenunder viser afgrænsningen af oplande i Grenaa.



Figur 5. Afgrænsning af oplande i Grenaa (spildevandskloakerede oplande hvor regn- og overfladevand nedsives er ikke vist)

Befæstelsesgrad

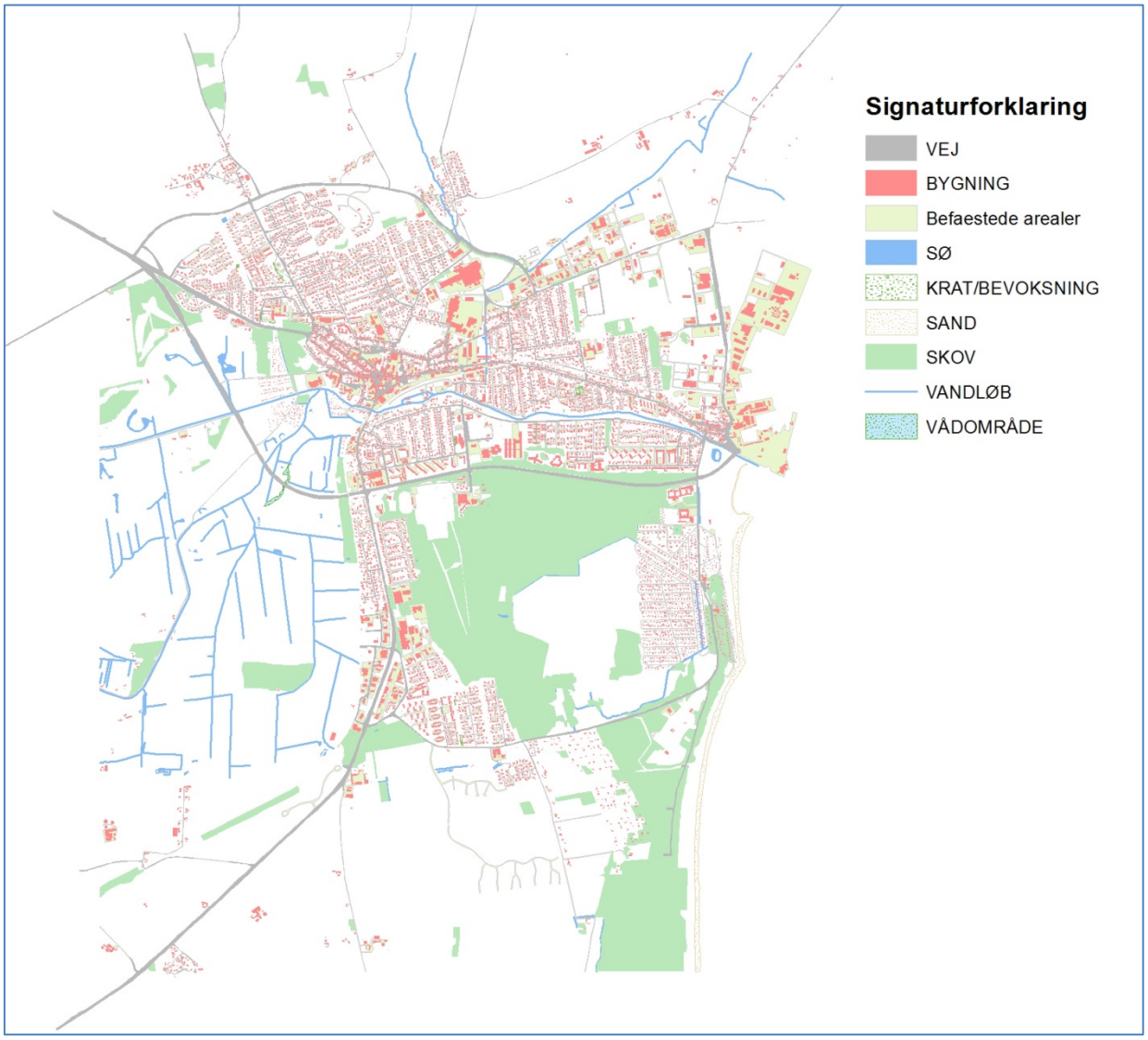
Befæstelsesgraden angiver, hvor stor en del af overfladearealet, der bidrager til afstrømning af overfladevand, som dermed løber videre til f.eks. kloakken. For hvert opland er der ved GIS-beregninger autogenereret en befæstelsesgrad ud fra andelen af bygninger, veje og grønne områder inden for oplandsgrænserne. Der tages udgangspunkt i Norddjurs Kommunes "Strukturplan for Grenaa by" fra 2008 og matrikelkort.

Tabel 3. GIS temaer anvendt til beregning af befæstelsesgrader

GIS temaer	Befæstelsesgrad (%)
Matrikler (tagarealer)	100
Veje	95
Asfalt befæstede arealer	95
Græs og marker (syd for Ringvejen)	10
Græs og marker (nord for Ringvejen)	15

Grunden til at græs og marker nord og syd for Ringvejen er forskellige, er fordi der generelt syd for Grenåen er gode nedsivningsforhold i sand og kalk, mens der nord for Grenåen er dårligere muligheder for nedsivning. Derudover er der højt grundvandsspejl omkring Grenåen, og derfor sænkes befæstelsesgraden først syd for Ringvejen for at tage højde for den højere grundvandsstand i området mellem Grenåen og Ringvejen.

GIS-analysen påkræver en efterfølgende gennemgang af de beregnede data, og er derfor efterfølgende blevet kontrolleret ud fra nyeste tilgængelige luftfotos. Figuren nedenunder viser fordeling af GIS temaer anvendt til beregning af befæstelsesgraden.



Figur 6. GIS temaerne anvendt i beregning af befæstelsesgraden i Grenaa

Koncentrationstid

Koncentrationstiden er den tid det tager for vandet at komme fra fjerneste punkt i det tilknyttede opland til afløbssystemet. Denne er autogenereret i Mike Urban modellen på baggrund af opland og længste afstand til knuden, hvortil oplandet er koblet. Hastighed på vej og befæstede arealer er sat til 0,5 m/s, mens alle andre overflader er sat til en hastighed på 0,3 m/s.

Reduktionsfaktor og initialtab

Der regnes generelt med følgende parametre:

- Reduktionsfaktor: 0,8
- Initialtab: 0,6 mm.

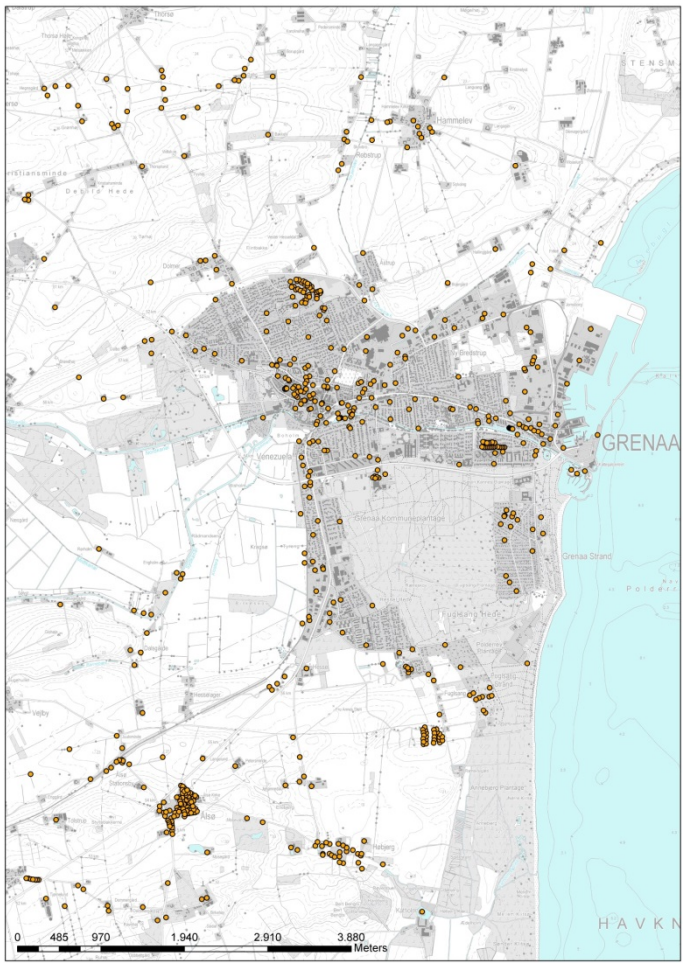
Under statusberegningerne regnes der med en befæstelsesgrad på 0 på de fremtidige eller planlagte kloakoplande, således at disse ikke bidrager til afløbssystemet i dag. I klimascenariet vil disse dog indgå. Oplande defineret ved nedsivning af regnvand, ifølge ”Strukturplan for Grenaa By” er ikke medtaget i modellen, og det antages derfor, at der også i fremtiden forekommer 100 % nedsivning på disse oplande (der er således ikke taget hensyn til eventuelle fejltilslutninger).

5.4 Spildevand

Da spildevandssystemet ikke er repræsenteret i modellen er spildevandsknuderne blevet koblet til fællessystemet, der hvor spildevandsledningen løber til fælledningen.

FAS-data anvendes til at koble spildevandsforbrug på hver enkel adresse registreret i Bygnings- og Boligregistret (BBR). Data er hentet via den Offentlige Informationsserver, OIS. Nedenfor er vist alle de OIS-knuder, hvortil der ikke hørte FAS-data. Spildevandsforbrug er derfor beregnet på baggrund af:

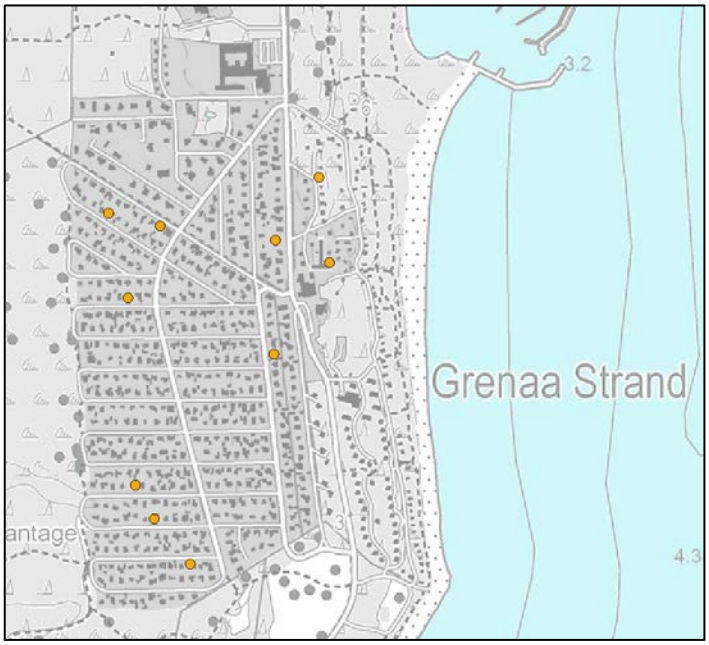
- 2,3 PE/boligenhed
- 1 PE = 110 l/døgn (jf. DANVAS sidste vandstatistik) Dette medfører et spildevandsforbrug på ca. 253 l/døgn/boligenhed.



Figur 7 Orange prikker markerer OIS data, hvortil der ikke hører FAS-data. Spildevandsforbruget er derfor estimeret ved samtlige gule markeringer.

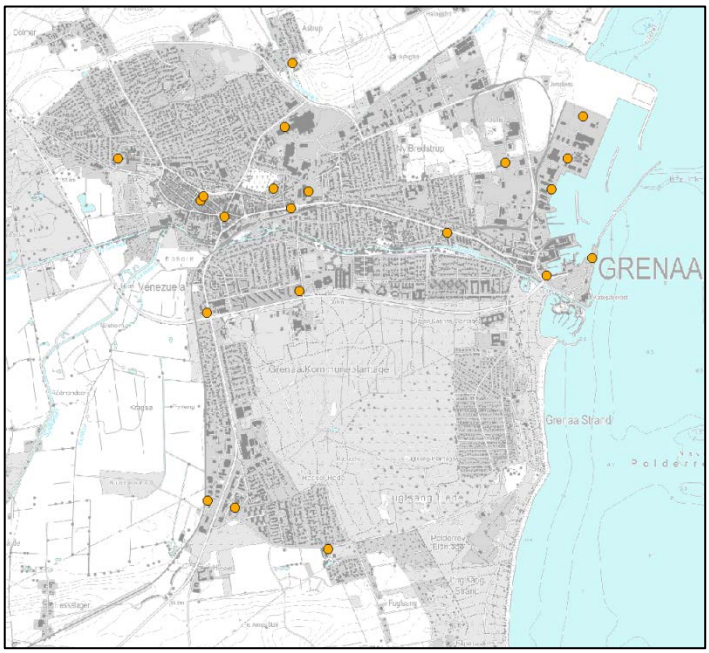
Specielle antagelser:

Alle sommerhuse ved Grenaa strand uden spildevandsforbrug er blevet tildelt et gennemsnit af samtlige sommerhuse i området.



Figur 8. Sommerhusområde med adskillige huse uden FAS data. Disse er blevet tildelt et spildevandsforbrug baseret på gennemsnittet af samtlige sommerhuse.

Alle huse markeret på Figur 9 er ifølge FAS-data fra AquaDjurs erhverv. Disse har derfor fået tilnavnet ”forretning” eller andet erhverv i modellen. Da de er registreret som erhverv er forbruget sat til 150 m^3/år divideret ud på 250 dage, hvilket giver 0,6 m^3/døgn.



Figur 9. OIS-data registreret som erhverv. Disse er blevet tildelt et spildevandsforbrug på 600 l/døgn.

5.5 Randbetingelser

Randbetingelserne beskriver den geografiske grænse for afløbsmodellen, og hvorledes modellen påvirkes af omgivelserne. I dette afsnit defineres de randbetingelser, der er gældende for afløbsmodellen for Grenaa.

5.5.1 Grenåen

I forbindelse med simulering af oversvømmelserne er det vigtigt at medregne evt. tilbagestuvning i forbindelse med høj vandstand, som reducerer afløbskapaciteten i systemet.

Store dele af separat- og fællessystemet i Grenaa afvander til Grenåen og vandspejlskoten i åen er derfor afgørende for tilbagestuvning i systemet.

Gældende for Grenåen er, at vandføringen ikke varierer ret meget over året, og at vandstanden fra Kolind til Grenaa ikke falder med meget mere end 1 meter.

Da vandspejlskoten i eller omkring Grenaa ikke er angivet i vandløbsregulativet eller andet steds, beregnes denne på baggrund af informationer fra DMU – ”Afstrømningsforhold i danske vandløb”, oplandsstørrelse fra Naturstyrelsen – ”Klimatilpasningsplaner” (i portalen www.kortforsyning.dk), samt bundkoter og længder fra vandløbsregulativet.

Der beregnes en generel vanddybde for Grenåen ved sammenløbet mellem Nordre- og Søndre Landkanal. Vanddybden beregnes ud fra en målt afstrømning fra DMU for de fire stationer: Ryom Å, Ørum Å, Skod Å og Skærvad Å. Åens geometri i Grenaa er defineret i vandløbsregulativet, manningtallet er fundet for en lige kanal med lavt græs, og oplandet er fundet i et GIS-lag fra kortforsyningen. Det forventes, at den naturlige afstrømning til vandløb øges med faktor 1,3 som følge af klimaforandringerne (kilde: GEUS).

Ved sammenligning med Ryom Å, Skod Å og Ørum Å, er den målte middelafstrømning for Skærvad Å betydeligt lavere. Årsagen til dette belyses ikke i nærværende notat. Denne er udeladt, og middelafstrømning i Grenåen er fundet som gennemsnit af de tre resterende stationer.

Nedenfor ses en tabel med de målte middelafstrømninger og gennemsnittet for Grenåen samt oplandsareal, og den deraf afledte vandafstrømning – nu og i fremtiden.

Tabel 4. Afstrømningsforhold i vandløb, Skærvad Å udelades da denne har en betydeligt lavere afstrømning end de tre andre.

	Middelafstrømning (l/s/km2)	Oplandsareal (km2)	Stigning (%)	Afstrømning (l/s)	Afstrømning (m3/s)
Ryom Å	7,4				
Skod Å	10,4				
Ørum Å	8,7				
Skærvad Å	4,4				
Grenåen, status	8,8	464		4099	4,10
Grenåen, klima	8,8	464	30	5328	5,33

Vanddybden beregnes for Grenåen ved sammenløbet mellem Nordre- og Søndre Landkanal på baggrund af manning-formlen:

$$Q = M \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Hvor
Q = Afstrømning
M = Manningtallet
A = Grenåens tværsnit
R = Hydraulisk radius

Tabel 5. Afstrømningsforhold for Grenåen ved sammenløbet mellem Nordre- og Søndre Landkanal

Vandføring [m3/s]	Manning	Fald	Bredde [m]	Anlæg	Dybde [m]	Bundkote [m]	VS kote Status	VS kote Klima	Stigning [m]
4,09	33	6,0E-05	10	0	1,47	-0,9	0,57	-	+ 0,28
5,32	33	6,0E-05	10	0	1,75	-0,9	--	0,85	

Tabel 5 viser at, vandspejlskoten i Grenåen er beregnet til 0,57 m og 0,85 m for hhv. statusmodellen og klimascenariet.

5.5.2 Kattegat

FN's klimapanel IPCC arbejder med fire hovedgrupper af udslipsscenarier for antropogen udledning af drivhusgasser, som CO2, metan, vanddamp, m.fl. DMI og GEUS vurderer på baggrund af den hidtidige forskning, at klimaændringerne kan få havniveauet omkring Danmark til at stige til mellem 0,2 og 1,4 meter i dette århundrede. Vandstandsstigningen modvirkes ligeledes af en generel landhævning efter sidste istid. Resultater viser, at landhævningen er ca. 15-20 cm og ca. 5-10 cm i hhv. den nordligste og sydligste del af Danmark.

I Danmark anbefaler Naturstyrelsen at anvende scenariet A1B til fremskrivning af nedbør og havvandstande til fremtidige forhold. A1B er karakteriseret ved høj økonomisk vækst samt en blanding i anvendelsen af fossile og bæredygtige energikilder. Ved denne moderate udledning af drivhusgasser forventer klimapanelet i sin rapport fra 2007 en stigning i årsmiddeltemperaturen på 1,2 °C og en øget årsmiddelnedbør på 7 % i 2050 samt en havvandstigning på 0,3 m.

Med baggrund i Naturstyrelsens anbefalinger kan havvandstanden for en valgt gentagelsesperiode i 2050 beregnes som;

- Vandstand ved valgt gentagelsesperiode i dag
- + middelvandstandsstigning (+0,3m ± 0,2m)
- - landhævning (~-0,1)
- + vindbidrag ved stormflod (+0,0-0,1 m)

Den dagligt observerede havvandstand i Grenaa Havn er i dag fundet fra DMI's hjemmeside st. 22121. Denne er sat til 0,2 m, da der generelt ses en daglig variation på ± 20 cm.

I modelberegningerne er der ikke medregnet sammenfald mellem skybrud og stormflod, idet dette er en statistisk meget usandsynlig hændelse og dermed ikke anvendelig til fremskrivning af middelforholdene i 2050. Det vurderes endvidere, at landhævningen er af samme størrelsesorden som et evt. vindbidrag. Den samlede vandstandsændring i 2050 fastsættes derfor til +0,3 m i forhold til i dag, og anvendes som randbetingelse ved udløb til havet.

5.5.3 Udløb

Der er i modellen registreret 51 udløb fra regnvand- og fællessystemet til Grenåen og 19 til havet.

I den oprindelige DANDAS database udleveret af AquaDjurs var der ikke registreret udløbskoter ved 24 af udløbene. Disse er derfor estimeret på baggrund af bundkote for opstrøms knude og den opstrøms lednings fald. Yderligere 3 udløb er rettet til. Se bilag 1.

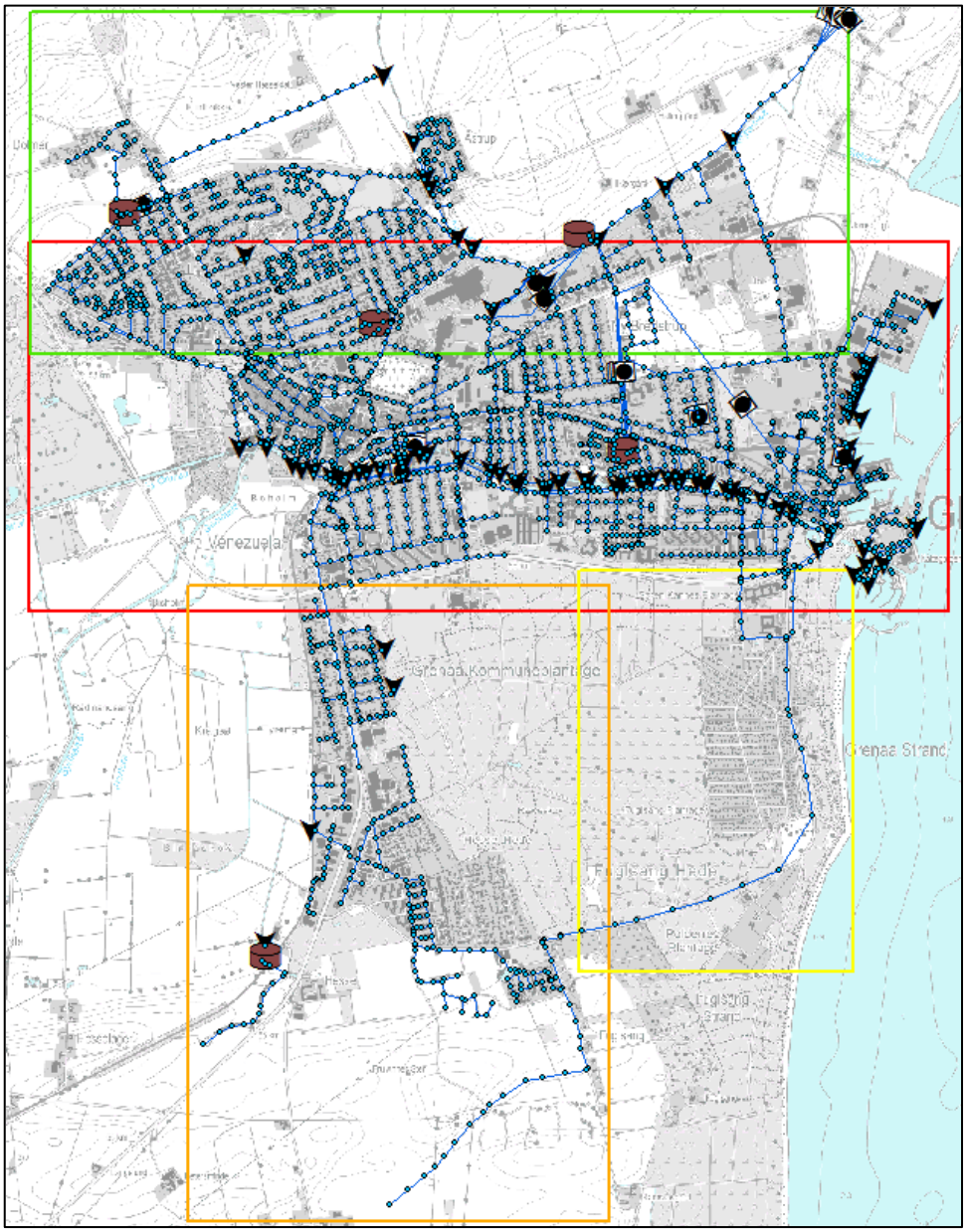
Udløb til Grenåen og havet er under fastsatte vandspejl, og der er derfor indsat kontraklap ved alle udløb. Terrænkoten for alle udløb er estimeret ved hjælp af terrænmodellen.

For udløbene til grøfter er randbetingelsen for udløb vurderet ud fra den digitale terrænmodel. Det er antaget, at koterne i den digitale terrænmodel repræsenterer den normale vandstand i grøften. For udløb til havet er der antaget kote 0,2 m som randbetingelse ved status-scenarier og kote 0,5 m for plan-scenarier. For udløb til Grenåen er der antaget kote 0,57 m som randbetingelse ved status-scenarier og kote 0,85 m for plan-scenarier - se afsnit 5.5.1 og 5.5.2.

5.5.4 Hydrodynamisk afløbs- og overflademodel

Nærværende projekt har til formål at kortlægge oversvømmelsesrisikoen i Grenaa. Dette er opnået ved at etablere en kombineret én- og todimensionel hydrodynamisk afløbs- og overflademodel; en såkaldt 2D-1D model. Der skal dermed defineres en geografisk ydre ramme for modellen. Denne ramme udgør området hvorpå vandet, via terræn kan strømme. Hvis denne ramme derfor ikke defineres ”stor nok”, kan man risikere, at den virker som en mur for vandets afstrømning.

For at køre simuleringen i høj opløsning (1,6 x 1,6 m) har det været nødvendigt at dele modelområdet op i 4 sektioner. Disse fire arealer er fundet på baggrund af terrænmodellen.



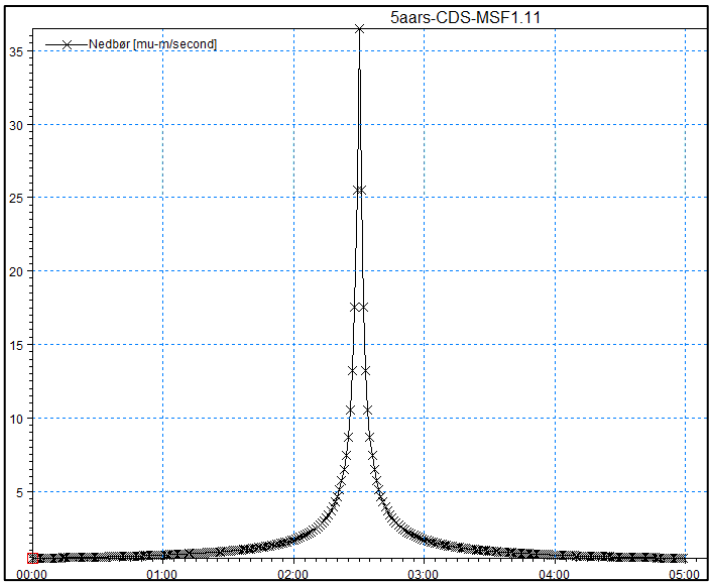
Figur 10. Grenaa delt op i 4 modelområder af hensyn til modelberegninger.

5.6 Regnserier

For de fem forskellige gentagelsesperioder er der med udgangspunkt i Spildevandskomiteens regnstatistikker udarbejdet syntetiske CDS-regn med en varighed på 5 timer med en symmetrisk intensitetsfordeling og udgangspunkt i en årsmiddelnedbør på 600 mm.

Da den lokale regnmåler lokaliseret ved pumpestation P40 kun indeholder data fra 2010, kan måleren ikke udelukkende danne grundlag for en repræsentativ årsmiddelnedbør. Der anvendes derfor et gennemsnit mellem data fra måleren og årsmiddelnedbørskurven (fra perioden 1961-1990) ved Grenaa. For en mere detaljerede beskrivelse af fordeling af regn i Danmark, refereres til figur 3.5 i Skrift 28.

De syntetiske regnserier repræsenterer statistiske regnhændelser for de i Tabel 1 angivne gentagelsesperioder inklusiv klimafaktor, og er anvendt som input i de angivne scenarier.



Figur 11. Eksempel på en CDS-regn med statistisk gentagelsesperiode hvert 5. år og med klimafaktor på 1,11

6 BEREGNINGSRESULTATER

I afsnit 5 blev beregningsgrundlaget for den hydrauliske model skitseret.

I følgende beregninger bliver der taget højde for en statussituation, som angiver de nuværende forhold i Grenaa. Denne beregning foretages for en 5-års regn og en 10-års regn for at analysere systemet ud fra nuværende funktionspraksis.

Planscenarierne er opstillet med henblik på at analysere afløbssystemet ved klimaændringer og planlagte oplande (jf. Strukturplan for Grenaa by). For at simulere afledning af regnvand til afløbssystemet fra de planlagte oplande, har disse oplande fået estimeret en befæstelsesgrad efter samme fremgangsmetode som de resterende oplande, således at disse indgår i modelberegningerne. For at simulere klimaændringer er der ganget en respektiv klima-faktor på hver af regnhændelserne, se afsnit 4.

I henhold til Norddjurs Spildevandsplan 2008-2012, skal nye regnvands- og fællesledninger dimensioneres efter en funktionspraksis angivet i Tabel 6.

Tabel 6. Minimumskrav for tilladelig gentagelsesperiode ved opstuvning til terræn afhængig af arealanvendelse.

Arealanvendelse	Tilladelig gentagelsesperiode ved opstuvning til kritisk kote = terræn
Fælleskloak for regn- og spildevand Bolig- og erhvervsområder	10 år
Separatkloak, regnvandsdel Bolig- og erhvervsområder	5 år
Separatkloak, regnvandsdel Grønne områder	2 år

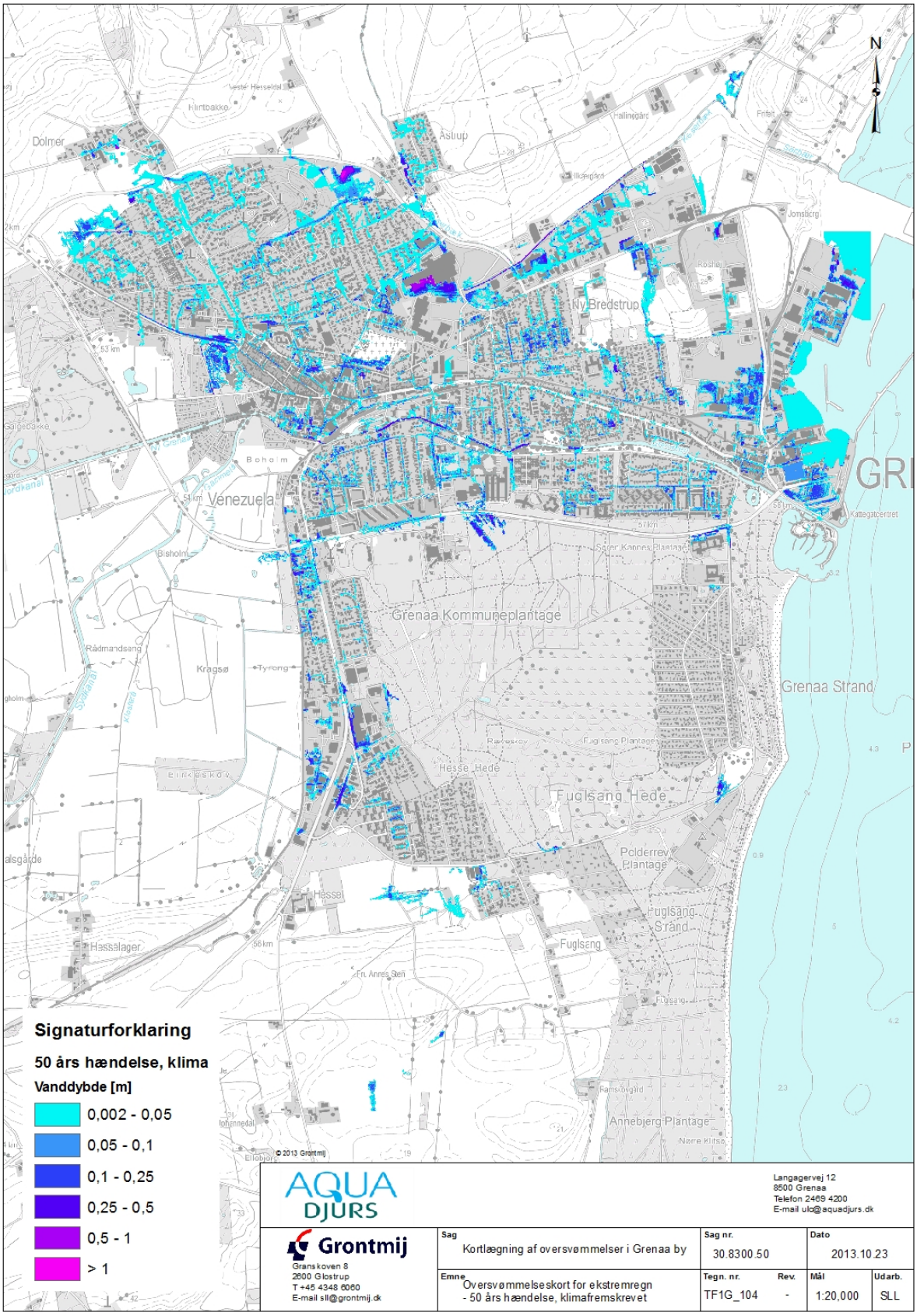
Af oversvømmelseskortene for en 5-års hændelse og en 10-års hændelse fremgår det, at der er flere steder, hvor funktionskravet om stuvning til terræn ikke overholdes i det eksisterende afløbssystem. Disse områder beskriver nærmere i afsnit 6.2.

6.1 Oversvømmelseskort

Følgende oversvømmelseskort er udarbejdet og vedlagt som bilag 3:

- 5 års hændelse, status
- 10 års hændelse, status
- 10 års hændelse, plan
- 20 års hændelse, plan
- 50 års hændelse, plan
- 100 års hændelse, plan

Et eksempel af et oversvømmelseskort for en 50-års plan scenarie kan ses i nedenstående figur.



Figur 12. Oversvømmelseskort for en 50-års regnhændelse under plan scenarie

Ved en 20-års hændelse, som væsentligt overstiger forsyningens serviceniveau ift. stuvning til terræn, er der yderligere områder med vand på terræn, og ved en 50- og 100-års regnhændelse er oversvømmelserne af en udstrakt og omfattende karakter, der må betegnes som en potentiel beredskabssituation.

AquaDjurs har oplyst, at der ikke er observeret problemer med vand på terræn i forbindelse med en regnvejrshændelse. Det er derimod høj havvandsstand ved hård pålandsvind, der forårsager at Grenåen går over sine bredder. Modelresultaterne viser derimod, at der ved en 5-årshændelse er opstuvning af vandet på terræn flere steder, og noget tyder derfor på, at modellen overestimerer risikoen for oversvømmelse.

Dette kan stamme fra en overestimeret befæstelsesgrad, samt at vandet afstrømmer for hurtigt til systemet, dvs. at afløbstiden er for kort eller at datagrundlaget er fejlbehæftet.

Data er gennemgået og korrigeret, hvor der var åbenlyse fejl og mangler. Flere steder er der dog i DANDAS angivet ledningsdimensioner, der skaber lokale flaskehalse i systemet. Grontmij har ikke foretaget et gennemtjek af hver eneste ledning, da dette er en tidskrævende opgave. Resultaterne er derfor baseret på det udleverede materiale i databasen, hvor Grontmij har foretaget korrektioner og/eller antagelser, der hvor det var nødvendigt for at skabe en sammenhængende afløbsmodel, som kan forbedres med tiden.

Ikke desto mindre kan en mulig forklaring på disse flaskehalse i systemet findes i en kombination af flere elementer, som beskrives nedenfor.

Afløbstiden er beregnet på baggrund af en antaget hastighed af vand på terræn samt længste afstand til koblede knude. Afløbstiden kan være estimeret for kort, hvilket betyder, at vandet afstrømmer for hurtigt på overfladen og når kloakken tidligere end ”i virkeligheden”. Dette resulterer i, at den forsinkende effekt af vandets naturlige transporttid over terræn reduceres, og afløbssystemet belastes i højere grad.

Afløbstiden blev derfor testet ved at sætte afløbstiden på samtlige oplande til 7 minutter (en meget længere transport tid end genereret automatisk i modellen). Resultatet viste ingen åbenlyse forskelle, og de estimerede varierende afløbstider er derfor benyttet.

Befæstelsesgraden er blevet sammenlignet med oplandsdata fra 2008 i forbindelse med ”Strukturplan for Grenaa”.

2008 - Status:
Brutto areal (uden nedsivningsoplande) = 779 ha
Red. areal (med reduktionsfaktor) = 241 ha

Mike Urban model - Status:
Brutto areal = 765 ha
Red. areal = 365 ha * 0,8 = 290 ha

Det vil sige, at det samlede befæstede areal i nærværende modelberegninger under statusscenarie er 20 % større end opgørelsen fra 2008.

2008 – Plan:
Brutto areal (uden nedsivningsoplande) = 1.014 ha
Red. areal (med reduktionsfaktor) = 344 ha

Mike Urban model - Plan:
Brutto areal = 963 ha
Red. areal = 423 ha * 0,8 = 338 ha

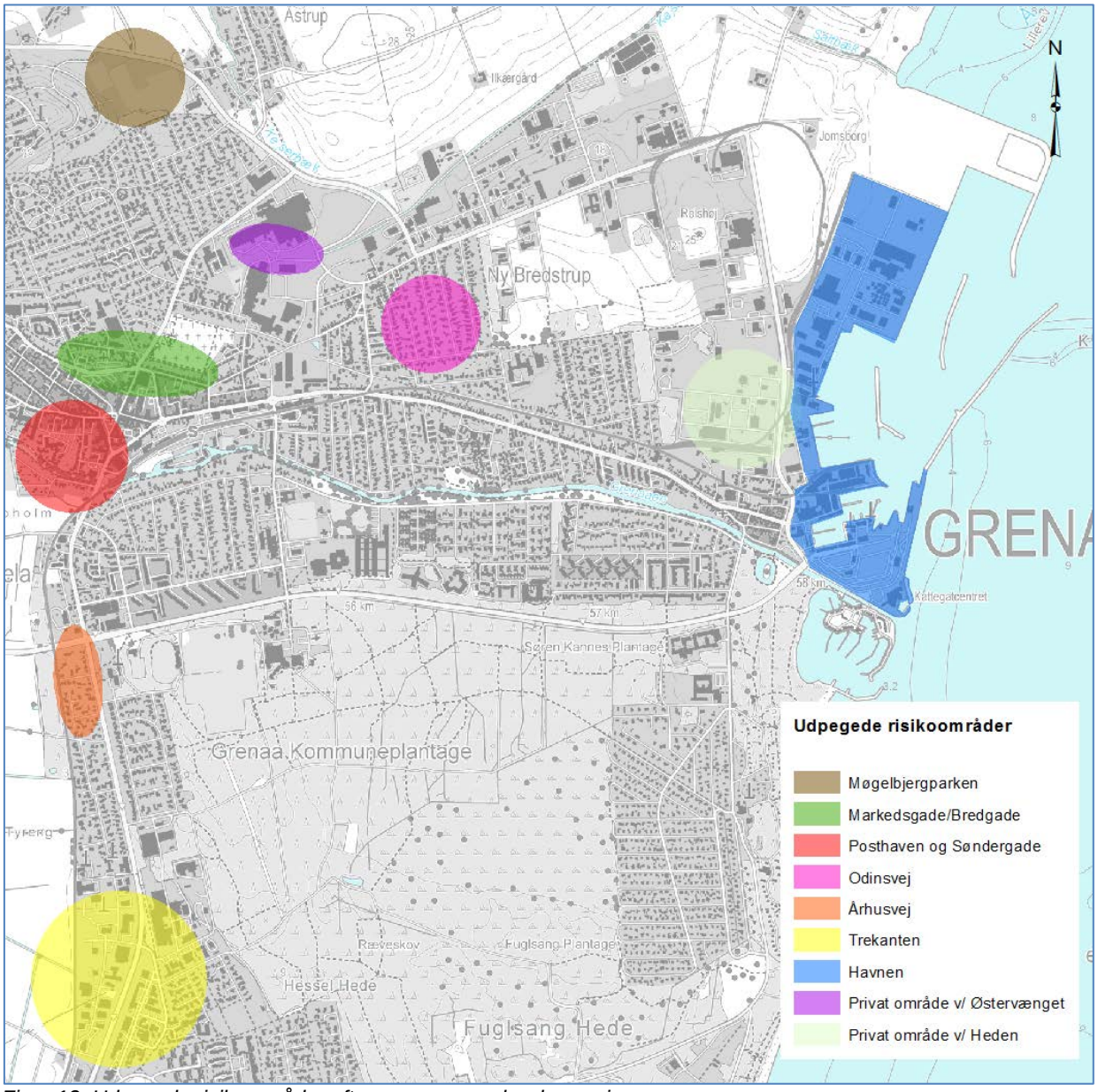
Det vil sige, at planscenariet anvender stort set det samme befæstede areal som udarbejdet ved ”Strukturplan for Grenaa”. fra 2008. Generelt set er det derfor god sammenhæng i beregningen af befæstelsesgraden i nærværende analyse. En kalibrering af modellen i forhold til en observeret regnhændelse vil ikke desto mindre kunne identificere en mere nøjagtig oplandsafstrømning.

6.2 Beskrivelse af udpegede risikoområder

De udpegede risikoområder identificeret i nærværende analyse er:

- Møgelbjergparken (vej evt. ejendomme)
- Markedsgade/Bredgade (vej evt. ejendomme)
- Posthaven og Søndergade (vej evt. ejendomme)
- Odinsvej (vej evt. ejendomme)
- Århusvej (vej og ejendomme)
- Trekanten (vej og ejendomme)
- Havnen
- Privat område ved Østervænget
- Privat område ved Heden

Disse områder kan desuden ses i nedenstående figur.



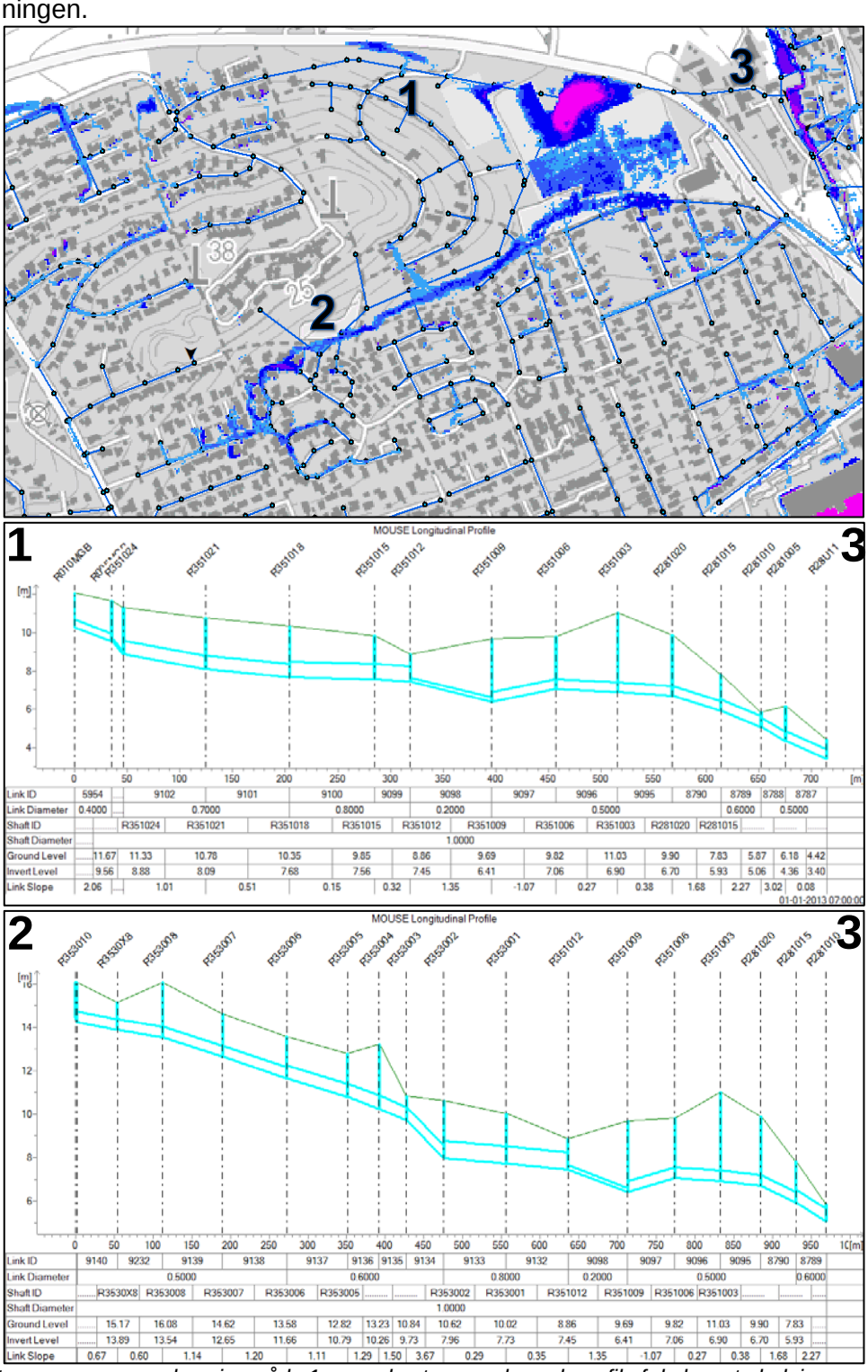
Figur 13. Udpegede risikoområder efter oversvømmelsesberegninger

I det følgende er det forsøgt belyst hvorvidt de berørte områder er reelle problemområder, planlagt oversvømmede områder eller grundet dårligt datagrundlag.

Område 1 – Møgelbjergparken

Fra det nyetablerede område ved Møgelbjergparken, løber ledningerne sammen til ø400 og derfra ned i ø160, videre i en ø700-800, hvorefter røret igen indsnævres til ø200. Fra dette område hvor der på Figur 14 er en tydelig udbredelse af vand på terræn, føres rørene under Mellemstrupvej til udløb i grøften ved Åstruphegnet via ø500 ledninger. Grundet samme indsnævring i systemet er der tilbagestuvning hele vejen tilbage til Primulavej.

Det er derfor skabt en lokal flaskehals i systemet som forårsager stor opstuvning omkring fodboldbanerne ved Mellemstrupvej og ned mod Primulavej. Fjernes denne flaskehals vil vandet løbe videre og ende nede ved udløb til grøften, hvor der i så fald vil være mere vand at håndtere. Dette kan være et bevist valg for at udnytte opstuvningsmuligheden ved fodboldbanen eller fejl i data. Dog fremgår konsekvensen af flaskehalsen tydeligt ved kortlægningen.



Figur 14. Øverst ses oversvømmelsen i område 1 og nederst ses en længdeprofil af de berørte ledninger.

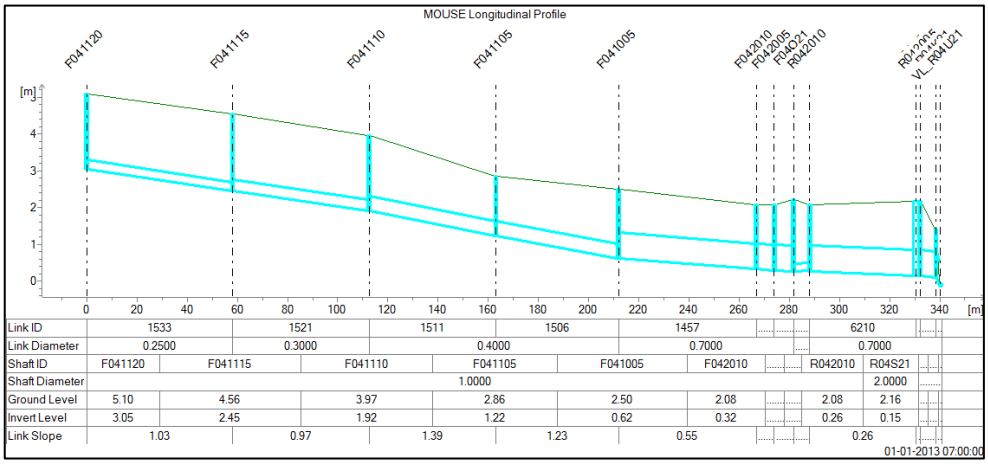
Område 2 - Markedsgade/Bredgade

Husene mellem Kirkegården og Bredgade er udsatte for vand på terræn. Dette skyldes i første omgang opstuvning fra Nørregade og efterfølgende fra ledningsnettet omkring Åstrupvej og Bredgade. Den manglende kapacitet skyldes dels underdimensionerede rør og dels et ledningsnet med lokale flaskehalse.

Område 3 - Posthaven og Søndergade

Ved Posthaven er der generelt ø200 ledninger beliggende med dykket udløb til Grenåen. Beregninger viser utilstrækkelig kapacitet allerede ved en 5-års hændelse. Udbredelsen af vand på terræn bliver således blot større og større ved 20-, 50- og 100-års hændelser.

Ved Søndergade forekommer der vand på terræn grundet en lokal flaskehals i systemet, hvor passagen rammer Søndergade. Se figuren nedenunder.



Figur 15. Lokal flaskehals i systemet, ved Søndergade

Område 4 – Odinsvej

Generelt observeres vand på terræn i området omkring Odinsvej og Thorsvej. Det er udelukkende utilstrækkelig kapacitet i de opstrøms ledninger, der forårsager opstuvning af vand og selv ved øget pumpekapacitet længere nedstrøms eller ændrede randbetingelser, vil der forekomme stuvning til terræn i området.

Område 5 - Århusvej

Kapaciteten i ledningen, der løber langs Århusvej lige syd for Ringvejen er generelt for lille, hvilket forårsager vand på terræn i de tilstødende områder, hvor mindre ledninger løber sammen med den større ledning i Århusvej.

Område 6 – Trekanten

Der er problemer med vand på terræn i området omkring Fabriksvej og Trekanten. Det er et område med mange store befæstede flader, og afløb til grøft sker med lille ledningsfald og således ses stuvning til terræn.

Område 7 - Havnen

Havnen er ramt af vand på terræn, selv ved en 5-års hændelse. Dette skyldes de generelt svært befæstede flader og dykkede udløb, som med en konstant havvandsstand på henholdsvis 20 cm og 50 cm for status og planscenariet resulterer i dårlige afløbsmuligheder. Desuden er der usikkerhed med hensyn til datagrundlaget i området omkring Havnen.

Område 8 - Privat område ved Østervænget

Ved Østervænget er der indsat to pumper med en antaget pumpeydelse på 100 l/s. På oversvømmelseskortene ses det tydeligt, at dette ikke er en høj nok ydelse til at forhindre vand på terræn i området.

Område 9 - Privat område ved Heden

Området Heden er registreret som privat opland. Der er ingen forbindelse mellem afløbssystemet i det resterende Grenaa og afløbssystemet på Heden. Der er derfor oversvømmelse i området, da systemet ikke har afløb noget sted.

7 SAMMENFATNING OG ANBEFALINGER

Som det fremgår af oversvømmelseskortene, er der allerede i dag dele af afløbssystemet, der ikke overholder national funktionspraksis.

Beregningerne viser derfor, at der er et behov for at tilpasse afløbssystemet både til klimaforandringer, men også i forhold til funktionspraksis for 5- og 10- års hændelser.

Planberegningerne for kapacitetsforholdene under antagelse af klimaforandringer samt udledning af regnvand fra private matrikler til regnvandssystemet viser tydeligt, at kun meget få hovedledninger er store nok til også at kunne håndtere fremtidens øgede vandafledning.

Såfremt modellen i fremtiden bruges som grundlag for dimensionering af afløbssystemet, anbefales det gradvist at kalibrere hovedoplandene for dermed at øge modellens præcision. Fordele herved er f.eks.:

- Mindre risiko for under- og overdimensionering
- Reduktion af anlægsomkostninger, bortfald af sikkerhedsfaktor
- Reduktion af anlægsomkostninger, da optimering og konklusioner er stærkere funderet
- Sikkerhed for korrekte oplandsdata, som også kan anvendes i spildevandsplan, mfl.

Det anbefales også, at udføre følgende datamæssige aktiviteter:

- Pumper: Sikre de rigtige start- og stopkoter. Verificere driften af pumper, de steder hvor der er mere end 1 pumpe.
- Bassiner: Verificere vandspejlskoter og volumen
- Udløbskoter: Verificere udløbskote samt om der er kontraklap
- Dobbelttjek af de forskellige randbetingelser foretaget i nærværende modelberegninger

Det anbefales AquaDjurs at indtænke ledningskapacitet i den strategiske renoveringsplanlægning og gradvist over tid at afhjælpe de mest kritiske kapacitetsudfordringer og i den forbindelse implementere en aktiv klimatilpasning af afløbssystemet. Det skal bemærkes, at de producerede oversvømmelseskort og det at afløbssystemet ikke lever op til funktionspraksis, ikke påkræver handling fra AquaDjurs, men at Skrift 27-29 bør overholdes ved nyanlæg og større renoveringer.

Det skal bemærkes, hvad angår randbetingelserne i Kattegat, at udover det overordnede billede af en generel landhævning, sker der mange steder i Danmark yderligere hævninger og især sætninger på regionalt og lokalt niveau. Sætninger kan have oprindelse i den underliggende geologi, f.eks. i forbindelse med konsolidering af sedimenter, eller være af geoteknisk karakter, f.eks. et kajområde, et dige eller en bygning, der sætter sig. Lokalt kan disse sætninger være af en størrelsesorden på 1 cm om året, og vil på nuværende tidspunkt overstige effekten af den overordnede landhævning. Denne parameter er derfor værd at have med i overvejelserne vedrørende oversvømmelsesbeskyttelse og klimatilpasning.

Derudover skal det bemærkes, at mange anlægsaktiviteter har planlagte levetider på op imod 100 år, og det bør derfor fremadrettet i hver enkelt dimensioneringssag, vurderes hvilket scenarie og tidshorisont, der fremskrives med. Nærværende beregninger er baseret på en tidshorisont frem til 2050, jf. vejledning fra Naturstyrelsen.