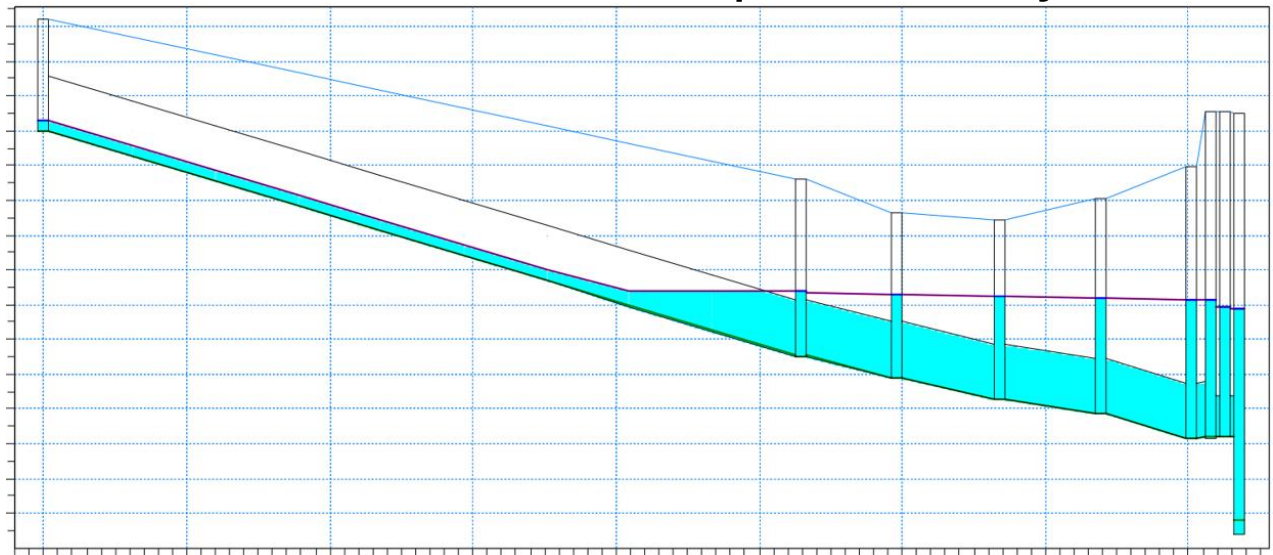


Kapacitetsberäkning för spillvattensystemet



Luleå Kommun

Hydraulisk modellering spillvatten, Porsön

Sundsvall

Hydraulisk modellering spillvatten, Porsön

Kapacitetsberäkning för spillvattensystemet

Datum	2020-02-11
Uppdragsnummer	1320040650
Utgåva/Status	Rev. 2020-07-03

Bo Granlund
Uppdragsledare

Magnus Sundelin, Malin Sundin
Handläggare

Bo Granlund
Granskare

Ramboll Sverige AB
Verkstadsgatan 4
856 33 Sundsvall

Telefon 010-615 60 00
www.ramboll.se

Unr 1320040650 Organisationsnummer 556133-0506

Innehållsförteckning

1.	Inledning	1
1.1	Bakgrund och syfte	1
1.2	Omfattning	1
1.3	Tidigare utredningar	2
1.4	Systembeskrivning	2
2.	Modelluppbyggnad	3
2.1	Allmänt om metodik	3
2.2	Uppbyggnad av hydraulisk modell	4
2.2.1	Ledningssystem och brunnar	4
2.2.2	Pumpstationer	5
2.2.3	Bräddar/nödutlopp/skibord	7
2.3	Uppbyggnad av hydrologisk modell	7
2.3.1	Avrinningsområden och nederbördspåverkan	7
2.3.2	Spillvattenförbrukning och basflöde	9
2.3.3	Statistiska typregn	10
2.4	Modelluppbyggnad, Framtid Rutvik	12
2.4.1	Ledningssystem, Framtid Rutvik	12
2.4.2	Pumpstationer, Framtid Rutvik	13
2.4.3	Avrinningsområden, Framtid Rutvik	13
2.5	Modelluppbyggnad, förtätning Porsön	14
3.	Beräkningar och resultat	15
3.1	Nulägesmodell	15
3.1.1	Verifiering mot mätdata	15
3.1.2	Simulering med blockregn	16
3.1.3	Simulering med CDS-regn med 25 % klimattillägg	19
3.1.4	Simulering med halverade hårdgjorda ytor	19
3.2	Framtidsmodell Rutvik 100 l/s	20
3.2.1	Beräkningsförutsättningar, CDS-regn	20
3.2.2	Anslutning "Väster"	20
3.2.3	Anslutning "Mitten"	22
3.2.4	Anslutning "Öster"	23
3.3	Framtidsmodell, förtätning Porsön	25
4.	Sammanfattande slutsatser	27
4.1	Resultat med nulägesmodell	27
4.2	Resultat med framtidsmodell Rutvik	27

4.3	Resultat med Framtidsmodell, förtätning Porsön	28
5.	Osäkerhet i modell	29
6.	Leverans av modell.....	31

Hydraulisk modellering spillvatten, Porsön

1. Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Ramboll Sverige AB har fått i uppdrag av Luleå kommun att upprätta en hydraulisk spillvattenmodell för Porsön i norra delen av Luleå tätort. Modellen avgränsas i sin nedströms del av pumpstation P17 och den ska primärt användas för att studera systemets kapacitet vid dimensionerande situationer och simulera effekten av ökade flöden i spillvattennätet i samband med planerad utbyggnad och anslutning av fler bostäder. Simuleringsresultaten ska sedan kunna användas för att ge svar på hur befintligt spillvattennät kan hantera de nuvarande och tillkommande flödena samt vilka eventuella åtgärder som kan vara aktuella för att klara funktionskraven.

Som underlag till verifiering av den hydraulisk modellen utfördes under sommaren 2019 registrerande mätning av nederbörd i två punkter och flödesmätning i avloppssystemet i 4 brunnar. Flödet genom tre pumpstationer har även beräknats eller registrerats under samma period för analys. Resultat från detta har redovisats i separat PM dat 2019-10-02.

I föreliggande PM redovisas hur modellen byggts upp utifrån data om ledningssystemet och verifierats mot mätdata. Resultat från beräkningar med CDS-regn redovisas liksom resultat från beräkningar med blockregn (två varianter av statistiska typregn), beräkningar har gjorts såväl för nuläge som för några framtidsscenarioer.

Arbetet med denna utredning har utförts av Bo Granlund, Magnus Sundelin och Malin Sundin vid Ramboll Sverige AB på uppdrag av Luleå kommun.

Målgrupp för rapporten är personal vid Luleå kommun och personer med grundläggande kunskaper om kommunens VA-system.

1.2 Omfattning

Kapacitetsberäkningarna omfattar enbart spillvattensystemet uppströms pumpstation P17 som är modellens utloppspunkt. Områdena uppströms pumpstationerna P24 (Björnsbyn mm) och P25 (del av Björkskatan) beskrivs enbart som inflöden från avrinningsområden utan ledningsnät.

Utredningen ska primärt besvara följande frågor:

- Vilka begränsande ledningssträckor ("flaskhalsar") finns på nätet idag?
- Vid vilka regnsituationer riskeras översvämning eller bräddning?
- Vilken kapacitet finns att i framtiden ansluta spillvatten från Rutviksområdet och var är det lämpligt att ansluta?

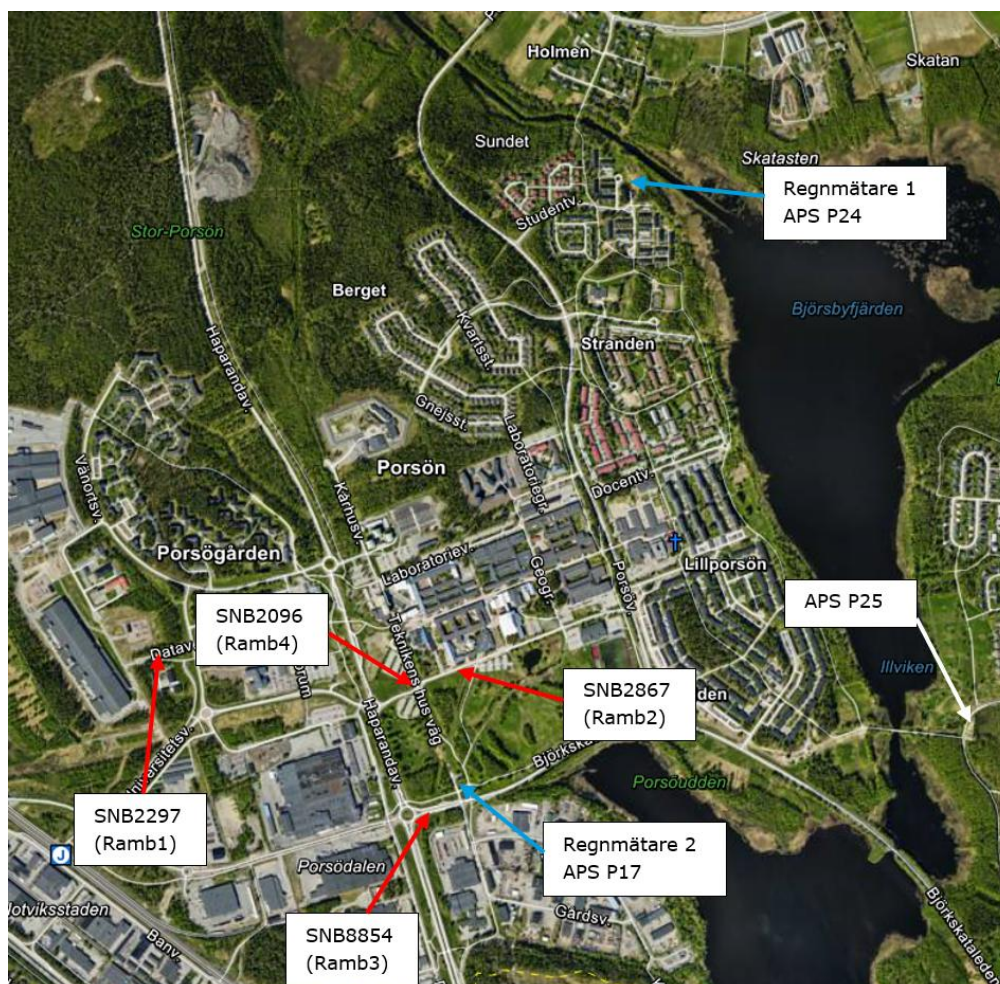
- Finns det kapacitet i nätet att ansluta ny bebyggelse vid planerad förtätning på Porsön?
- Vilka åtgärder rekommenderas?

1.3 Tidigare utredningar

PM Analys av regn- och flödesmätningar 2019, Porsön, Luleå kommun. 2019-10-02, Ramboll Sverige AB.

1.4 Systembeskrivning

Hydrauliska beräkningar har gjorts för huvudledningssystemet som avleder spillvatten till pumpstation P17. Mätpunkter som använts för verifiering och rörnätsmodellens avgränsningar i stort framgår nedan.



Figur 1: Rörmödelens avrinningsområde och ungefärliga positioner för samtliga mätpunkter. Röda pilar representerar flödesmätning med vh-mätare i spillvattenledning. Stationer för nederbörds-mätning har markerats med blått.

2. Modelluppbyggnad

2.1 Allmänt om metodik

En modell ger aldrig en fullständig bild av verkligheten utan modellen konstrueras för att efterlikna verkliga förlopp tillräckligt bra utifrån aktuella syften med modellen. I denna utredning har modellverktyget Mike Urban CS använts där Mouse används som beräkningsmotor.

En nulägesmodell för spillvattensystemet på Porsön är uppbyggd för att kunna simulera scenarion med olika typregn och utvärdera nuvarande flödesbelastning och kapacitet i ledningssystemet. För att studera effekten av framtida nya anslutningar till systemet, förändrade kapaciteter mm har justeringar av modellen gjorts vilket här kallas "framtidmodell".

En datormodell för dagvattenförande avloppsledningssystem består dels av ett antal avrinningsområden (hydrologisk modell) som vid beräkning med belastning från regndata, spillvatten och basflöde genererar avrinningshydrografer (flödeskurvor) vilka blir indata till en rörnätsmodell. Rörnätsmodellen (hydraulisk modell) innehåller beskrivning av systemets ledningar, brunnar, pumpstationer, bräddavlopp m.fl. anläggningsdelar. Efter modellberäkning med valda indata erhålls resultat i form av flöden och trycknivåer etc i systemets olika ledningsavsnitt.

Mätresultaten visar att spillvattensystemet i Porsön belastas med snabb nederbördspåverkan vid regn och avrinningsytor har definierats i modellen utifrån mätdataanalysen för de olika mätpunkterna.

Vid beräkning med dimensionerande regn har använts s.k. CDS-regn med varaktighet 360 min (6 timmar) och olika återkomsttider. Regnen är utformade enligt anvisning i Svenskt Vatten P104, ekvation Dahlström 2010. I P104 anges även att vid funktionskontroll av befintligt system, t. ex efter inträffade översvämningar då syftet är att visa om det befintliga systemet är korrekt dimensionerat enligt Svenskt Vatten P90, kan man i stället utnyttja en serie med olika blockregn som nederbördsdata. Dimensionering med CDS-regn ger något högre maxflöden och torde ge resultat som är på "säkra sidan" vid jämförelse med dimensioneringskraven. I detta uppdrag har även beräkningar med blockregn utförts.

Vid dimensionering av nya eller framtida system är det lämpligt att använda en klimatfaktor i regnen som tar hänsyn till den ökade regnintensitet som förväntas i framtiden. För klimatanpassning till framtida nederbördsförhållanden år 2071-2100 bör regnintensiteterna ökas med 25 % (se Svenskt Vatten P104).

Vid beräkning med den hydrauliska modellen simuleras flöden och trycknivåer i ledningar, magasin och övriga anordningar på nätet varvid även dämnda förhållanden kan hanteras. Resultaten sparas i olika tidssteg under

beräkningsperioden vilket ger möjlighet att följa förloppen i ledningssystemet löpande under avrinningsperiodens olika faser.

2.2 Uppbyggnad av hydraulisk modell

2.2.1 Ledningssystem och brunnar

Underlag gällande spillvattennätets ledningar och brunnar har erhållits i form av shape-filer från kommunen. Beskrivningarna nedan gäller systemets utformning i nuläget. För framtidsmodellen har vissa antaganden om kapacitetsökning mm gjorts.

Alla brunnar i modellen har en brunnsförlust angiven som Weighted inlet energy¹ vilket motsvarar en faktor på 0,25.

Vattengång i brunnar har angetts från nivå i utgående ledning. Kompletterande inmätningar har gjorts av kommunen där nivåer saknats. Ifall inmätning inte varit möjligt har nivåer interpolerats mellan närmsta kända nivåer. När interpolering inte varit möjlig har nivåer antagits utifrån vad som anses vara rimligt i förhållande till marknivåer och övriga vattengångar i systemet.

Marknivåer/locknivåer har huvudsakligen hämtats från den nya nationella höjddatabasen (höjdsystem RH2000) vilket ger viss osäkerhet i höjdangivelsen av ledningar och brunnslock. För få en noggrannare höjduppgift på kritiska nivåer har inmätning gjorts på vissa brunnar.

Ledningar har angetts som cirkulära ledningar med Mannings tal² enligt tabell nedan.

Tabell 1: Mannings tal för olika ledningsmaterial

Material	Manning tal ($m^{1/3}/s$)
	Befintliga ledningar
Plast	80
Betong	75
Segjärn	70

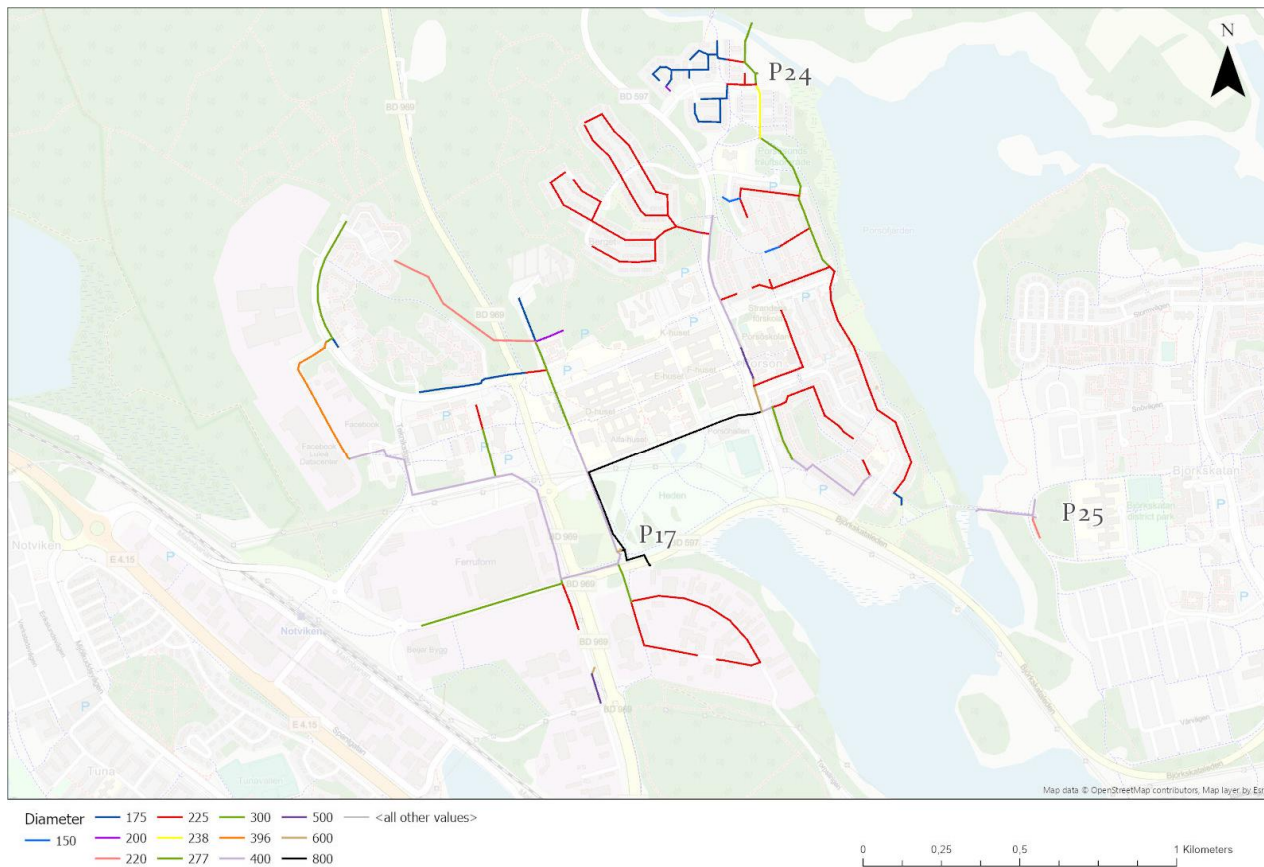
Ledningar där material ej angetts i kommunens underlag har antagits vara av betong, såvida inte dimension eller annat antyder att de är plastledningar.

Ledningar med antagna eller interpolerade nivåer har beskrivits under Description i Mike Urban med "antagen nivå".

Ledningsdimensioner i dagens system visas med inre diameter i Figur 2.

¹ Rekommenderad brunnsförlust att använda i Mike Urban enligt Svenskt Vatten Utveckling Rapport 2016-15

² Mannings tal är en "skrovlighetskoefficient", en sammanvägning av råhet på rörväggar som påverkar strömningsförlusterna i ledningen..



Figur 2: Innerdiameter i spillvattenledningar redovisade som färger, dagens system

2.2.2

Pumpstationer

Tre pumpstationer finns i modellen; P24, P25 och P17:

P24

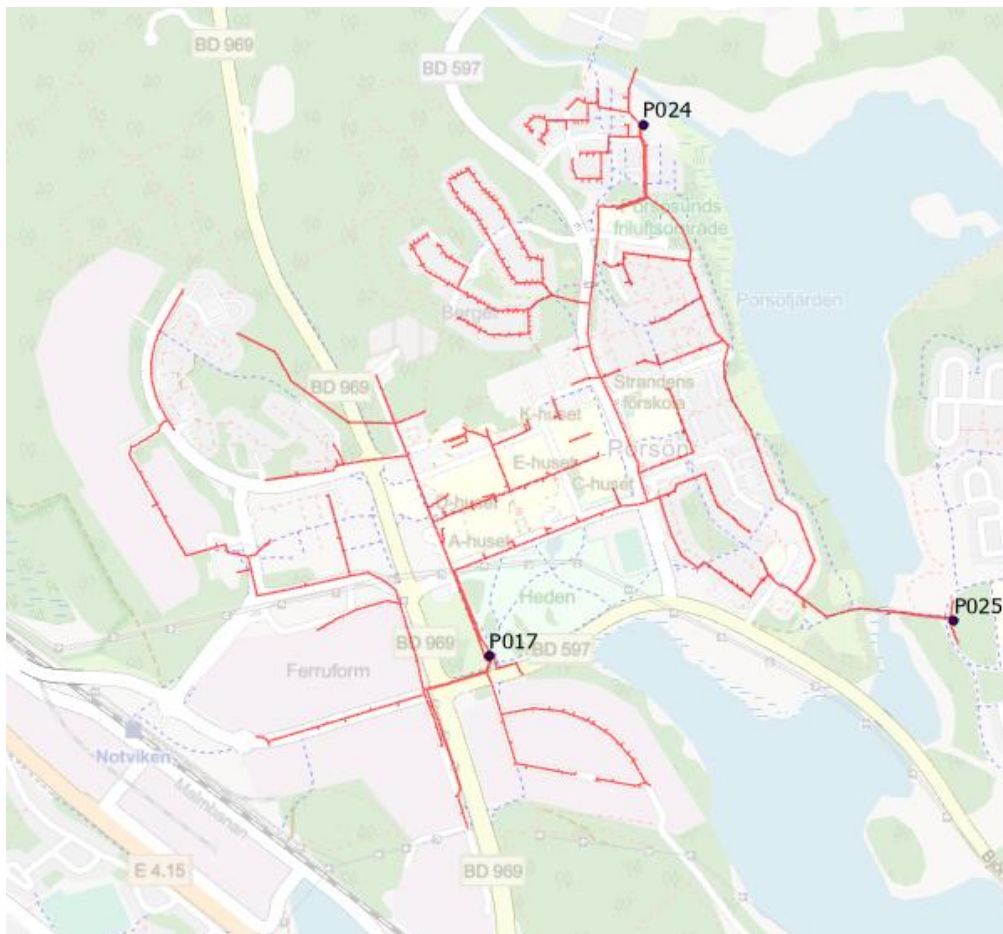
Upptagningsområde: Delar av nordöstra Porsön, Björnsbyn mm.

Pumpkapacitet: Stationen har 2 st pumpar med max pumpkapacitet på ca 63 l/s vid alla pumpar i drift. Pumpkapaciteten har i modellen angivits med ett konstant flöde på 63 l/s, startnivå i RH2000 på -1,40 m och stoppnivå -2,90 m.

I det verkliga fallet och med "normal" tillrinning går pumparna intermittent (en i taget) så länge som kapaciteten räcker. I modellen har dock driftsättet förenklats så att stationen alltid pumpar med maxkapacitet eftersom vi främst vill studera hur systemet fungerar vid intensiva regnsituationer.

Pumpsump: Diameter 3,0 m, cirkulär. Effektiv sumpvolym ca 10,6 m³.

Pumpar till: SNB8739.



Figur 3: Översiktsbild med ledningsnät och de tre pumpstationerna

P25

Upptagningsområde: Del av Björkskatan.

Pumpkapacitet: Stationen har 2 st pumpar med antagen max pumpkapacitet på ca 63 l/s vid alla pumpar i drift. Pumpkapaciteten har i modellen angivits med ett konstant flöde på 63 l/s, startnivå i RH2000 på -1,50 m och stoppnivå -3,50 m. I det verkliga fallet och med "normal" tillrinning går pumparna intermittent (en i taget) så länge som kapaciteten räcker. I modellen har dock driftsättet förenklats så att stationen alltid pumpar med maxkapacitet eftersom vi främst vill studera hur systemet fungerar vid intensiva regnsituationer.

Pumpsump: Diameter 3,0 m, cirkulär. Effektiv sumpvolym ca 14,2 m³

Pumpar till: SNB8709

P17

Upptagningsområde: Porsön och pumpstationerna P24 och P25.

Pumpkapacitet: Stationen har 3 st pumpar med max pumpkapacitet på ca 200 l/s vid alla pumpar i drift. Pumpkapaciteten har i modellen angivits med ett konstant flöde på 200 l/s, startnivå i RH2000 på -0,50 m och stoppnivå -1,51 m.

I det verkliga fallet och med "normal" tillrinning går pumparna intermittent (en i taget) så länge som kapaciteten räcker. I modellen har dock driftsättet förenklats så att stationen alltid pumpar med maxkapacitet eftersom vi främst vill studera hur systemet fungerar vid intensiva regnsituationer.

Pumpsump: Diameter 5,0 m, cirkulär. Effektiv sumpvolym ca 30 m³

Pumpar till: SNB2818 och vattnet följer systemet vidare mot Uddebo ARV.

2.2.3 Bräddar / nödutlopp / skibord

Tre bräddutlopp ligger inlagda i modellen, ett i anslutning till varje pumpstation.

Bräddnivå P24: +1.38

Bräddnivå P25: +1.49

Bräddnivå P17: +1.19

2.3 Uppbyggnad av hydrologisk modell

2.3.1 Avrinningsområden och nederbördspåverkan

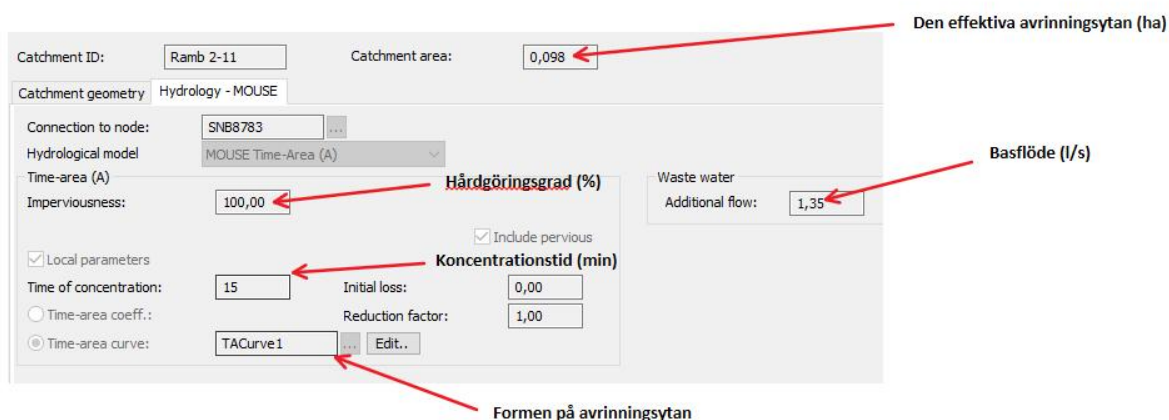
En översiktsplan med modellens avrinningsområden visas i figur nedan. För varje område har definierats uppgifter om ytaavrinning som belastar spillvattennätet vid regn (area, koncentrationstid) samt basflöde (spillvatten, läck- och dränvatten). Varje delområde har en egen anslutningspunkt där avrinningen ansluter till den hydrauliska rörmodellen.



Figur 4: Grafisk redovisning av modellens avrinningsområden

I figuren ovan har avrinningsområdena ritats utifrån geografiska förutsättningar. Det innebär inte att områdenas area i figuren representerar hur stor den effektiva avrinningsytan som medför nederbördspåverkan är i verkligheten.

Fördelningen av ytor med nederbördspåverkan för de olika delområdena i modellen har gjorts utifrån flödesdata från de fyra mätpunkterna (Se PM Mätdataanalys Porsön spill 2019). Siffran för "Area snabb nederbördspåverkan (ha)" har efter upprepade modellberäkningar justerats för att simulerade flöden ska överensstämma rimligt bra med uppmätta flöden vid några verkliga regn som registrerats under mätperioden.



Figur 5: Exempel på indata till avrinningsområde

Modellen är uppbyggd med en hårdgöringsgrad (imperviousness) på 100 % för varje delområde eftersom vi utgått från den effektiva avrinningsytan som kommer från mätdataanalysen, beskrivet som "Area snabb nederbördspåverkan (ha)" i Tabell 2.

Tabell 2: Regnpåverkan, justerat efter kalibrering mot modellberäkningar

Mätpunkt	Area snabb nederbördspåverkan (ha)	Konsentrationsstid (min)
SNB2297 (Ramb1), S400, Facebook	0,05	25
SNB2867 (Ramb2), S800, Universitetet	1,75	35
SNB8854 (Ramb3), S400, Rondellen	0,2	40
SNB2096 (Ramb4), S400, Teknikens hus	0,4	25
Pumpstation P24	0	0
Pumpstation P25	0	0
Summa	2,4	

Konsentrationsstiderna har anpassats för att avrinningsförloppen i simulerade flöden tidsmässigt ska överstämja i största möjliga mån med de uppmätta förloppen. Konsentrationsstider från 10–25 min har använts i de olika avrinningsområdena.

2.3.2

Spillvattenförbrukning och basflöde

Spillvattenförbrukningens storlek baseras på flödesmätningar från "PM Mätdataanalys Porsön spill 2019". Fördelning mellan de olika delområdena har gjorts baserat på debiterad förbrukning enligt vattenmätare för varje område.

Underlag på debiterad förbrukning har levererats av Luleå kommun. Spillvattenflöde med tillägg för läck- och dränvattenpåverkan är inlagd som ett basflöde i varje delområde (se Figur 4). Basflödesbelastningen är vald för att motsvara en situation med högt torrvädersflöde, beskrivet som Q_{hög} torrväder i tabell nedan. Värden på Q_{hög} torrväder har valts uppströms respektive mätpunkt för att motsvara registrerade torrvädersflöden under mätperioden. I beräkningarna för olika regnsituationer har basflödena från de olika delområdena varit konstanta med en total basflödesbelastning på 60,5 l/s uppströms pumpstation P17.

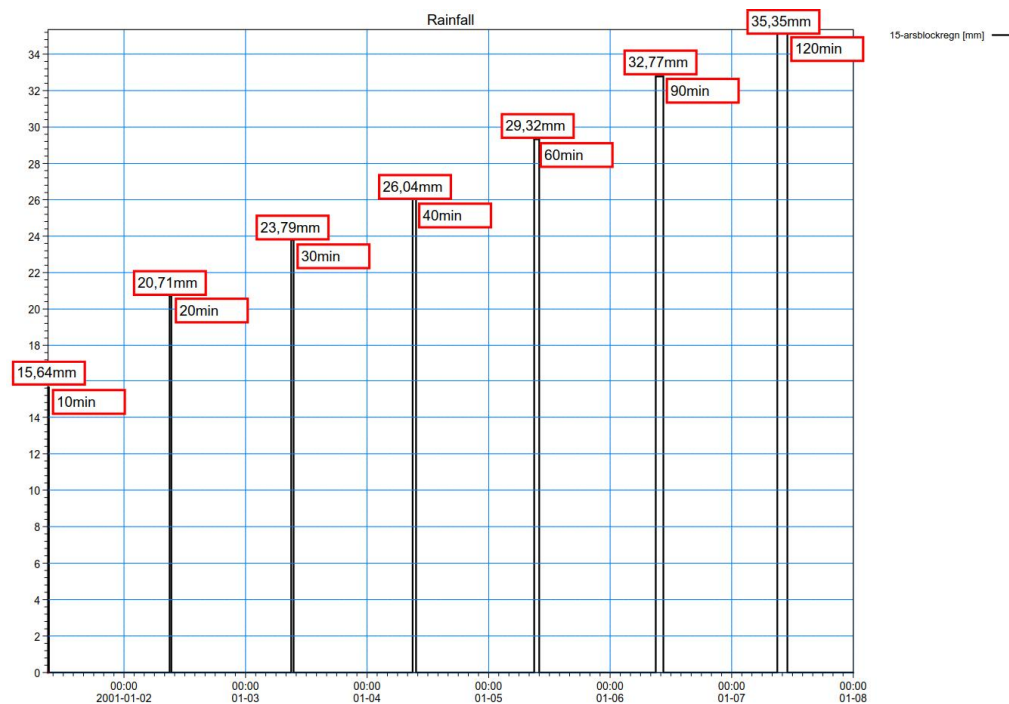
Tabell 3: Torrvädersflöde vid hög- och medelbelastning

Mätpunkt	Q _{hög} torrväder (l/s)	Q _{medel} torrväder (l/s)
SNB2297 (Ramb1), S400, Facebook	2	1,5
SNB2867 (Ramb2), S800, Universitetet	45	30
SNB8854 (Ramb3), S400, Rondellen	12	9
SNB2096 (Ramb4), S400, Teknikens hus	1,5	1,2
Pumpstation P17	60,5	41,7
Pumpstation P24	9	7
Pumpstation P25	12	7

2.3.3 Statistiska typregn

Vid beräkningar med blockregn³ har regn med varaktighet från 10 min till 120 min använts. För att minska antalet beräkningar har regnen lagt i serier med ett blockregn per dygn, därigenom hinner effekten av ett regn klinga av innan nästa regn kommer. Nedan visas ett exempel på en blockregnsserie med 15 års återkomsttid.

³ Blockregn är en regnhändelse som har konstant intensitet längs händelsen

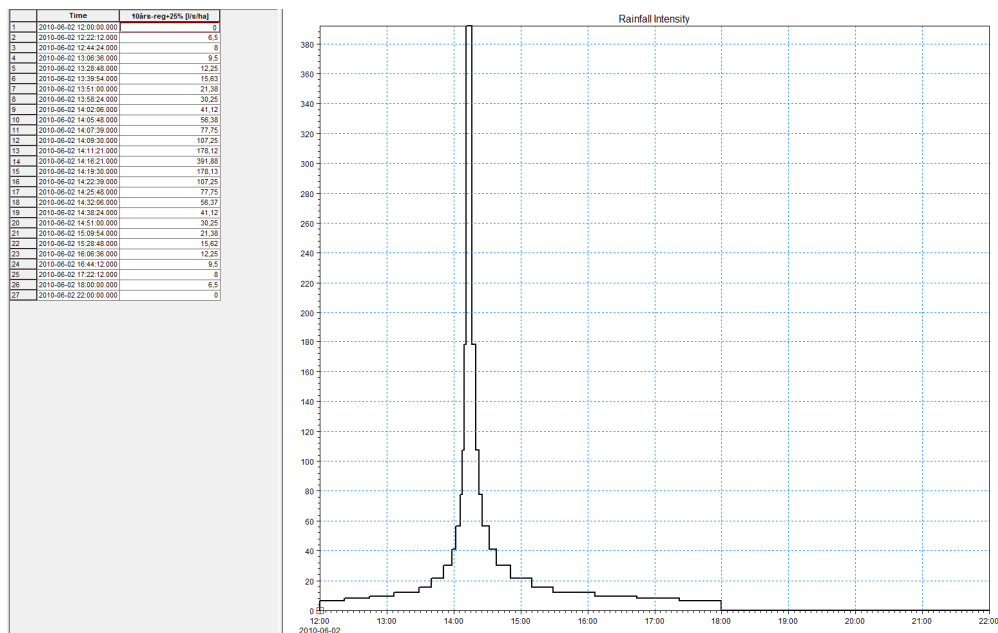


Figur 6: Exempel på 15-års Blockregn med varaktighet på 10 min -120 min. Regnets volym anges separat.

Efter beräkning med en blockregnsserie av viss återkomsttid kan man analysera vilken varaktighet för blockregn som ger störst effekt i kritiska delar av systemet. Det kan t. ex gälla maxflöde, högst trycklinje i ledningar eller bräddflöde.

I rapporten redovisas även beräkningar med CDS-regn⁴. Principen för CDS-regnets utseende framgår av figuren nedan:

⁴ CDS-regn (Chicago Design Storm) är ett syntetiskt regn uppbyggt av ett antal blockregn med olika varaktigheter. (SVU-rapport 2016–15)



Figur 7: Exempel på intensitetskurva för ett CDS-regn, återkomsttid 10 år, 25 % klimatpåverkan. Intensiteten anges i l/s/ha.

Den totala volymen (mm) i ett CDS-regn med 6 timmars varaktighet är samma som för ett 6 timmars blockregn med motsvarande återkomsttid.

Överslagsmässigt kan anges att intensiteten för ett 10 års CDS-regn med 25 % tillägg för klimatpåverkan motsvarar ungefär ett 20-årsregn utan tillägg.

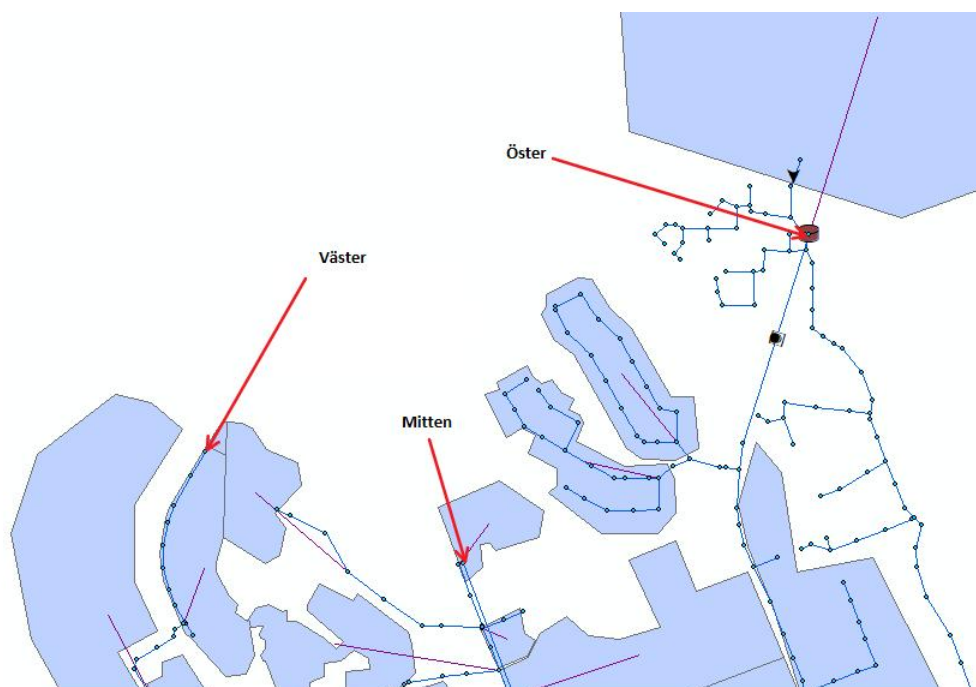
I rapporten redovisas beräkningsresultat för både blockregn (utan klimattillägg) och CDS-regn med 25 % tillägg för klimatpåverkan.

2.4 Modelluppbyggnad, Framtid Rutvik

För att simulera framtida exploatering och anslutning av spillvattensystemet från Rutviksområdet norr om Porsön har framtidsscenario har utformats. I uppdraget har ingått att testa effekten av tillkommande spillvattenflöde från Rutviksområdet med 50 l/s respektive 100 l/s till tre alternativa anslutningspunkter inom Porsöns spillvattensystem. Nedan redovisas de antaganden och justeringar har gjorts till framtidsmodellen.

2.4.1 Ledningssystem, Framtid Rutvik

De tre alternativa inkopplingspunkter för framtida belastning som studerats med modellberäkningar har benämnts "Väster", "Mitten" och "Öster". Läget visas i figur nedan.



Figur 8: Framtidsmodell med ett fiktivt inlagt område och 3 möjliga inkopplingspunkter

Anslutning "Väster" görs i punkt SPP46 till befintlig 300 mm ledning.

Anslutning "Mitten" görs till en fiktiv ny S800-ledning som ansluter direkt i punkt SNB2098 på befintlig 800 mm ledning. Kommunen har planer på renovering av denna sträcka.

Anslutning "Öster" görs direkt till pumpstation P24 vilken pumpar till SNB8739 på befintlig 400 mm ledning.

Inga förändringar har gjorts i övrigt i ledningsnätet.

2.4.2

Pumpstationer, Framtid Rutvik

För att bättre klara flöden enligt angivna framtidsscenarier har antagits att pumpkapaciteterna kan ökas enligt:

- P17 får ökad kapacitet från 200 l/s till 250 l/s
- P24 får ökad kapacitet från 63 l/s till 110 l/s

2.4.3

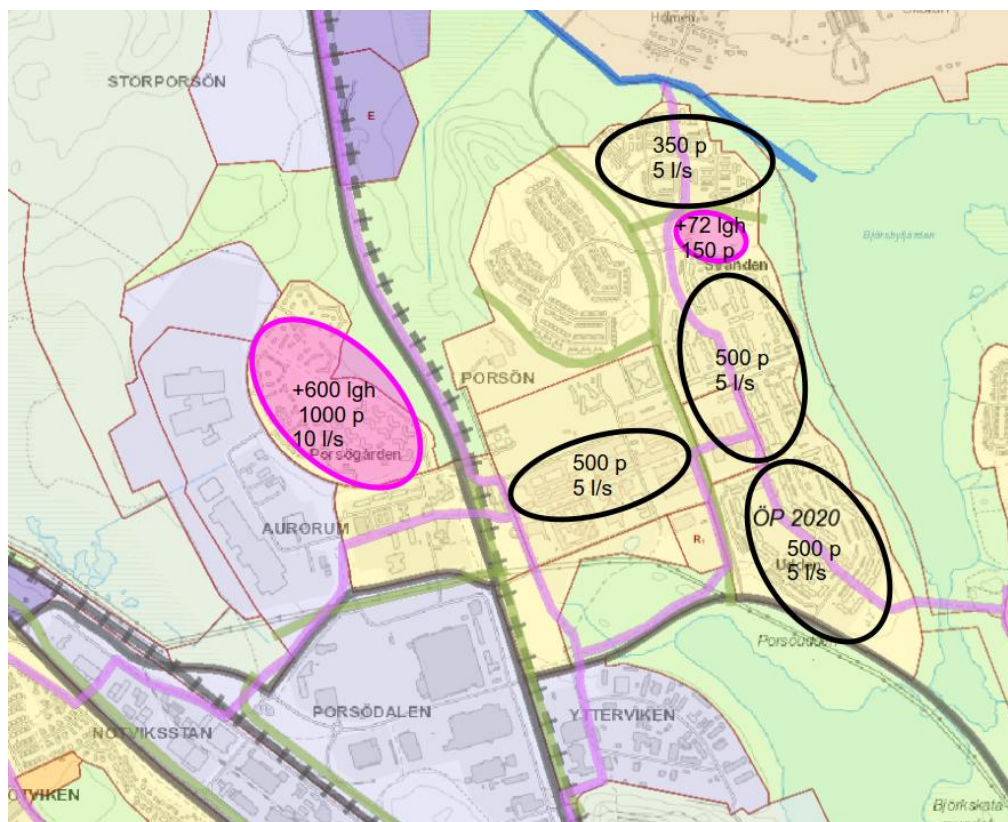
Avrinningsområden, Framtid Rutvik

Ett nytt avrinningsområde har lagts till som ska representera det tillkommande flödet från Rutviksområdet. Det nya avrinningsområdet har ingen verklighetsförankring geografiskt i modellen. Spillvattenförbrukningen för det nya området har ansatts till ett konstant flöde på 50 l/s eller 100 l/s beroende på scenario.

2.5

Modelluppbyggnad, förtätning Porsön

Luleå kommun har planer på förtätning av bebyggelsen inom Porsön, nedan visas antagna siffror över tillkommande antal personer och basflöden.



Figur 9: Ett förslag till förtätning inom Porsön enligt figuren har definierats i modellen. Basflödet till spillvattennätet har ökats med angivna flöden.

För att illustrera hur dagens spillvattensystem påverkas av förtätningen har basflödet till spillvattennätet i aktuella områden ökats med angivna flöden. I syfte att det ska gå att jämföra funktionen efter förtätning med dagens situation har inga ändringar i övrigt gjorts jämfört med nulägesmodellen.

3. Beräkningar och resultat

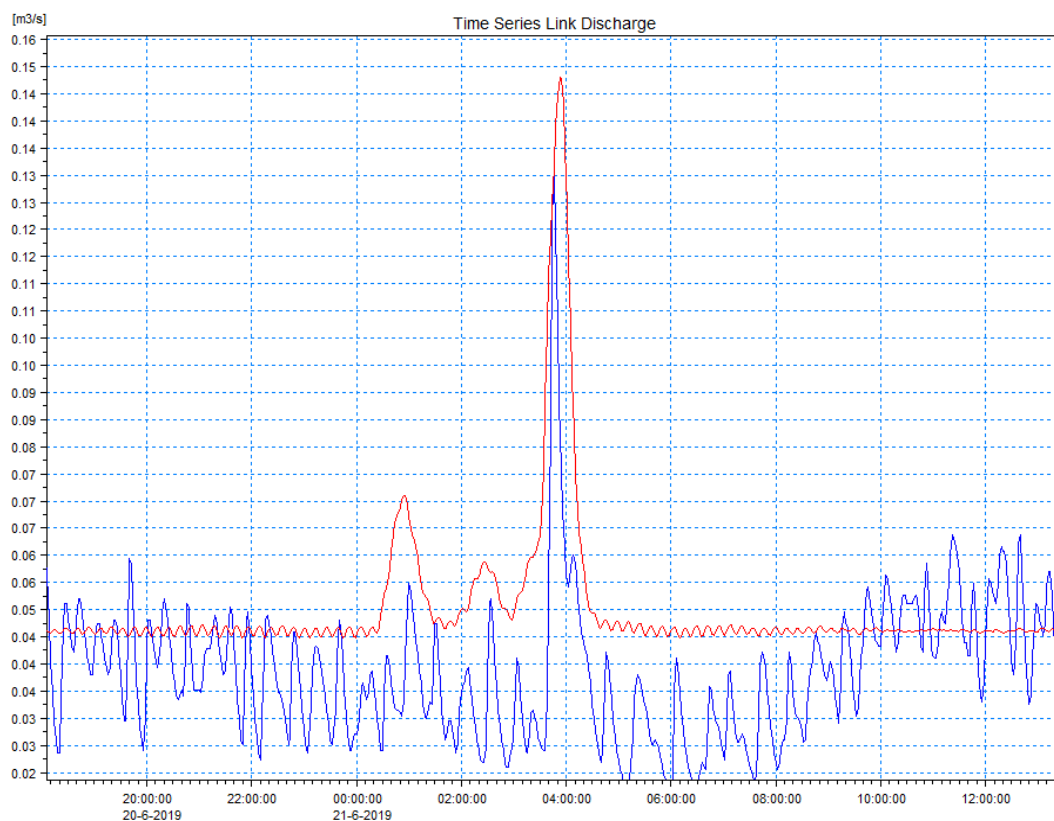
3.1 Nulägesmodell

3.1.1 Verifiering mot mätdata

Modellens avrinningsområden har justerats i syfte att så bra som möjligt ge beräkningsresultat som efterliknar registrerat basflöde och registrerade flödesförlopp vid utvalda regn under mätperioden som pågick sommaren 2019.

Som basflödessituation valdes ett torrvädersflöde på totalt ca 60 l/s uppströms pumpstation P17 vilket är ett förhållandevis högt flöde under perioden. Detta basflöde belastar rörmodellen kontinuerligt under beräkningarna, dvs ingen dygnsvariation har använts.

Storleken på snabba avrinningsytor har justerats för att beräknad flödeskurva vid intensiva regn ska följa registrerat flöde rimligt bra, såväl vad gäller flödestoppens storlek som det tidsmässiga förloppet. Exemplet nedan visar en jämförelse för mätpunkt "Ramb2 Universitetet" i samband med kraftigt regn 2019-06-20 – 21.



Figur 10: Exempel på uppmätt flöde (blå kurva) och beräknat flöde (röd kurva) registrerat i mätpunkt Ramb2 Universitetet i samband med kraftigt regn 2019-06-20 - 21. Enhet m^3/s

Vid jämförelse mellan grafer över uppmätt flöde och modellerat flöde i samband med viss regnsituation måste hänsyn bl. a tas till att aktuell modell räknar med ett konstant basflöde över dygnet medan det verkliga torrvädersflödet har en naturlig dygnsvariation. Fokus har lagts på att beskriva de olika avrinningsområdena så att flödestoppens storlek och tidsmässiga förlopp i samband med intensiva regn stämmer så bra som möjligt mellan uppmätt flöde och modellerat flöde.

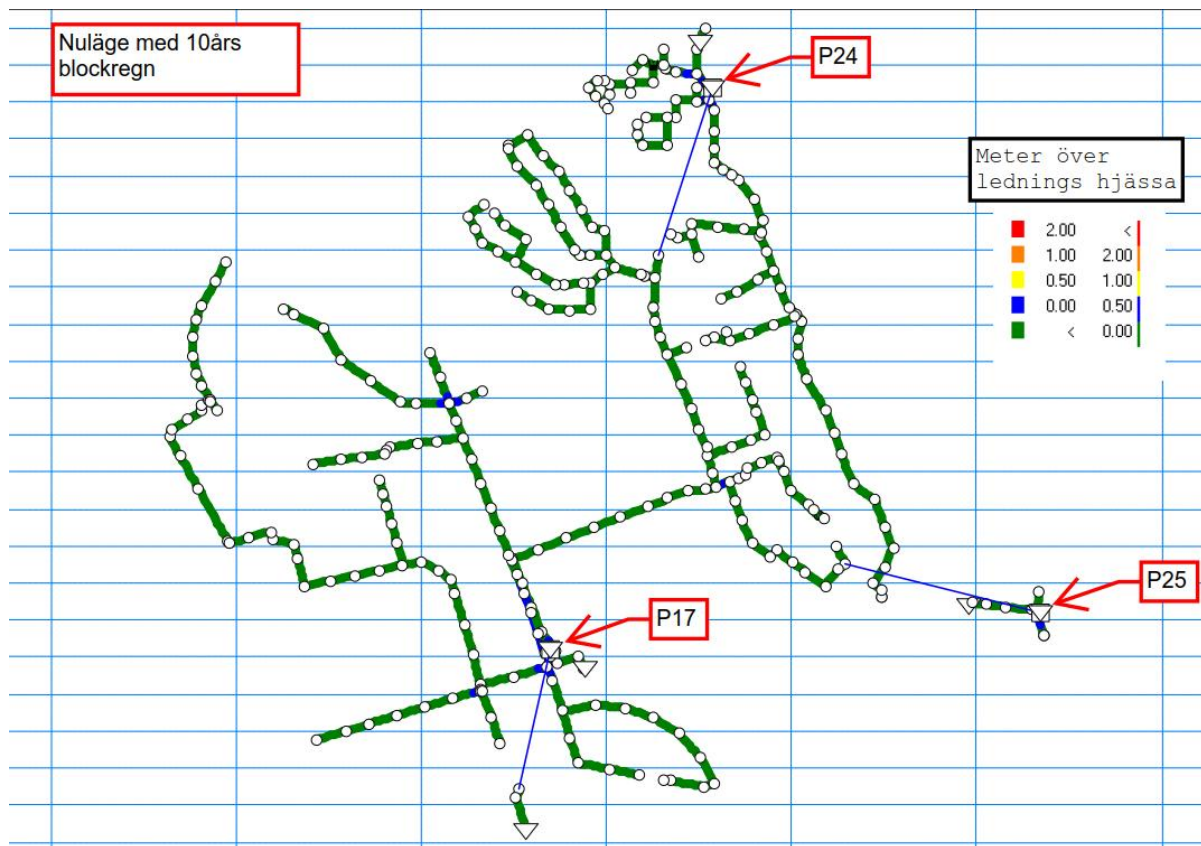
3.1.2

Simulering med blockregn

Flera olika serier med blockregn har använts i simuleringarna för att hitta den kritiska nivån där överbelastning i systemet börjar. Blockregn med återkomsttider från 5 år till 25 år har använts.

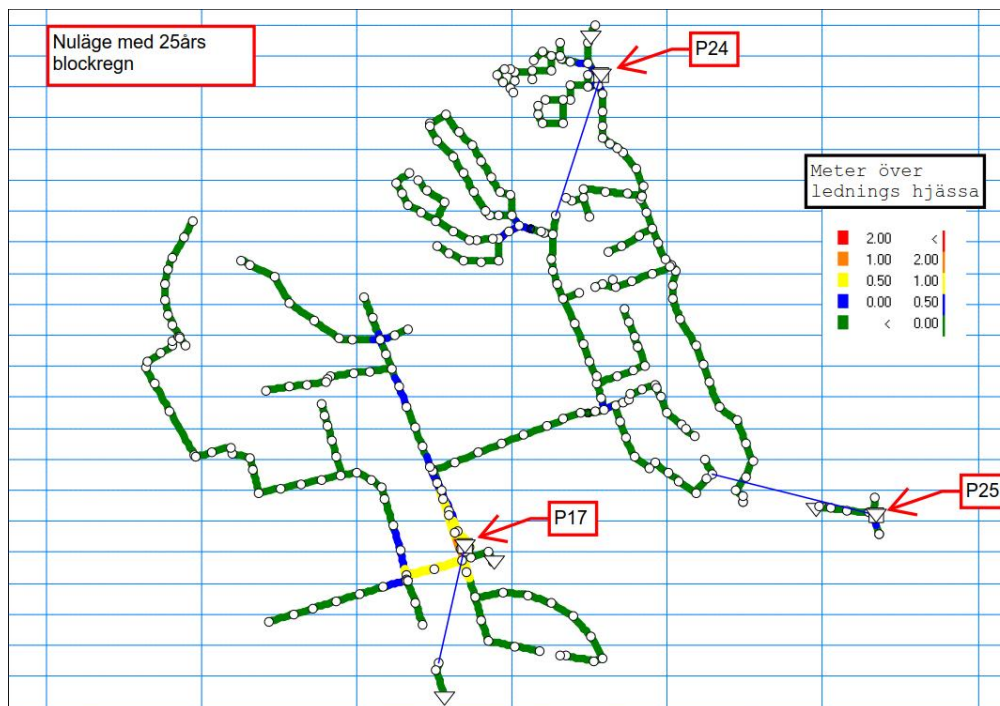
Beräkningarna visar att pumpstation P17 är systemets "flaskhals", vid stora regn överbelastas stationens pumpkapacitet som angetts till 200 l/s varvid dämning sker i systemet närmast stationen. Vid "tillräckligt" stora regn dämmer systemet över bräddnivån i P17 och bräddning sker till recipient.

Figuren nedan visar en planbild med beräkningsresultat för 10 års blockregn. Dämning sker närmast P17 men ingen bräddning sker vid detta scenario. Grön ledning innebär att högsta beräknade trycklinje (vattennivå) understiger ledningens hjässa. Dämning till 0,5 m, 1 m etc över hjässan illustreras med andra färger, se förklaring i figuren.

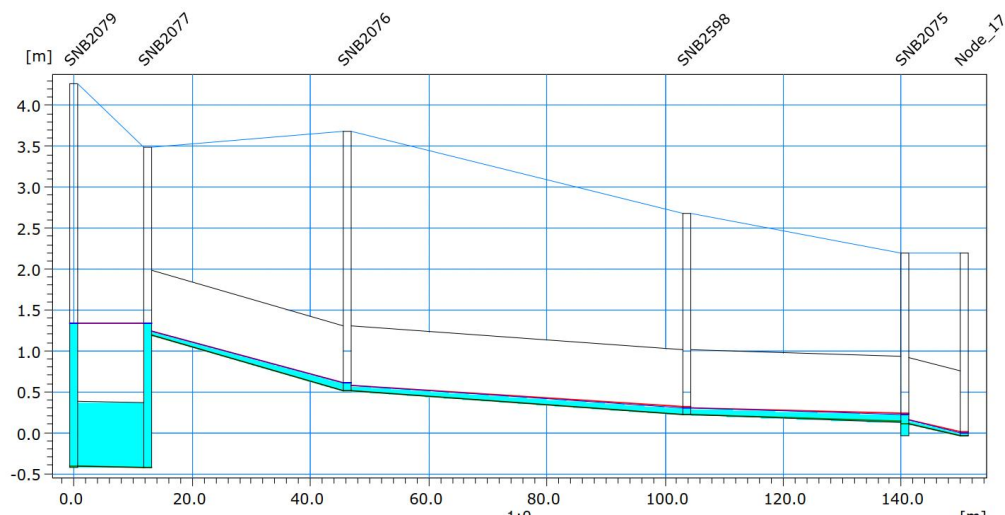


Figur 11: Nuläge med 10 års blockregn vid 10 - 120 min varaktighet. Ledningar med grön färg får ingen dämning över hjässan. Blå ledningar innebär 0-0,5 m dämning över hjässan. Dämning över ledningshjässan sker närmast pumpstation P17 som överbelastas hydrauliskt men ingen bräddning uppstår.

Beräkningarna med nutidsmodellen visar att ingen bräddning sker vid P17 för blockregn med mindre än 25 års återkomsttid. Vid 25 års återkomsttid uppstår viss bräddning vid P17 för blockregn med 20 – 60 min varaktighet.



Figur 12: Nuläge med 25 års blockregnsserie. Bräddning vid P17 sker vid 20 – 60 min varaktighet.



Figur 13: Bräddledning från P17 i profil. Nuläge med 25 års blockregnsserie. Bräddning vid P17 sker vid 20 – 60 min varaktighet.

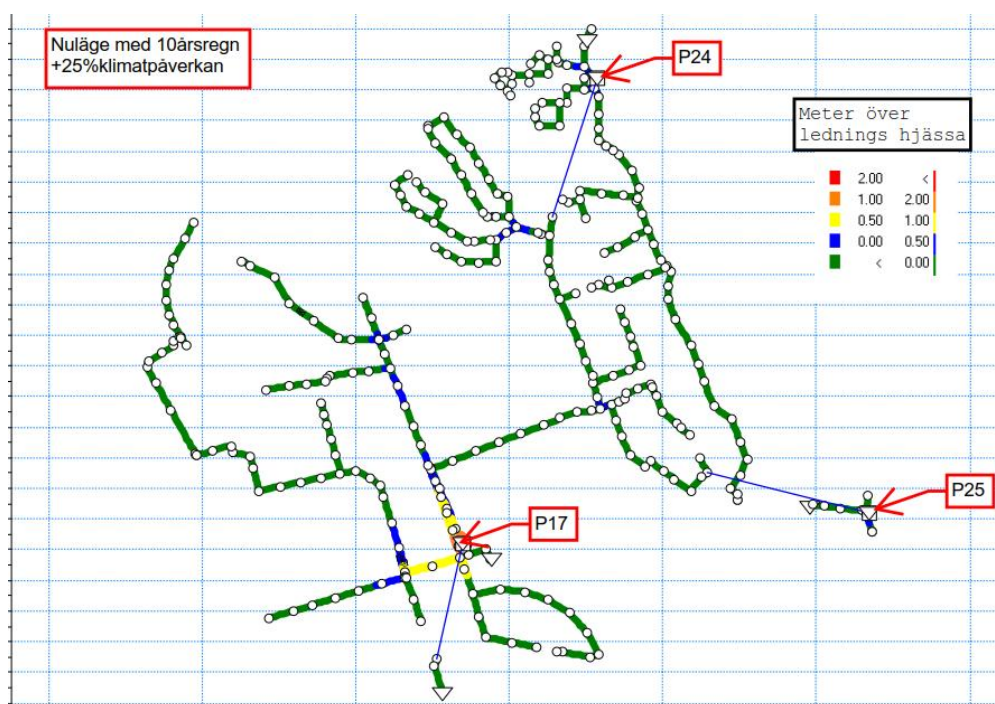
Dämning sker närmast P17 och bräddning uppstår vid blockregn med 20 min till 60 min varaktighet i detta scenario. Det högsta bräddflödet sker vid blockregn med varaktighet 40 min.

3.1.3

Simulering med CDS-regn med 25 % klimattillägg

Simulering med CDS-regn ger något högre maxflöden än simulering med blockregn med motsvarande återkomsttid och torde ge resultat vid dimensionering av ledningssystem som är på "säkra sidan" vid jämförelse med dimensioneringskraven. I beräkningarna som redovisas nedan har även alla intensitetsvärden i CDS-regnet ökat med 25 % som klimattillägg vilket ytterligare ökar flödesbelastningen och risken för överbelastning, detta om man jämför med en blockregnsserie med motsvarande återkomsttid.

Beräkningar med nutidsmodellen visar att bräddning uppstår vid P17 vid CDS-regn med 25 % klimattillägg då återkomsttiden är 10 år eller längre.



Figur 14: Nuläge med 10 års CDS-regn med 25 % klimattillägg. Bräddning sker vid P17 vid detta scenario.

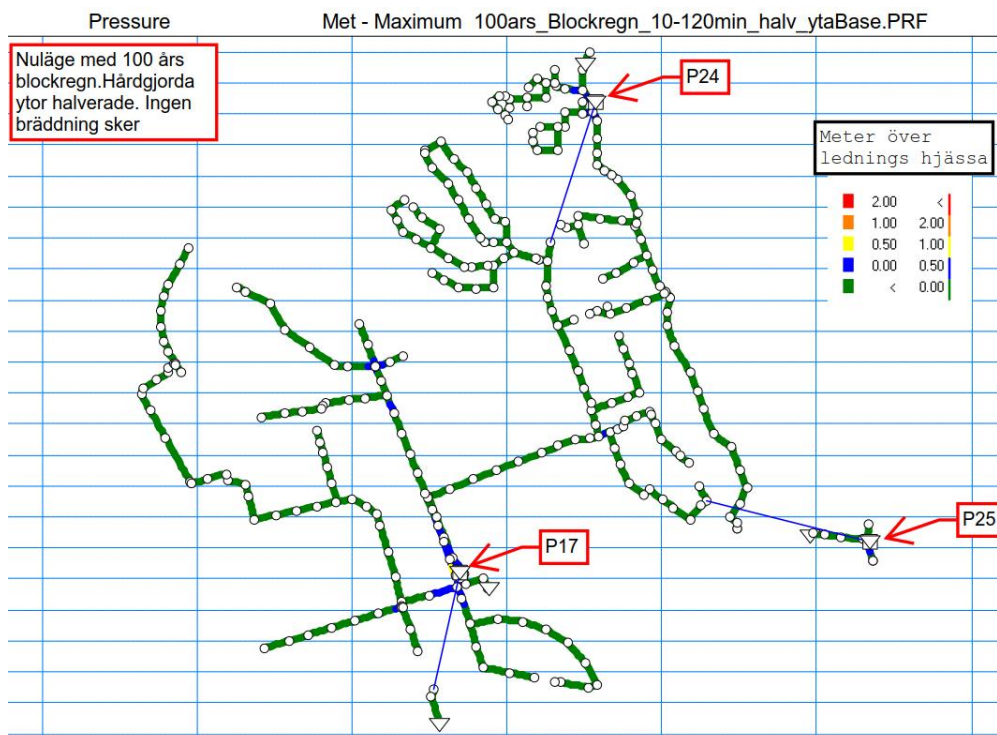
3.1.4

Simulering med halverade hårdgjorda ytor

För att illustrera vilken effekt som skulle kunna uppnås om de ytor som bidrar med snabb nederbördspåverkan generellt skulle minskas har ett scenario testats där samtliga ytor i modellen har halverats och den totala arean därmed minskats från 2,4 ha till 1,2 ha.

Blockregnsserier med återkomsttid på 5 – 100 år har använts i simuleringarna för att hitta den kritiska nivån där bräddning börjar.

Beräkningar med "halverade hårdgjorda ytor" visar att inget av regnen skapar bräddning i ledningssystemet. Vid blockregnsserier med återkomsttid 100 år sker dämning närmast P17 men ingen bräddning uppstår.



Figur 15: Nuläge med blockregn 100 års återkomsttid och varaktighet vid 10 – 120 min. Dämning närmast P17 men ingen bräddning sker.

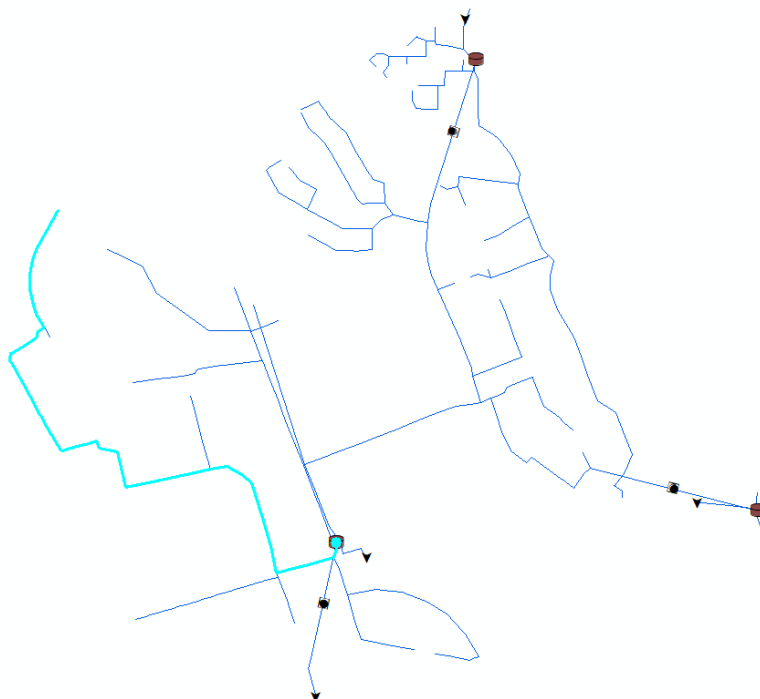
3.2 Framtidsmodell Rutvik 100 l/s

3.2.1 Beräkningsförutsättningar, CDS-regn

Vid samtliga beräkningar med framtidsscenarier har använts 10-års CDS-regn med 25 % klimattillägg.

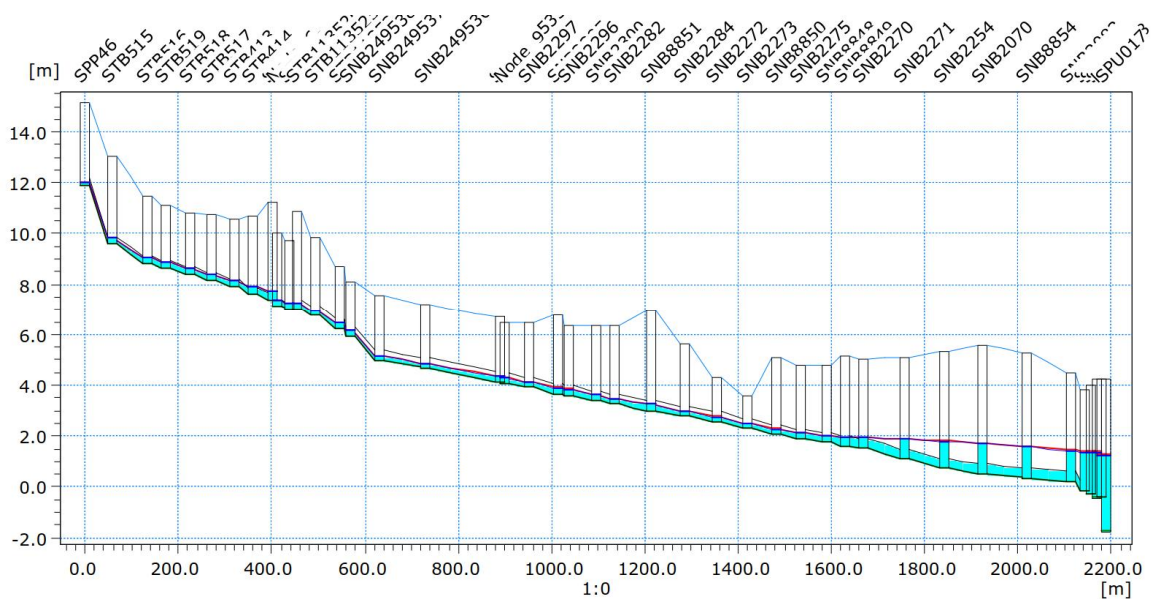
3.2.2 Anslutning "Väster"

Vid inkoppling i västra delen av ledningsnätet är dimensionen S300 (D_i ca 280 mm) de första ca 440 m av sträckan för att sedan övergå till S400 (D_i 400 mm) fram till P17. Sträckan fram till P17 visas i figur nedan:



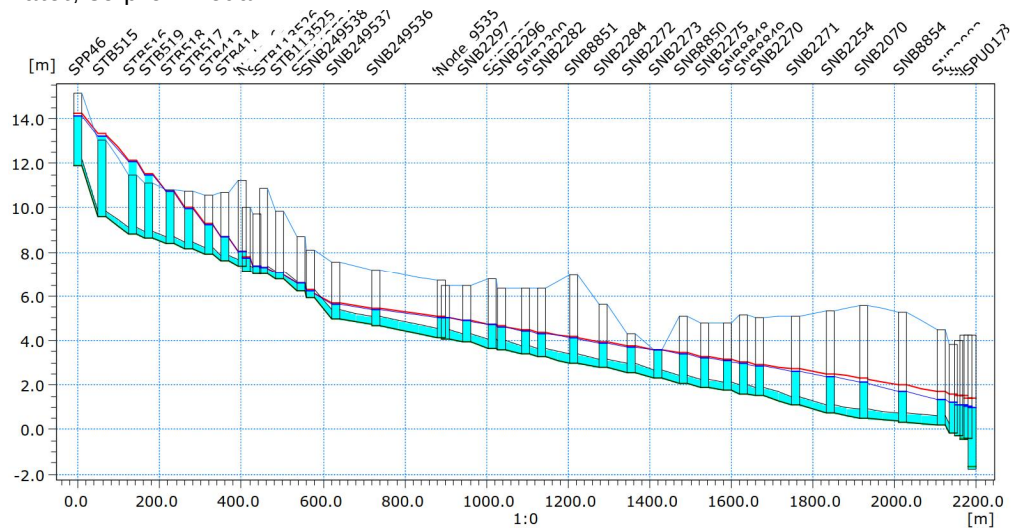
Figur 16: Anslutning "Väster" fram till P17 (ljusblå sträcka).

Vid ett konstant pålagt flöde med 50 l/s klarar ledningssträckan den extra belastningen i samband med 10-års CDS-regn. Dämning sker dock närmast P17 och bräddning sker. Nedan visas en ledningsprofil från anslutning "Väster" fram till P17.



Figur 17: Anslutning "Väster". Profil med pålagt flöde 50 l/s.

Vid pålagt flöde med 100 l/s är ledningsdimensionen S300 i väster för liten och dämning uppstår. Även P17 överbelastas vilket medför bräddning och dämning i nätet, se profil nedan.

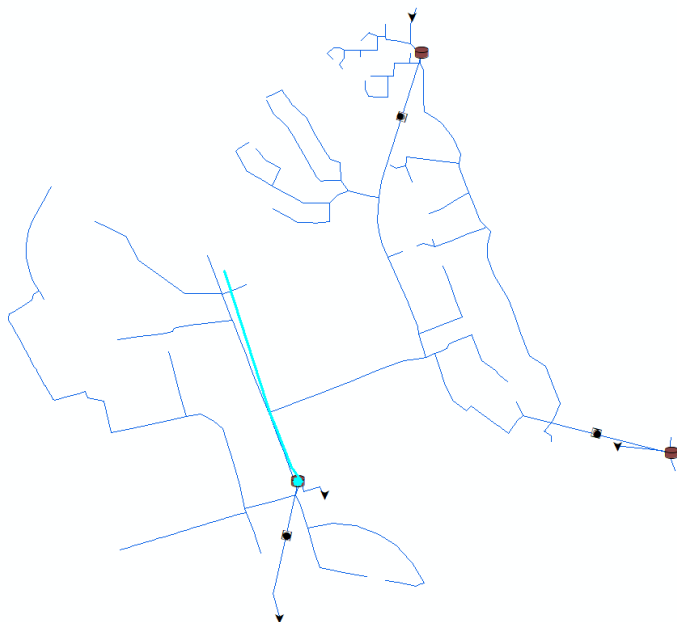


Figur 18: Anslutning "Väster". Profil med ett pålagt flöde 100 l/s.

3.2.3

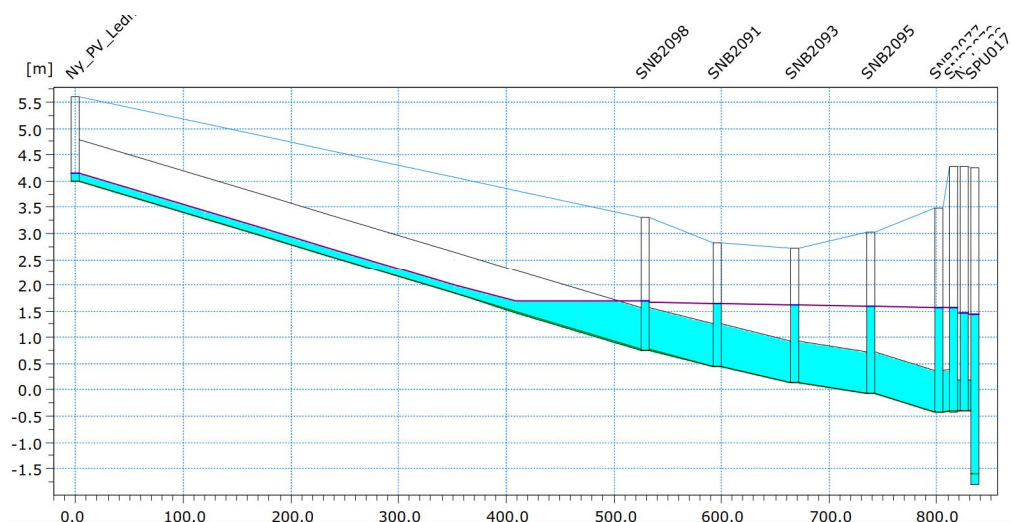
Anslutning "Mitten"

Vid inkoppling enligt alternativ "Mitten" med en ny 800 mm ledning som ansluter till befintligt ledningssystem S800 vid SNB2098 uppnås hög kapacitet i ledningsnätet uppströms P17.



Figur 19: Flödet ansluter till ny S800 och går via befintlig S800 till P17.

Ledningsnätet klarar flödet vid pålagt flöde med såväl 50 l/s som 100 l/s.
Dämning sker dock närmast P17 och bräddning sker i båda fallen.

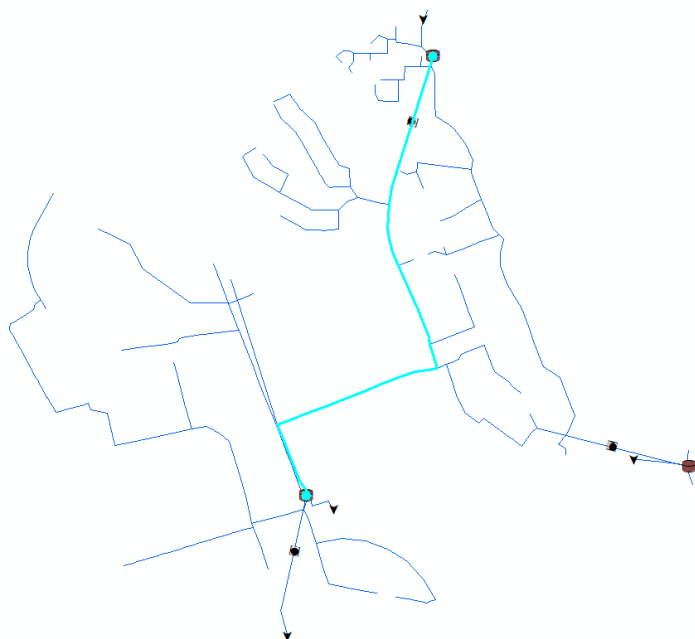


Figur 20: Anslutning "Mitten". Profil med ett pålagt flöde 100 l/s.

3.2.4

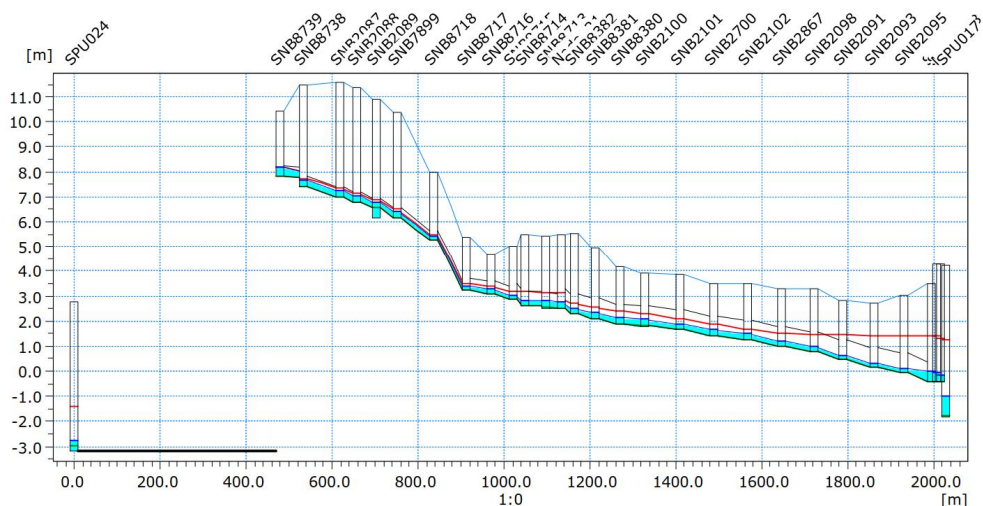
Anslutning "Öster"

Vid inkoppling i östra delen av ledningsnätet ansluts flödet till P24 som har fått en ökad kapacitet till 110 l/s och pumpar till SNB8739. Flödet går därefter först genom en S400-ledning varefter dimensionerna ökar stegvis till S800.



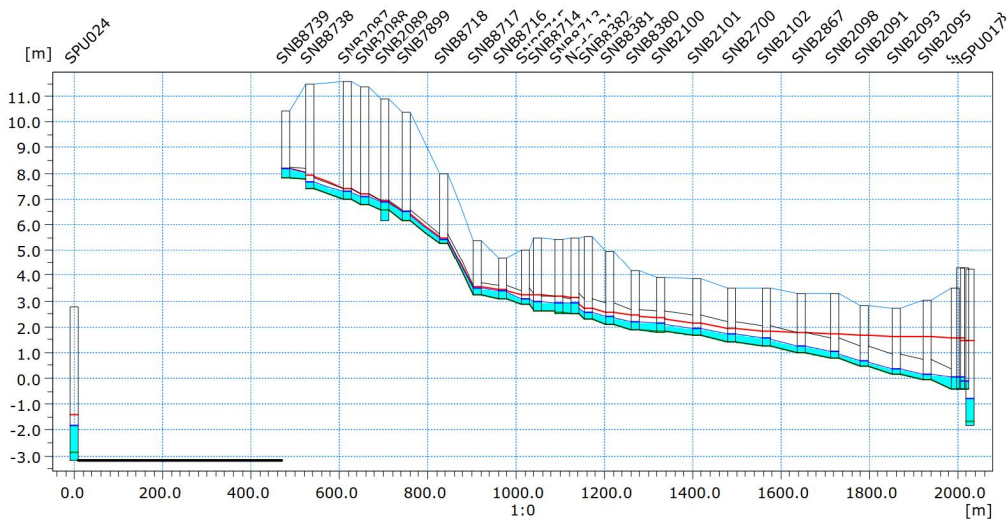
Figur 21: Anslutning "Väster" fram till P17 (ljusblå sträcka).

Med ett pålagt flöde på 50 l/s klarar ledningsnätet flödet i samband med CDS-regn 10 år. Dämning sker dock närmast P17 och brädning sker.



Figur 22: Anslutning "Öster". Profil med ett pålagt flöde 50 l/s.

Med ett pålagt flöde om 100 l/s stiger trycklinjen och ledningsnätet klarar precis flödet med dämning till hjässan, dämning och även brädning sker närmast P17.



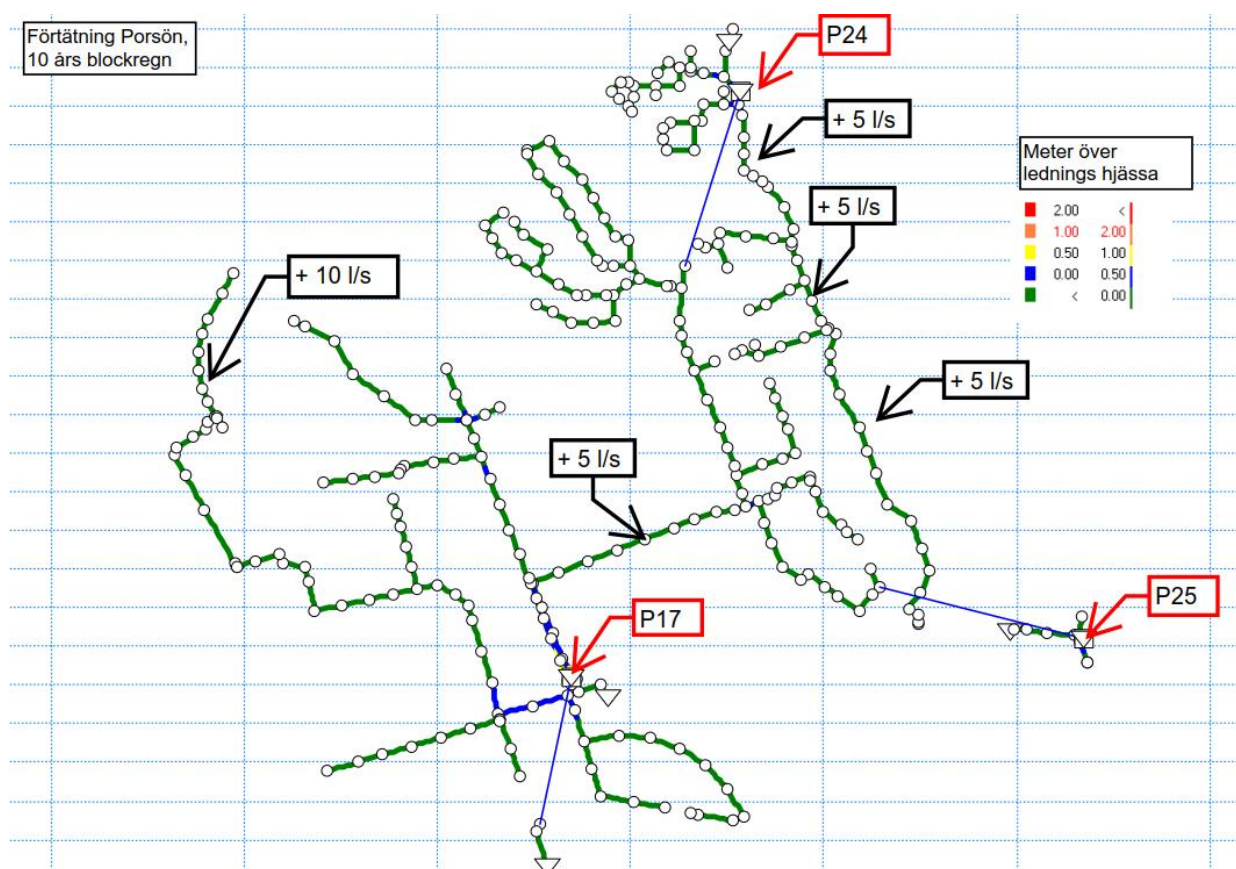
Figur 23: Anslutning "Öster". Profil med ett pålagt flöde 100 l/s.

I båda fallen ovan är det pumpade flödet 110 l/s från P24, skillnaden är att vid pålagt flöde 50 l/s går P24 intermittent medan vid pålagt flöde 100 l/s går stationen kontinuerligt genom hela beräkningsperioden.

Vid beräkningar med blockregnsserier (utan klimattillägg) och pålagt flöde 100 l/s kan konstateras att bräddning vid P17 uppstår när återkomsttiden är 15 år eller längre.

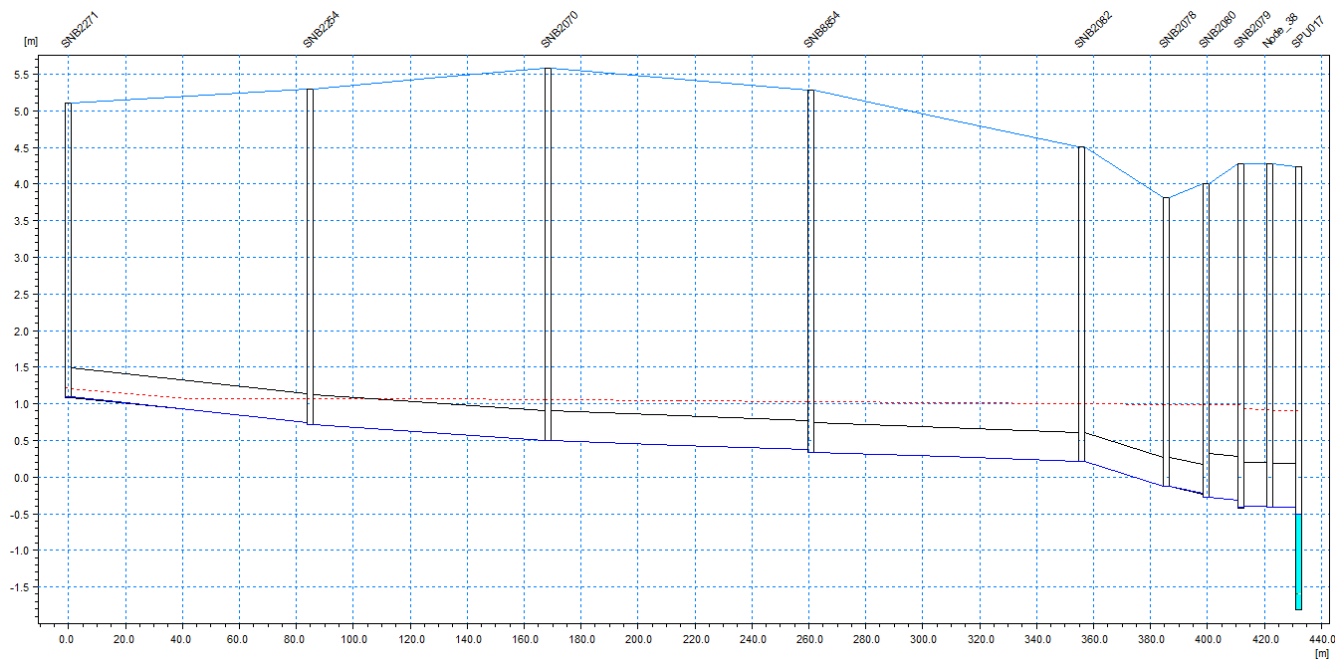
3.3 Framtidsmodell, förtätning Porsön

Vid beräkningarna för förtätning inom Porsön har basflödet i modellen ökats med totalt ca 30 l/s vilket innebär en 50-procentig ökning jämfört med nuläget. Beräkningarna har gjorts med en blockregnsserie med återkomsttid 10 år. Konstanta flödestillskott från förtätade områden har angetts som extra basflöden i modellen vid de punkter som figuren nedan visar.



Figur 24: Framtidsmodell med 10 års blockregn vid 10 - 120 min varaktighet. Ledningar med grön färg får ingen damning över hjässan. Blå ledningar innebär damning 0-0,5 m över hjässan. Damning över ledningshjässan sker närmast pumpstation P17 på en längre sträcka än i nulägesmodellen men ingen bräddning uppstår.

Vid jämförelse med nuläget så dämmer spillvattnet vid maxtillfället något högre före pumpstation P17 vilket påverkar en längre sträcka. Den högsta trycklinjen stiger ytterligare ca 40 cm vid detta scenario men når aldrig upp till bräddnivån. En profil över den blå sträckan i planen från väster in mot P17 visas i Figur 25.



Figur 25: Profil över den sträcka i planen från väster in mot P17 som dämmer vid scenariot med förtätning och blockregnsserie med återkomsttid 10 år. Röd linje är högsta trycklinje. Ingen bräddning sker.

4. Sammanfattande slutsatser

4.1 Resultat med nulägesmodell

Beräkningar med nulägesmodellen för Porsöns spillvattensystem visar att ledningsnätet klarar belastning med högintensiva regn utan hydraulisk överbelastning och dämning. Kapacitetsmässigt är pumpstation P17 den första begränsningen ("flaskhalsen") i systemet, i studerade regnscenarion sker hydraulisk överbelastning av pumpstationen vid situationer när ledningsnätet i övrigt klarar flödet. När överbelastning och dämning vid pumpstationen pågår lång tid och dämningssnivån stiger till bräddnivån sker bräddning till recipienten Björkskatafjärden.

Vid modellberäkningar med statistiska typregn för nulägesmodellen uppstår bräddning vid P17 vid:

- belastning med CDS-regn med 25 % klimattillägg då återkomsttiden för regnet är 10 år eller längre
- belastning med blockregnsserier då återkomsttiden för regnet är 25 år eller längre och blockregnen har varaktighet från 20 min till 60 min

För att illustrera vilken effekt som skulle kunna uppnås om de ytor som bidrar med snabb nederbördspåverkan generellt skulle minskas har ett scenario testats där samtliga ytor i modellen har halverats och den totala arean därmed minskats från 2,4 ha till 1,2 ha. Beräkningar med blockregnsserier med återkomsttid på 5–100 år visar att inget av regnen skapar bräddning vid P17 i detta scenario.

4.2 Resultat med framtidsmodell Rutvik

Beräkningar med en framtidsmodell har gjorts för att testa effekten av tillkommande spillvattenflöde från Rutviksområdet med 50 l/s respektive 100 l/s till tre alternativa anslutningspunkter inom Porsöns spillvattensystem, dessa har benämnts "Väster", "Mitten" och "Öster". För att bättre klara flöden enligt angivna framtidsscenarier har antagits att pumpkapaciteterna kan ökas enligt:

- P17 får ökad kapacitet från 200 l/s till 250 l/s
- P24 får ökad kapacitet från 63 l/s till 110 l/s

Beräkningarna med framtidsmodellen i samband med 10-års CDS-regn med 25 % klimattillägg visar att:

- Anslutning "Väster" klarar max 50 l/s i tillkommande spillvattenflöde från Rutviksområdet. Vid 100 l/s överbelastas befintlig S300-ledning och ledningsnätet dämmer
- Anslutning "Mitten" till en fiktiv ny S800-ledning klarar över 100 l/s i tillkommande spillvattenflöde

- Anslutning "Öster" klarar max 100 l/s i tillkommande spillvattenflöde, vid högre tillskott överbelastas befintlig S400 efter pumpstation P24

Vid beräkningar med blockregnsserier (utan klimattillägg) och pålagt flöde 100 l/s kan konstateras att bräddning vid P17 uppstår när återkomsttiden är 15 år eller längre.

4.3

Resultat med Framtidsmodell, förtätning Porsön

Beräkningar med tillkommande flöden efter en antagen förtätning inom Porsön har gjorts. Vid beräkningar med en blockregnsserie (utan klimattillägg) med återkomsttiden 10 år blir resultatet att spillvattnet jämfört med nuläget vid maxtillfället dämmer något högre före pumpstation P17 vilket påverkar en längre sträcka. Den högsta trycklinjen stiger ytterligare ca 40 cm vid detta scenario men når aldrig upp till bräddnivån.

5. Osäkerhet i modell

En hydraulisk modell för avloppssystem är ett sätt att i datormiljö beskriva verkliga och komplicerade förlopp så bra som möjligt utifrån modellens syften. Osäkerheter finns alltid i beskrivningen av såväl den hydrologiska modellen (ger flödesbelastningen) som i den hydrauliska modellen (rörmodellen) där ledningssystemets geometri och kapacitet beskrivs.

I nulägesmodellen för Porsöns spillvattensystem kan följande osäkerheter nämnas:

- I några delar i modellen av spillvattennätet har nivåer på vattengång i ledningar och brunnar antagits då uppgifter saknats. Uppgifter om dessa punkter har lämnats till kommunen. De hydrauliska förloppen och modellens beräkning av ledningarnas kapacitet bedöms dock inte påverkas märkbart av detta.
- Vid kalibrering av modellen har använts mätdata från flödesmätarna som suttit ute under sommaren 2019 (se PM analys av regn- och flödesmätningar 2019, Porsön). Mätdata har viss osäkerhet och det har inte gått att få trovärdiga mätdata under alla delar av mätperioden, detta medför viss osäkerhet vid bestämning av basflöden och regnpåverkan.
- Maximal pumpkapacitet för P24, P25 och P17 har angivits utifrån tolkningar av driftdata och tidigare kapacitetsprov. Noggrannare tester kan ge säkrare kapacitetsvärden.
- Flödesberäkningen för pumpstationerna P24 och P25 som gjorts i övervakningssystemet är inte kontrollerad och siffrorna är därför osäkra. Flödet antas vara beräknat utifrån sumpvolym och pumparnas stilleståndstider, inget flöde kan då beräknas under tiden som någon pump går.
 Arean med snabb nederbördspåverkan uppströms dessa stationer anges till 0,0 ha i modellen eftersom bra flödesunderlag saknas i samband med regn. Vid skyfallet 2019-06-22 ökade beräknat flöde i P24 och mätdata tyder på att pumparna gick kontinuerligt ett par timmar (rakt streck) dagen efter. Att det kommer dagen efter skulle kunna tyda på att det finns en fördröjd avrinning från någon källa. För P25 (Björkskatan) sker också långa perioder med rakt streck efter regnet som tyder på kontinuerlig drift och att det verkligen skett en flödesökning. Uppenbart (enligt beräknade flödeskurvor) så finns det en nederbördspåverkan på spillvattenflödet uppströms både P24 och P25 vid vissa regn. För att verkligen kontrollera hur systemen uppströms stationerna reagerar på regn behövs bättre mätdata. Flödesmätare på tryckledningen ger normalt de noggrannaste flödesvärdena, ett annat alternativ är att montera en vh-mätare på lämplig plats i inkommande

ledning.

- Modellen är utformad för att i första hand efterlikna flödesförlopp i huvudledningarna. Beräknade flöden i mindre grenledningar inom bostadsområden etc kommer därför inte att efterlikna verkliga förlopp.

6. Leverans av modell

Leverans av modell sker enligt överenskommelse.