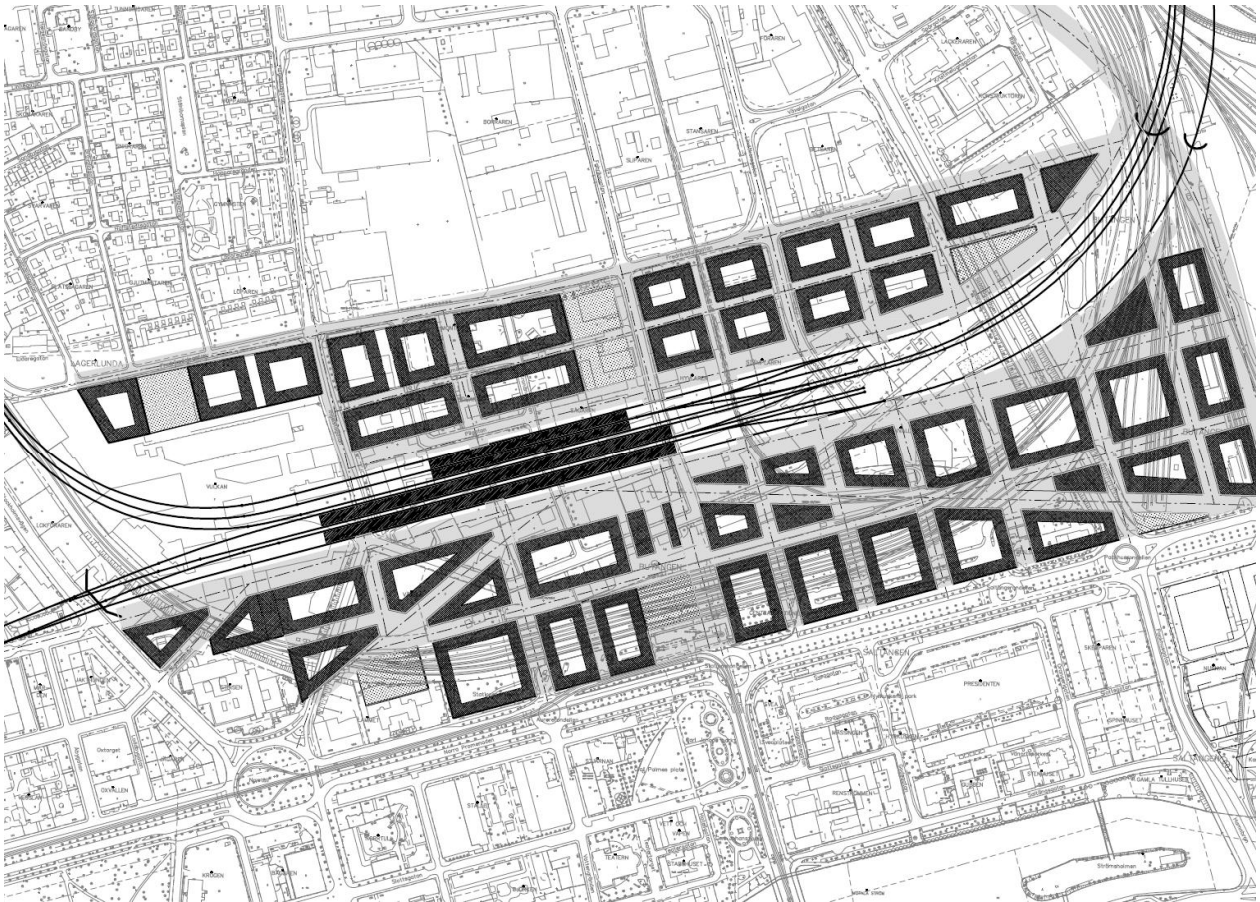


Höjdsättning och VA Butängen



Slutversion

Norrköping 2015-03-27

Höjdsättning och VA Butängen

Datum	2015-02-06
Uppdragsnummer	1320009600
Utgåva/Status	Slutversion

Johan Lindqvist
Uppdragsledare

Anna Holmgren
Handläggare

Lena Sjögren
Granskare

Ramboll Sverige AB
Holmengatan 8
602 32 Norrköping

Telefon 010-615 60 00
www.ramboll.se

Unr 1320009600

Organisationsnummer 556133-0506

Sammanfattning

När byggnation av Ostlänken och utveckling av Butängen ska genomföras kommer stora förändringar i den lokala infrastrukturen att ske. Området kommer att få en ny kvartersstruktur som medför att ledningssystemet måste anpassas efter de nya gatorna. Det nya systemet behöver dimensioneras för kraftigare regn, och bebyggelsen anpassas till de stigande havsnivåer som förväntas i framtiden.

De tekniska förutsättningarna för Ostlänken och ny station innebär att området liksom idag, blir flackt över stora ytor och dagvattenlösningarna kommer att behöva anpassas efter detta. Målsättningen att säkra bebyggelsen för framtida havsnivåer innebär också att omfattande sättningsreducerande åtgärder krävs på grund av svårigheter med uppfyllnader på lös mark.

Butängens befintliga dagvattensystem är troligen dimensionerat för ett 2-årsregn och ansluter till Motala ström via Norra promenaden. Angränsande områdens bräddanslutningar påverkar kapaciteten nedströms. Med ofördröjd anslutning till dagvattenledningsnätet kommer annars dagvattenflödet genom Butängen i framtiden att öka med större ledningsdimensioner som följd.

I den planerade områdesstrukturen kommer både små "interna" fördröjningsvolymerna och större uppsamlade magasin att behövas för att inte öka belastningen på de allmänna befintliga ledningarna i framtiden, och för att behålla dagvattnet på ytan så länge som möjligt. Flera alternativ finns med för anslutning till Motala ström. Det är viktigt att samordna avledningssträckning för dagvatten från Butängen med parallella projekt som t ex Inre Hamnen och Norrköping Vatten och Avfalls planerade underhålls- och förbättringsåtgärder både uppströms och nedströms utredningsområdet.

Enligt Norrköpings kommuns riktlinjer för dagvattenhantering ska dagvattnet lyftas upp och med en välplanerad öppen dagvattenhantering skapas goda möjligheter för ett område att skyddas från översvämning vid stigande havsnivå. Dagvattenhantering med traditionellt ledningssystem innebär bland annat större behov av utjämningsvolymerna i området än med ett ytligt system med rännor och kanaler.

Gröna ytor och genomsläppliga markmaterial ger möjlighet till rening och minskad dagvattenmängd till Strömmen och med en genomarbetad utformning blir området attraktivt och fungerande för de människor som kommer att vistas där.

I rapporten redovisas olika förslag för områdets framtida dagvattenhantering med ledning eller rännor och kanaler anpassade till framtagna höjdsättningsalternativ.

I ett fortsatt arbete behövs t ex ett gestaltningsprogram och däri kan dagvattenfrågan belysas och estetiskt tilltalande lösningar för öppen dagvattenhantering tas fram. Detta för att öka acceptansen för att dagvatten behöver få lov att ta plats även i den urbana miljö som Butängen utgör.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	1
1. Inledning	1
1.1 Bakgrund och syfte	1
1.2 Uppdraget	1
1.3 Koordinat- och höjdsystem	1
1.4 Underlag och källor	1
2. Befintliga förhållanden	2
2.1 Utredningsområdet	2
2.2 Natur- och kulturintressen	2
2.3 Topografi	3
2.4 Geologi, geotekniska förhållanden och hydrologi	3
2.5 Befintliga VA-system	4
2.5.1 Kapacitet i befintligt dagvattensystem	6
3. Planerat område	8
3.1 Etapper för exploateringen	9
3.2 Framtida planeringsnivåer	9
4. Övriga förutsättningar	10
4.1 Riktlinjer för höjdsättning av gator	10
4.2 Riktlinjer för dagvattenhantering	12
4.3 Beräkningsförutsättningar	13
5. Föreslagen höjdsättning	14
5.1 Framtida marknivåer	14
5.1.1 Alternativ 1	15
5.1.2 Alternativ 2	17
6. Föreslagen dagvattenhantering	17
6.1 Struktur/princip för dagvattenhanteringen	17
6.2 Åtgärder på befintligt ledningssystem	18
6.3 Föreslagna alternativa dagvattensystem	20
6.3.1 Ledningar och fördröjningsmagasin	20
6.3.2 Ytliga rännor/kanaler som avleds i ledningssystemet	21
6.3.3 Ytliga rännor/kanaler som leds till djup kanal	23
6.4 Flöden och fördröjningsvolymmer	25
6.5 Teknisk utformning av dagvattenhanteringen	26
6.5.1 Dagvattenhantering på kvartersmark	26

6.5.2	Dagvattenhantering på allmän platsmark.....	28
6.5.3	Dränvatten.....	38
6.6	Konsekvenser av extrem nederbörd.....	38
6.6.1	Bräddning till Johannisborg.	40
6.7	Föroreningar i dagvattnet	41
6.8	Drift- och underhållsaspekter	41
7.	Konsekvenser av etappvis utbyggnad.....	42
7.1	Ståthögaleden	42
7.2	Utbyggnad enbart norr om resecentrum.....	42
7.3	Utbyggnad enbart söder om resecentrum	42
8.	Diskussion.....	43
9.	Fortsatt arbete	45

Tabeller

<i>Tabell 1 Kontrollsträckor bef ledningar</i>	<i>6</i>
<i>Tabell 2 Kapacitet i befintliga ledningar</i>	<i>7</i>
<i>Tabell 3 Återkomsttider i år vid dimensionering av nya dagvattensystem</i>	<i>13</i>

Figurer

Figur 1 - Utredningsområde	2
Figur 2 - Jordartskarta	4
Figur 3 Avrinningsområde (svart linje) för dagvattenledningar som leds genom utredningsområdet	5
Figur 4 Lokalisering av kontrollberäkningar	6
Figur 5 Kommunens strukturplan för det planerade området, Norrköpings Kommun 2014-09	9
Figur 6 - VGU tabell 3.1-16	11
Figur 7 - VGU tabell 3.2-6	11
Figur 8 Principskiss för långsiktigt hållbar dagvattenhantering.....	12
Figur 9 Princip för gata med konstgjort fall	15
Figur 10 Exempel på gata med linjeavvattning	16
Figur 11 Utsnitt med avrinningsområde till ränna för beräkningsjämförelse	23
Figur 12 Avledningskapacitet i olika tvärsnitt vid samma uppfyllnadshöjd.....	26
Figur 13 och figur 14 Exempel på olika gröna taklösningar i stadsmiljö	27
Figur 15 Principsektion med dagvattenanslutning från upphöjt gårdsbjälklag	27
Figur 16 Enkel ränna för avledning av dagvatten.....	28
Figur 17 Exempel på ränna med lite fördröjningsyta	28
Figur 18 Exempel på mycket grund dagvattenränna som tappas av till ledningsnät.	29
Figur 19 Exempel på större ränna/kanal som är krossfylld.	30

Figur 20 och Figur 21 Exempel på ränna/kanal som ersätter uppsamlingsledning för stuprör.	30
Figur 22 och figur 23 Exempel på mindre rännor i kvartersmark vid olika årstider.	31
Figur 24 Öppen dagvattenränna, sk lökränna.	31
Figur 25 Öppen dagvattenhantering med grönyta kombinerat med konstruktionskanal och gångbroar.	32
Figur 26. Samma kanal längre uppströms, fast vid annan årstid.	32
Figur 27 Dagvattenkanal som leder vatten till ytligt fördröjningsmagasin.	33
Figur 28 Exempel på kombinerad översilningsyta och fördröjningsmagasinsyta. .	34
Figur 29 Sektion över utjämningsmagasin i parkyta.	34
Figur 30 Ytterligare alternativ utformning parkstråk.	34
Figur 31 Exempel på utformning av dagvattenmagasin eller kanalkant i urban miljö.	36
Figur 32 och figur 33 Ytlig dagvattenhantering i form av liten kanal och fördröjningsmagasin som utformats som en rain-garden.	37
Figur 34 och Figur 35 Grönt spårområde respektive genomsläpplig beläggning i parkeringsyta.	37
Figur 36 Ytliga avrinningsvägar vid 100-årsregn eller extremregn.	38
Figur 37 Indämt område Fredriksdalsgatan vid extremnederbörd till nivå +2,3 m.	39
Figur 38 Illustration över anslutning till Johannisborgs vallgrav.	40

Bilagor

Bilaga 1 Översikt

Bilaga 2 Befintliga dagvattenledningar

Bilaga 3 Höjdsättning alternativ 1 (låg)

Bilaga 4 Höjdsättning alternativ 2 (hög)

Bilaga 5.1-5.17 Profiler

Bilaga 6 Kvartersindelning avrinningsområden

Bilaga 6.1 Beräkningstabell för avrinningsområden

Bilaga 7 Ledningssystem dagvatten alt 1 (låg)

Bilaga 8 Ledningssystem dagvatten alt 2 (hög)

Bilaga 9 Rännor och kanaler till ledningar alt 1 (låg)

Bilaga 10 Rännor och kanaler till ledningar alt 2 (hög)

Bilaga 11 Rännor till djup kanal

Bilaga 12 Möjliga utlopp till Motala Ström för djup kanal

Bilaga 13.1-13.9 Förslagsskisser gatusektioner med rännor och rain-gardens

Bilaga 14 Granskningssynpunkter på höjd- och dagvattenutredning för Butängen

Bilaga 15 Synpunkter på Förstudie Höjdsättning och VA Butängen

1. Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Trafikverket planerar att bygga en ny höghastighetsjärnväg mellan Järna och Linköping, kallad Ostlänken. Järnvägen medför ett nytt stationsläge och resecentrum i Norrköping. Kring det nya resecentrumet ska nya områden för bostäder, kontor och handel utvecklas.

Syftet med denna förstudie är att utreda framtida marknivåer inom området och ta fram förslag till områdets dagvattenhantering.

1.2 Uppdraget

Rambölls uppdrag omfattar höjdsättning och dagvattenhantering inom området med hänsyn till framtida markanvändning och förväntad höjning av havsnivå. Utöver detta tas en 3D-modell för befintliga VA-ledningar fram som även ska kunna användas i efterföljande projektskeden.

I uppdraget har beräkningar av föroreningar inte ingått, men konsekvenser av föroreningshantering har kommenterats.

1.3 Koordinat- och höjdsystem

Ritningar för projektet tas fram i koordinatsystem SWEREF 99 16 30 och höjdsystem RH 2000.

1.4 Underlag och källor

Som underlag för förstudien har följande använts:

- Grundkarta, GIS-enheten Norrköpings kommun, erhållen 2013-12-06
- Höjddata ur nationella höjddatabasen, erhållet från GIS-enheten 2014-09-12
- Befintliga VA-ledningar, GIS-enheten Norrköpings kommun, erhållet 2014-09-10 och kompletterat 2014-11-10
- Fördjupad utredning för Nya Resecentrum inklusive bilagor, daterad 2014-04-17, Norrköpings kommun
- Strukturplan, Norrköpings kommun, erhållen 2014-10-28
- Förslag till spårplan och profil för nya resecentrum, WSP, erhållen 2014-09-22
- Norrköping Vatten och Avfalls riktlinjer för dagvattendimensionering, erhållen 2014-12-15
- Riktlinjer Dagvattenhantering i Norrköpings kommun, daterad 2009-05-26
- Svenskt Vattens publikation P90, P104 och P105
- Förstudie dagvatten Norrköpings Resecentrum med kringområden, WSP, daterad 2014-03-05, erhållen 2014-09-11
- PM Norrköpings Resecentrum Klimatanalys havsnivåer, WSP, daterad 2014-03-03, erhållen 2014-09-11

2. Befintliga förhållanden

2.1 Utredningsområdet

Utredningsområdet omfattar stadsdelen Butängens delar väster om Ståthögaleden samt Johannisborgs slottsruin och delar av Norrköpings godsbangård. Se röd markering i figur 1.

Butängen används idag till industrier, lager, handel, kontor och resecentrum. Området kännetecknas av småskaliga industribyggnader och stora hårdgjorda ytor, undantaget är Kv Bollspelaren som består av fotbollsplaner, isrink och squashhall. Johannisborg är idag till största delen gräsbevuxen parkmark med lämningar från slottets murar i form av vallar och sankmark i de tidigare vallgravarna. Mellan Butängen och Johannisborg finns godsbangård och postterminal.



Figur 1 - Utredningsområde

2.2 Natur- och kulturintressen

I områdets södra avgränsning går Norra Promenaden. Norrköpings Promenader och dess lindalléer är byggnadsminnesmärkta och biotopskyddade. Det medför svårigheter att schakta för t ex nya ledningar i promenaden då träden måste skyddas.

Öster om området ligger Johannisborgs Slottsruin. Slottet uppfördes som en skyddande befästning för staden under 1600-talet, men har varit en ruin sedan mitten av 1700-talet. Idag finns endast 3 hörn kvar av den 5-hörninga

befästningen sedan den nordvästra delen schaktats bort i samband med byggnation av godsbangård och lokstall. Av vallgraven återstår endast ett område av låglänt våtmark. Våtmarken är klassad som naturvårdsområde av kommunen för sitt bevarandevärde som tätortsnära våtmark med intressant fågelliv.

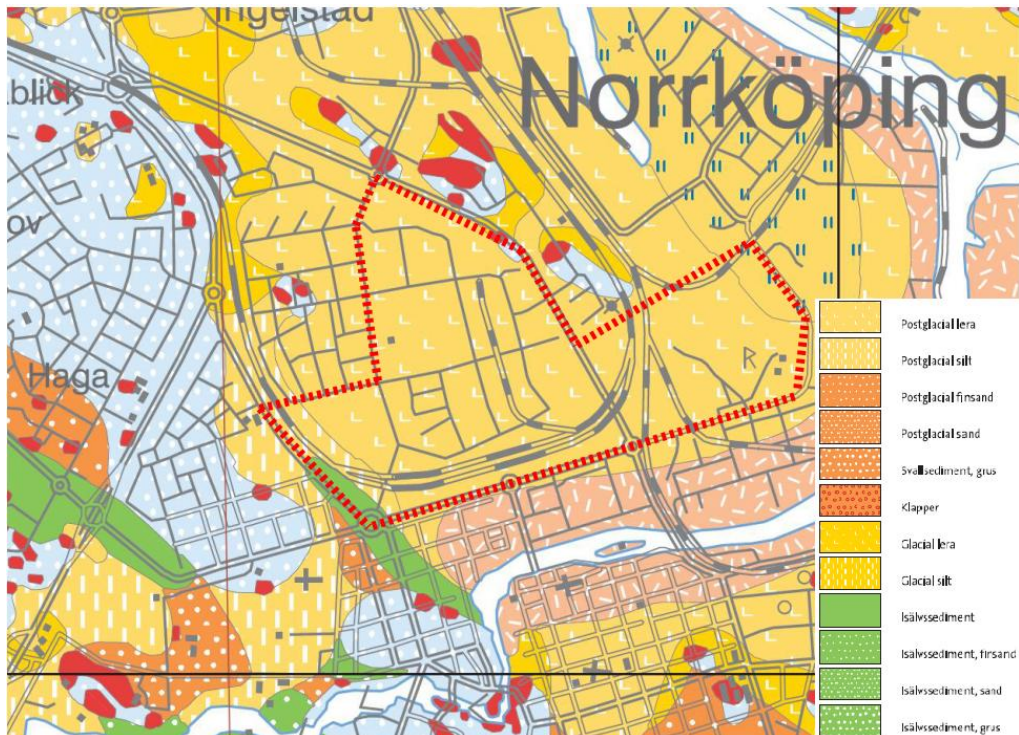
Motala ström är recipient för Butängens dagvatten. Enligt VISS, Länsstyrelsens kartering av vattenförekomster, finns behov av åtgärder för att uppnå målet som är god ekologisk och kemisk status för ytvatten. Tidsfristen är sträckt från 2015 till 2021 med motiveringen att det först till dess är rimligt och möjligt att vidta åtgärder för en god ekologisk potential.

2.3 Topografi

Butängen är ett relativt flackt område som på en sträcka av 600 m lutar från en nivå ca +8,0 i väster till en lägsta punkt på ca +2,2 vid korsningen Fredriksdalsgatan-Fabriksgatan. Området lutar sedan mycket svagt uppåt till en nivå på ca +3,5 vid godsbangården. Johannisborg har nivå ca +2,0 i vallgraven och ca +5 på murarna.

2.4 Geologi, geotekniska förhållanden och hydrologi

Ett geotekniskt PM togs fram i samband med den fördjupade utredningen för Norrköpings nya Resecentrum. Marken består mestadels av postglacial finlera. I sydväst uppges vissa områden med friktionsjord finnas. Detta framgår även av SGU:s jordartskartor som visar på ett område med isälvsavlagringar längs Stockholmsvägen. Jorden övergår sedan i silt och lera mot Butängen. Lerjordarna beskrivs som mycket sättningsbenägna och för uppfyllnader över 0,5 m kommer sättningsreducerande åtgärder i form av t ex kalkcementpelare eller lättfyllning att krävas. Grundvattennivån bedöms enligt utförd geoteknisk bedömning från WSP vara ca 0,5-1,5 m under befintlig marknivå.



Figur 2 - Jordartskarta

2.5 Befintliga VA-system

Befintligt VA-system i området är utbyggt mellan ca 1910 och 1990-talet.

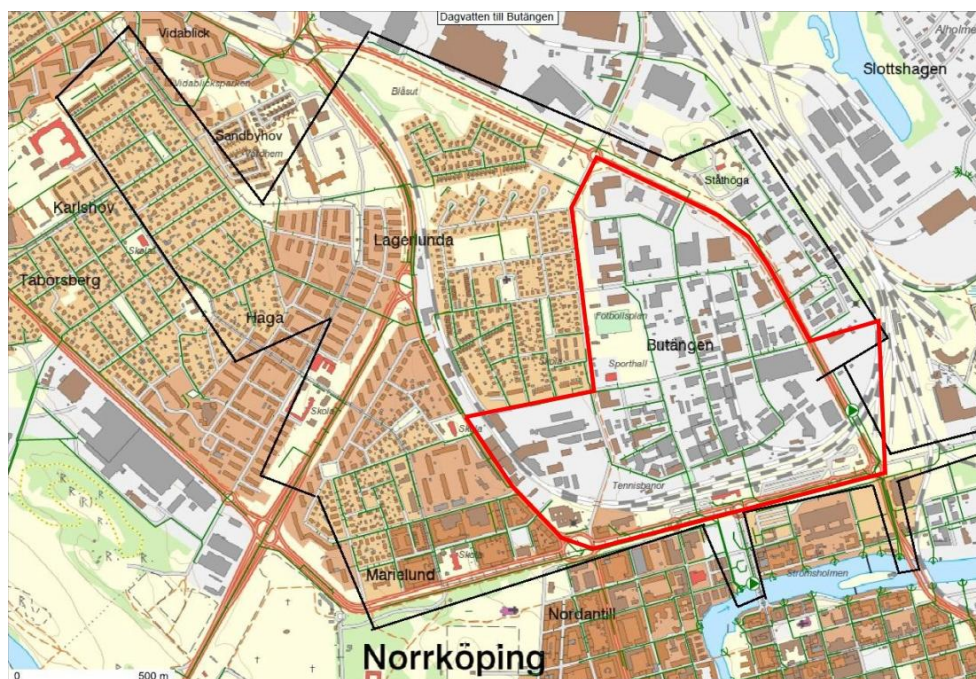
För rörledningssystemet gäller följande:

- Vatten
Befintligt vattenledningsnät i området består i huvudsak av gjutjärn- eller segjärnsledningar, dim 100-600 där den största dimensionen är av stålrör (SEN). Ledningarna är anlagda 1968 – 1972. På 80-talet började man även använda PE-material för huvudvattenledningar i Butängen.
- Spillvatten
Spillvattenhuvudledningar i området är av pvc i dimension 200 och i dimensioner 225 upp till 1600 uteslutande av betong.
- Dagvatten
Befintligt dagvattenledningsnät är utbyggt med betongrör, dim 225 -1600.
- Kombinerade ledningar
Ett stort antal ledningssträckor i och i anslutning till Butängen består av kombinerade ledningar med dimensioner mellan 225 och 1300. Även dessa är i huvudsak av betong.
- Under 2000-talet är ett antal separerade och kombinerade ledningar re-linade, främst i området kring Norrtull.

Dagvatten från området avleds idag via dagvattenledningssystem mot söder med två utlopp dim 1600 i Motala ström. Vattennivån i Strömmen är idag ca +0,15.

Befintlig utloppsledning i Karl Johans park står dämd och är enligt Norrköping Vatten och Avfall i behov av åtgärder bland annat pga problem med sediment som samlas i ledningen som troligen har svackor. I bilaga 2 visas gränsen för hur långt upp i Butängens dagvattenledningar nuvarande vattennivå från Strömmen ligger. I mellersta delen av området sträcker sig dämningen upp till Fredriksdalsgatan.

Genom området leds tre större befintliga dagvattenledningar, dim 1000 – 1600 mm i nord-sydlig riktning. Ledningarna leder dagvatten från ett större område norr och nordväst om Butängen. Avrinningsområdet för dessa ledningar visas i figur 3.



Figur 3 Avrinningsområde (svart linje) för dagvattenledningar som leds genom utredningsområdet

Till de tre stora huvudledningarna ansluts ledningar av dim 300 – 1000 mm från öst och väst. Spillvatten- och kombinerade ledningar av mindre dimensioner finns i samma sträckningar. I flera punkter ansluter bräddning från spill- eller kombinerad ledning till dagvattenledningarna vilket innebär att det vid höga flöden leds spillvatten till recipienten, se bilaga 2. I anslutning till Ståthögaledens järnvägsundergång finns en dagvattenpumpstation.

Befintliga el-, tele- och fjärrvärmesystem i området har inte undersökts i denna studie.

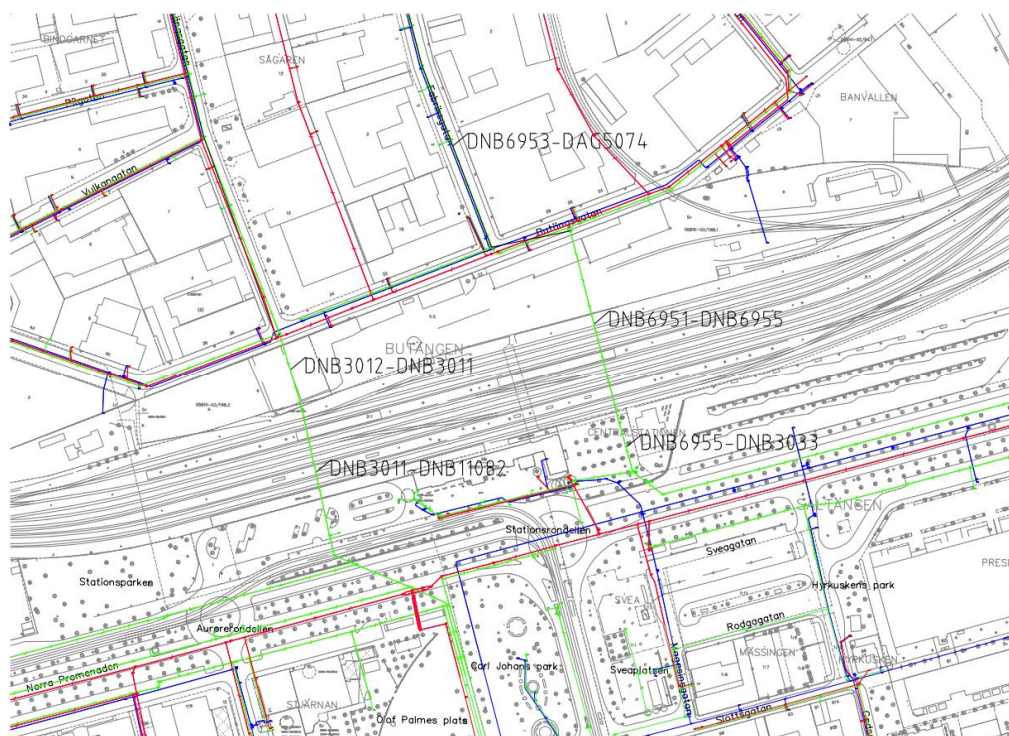
2.5.1 Kapacitet i befintligt dagvattensystem

Det är inte känt vilket regn befintligt dagvattensystem är dimensionerat för i området. För att få en uppfattning om vad systemet troligen dimensionerats för har kontrollberäkningar gjorts för några utvalda delavrinningsområden.

Eftersom ledningsnätet i Butängen är anlagt under väldigt lång tidsperiod och dimensioneringsförutsättningarna ändrats flera gånger är kontrollberäkningar för jämförelse utförda med 2-årsregn enligt P90 och med avrinningskoefficient 0,5, som är det som stämmer bäst överens med utloppsledningarnas kapacitet, se tabell 1. Beräkningar har även gjorts med tidigare gällande normer enligt P28, som gällde 1976 – 2004. Före 1976 användes SKTFs handling nr 5/1947. Dessa anvisningar och beräkningar har inte redovisats i tabellen.

Tabell 1 Kontrollsträckor bef ledningar

Ledningssträcka	Dimension (mm)	Lutning (‰)	Qtillg l/s	Q _{erf} 2år ₁₀ min	Q _{erf} 2år ₂₀ min	Ansl area (ha)
DNB6953-DAG5074	1200	2,48	~2000	1695		26,49
DNB3012-DNB3011	1000	0,20	~350	2750	1830	43
DNB3011-NB11082	1000	8,15	2250	2750	1830	43
DNB6955-DNB3033	1600	1,00	2600	3458	2295	54
DNB6951-DNB6955	1600	-0,08	?	3458	2295	54



Figur 4 Lokalisering av kontrollberäkningar

Kapaciteten varierar kraftigt med ledningars lutning och dimension genom området. I fortsatta beräkningar har förutsättningen varit att 2-årsregnet ska kunna avledas även efter ombyggnad.

Exakta avrinningsområden har varit svåra att bestämma och maxkapaciteten för respektive befintlig dagvattenledning ligger därför till grund för antagna dimensionerande regnintensiteter. I tabell 2 redovisas kapaciteten i respektive dagvattenledning genom utredningsområdet. Kapaciteterna är även noterade på ritningsbilaga 2.

Tabell 2 Kapacitet i befintliga ledningar

Punkt	Dimension (mm)	Lutning (‰)	Kapacitet fylld ledning (l/s)
A	600	9,6	634
B	600	14,7	785
C	1000	3,3	1419
D	1000	2,4	1209
E	600	3,2	365
F	500	1,3	143
G	225	8,6	45
H	400	13,8	261
I	600	1,2	222
J	150	35	31
K	1600	3,3	4865
L	300	5,2	75
M	300	2,9	56
N	1600	1,4	3162
O	400	12,6	249
P	300	8,6	96

Befintlig D1600 öster om befintlig stationsbyggnad mot Norra promenaden är troligen dimensionerad för ett 2-årsregn med varaktighet 20 minuter, se tabell 1, medan mindre ledningar med kortare anslutningssträcka är anpassade för kortare regn med samma återkomsttid. Den D1000-ledning som idag finns i Kronängsgatan väster om befintlig stationsbyggnad och leder till Norra promenaden har en kapacitet på ca 2250 l/s. Avrinningsområdet till den omfattar även delar av Lagerlunda. Idag är avrinningsområdet till D1000-ledningen 43 ha. Ledningen är inte tillräcklig för den stora arean ens vid 2-årsregnet. Kombinerade ledningar och spillvattenledningar avleder idag troligen också delar av dagvatten från Lagerlundaområdet till reningsverket, främst vid mindre regn. Bräddning från spill/kombinerad ledning från Lagerlunda till D1000 genom Butängen sker i korsningen Industrigatan/Linnégatan. Bräddanslutningar från mindre områden finns även på flera platser i östra Butängsgatan längre söderut till D1200.

Med ovan beskrivna förutsättningar är teoretiskt utflöde vid 2-årsregnet från det aktuella ombyggnadsområdet med befintlig användning 2295 l/s i D1600 resp 1830 l/s i D1000. Ledningarna som ansluter till D1600 i Norra promenaden klarar 2600 l/s resp 2250 l/s. Omfattningen av bräddtillskott från spillvatten- och kombinerat ledningssystem är osäker men för att kunna jämföra med vad som behöver utjämnas efter ombyggnad har fortsatta beräkningar koncentrerats till område enligt erhållen strukturplan. Förutsättningar för anslutning av separerat dagvatten från Lagerlunda är att detta fördröjs uppströms Butängen.

Vid kraftigare regn än 2-årsregnet är det högst troligt att dagvattnet bräddar ut på markytan. Uppgifter om detta är inte verifierade av ledningsägaren.

3. Planerat område

I den framtida strukturen planeras nya resecentrum att placeras centralt i området. Stationen utförs i upphöjt läge där plattformarna ligger på en bro ca 8 m över marknivån. Västerut från resecentrum går Ostlänken neråt fram till Stockholmsvägen och fortsätter sedan i tunnel under stadens västra delar. Österut fortsätter den på bro och när marknivå kring läget för den befintliga godsbangården.

Ytorna mellan järnvägen och Norra Promenaden samt mellan järnvägen och Fredriksdalsgatan planeras för ny bebyggelse i rutnätsstruktur där gatorna söder om Norra Promenaden förlängs in i området. Även området norr om Fredriksdalsgatan kan komma att exploateras men då i ett mycket senare skede, i dagsläget har ingen planering för detta påbörjats.

De nya kvarteren planeras för 7-8-våningshus utan källare och med upphöjda innergårdar. Husen förväntas inhysa bostäder, kontor och handel. Kvarteren omgärdas av hårdgjorda mestadels trafikerade gator. Vissa kvarter/delar av kvarter inom området är i strukturplanen avsedda för parkmark och allmänna vistelseytor, men i huvudsak förväntas området efter full utbyggnad bli mycket hårdgjort. Kommunen har enligt tidigare utredning som målsättning att boende ska ha max 300 m till park.



Figur 5 Kommunens strukturplan för det planerade området, Norrköpings Kommun 2014-09

Två diagonala gator korsar rutnätet och är tänkta att fungera som anslutningar för spårväg från resecentrum till hamnen och Norrtull, se figur 5 ovan. Spårväg kommer även att ansluta norrifrån vid Drottninggatans förlängning och/eller Vattengrändens förlängning. Området avgränsas i öster av en ny sträckning för Ståthögavägen som är tänkt att ligga i Östra Promenadens förlängning.

3.1 Etapper för exploateringen

Exploateringen förväntas ske etappvis under en lång tidsperiod. Den exakta etappindelningen är i dagsläget oklar men ett par påverkande faktorer har identifierats redan i kommunens inledande planeringsarbete:

- Nuvarande resecentrum kommer att behöva vara kvar fram tills de nya spåren är redo att tas i drift, ytan kan alltså inte exploateras innan dess.
- Att flytta Ståthögavägen är ett stort och mycket kostsamt projekt som antagligen inte genomförs innan det finns tillräckligt stor efterfrågan på marknaden för vägens befintliga läge. Det är alltså sannolikt att vägens befintliga sträckning kommer finnas kvar samtidigt som områdets västra delar exploateras.
- Norra delen av Butängen är idag instängt och för att möjliggöra dagvattenavrinning med självfall krävs stora uppfyllnader i kvarteren norr om planerat resecentrum. Avrinning härifrån påverkas även av Fredriksdalsgatans framtida höjdsättning.

3.2 Framtida planeringsnivåer

Den klimatanalys som gjorts för Norrköpings resecentrum med närliggande områden (WSP, 2014) visar att klimatförändringar kommer medföra högre havsnivåer, och då även i Bråviken. På längre sikt kan nivåhöjningen i havet vara

betydande, upp till 3,3 m högre medelvattenstånd år 2200 än vad som tills idag uppmätts.

Den geotekniska sammanställningen, (WSP 2014), visar att det finns två akvifärer i området: en övre som utgörs av sand och fyllning ovan leran och en undre av friktionsjord som underlagrar leran. För den övre akvifären innebär höjning av havsnivån med stor sannolikhet en höjning av grundvattenytan i akvifären, framför allt om den kommunicerar med havet.

Även den undre akvifären kan påverkas av en höjning i havsnivån, men den fördröjningseffekt som lerlagret utgör innebär att effekterna blir långsiktiga. Det kan heller inte uteslutas att kommunikation mellan akvifärerna sker i kanaler genom leran (utmed pålar etc) eller i inströmnings/utströmningsområden i havsbotten.

Grundvattennivån strävar efter att harmonisera med vattennivån i Bråviken. Oavsett om dagvattenavledningen sker genom underjordiska ledningar eller avleds från området i rännor/kanaler kommer systemet att påverkas av den stigande havsnivån. Med täta system minskar risken för förändringar i markens egenskaper.

Samlingsledningarna mot söder står indämda idag, se ritningsbilaga 2. Så länge marken är betydligt högre än havsnivån kommer avledningen att fungera även i framtiden, men med minskad nivåskillnad reduceras avledningskapaciteten. Det är viktigt att säkerställa avrinningen vid stora regn så att området skyddas från översvämningar med skador på byggnader och anläggningar som följd. Öppen utjämningsvolym i parker och torgytor kommer att behövas för dessa tillfällen.

Preliminärt har man utifrån prognoserna bestämt en lägsta golvnivå för ny bebyggelse inom Butängen till +3,0 med motiveringen att byggnaderna ska vara säkrade mot översvämning fram till år 2130. Enligt framtagna prognoser kan havet då stiga till +2,8 vid en 100-årsituation.

4. Övriga förutsättningar

4.1 Riktlinjer för höjdsättning av gator

Utöver kravet på lägsta nivå med hänsyn till framtida havsnivåer styrs höjdsättningen av området till stor del av vilken nivå spåren genom nya resecentrum hamnar på. Enligt spårgeometrierna framtagna av WSP 2014 har spåren nivå +11,5 (räl överkant) längs plattformarna. Denna nivå har antagits som utgångspunkt för höjdsättningen som föreslås i denna förstudie. Konstruktionstjockleken för järnvägsbron med plattformar har antagits vara 2,6 m. Detta får anses vara ett värsta scenario som har antagits för att kunna hitta de begränsningar som en mycket tjock brokonstruktion kan medföra, i verkligheten är det möjligt att konstruktionen blir tunnare.

Vid korsningar med järnvägen ska gator som trafikeras av biltrafik ha en fri höjd på 4,7 m för att klara av samtliga motorfordon. För gator som trafikeras av spårvagn blir kontaktledningens höjd styrande, den ska med hänsyn till elsäkerhet inte placeras på lägre höjd än 5,0 m och enligt Norrköpings banstandard inte högre än 5,5 m. Med särskilda tillstånd kan ledningen placeras 4,2 m över gatan, men det är inte önskvärt. Ledningen ska placeras minst 0,3 m under brokonstruktion. Utifrån detta har 5,8 m antagits som fri höjd för spårvägs korsningarna.

Det är önskvärt att gatorna höjdsätts med en minsta lutning på 1 % med hänsyn till regnvattnets avrinning. Vid lägre lutningar krävs antingen linjeavvattning i form av rännor, krossdiken e d som inte är beroende på gatans längsfall för att få en fungerande avvattning, alternativt kan konstgjorda längsfall behöva skapas genom varierande tvärfall och kantstenshöjder. För största lutningar antas riktlinjer angivna i VGU (Vägar och gators utformning, TRV publikation 2012:179) gälla som krav, se figur 6 och 7.

Tabell 3.1-16 Största längslutning

VR (km/tim)	Önskvärd största längslutning (%) vid nybyggnad	Största godtagbara längslutning (%) vid nybyggnad*) eller förbättring
Väg ovan jord	6	8
Busshållplats/längslutning	2	3,5
Väg i tunnel	3	5

*) Endast efter väghållarens godkännande.

Figur 6 - VGU tabell 3.1-16

Tabell 3.2-6 Största lutning på gångvägar/-ytor

Nivåskillnad / Lutning	Gångväg/-yta som dimensioneras för rullstol	Övriga ytor	
		Önskvärd största lutning	Största godtagbara lutning *)
< 1 m	≤ 2 %	5 %	8 %
1 – 2 m	≤ 2 %	5 %	7,5 %
2 – 4 m	≤ 2 %	4,5 %	7 %
4 – 6 m	≤ 2 %	4 %	6,5 %
6 – 8 m	≤ 2 %	4 %	6 %
8 – 10 m	≤ 2 %	4 %	6 %

*) Endast efter väghållarens godkännande

Figur 7 - VGU tabell 3.2-6

Kraven i VGU medför att gatorna helst ska ha en största lutning på 2 %, större lutningar innebär avsteg från tillgänglighetskrav för rörelsehindrade. Om detta tillåts kan lutningar upp till 4-5 % accepteras beroende på vilken nivåskillnad som tas upp på sträckan, dock ej där hållplatser planeras.

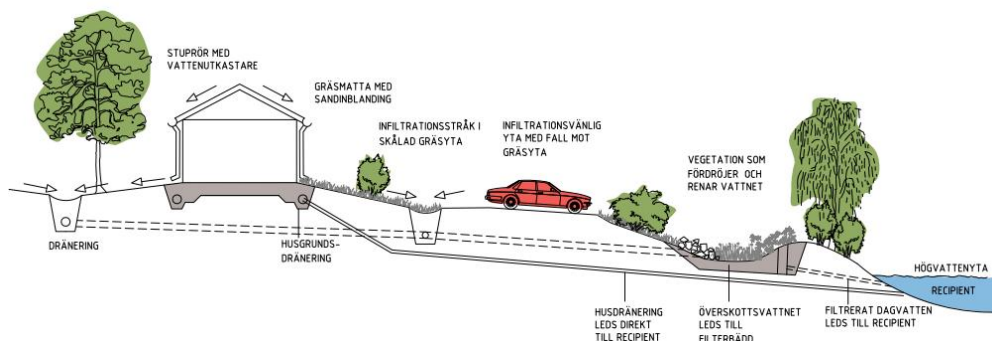
4.2 Riktlinjer för dagvattenhantering

För det aktuella området ska dagvattensystemet planeras och dimensioneras enligt Norrköping Vatten och Avfalls riktlinjer för dagvattenhantering, daterad 2009-05-26, och enligt överenskommelse med Norrköpings kommun och Norrköping Vatten och Avfall. Nytt styrande dokument för dagvattenhantering är under uppförande.

Grundprinciperna avseende dagvatten:

- Byggnader ska placeras på höjdparter och grönytor i lågstråk
- Avrunna dagvattenflöden ska begränsas
- Dagvattnets föroreningsbelastning ska begränsas genom naturlig rening i diken eller magasin på väg till recipienten

En långsiktigt hållbar dagvattenutföring visas i principskiss, se figur 8.



Figur 8 Principskiss för långsiktigt hållbar dagvattenhantering

Modellen bygger på att dagvatten tas omhand nära källan. Exempel på åtgärd:

- Takvatten bör i så stor utsträckning som möjligt avledas på marken. Stuprörsutkastare med tillräcklig marklutning ut från fasaden minskar risk för fuktskador på fastigheter.
- Gröna tak minskar mängden dagvatten från takytor med upp till hälften sett på årsbasis. Vid stora eller häftiga regn räcker sedumtakens kapacitet inte till och i de fallen krävs andra sätt att ta hand om takdagvatten.
- Översilningsytor avleder dagvatten på ytan och ger också viss reningseffekt då vegetationen tar hand om föroreningar som annars följer med dagvattnet i ledningssystemet.

Vid dimensionering av dagvattenanläggningar gäller uppgifter enligt tabell 3 samt i övrigt enligt Svenskt Vatten P90. Klimatfaktor om 1,15 ska användas.

Tabell 3 Återkomsttider i år vid dimensionering av nya dagvattensystem

ÅTERKOMSTTIDER I ÅR VID DIMENSIONERING AV NYA DAGVATTENSYSTEM			
Nya duplikatsystem	Återkomsttid för regn vid fylld ledning	Återkomsttid för trycklinje i marknivå med marköversvämning som följd.	Återkomsttid för marköversvämning med skador på byggnader
Utom tätortsbebyggelse	2	10	> 100 år
Tätortsbebyggelse	5	20	> 100 år
Centrum-/industri-/affärsområden	10	30	> 100 år

Dagvattenanläggningen ska dimensioneras för 10-årsregn vid fylld ledning. Ett 30-årsregn är dimensionerande för uppdamning till marknivån vilket medför att rännor/kanaler och övriga ytligt liggande anläggningar i praktiken dimensioneras med den förutsättningen.

Ett 100-årsregn ska kunna tas omhand utan att byggnader kommer till skada och dagvatten kommer då att behöva rinna på gatorna till möjligt utlopp/recipient eller till en plats som tillåts översvämmas. Höjdsättningen för gator och platser ska utformas så att avvattningen på ytan inte däms. Inom området är höjdsättning gjord med denna funktion i åtanke. Befintlig höjdsättning på gatorna söder om området till Motala ström medger ytlig avrinning vid en sådan situation.

Underjordiska utjämningsanläggningar kopplade till ledningssystemet och ytliga översvämningsvolymen dimensioneras för att klara 30-årsregnet.

Krav på rening föreligger där områdets användning kommer att påverka dagvattnet. I nuvarande riktlinje för centrumbebyggelse med flerbostadshus och torg bedöms risken som måttlig och för terminalområde större än 5000 m² bedöms risken vara hög för att dagvattenkvaliteten ska påverkas.

Påverkan av/på förorenad mark ingår inte i denna förstudie, men vid utbyggnad kommer man att behöva hantera de markföroreningar som finns på lämpligt sätt.

Större parkerings- och uppställningsytor ska förses med oljeavskiljare.

4.3 Beräkningsförutsättningar

Beräkning av dimensionerande dagvattenflöde har gjorts med rationella metoden, med formeln: $Q_{dim} = q \cdot A_r$.

där:

q = regnintensitet vid vald återkomsttid och varaktighet

A_r = reducerad area, $A_r = \phi \cdot F$

F = avrinningsområdets storlek

ϕ = avrinningskoefficient

Regnintensiteter enligt bilaga 1.2 (Dahlström 2010) P104 har använts.

Avrinningskoefficient 0,8 är vald för både kvartersmark och för trafikyta med hänsyn till den hårda exploateringsgraden och med förmodad liten grönfaktor.

Infiltrationsmöjligheten anses i området vara mycket liten och det dagvatten som infiltrerar i t ex parkmark mm anses beräkningsmässigt försumbart i detta tidiga skede.

I uppdraget har tre alternativ för dagvattenhantering studerats. Särskilda förutsättningar för respektive beräkningsfall gäller enligt nedan:

- **Ledningar:**
Förslag med dagvattenhantering enbart i ledningar gäller 10-årsregn med varaktighet 30 minuter, enligt Norrköping Vatten och Avfalls dagvattenriktlinjer. Beräkningar för magasinsvolymer ska visa fördröjning av ett 10-, 30-, resp 100-årsregn med ett 2-årsregn (förmodad nuvarande kapacitet) i avtappning.
- **Rännor/Ledningar:**
30-årsregnet är dimensionerande då rännornas överkant är i marknivå. För alternativet med rännor till ledningar är det beräknade flödet som kan avledas till ledningsnätet motsvarande ett 2-årsregn med de befintliga ledningarnas uppskattade kapacitet.
- **Rännor/Kanaler:**
10-årsregn med 10 minuters varaktighet används för alternativet med öppet avrinningssystem med hänsyn till relativt begränsad rinnlängd till respektive ränna/kanal.

5. Föreslagen höjdsättning

5.1 Framtida marknivåer

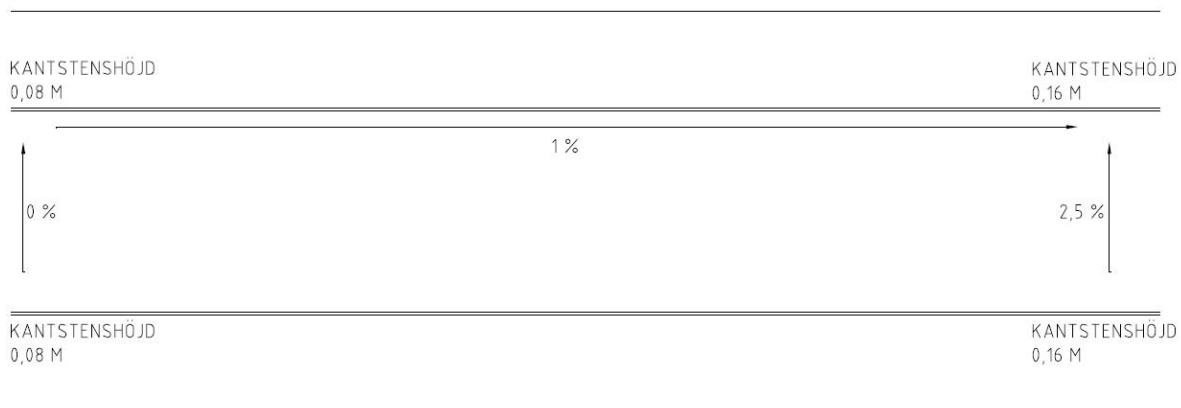
Utifrån antagen nivå på nya järnvägsspåren och krav på fri höjd för spårväg bör den nya marknivån direkt under nya resecentrum som högst hamna på nivå +3,1 m. Detta innebär tillsammans med kravet på en lägsta golvnivå för de nya kvarteren på +3,0, som antas innebära en lägsta gatunivå på +2,8 att området kommer få en mycket flack höjdsättning.

I höjdsättningen bör man försöka skapa vägar där dagvattnet kan rinna fritt längs gatan hela vägen fram till recipient (i detta fall Motala Ström) vid mycket stora regn. Inom Butängen föreslås den östra diagonalen genom området få denna funktion. Då det inte finns någon större nivåskillnad att ta upp mellan marknivån under nya resecentrum och Norra Promenaden måste denna gata tillåtas vara mycket flack eller helt plan kring nivå +2,8. Om Fredriksdalsgatan som utgör utredningsområdets norra avgränsning ska ha kvar sin befintliga nivå, som är ca +2,15 vid lägsta punkten kommer ett instängt område utan möjlighet till yttlig avrinning mot Motala Ström att skapas norr om nya resecentrum. Korsningen

ligger även lägre än prognosen för framtida havsnivåer och lägsta tillåtna golvhöjd. Angränsande fastigheter skulle alltså behöva ha trappor och ramper mellan gatunivå och entréer, alternativt entréer i gatunivå som tillåts översvämmas vid ett scenario med hög havsnivå. Framtaget förslag till höjdsättning delas därför in i två alternativ. Alternativ 1 där Fredriksdalsgatan ligger kvar på befintlig nivå och Alternativ 2 där Fredriksdalsgatan höjs så pass mycket att det instängda området byggs bort.

5.1.1 Alternativ 1

Föreslagen höjdsättning för alternativ 1 redovisas på ritningsbilaga 3. Som nämnt ovan föreslås en helt plan diagonal mot sydöst från stationsläget. Övriga gator på södra sidan om resecentrum faller sedan mot diagonalen eller mot Norra Promenaden. I sydvästra delen där de nya gatorna ansluter mot Stockholmsvägen och Norrtull behöver en nivåskillnad om nästan 10 m tas upp vilket medför längslutningar kring 4 %. Från Ingelstagatan och österut blir sedan området flackt i och med att samtliga gator som ska korsa järnvägen kommer hamna på ungefär samma nivå. Många av gatorna kommer därför att behöva lösningar i form av konstgjorda fall eller linjeavvattning för att få en fungerande dagvattenhantering, se exempel i figur 9 och 10.



Figur 9 Princip för gata med konstgjort fall



Figur 10 Exempel på gata med linjeavvattning

Resecentrum skapar en höjdrygg mot den norra sidan där den lägsta punkten finns i korsningen mellan Fredrikdalsgatan och Fabriksgatan. Även här kommer området behöva vara mycket flackt, det bör dock gå att få fall nära 1 % på de flesta av gatorna genom att skapa en högpunkt vid varje kvarter på gatorna i väst-östlig riktning.

På stora delar av hela utredningsområdet krävs uppfyllnader för att nå önskade marknivåer, på ritningen redovisas markerade områden där markhöjningar är större än 0,5 m och som kräver sättningsreducerande åtgärder. Totalt handlar det om områden vars totala area är ca 120 000 m². För ungefär halva arean är uppfyllnaderna relativt stora med markhöjningar kring 1,0–1,5 m. Vid anslutningarna mot Stockholmsvägen och Norrtull krävs höjningar uppemot ca 5 m.

Utifrån hittills tillgängligt material avseende geotekniken bedöms kalkcementpelare vara det enda alternativ som förhindrar sättningar inom de

områden där höjningarna är uppåt 1,0 m eller mer. Delar av områdena med mindre fyllnadshöjder kan eventuellt lösas med lättfyllningar. För att hitta den mest lämpliga lösningen behöver mer omfattande geotekniska utredningar utföras som tar hänsyn varje områdes lokala förutsättningar och planerade markanvändning.

Vissa schakter kan också komma att krävas för gatorna. Beroende vilken sträckning och utformning Ståthögavägen kommer att få i framtiden kan ytterligare en lågpunkt komma att skapas där den korsar järnvägen. För att klara fri höjd enligt sträckningen som redovisas på ritningar behöver den ha en lägsta punkt kring +0,0. Även Ingelstagatan behöver höjdsättas till en nivå som ligger ca 1,5 m under befintlig marknivå för att klara den fria höjden mot järnvägsbron, det går dock att undvika en lågpunkt då lägsta punkten hamnar runt +3,5.

5.1.2 Alternativ 2

Alternativ 2 redovisas på ritningsbilaga 4. Förslaget skiljer sig från alternativ 1 genom att korsningen Fredriksdalsgatan-Stockholmsvägen höjs upp till en nivå strax under +3,0. Den låga och flacka höjdsättningen för den östra diagonalen förlängs därmed genom resecentrum norrut mot Fabriksgatan och en fri evakueringsväg för dagvatten vid störtregn uppnås. Gatunivån hamnar även i rätt nivå för framtida entréer.

Höjningen skulle dock innebära att större delar av gatorna inte uppnår önskvärda längslutningar. Förutom förlängningen av Drottninggatan/Fabriksgatan kommer även Fredriksdalsgatan att bli för flack på en ca 500 m lång sträcka. Åt norr kommer höjningen på Fabriksgatan att sträcka sig fram till Linnégatan och fram till Växelgatan på Lindåkersgatan. De högre nivåerna gör att området som troligtvis kräver sättningsreducerande åtgärder ökar med ca 10 000 m² till totalt ca 130 000 m².

Höjningen påverkar i viss grad angränsande fastigheter längs Fabriksgatan och Lindåkersgatan, se markerade fastigheter på höjdsättningsritning, bilaga 4. På fastigheterna Sliparen 2 och 3, medför markhöjningen att befintliga byggnader behöver rivas. På övriga markerade fastigheter är höjningen så pass liten eller avståndet till närmaste byggnad från gatan så stort att dessa bör kunna behållas. I och med gatans höjning kommer dock lågpunkten att förflyttas från gatan till fastigheterna. Det innebär att dimension för dagvattenserviser och eventuella dagvattenmagasin inom fastigheterna behöver utredas för att säkerställa att de inte översvämmas vid stora regn.

6. Föreslagen dagvattenhantering

6.1 Struktur/princip för dagvattenhanteringen

De förslag som tagits fram har gjorts med förutsättningen att dagvatten ska tas omhand så att belastningen på befintligt system nedströms området inte blir

större än vad den är idag. LOD är inte ett krav, men ett trögt system och utjämningsvolymmer kommer att behövas för att begränsa dagvattenbelastningen nedströms samt för att skydda planerad bebyggelse vid stora eller extrema regn. Dessutom ger denna typ av åtgärder fördelar med avseende på föroreningsreduktion och skapar förutsättningar för att bibehålla grundvattennivån i området. Föroreningar som kan föräntledas av exploateringen ska tas omhand av byggherren.

Det finns flera alternativa lösningar för dagvattenhantering i Butängen. De förslag som utretts i denna förstudie är:

- Ledningar och fördröjningsmagasin med anslutning till befintliga, omlagda ledningar
- Ytliga rännor/kanaler med utjämningsmagasin som avleds till ledningssystemet
- Ytliga rännor/kanaler som leds till djup kanal med direktanslutning till Strömmen

De tre alternativen beskrivs i avsnitten 6.3.1 -6.3.3. I bilaga 7-11 visas också de olika förslagen till dagvattenhantering med hög resp låg höjdsättning av gatorna.

I avsnitt 6.5.2 visas exempel och alternativ för utformning av allmänna delar i dagvattensystemet såsom fördröjningsmagasin, genomsläppliga ytor mm.

Andra alternativ för dagvattenhantering, t ex grönstråk med svackdiken har diskuterats i uppdraget men tar stor plats i kvartersstrukturen och har därför inte vidare studerats annat än för magasin i parkmark i denna utredning. Kan yta avsättas för detta i området bör alternativet utredas vidare.

Utflödet från hela utredningsområdet beräknas vid ett 100-årsregn vara ca 24100 l/s med den hårdgjordhetsgrad som förutsatts. Det är orimligt att anlägga dagvattensystem som klarar avleda hela det flödet oreducerat och istället behöver allmän platsmark utformas för att tillfälligt kunna översvämmas vid stora regn.

6.2 Åtgärder på befintligt ledningssystem

Det befintliga området norr om Fredriksdalsgatan ingår i samma avrinningsområde som Butängen och har sitt dagvattenutlopp genom Butängen. Befintliga dagvattenledningar dim 1000 – 1600 mm som idag leder igenom området i nord-sydlig riktning behöver läggas om för att anpassas till den nya gatustrukturen och för att kunna korsa framtida järnvägsspår. Förslag till nya sträckningar redovisas på ritningsbilagor med ledningar resp kanalen. Oberoende av om det höga eller låga höjdsättningsalternativet genomförs kommer dessa ledningars höjdläge vara oförändrat då befintliga anslutningsnivåer både uppströms och nedströms är fasta. Hantering av befintliga ledningar i samband med ombyggnad beror dels av ledningars läge, dels av funktion och status. Nästan alla befintliga dagvattenledningar inom strukturplanområdet är i förslagen

markerade som utgående, men bedömning görs i senare skede för anpassning till utbyggnadsetapper och val av dagvattenhantering i respektive gata.

Befintlig D1300 från Stockholmsvägens norra del skärs av vid utbyggnad av ny järnvägstunnel och två alternativa ledningssträckningar har studerats. Dessa redovisas i bilaga 7-11. I det första alternativet får ledningarna en sträckning genom kv Vulkan till Ingelstagatan och sedan söderut under järnvägen. Detta alternativ skulle dock kräva att Ingelstagatan får en högre nivå än vad som redovisas i framtagna höjdsättning, se ritningsbilaga 5.9. Det skulle kunna uppnås genom en kombination av åtgärder så som tunnare brokonstruktion, högre nivå på järnvägen, avsteg från krav på fri höjd och mindre ledningsdimension.

Ingen av åtgärderna är lätta att genomföra men alternativet avfärdas ändå inte i och med att det ändå vore önskvärt med en högre nivå på Ingelstagatan då redovisad nivå kräver djup schakt under grundvattenytan. I alternativ 2 korsar istället ledningarna järnvägen längre västerut, men det innebär att de hamnar på stora djup, ca 5-6 m under den nya marknivån för Bergslagsgatan.

Bräddpunkter

Inom hela avrinningsområdet där Butängen ingår finns bräddpunkter där spillvatten kan brädda till dagvattennätet. Dessa punkter måste byggas bort om dagvattensystemet ska kunna öppnas upp, särskilt om en djup kanal anläggs. För att kunna bygga bort bräddningen behöver kombinerade ledningssträckor separeras. I och med att en separering sker ökar dagvattenflödet till dagvattennätet vilket kommer att kräva fördröjningsåtgärder även uppströms Butängen.

Lagerlunda i framtiden

Norrköping Vatten och Avfall planerar att separera nuvarande kombinerat ledningssystem i Lagerlunda och därmed kommer spillvattenpåverkan på dagvattennätet att upphöra. Däremot kan dagvattenflödet vid stora regn istället öka. I dag avleds större delen av dagvatten från Lagerlunda via det kombinerade systemet till reningsverket. För att inte öka belastningen på dagvattenledningarna genom Butängen behöver tillräckliga utjämningsvolymmer tillskapas i och i direkt anslutning till Lagerlunda respektive Haga. Befintliga dagvattenledningar har inte kapacitet för stora nederbörds mängder från områden uppströms Butängen.

Vid påkoppling av det nu kombinerade området från Lagerlunda skulle ett 2-årsregn ge ett tillflöde om dryga 1000 l/s med $\phi=0,35$, vilket är rimlig avrinningskoefficient från den typen av bebyggelse. Med klimattillägg om 15% blir dagvattentillskottet 1170 l/s till bef D1000 i Linnégatan.

Utjämning och därmed minskade flöden från dessa områden kan vara en förutsättning för att om möjligt kunna avleda större dagvattenflöden än 2-årsregnet från det nu planerade området.

6.3 Föreslagna alternativa dagvattensystem

6.3.1 Ledningar och fördröjningsmagasin

Avvattningen av samtliga ytor, även från kvartersmark, samt dränering sker via servisleddningar eller dagvattenbrunnar till ett nytt ledningssystem som ansluts till de omlagda huvudledningarna. Anslutning sker antingen i varje korsning med huvudledningarna eller mer samlat i färre antal anslutningspunkter. Färre anslutningspunkter till huvudledning innebär att en del av ledningssystemet för avvattningen behöver ligga i parallellt med huvudledningarna innan anslutningen. Enbart ränna med få anslutningar till huvudledning innebär att dagvattnet behållas ytligt längre sträcka och rännans bredd ökar med större dagvattenflöde vilket tar mer plats i gatusektionen. I bilaga 7 och 8 visas anslutningarna där huvudledningarna annars skulle ha korsats, alltså inte det samlade förslaget, med ledningsdimensioner där de föreslagna ledningarna är dimensionerade för ett 10-årsregn. Dagvatten från det nordöstra hörnet av området måste pumpas för avledning då det ligger lägre än omgivande mark.

För att kunna avleda ett 10-årsregn med fylld ledning eller ett 30-årsregn utan att vattnet kommer upp i marknivån till befintlig ledning som endast klarar av att leda bort ett 2-årsregn, behöver utloppen till huvudledningarna regleras. Innan de reglerade utloppen behövs magasin för den överskjutande vattenvolymen. Totalt inom hela området behövs ca 5740 m³ fördröjningsvolym för att fördröja ett 10 minuters 30-årsregn med avrinning motsvarande ett 10 min 2-årsregn.

I strukturplanen för området finns några markerade ytor för park/torg, där fördröjningsmagasin skulle kunna inrymmas ytligt eller underjordiskt. Dessa ytor kommer inte att vara tillräckliga för den beräknade fördröjningsvolymen. Dessutom ligger inte ytorna i samtliga fall optimalt placerade ur dagvattenhanteringssynvinkel.

En optimal placering av ett fördröjningsmagasin är i den lägsta punkten på dagvattensystemet, ofta nära anslutningen till recipienten.

Beräknade fördröjningsvolymerna för de olika delområdena samt ungefärlig utbredning av dessa vid en regleringshöjd av 1,5 m visas i bilaga 7 och 8. Angivna volymer är de som ska adderas till det som ryms i ledningen vid 30- respektive 100-årsregnet.

Fördelar: Underjordiska ledningssystem ger stor flexibilitet för markanvändningen och det är endast brunnsbetäckningar som behöver passas in i markplaneringen.

Nackdelar: Uppfyller inte riktlinjerna för Norrköpings kommuns dagvattenhantering. Ett ledningssystem kommer att stå indämt upp till samma nivå som havet med avledningskapacitet endast för det dagvatten som genom höjdskillnad kan "tryckas" ut. Underhålls- och inspektionsmöjligheter är begränsade, särskilt i de delar av systemet som står under vatten.

Ytterligare alternativ för ledningssystemet

Ett separat dagvattenledningssystem från området med nya utlopp till Strömmen har översiktligt studerats som alternativ till anslutning till befintliga huvudledningar. Om allt dagvatten från hela området kunde samlas i en utloppsledning skulle ledningens dimension bli 2000 mm med ca 0,5% lutning. Även om utloppet skulle delas upp i flera mindre ledningar är det svårt att samordna ledningar av dessa dimensioner i ett område med flera större ledningar. Risken för krockar pga utrymmesskäl i plan och i höjd är stor. Även ett system av det slaget kommer, precis som de befintliga ledningarna att stå dämt vid stigande havsnivå, då nivåkillnaderna mellan området och Strömmen inte är tillräcklig för att anlägga ledningen ovanför vattenytan. Förslaget medför stora anläggningskostnader inte bara på grund av anläggningen i Butängen utan också vidare nedströms till Strömmen. På den sträckan finns även flera hinder i form av befintlig bebyggelse och ledningar, samt Norra Promenadens träd som på grund av sin klassning som byggnadsminnen begränsar möjligheterna till schaktning.

6.3.2 Ytliga rännor/kanaler som avleds i ledningssystemet

Även i detta alternativ blir huvudledningarna recipienter för dagvattnet i området.

Dagvatten från både kvartersmark och allmän platsmark avleds i ytligt liggande rännor eller kanaler. I ränn-/kanalsystemets lågpunkter leds vattnet ner antingen direkt till huvudledningarna eller via mindre ledningar som ansluts till huvudledningarna. Dagvattenavledning från kvartersmark måste också ledas ytligt för att kunna ansluta till ett ränn-/kanalsystem. T ex kan stuprör släppas med utkastare till rännor som leds till gatuavvattningens rännor. Dagvatten från eventuella upphöjda innerträdgårdar kan anslutas med ledning via garageplanet till utlopp ovan mark för anslutning till ränna i gatan, se vidare under kapitel 6.5.1 och exempel i figur 14.

Utredningen redovisar förslag med rännor och kanaler i området, se bilaga 13:1-13:9. Längre delsträckor i rännsystem bör undvikas på grund av att stora anslutna ytor ger stora flöden med djupa och förhållandevis breda rännor som följd. Istället tappas samlingskanalerna av till ledningssystemet i lämpliga punkter, se bilaga 9 och 10. Dagvatten från det nordöstra hörnet av området måste pumpas för avledning då det ligger lägre än omgivande mark.

Av bilaga 9 och 10 framgår flöden och dimensioner för rännorna/kanalerna för avledning till större samlingsledningar. Ränn-/kanalsystemet dimensioneras för 30-årsregn då det kan tillåtas fyllas upp i marknivån. Hantering av 100-års-regnet kräver särskilda åtgärder med utjämningsvolymen likt tidigare beskrivet för ledningsalternativet.

Eftersom botten i rännorna och kanalerna måste luta, ibland med större lutning än gatans längslutning eller till och med mot gatans lutning, blir de längsta kanalerna i detta förslag ca 1,2 m djupa innan de ansluts till ledningssystemet.

Behövs utjämningsvolymerna på vägen dit är lokala översvämningsytor eller utjämningsmagasin som håller flödet konstant i ledningen att föredra. Det är viktigt att man i planeringen av ett nytt område avsätter ytor ovan eller under mark för omhändertagande av stora regnmängder så att byggnader och anläggningar skyddas från att skadas vid översvämning.

Dränledningar kommer i detta alternativ behöva avledas i ett separat ledningssystem, alternativt pumpas till det ytliga systemet.

På grund av att rännor/kanaler ligger ytligare än ledningssystemet sker avledning i princip helt ovan en höjd havsyta.

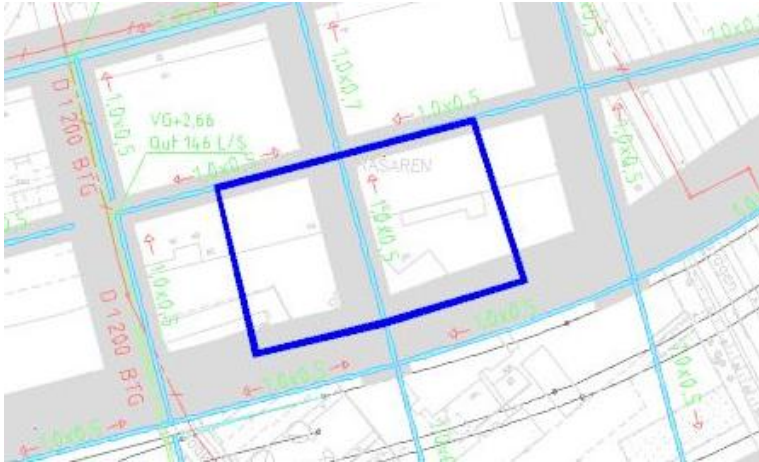
Fördelar: Dagvattnet avleds ytligt och synligt, vilket ger ökad kontroll och bättre säkerhet vid stigande havsnivå. Estetiskt och socialt skapar synligt vatten också goda förutsättningar för trivsam närmiljö för boende och andra som vistas i området.

Möjligheter till rening av dagvatten ökar vid ytlig avrinning och avdunstning och uppsugning av växtlighet minskar utflödet till recipient. Dessutom kan dagvatten där markförhållanden är goda infiltrera och grundvattennivån bibehålls, detta är inte troligt i Butängen på grund av täta jordarter och hög grundvattennivå. Med genomtänkt total utformning av ett område kan regnvatten magasineras och användas för bevattning av planteringar vilket minskar behovet av renvatten för det ändamålet.

Nackdelar: Ytliga dagvattensystem tar plats i stadsrummet. Platsgjutna konstruktioner kan i anläggningsskedet vara kostsamma och det finns risk för "snubbelkanter", då rännor med långa rinnsträckor kan bli både breda och djupa. Driftkostnader kan bli stora. God detaljplanering krävs. Avledning till ledningssystem med liten kapacitet kan kräva stora utjämningsvolymerna i området för att säkerställa att byggnader och anläggningar inte kommer till skada vid stora regn.

Rännor och kanaler som fördröjningsmagasin

Att använda rännorna och kanalerna som fördröjningsmagasin på sträckorna är ett annat alternativ till att använda dem för avledning av vattnet. Systemet dimensioneras för 30-årsregnet och flödet från rännorna/kanalerna regleras antingen i utloppspunkten eller i flera steg på vägen till utloppet och i utloppet. Om rännan/kanalen utformas för fördröjning görs bottenplan så att maximal volym kan utnyttjas. När marken lutar kan kanalen också trappas.



Figur 11 Utsnitt med avrinningsområde till ränna för beräkningsjämförelse

Som ett exempel skulle en 65 m lång ränna i kvartersgatan för avledning av dagvatten från 0,64 ha yta, enligt figur 11, behöva vara 1,0x0,5 m stor utan någon fördröjning. För att rymma utjämningsvolymen vid 30-årsregn med 2-årsavtappning behövs 71 m³ och rännan skulle i det fallet bli dubbelt så stor. Om kvartersmarken istället avvattnas mot norr och enbart gatuvatten tas omhand i den aktuella rännan blir behovet av magasinvolym vid 30-årsregnet istället 11,2 m³ och rännan skulle då bli 0,5x0,4 m. Alternativt utförs den gatan med rännedal för avvattning med anslutning till större ränna i gatan i norr.

Rännor, kanaler och ledningssystem

Det kan vara svårt att ytligt leda dagvattnet från kvartersmark till det ytliga systemet på allmän platsmark, särskilt från de upphöjda innergårdarna. En alternativ lösning kan i det fallet vara att leda vattnet från kvartersmark till ledning och endast ta vatten från allmän platsmark till rännor/kanaler. Vinsten med det alternativet är att vattnet från kvartersmark inte behöver nämnvärd rening vilket dagvattnet från den allmänna platsmarken behöver. I och med att flödet då blir mindre i kanalerna skulle de eventuellt kunna utformas som raingårdens eller filterdiken som främst ger positiva effekter gällande rening.

6.3.3 Ytliga rännor/kanaler som leds till djup kanal

Huvudledningssystemet i området föreslås utgöras av en djup kanal som har direktanslutning till Motala ström, se bilaga 11. Kanalen kan ersätta de flesta av de stora befintliga huvudledningarna i området och blir recipient för nära nog allt ytligt dagvatten. Med den lösningen skulle befintliga stora dagvattenledningar kunna anslutas antingen i Fredriksdalsgatan/Fabriksgatan eller längre söderut mot diagonalen. I bilagan är dessa ledningar dock redovisade obrutna och fortsätter genom området till Norra promenaden. Anslutningspunkter för befintliga ledningar är beroende av hur långt upp i området kanalen anläggs.

Dagvatten från den nordöstra delen av området kan ledas till kanalen med hjälp av pumpning. Kapaciteten måste dock kontrolleras om det tillkommande flödet

från pumpningen ryms i samlingsrännorna, alternativt leds vattnet i ledning och ansluts direkt till kanalen. På ritningsbilaga 12 visas flera alternativa vägar för anslutning till Strömmen/Inre Bråviken.

Med en djup kanal som uppsamlingskanal direktansluten till recipienten kortas rinnsträckorna från respektive kvarter och magasinsbehovet inne i området hålls nere. Detta system bygger på samma rännmodell som under 6.3.2, men med större avrinningskapacitet pga utjämningsseffekten i och med anslutningen till havet.

När havsnivån stiger följer vattennivån i kanalen med. Så länge marken har högre nivå än vattenytan, vilket man planerat området för, kommer avledning att kunna ske genom kanalen, dock med något reducerad kapacitet. Resterande dagvattenmängd måste ges utrymme i dammar eller underjordiska magasin. Gatornas höjdsättning måste också planeras för yttlig avrinning den vägen vid stora nederbörds mängder.

Fördelar: Rinnsträckorna i områdets rännor kortas vilket minskar behovet av utrymme för dem i plan. En öppen dagvattenhantering ger positiva effekter för trivsel i området och skapar möjligheter för variation i parkanläggningar.

Nackdelar: Kanalen tar plats i området och vid låg vattennivå i Motala ström kan kanalen upplevas otrygg och djup. Befintliga VA-ledningar i nord-sydlig riktning skärs av pga kanalen och omläggning i ny sträckning eller pumpning kan behövas på någon plats för att bibehålla dessa ledningars funktion, vilket ger stora anläggningskostnader.

Ledningssystem till kanalen

Ett ledningssystem inom området med avrinning till djup samlingskanal för anslutning till Motala ström är också ett alternativ, men har inte varit ett huvudalternativ i utredningen. Med det alternativet skulle dagvattenhanteringen till stor del behållas under mark i området. Systemet bygger på att ledningarna kan förläggas på nivå där anslutning till kanalen är möjlig. Rening och utjämnning utförs samlat för större områden innan anslutning till kanalen och utrymme i plan och höjd behövs för dessa anläggningar på lämpliga platser. Eftersom ledningar behöver täckning mot trafiklast och frost blir detta system djupare än rännsystemet. Långa rinnsträckor ger större anslutna ytor med stora dagvattenflöden och ökade ledningsdimensioner som följd, vilket även leder till djupare ledningsförläggning. Risken för uppdämning långt in i området redan från början ökar också med det alternativet.

Möjliga anslutningsvägar för djup kanal till Motala ström

Det finns flera olika vägar som ett djupt kanalsystem kan anslutas till Motala Ström. På ritningsbilaga 12 visas fyra olika alternativ. Den kortaste vägen vore att leda ut kanalen via Packhusgatan. Ett alternativ som skulle möjliggöras om Hamnbron flyttas till ett läge i Östra Promenadens förlängning. Något som det

planeras för inom utvecklingsprojektet för Inre Hamnen, men det är i dagsläget osäkert om den planen förverkligas. Alternativt kan en annan relativt kort väg hittas genom Inre Hamnen. Båda alternativen rakt söderut till Motala Ström skulle dock skära av en befintlig huvudledning för spillvatten till reningsverket som då sannolikt skulle kräva pumpning för att komma under kanalen. Ett annat alternativ där detta kan undvikas vore en längre kanal längs Norra Promenaden med utlopp nära Blixholmen. En sådan kanal skulle korsa spillvattenledningen precis vid dess anslutning till reningsverket där den ligger på en så låg nivå att en kanal kan korsa över ledningens hjässa.

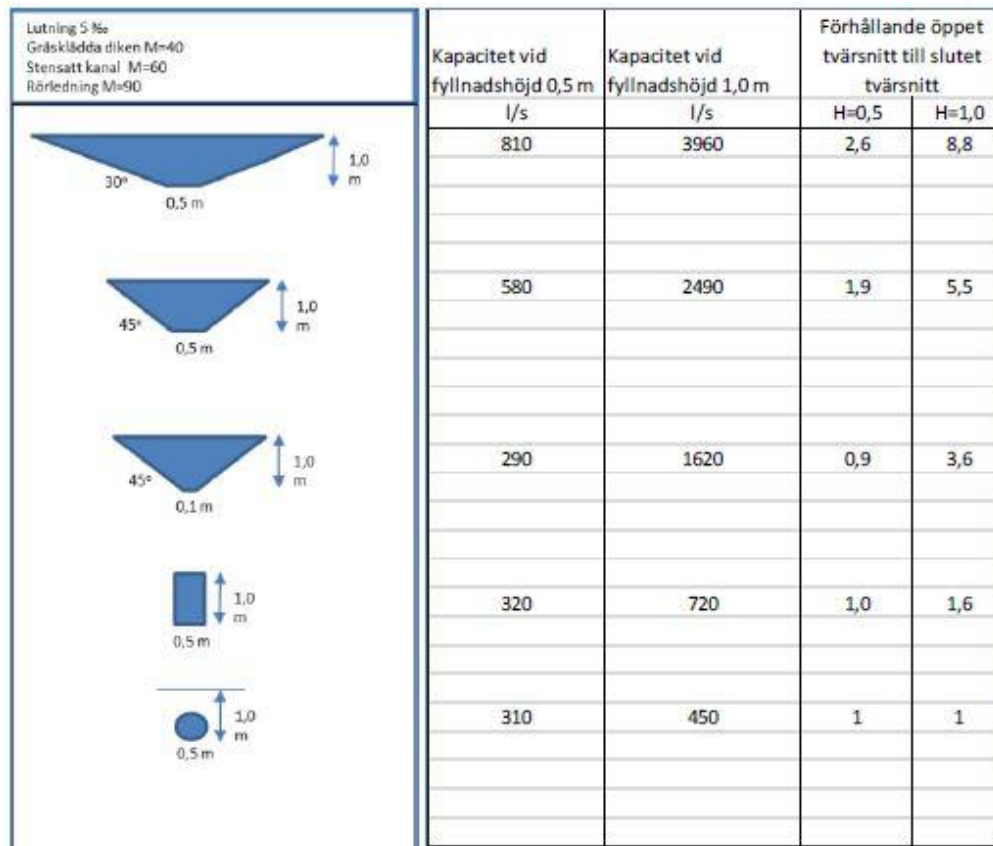
Eventuellt kan också en ny kanal anläggas i Fredriksdalsgatans förlängning och vidare österut med ett utlopp vid Slottshagen, dit delar av området norr om Fredriksdalsgatan kan ledas ut i Motala ström. På delar av sträckan krävs djup schakt, ca 4,5 m och kulvertering kan vara nödvändig på flera delsträckor. Den djupaste delen av sträckan är kring punkten där de nya sträckningarna för järnvägen och Ståthögavägen korsar varandra. Möjligheterna till att genomföra detta blir alltså mycket beroende på hur den punkten utformas. Med en avledning mot öster från den norra delen av Butängen avlastas det befintliga systemet mot söder. Man kan då eventuellt undvika att ha en kanal som sträcker sig genom resecentrum, men hellre ta vara på möjligheten att skapa en rundmatad kanal. Rundmatning ger genomströmning i kanalen och dagvattenkvaliteten förbättras då risken för stillastående vatten med algpåväxt och liknande undviks.

6.4 Flöden och fördröjningsvolym

Den planerade kvartersstrukturen, de planerade nivåerna i området och föreslagna avvattningsstråk ger nya avrinningsområden som används i beräkningarna för flöden och fördröjningsvolym.

Genom området i väst-östlig riktning ligger nya resecentrum som en upphöjd barriär. Kvarter och gator norr om denna avleds mot Fredriksdalsgatan där det med dagens gatunivå på Ståthögaleden blir en lågpunkt. I framtiden kommer den nordostliga delen av området att behöva avledas mot befintlig vägavvattnings lågpunkt med pumpstation, åtminstone tills man flyttat Ståthögaleden till nytt läge och fyllt upp befintlig järnvägsundergång. Området söder om planerat resecentrum lutar mot Norra promenaden och med ny höjdsättning kommer ytavrinning att ske mot diagonalen i sydost. Beräkningar och indelning av områdets avrinningsområden redovisas på ritning i bilaga 6 och sammanställning i tabell i bilaga 6.1.

Dagvattenavledning från ett område kan utföras på en rad olika sätt och vilket man väljer beror av områdets topografi, markslag, grundvattennivå mm. Valet av dagvattensystem kan också bestämmas av den tillgängliga kapaciteten. En jämförelse visas i figur 12 där skillnaden mellan nedgrävd ledning och flackt öppendike är tydlig till förmån för öppendiket. Strukturen i ett område måste också vägas in i valet av dagvattensystem med de konsekvenser som följer.



Figur 12 Avledningsskapacitet i olika tvärsnitt vid samma uppfyllnadshöjd

För att kunna få till den relativt stora fördröjningsvolym som behövs inom området i anslutning till huvudledningarna med sin begränsade kapacitet bör varje aktör i utbyggnaden se över vilka möjligheter som finns för dagvattenhantering i både gatumark och inne på fastigheterna.

6.5 Teknisk utformning av dagvattenhanteringen

Nedan följer exempel på hur man kan lösa dagvattenhanteringen i olika delar av området.

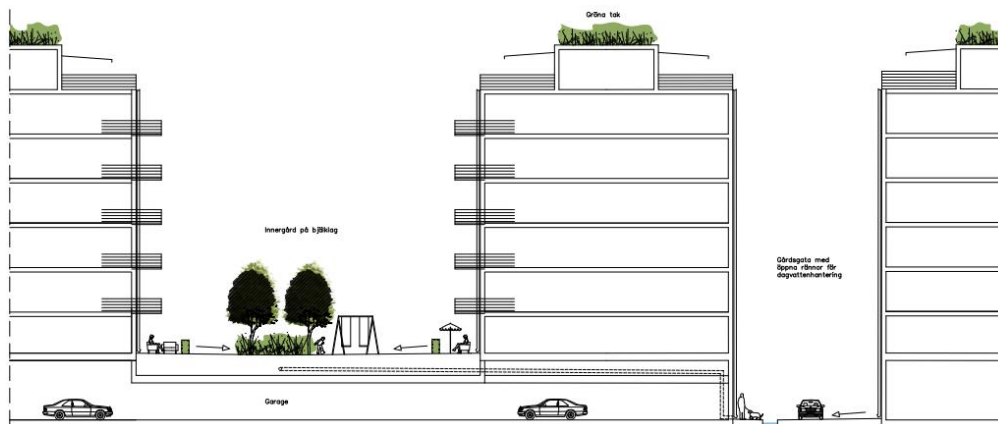
6.5.1 Dagvattenhantering på kvartersmark

Nedan följer några exempel på hur dagvatten kan tas omhand och fördröjas på kvartersmark.



Figur 13 och figur 14 Exempel på olika gröna taklösningar i stadsmiljö

Dagvatten från tak som avleds mot innergård kan anslutas till dagvattenränna eller ledning i respektive kvartersgata med takupphängd samlingsledning genom markvåning (garageplan), se figur 15. Om anslutningen sker till ränna eller kanal måste utloppet ligga ytligt. Troligen behöver utloppet vara täckt om inte omfattande fördröjningsåtgärder vidtas inne på kvartersmarken för att minska utflödet. Utloppet kommer behöva korsa t ex en trottoar och det samlade flödet blir relativt stort i respektive utloppspunkt. Anslutningen kan alternativt lösas med täckt kanal.



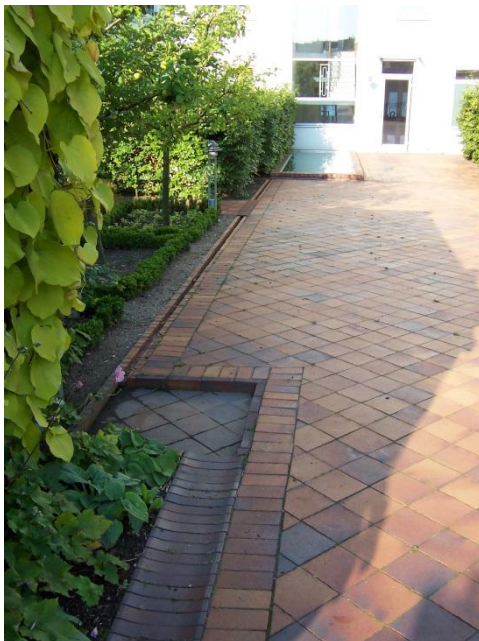
Figur 15 Principsektion med dagvattenanslutning från upphöjt gårdsbjälklag

Viss fördröjning kan och bör anläggas på de upphöjda innergårdarna. Tex kan en rabatt istället bli en rain-garden som tar omhand vatten från ett eller flera stuprör. Med en marktäckning på ca 1 m kan marken lutas svagt mot ett uppsamlande stråk. Hit kan takvatten från stuprör ledas via ränna och ytvatten från omgivande ytor kan avrinna direkt till det lägre stråket. Bäst effekt för dagvattenhanteringen erhålls om stråket är gräsyta. Under stråket byggs ett makadamfyllt dräneringsdike med en dränledning i botten som leder bort vattnet. En utbyggnad med fler genomsläppliga/upsugande ytor och mer planteringar/träd i området kvarter medför också att dagvattenflödena reduceras.

Flödesreduktion på grund av åtgärder inne på kvartersmark har inte tillgodoräknats i redovisade flödesberäkningar. Nedan följer exempel på rännor, se figur 16 och 17, som kan användas på kvartersmark men också i allmän platsmark.



Figur 16 Enkel ränna för avledning av dagvatten



Figur 17 Exempel på ränna med lite fördröjningsyta

6.5.2 Dagvattenhantering på allmän platsmark

Det finns goda möjligheter att hitta dagvattenlösningar som passar in även i en tätbebyggd miljö på allmän platsmark. Nedan följer några exempel på hur de föreslagna dagvattenlösningarna kan utformas och exempel på hur dagvattenhanteringen kan kompletteras för att öka både trögheten i avledningen av vattnet samt reningen av det.

Rännor och kanaler

Rännor och kanaler ersätter helt eller delvis ett ledningssystem för avledning av dagvatten. Hur stora dessa rännor eller kanaler blir beror på vilken kapacitet de ska ha. Eftersom vattennivån i rännor och kanaler i Butängen inte får överstiga markens nivå vid ett 30-årsregn måste dessa dimensioneras för det flödet vilket på längre sträckor ger relativt stora kanaler.

Ett öppet avvattningsystem ger bättre möjligheter för rening jämfört med avledning enbart i ledningssystem. Vattnet luftas och kan sedimentera i kanalen. Ur reningssynpunkt ger kanal i kombination med vegetation ännu bättre reningseffekt, men minskar något på kanalens kapacitet.

Drift och skötsel är relativt enkelt och är viktigt så att kanalen inte blir en skräp- och lövsamlare. Åtgärder som vidtas tidigt ger goda förutsättningar för att systemet ska fungera under lång tid utan problem med driftstopp. Beroende på hur kanalen eller rännan utformas kan anläggningen bli mer eller mindre kostsam.

I figur 18-25 samt 28-30 visas exempel på hur rännor och kanaler kan utformas i mer urban miljö.



Figur 18 Exempel på mycket grund dagvattenrännor som tappas av till ledningsnät.

I alternativet enligt figur 18 avleds även stuprör till rännan, som har kapacitet för avledning av vanligt förekommande nederbördstillfällen.



Figur 19 Exempel på större ränna/kanal som är krossfylld.

Vid mindre till medelstor nederbörd kan vatten avledas i krossfylld ränna enligt figur 19. Vattnet rinner in via slitsarna i rännans sidor och gallerförsedda passager gör att man kan gå över den. I figur 20 och 21 visas lösningar för ytlig uppsamling av tak- och gångtytevatten, för kvartersmark eller bostadsgata.



Figur 20 och Figur 21 Exempel på ränna/kanal som ersätter uppsamlingsledning för stuprör.



Figur 22 och figur 23 Exempel på mindre rännor i kvartersmark vid olika årstider.



Figur 24 Öppen dagvattenränna, sk lökränna.

Avledning från hus och gångbanor kan utföras med skålade rännalsplattor som ansluts till större ränna eller uppsamlande damm. Lökrännans "bubblor" förbättrar reningen av dagvattnet, se figur 22.



Figur 25 Öppen dagvattenhantering med grönyta kombinerat med konstruktionskanal och gångbroar



Figur 26. Samma kanal längre uppströms, fast vid annan årstid.



Figur 27 Dagvattenkanal som leder vatten till ytligt fördröjningsmagasin. Lösningen enligt figur 27 behöver vattenpåfyllning vid torrväder för att se ut som på bilden.

Översilningsytor

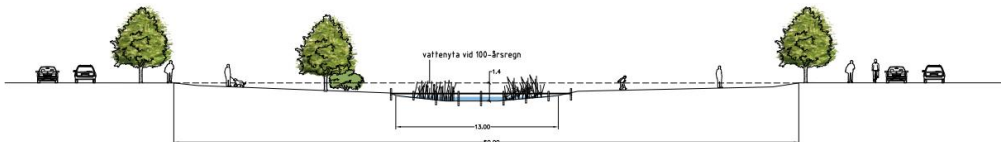
De öppna dagvattenlösningarna kan kombineras med grusade eller gröna ytor för översilning vilket ger en ökad reningseffekt på vattnet. T ex kan kanaler som ansluter till park- och torgytor få mynna på gräset eller på en grusad yta. I Butängen planeras inga större gröna parkområden men torgytor kan utformas med nedsänkta grusade ytor dit vattnet kan ledas och få översila och infiltrera och ytan kan även användas som dagvattenmagasin vid extrem nederbörd. Däremellan kan ytan vara en vistelseyta. Se exempel i figur 28 från en skolgård i Augustenborg, Malmö.



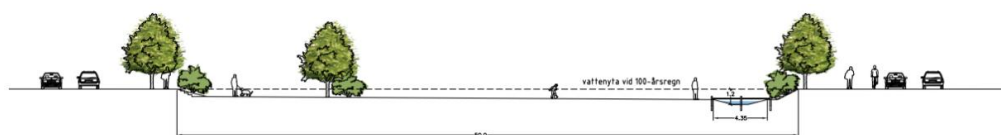
Figur 28 Exempel på kombinerad översilningsyta och fördröjningsmagasinsyta.

Ett grönt stråk har diskuterats i Butängens diagonala gatusträckning. Ett sådant stråk skulle kunna utformas som strövområde med t ex mindre "fickparker" dit vattnet från rännor och mindre kanaler kan ledas. På det sättet skapas inte bara bättre reningsmöjligheter för dagvattnet utan också förutsättningar för en god miljö för boende, resenärer och andra som vistas i området.

Både torgytor och parkytor bör planeras för att kunna rymma översvämningssytor för extremnederbörd. De nedsänkta ytorna kan t ex planeras med skålat tvärsnitt för att inte behöva bli så djupa, se exempelsektioner i figur 29-30.



Figur 29 Sektion över utjämningsmagasin i parkyta



Figur 30 Ytterligare alternativ utformning parkstråk

Fördröjningsmagasin

I ett fördröjningsmagasin används bara fördröjningsvolymen när inloppsflödet är större än det tillåtna utloppsflödet. Däremellan fungerar magasinet antingen som genomströmningsmagasin eller är tomt. Normalvattennivån eller botten i magasinet är densamma som utloppets nivå. Om man vill ha en permanent vattenspegel i sitt fördröjningsmagasin måste det finnas en vattenvolym under utloppets nivå. För bästa reningseffekt i ett fördröjningsmagasin bör det bland annat finnas en djupare sänka där vattnet kan sedimentera, lämpligast vid inloppet i magasinet. Uppehållstiden behöver också vara tillräcklig för att föroreningar ska kunna absorberas eller sedimentera.

Fördröjningsmagasin kan utformas ytligt eller underjordiskt. Ytliga fördröjningsmagasin tar mer plats än underjordiska på grund av att det runt magasinet behövs utrymme för slänter. Ett öppet magasin är dock lättare att underhålla och inspektera än ett underjordiskt och kan i många fall samordnas med planteringar eller torgytor. Vid kombination med planteringar erhålls också fördelar i uppsugning och växtupptagning av föroreningar. Öppna magasin i t ex gräs eller grusyta ger även trögare avrinning än direktanslutning till ledningar.

Utloppet från ytliga magasin utförs på följande sätt:

- Via bottenutlopp till ledningssystemet
- Ytligt via rännor till ledningssystem eller djup kanal
- Infiltration, vilket i Butängen inte är möjligt

Exempel på underjordiskt magasin är så kallade kassettmagasin. De är mycket mer volymeffektiva jämfört med bland annat rörmagasin. Grundvattennivån måste ligga lägre än underkant magasin för att inte magasinet ska fyllas med grundvatten istället för dagvatten. Vid hög grundvattennivå kan magasinen göras täta med t ex en tät gummiduk runt om, men måste också konstrueras så att risken för upptryck minimeras. Ett rörmagasin är ett annat exempel på underjordiskt magasin. Vid större fördröjningsvolymmer kan dock rören bli mycket stora vilket också sänker utloppsnivån så att det kan bli svårt att ansluta mot recipienten med självfall. Om man vill planera fördröjningsmagasin med rör kan man istället använda rörens längd för att få så stor volym som möjligt. Det är svårare att sköta driften i ett underjordiskt magasin än i ett öppet.

I Butängen kommer fördröjningsmagasin behövas både i mindre och i större skala. Mindre magasin kommer att behövas för att hålla nere avrinningen från området vid regn större än 2-årsregn, vilket är den ungefärliga kapaciteten i det befintliga huvudledningssystemet. De mindre magasinen kan vara t ex rain-gardens, rörmagasin eller lokala sänkor på kvartersmark.

Även gröna tak, träd och buskar hjälper till att minska och/eller fördröja dagvattenflödet till viss del.

Viss utjämningsvolym kan erhållas i den eventuella övervolym som finns i rännor/kanaler. Rännor kan också utföras med överfall med jämna avstånd. Det

bromsar också upp avrinningshastigheten och gynnar därmed reningseffekten, men kapaciteten måste då beräknas för den minskade genomströmningsarean. Ytlig/synlig dagvattenhantering ger också sociala fördelar då det ökar trivselfaktorn för de människor som vistas i ett område som i övrigt är starkt hårdgjort.

De större fördröjningsmagasinen kommer att behövas för att fördröja resten upp till 30-årsregnet med avtappning motsvarande flödet från 2-årsregnet. För uppsamling av extremnederbörd används ytor som tillåts översvämma, tex gatorna eller ytor på torg eller i park. Se även under rubriken Översilningsytor. Exempel på utformning av större och mindre fördröjningsmagasin visas i figur 31-33.



Figur 31 Exempel på utformning av dagvattenmagasin eller kanalkant i urban miljö.

Raingardens utgörs av försänkningar fyllda med krossmaterial som fungerar som filter, se exempel i figur 32 och 33 samt förslagssektioner i bilaga 13-20. Här planteras vegetation som hjälper till att rena, fördröja och i viss mån reducera dagvattenmängden. Raingardens skapar nya livsmiljöer i staden och de kan bidra med ett estetiskt värde i gatumiljön. Systemet har en hög reningsförmåga, framförallt under sommarhalvåret, genom växtupptag och sedimentering.



Figur 32 och figur 33 Ytlig dagvattenhantering i form av liten kanal och fördröjningsmagasin som utformats som en rain-garden.

Ytor som minskar dagvattenflödet

Med ett genomsläppligt ytmaterial minskar avrinningen från ytan och medger viss infiltration. Exempel på ytor som skulle kunna utföras med ett genomsläppligt ytmaterial är parkeringsfickor eller parkeringsplatser (se figur 35), delar av spårvägsytorna, se figur 34, delar av torgytor mm.



Figur 34 och Figur 35 Grönt spår område respektive genomsläpplig beläggning i parkeringsyta

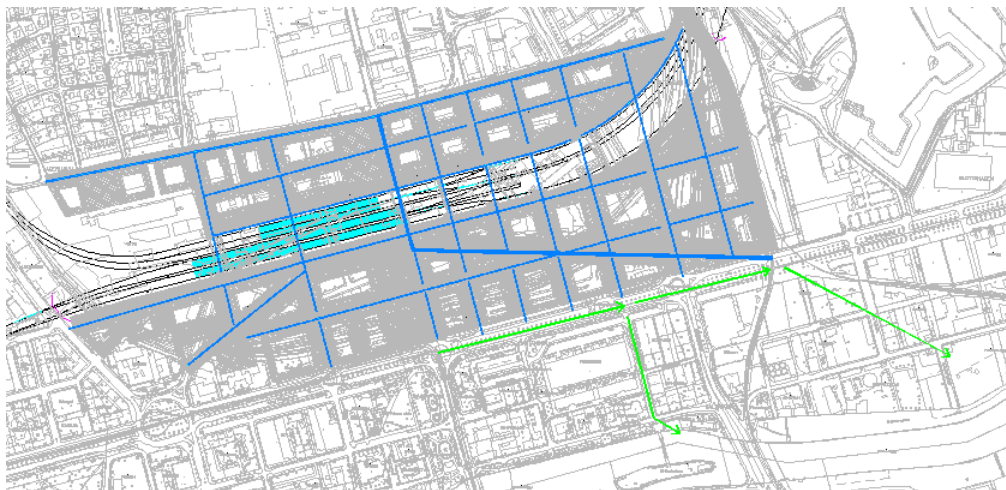
Större sammanhängande parkeringsytor ska förses med oljeavskiljare. I det fall oljeavskiljning krävs även vid mindre eller utsträckta ytor kan filterbrunnar användas. Filterbyte och tömning behöver ske några gånger per år. Infiltrerande ytbeläggning kan i de fallen vara svåra att kombinera med oljerening. I diagonalerna där spårvagnsspår planeras kan viss yta förses med gräs vilket håller avrinningshastigheten och dagvattenflödet nere, se figur 34. Även grusade ytor minskar avrinningen från området.

6.5.3 Dränvatten

Dränvatten från byggnader ansluts till dagvattensystemet med självfall eller med pumpning. Dränering av nya byggnader utförs så att husets bottenplatta skyddas från grundvatten. Byggs det allmänna dagvattensystemet i området med ytliga rännor eller kanaler kan ett separat ledningssystem behöva anläggas för att avleda dränvatten från gatorna och fastigheterna, då dräneringen inte går att ansluta till rännor med självfall. Utlopp till Strömmen förses med bakvattenstopp. Vid stigande havsnivå eller stora regnflöden med dämnda ledningar kan annars ledningssystemet medföra risk att sediment och skräp från uppdämt vatten sätter igen dränledningarna.

6.6 Konsekvenser av extrem nederbörd

Vid ett mer intensivt regn än dagvattensystemet klarar av kommer dagvattnet tillfälligt behöva stiga på marken i områdets lågpunkter. Det är därför viktigt att området planeras med gatunivå lägre än husen och så att ytlig avledning och tillfällig fördröjning har utrymme och möjlig avrinningsväg där det inte gör någon skada, se figur 36.



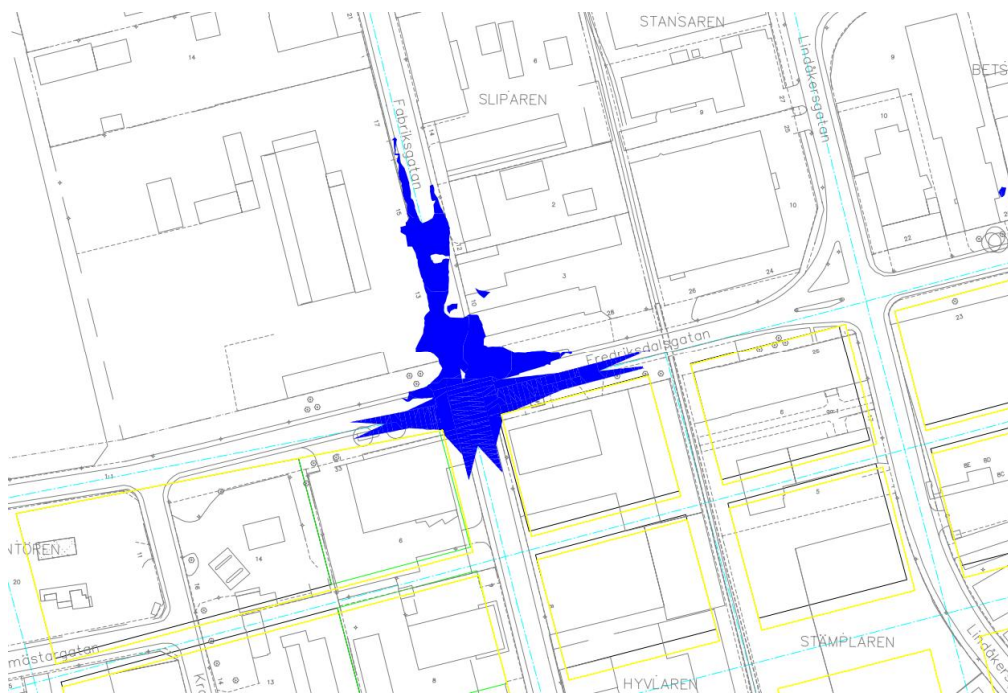
Figur 36 Ytliga avrinningsvägar vid 100-årsregn eller extremregn

Öppna ytor som park-, torgytor eller gaturummet kan vid dessa tillfällen användas som översvämningssytor som sedan töms när ledningarna återigen har kapacitet, se figur 29-30. Med den reservvolymen minskar också risken för skador på nedströms liggande anläggningar och gör att avrinning kan ske med normalflöde.

Framtida höjda havsnivåer påverkar framförallt ett ledningssystem då det på grund av behovet av täckning över ledningarna blir indämt i större utsträckning än idag. Även kanalens fria area påverkas, varför det är viktigt att framtida gatustruktur med yttlig avrinning möjliggörs utan att dämning i området riskeras med skador på byggnader och anläggningar som följd.

Ett 100-årsregn ger behov av magasinsvolym i området. Området norr om resecentrum har sin lågpunkt i Fredriksdalsgatans centrala del. Magasinsvolymen som behövs för hela den norra delen av Butängens ombyggda delar med avledning via ledningssystem är vid ett 100-årsregn totalt ca 2900 m³.

Vid ett utförande med låg höjdsättning i Fredriksdalsgatan blir konsekvensen att gatan och området kommer att dämmas, se figur 37. Upp till nivå +2,3 m finns där en tillgänglig magasinvolym om ca 375 m³. Då behövs resterande 2525 m³ magasinvolym i park/torgyta utanför gatan. Låter man dämning ske till nivå +2,5 m ökar den tillgängliga magasinvolymen i gatuområdet till 1500 m³. Då påverkas fler befintliga byggnader norr om Fredriksdalsgatan.



Figur 37 Indämt område Fredriksdalsgatan vid extremnederbörd till nivå +2,3 m

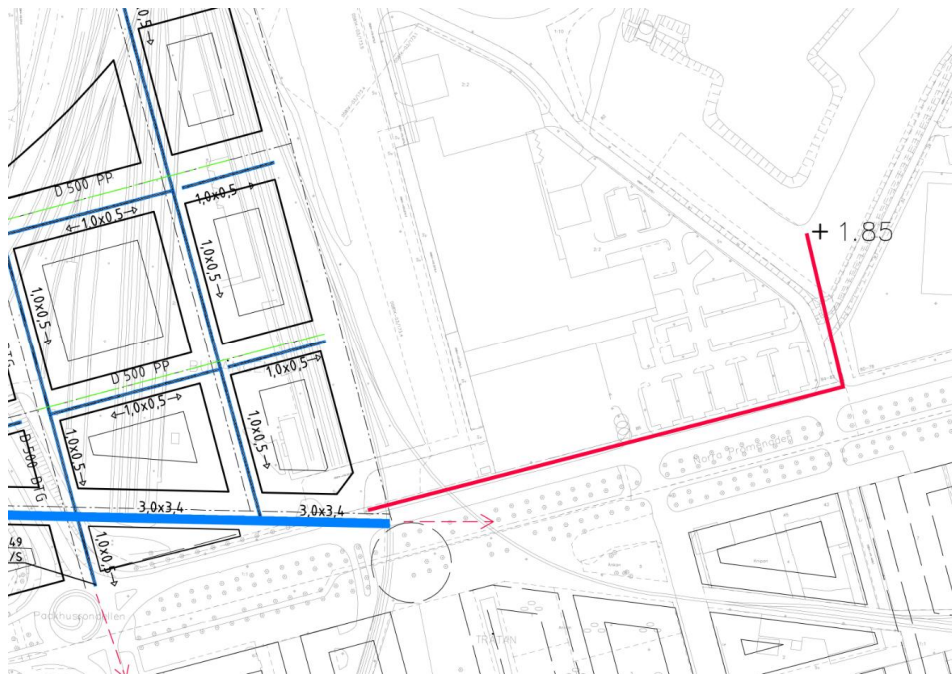
Enligt PM Norrköping Resecentrum Klimatanalys havsnivåer, WSP 2014, förväntas medelvattennivån i Strömmen vara +1,46 m år 2150 och ett 100-årsvattenstånd med högvattennivå och uppstuvningseffekt skulle teoretiskt vara +3,18m. Vid det tillfället har hela Butängen blivit vattendränkt oavsett magasinvolym. Enligt Norrköpings kommun kommer det vid den tidpunkten att behövas större åtgärder längre ut i Strömmen/Inre Bråviken för att skydda hela innerstaden varför man

kan se detta som ett extremläge, som troligen inte kommer att uppstå. Skulle det trots allt ske blir det en fråga för kommunen att bedöma rimligheten av skadekostnaden. Enligt klimatanalysen beräknas havsnivån år 2100 vara +2,38 m med 100-årspåverkan. Medelvattenståndet är då beräknat till +0,66 m.

Området vid befintlig järnvägsunderfart i anslutning till nuvarande Ståthögaleden är mindre känsligt då det här finns en befintlig dagvattenpumpstation, som förväntas vara kvar tills Ståthögaleden fått ny sträckning och marken fylls upp. Kapaciteten i pumpstationen är inte kontrollerad i denna förstudie.

6.6.1 Bräddning till Johannisborg.

I utredningen om Butängen finns kopplingar till utredning av Inre hamnenområdet i sydost, som pågår parallellt. En tanke om att leda dagvatten ytligt från Butängen till vallgraven i Johannisborg har funnits med i båda projekten, dels för att kunna fylla vallgraven och dels för att kunna nyttja den som renings- och utjämningsmagasin vid stora regnmängder. Från Butängen skulle en kanal behöva vara minst 3 m djup vilket ger en högsta bottennivå i sydöstra punkten på -0,8 för att vatten från området ska kunna avledas på det sättet och därmed blir kanalen för djup för att nå Johannisborg, se figur 38. Ståthögaleden och befintliga spårområdet som skär av rinnvägen till Johannisborg samt sammankopplingen till Inre hamnen är två faktorer som försvårar den anslutningen. Den del av Butängen som naturligt lutar mot vallgraven är också förhållandevis liten. Därför bedöms det inte ge tillräckligt stort dagvattentillskott för att hålla vallgraven vattenfylld.



Figur 38 Illustration över anslutning till Johannisborgs vallgrav

Eventuellt kan kanalen istället ansluta till inre hamnens kanal och därifrån anslutas grundare till Johannisborg. Detta måste utredas vidare separat. Alternativet att pumpa dagvatten från Butängen till Johannisborg är kostsamt och osäkert pga bl a ojämn vattentillgång.

6.7 Föroreningar i dagvattnet

Dagvatten innehåller föroreningar och omfattningen beror av typ av område, byggmaterial, dagvattenavledningssystem mm. I tidigare förstudie (WSP, 2014) redovisas hur stor reningseffekt som uppnås med t ex dike och damm.

Naturlig fördröjning och rening av dagvatten är generellt att föredra. Exempelvis gröna tak, vegetation, rain-gardens, diken och dammar kan förbättra dagvattenkvaliteten från hårdgjorda ytor innan utlopp i recipient. För dagvatten som fördröjs i underjordiska magasin kan en viss rening ske genom sedimentering. Att låta vattnet från taken och de hårdgjorda ytorna översila över en gräsyta innan det rinner in i en dagvattenbrunn förbättrar också reningseffekten, liksom ytliga dammar, se figur 8, Principskiss för hållbar dagvattenhantering, då växter har stor förmåga att binda föroreningar. I Butängen förväntas marken vara fortsatt starkt hårdgjord. Planeringen av allmän platsmark med grönytor och planteringar i gaturummet och i parkerna är viktig för att ta tillvara de reningseffekter som kan skapas i området.

Föroreningsberäkningar som redovisas i tidigare utredning (WSP 2014) visar på att mängden föroreningar från det studerade området minskar i framtiden jämfört med idag. Omvandling av industriområde till centrumbebyggelse är en av orsakerna, men också tack vare att dagvattenflöden från området enligt den rapporten i framtiden förväntas minska. Lokala utjämningsmagasin och översilningsytor tillsammans med uppsugande växter och ytliga dagvattensystem fördröjer och renar dagvattnet innan det avrinner till Motala ström.

6.8 Drift- och underhållsaspekter

Kostnad för skötsel uppgår årligen till 5-8 % av anläggningskostnaderna. Kostnaderna för skötsel baseras på grova uppskattningar. En bedömning görs för varje enskilt fall och kostnaderna varierar från år till år. Nyanlagda anläggningar kräver utökad skötsel de tre första åren.

Underhåll för gröna tak innebär framförallt gödning 1 gång per år under våren om det alls behövs.

Översilning kräver inga särskilda underhållsåtgärder. Om översilningsytan däremot underbyggs kommer viss sedimentering ske där som stannar i makadamen.

Flacka diken och grönområden för dagvattenhantering underhålls som gräsytor i övrigt och kräver därför ingen speciell skötsel.

En rain-garden är förhållandevis underhållskrävande, skräp kommer behöva rensas, växtmaterial behöva skötas osv. Samtidigt är det ett trevligt tillskott till miljön som underhållsaspekten inte bör tillåtas överskugga helt. Även en traditionell plantering behöver skötas.

Livslängd på dagvattenkassetter varierar med hur arbetet med tätningen kring kassetterna är utförd. Blir detta fel utfört kan sediment tränga in och uppta volym eller ännu värre, på sikt sätta igen magasinet. För mindre magasin fungerar dessa utmärkt då de är billiga och enkla att montera.

För alla typer av anläggningar ska man vid planeringen tänka på åtkomst för skötsel, såsom angöring med gräsklippare, snöröjningsfordon, övriga maskiner etc. I gatumiljö är detta oftast lätt att tillse, men innergårdar eller mindre parker kan ibland vara svårtillgängliga och god planläggning underlättar.

Rännors drift- och underhållskostnader beror mycket på hur rännorna utformas och var de placeras. T ex behöver en gräsyta i anslutning till ränna trimmas medan samma ränna i en hårdgjord yta kräver mindre specialtillsyn. Kostnad för ledningars skötsel minskar och viss del av kanaler och rännors skötsel skulle i ett annat alternativ utgöras av parkskötsel.

7. Konsekvenser av etappvis utbyggnad

Med den nya planerade kvartersstrukturen kommer en etappvis utbyggnad påverka aktuella och omkringliggande delområden. Befintliga ledningar kommer helt eller delvis behöva läggas om för att passas in i nya gator så att de även i fortsättningen är åtkomliga för kontroller och underhåll.

7.1 Ståthögaleden

Så länge Ståthögaleden finns kvar i nuvarande läge utgör den en barriär för dagvattenhantering. Avledning av dagvatten mot öster är oavsett metod beroende av att Ståthögaleden flyttas.

7.2 Utbyggnad enbart norr om resecentrum

Vid utbyggnad enbart norr om planerat resecentrum är dagvattenhanteringen beroende av att befintliga ledningar mot söder klarar av att ta emot det dagvatten som avleds från ytan. Detta gäller oberoende av vilken höjdsättning som kommer att gälla på gator och kvartersmark, då den delen med nuvarande marknivåer är instängd. Överskjutande dagvattenmängd måste ges möjlighet att fördröjas lokalt, vilket redovisas i bilaga 8.

7.3 Utbyggnad enbart söder om resecentrum

Vid utbyggnad enbart söder om planerat resecentrum bedöms dagvattenavledning från ombyggda ytor även fortsättningsvis kunna avledas mot söder i befintliga ledningar i Norra promenaden. Ytlig dagvattenhantering i detta område kan

genomföras men anslutning till befintlig dagvattenledning i Norra promenaden är idag enda möjligheten att leda dagvatten till Strömmen.

8. Diskussion

Butängens framtida marknivåer påverkas som sagt i stor grad av de tekniska lösningar som väljs för Ostlänken, nya resecentrum, spårväg och övrig infrastruktur inom området. En högre profil på järnvägen, tunnare konstruktionshöjd för bron och minskat krav på fri höjd är exempel på åtgärder som skulle vara positivt för gatornas höjdsättning. Men samtidigt innebär de kompromisser för järnväg och spårväg samt ökade kostnader på grund av större uppfyllnader och därmed mer omfattande markförstärkningar.

Den antagna lägsta nivån för byggnader är också en faktor som i stor utsträckning påverkar höjdsättning och dagvattenhantering. Det är därför viktigt att prognosen för framtida havsnivåer som ligger till grund för detta hålls uppdaterad och innehåller en så bra bedömning som möjligt när vidare projektering påbörjas.

Dagvattenhanteringen i Butängen kan lösas på olika sätt och i studien har Ramböll tagit fram system dels för avledning med ledningssystem och dels för öppen dagvattenhantering i rännor/kanaler. Systemen är dimensionerade för att klara en 100-årssituation med beräknad högsta nivå som i underlaget är beräknad till ca 2 m över nuvarande havsnivå år 2150. Vid normalvattenstånd samma år finns goda marginaler för att planerad bebyggelse ska vara skyddade då havsnivån i det fallet är beräknad till +1,46. Vid utbyggnad blir det högst troligt en kombination av öppna rännor och ledningar för anpassning till respektive delområdes förutsättningar och till de befintliga förhållanden som påverkar/påverkas av ombyggnaden. Befintliga ledningar för avledning av dagvatten från Lagerlunda och norra Butängen kommer åtminstone delvis att behöva finnas kvar men läggas om genom Butängen för att passa den nya gatustrukturen. Höjdsättningen för ledningarna är dock låst till befintliga anslutningar i både norr och söder. Vid stora markuppfyllnader hamnar dessa ledningar onödigt djupt, speciellt med tanke på tillgänglighet för drift och underhållsåtgärder. Befintliga ledningsdimensioner behålls i framtagna förslag och en förutsättning är att man vid omläggning och åtgärder på uppströms nät skapar utjämningsvolymmer innan avledning genom Butängen för att kapaciteten ska bibehållas. Likaså är utloppsledningar nedströms inte dimensionerade för framtida ökade dagvattenflöden.

Tillgänglighet och anpassning för funktionshinder är viktigt att ta hänsyn till i utformningen av ett öppet dagvattensystem. Öppna dagvattensystem är idag inte så vanligt och kan därför vara svårt att få gehör och acceptans för hos allmänheten. Det kan vara ett stort hinder för att genomföra en sådan lösning, men synliggjord dagvattenhantering förespråkas i Norrköpings kommuns riktlinjer för dagvattenhantering. Vatten i ledningar syns inte och därför är det

traditionsenligt mer accepterat. Nedan listas för- och nackdelar för dagvattenhanteringen i respektive föreslaget system.

Dagvatten i ledningssystem:

- + Endast brunnar påverkar i ytan
- + Framkomligheten för trafikanter är oförändrad

- Djupare anläggning ger dyrare schakter
- Sämre inspektionsmöjligheter
- Känsligt för igensättning i brunnar mm
- Direkt orenad avledning
- Snabbare uppdämning vid stigande havsnivå
- Dyrare driftåtgärder vid t ex ledningsbrott
- Dyrare anläggningskostnader för utjämningsmagasin
-

Dagvatten i öppna rännor/kanaler:

- + Synliggörs
- + Skapar trivsel i närmiljön och ökar möjligheter för närliggande grönytor (vattentillförsel)
- + Minskar behovet av renvatten för bevattning
- + Förbättrar luft- och vattenkvaliteten genom t ex raingårdens
- + Reningsmöjligheterna ökar genom trögare avrinning
- + Ökad möjlighet till avdunstning minskar utflödet

- Tar plats i gatusektionen
- Kräver speciallösningar om anslutning till ledning
- Anpassning krävs till trafik i t ex gatukorsningar och knutpunkter
- Kan bli fula konstruktioner, estetik viktig vid planering, risk för "skräpdike
- Drift och underhåll kräver god planering och funktion, ökade kostnader
- Vissa sträckor blir djupa pga lutning i förhållande till gatan, räcken kan behövas
- Risk för tillgänglighetsproblem med "snubbelkanter"
- Ledningar behövs parallellt för t ex dränanslutningar

Djupare kanal med anslutning till Strömmen:

- + Direktanslutning till havet ökar avrinningskapaciteten från området
- + Skapar trivsel i närmiljön och ökar möjligheter för närliggande grönytor (vattentillförsel)
- + Sedimentering och luftning

- Påverkas av havsnivåns variationer
- Tar plats och kan försvåra tillgängligheten i området

9. Fortsatt arbete

I nästa skede då förprojekteringar och detaljplaner genomförs behöver nivåer och övergripande tekniska lösningar för Ostlänken finnas framtagna. När dessa tas fram måste även aspekterna kring höjdsättningen som tagits upp i denna förstudie beaktas.

Samarbetet med Inre hamnen-projektet och Norrköping Vatten och Avfalls åtgärdsplaner för befintliga ledningsnätet är också viktigt att bibehålla. Oavsett vilket alternativ som genomförs kommer befintliga spill- och vattenledningar i området att påverkas och delvis behöva läggas om för att passa den nya gatustrukturen samt bibehålla funktionen där de skärs av eller korsas av djupare ränna, kanal eller ledning.

En dagvattenavledning med djup kanal behöver också samordnas med både park- och spårvagnsansvariga, som har gemensamma intressen i framför allt diagonalen.

I detaljprojekteringsskedet behöver flödesberäkningar utföras med anpassade avrinningskoefficienter (ϕ) för respektive delyta. Ett gestaltungsprogram kan beskriva och styra områdets utformning gällande öppen dagvattenhantering. Samordning krävs också med andra intressenter så att planteringar/träd och även belysning och andra ledningar/kablar som behövs för att den tekniska försörjningens olika delar i området ska kunna samsas i sektionen. Även föroreningsberäkningar behöver studeras i detaljskedet för att reningsanläggningar ska kunna dimensioneras och planeras på respektive plats.

För att minska dagvattenavrinningen från området och samtidigt skapa en långsiktigt hållbar stadsmiljö bör man fortsätta jobba med både allmänna ytors och kvartersmarkens grönfaktor. Ju fler ytor som absorberar/infiltrerar vatten desto lägre avrinningsvolym från området. Dessutom ger grönska positiva effekter t ex med rening av både luft och dagvatten.

Till denna handling biläggs dokument med synpunkter och frågeställningar för fortsatt arbete från Norrköpings kommun och Norrköping Vatten och Avfall, se bilagor 14 och 15. De synpunkter som Norrköping Vatten och Avfall angivit under "Komplettering av rapport" är inarbetade i rapporten.