Dagvatten- och skyfallsutredning

Projekt: *Detaljplan för vård och forskning vid Per Dubbsgatan*

Beställare: *Viveca Risberg*
Handläggare: *Linnéa Lundberg, Kretslopp och vatten*
Jonas Persson, Kretslopp och vatten

Göteborgs Stad
Kretslopp och vatten

Utveckling och projektavdelningen
Enheten för Regn, Rening, Recipient

Sammanfattning

Denna dagvatten- och skyfallsutredning har tagits fram för att utvärdera dagvatten- och skyfallsrelaterade frågor i samband med detaljplanearbetet för Vård och forskning vid Per Dubbsgatan. Planområdet är utmanande för hantering av både skyfall och för att fördröja och rena dagvattnet.

Fastigheterna på Medicinareberget behöver genomföra enklare rening och fördröjning. Det innebär att det ska finnas plats för exempelvis diken eller regnrabatt på fastigheterna.

Per Dubbsgatan är en högtrafikerad väg med stor andel kollektivtrafik. Dagvattnet från vägen måste renas i samband med ombyggnationen vid planen. Det är utmanande att hitta plats för reningslösningar i en tät trafikmiljö och kostnaderna blir stora då dagvattnet måste separeras från det kombinerade systemet. Utredningen har studerat tre alternativ för fördröjning och rening av dagvatten från allmän platsmark. Det alternativ som förordas är att separera dagvattnet i Per Dubbsgatan och avleda det till en reningsanläggning vid spårvagnsslingan. För att detta alternativ ska vara genomförbart då denna yta ska användas till flera ändmål är det viktigt att utrymme tidigt reserveras för dagvattenhantering.

Byggnaden över vägen samt den nya byggnaden på Sahlgrenskas fastighet bör inte avvattnas till kombinerat system utan till dagvattenledning eller Vitsippsbäcken. Fördröjning av dagvattnet ska ske, förslagsvis tillsammans med en lokal reningsanläggning som skulle kunna vara en regnträdgård. Om fastighetsägaren kan uppvisa tillräcklig reningseffekt med befintlig eller kompletterad kopparbrunn är det också en acceptabel lösning.

På Sahlgrenskas fastighet samlas idag stora volymer vatten vid ett skyfall, både inom och utanför planområdet. Planen bör höjdsättas så riktlinjer för skydd mot skyfall följs. För samhällsviktig verksamhet innebär det att avståndet mellan högsta vattennivå och vital del för verksamheten ska vara minst 0,5 m. För byggnaders ska avståndet mellan högsta vattennivå och underkant golvbjälklag vara minst 0,2 m. Vattendjupet på vägar får högst bli 0,2 m för att de ska vara framkomliga. Den generella utgångspunkten är att hantering av ett 100-årsregn så långt som möjligt skall möjliggöras inom planområdet. Om det inte uppnås bör åtgärder identifieras för att kompensera för ökad risk nedströms.

Vid skyfall avleds vatten genom planområdet. Höjdsättningen bör därför möjliggöra samma avledning för att inte försämra förhållandena uppströms. I planens södra sida föreslås en byggnad vars placering har stor påverkan på avledningen och utjämningen. Utredningen visar att ytvatten kan ledas om så förutsättningarna inte påverkas. Flödesvolymen till Vitsippsbäcken ökar som konsekvens av minskad utjämning inom planområdet.

I stadens arbete med klimatanpassning har Stadsbyggnadskontoret tagit fram en strukturplan för skydd mot skyfall för avrinningsområdet som planen ligger inom. Om föreslagna åtgärder inom planområdet genomförs påverkas inte möjligheterna för struktuplanen. Om åtgärderna genomförs minskar ytvattenflödet genom planen.

Dagvattnet avleds inte till något dikningsföretag eller ett vattendrag som omfattas av miljökvalitetsnormer.

Vattennivån i anslutningspunkten till dagvattenförande ledning i Per Dubbs gata klarar inte kraven enligt P110 avseende vattennivå under ledningsjässan vid klimatpåverkat 10-årsregn. Överbelastningen kan hanteras om fastighetens interna nät klarar kortvarig uppdämning. Ingen rekommendation på att ytterligare avledningskapacietet anläggs.

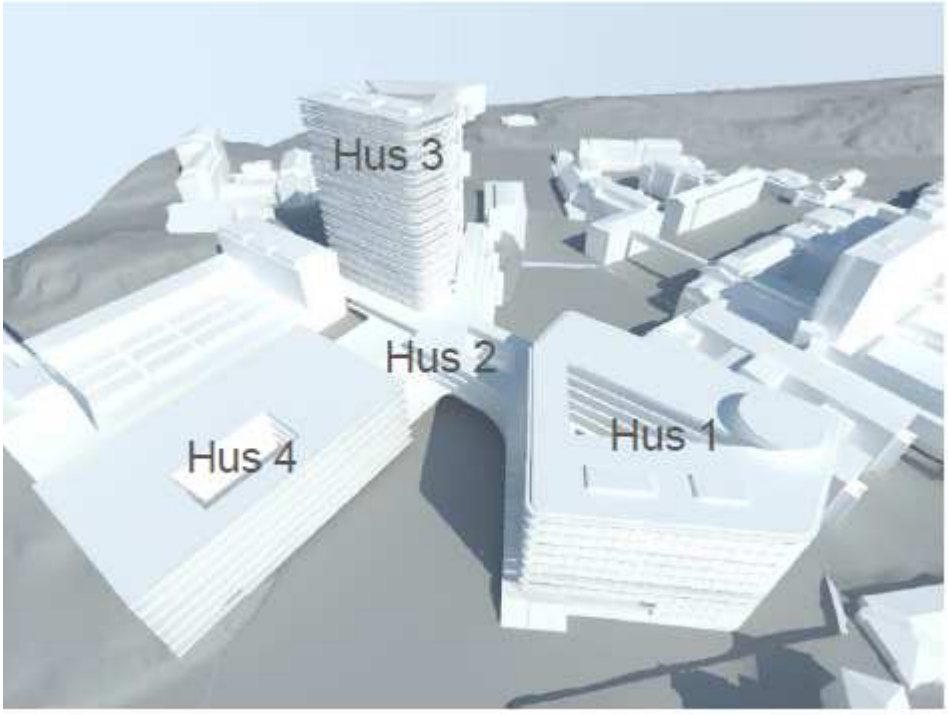
Innehållsförteckning

Projektbeskrivning....5
1. Syfte och Huvuddrag....5
Förutsättningar....6
2. Avvattning och anslutningspunkter....6
3. Befintlig reningsanläggning – Kopparbrunnen....7
4. Recipient och avrinningsområde....8
5. Miljökvalitetsnormer....9
6. Geoteknik och markmiljö....9
7. Dikningsföretag....9
8. Fördröjningskrav....9
9. Reningskrav....9
Ledningskapacitet....11
10. Dimensionerande flöden....11
11. Påverkan på nedströms vattendrag....18
Skyfall....19
12. Befintlig situation och åtgärder inom detaljplan....20
13. Framtida åtgärder utanför plan....24
14. Slutsats skyfall....24
Förslag dagvattenhantering....25
15. Kvartersmark....25
16. Allmän platsmark....27
17. Investering- och driftkostnad....33
18. Slutsats allmän plats....34
Bilaga 1. Beräkningar fördröjningsvolymer....35
Bilaga 2. Beräkning av flöden i Per Dubbsgatan....36
Bilaga 3. Exempel på fördröjnings och reningslösningar....37
Fler exempel hittas i Idéhandboken på göteborgs stads hemsida....37
Makadamdike....37
Fördröjningsmagasin....38
Sedumtak....38

Projektbeskrivning

1. Syfte och Huvuddrag

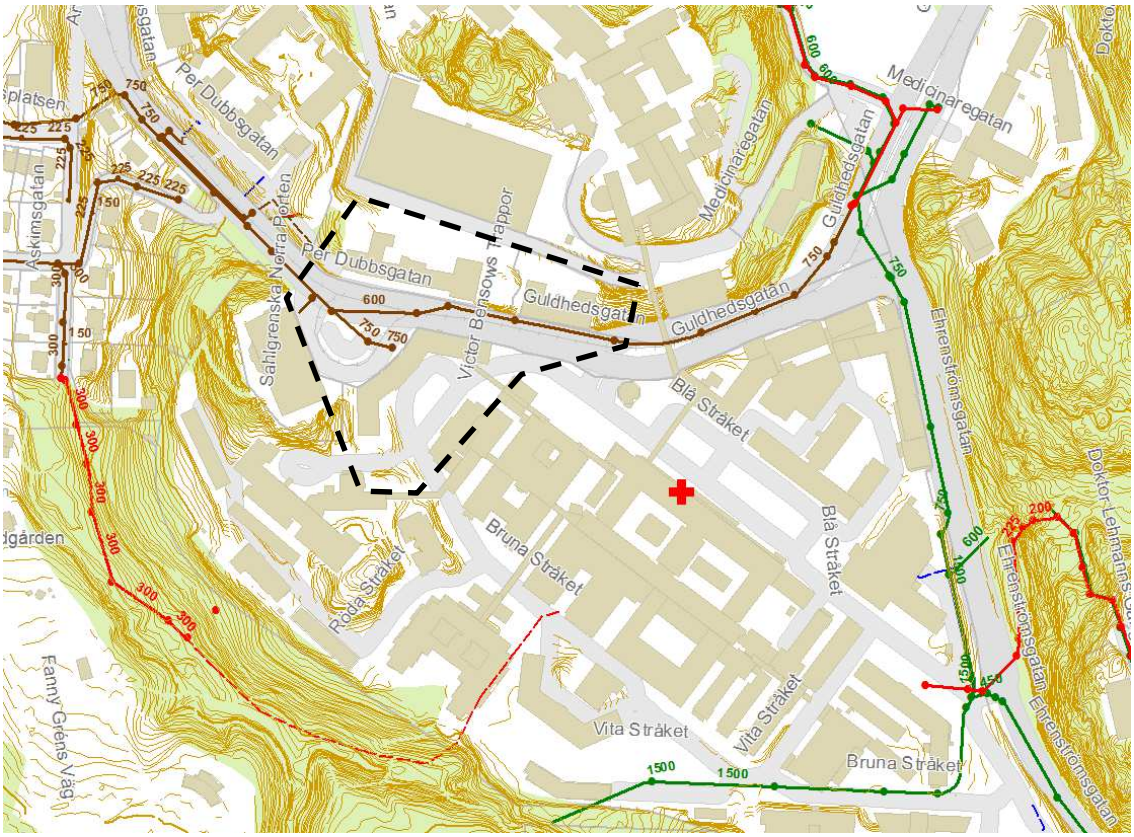
Detaljplan för vård och forskning vid Per Dubbsgatan syftar till att samla och förstärka kopplingen mellan forskning och vård kring Sahlgrenska. Två nya byggnader planeras på Medicinareberget och de ska vara ihopkopplade med en ny byggnad på Sahlgrenska via en byggnad över vägen.
Dagvatten- och skyfallsutredningen ska klargöra förutsättningarna för dagvatten- och skyfallshanteringen inom detaljplanen.



Figur 1. Illustration över planområdet sett från söder (bild från exploatörerna)

Förutsättningar

I bilden nedan visas en kartöversikt av Sahlgrenska sjukhuset, Kretslopp och vattens ledningsnät och detaljplanens ungefärliga läge.



Figur 2 visar allmänna dagvatten- (gröna), spillvatten- (röda) och kombinerade (bruna) ledningar i området. Planområdet är markerat med svart streckad linje.

Kretslopp och vatten har två ledningar som fastigheterna inom detaljplanen ansluter ytor och byggnader mot. Den ena ledningen ligger i Guldhedsgatan-Per Dubbsgatan, nordväst om Sahlgrenska och den andra går genom sjukhusområdets sydöstra del. Vissa tak och ytor går till en intern reningsanläggning som kallas Kopparbrunnen varifrån vattnet sedan släpps direkt till Vitsippsbäcken.

Sahlgrenska Sjukhuset ligger i en sänka där ytvatten från Guldheden vid stora regn och skyfall avleds och fördröjs innan sänkan fylls upp. När sänkan är full sker ytavledningen söderut, mot Vitsippsbäcken.

2. Avvattning och anslutningspunkter

De delar av planområdet som ligger på Medicinareberget (norr om Per Dubbsgatan) avleds idag till det kombinerade ledningsnätet i Per Dubbsgatan och planeras att fortsätta

göra det även efter detaljplanens genomförande. Avvattningen av gatan går idag också till den kombinerade ledningen som går till Ryaverket och efter rening ut i Göta Älv.

Sahlgrenskas fastighet (Änggården 33:1) har flera anslutningspunkter, både till det kombinerade nätet, till dagvattenledningar samt ett eget utlopp till Vitsippsbäcken. Vid detaljplanens genomförande ska avledning till den kombinerade ledningen undvikas. Staden arbetar tillsammans aktivt för att minska mängden tillskottsvatten som kommer till Ryaverket, och en del i det arbetet är att koppla bort dagvatten från kombinerade ledningar. Vid en omfattande ombyggnation som denna ska alltså dagvatten avledas till dagvattenledningen eller Vitsippsbäcken. Detta kan innebära att pumpning av dagvattnet behöver göras. Även vattnet från det kombinerade nätet pumpas till Ryaverket så samhällsekonomiskt är det bättre att pumpa det till rätt ställe redan från början. Kretslopp och vatten kommer att hålla en dialog med Västfastigheter för att komma fram till den bästa lösningen för att undvika att koppla dagvattnet till den kombinerade ledningen.

Enligt försiktighetsprincipen görs olika analyser i denna utredningen med mindre fördelaktiga bedömningar av förutsättningarna. Det innebär att diskussionen om rening i utredningen utgår från att dagvattnet från Sahlgrenska leds till Vitsippsbäcken. Eftersom även kraven för rening vid anslutning till det kombinerade nätet uppfylls då, innebär detta att detaljplanen möjliggör båda alternativen.

3. Befintlig reningsanläggning – Kopparbrunnen

Efter att höga kopparhalter uppmätts i Vitsippsbäcken, startade ett arbete med att ta fram en reningsanläggning för dagvattnet från Sahlgrenska. År 2013 stod kopparbrunnen klar. Den består av tre stora brunnar fyllda med hyttesten som vattnet filtreras igenom innan det rinner ut i Vitsippsbäcken, se placering i Figur 3. Prover har tagits på ingående och utkommande vatten vid ett flertal tillfällen. Resultat från 2013-2015 visar på en svagt nedåtgående trend för halterna av koppar. Vid mätningen 2015 låg dock totalkoppar på ca 70 mikrogram/liter och löst koppar på ca 30 mikrogram/liter. Detta kan jämföras med riktvärdet för koppar som ligger på 10 mikrogram/liter. Utvärderingen av anläggningen pågår fortfarande och används för att förbättra dess prestanda.

Figur 3 visar kopparbrunnens ungefärliga placering markerat med blå cirkel

4. Recipient och avrinningsområde

Dagvattnet som går till den kombinerade ledningen går via Ryaverket till Göta Älv. Dagvattnet som går direkt till recipient avleds till Vitsippsbäcken.

Vitsippsbäcken anses ha ett stort värde ur rekreations- och natursynpunkt[1] och ingår i riksintresse för både friluftsliv och natur. I området hittas också särskilt skyddsvärda arter och det skyddas av naturreservat. Vitsippsdalen räknas som ett ekologiskt särskilt känsligt område. Vitsippsbäcken är inte klassad enligt miljökvalitetsnormer.

Ur dagvattensynpunkt klassas Vitsippsbäcken som en mycket känslig recipient enligt *Reningskrav för dagvatten*. Bäcken kommer från naturområdena i Änggårdsbergen men har ett lågt naturligt flöde och relativt mycket tillrinnande dagvatten vilket gör den känslig för dagvattenföroreningar. Under provtagningar mellan 2000–2004 återfanns höga värden av koppar i vattenmossa i bäcken. Vid punkter för dagvattenutsläpp

[1] Vatten så klart – Fördjupning av översiktsplanen

konstaterades också höga halter av kvicksilver, bly, krom och zink. Detta har föranlett utbyggnaden av en reningsanläggning för koppar på Sahlgrenskas fastighet, samt försök med filterbrunnar, gatusopning och utredningar kring hur belastningen från omgivande allmänna vägar kan minska. Det är alltså av största vikt att minska andelen föroreningar i dagvattnet som når Vitsippsbäcken.

5. Miljökvalitetsnormer

Göta Älv är klassad enligt miljökvalitetsnormer, men dit når vattnet först efter rening i Ryaverket och därför bedöms inte miljökvalitetsnormerna påverkas negativt.

Vitsippsbäcken är inte klassad enligt miljökvalitetsnormer.

6. Geoteknik och markmiljö

Utdrag ur jordartskartan visar att marken består av lera eller kalt berg med tunt jordtäcke. Marken är alltså inte lämplig för infiltration.

Enligt Stadsbyggnadskontorets ”infovisaren” finns det ingen information angående markföroreningar inom planområdet, men däremot något förhöjda halter på vissa andra delar av Sahlgrenskaområdet och Medicinareberget. Ej markerade ytor ska tolkas som att information saknas, men föroreningar kan finnas ändå.

7. Dikningsföretag

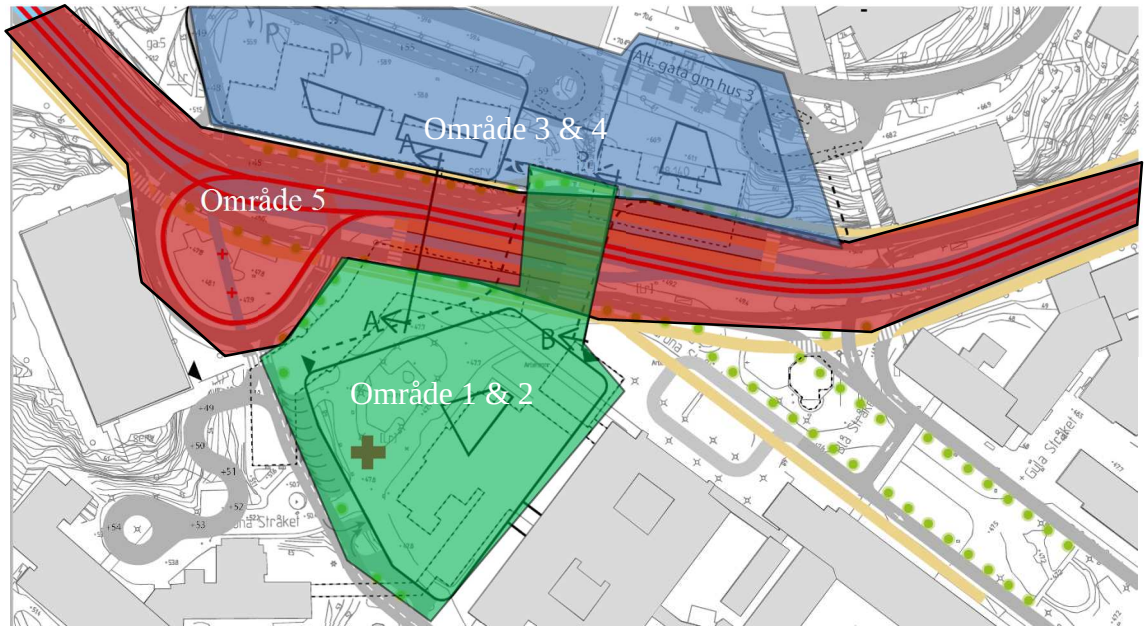
Dagvattnet från planområdet avleds inte till något dikningsföretag.

8. Fördröjningskrav

Göteborgs stad ställer krav på att 10 mm dagvatten per kvadratmeter hårdgjord yta inom detaljplanen ska fördröjas. En uppskattning av vilken volym det motsvarar med nuvarande planförslag redovisas i kapitel 5.

9. Reningskrav

Reningskraven gäller per fastighet men eftersom fastighetsgränserna ännu inte är klara delas planområdet upp i tre olika typområden, se Figur 4.



Figur 4. Området delas upp i tre olika områden utifrån föroreningsbelastning och recipient. Reningskraven inom respektive område är samma.

Område 1 & 2 kommer vid detaljplanens genomförande att inkludera en byggnad på Sahlgrenskas fastighet samt en byggnad över vägen (varifrån dagvattnet planeras att avledas ner på Sahlgrenskas fastighet). Området kommer till större delen bestå av bebyggelse samt lite vägar och mindre grönytor. Dessa ytor räknas som medelbelastade vad gäller de avvattnande ytornas föroreningsbelastning eftersom det är kontor i en central miljö. För att undvika ytterligare dagvatten till en kombinerad ledning bör dagvattnet från dessa fastigheter ledas till Vitsippsbäcken, vilken räknas som en mycket känslig recipient. En medelbelastad yta tillsammans med en mycket känslig recipient ger enligt matrisen i Tabell 1 att rening ska användas. Reningen ska omfatta både sedimentation och infiltrering exempelvis i krossdike, biofilter eller andra typer av magasin med filter. En dagvattenanmälan för dagvattenanläggningen behöver göras till Miljöförvaltningen. Notera i tabell 1 att rening behövs även om dagvattnet skulle avledas till en kombinerad ledning.

Tabell 1. Matris för dagvattenrening. Blå celler markerar de fall som behöver anmälas till Miljöförvaltningen. Grön cirkel visar reningskravet för området 1 &2. Blå oval visar reningskravet för område 3 & 4 och röd oval visar reningskrav för område 5.

Recipient	**Hårt belastad yta**	**Medelbelastad yta**	**Mindre belastad yta**
Mycket känslig	Omfattande rening	Rening	Enklare rening
Känslig	Rening	Enklare rening	Fördröjning
Mindre känslig	Rening	Enklare rening	Fördröjning

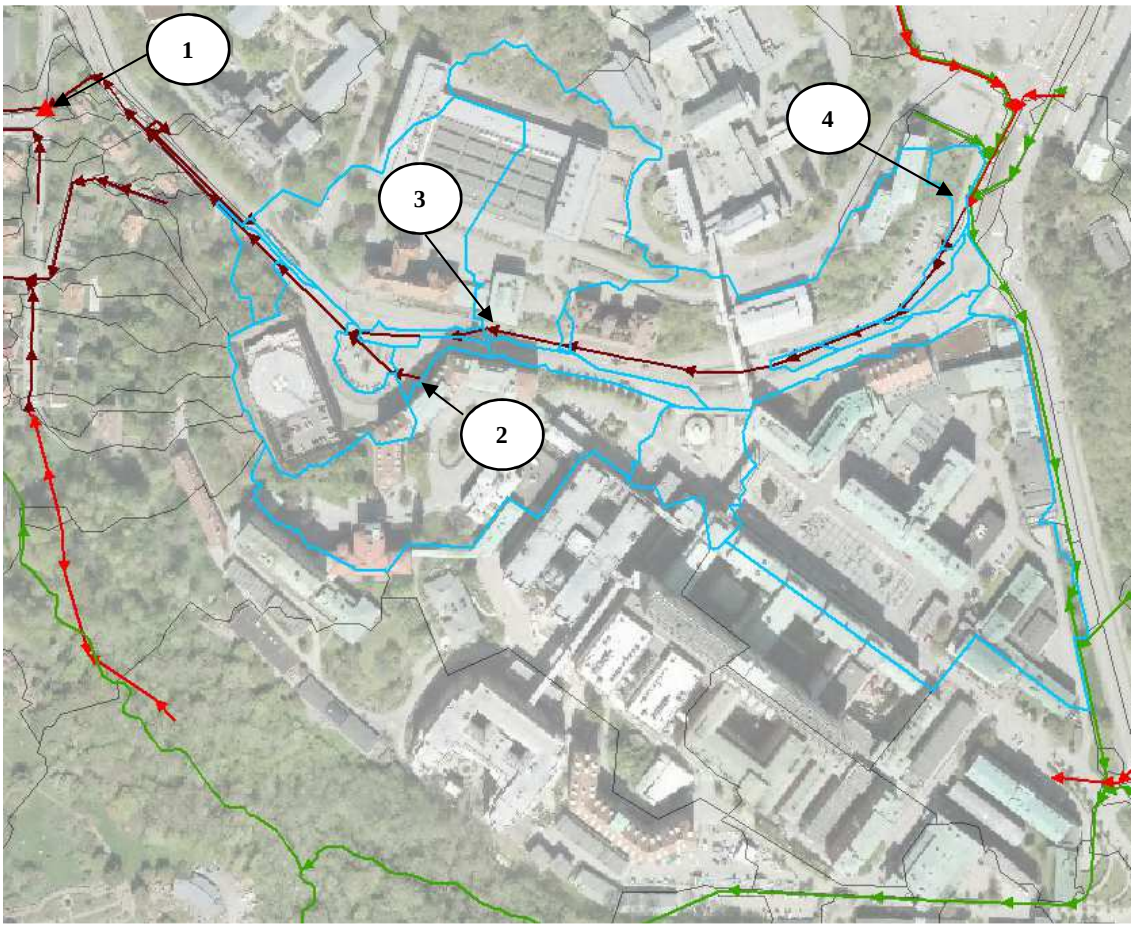
Område 3 & 4 är privata fastigheter som till större delen kommer vara bebyggda samt ha mindre vägar, parkeringar och gröna ytor. Dessa fastigheter bedöms som medelbelastade ytor vad gäller de avvattnande ytornas föroreningsbelastning. Dagvattnet från dessa fastigheter går till det kombinerade nätet vilket räknas som en mindre känslig recipient. Vid en separering avleds dagvattnet direkt till Göta älv som också klassas som en mindre känslig recipient. En medelbelastad yta tillsammans med mindre känslig recipient ger enligt matrisen i Tabell 1 att enklare rening ska användas. Enklare rening innebär att det skall finnas avskiljning av partiklar exempelvis genom översilning, avledning i dike eller brunnsfilter.

Område 5 består av allmän plats med väg, spårväg samt gång- och cykelstråk. Trafikintensiteten på gatan är 23 500 ÅDT idag och beräknas i framtiden ha 21 000 ÅDT. Detta innebär att ytan klassas som hårt belastad gällande föroreningar (i båda fallen). Dagvattnet avleds till kombinerad ledning vilket innebär att det krävs rening enligt matrisen i tabell 1. Rening ska omfatta både sedimentation och infiltrering, exempelvis i krossdike, biofilter eller andra typer av magasin med filter. En anmälan om dagvattenanläggningen behöver göras till Miljöförvaltningen.

Ledningskapacitet

10. Dimensionerande flöden

Nordvästra delen av Sahlgrenska avvattnas till allmänt ledningsnät i Per Dubbsgatan. Mottagande ledning för planen är kombinerad och området bedöms kategoriseras som instängd citybebyggelse, som enligt P90 ska kunna avleda regn med 10 års återkomsttid med en vattennivå under ledningshjässan. Enligt P110 ska nya dagvattensystem dimensioneras med hänsyn till bebyggelsens täthet. Eftersom konsekvensen vid översvämning bedöms vara hög inom planen rekommenderas att anslutningarna bedöms som *Centrum- och affärsområde*. Det medför att högsta vattennivån i anslutningspunkten ska vara under ledningshjässa vid ett klimatpåverkat 10-årsregn och under marknivå vid ett klimatpåverkat 30-årsregn.
Trycknivån i ledningssystemet med befintliga förutsättningar och efter planens genomförande har beräknats med en hydraulisk modell. I bilden nedan visas Kretslopp och vattens ledningsnät och avrinningsområdet uppströms planområdet.

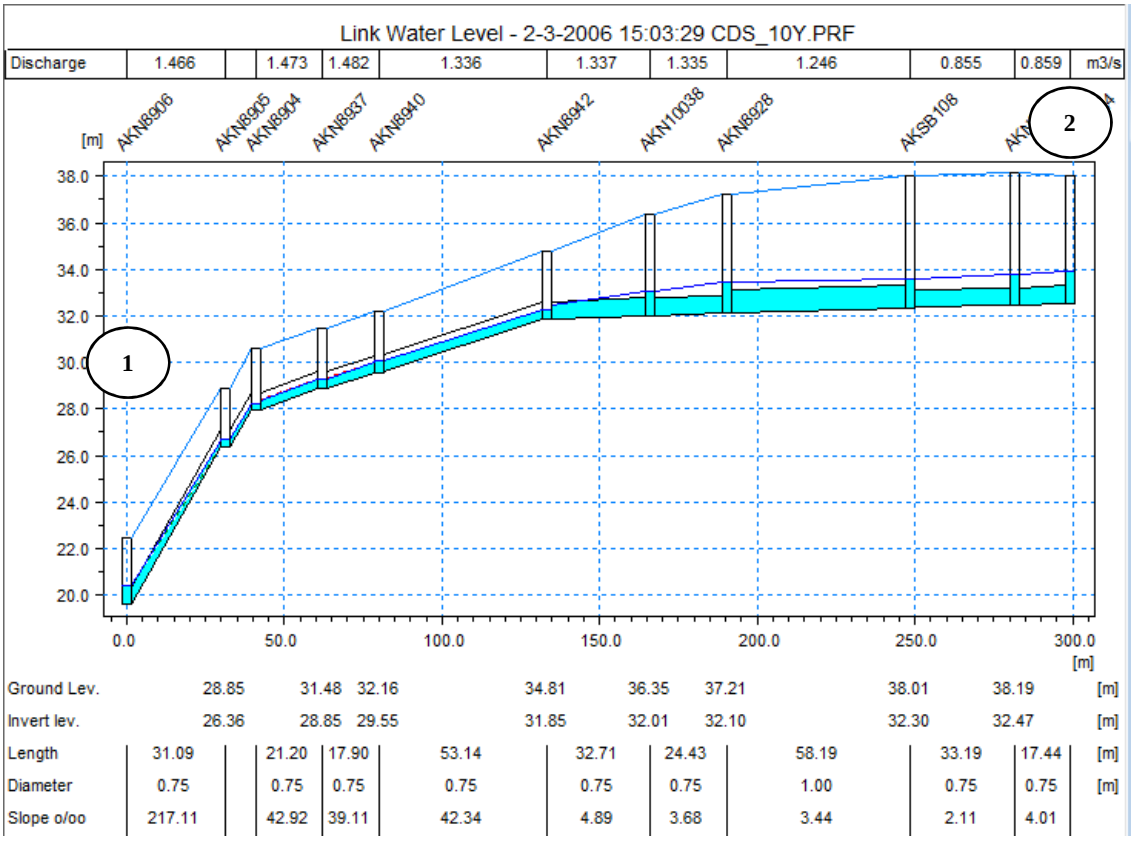


Figur 5 Ledningsnät och avrinningsområde inom och uppströms planområdet.

Avrinningsområden som markeras med blå gräns bedöms rinna av till ledningen i Per Dubbsgatan som dagvattnet från fastigheterna inom planen kommer att avledas till. Avrinningsområdet är 10,5 ha stort, varav 4,7 ha är vägyta och 3,4 ha är takyta. Avrinningsområdet är förmodligen överskattat eftersom delar av markerat avrinningsområde på Sahlgrenskas fastighet avleds till kopparbrunnen.

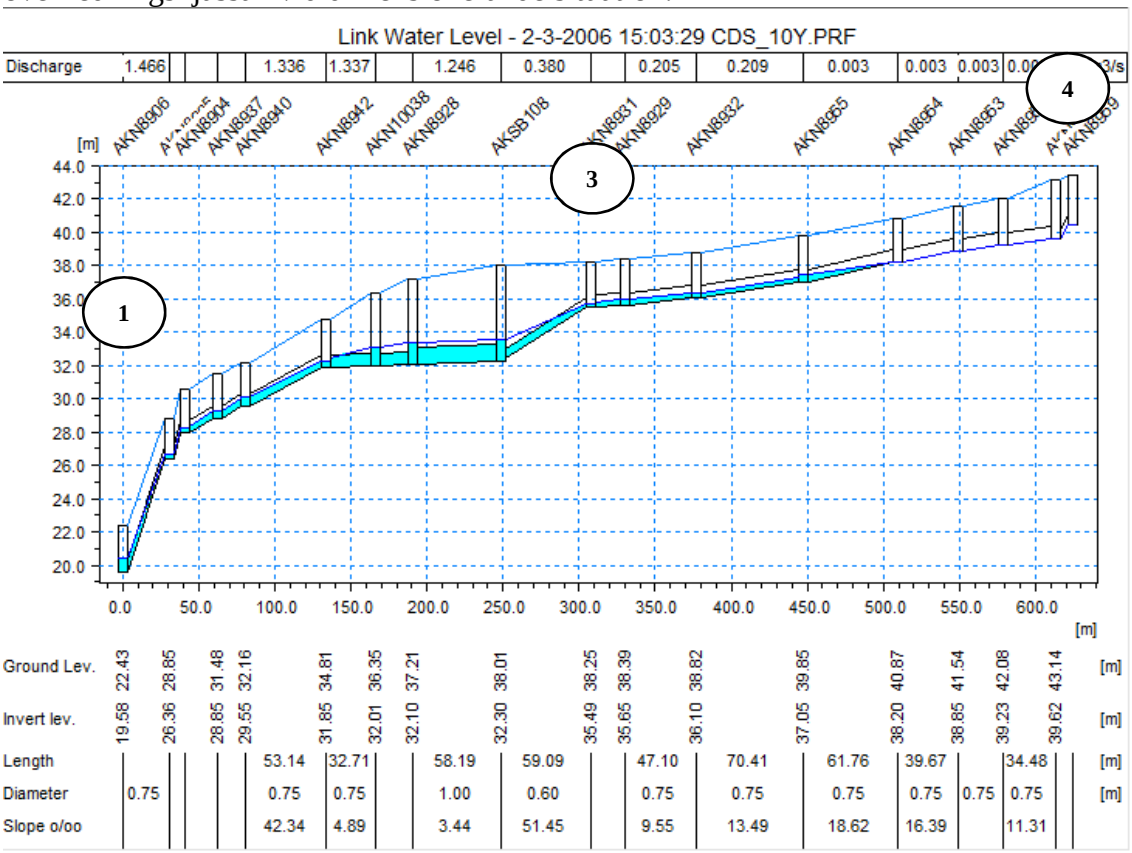
Siffrorna visar läge i plan för positioner i nedanstående ledningsprofiler. Befintliga anslutningspunkter inom planområdet markeras med 2 och 3.

I figurerna nedan visas högsta vattennivån längs två sträckor.



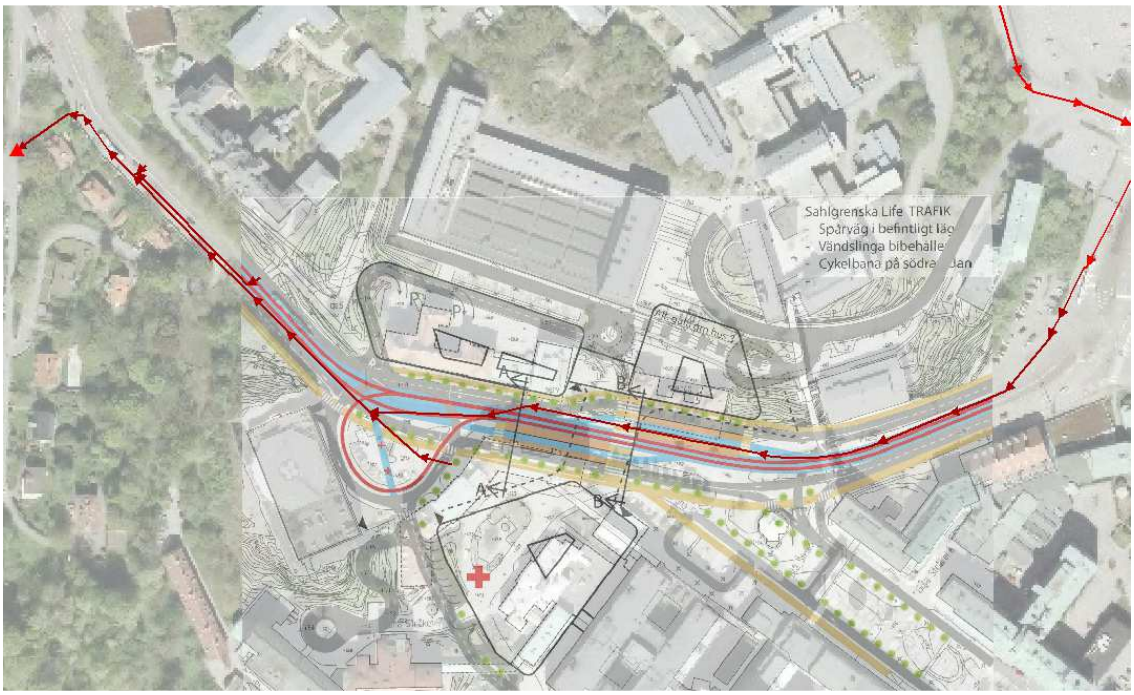
Figur 6 Tryckprofil vid 10-årsregn längs sträcka 1-2

Bilderna visar att högsta vattennivån i anslutningpunkten vid Norra Porten är ca 0,5 m över ledningshjässan vid dimensionerande situation.



Figur 7 Tryckprofil vid 10-årsregn längs sträcka 1-4

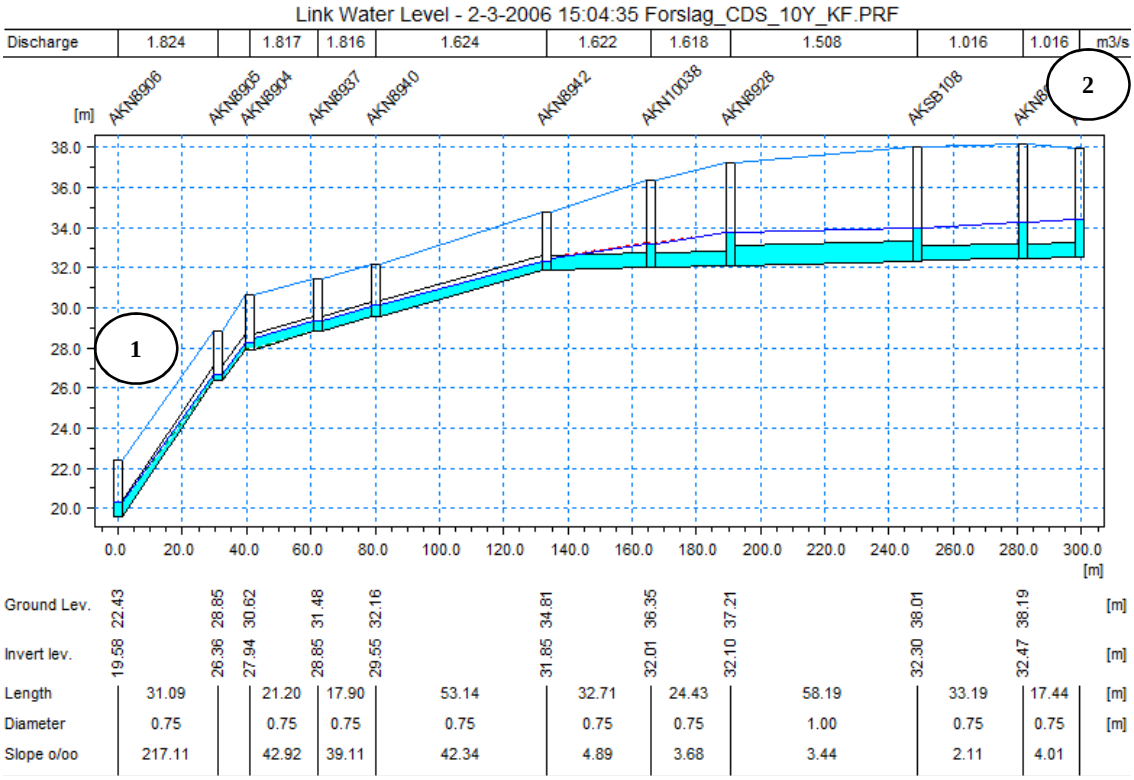
Högsta vattennivån i ledningen som området norr om Per Dubbsgatan ansluter till (markering 3) är under ledningshjässan.



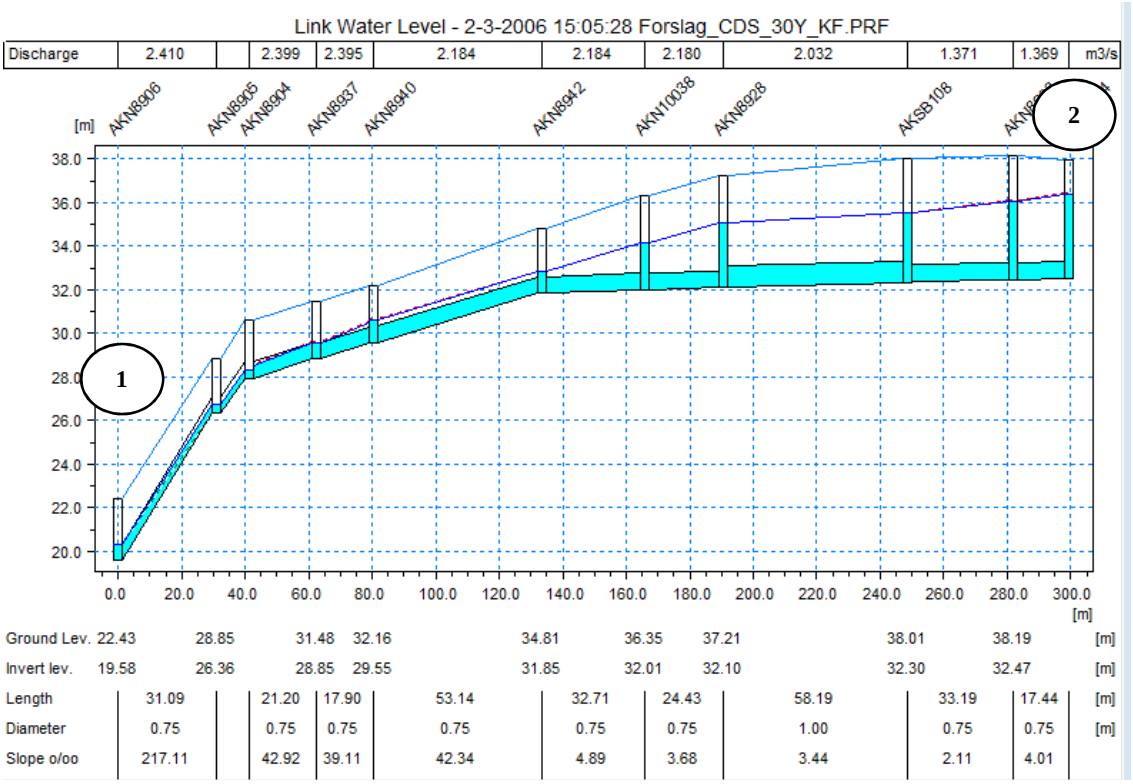
Figur 8 Skiss av planområdet och befintligt ledningsnät i Per Dubbsgatan

De nya husen i planen har större takyta än befintliga hus vilket ökar belastningen på dagvattenförande ledning. Dock sker en stor del av utökningen av husyta på ytor som i nuläget är asfalterad yta. Husen norr om Per Dubbsgatan ökar den totala hårdgjorda ytan med 1100 m^2 (västra huset 560 m^2 och östra huset 540 m^2). Enligt befintligt underlag om markanvändningen orsakar planen att mängden hårdgjord yta ökar från 3,0 ha till 3,1 ha.

Allmänna ledningar från nya byggnader i centrumområde ska kunna avleda ett klimatpåverkat 10-årsregn under ledningshjässa och 30-årsregn under marknivå. Bilderna nedan visar högsta vattennivå vid ett klimatpåverkat 10- och 30-årsregn längs samma sträckningar som tidigare profiler.

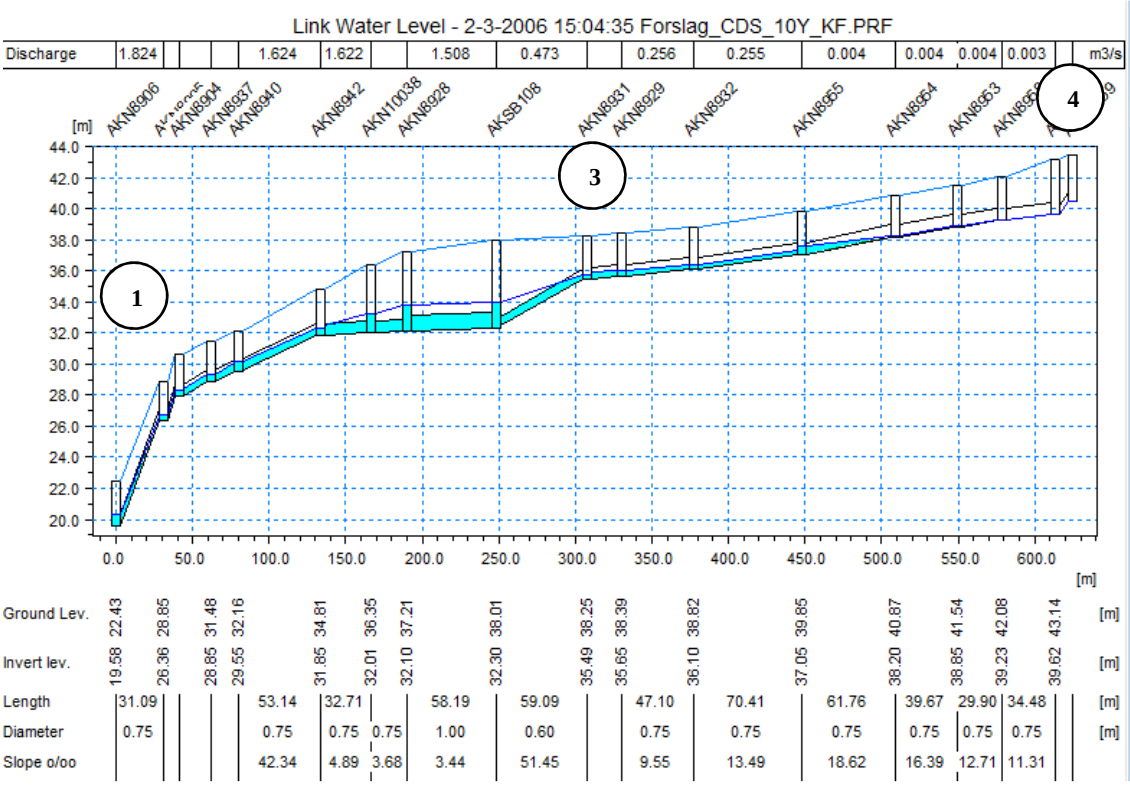


Figur 9 Tryckprofil vid klimatpåverkat 10-årsregn längs sträcka 1-2

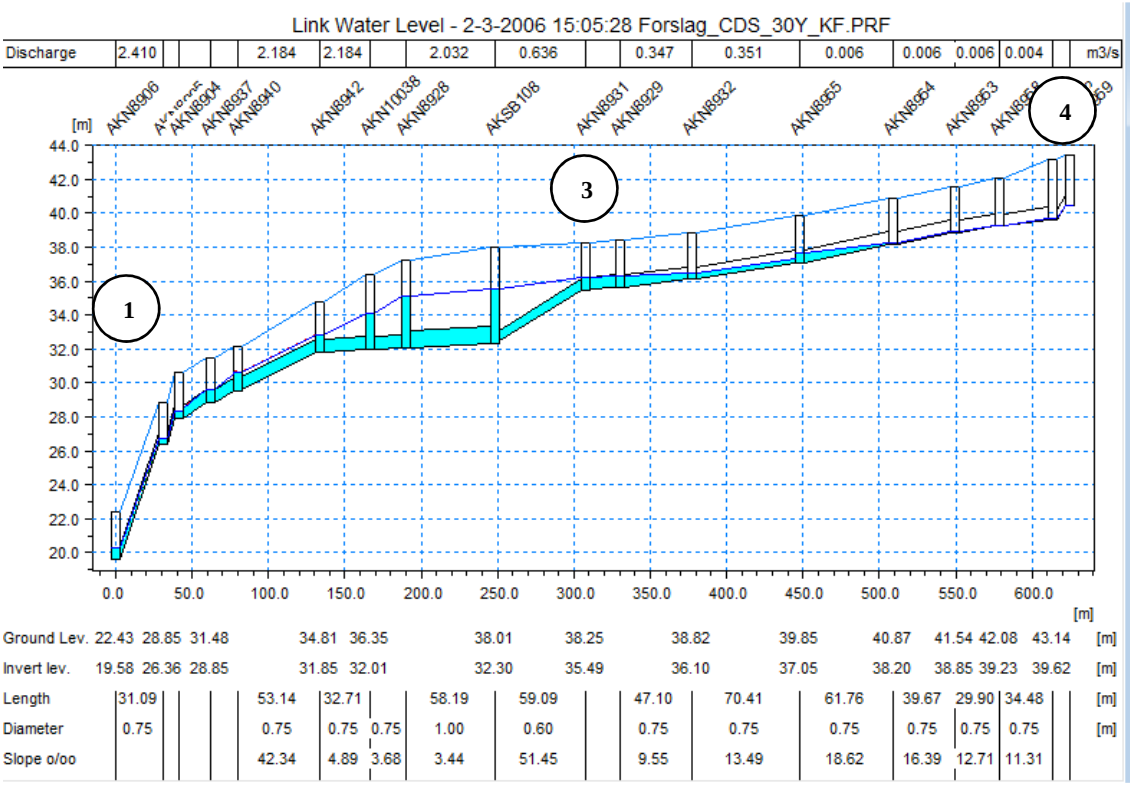


Figur 10 Tryckprofil vid klimatpåverkat 30-årsregn längs sträcka 1-2

Profilerna i Figur 9 och Figur 10 visar att befintlig ledning har tillräcklig kapacitet för att avleda ett klimatpåverkat 30-årsregn under marknivå men inte ett 10-årsregn under hjässan.



Figur 11 Tryckprofil vid klimatpåverkat 10-årsregn längs sträcka 1-4



Figur 12 Tryckprofil vid klimatpåverkat 30-årsregn längs sträcka 1-4

Anslutningen inom plan från nya byggnader på Medicinareberget bedöms behållas i punkt 3 i profilen ovan. Varken 10- eller 30-årsregnet överskrider högsta tillåtna nivå.

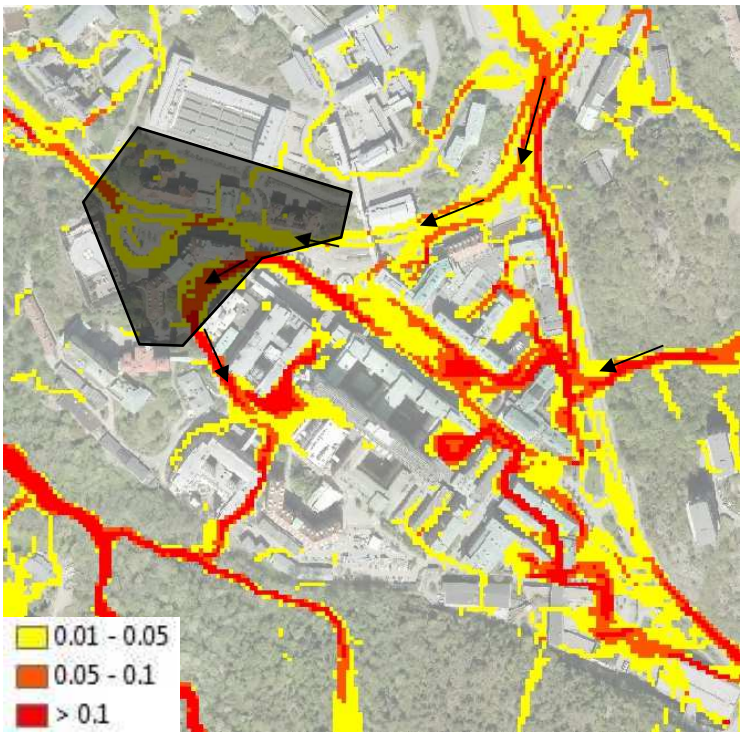
Trots att kraven på anslutningspunkten till Sahlgrenska inte uppfyller kraven med 10-årsregn rekommenderas ingen ny ledning. Fastighetsägaren rekommenderas att anpassa det interna ledningsnätet för att hantera dämning i anslutningspunkten vid 10-årsregn. Krav på 10 mm utjämning på hårdgjorda ytor ställs enligt kapitel 2.6.

11. Påverkan på nedströms vattendrag

Nedströms Vitsippsdalen går bäcken in i en dagvattenkulvert och leds genom ett bostadsområde. Ökade flöden i bäcken kan orsaka översvämningar i området. Eftersom planen till största delen bebyggs på redan hårdgjord yta ökar flödena marginellt och efter fördröjningskraven uppfyllts bedöms denna ökning utjämnats.

Skyfall

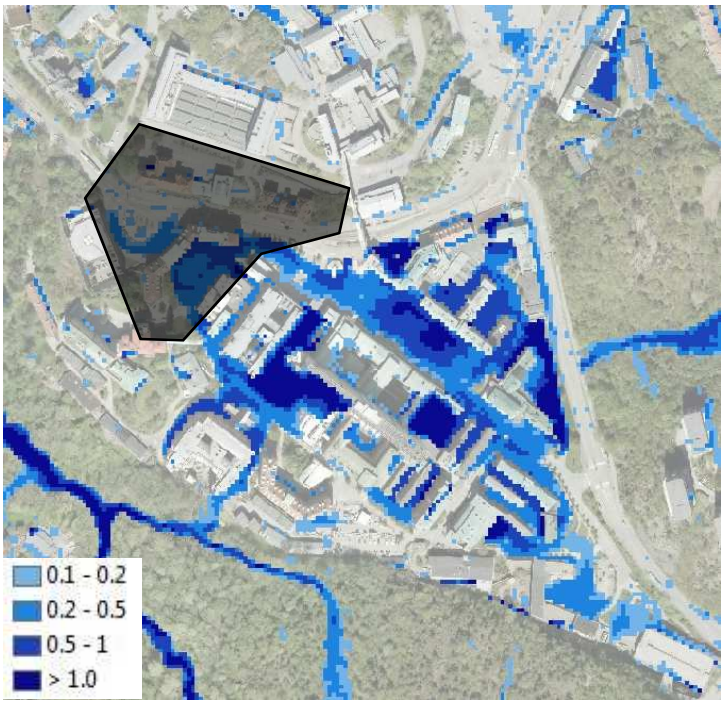
Sahlgrenska Sjukhuset ligger i en sänka där ytliga vattenvägar från nord, nordöst och öst går samman. En Strukturplanen för skydd mot översvämningsrelaterade risker[2] inom Linnés avrinningsområde har tagits fram av Staden. Figur 13 nedan är tagen från den kombinerade lednings- och skyfallsmodelleringen av befintlig situation som har legat som grund för föreslagna åtgärderna i strukturplanen. Färg indikerar storleken på flödet som avleds ytligt vid ett 100-årsregn där röd är störst och gult minst. Planområdet markeras med skuggat område.



Figur 13 Högsta ytvattenflöde kring Sahlgrenska under ett klimatanpassat 100-årsregn (m^3/s/breddmeter)

[2] DHI/SWECO, *Strukturplan för hantering av översvämningsrisker-Linnéstadens avrinningsområde*, 2017, https://www.vattenigöteborg.se/about?site=sky

I Figur 14 visas största vattendjupet som 100-årsregnet ger upphov till, där mörkblå färg indikerar ett stort djup och ljusblått grundare.



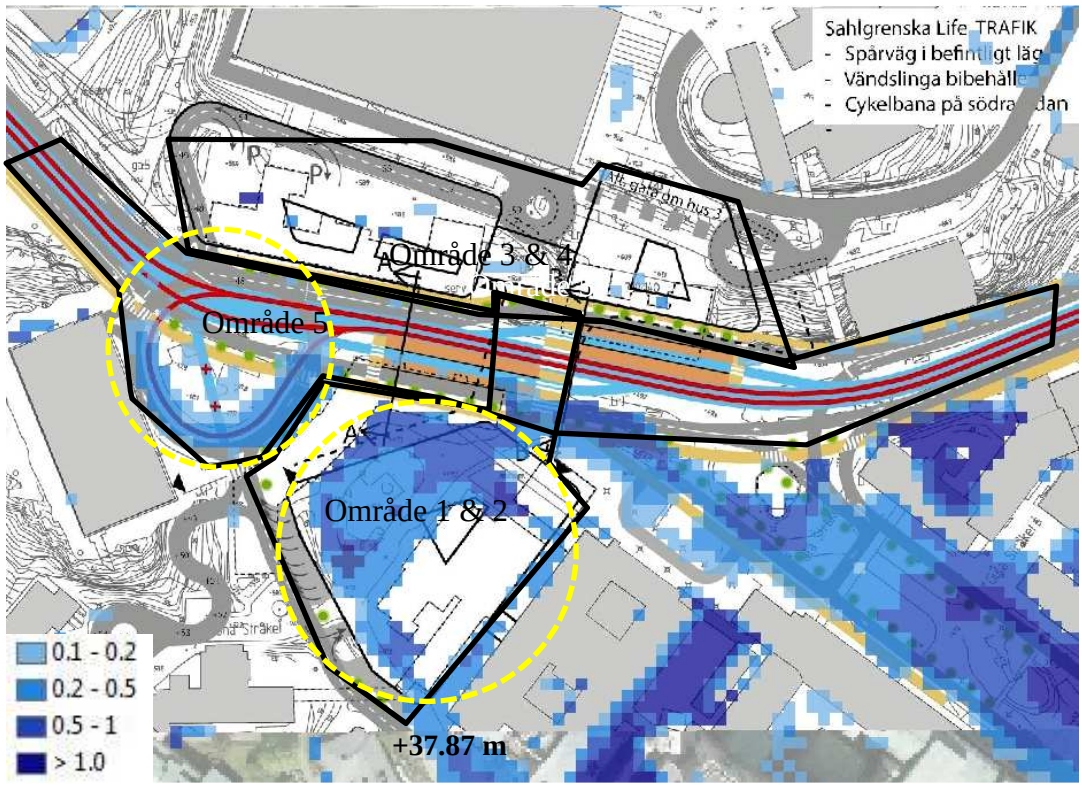
Figur 14 Största vattendjup (m) på Sahlgrenska under ett klimatanpassat 100-årsregn

Bilderna visar att maximala vattendjupet i stora delar av Sahlgrenskas fastighet är högre än 0,2 m vilket förhindrar framkomligheten för bilar och fotgängare. Vattendjupet riskerar vara tillräckligt djupt för rinna in i byggnader och orsaka skada.

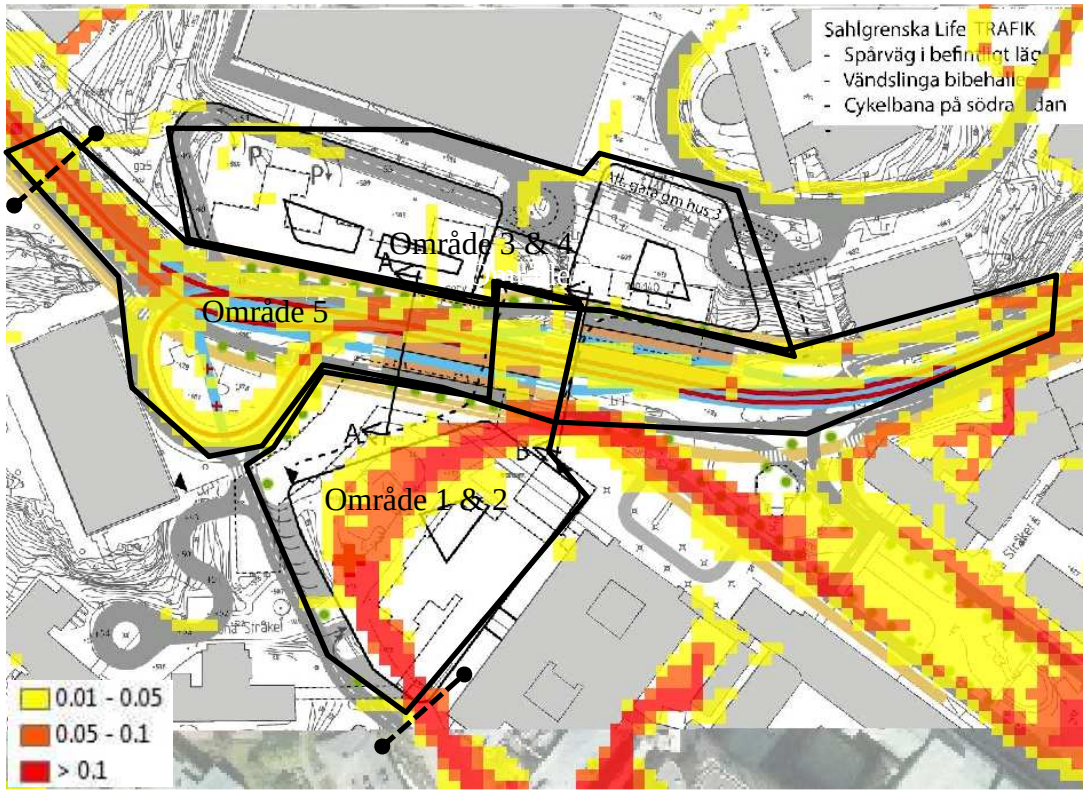
12. Befintlig situation och åtgärder inom detaljplan

Tidigare bilder visar att översvämningsproblem vid skyfall uppstår både inom och utanför detaljplanen. Planen kan skyddas från skada genom höjdsättning men samtidigt får den inte förvärra problemen uppströms eller nedströms.

I Figur 15 visas planområdet och planerade byggnader samt översvämningsdjupet vid skyfall med befintlig höjdsättning. I Figur 16 visas samma bild med ytvattenflödet. För analys av skyfallsproblematik och möjliga åtgärder delas planen in efter samma delområden som i dagvattenanalysen, se Figur 4.

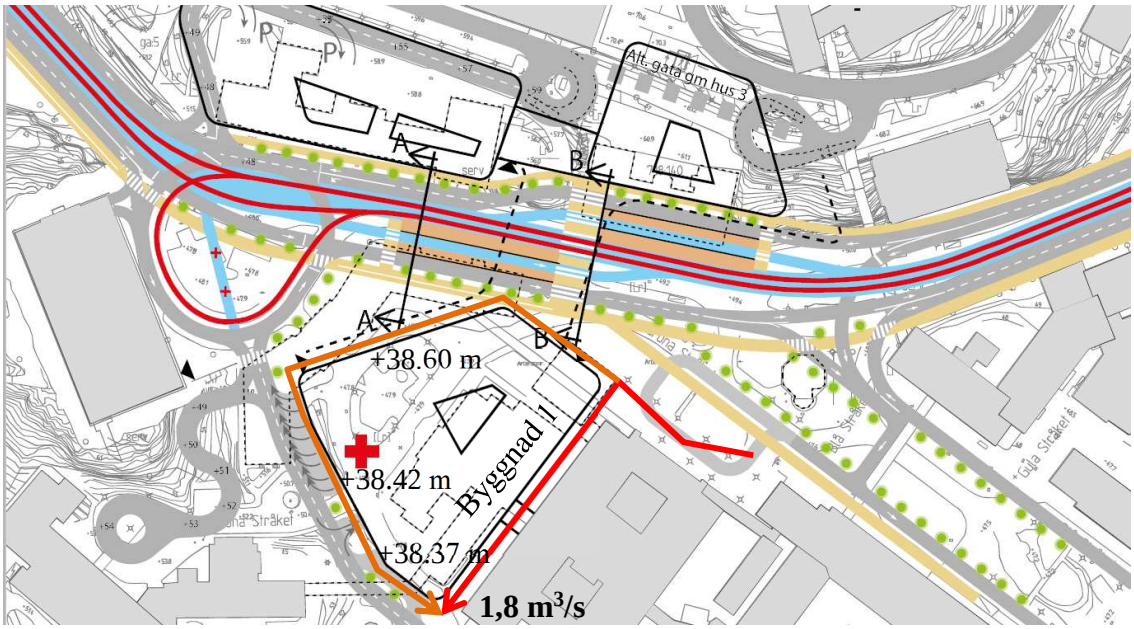


Figur 15 Största vattendjup under ett 100-årsregn



Figur 16 Högsta vattenflöde inom planområdet under ett 100-årsregn

Område 1 & 2: Detta är en lågpunkt dit skyfallsvatten samlas och rinner vidare genom Sahlgrenskas område. Flödestoppen ut från området (genom streckad sektion) är ca 1,8 m^3/s. Den planerade byggnaden (1) är placerad i flödevägen. Så länge som området avleder vatten som vid befintlig situation förvärras inte risken uppströms eller nedströms området. I Figur 17 visas en bild av planområdet med två avledningsvägar, orange pil eller röd pil, där skyfall kan ledas.



Figur 17 Alternativa avledningsvägar längs orange eller röd linj. Nivåerna anger lägsta golvhöjd om den orangea avledningsvägen väljs

Orange avledningsväg: I södra hörnet om område 1 och 2 blir vattennivån som högst +37,87 m, se markering i Figur 14. Den höga vattennivån beror både på ytflödet uppströms ifrån men även begränsad kapacitet nedströms. För att säkerställa framkomlighet får inte vattendjupet överstiga 0,2 m vilket betyder att om skyfallsleden kring huset ska vara framkomlig måste nivån på nedströmssidan vara lägst +37,67 m (+37,87-0,2). Med befintlig höjdsättning är nivån på husets norra sida +37,95 m. Det medför att skyfallsleden har en lutning på 1,5 promille vilket kräver att skyfallsleden måste vara 12 m bred för att vattendjupet inte ska överstiga 0,2 m. Underkant golvbjälklag skall för byggnadens lägst ligga 0,2 m över vattennivån vid skyfall vilket varierar mellan +38,07 m i södra hörnet och +38.35 m i uppströmsändan. Samhällsviktig verksamhet inom byggnaden ska lägst ligga 0,5 m över vattennivån vid skyfall vilket varierar mellan +38,37 m i södra hörnet och +38,65 m i uppströmsändan.

Röd avledningsväg: Det andra alternativet är att avleda vattnet på byggnadens östra sida under den planerade sammankopplingen mellan byggnaderna. Medellutning på den sträckan är ca 7 promille vilket kräver en trumma med 1000 mm i diameter. Även i detta

fall är vattennivån i södra hörnet +37,87 m men byggnadens två västra sidor behöver inte höjdsättas för att avleda skyfallsvatten.

Platsen där byggnaden planeras är en lågpunkt där ca 1000 m^3 vatten utjämnas i befintlig situation. Det betyder att vid genomförandet av planen ökar mängden vatten till lågpunkten nedström. Nivån i den lågpunkten regleras av en höjdrygg som översvämmas vid skyfall. Det medför att de omfattande översvämningsproblemen som redan finns nedströms planområdet inte förvärras. Dock ökar den totala volymen till Vitsippsbäcken under betraktad händelse från ca 7000 m^3 till 8000 m^3.

Område 3 & 4: Befintliga höjdsättning låter skyfallet rinna av ner mot Per Dubbsgatan. Om ny höjdsättning inte försämrar avrinningen uppstår inga problem inom området.

Område 5: Befintlig höjdsättning orsakar att skyfallsvatten rinner ner till Dag Hammarskölds led och Linné vilket bidrar till ekonomisk skada och framkomlighetsproblem. Inom område 5 finns en lågpunkt som rymmer ca 90 m^3 (enligt Scalgo). Flödestoppen i nordvästlig riktning är ca 0,8 m^3/s.

Vattendjupet på vägar inom område 5 får inte överskrida 0,2 m för att säkerställa framkomlighet. Det säkerställs om höjdsättningen möjliggör att minst 3 m bred del av Per Dubbs väg ges minst 4 promilles lutning så vatten flödestoppen kan avledas från planen.

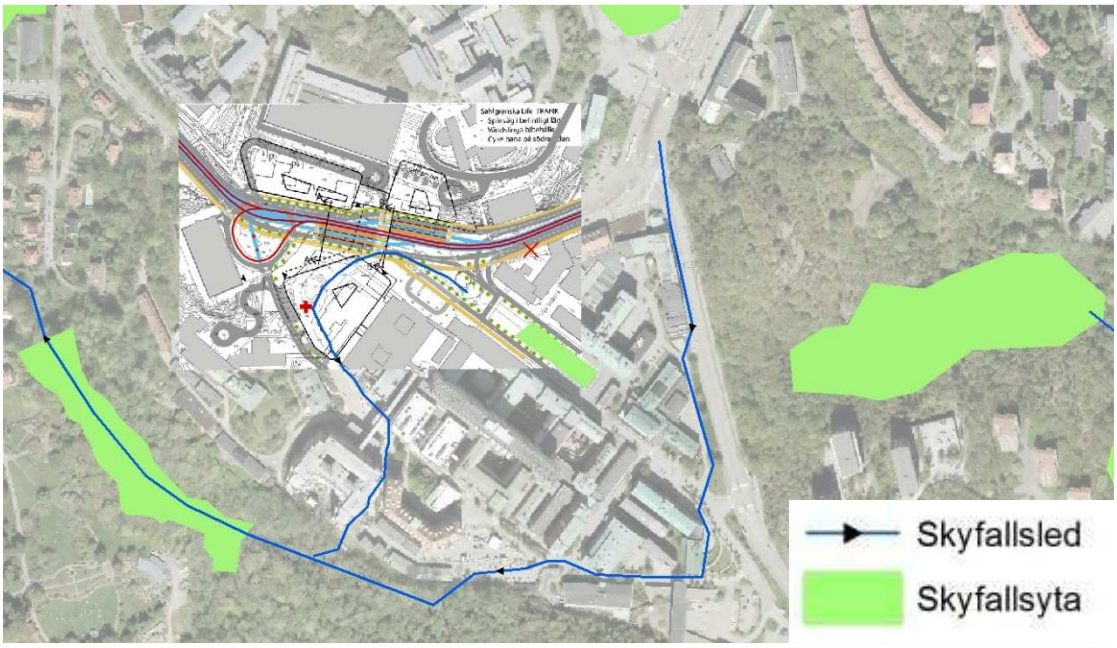
För att inte påverka översvämningsrisken nedströms bör utjämningvolymen i område 5 minst vara 90 m^3. Om större utjämning kan anläggas utan att störa framkomligheten minskas översvämningsrisken nedströms. Om utjämningen minskar från befintlig situation bör en kompenserande volym skapas nedströms. Karlsrofältet, 250 m nedströms planområdet, ägs av kommunen och bör kunna rymma denna kompenserande utjämning på 90 m^3. I strukturplanen föreslås en utjämningsvolym på 3300 m^3 på Karlsrofältet. För att förbättra situationen nedströms borde därmed en betydligt större utjämningsvolym än 90 m^3 anläggas.

Strukturplanen föreslår en styrning av av ytvatten från norra till södra sidan av Per Dubbs väg på östra sidan av område 5. Det bör bara genomföras om föreslagna utjämningsvolymer längre uppströms, utanför planen anläggs eftersom styrningen förvärrar problemen inne på Sahlgrenskas fastighet.

13. Framtida åtgärder utanför plan

Inoms Linnés avrinningsområde uppstår stora översvämningsproblem vid skyfall, vilket visas i Figur 14 och Figur 15.

I Strukturplanen som tagits fram för avrinningsområdet föreslås åtgärder som tillsammans minskar översvämningsrisken med extra fokus på skydd av objekt med stor skyddsvärde. Hur och om dessa ska genomföras är dock inte beslutat. I Figur 18 visas utjämningytor och skyfallsleder kring Sahlgrenska enligt Strukturplanen.



Figur 18 Strukturplan och detaljplan

Bilden visar ett antal föreslagna utjämningmagasin och skyfallsleder varav en går genom en byggnad i detaljplanen.

I avsnitt 12 har två alternativa sträckningar för skyfallsleden genom planen undersökts där hänsyn ha tagits till den nya byggnaden.

Uppströms planen föreslår Strukturplanen utjämning. Om de genomförs minskar ytvattenmängden genom planen från befintligt maxflöde på 1,8 m^3/s till 0,6 m^3/s.

14. Slutsats skyfall

Framkomlighet inom planen bör säkerställas genom att höjdsätta vägar så vattendjupet inte överskrider 0,2 m vid skyfall. Eftersom byggnaderna bedöms rymma samhällsviktig

verksamhet bör vitala delar för verksamheten läggas minst 0,5 m över vattennivå vid skyfall. I övrigt bör byggnader skyddas med en marginal på 0,2 m mellan golvbjälklag och högsta vattennivå. Beroende på hur skyfallet avleds genom planen ställs olika krav på höjdsättning av vägar och golvnivå.

Att leda avledning av skyfalls i kulvert under bör kosta mindre att anlägga och har mindre påverkan på planens höjdsättning.

Både området uppströms (Sahlgrenskas fastighet) och nedströms (Linné och Vitsippsbäcken) är översvämningskänsliga. Förändrad utjämning inom planen påverkar flöde nedströms vars effekt bör beaktas.

Förslag dagvattenhantering

Utifrån ovan nämnda krav på fördröjning och rening presenteras nedan förslag på dagvattenhantering för respektive delområde. De fullständiga beräkningarna för fördröjningsvolymer redovisas i bilaga 1.

15. Kvartersmark

Takytorna är uppmätta enligt tillhandahållet underlag, övrig uppmätt yta antas vara hårdgjord som ett värsta scenario. Om planförslaget innehåller mer grönska och permeabla ytor krävs mindre fördröjningsvolymer. Eftersom ingen exakt plangräns angivits ska volymerna anses vara preliminära.

Område 1 & 2

Den reducerade ytan inom planområdet ger att ca 87 m^3 dagvatten behöver fördröjas för byggnad 1 och 2. Om grönt tak används på tak 2 behöver istället ca 80 m^3 fördröjas. Det ska finnas plats för detta på Sahlgrenskas fastighet. Ett avtal bör skrivas mellan fastighetsägare för byggnad 1 och 2 om att fördröjning får ske på deras mark.

Föroreningshalterna i dagvattnet kommer sannolikt att minska då nybyggnationen innebär att befintliga koppartak ersätts med andra alternativ. Dock visar föroreningssimuleringen att halterna även från nybyggda områden kräver rening, se Tabell 2. Reningen kan ske som en lokal lösning inom detaljplaneområdet, exempelvis med en regnträdgård. Med en regnträdgård som är 2,5 % av den reducerade arean uppnås riktlinjerna för samtliga ämnen, se Tabell 2. En regnträdgård för område 1 och 2 uppskattas behöva vara ca 180 m^2 stor och fördröjer dessutom ca 36 m^3 vatten. Exploatören har möjlighet att välja andra lösningar, om de uppfyller kraven, men de simuleringar som gjorts i denna utredning visar att exempelvis enbart filterbrunnar inte är tillräckligt för att nå riktlinjerna (resultaten för dessa är dock osäkra).

Tabell 2 Föroreningshalter utan rening. Fetstil indikerar överskridande av riktvärde. Riktvärden används för mycket känsliga recipienter så som Vitsippsbäcken.

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Oil	BaP	Benz	TBT
	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
Efter exploatering	**230**	1500	**26**	**27**	**130**	**0.79**	11	6.6	**0.092**	**89000**	**1100**	**0.13**	0.29	0.0019
Rening i regnträdgård	100	980	3.7	10	27	0.100	6.2	1.5	0.048	26000	480	0.026	0.15	0.00099
Riktvärde	50	1250	14	10	30	0.40	15	40	0.050	25000	1000	0.050	10	0.010
Målvärde	150	2500		22	60					60000				

Om dagvattnet från denna del av planområdet leds till befintlig kopparbrunn så kommer viss reduktion av koppar att ske där. Tidigare provtagning visar dock att riktvärdena inte uppnås och Miljöförvaltningen kräver någon typ av ytterligare rening. Ett annat alternativ än att bygga en separat regnträdgård för detaljplanen är att studera hur den befintliga kopparbrunnen fungerar för andra ämnen och förbättra/komplettera den befintliga anläggningen. Båda alternativen är möjliga så länge riktvärdena uppnås före utsläpp i Vitsippsbäcken.

Föreslag på olika typer av fördröjnings- och reningslösningar redovisas i bilaga 3.

Område 3 & 4.

En reducerad yta om ca 10 000 m^2 innebär att 104 m^3 dagvatten behöver fördröjas inom fastigheterna.

Som tidigare nämnts ska dagvattnet från område 3 & 4 genomgå enklare rening. En simulering av föroreningsbelastningen framgår av Tabell 3. Resultatet visar att någon typ av rening behövs. Öppna dagvattenlösningar är att föredra som fördröjningsmetod då systemet blir mer robust och rening av dagvattnet sker via infiltration. Ett makadamdike om 290 m^2 uppfyller exempelvis både fördröjningskraven samt halterna i Tabell 3, men även andra reningsmetoder är möjliga. Förslag och beskrivningar på fler typer av fördröjnings- och reningslösningar redovisas i bilaga 3. Efter fördröjning och rening avleds dagvattnet till den allmänna kombinerade ledningen i Per Dubbsgatan.

Tabell 3 Föroreningshalter i dagvattnet. Fetmarkering indikerar att målvärde överskrids

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Oil	BaP	Benz	TBT
	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
Beräkning	**240**	1600	**22**	**23**	**130**	**0.83**	7.9	7.3	**0.069**	**89000**	**1200**	**0.11**	0.29	**0.029**
Med rening	140	910	6.6	6.5	33	0.20	1.6	1.8	0.045	19000	270	**0.055**	0.17	**0.017**
Målvärde	150	2500	14	22	60	0.40	15	40	0.050	60000	1000	0.050	10	0.010

16. Allmän platsmark

Dagvattnet från allmän platsmark ska också renas och fördröjas separat från kvartersmarken. Dagvattnet från Per Dubbsgatan rinner idag till en kombinerad ledning med spill- och dagvatten. Vid ombyggnation i samband med detaljplanearbetet måste dagvattnet renas innan det rinner ner i denna. Reningen kan ske antingen direkt i vägmiljön eller genom separat avledning ytligt eller via ny dagvattenledning till större nedströms anläggning. Tre alternativ för rening av trafikdagvattnet har utretts för att kunna avgöra vilken som är den bästa lösningen är för staden. Utifrån fördelar ur renings- och driftperspektiv samt kostnaden är slutsattsen att avledning av dagvattnet till spårvagnsslingan för fördröjning och rening är det mest lämpliga alternativet att gå vidare med.

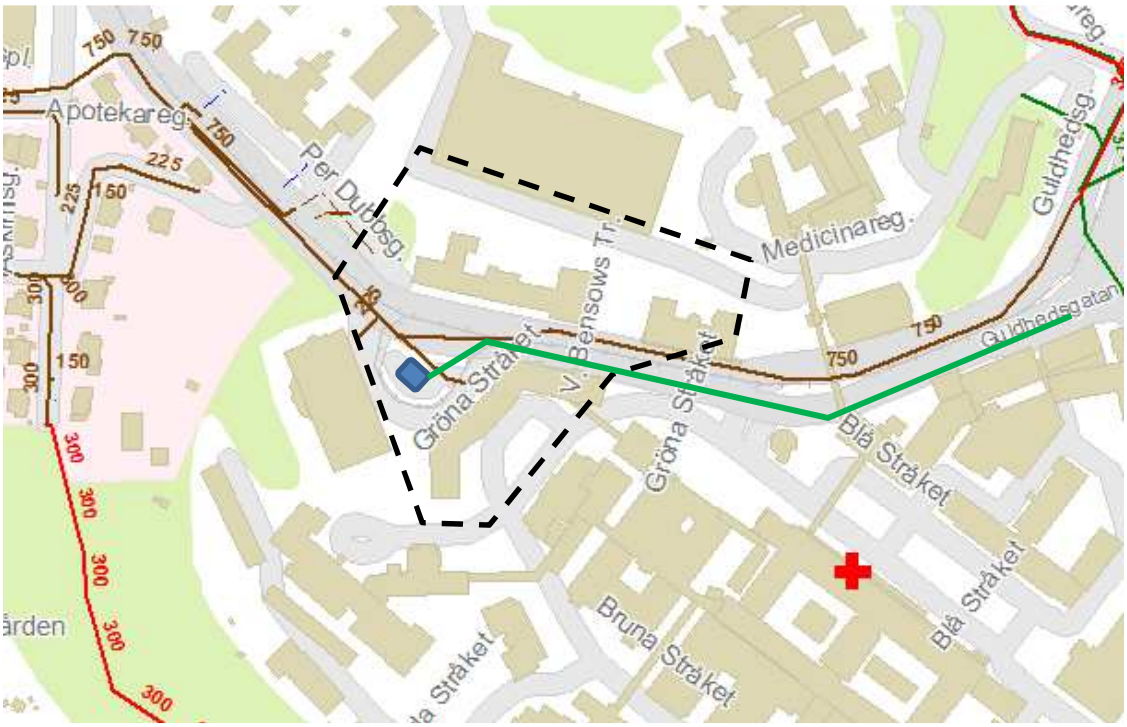
Det avvattnade området som huvudsakligen utretts är från korsningen mellan Ehrenströmsgatan och Guldhedsgatan till vändslingan för spårvagn. Förutsättningar beskrivs i Tabell 4.

Tabell 4 Area för vägområdet

Område 5	Area efter [m^2]	Avrinnings-koefficient	Reducerad area efter [m^2]	Reducerad area (ha)	Fördröjning [m^3]
Vägområde	1200	0,8	960	0,1	10

<u>Föreslagen dagvattenhantering, allmän platsmark - Samlad rening i vändslinga för spårvagn.</u>

En möjlig placering av en storskalig dagvattenlösning är inom vändslingan för spårvagnen, se Figur 19. Dagvattenanläggningen skulle kunna vara en större regnträdgård, eller underjordiska anläggningar så som underjordiska magasin med filter eller avsättningsmagasin. En ytlig lösning skulle kunna tillföra estetiska och ekologiska värden till platsen med ökad grönyta i en annars hårdgjord miljö.



Figur 19 Schematisk bild över föreslagen lösning på allmän plats. Den gröna (feta) linjen illustrerar, ytlig ränna eller ny dagvattenledning som avleder vattnet till en samlad anläggning (blå fyrkant) i spårvagnsslingan.

För att reningskraven ska uppnås krävs antingen en regnträdgård på 220 m^2 eller ett avsättningsmagasin på 94 m^3. Då uppnås målvärden enligt
Tabell 5.

Tabell 5. Föroreningshalter. Fetmarekrad indikerar att målvärdet överstigs

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Oil	BaP	Benz	TBT
	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
23000 ÅDT	**210**	2400	**22**	**56**	**320**	0.40	**16**	13	**0.076**	**110000**	810	0.031	3.8	0.0016
Rening biofilter 220 m^2	100	1600	3.6	18	60	0.066	8.5	2.1	0.041	30000	350	0.0064	2.0	0.00084
Avsättningsmagasin 94 m^3	80	2400	5.9	16	**120**	0.19	5.0	5.6	0.035	35000	120	0.015	2.6	0.0011
Eco vault	110	2200	2.7	13	**62**	0.10	3.2	4.8	0.042	5500	120	0.0083	1.5	0.00063
Målvärde	150	2500	14	22	60	0.40	15	40	0.050	60000	1000	0.050	10	0.010

Denna lösning kräver att dagvattnet avleds till vändslingan utan att kopplas på den kombinerade ledningen. Detta kan göras antingen via nyläggning av en dagvattenledning, alternativ via ytlig avledning.

Kostnad för att lägga en ny ledning uppskattas grovt till 8 miljoner kr.

En ytlig avledning innebär att dagvattnet antingen rinner direkt på vägytan eller i ytliga (övertäckta) rännor. Vägen är bomberad och dagvattnet rinnar alltså naturligt från de mittersta delarna ut mot sidorna där rännor kan placeras. Det är viktigt att sådanna rännor är anpassad för högt trafikerade miljöer så att den håller och kräver minimalt underhåll. Att identifiera rätt konstruktion kräver vidare studier av marknaden. För att leda in dagvattnet till anläggningen vid spårvagnsslingan krävs en konstruktion som leder vattnet från den norra rännan under väg och spårvagnsspår. Reningsanläggningen dimensioneras för ett 2-årsflöde. För att kunna avleda detta flöde från vägen krävs med befintlig lutning en ränna med dimensionen 0,1 × 0,1 m på var sida om vägen, se illustration i Figur 20 Illustration av ränna i vägsektionen(se även beräkningar i Bilaga 2).

Figur 20 Illustration av ränna i vägsektionen

Efter rening i anläggningen vid vändslingan leds vattnet till den kombinerade ledningen. Reningen innebär mindre föroreningar i avloppsverkets slam och fördröjningen innebär lägre toppflöden i den kombinerade ledningen, vilket i sin tur minskar risken för bräddning, där spillvatten leds orenat till recipient. Detta skulle medföra många positiva miljöeffekter.

Dagvattenanläggningen är en nedströms uppsamlande anläggning och ansvarig förvaltning blir därför Kretslopp och vatten. Däremot är eventuell ränna i gatan enbart avvattning av gatan och en integrerad del av den, och är därmed Trafikkontorets ansvar.

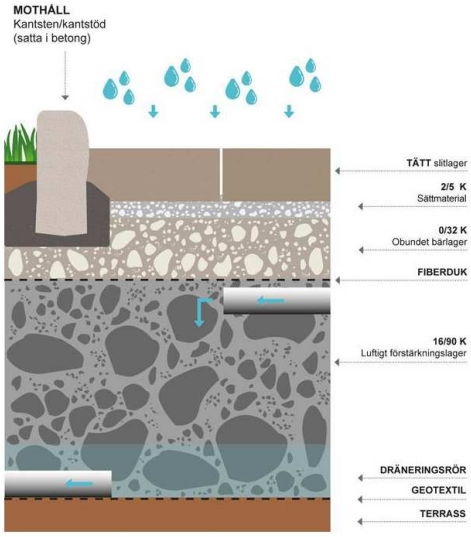
Drift och underhåll underlättas av att anläggningen är samlad på ett ställe och mer avskild från vägmiljön och kollektivtrafiken. Spårvagnsslingans utformning och användningsområde diskuteras fortfarande och bland annat planeras en infart för ambulans igenom den. Det är viktigt att dagvattenanläggningen och ytan utformas med plats för underhållsbilar i nära anslutning som ska kunna vara uppställda utan att det hindrar framkomlighet för ambulans. Dagvattenanläggningen tar plats oavsett om den är under eller över jord och måste finnas med i planeringen från början om den ska vara möjlig att genomföra. Hänsyn måste till exempel tas till spårvagnsslingans vägkropp som tar upp delar av området inom vändslingan.

<u>Alternativ 1. Rening i vägsektionen</u>

Ett annat alternativ som utretts är att reningen av trafikdagvattnet sker i vägsektionen. Det innebär att dagvattnet från vägen avleds ytligt till en reningsanläggning placerad inom vägområdet. Detta skulle kunna vara ytliga lösningar så som regnträdgårdar eller ett underjordiskt makadamstråk. Alternativet innebär svårare driftsmöjligheter och en kortare livslängd, vilket ökar risken för trafikstörningar och därmed inte är attraktivt i denna miljö. För att kunna jämföra för- och nackdelar med föreslaget alternativ presenteras förslaget nedan.

Att ha ytliga lösningar som regnträdgårdar i gatusektionen kan (med rätt utformning) kombineras med träd och bidra till en grönare miljö och en mer stadsmässig gatuutformning. Även om det finns förslag på träd/gröna ytor i trafikplanen går det inte i dagsläget att garantera att tillräckligt stora ytor kommer att kunna avsättas för dagvatten och därför studeras underjordiska lösningar i första hand. Eventuella ytliga lösningar ses som ett komplement.

Rening i makadamstråk kräver ingen yta utan kan kombineras med en gång eller cykelbana. Dagvattnet kan ledas ned i rännstensbrunnar och via en ledning fördelas i makadam under cykelbanan där det fördröjas och renas innan det leds till det kombinerade nätet. En omfattande studie[3] har gjorts för att undersöka möjligheten att fördröja dagvatten i bärande konstruktioner och tagit fram fungerande alternativ. Se Figur 21.



Figur 21 Illustration av konstruktion med traditionell överyta i kombination med luftigt dränerande förstärkningslager [4]

Reningen avgörs av anläggningens storlek; en större anläggning ger bättre reningseffekt. En anläggning på 370 m^3 uppnår reningskraven för samtliga ämnen utom zink som överstiger målvärdet något (Tabell 6).

Tabell 6 Föroreningshalter. Fetmarkerad indikerar att målvärde överstigs

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Oil	BaP	Benz	TBT
	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
Utan rening	**210**	2400	**22**	**56**	**320**	0.40	**16**	13	**0.076**	**110000**	810	0.031	3.8	0.0016
Makdam	140	1200	1.8	8.1	**77**	0.15	2.8	4.5	0.039	14000	190	0.011	2.1	0.00087
Målvärde	150	2500	14	22	60	0.40	15	40	0.050	60000	1000	0.050	10	0.010

[3] UDI Klimatsäkrade systemlösningar för urbana ytor. Slutrapportering

Vägsträckan som studerats är 400 m vilket innebär det att det i sektionen behövs ett 1 m × 1 m stort makadamstråk för att hantera dagvattnet från vägen. Detta kan, som nämnts tidigare, placeras under gång eller cykelbana. Efter rening i makadamstråk avleds dagvattnet till den kombinerade ledningen.

I en trafikerad miljö som denna är det extra viktigt att tänka på driftsaspekten. Det ska finnas plats att stanna och ställa upp fordon för drifthållande personal. Detta bedöms möjligt utan att påverka kollektivtrafik eller framkomlighet för ambulans men skulle kunna innebära ett tillfälligt hinder för gående eller cyklister.

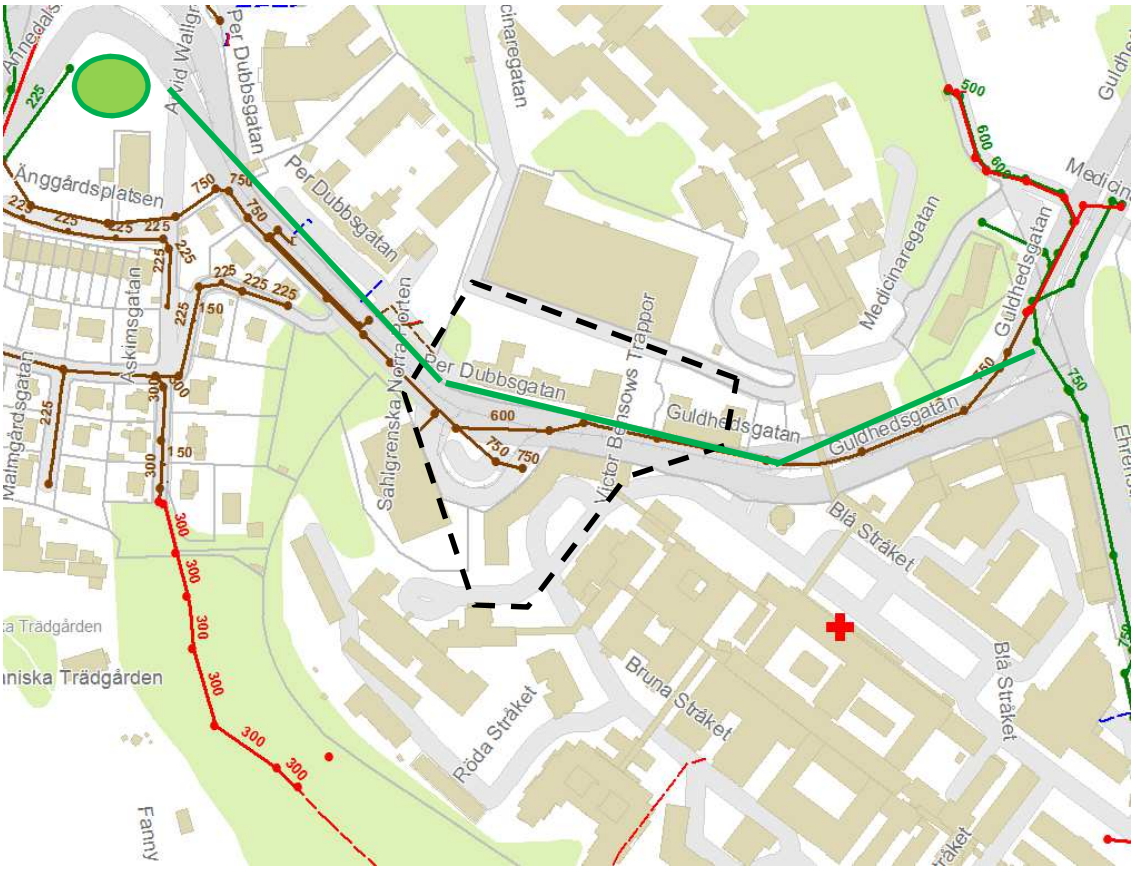
En annan viktig aspekt är anläggningens livslängd. I trafikerade miljöer som denna där det är viktigt att både kollektivtrafik, cyklister och ambulanser alltid ska kunna komma fram måste lösningarna som byggs vara robusta och hålla över tid. Det är viktigt med bra och väl underhållna sandfång före makadamlösningar så att de inte sätter igen. Makadammagasin uppskattas ha en livslängd på ca 20 år, vilket innebär att ytan den ligger i kommer behöva göras om efter denna tid.

Denna typ av dagvattenanläggning ligger i den direkta vägmiljön och ansvarig förvaltning blir därför Trafikkontoret.

Alternativ 2. Nedströms rening vid Annedalsmotet.

Ytterligare ett alternativ för att rena trafikdagvattnet är att separera dagvattnet från den kombinerade ledningen hela vägen ner till Annedalsmotet. Detta alternativ har flera fördelar som presenteras nedan men den stora kostnaden och störningarna i trafiken talar emot detta alternativ.

Vid Annedalsmotet finns en grönyta som förvaltas av Park och Natur, se Figur 22. Park och natur flyttade nyligen dit flertalet fruktträd från Korsvägen. I samband med det behövde dräning genomföras eftersom träden inte tål den blöta miljö som var där tidigare. Ytan ingår också i Riksintresse för kulturmiljövård och har varit en idrottsanläggning från 1923. Det finns idag boulebanor som används regelbundet. Det är alltså osäkert vad som är tillåtet att göra på denna ytan. Delar av ytan har dessutom sanerats för markföroreningenar och jordarten är lera vilket innebär att infiltration inte är lämpligt.



Figur 22. Schematisk bild över alternativ lösning för rening av trafikdagvatten. Nya dagvattenledningar, eller ytliga rännor (gröna feta streck), leder dagvattnet till ytan vid Annedalsmotet där en regnträdgård anläggs (grön cirkel i övre vänstra hörnet)

Om området även fortsättninsgvis ska kunna nyttjas för rekreation behöver en dagvattenlösning vara ytlig. En regnträdgård är ett alternativ. Regnträdgården behöver vara ca 940 m^2 för att uppfylla reningskraven.

Tabell 7 Föroreningshalter. Fetmarkerad indikerar att målvärde överstigs

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS	Oil	BaP	Benz	TBT
	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
Beräkning	**210**	2400	**22**	**56**	**320**	0.40	**16**	13	**0.076**	**110000**	810	0.031	3.8	0.0016
Regnträdgård	97	1500	3.4	17	55	0.063	8.2	2.0	0.040	29000	340	0.0061	2.0	0.00082
Målvärde	150	2500	14	22	60	0.40	15	40	0.050	60000	1000	0.050	10	0.010

På samma sätt som i förslaget att ha en större dagvattenanläggning i spårvagnsslingan behöver dagvattnet kopplas bort från den kombinerade ledningen och avledas separat till reningsanläggningen.

En ytlig ränna för ett 2 årsregn behöver vara 0,1×0,2 m längst ner i denna sektion (den större lutningen på slutet gör att sektionen inte behöver öka trots den längre sträckan).

Att anlägga dagvattenledning från planområdet till Annedalsmotet ger en 250 meter längre anläggning än i föreslaget alternativ och kostnaden uppskattas till ca 13 Mkr enbart för ledningsläggningen.

Den här lösningen innebär en separering av spillvatten och dagvatten och efter reningslösningen kopplas dagvattnet på en dagvattenledning.

Eftersom 250 m av gatan från spårvagnsslingan till Annedalsmotet ligger utanför planområdet innebär detta alternativ att extra arbete behöver göras för att lägga ner en dagvattenledning eller skapa en ytlig ränna. Att arbeta utanför trafikkontorets planerade arbeten kommer innebära större kostnader och extra störningar i trafiken.

En samlad lösning har driftsfördelar och denna placering är avskild från trafik och innebär därmed ingen arbetsmiljörisk.

Dagvattenanläggningen är en nedströms samlad anläggning och ansvarig förvaltning blir därför Kretslopp och vattens. Däremot är eventuell rännan i gatan enbart avvattning av gatan och en integrerad del av den och är därmed Trafikkontorets ansvar.

17. Investering- och driftkostnad

Enligt schablonkostnader från danska Miljöstyrelsen (beräkningsverktyget *PLASK*[4]) är anläggningskostnaden på skyfallsled 20 000 kr per meter. En grov bedömning av kostnaden för kulvert 20 000 kr per meter. Någon av åtgärderna behövs för planens genomförande.

En skyfallsled inom planen, kring husets västra sida (enligt orange sträckning i Figur 17) är totalt ca 210 m lång vilket ger en kostnad på 4,2 Mkr.

En kulvert för skyfall under huskroppen (enligt röd sträckning i Figur 17) är ca 110 m lång vilket ger en kostnad på 2,2 Mkr.

Föreslagen lösning allmän platsmark:
En regnträdgård uppskattas kosta 2500-4000 kr/m^2. Det innebär att en regnträdgård på 220 m^2 i vändslingan skulle kosta 0,6-1 Mkr. Till denna kostnad läggs 8 Mkr för nyläggning av en dagvattenledning, alternativt kostnaden för en ytlig ränna i vägen. Kostnader för drift och underhåll uppskattas vara mellan 30 000- 50 000 kr/år för en regnträdgård och ca 20 000 kr/år för magasin.

Alternativ 1 allmän platsmark:
För ett makadamdike som är 1 m brett och 0,5 m djupt uppskattas kostnaden till 1000-2500 kr/m. Eftersom förslaget i denna utredning är ett makadamstråk på 1×1 m

[4] http://www.klimatilpasning.dk/viden-om/%c3%b8konomi/beregningsvaerktoej.aspx

uppskattas kostnaden till 5000 kr/m vilket innebär en total kostnad på 2 miljoner kronor.

Alternativ 2 allmän platsmark:
En regnträdgård vid Annedalsmotet beräknas till 940 m^2 och kostnaden skulle därmed vara 2,3-4 Mkr. Till detta kommer kostnaden för nyläggning av ledning (13 Mkr) alternativt kostnad för ytlig ränna i gatan. Kostnader för drift och underhåll uppskattas vara mellan 30 000- 50 000 kr/år för en regnträdgård.

18. Slutsats allmän plats

Alternativ 1 har den i särklass lägsta kostnaden men har störst osäkerhet ur driftsynpunkt och livslängd. Alternativ 2 har klart högst kostnader och stora arbeten utanför planområdet, det är också osäkert om alternativet går att genomföra på den utpekade ytan. Det rekommenderade alternativet är alltså att dagvattnet separeras (ytligt eller i ledning) i Per Dubbsgatan och leds till spårvagnsslingan där det renas i en större anläggning som exempelvis skulle kunna vara regnträdgård eller avsättningsmagasin.

Bilaga 1. Beräkningar fördröjningsvolymer

Areorna är uppmätta enligt erhållet underlag.
Avrinningskoefficienter från P110.

Reducerad area = Area × Avrinningskoefficient

Fördröjningsvolym = Reducerad area × 0,01 m

Område 1	Area efter [m^2]	Avrinnings-koefficient	Reducerad area efter [m^2]	Fördröjningsvolym m^3
Tak	5700	0,9	5130	51
Övrigt	2500	0,8	2000	20
Totalt	8200			71

Område 2 (enbart takytan)	Area efter [m^2]	Avrinnings-koefficient	Reducerad area efter [m^2]	Fördröjningsvolym m^3
Tak	1800	0,9	1620	16
Totalt	1800			16

Område 3 & 4	Area efter [m^2]	Avrinnings-koefficient	Reducerad area efter [m^2]	Fördröjningsvolym m^3
Tak	7400	0,9	6660	67
Övrigt	4600	0,8	3680	37
Totalt	12000		10340	104

Bilaga 2. Beräkning av flöden i Per Dubbsgatan

Beräkning av flöden för ytlig avledning i Per Dubbsgatan:

Avrinningskoefficient: 0,8

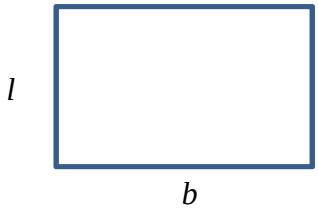
	Vägsträcka 1	Vägsträcka 2
Area	0,12 ha	0,17 ha
Reducerad area	0,1 ha	0,14 ha
Lutning	1,2%	4%

Med en varaktighet på 10 min för regnet blir regnintensiteten enligt tabell 2.

Återkomsttid (år)	1	2	10
Regnintensitet (l/s ha)	107	134	228
Regnintensitet inklusive klimatfaktor (1,25)	134	168	285
Flöde för Sträcka 1 (m^3/s) (halva vägen)	0,007	0,08	0,013
Flöde för Sträcka 2 (m^3/s) (halva vägen)	0,009	0,012	0,020

Dimensionen för en kanal beräknas med Mannings formel

$$q = AR^{2/3}M\sqrt{S_0}$$



q= flöde (m^3/s)
A= tvärsnittsarea på kanalen (m)
R= A/P
P= längd+bredd+längd på kanalen (m)
M = mannings tal
S_0= lutning på vägen

C	0,009	0,013	0,019	0,027	0,032	0,032	0,014	4,200	0,036
l	0,1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,10	0,10	0,10
b	0,1	0,15	0,20	0,26	0,30	0,20	0,10	15,00	0,20
A	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	1,50	0,02
R	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,03	0,10	0,05
P	0,30	0,35	0,40	0,46	0,50	0,50	0,30	15,20	0,40
M	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
S0	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,041	0,041	0,041

Kanalen behöver vara 0,1*0,1m på varje sida om vägen för att klara ett 2-årsflöde vid spårvagnsrondellen. Eftersom lutningen blir större räcker denna dimension också att ha ner mot Annedalsmotet.

Bilaga 3. Exempel på fördröjnings och reningslösningar

Fler exempel hittas i Idéhandboken på göteborgs stads hemsida[5].

Makadamdike

Ett makadamdike, även kallat infiltrationsdike eller krossdike (se Figur), är ett schakt i marken som täcks av geotextil och som sedan fylls med makadam. Duken är till för att hindra finare fraktioner från omgivande material att ta sig in i magasinet och orsaka igensättning. Porositeten i materialet är ca 0,3, och ett makadamdike kan därför fördröja en dagvattenvolym som är ungefär en tredjedel av anläggningens totala volym. Diket kan gestaltas på flera sätt—antingen lämnas krossmaterialet som det är eller täcks det med en yta av gräs eller annat genomsläppligt material. Makadammagasin kan vid behov även helt eller delvis anläggas under asfaltsytor. Anläggningen kan utformas för infiltration där omgivande mark tillåter det, eller förses med en dräneringsledning i botten. Möjlighet till bräddning kan behövas för större regn. Rening sker främst genom sedimentation och fastläggning.

Kostnaden är låg i förhållande till nyttan – ca 1000–2500 kr/m^2. Makadamdiken kräver en måttlig skötselinsats, främst genom spolning av dräneringsrör och rensning av brunnar. Igensättning sker på sikt och materialet behöver bytas ut efter ca 20 år.

Figur . *Exempel på makadamdike som täckts med växter och gräs.*

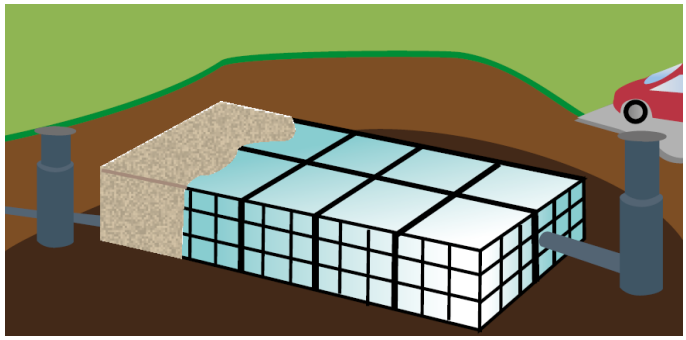
[5] https://goteborg.se/wps/wcm/myconnect/41d75d17-8f2d-418f-b886-2bf914495fd2/Id%C3%A9bok+-+G%C3%B6teborg+n%C3%A4r+det+regnar.pdf?MOD=AJPERES

Figur. *Tvärsnitt av makadamdike med dräneringsledning. Bildkälla: Svenskt Vatten P105.*

Fördröjningsmagasin

Fördröjningsmagasin eller avsättningsmagasin (se Figur) är en underjordisk anläggning som kan utformas på olika sätt, exempelvis med rör i stora dimensioner eller pre-fabricerade plastkassetter. För den aktuella planen rekommenderas kassettmagasin då det är en platseffektiv (upp till 95% effektiv volym) och relativt billig lösning. Viktigt är att det byggs inspektionsbrunnar och spolbrunnar för att underlätta driften av anläggningen. För att uppnå önskad fördröjningseffekt ska utloppet vara strypt, och för rening förses anläggningen med filter. Kassettmagasin kan byggas exempelvis under parkeringar, men är inte lämpliga att placeras under byggnader.

Fördröjningsmagasin kräver underhåll i form av inspektion och eventuell spolning någon gång per år, för att undvika igensättning.



Figur . *Skiss av fördröjningsmagasin under gräsmatta och parkering.*

Sedumtak

Sedumtak eller gröna tak (se Figur) ger, förutom minskad dagvattenavrinning, mervärden vad gäller luftrening, bullerreducering och ökad potential för biodiversitet. Detta gäller framför allt om växterna på taket ges varierande habitat med t.ex. högar av löst substrat och en blandning av sedum och olika typer av örter. Därför önskas tak med svag lutning, generellt mindre än 10º, så att mer spännande miljöer och varierande habitat kan skapas jämfört med de mer monotona sedumtaken.

Sedumtak har liten eller ingen effekt när det gäller fördröjning av kraftiga regn men kan, beroende på substratets tjocklek, i varierande utsträckning reducera avrinningen vid lättare regn.

Anläggningskostnaden ligger generellt runt 500–1000 kr/m^2 och skötselinsatsen är relativt liten. Konventionella sedumtak kräver gödsling en gång per år, och vid behov kan vissa partier behöva bytas ut.

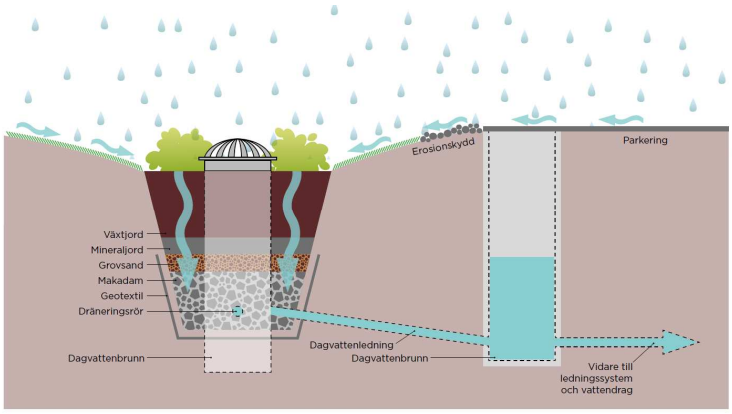
Figur. *Exempel på grönt tak.*

Biofilter

Biofilter som, beroende på utförande, även kallas bl.a. regnträdgård, kan anläggas både under marknivå och ovan jord i planteringskärl. Utformningen av ett biofilter under marknivå kan variera, men grundprincipen är densamma som för t.ex. ett krossdike – ett schakt i marken som täcks av en geotextilduk och fylls med ett grovt krossmaterial (makadam). Duken ska hindra finare fraktioner från omgivande material att ta sig in i magasinet och orsaka igensättning. I biofiltrets yta planteras fukt- och torktåliga växter. Biofilter ska även kompletteras med en dräneringsledning i botten som leder vidare vattnet till det befintliga ledningsnätet, och ett bräddavlopp ett par decimeter över växtbäddens yta, som leder bort överskottsvatten vid stora regn. Fördröjningsvolymen avgörs av avståndet mellan växtbäddens yta och bräddbrunnens inlopp.

Lutningen längs med planteringen rekommenderas inte vara större än 5%, detta för att vattnet ska kunna fördelas jämnt. Om markens lutning är större än så, kan anläggningen byggas i trappsteg.

Anläggningskostnaderna varierar från ca 2000 till 4000 kr/m^2, beroende på gestaltningskrav. Biofilter kräver en låg till måttlig skötselinsats, främst i form av genomspolning av dräneringsrör och rensning av brunnar och plantering. Igensättning sker på sikt och filtermaterialet behöver då bytas ut.



Figur. *Tvärsnitt av ett biofilter.*