

Göteborgs Stad

Dagvattenutredning

Detaljplan för bostäder, påbyggnader och verksamheter vid Danska vägen, Göteborg



Göteborg 2017-06-15

Dagvattenutredning

Detaljplan för bostäder, påbyggnader och verksamheter vid Danska vägen,
Göteborg

Datum	2017-06-21
Uppdragsnummer	1320028103
Utgåva/Status	Granskad

Mikaela Rudling
Uppdragsledare

Mikaela Rudling/Anna Johansson
Handläggare

Anna Holmgren
Granskare

Ramböll Sverige AB
Box 5343, Vädursgatan 6
402 27 Göteborg

Telefon 010-615 60 00
Fax

Unr 1320028103 Organisationsnummer 556133-0506

Sammanfattning

Planområdet är ca 1 ha stort och ligger i anslutning till Danska vägen och vid förlängningen av Skogshyddegatan i stadsdelen Lunden, öster om Göteborgs centrum. Detaljplanen syftar till att möjliggöra stadsutveckling vid Danska vägen inom Örgryte-Härlanda. Omkring 130-160 nya bostäder planeras att byggas, dels som nya flerbostadshus men också som påbyggnader på befintligt bostadshus och hotell. Planen medger också en ny byggnad för bostäder med särskild service (BmSS) med ca 8 lägenheter samt en tillbyggnad av Katolska skolan inhysande verksamhetsytor om ca 700-1000 m².

Denna dagvattenutredning klarlägger förutsättningarna och tar fram lösningsförslag för dagvattenhantering med avseende på "vanliga" regn samt för skyfall. Även recipienten Delsjöbäckens status enligt MKN-vatten, och dagvattenhanterings påverkan på recipienten redovisas.

För "vanliga" regnhändelser, i detta fall ett dimensionerande 5-årsregn, tillgodoses erforderlig fördröjningsvolym i föreslagna dagvattenanläggningar som upphöjda regnbäddar, rörmagasin eller svackdiken på kvartersmark. Samt makadamdiken och svackdiken på allmän platsmark. Från anläggningarna leds dagvattnet vidare till befintliga dagvattenledningar eller till kombinerade ledningar.

Under kraftiga skyfall (dimensionerande 100-årsregn) kommer dagvattenanläggningar för "vanliga" regn inte hinna med att avleda dagvattnet och då kommer dagvatten att rinna av på markytan. Då det inom plan- och utbredningsområdet finns många instängda lågpunkter är vikten av skyfallshantering för att minska översvämning av stor vikt i området. Skyfallshanteringen föreslås ske med hjälp av avskärande åtgärder i form av stenmurar/kantsten, alternativt rännor, grusstigar/strängar som hindrar vattnet att rinna ner för kuperade skogsområden och orsaka översvämning på exempelvis innergårdar inom planområdet. Då framkomlighetskraven på Danska vägen och den sträckning som ingår i plan- och utredningsområdet vid skyfall inte uppfylls och vägen därtill är prioriterad för räddningstjänst föreslås utredningsområdets lågpunkt, cirkulationsplatsen i Danska vägen, att sänkas. En marksänkning gör att mindre ytavrinning belastar vägbanan, vilket kan öka framkomligheten vid skyfall. Ett fördröjningsmagasin under marksänkningen avhjälpjer ytterligare.

Föreslagen höjdsättning möjliggör både avledning till och från dagvattenanläggningarna, men också avledning via självfall i respektive anläggning då i den mån som krävs för att säkerställa anläggningens funktion.

Noteras bör att vissa dagvattenåtgärder, både för "vanliga" regn och skyfall föreslås placeras utanför planområdet då detta anses mer fördelaktigt med hänsyn till avledning, fördröjning och rening.

Föroreningsberäkningar i modelleringsverktyget StormTac visar att efter rening i föreslagna dagvattenanläggningar så reduceras samtliga föroreningar med undantag för fosfor, kväve och kvicksilver till under Miljöförvaltningens riktvärden. Förutsatt att samtliga föreslagna dagvattenanläggningar både på kvartersmark och allmän platsmark implementeras, bedöms dock reningen som erforderlig enligt Miljöförvaltningens krav. Detta då ytterligare rening uppnås i krossmaterialet föreslaget under samtliga svackdiken. Eventuellt kan vissa dagvattenanläggningar behöva kompletteras med riktade insatser (exempelvis med brunnfilter). Med hänsyn till detta bör planerad exploatering med föreslagen dagvattenhantering inte försämra recipienten Delsjöbäckens status.

Innehållsförteckning

1.	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	2
2.	Förutsättningar för dagvattenhantering	2
2.1	Riktlinjer dagvattenhantering	2
2.2	Avgränsningar	3
2.3	Underlag och källor	4
3.	Befintliga förhållanden	5
3.1	Planområdesbeskrivning	5
3.2	Topografi	6
3.3	Naturintressen	7
3.4	Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden	8
3.5	Avvattning	9
3.6	Övriga ledningar	10
3.7	Skyfallskartering	10
3.8	Avrinningsområden	12
3.8.1	Dagvattenflöden före exploatering	12
3.9	Recipientens status	14
3.9.1	Miljökvalitetsnormer	14
3.9.2	Reningskrav för dagvatten	15
4.	Framtida förhållanden	16
4.1	Planområdet	16
4.2	Dagvattenflöden efter exploatering	18
4.3	Fördröjningsvolym efter exploatering	19
4.3.1	Kvartersmark	20
4.3.2	Allmän platsmark	20
5.	Föreslagen dagvattenhantering	20
5.1	Dagvattenåtgärder för "vanliga" regn på kvartersmark	21
5.2	Dagvattenåtgärder för "vanliga" regn på allmän platsmark	26
5.3	Skyfallshantering	28
5.3.1	Kvartersmark	31
5.3.2	Allmän platsmark	31
5.4	Investeringskostnader	33
5.5	Drift- och underhållskostnader	35

6.	Föroreningsberäkningar i StormTac	36
6.1	Reningseffektiviteten i föreslaga dagvattenanläggningar	36
6.2	Återkoppling till MKN.....	37
7.	Slutsatser.....	38
8.	Fortsatt arbete	40

Bilagor

Bilaga 1. Befintliga förhållanden - Flödessituation

Bilaga 2. Framtida förhållanden - Flödessituation och plankarta

Bilaga 3. Idéförslag dagvattenhantering

Bilaga 4. Beräkning av dimensionerande dagvattenflöden

Bilaga 5. Beräkning av föroreningshalter och reningseffektivitet

Bilaga 6. Exempel på dagvattenanläggningar

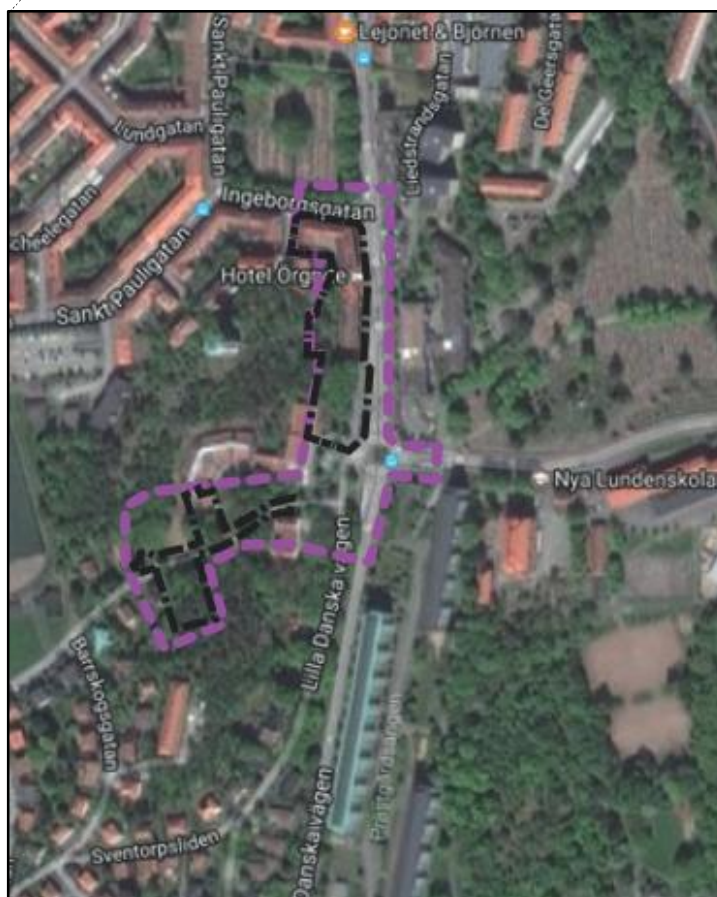
1. Inledning

1.1 Bakgrund

Det aktuella planområdet är ca 1 ha stort och ligger i anslutning till Danska vägen och vid förlängningen av Skogshydegatan i stadsdelen Lunden, öster om Göteborgs centrum. Området karaktäriseras av kuperad naturmark med skogsbeklädda höjdparter samt plana parktytor. Marken nyttjas idag för bostäder, verksamheter och som park- och rekreationsområde. Inom planområdet ligger bland annat Katolska skolan och Lundens vattentorn som byggdes på 1930-talet och som idag utgör ett kulturhistoriskt landmärke i området.



Figur 1.
Översiktskarta över plan- och utredningsområde. Planområdet (ca 1 ha stort) avgränsat med svart linje och utredningsområdet (ca 2,7 ha) med rosa. Den övre kartan är hämtad från Lantmäteriets karttjänst: Geolex och den nedre från Göteborgs Stads hemsida: Vatten i staden (2017-06-07).



Detaljplanen syftar till att möjliggöra stadsutveckling vid Danska vägen inom området Örgryte-Härlanda. Omkring 130-160 nya bostäder planeras att byggas, dels som nya flerbostadshus men också som påbyggnader på befintligt bostadshus och hotell. Planen medger också en ny byggnad för bostäder med särskild service (BmSS) med ca 8 lägenheter samt en tillbyggand av Katolska skolan inhysande verksamhetsytor om ca 700-1000 m². Planerade bostäder, påbyggnader och verksamheter är tänkt att bidra till att stärka Danska vägens stadsrum, möta skolans behov av utökade lokaler samt att skapa inbjudande och trygga stadsrum för det lokala stadslivet.

1.2

Syfte

Rambøll Sverige AB har av Göteborgs Stad fått i uppdrag att utföra en dagvattenutredning för en detaljplan med bostäder, påbyggander och verksamheter vid Danska vägen. Utredningen syftar till att undersöka befintliga och framtida förhållanden gällande dagvattenhantering i plan- och utredningsområde, för att utröna vilka behov som finns att avleda, fördröja och eventuellt rena dagvattnet. Detta med hänsyn till principer för höjdsättning, avledning, fördröjning och eventuell rening samt förmåga att ta emot kraftiga regn eller skyfall. Följaktligen utgör utredningen underlag för att jämföra och värdera olika handlingsalternativ med avseende på dagvattenhantering i både plan- och utredningsområde.

2.

Förutsättningar för dagvattenhantering

2.1

Riktlinjer dagvattenhantering

Förutsättningarna för dagvattenhanteringen i planområdet är framtagna i samråd med Göteborgs Stad och är baserade på publikationer som dagvattenhandboken, vattenplanen med flera. Även Svenskt Vattens publikationer; P110 *Dimensionering av allmänna avloppsledningar*, P105 *Hållbar dag- och dränvattenhantering* och P104 *Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem* riktlinjer har använts vid framtagandet av lämpliga dagvattenhanteringsmetoder.

Grundprinciperna avseende dagvattenhantering i nya områden är enligt avropsförfrågan följande:

1. Byggnader ska placeras på höjddpartier och grönytor i lågstråk.
2. Avrunna dagvattenflöden ska begränsas, så stor del av skyfallet som möjligt ska hanteras inom planområdet.
3. Öppna system ska väljas framför ledningar.
4. Dagvattnets föroreningsbelastning ska begränsas genom naturlig rening på väg till recipienten.
5. Exploatering får ej förvärra för nedströms belägna områden.

Utredningens föreslagana dagvattenåtgärder ska enligt erhållet underlag utarbetas för en hållbar dagvattenhantering, skyfallshantering och höga nivåer i hav och vattendrag. Multifunktionella lösningar ska i första hand väljas.

Enligt Göteborgs Stad - *TÖP Vatten och klimatanpassning* finns riktlinjer avseende översvämningensrisk vid planering som utredningen ska följa:

Funktion / Skyddsobjekt	Dimensionerande händelse / Säkerhetsmarginal		
	Högvatten Återkomsttid 200 år	Höga flöden Återkomsttid 200 år	Skyfall Återkomsttid 100 år
Samhällsviktig anläggning – nyanläggning	1,5 m marginal till vital del	Över nivå för beräknat högsta flöde (BHF)	0,5 m marginal till vital del
Samhällsviktig anläggning – befintlig	0,5 m marginal till vital del för funktion		
Byggnader nyanläggning	0,5 m marginal till underkant golvbjälklag och vital del nödvändig för byggnadsfunktion	0,2 m marginal till underkant golvbjälklag och vital del nödvändig för byggnadsfunktion	
Framkomlighet	Maxdjup 0,2 m		
Framkomlighet Räddningstjänst	Maxdjup 0,5 m		

Samtliga beräkningar och förslag gällande avledning, fördröjning samt eventuell rening ska separeras till att gälla på kvartersmark respektive allmän platsmark.

För att ta hänsyn till framtida klimatförändringar och ökade nederbördsmängder ansätts en klimatkoefficient på 1,25 enligt Svenskt Vattens Publikation P110.

Fördröjning av dagvatten på kvartersmark ordnas efter Kretslopp och vattens riktlinjer som i nuläget motsvarar minst 10 mm/m² hårdgjord yta. På allmän platsmark bör minst 20 mm/m² hårdgjord yta kunna fördröjas. Den hårdgjorda ytan motsvaras av reducerad area, de vill säga den hårdgjorda ytan multiplicerat med ytans avrinningskoefficient.

Rening av dagvatten ska uppfylla krav enligt vattenplanen och miljöförvaltningens riktlinjer. Dessa är sammanfattade och uppdaterade i Kretslopp och vattens publikation *Reningskrav för dagvatten*.

2.2

Avgränsningar

Beräkning av dagvattenflöden, fördröjning och föroreningar har begränsats till att omfatta planområdet. När det kommer till detaljplanens påverkan sett ur ett större perspektiv och då endast gällande förslag för dagvattenhantering med avseende på kraftiga skyfall har planområdet utökats till ett utredningsområde som bland annat innefattar delar av Danska vägen. Vem som bär ansvar för finansiering och drift av föreslagna dagvattenanläggningar är ytterligare en avgränsning som gjorts i dagvattenutredningen.

2.3

Underlag och källor

Nedan listas erhållit underlag till utredningen. Övrigt inhämtat material finns listat under referenser.

DWG-format

- Grundkarta och plankarta tillhandahållet av Göteborgs Stad 2017-04-25 respektive 2017-04-28.
- Plankarta med trafikförslag för Danska vägen och Ingeborgsgatan tillhandahållet av Göteborgs Stad 2017-04-21.
- Samlingskarta med ledningar hämtad från Ledningskollen 2017-04-27.

PDF-format

- Geotekniskt och bergtekniskt utlåtande, Del av *Detaljplan för BmSS vid Skogshyddegatan, del av Lunden 745:111*, Exploateringskontoret, Göteborgs Stad (2016-11-04).
- Naturvärdesbedömning, Bedömning av naturvärden inför detaljplan vid Danska vägen, Park- och naturförvaltningen, Göteborg Stad (2016-10-11). Tillhandahållet av Göteborgs Stad 2017-03-29.
- Kommunägd mark, tillhandahållet av Göteborgs Stad 2017-04-25.
- Förfrågningsunderlag samt bygglovshandlingar för Katolska Skolan tidigare Drottning Astrids skola, tillhandahållet av Göteborgs Stad 2017-04-25.
- PM Dagvattenutredning Prästgårdsängen, Ramböll Sverige AB (2016-05-21), tillhandahållet av Göteborgs Stad 2017-04-25.
- Illustrationsskisser för bebyggelse vid Danska vägen samt Lunden BmSS. Tillhandahållet av Göteborgs Stad 2017-04-28.
- PM Dagvattenutredning Bielkegatan, Kretslopp och vatten, tillhandahållet av Göteborgs Stad 2017-05-05.
- Analys- och strukturskiss för Danska vägen, Tengbom (2016-11-16). Tillhandahållet av Göteborgs Stad 2017-05-17.
- Karta över prioriterade vägar, tillhandahållet av Göteborgs Stad 2017-05-23.
- PM och MUR Geoteknik för Danska vägen, Structor Mark Göteborg AB (2017-05-05). Tillhandahållet av Göteborgs Stad 2017-05-29.

I planområdets östra del omsluter kvartersbebyggelse och Danska vägen naturmarken som sträcker sig från norr till söder mellan flerbostadshusen och villabebyggelsen i väster. Gångstråk i form av stigar samt större gång- och cykelbanor korsar planområdet med kopplingar till angränsande grönområden och övrig bebyggelse.

Mitt i planområdet ligger Katolska skolan (Bö 76:47) där det bland annat finns plana skolgårdsytor i form av grusplaner. I den nedre delen av skolområdet, närmast Lilla Danska vägen ligger en dagvattendamm. På fastigheten Bö 76:48 intill Danska vägen ligger en parkering. Danska vägen är bred och långsträckt med inslag av gröna platser och har ett vältrafikerat gaturum.

Området karaktäriseras av kuperad naturmark med skogsbeklädda höjdparter samt plana parkytor. Marken nyttjas idag för bostäder, verksamheter som Katolska skolan och Örgryte-Hotell samt som park- och rekreationsområde. Inom planområdet ligger också Lundens vattentorn som byggdes på 1930-talet, och som idag utgör ett kulturhistoriskt landmärke i området. Både inom planområdet och utredningsområdet finns stora värdefulla träd.

3.2

Topografi

Marken inom planområdet sluttar från det sydvästra hörnet av Skogshydegatan från ca +42 ner mot ca +35 vid Katolska skolans dagvattendamm. Figur 3 visar GC-vägen i planområdets skarpa sluttning mot Danska vägen.

Därefter fortsätter marken att slutta ner mot cirkulationsplatsen mellan Danska vägen och Kärralundsgatan inom utredningsområdet, som ligger på nivå ca +30. Danska vägen och cirkulationsplatsen utgör en lågpunkt i en sänka mellan bergshöjder i väst och öst (Figur 4).



Figur 3. GC-vägens sluttning från Skogshydegatan ner mot Danska vägen.



Figur 4. Cirkulationsplatsen i Danska vägen med Kärralundsgatan i östlig riktning.

Lundens vattentorn på ca +62 ligger utanför planområdet men marken sluttar därifrån ner mot den nordöstra delen av planområdet och innergårdarna till de befintliga flerbostadshusen där. Innergårdarna ligger på ca +40 och på andra sidan av bostadshusen ligger Danska vägen på ca +32 (Figur 5).



Figur 5. Befintliga innergårdarna till bostadshus invid Danska vägen.

3.3

Naturintressen

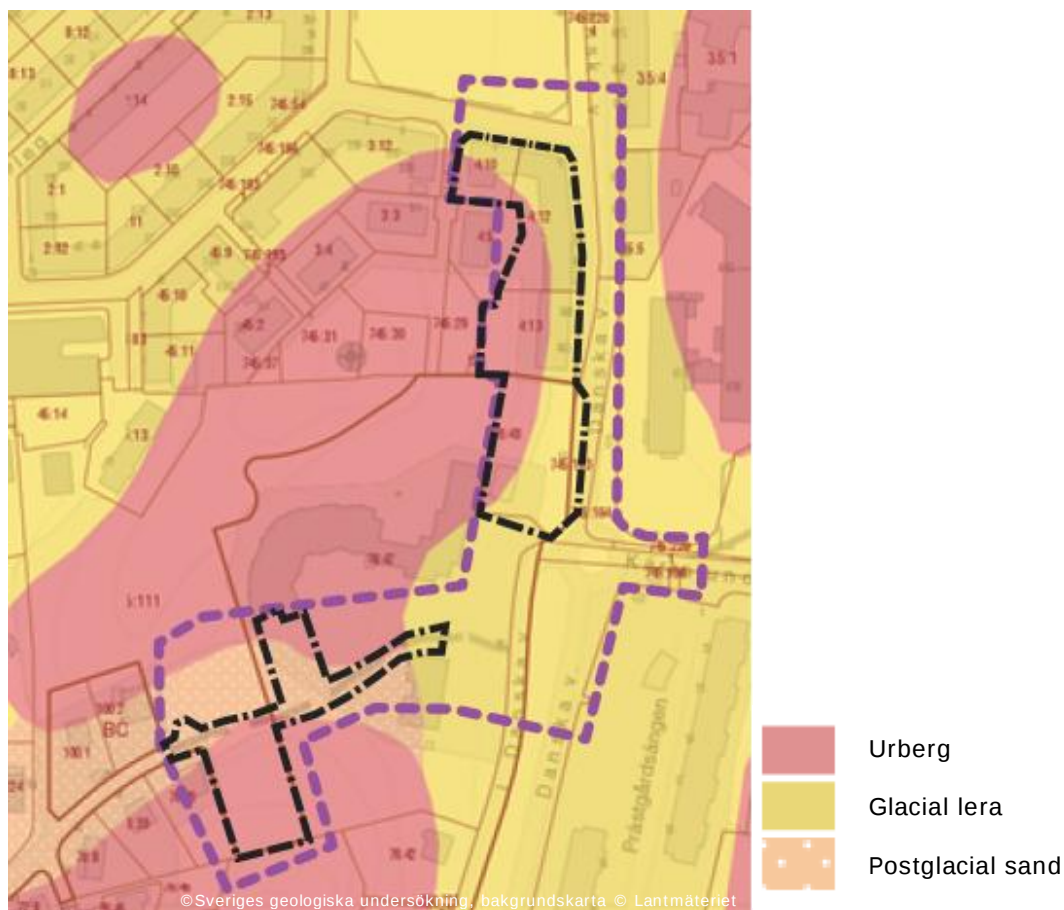
Enligt Park- och naturförvaltningens bedömning av naturvärdena är dessa i första hand knutna till de gamla och grova ädellövträden inom planområdet, då dessa bidrar till biologisk mångfald med fynd av sällsynta och rödlistade svampar. Det är därför önskvärt att de grova ekarna och bokarna belägna inom planområdet sparas eftersom förutsättningarna för biologisk mångfald annars påverkas negativt.

Det är också positivt om den lilla dammen på Katolska skolans fastighet sparas eller ersätts med ny damm om exploateringen innebär att den försvinner. Då dammen bidrar till biologisk mångfald, till exempel för groddjur och insekter (Park och naturförvaltningen, Göteborgs Stad 2016-10-11).

3.4

Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

Enligt SGU:s jordartskarta (Figur 6) utgörs marklagren i norra delen av planområdet till största delen av berg i dagen. Invid kanten av planområdet närmast Danska vägen består jordlagret dock av glacial lera. Där skolans tillbyggand planeras samt delar av planområdet för boendet med särskild service består marken av urberg samt postglacial sand (SGU, 2017-05-31).



Figur 6. Jordartskartan med planområdet och utredningsområdet markerat. Geokartan hämtad från SGU:s hemsida, 2017-05-31.

Fastighetskontoret på Göteborgs Stad har undersökt de geotekniska och bergtekniska förhållandena för den del av planområdet som inkluderar BmSS-byggnaden. Bedömningen visar att marken till största del utgörs av berg i dagen eller tunt jordlager på berg. Utmed Skogshydegatan och vid fastighetens nordvästra hörn kan det även finnas lösa jordlager av sand, silt och lera vilket stämmer väl överrens med SGU:s jordartskarta.

Där marken inom denna del av planområdet utgörs av berg kan grundvattennivån förväntas ligga djupt och bör därför inte att påverkas av planerad byggnation. I de delar av planområdet som domineras av lera är infiltrationskapaciteten troligtvis mycket begränsad (Fastighetskontoret Göteborgs Stad, 2016-11-04).

I en geoteknisk undersökning för den sydöstra delen av planområdet, där det nya bostadshuset planeras visar observation i ett grundvattenrör installerat i friktionsjord under leran (nära nedfarten till garaget under det sydligaste av de befintliga husen) att grundvattennivån ligger på ca + 29,8. Det vill säga ca 1,5 m under markytan. Ytterligare ett grundvattenrör installerades vid undersökningen, dock erhöles inga stabila observationer i detta (Structor Mark Göteborg AB, 2017-05-05).

Enligt information i avropet som är baserade på en geologisk och bergteknisk utredning i samband med bergsgarage daterad 1997-05-03 är befintliga hus i den nordöstra delen av planområdet grundlagda på berg. Delar av byggnaden inom fastigheten i korsningen Danska vägen/Ingeborgsgatan är pålad ner till berg. Garage i markplan finns på samtliga av dessa fastigheter. Dock finns det endast källarvåning i hörnbygganden.

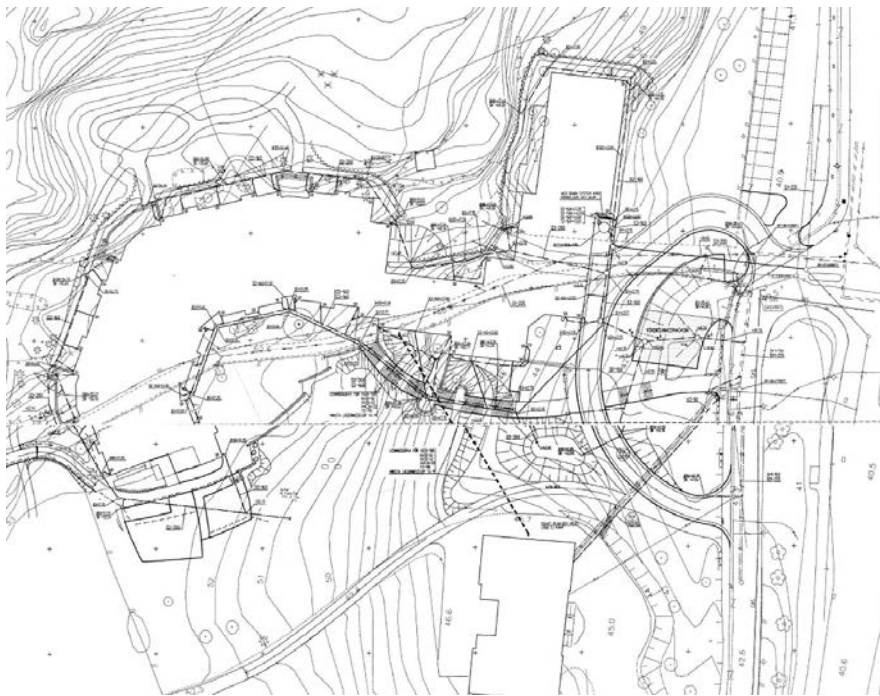
Den norra delen av innergården i den nordöstra delen av planområdet är byggd på ett äldre garagebjälklag som inte tål så stora laster (Tengbom, 2016-11-16).

3.5

Avvattnning

I dagsläget avvattnas den nordöstra delen av planområdet dels söder ut genom en dagvattenledning under Danska vägen som mynnar i recipienten Delsjöbäcken, dels norrut via en kombinerad ledning, också förlagd under Danska vägen, se Bilaga 1. Fastigheterna Lunden 4:10, 4:12 och till största del 4:13 har serviser som är anslutna till den kombinerade ledningen av betong med en diameter på 225 mm som leder spill- och dagvatten norrut. Fastigheterna Bö 76:47 (Katolska skolan) och Bö 76:48 är anslutna till dagvattenledningen söderut mot Delsjöbäcken. Den sydöstra delen av planområdet och fastigheten där byggnaden för BmSS planeras avvattnas österut, via en kombinerad betongledning, 225 mm i diameter.

Katolska skolan avvattnas till ledningen i Danska vägen mot söder. På fastigheten ligger en utjämningsdamm dit stuprören på framsidan av skolbyggnaden är anslutna via dagvattenledningar. Skolans baksida och stuprören där, ansluts till en ledning som ligger under skolan för att sedan ledas vidare till dagvattenledningen i Danska vägen. Vid det sydöstra hörnet av skolbyggnaden leds takvattnet under lekplatsen, som i dagsläget ligger på den plats där utbygganden av skolan är planerad. Denna ledning har enligt underlag ett utlopp i slänten på skolans framsida och antas härifrån rinna längsmed slänten på marken ner till dagvattendammen, se Figur 7.



Figur 7. Katolska skolans befintliga VA-ledningsnät. Stadsbyggandskontoret Göteborg Stad, 2017-04-25.

Det finns flera registrerade avloppstopp på det kombinerade nätet, detta gäller nätet som både avvattnar den norra och östra delen av planområdet. Dessutom är dagvattenledningen i Danska vägen överbelastad, enligt Kretslopp och vatten. Då området kring Danska vägen exploateras på många håll samtidigt, som exempel den planerade bebyggelsen av bostäder och verksamheter vid Prästgårdsängen, är det av stor vikt att se till att de dagvattenåtgärder som rekommenderas i detta planområde också korrelerar med det som föreslås i denna utredning. Detta speciellt då även Prästgårdsängens planområde avvattnas till dagvattenledningen under Danska vägen.

3.6 Övriga ledningar

I direkt anslutning till planområdet finns en underjordisk tunnel för tekniska anläggningar tillhörande Telia AB. Tunneln ligger under Katolska skolans byggnad och nås från infart intill skolans huvudentré och från parkeringsområde, vid Danska vägen. Befintliga fjärrvärme-, el- och optoledningar visas i Bilaga 1.

3.7 Skyfallskartering

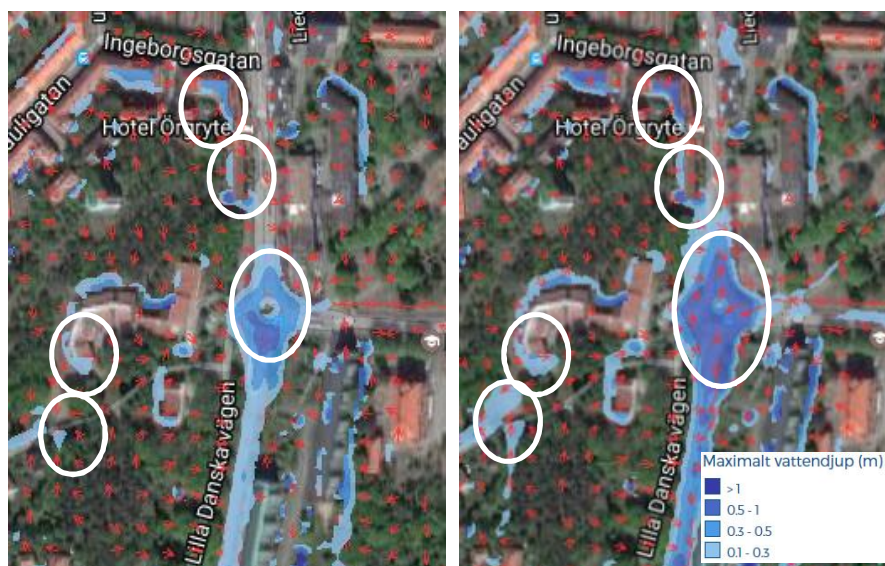
Vid kraftiga skyfall överskrids ledningssystemets kapacitet och markens infiltrationsförmåga, vilket medför att avrinning sker på markytan. Denna ytavrinning ansamlas i områdets lågpunkter och skapar översvämning. Finns det ingen möjlighet för dagvattnet att rinna ut ur lågpunkten, kanske på grund av barriärer som vägar eller bebyggelse, skapas instängda områden. Översvämningar i lågpunkter som dessutom är instängda kan komma att orsaka stora materiella skador och medföra risk för hälsa och liv.

Göteborgs Stad har därför identifierat potentiella lågpunkter och instängda områden i en skyfallsmodell som finns tillgänglig på Göteborgs Stads hemsida "Vatten i staden".

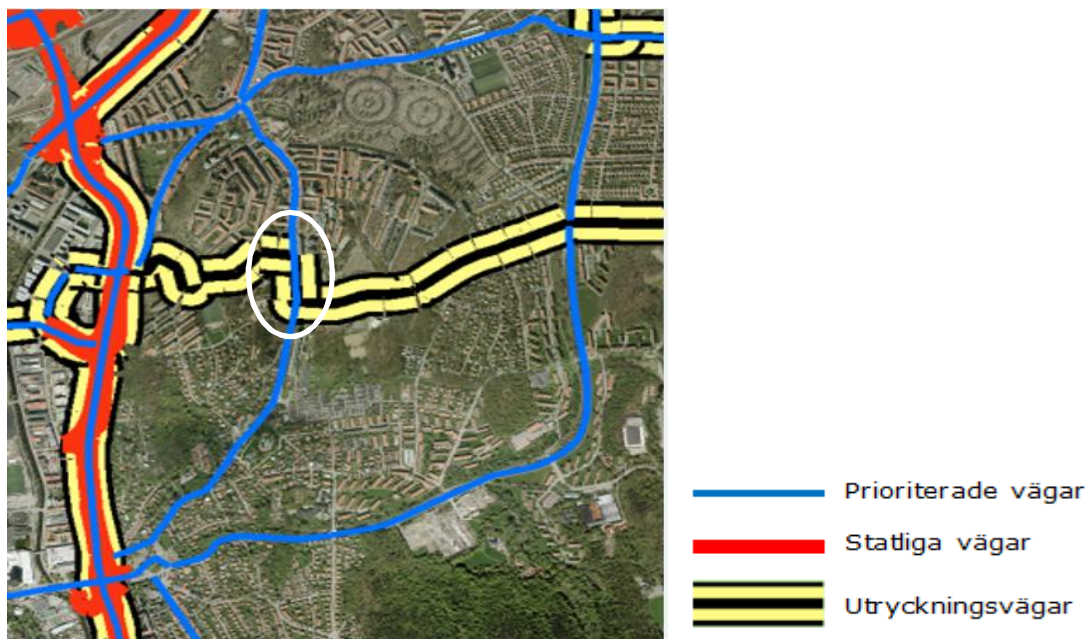
Skyfallsmodellen visar att flera lågpunkter finns inom plan- och utredningsområdet. Stora mängder dagvatten ansamlas vid cirkulationsplatsen i Danska vägen vid 100- respektive 500-årsregn, se Figur 8. Vid ett 100-årsregn blir vatten stående med ett vattendjup på mellan 0,1-0,5 m runt om själva cirkulationsplatsen och söder om den ännu djupare, 0,5-1 m. Danska vägen med sträckning Kärralundsgatan till Ingeborgsgatan inklusive cirkulationsplatsen är en prioriterad väg men framförallt en utryckningsväg för räddningstjänsten, se Figur 9. Då kravet för framkomlighet för räddningstjänst är ett maxdjup på 0,5 m kommer de vid skyfallssituation inte kunna ta sig fram.

Befintliga bygggander inom planområdet skapar barriärer för det dagvatten som rinner av från den västra höjdryggen. Detta gör att vatten blir stående på innergårdarna i den nordöstra delen av planområdet (Figur 8). Enligt modellen blir vatten stående med ett vattendjup mellan 0,1-0,5 m vid ett 100-årsregn. Även infaren till garaget under Örgryte-hotell översvämmas vid ett 100-årsregn, då mellan 0,5-1 m.

Vatten ansamlas även bakom Katolska skolan samt på hörnet där den planerade utbyggnaden kommer att ligga och vid den större regnhändelsen (500-årsregnet) blir vatten stående på parkeringen där det nya flerbostadshuset planeras.



Figur 8. Skyfallsmodellering av ett 100-årsregn (till vänster) och ett 500-årsregn (till höger) med fokus på utredningsområdet. Blå områden visar var översvämning sker med maximalt vattendjup i meter. Röda pilar visar i vilken riktning dagvattnet rinner av markytan. Hämtat från Göteborgs Stads hemsida: "Vatten i staden" 2017-05-22.



Figur 9. Översikt av prioriterade vägar, statliga vägar och utryckningsvägar med utredningsområdet inringat med vitt. Översiktskartan erhållen av Kretslopp och vatten, 2017-05-23.

3.8

Avrinningsområden

Med hjälp av höjdkurvor och befintligt ledningsnät har ett stort avrinningsområde identifierats. Det totala avrinningsområdet visar de ytor som bidrar (skapar översvämning) till utredningsområdets lågpunkt, de vill säga cirkulationsplatsen i Danska vägen. Ytterligare fyra delavrinningsområden har tagits fram inom det totala avrinningsområdet. Dessa fyra delavrinningsområden visar vilka ytor som bidrar med ytaavrinning till planområdet. Anledningen till att det är fyra delområden är för att planområdet avvattnas åt olika håll, beroende på vilken befintlig ledning som delavrinningsområdet antagits ansluta till (se kapitel 3.1 *Avvattning*). Nedan är det totala avrinningsområdet samt delavrinningsområdenas storlek angiven. Bilaga 1 visar det totala avrinningsområdet samt delavrinningsområdena före exploatering.

Totala avrinningsområdet – ca 15 ha

Delområde A – 1,02 ha

Delområde B – 0,54 ha

Delområde C – 1,88 ha

Delområde D – 0,98 ha

3.8.1

Dagvattenflöden före exploatering

Beräkningar för dagvattenflöden inom delavrinningsområdena har gjorts enligt Svenskt Vattens publikationer. Vid beräkningar av dimensionerande dagvattenflöden har Rationella metoden använts. Beräkningarna redovisas utförligare i Bilaga 4.

Dimensionerande flöden har beräknats för delområdena, då för den markyta som avvattnas till planområdets olika anslutningspunkter/utloppspunkter.

De avrinningskoefficienter som har använts vid dimensionering är 0,9 för tak, 0,8 för asfaltytor och hårdgjorda ytor på innergård, 0,3 för sluttande skogs- och naturmark, samt 0,2 för grusytor samt 0,1 grönytor på innergård och för plan parkmark. Samtliga avrinningskoefficienter är uppskattade enligt P110 men har i vissa fall ökat/minskats för att anpassas till områdets förutsättningar.

Rinntiden för avrinningsområdet är ca 10 minuter, vilket är den regnvaraktighet som använts i utredningens beräkningar. Flödesberäkningar har utförts för dimensionerande regn med återkomsttiden 5, 20 och 100 år.

Tabell 1 visar dimensionerande dagvattenflöden före exploatering för samtliga delavrinningsområden.

Tabell 1. Dimensionerande regnintensitet och dagvattenflöden för respektive delavrinningsområde före exploatering.

Delområde	Återkomsttid (år)	Regnintensitet (l/s, ha)	Flöde (l/s)
A	5	189	111
	20	287	169
	100	489	287
B	5	189	53
	20	287	62
	100	489	106
C	5	189	180
	20	287	274
	100	489	466
D	5	189	57
	20	287	86
	100	489	147

3.9 Recipientens status

3.9.1 Miljökvalitetsnormer

Miljökvalitetsnormer, MKN, är ett styrinstrument inom Vattenförvaltningen som står för den svenska lagstiftningens implementering av EUs vattendirektiv. Direktiven utgår från vattnets naturliga avrinningsområden istället för administrativa gränser i form av länder och kommuner. Miljökvalitetsnormerna uttrycker den kvalitet en vattenförekomst bör ha. Som underlag för MKN har ekologisk status och kemisk ytvattenstatus bedömts för varje vattenförekomst. Vattenförekomsternas nuvarande ekologiska status, de vill säga dess miljötillstånd, bedöms enligt en femgradig skala: Hög, God, Måttlig, Otillfredsställande och Dålig.

Ekologisk status är en sammanvägning av biologiska, kemiska och hydrologiska parametrar medan kemisk ytvattenstatus bestäms av gränsvärden för 33 olika ämnen som är gemensamma för EU. Samtliga ämnen är miljögifter och benämns i vattenförvaltningsarbetet som prioriterade ämnen. Om gränsvärdet för ett av ämnena överskrids uppnås inte kravet på god kemisk ytvattenstatus.

Planområdet avvattnas med en dagvattenledning under Danska vägen söderut till recipienten Delsjöbäcken som mynnar i Mölndalsån. Delsjöbäcken eller *Bäck från Stora Delsjön* har klassats enligt MKN-vatten. Den ekologiska statusen i Delsjöbäcken bedömdes 2013 vara måttlig då vattenförekomsten inte uppfyller kvalitetskraven för konnektivitet. Enligt arbetsmaterialet har det varit tekniskt omöjligt att uppnå god ekologisk status till 2015 och ett tidsundantag till 2021 är därför satt. Skälet till tidsundantaget beror på att det finns en fysisk påverkan åstadkommen av människan som gjort att fiskar och andra vattenlevande djur inte kan vandra i vattensystemet, eller saknar naturliga livsmiljöer i strandzonen på grund av exempelvis uppodlad mark eller olika typer av beläggningar avsedda att skydda strandlänten eller bebyggelsen innanför. Detta problem kan åtgärdas genom att vattendraget återställs till ett mer naturligt tillstånd. Arbetet innebär dock orimliga kostnader på grund av att den administrativa kapaciteten är otillräcklig då tillsyns- och omprövningsprocesser är tids- och resurskrävande (VISS, 2017-05-12).

Den kemiska ytvattenstatusen bedömdes som god 2009/2015. Detta med undantag för polybromerade difenylterar, PBDE (bromerade flamskyddsmedel) samt kvicksilver och kvicksilverföreningar. Halterna av PBDE bedöms överskridna i fisk i samtliga vattenförekomster. Den största påverkan av både PBDE och kvicksilver består av långväga, globala atmosfäriska utsläpp som förorenar ytvattnet, och över tid har ackumulerats i vattenlevande organismer och fisk. Föroreningarna har en sådan omfattning och karaktär att det i dagsläget inte finns tekniska förutsättningar för att sänka halterna PBDE samt kvicksilver och kvicksilverföreningar till de nivåer som motsvarar god kemisk ytvattenstatus, vilket resulterar i mindre stränga krav. De nuvarande halterna av PBDE samt

kvicksilver och kvicksilverföroreningar (december 2015) får dock inte öka (VISS, 2017-05-15).

3.9.2

Reningskrav för dagvatten

Enligt Göteborgs Stads publikation *Reningskrav för dagvatten*, finns Delsjöbäcken med bland skyddsvärda avrinningsområden/recipienter. Delsjöbäcken har tilldelats prioriteringsklass 2, av totalt 4, där 1 innebär mest känslig. Indelningen av olika prioriteringsklasser görs genom att jämföra relativ föroreningsbelastning beräknad av Va-verket och ett sammanvägt värde för ekologi och rekreation enligt Miljöförvaltningen (Mf) och Park och Naturförvaltningen (PoNf).

Planområdet ges klass 2 (medelbelastad yta) vad gäller de avvattnade ytornas föroreningsbelastning (Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad, 2016-10-31). Anledningen till klassingen är att vägarna i området enligt Trafikkontoret har en årsdygnstrafik (ÅDT) på ca 4500-7500 fordon per dygn att området innehåller parkeringsplatser, flerfamiljs- och kontorsområden. Sammanfattningsvis betyder detta att enklare rening av dagvatten bör eftersträvas innan det når Delsjöbäcken, se Tabell 2.

Tabell 2. Matris för dagvattenrening, hämtad från Kretslopp och vattens publikation Reningskrav för dagvatten.

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

Med enklare rening avses användning LOD, fördröjning, översilning, utjämningsmagasin eller avledning i öppet dike (Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad, 2016-10-31).

För de ytor som avvattnas till kombinerade ledningar klassas recipienten som mindre känslig, vilket med en medelbelastad yta också kräver enklare rening.

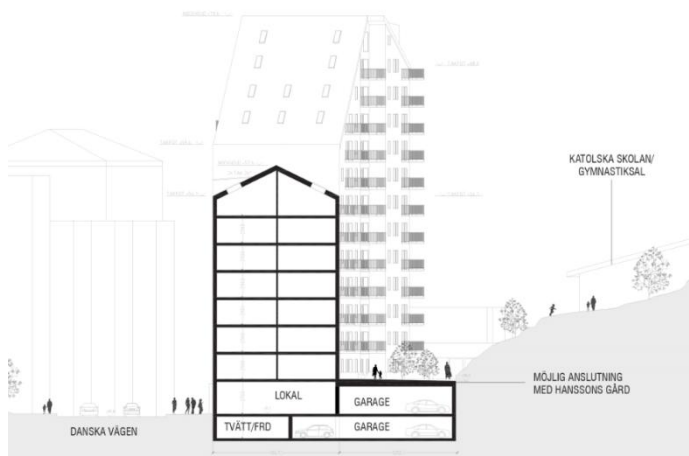
4. Framtida förhållanden

4.1 Planområdet

Bilaga 2 visar ett utkast av plankartan. Figur 10 och 11 visar illustrationsskisser över den nordöstra delen av planområdet med det nya planerade flerbostadshuset samt påbyggander på befintliga bostadshus samt på Örgryte-hotell. Innergårdarna till det nya flerbostadshuset och till de befintliga flerbostadshusen knyts samman med en ramp.

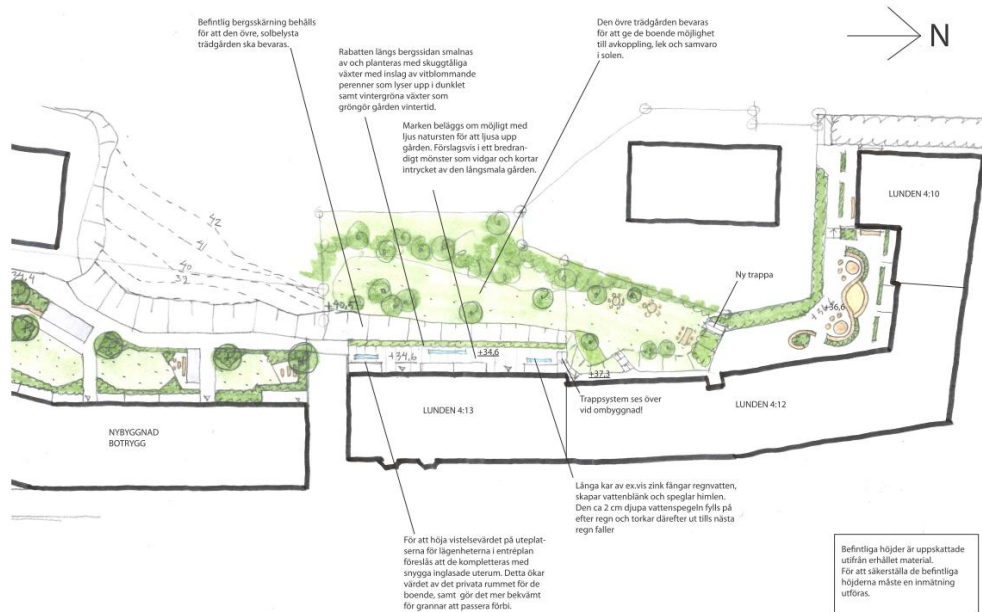


Figur 10. Nordöstra delen av planområdet med fasaderna vetter mot Danska vägen med planerat bostadshus i väst (nuläget en parkering) och Örgryte-hotell i öst.

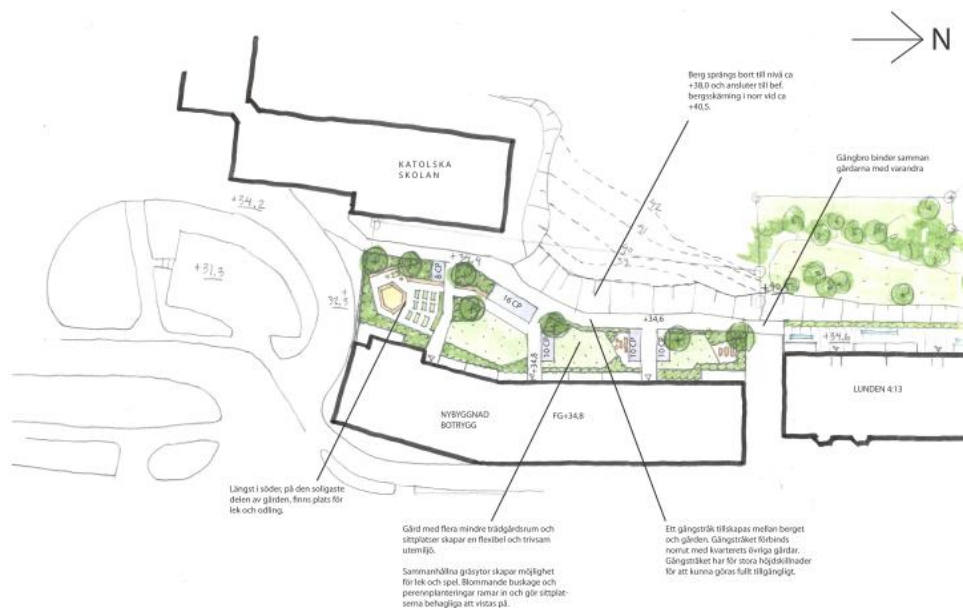


Figur 11. Fasad mot norr för planerat flerbostadshus och innergård.

Tengboms arkitekter har sammanställt analys- och strukturskisser för Danska vägen där den befintliga innergården finns med men även innergården till det nya flerbostadshuset. Figur 12 visar illustrationsskiss av innergården vid Örgryte-hotell och innergården som kallas Hanssons gård. Figur 13 visar en illustrationsskiss av innergården för det planerade flerbostadshuset.



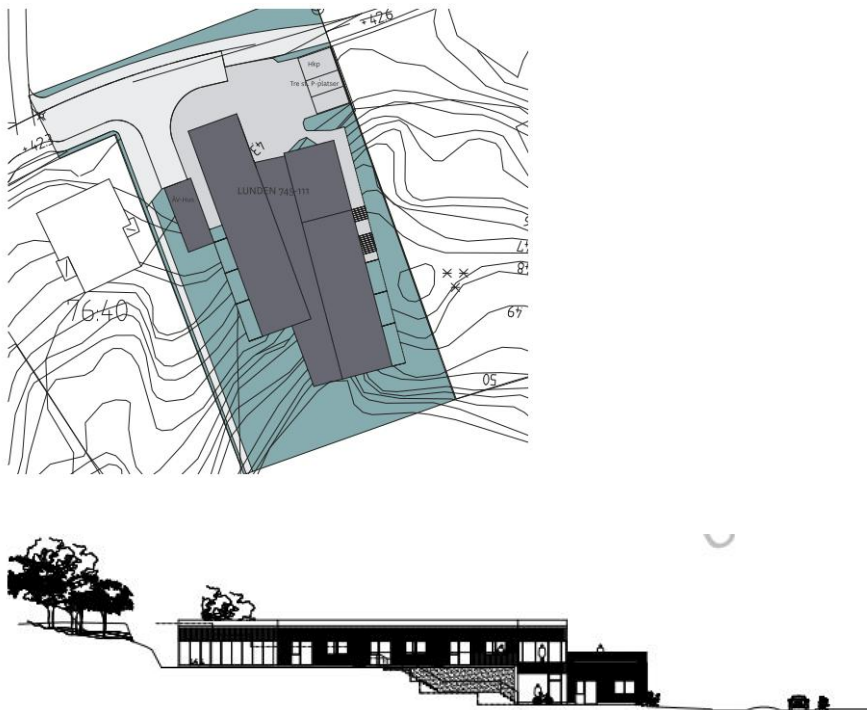
Figur 12. Strukturskiss av innergården vid Örgryte-hotell och innergården som kallas Hanssons gård.



Figur 13. Strukturskiss av innergården för det planerade flerbostadshuset.

Den befintliga gångbanan som knyter samman Skogshydegatan med Danska vägen i sydvästra delen av planområdet säkras genom omvandling till allmän platsmark som gång- och cykelstråk. GC-vägen planeras breddas.

Det planerade boendet med särskild service är skisserat som en suterräng-
byggnad där entreplan enligt plankartan ligger något lägre än GC-vägen.
Föreslagen utformning av BmSS-byggnaden i plan och profil kan ses i Figur 14.



Figur 14. BmSS-byggnaden sett från ovan samt bygganden i profil med fasaden vett mot Danska vägen.

Förutom plankartan i Bilaga 2 har inget underlag på utformningen av Katolska skolans utbyggnad erhållits.

4.2

Dagvattenflöden efter exploatering

Dagvattenflöden efter exploatering har beräknats på samma sätt som innan, där regnvaraktigheten har antagits vara detsamma. Det totala avrinningsområdet har antagits vara det samma men gränserna mellan vissa av delavrinningsområdena har flyttats då exploateringen i delområde D medför bergsprängning för att göra BmSS-bostaden möjlig, se Bilaga 2 samt Bilaga 4 för utförligare information.

För att ta hänsyn till framtida klimatförändringar och ökade nederbörds mängder ansätts en klimatkfaktor (KF) på 1,25 enligt Svenskt Vattens Publikation P110. Då klimatförändringen redan är här, har två olika scenarion jämförts, vilket redovisas i Tabell 3 nedan. Ett som visar skillnaden i dagvattenflöde då klimatkfaktorn har lagts på regninintensiteten både före och efter exploatering, vilket är detsamma som skillnaden mellan före och efter exploatering utan någon klimatkfaktor alls. Samt ett då klimatkfaktorn endast har multiplicerats med regninintensiteten för flöden efter exploatering.

Klimatfaktorn har multiplicerats med dimensionerande regnintensitet för 5, 20 och 100-årsregnen och blir 236, 359 respektive 611 l/s, ha.

Tabell 3. Dagvattenflöden efter exploatering samt skillnaden i flöden före kontra efter exploatering med och utan klimatfaktor, för samtliga delavrinningsområden.

Delområde	Återkomst-tid (år)	Intensitet (l/s, ha)	Flöde (l/s)	Skillnad efter exploatering (l/s)	Flöde inkl. KF (l/s)	Skillnad efter exploatering inkl. KF (l/s)
A	5	189	113	2	141	30
	20	287	171	3	214	45
	100	489	292	4	365	77
B	5	189	56	3	70	17
	20	287	85	22	106	43
	100	489	144	38	180	74
C	5	189	180	0	225	45
	20	287	274	0	342	69
	100	489	467	1	579	113
D	5	189	79	22	98	42
	20	287	120	33	150	63
	100	489	204	57	255	108

Då gränserna mellan avrinningsområdena har flyttats något mellan delområde C och D resulterar detta i att skillnaden mellan flöde före och efter exploatering utan klimatfaktor blir negativ.

4.3 Fördröjningsvolym efter exploatering

Fördröjning av dagvatten på kvartersmark ordnas enligt Kretslopp och vattens riktlinjer som i nuläget motsvarar minst 10 mm per m² hårdgjord yta. Den hårdgjorda ytan motsvaras av reducerad area, de vill säga den hårdgjorda ytan multiplicerat med ytans avrinningskoefficient. En avrinningskoefficient på 0,9 motsvarande den för tak har använts i föroreningsberäkningarna.

På allmän platsmark bör minst 20 mm per m² hårdgjord yta kunna fördröjas. Anledningen till att fördröjningsvolymen är högre för allmän platsmark beror på att dagvattenledningen som avvattnar delavrinningsområde B och C söderut via Danska vägen är överbelastad och ytterligare belastning på denna bör därför minimeras.

4.3.1

Kvartersmark

Tabell 4 nedan redovisar erforderlig fördröjningsvolym på kvartersmark.

Tabell 4. Erforderlig fördröjningsvolym på kvartersmark.

Delområde	Avvattnas mot	Reducerad area (m ²)	Fördröjningsvolym (m ³)
A	Innergård	1515	15
	Danska vägen	870	9
B	Innergård	885	9
	Danska vägen	430	4
C	Hela fastigheten	655	7
D	Hela fastigheten	1050	11

4.3.2

Allmän platsmark

Tabell 5 nedan redovisar erforderlig fördröjningsvolym på allmän platsmark.

Tabell 5. Erforderlig fördröjningsvolym på allmän platsmark.

Delområde	Reducerad area (m ²)	Fördröjningsvolym (m ³)
A	40	1
B	310	6
C	370	7
D	560	11

5. Föreslagen dagvattenhantering

Föreslagen struktur för dagvattenhanteringen har tagits fram för två olika dimensionerande regnhändelser, "vanliga" regn och skyfall. Första dimensionerande regnhändelsen handlar om avledning, fördröjning och eventuell rening med hänsyn till "vanliga" regn inom planområdet. Med "vanliga" regn menas i detta fall ett dimensionerande 5-årsregn. Den andra regnhändelsen handlar om avledning och fördröjning för ett dimensionerande 100-årsregn (skyfall) inom plan- och utredningsområdet, och går därför under benämningen skyfallshantering. Dagvattenhanteringen för både "vanliga" regn och skyfall ska i första hand möjliggöras inom planområdet. I fall detta inte är möjligt redovisas alternativa lösningar placerade utanför planområdet.

För både "vanliga" regn och vid skyfall är höjdsättning av dagvattensystemet och marknivåerna av yttersta vikt för att säkerställa självfall och minska risken för översvämning.

Ny höjdsättning bör se till att det finns marginal så att exempelvis entréer inte riskerar att översvämmas samt att dagvatten kan rinna bort från byggnader. Markytan bör luta 2-5 % från fasaden. Höjdsättningen bör också se till att dagvattnet rinner mot dagvattenanläggningar och vidare mellan byggnader via skyfallsvägar som gångvägar och gator till mindre känsliga platser där dagvattnet kan tillåtas att dämma upp.

I Bilaga 3 har vattengångar och föreslagna marknivåer för dagvattenhantering satts ut vid anläggningarna. Vattengångarna är baserade på inmätta vattengångar samt att få tillräckligt med självfall i drän- och dagvattenledning, både i och till föreslagana dagvattenanläggningar. Marknivåerna är baserade erhållet material men i vissa fall har de justerat för att se till så att dagvattnet rinner till föreslagna anläggningar. För att säkerställa de befintliga höjderna bör en inmätning utföras. Detta då höjdsättningen i plankartan blir styrande för detaljplanen och det är av vikt att denna inte strider mot föreslagen dagvattenhantering.

5.1

Dagvattenåtgärder för "vanliga" regn på kvartersmark

Dagvatten genererat inom planområdets kvartersmark ska fördröjas enligt KoV:s krav om minst 10 mm per m² hårdgjord yta (reducerad area).

I Bilaga 3 redovisas föreslagna dagvattenhanteringsmetoder vid "vanliga" regn för den del av planområdet som ingår i respektive delavrinningsområde. Nedan motiveras valet av dagvattenåtgärderna under respektive delområde, och i Bilaga 6 finns mer ingående information om de föreslagna dagvattenåtgärderna.

Delområde A

Påbyggnaden på befintliga flerbostadshus medför ett fördröjningsbehov på 15 m^3 på innergården i delområde A. Fördröjningsmagasin i form av upphöjda växtbäddar föreslås anläggas anslutning till byggnadens stuprör, se Figur 15 och Bilaga 6 under rubrik 2. *Regnträdgårdar*. Dräneringsledningen på växtbäddens botten föreslås anslutas till befintligt system under innergården, för att sedan ledas under byggnaden vidare till den kombinerade ledningen under Danska vägen.



Figur 15. Till höger visas en principskiss av upphöjd växtbädd på innergården framtagen av Ramböll. Till vänster ett verkligt exempel på en upphöjd växtbädd belägen på Hisingen, Göteborg. Foto: Ramböll.

Magasineringsvolymen i den upphöjda växtbädden har schablonmässigt antagits utgöras av porvolymen (hålrumsvolymen) i fyllnadsmassorna, ca 30 % av den totala volymen. På innergården behövs totalt ca 7 stycken regnbäddar med en volym om $2,4 \text{ m}^3$ per växtbädd. Den upphöjda växtbädden har då beräknats ha en bredd på 2 m, längd på 4 m, djup på 1 m och porvolym 0,3.

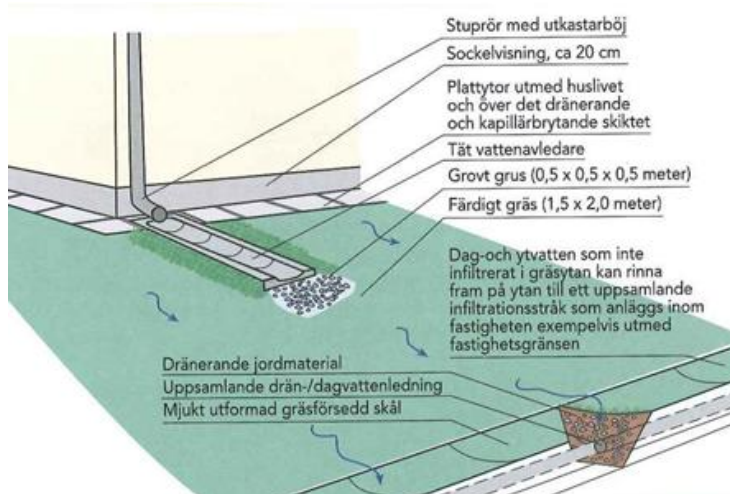
På andra sidan den befintliga byggnaden med fasaden mot Danska vägen behöver ca 9 m^3 fördröjas då hälften av takytan antas rinna av åt detta håll. På denna sida föreslås befintliga planteringar till viss del ersättas av upphöjda växtbäddar så att takavvattningen precis som på innergården kan fördröjas i dessa. Upphöjda växtbäddar är att föredra då området ansluts till ett kombinerat system vilket kräver att extra säkerhet med avseende på uppdämning.

Då taklutningen på bygganden i delområdet enligt plankartan är brant, mellan 25-30 grader rekommenderas inte att gröna tak anläggs. Detta då tak över 27 grader kräver förankring och bevattning vilket är kostsamt, se Bilaga 6 och rubrik 1.

Gröna tak.

Delområde B

Det nya flerbostadshuset i delområde B ger upphov till fördröjningsbehov om ca 9 m³. Den nya innergården planeras vila på ett planterbart bjälklag som underbyggs med parkeringsdäck. På innergården föreslås fördröjningsmagasin i form av gräsbeklädda översvåmningsytor anläggas. Översvåmningsytans utformas med fördel som ett svackdike med flacka slänter och en mjukt gräsförsedd skål som sluttar i längdsled med innergården, mot kortsidan och öppningen vid Danska vägen. Figur 16 visar en principskiss där tak- och ytvatten leds ut över gräsmark. I Bilaga 6 under rubrik 6.1 *Svackdiken* finns ytterligare information om olika typer av svackdiken.



Figur 16. Principskiss där takvatten leds ut över mark. Överskottsvatten som inte infiltrerar rinner mot ett uppsamlende dräneringsstråk och vidare mot dagvattensystem utanför fastigheten. Källa: Svenskt Vattens publikation P105 – Hållbar dag- och dränvattenhantering (augusti 2011).

Svackdikets lågstråk föreslås placeras nära den skisserade gångvägen som via en ramp sammankopplar innergården i delområde A. Då bjälklaget är plant har utgångspunkten varit att marktäckningen som minst ska vara 1 m tjockt. Detta för att det måste slutta (minst 2 %, rekommenderat 5%) från byggnaden mot svackdikets lågstråk eller magasinet. Samt att erforderlig lutning för självfall i längdsled (minst 0,5 %) också krävs.

Svackdiket ges ett djup på 0,2 m beräknat från det planerade flerbostadshusets entréer på +34,8. Sammantaget ger förslaget svackdike en fördröjningsvolym på 20 m³. Marknivåer samt vattengångar finns redovisade i Bilaga 3.

En dräneringsledning föreslås läggas 0,2 m under svackdikets gräsförsedda skål. Alternativt behöver dräneringen avledas genom taket på parkeringsdäcket, vilket medför ledningar i parkeringsgaraget. Detta kan i sin tur påverka dagvattensservisens höjd för att anslutning ska vara möjlig. Kan man undvika att skapa genomförningar genom bjälklaget är detta önskvärt. Dagvattenhantering på bjälklag är komplicerat och måste tas med i ett tidigt stadiet i samarbete med konstruktion.

De tvärgående gångvägar som ansluter från byggandens entré föreslås utformas med en broliknande övergång för att möjliggöra att vattnet kan rinna hela vägen genom svackdiken. Figur 17 visar ett exempel på hur en broliknande övergång kan se ut.



Figur 17. Exempelbild på hur en broliknande övergång i en yta som används till dagvattenhantering kan se ut. Foto: Ramböll

På andra sidan den befintliga byggnaden med fasaden mot Danska vägen behöver ca 4 m³ fördröjas då hälften av takytan antas rinna av åt detta håll. Då fasadlivet på det planerade huset ligger i fastighetsgräns finns här knappt något utrymme för fördröjning. Om det är möjligt föreslås takavvattningen ske mot innergården, där det finns möjlighet till ytterligare fördröjning. Alternativt leds takavrinningen till ett magasin i form av en tank eller likande på parkeringsdäcket eller på något annat plan i den nya byggnaden, för att sedan anslutas till befintlig dagvattenledning i Danska vägen.

Då taklutningen på bygganden i delområdet enligt plankartan är brant, mellan 25-30 grader rekommenderas inte att gröna tak anläggs.

Delområde C

Skolbyggnadens planerade utbyggnad ger upphov till ett fördröjningsbehov på ca 7 m³ på kvartersmark inom delområde C. Då taklutningen enligt plankartan ligger mellan 18-20 grader föreslås att gröna tak anläggs, se Bilaga 6 och rubrik 1.

Gröna tak. Det gröna taket bidrar till att minska fördröjningsbehovet men övriga hårdgjorda ytor i planområdet som också genererar ytavrinning kvarstår.

Ytterligare fördröjning skulle kunna ske med ett underjordiskt magasin, exempelvis ett rörmagasin se Bilaga 6 och rubrik 7. *Underjordiska fördröjningsmagasin.* Hit kan takytor och övriga hårdgjorda ytor avvattnas med hjälp dagvattenbrunnar och ledningar. Fördröjningsmagasinet placeras med fördel i den sydöstra delen av planområdet för att undvika att träd avverkas (Figur 18).



Figur 18. Vy över sydvästra delen av planområdet med den planerade utbyggnaden av Katolska skolan som visar de stora och gamla träden.

En ny ledning föreslås anläggas längs med utbyggnadens fasad för att samla upp takvatten. Därefter fortsätter ledningen med självfall till föreslaget fördröjningsmagasin. En brunn med sandfång föreslås på dagvattenledningen innan magasinet samt en spolbrunn för att möjliggöra underhåll. Det krävs ett 14 m långt rörmagasin med en innerdiameter på 800 mm för att fördröja ca 7 m³.

Dagvattenledningen som i dagsläget ligger under lekplatsen, i ytan för den planerade utbyggnaden bör flyttas eller tas bort, detta då ledningar under byggnader bör undvikas. En ny ledning föreslås anslutas till befintligt system för att leda befintlig takavvattnings längs med planområdesgränsen för att sedan vika av efter utbyggnadens slut mot utlopp i slänten, på samma vis som. Till denna ledning skulle även föreslaget fördröjningsmagasin kunna anslutas.

Delområde D

Den planerade BmSS-bygganden i delområde D medför ett fördröjningsbehov på ca 11 m³. Då det inte finns någon taklutning angiven i utkastet av plankartan föreslås att gröna tak anläggs, se Bilaga 6 och rubrik 1. *Gröna tak*.

Precis som i delområde C så behövs ytterligare fördröjning, förslagsvis ett svackdike i stil med det som föreslås i delområde B (Bilaga 6 under rubrik 6.1 *Svackdiken*). Svackdiket är bra då det kräver relativt liten höjd, vilket är att föredra då vattengången i den brunn där anslutningen till befintlig kombinerad ledning planeras ligger högt i förhållande till föreslagen marknivå i plankartan. Dessutom krävs extra säkerhet då fastigheten planeras anslutas till kombinerat system.

Svackdiket föreslås placeras i det nordöstra hörnet av planområdet i delområde D och göras 0,4 m djupt med släntlutning 1:4. Med en bredd på ca 4,5 m och en längd på 11 m kan svackdiket med denna utformning fördröja ca 11 m³.

Precis som för delområde C föreslås en ny ledning med dagvattenbrunn med sandfång längsmed BmSS-byggandens fasad för att leda takvattnet till svackdiket.

5.2

Dagvattenåtgärder för "vanliga" regn på allmän platsmark
Dagvatten genererat på allmän platsmark inom planområdet ska fördröjas enligt KoV:s krav om minst 20 mm per m² hårdgjord yta (reducerad area). Bilaga 3 redovisar föreslagen dagvattenhantering vid "vanliga" regn för den del av planområdet som ingår i respektive delområde. Nedan motiveras valet av dagvattenåtgärderna under respektive delområde, och i Bilaga 6 finns mer ingående information om föreslagna dagvattenåtgärder.

Delområde A och B

I delområde A ingår en mycket liten del av Ingeborgsgatan i planområdet då det här planeras för en parkeringsficka med två stycken p-platser. Parkeringsfickan är ca 40 m² vilket ger ett fördröjningsbehov på ca 1 m³. Fördröjningsbehovet för den del av Danska vägen som ingår i delområde B är ca 6 m³. Större delen av ytan (ca 340 m²) i Danska vägen planeras enligt Trafikkontorets senaste planskiss bestå av asfalterade gång- och cykelbanor men till viss del även av plattsatt/stensatt yta. I denna plattsatta yta planeras en parkeringsficka, läget för denna är ännu inte fastslaget.

Dagvattnet föreslås i både Ingeborgsgatan och Danska vägen fördröjas i ett underjordiskt makadamdike se Bilaga 6 under rubrik 6.2. *Makadamdiken*. För att uppnå en större reningseffekt bör den plattsatta ytan i Danska vägen ges en ännu mer genomsläpplig beläggning i form av växtlighet, exempelvis gräsytta, så att vatten tillåts infiltrera ner till det underjordiska magasinet. Krossmaterial är också ett alternativ. Figur 19 visar exempel på ett makadamdike med släpp i kantsten vid övergång.



Figur 19. Exempel på makadamdike i Malmö, med släpp i kantsten vid permeabel övergång. Foto: Ramböll

Erforderlig fördröjningsvolym ryms i ett tätt makadammagasin som beräknats ha en bredd på 2 m, längd på totalt 4m, djup på 0,5-1 m och porvolym 0,3. I Danska vägen krävs det totalt ca tre stycken magasin med ett djup på 1 m för att fördröja totalt 7 m³. I Ingeborgsvägen krävs ett makadammagasin med ett djup på 0,5 m och en längd på 4 m. Anledningen till att det makadammagasinet ges ett mindre djup i Ingeborgsgatan är för att det under den planerade parkeringsfickan idag ligger fjärrvärmeledningar. Utformningen av makadammagasinet i Ingeborgsgatan bör undersökas vidare då läge på fjärrvärmeledningen är osäkert.

Fördröjningsmagasinen i Danska vägen placeras med fördel så långt norrut som möjligt då spillvattenledningen som går under fasigheten i dagsläget kommer flyttas. Troligtvis kommer den nya spillvattenledningen samförläggas med dagvattenledningen i Danska vägen vilket gör att det blir ont om utrymme ju längre ut mot cirkulationsplatsen magasinerna hamnar.

Delområde C och D

Gång- och cykelvägen som sammankopplar Skogshyddegatan med Danska vägen har ett sammanlagt fördröjningsbehov på 18 m³. Östra delen av GC-vägen som går genom delområde C har en fördröjningsvolym på ca 7 m³.

Fördröjningsbehovet för den västra delen av planområdet, genom delområde D blir då ca 11 m³.

Då GC-banan lutar skarpt ner mot Danska vägen (Figur 3) kan det vara svårt att få till fördröjning längs med eller under vägen. Dagvattenhanteringen kan istället bestå av någon form av underjordiskt magasin, exempelvis ett makadammagasin, dock skulle lösningen behöva vara trappad för att möjliggöra fördröjning. Mest fördelaktigt hade varit om vattnet tilläts rinna ner till dagvattendammen på skolans fastighet.

GC-vägen i Delområde C föreslås dock ledas ner till en samlad fördröjning i form av ett svackdike mellan Lilla danska vägen och Danska vägen (se Figur 20, Bilaga 6 under rubrik 6.1). *Svackdiken*).

Svackdiket ges samma dimensioner som det på kvartersmark i delområde D, det vill säga 0,3 m djupt med släntlutning på 1:6, bredd på ca 4,5 m. Med en längd på 10 m kan svackdiket med denna utformning fördröja mer än de ca 7 m³ som krävs.

Delområde D avvattnas till den kombinerade ledningen under Skogshyddegatan. Då den västra delen av GC-banan är plan skulle ett underjordiskt magasin i form av ett makadamdike anläggas under vägen och/eller den planerade vändplatsen. Strax intill GC-vägen finns dock parkmark invid bollplanen. Där föreslås ett svackdike anläggas. Svackdiket ges samma dimensioner som ovan. Med en längd på 25 m kan svackdiket med denna utformning fördröja mer än de ca 11 m³ som krävs. Notera att båda föreslagna anläggningar för att hantera dagvatten från GC-vägen på allmän platsmark är förlagda utanför planområdet.



Figur 20. Exempel på svackdike i Malmö. Foto: Ramböll

5.3

Skyfallshantering

Skyfallskarteringen visar att det finns behov av dagvattenåtgärder på många håll inom utredningsområdet (se Figur 8 och läs mer under kapitel 3.7

Skyfallskartering). För att säkerställa en effektiv skyfallshantering där dagvattenavrinningen vid extrema regnhändelser tar sig till föreslagna dagvattenåtgärder och till platser där det kan tillåtas att dämma upp krävs en genomtänkt höjdsättning vid fortsatt exploatering.

Under riktigt kraftiga skyfall kommer föreslagna åtgärder på kvartersmark inte hinna med att avleda dagvattnet och då kommer det att rinna av på markytan. Ny höjdsättning bör därför säkerställa att det finns marginal så att exempelvis entréer inte riskerar att översvämmas samt att dagvatten kan rinna bort från byggnader. Markytan bör luta 2-5 % från fasaden. Höjdsättningen bör också se till att dagvattnet rinner mot dagvattenanläggningar och vidare mellan byggnader via skyfallsvägar som gångvägar och gator till mindre känsliga platser där dagvattnet kan tillåtas att dämma upp.

När större nederbörd än det dimensionerande regnet når fördröjningsmagasinet måste bortledning och bräddning kunna ske så att vatten inte riskerar att bli stående och stiga så högt att byggnader kommer till skada. I öppna fördröjningsmagasin finns det marginal för mer vatten att rymmas jämfört med ett underjordiskt magasin, där extra volym endast kan tillförskaffas om ytan ovan magasinet tillåts att översvämmas. I ett ytligt magasin som exempelvis ett svack- eller makadamdike kan bräddning utgöras av en större ledning eller en dagvattenbrunn med kupolsil som ligger på samma nivå som högsta tillåtna vattennivån i magasinet.

För att förhindra att ytavrinning sker till känsliga lågpunkter kan avskärande åtgärder vara ett sätt att hantera skyfall på. Avskärande åtgärder kan exempelvis vara i form av en låg stödmur eller kantsten som dagvattnet dämmer upp bakom (Figur 21). Det finns exempelvis kantsten vid parkeringen som ligger ovan en bit av innergården i den nordvästra delen av planområdet vilken potentiellt fångar upp en del av det dagvatten som rinner av berget. Figur 22 visar ett annat exempel på hur denna typ av åtgärd skulle kunna användas för att förhindra översvämning.



Figur 21 (vänster). Exempel avskärande åtgärd i form av kantsten placerad i parkering ovan innergården i den nordöstra delen av planområdet.



Figur 22 (höger). Exempel avskärande åtgärd i form av låg stödmur vid Katolska skolans sydvästra hörn. Fotomontage av Ramböll. En mur utgör dock bara en barriär och säkerställer nödvändigtvis inte avledning. En öppen ränna skulle också kunna fungera som en avskärande åtgärd som fångar upp dagvattnet och avleder det, se Figur 23.



Figur 23. Exempel avskärande åtgärd i form av en öppen ränna, placerad ovan Hebegatan strax utanför planområdet.

Ett annat exempel på en avskärande åtgärd är att anlägga mjukt skålade diken eller en infiltrerande grussträng invid bergsslänterna, se Figur 24.



Figur 24. Exempel avskärande åtgärd i form av grussträng invid bergsslänten. Fotot taget vid befintliga flerbostadshus strax utanför planområdet.

Bilaga 3 innehåller ett idéförslag på dagvattenhantering vid skyfall. I Bilagan ges exempelvis förslag på var avskärande åtgärder kan placeras för skydda nedströms liggande bebyggelse. Läg dock märke till att en del åtgärder är placerade utanför plan- och utredningsområde.

5.3.1

Kvartersmark

I den nordöstra delen av planområdet rinner dagvatten vid skyfall av höjdryggen och blir stående på innergårdaren till de befintliga flerbostadshusen. Innergården i sig innehåller höjdskillnader som gör att vatten vid skyfall främst ansamlas i en lågpunkt vid hörnet på fastighet 4:12. Höjdskillnaderna och den befintliga muren mellan fastighet 4:10 och 4:12 skapar ett instängt område där det dagsläget inte finns avledning vid skyfall. För att säkorsälla en skyfallsväg från innergården bör muren mellan Lunden 4:10 och 4:12 öppnas upp så att dagvattnet kan avledas västerut mot Hebegatan och vidare längs med berget vid den lilla gångvägen som går utmed fasaden på Lunden 4:10. Vidare bör ny höjdsättning se till så att flöde ut från den instänga lågpunkten mot Hebegatan möjliggörs, detta kan dock vara problematiskt då bjälklaget innergården vilar på är gammalt och inte tål så mycket laster.

Vidare föreslås en avskärande åtgärd i form av en låg stenmur implementeras på berget ovan samtliga innergårdar, se Bilaga 3. En öppen ränna antingen ovan innergården på berget eller nere på innergården skulle också kunna fungera som en avskärande åtgärd som fångar upp dagvattnet och avleder det, se Figur 23. Rännan skulle kunna vara enkel som ett enkelt veck i markstenen på innergården eller platsguten invid berget, dit markytan slutar från fasaden.

Infarten till parkeringsgaraget under befintliga bostadshus bredvid Örgryte-hotell skulle kunna överdäckas i samband med att rampen mellan de olika innergårdarna byggs. Men innovativ utformning skulle taket kunna utformas så att dagvatten som rinner av höjdryggen istället leds över till Danska vägen vilket förhindrar översvämning både på innergårdar samt nere vid garageporten. Om en liten bula i Danska vägen anläggs innan infarten förhindras dagvatten rinna ner till garageporten vid skyfall. Dock medför denna åtgärd att mer dagvattnet leds till Danska vägen vilket i sin tur skulle kunna öka översvämningen vid cirkulationsplatsen lägre nedströms.

Enligt Bilaga 3 så föreslås även låga stenmurar bakom Katolska skolan och en liten bit i fastighetsgränsen vid den planerade utbyggnaden av Katolska skolan. Detta för att förhindra att vatten blir stående längs med fasaden på Katolska skolan. En infiltrerande grussträng invid berget bakom den planerade BmSS-bygganden föreslås också för att ta hand om det ytvatten som rinner av höjdryggen.

5.3.2

Allmän platsmark

Vid skyfall rinner dagvatten längs med GC-vägen i den sydöstliga delen av planområdet ner mot Danska vägen (delområde C). För att förhindra att denna ytavrinning också belastar cirkulationsplatsen lämpar sig det föreslagna svackdiket för dagvattenhantering också bra.

Den delen av GC-vägen som avvattnas åt sydväst (delområde D) kan vid skyfall ledas till föreslaget svackdike på gräsplanen framför den nya BmSS-byggnaden.

Med föreslagen höjdsättning (se Bilaga 3) kommer dagvatten även att rinna över bollplanen och parkmarken. För att även ta hand om detta dagvatten kan tidigare föreslaget svackdike göras längre norrut. Även här är föreslagen dagvattenanläggning placerad på allmän platsmark utanför planområdet.

Vid ett 100-årsregn översvämmas cirkulationsplatsen i Danska vägen, så att framkomlighetskraven för räddningstjänst inte uppfylls. Detta bör åtgärdas då Danska vägen är prioriterad för räddningstjänsten. Rondellen är idag upphöjd vilket gör att vatten rinner av och blir stående på vägbanan (Figur 4). Rondellen föreslås därför sänkas (ca 0,5 m) så att dagvattnet istället kan ansamlas där och minska belastningen på vägbanan. Den nedsänkta rondellen kan även underbyggas av ett underjordiskt fördröjningsmagasin (exempelvis dagvattenkassett) för att avlasta vägbanan ytterligare. Befintlig dagvattenledning under cirkulationsplatsen ligger djupt och kan användas som utlopp för det föreslagna fördröjningsmagasinet i rondellen.

Vidare skulle täckta rännor i Danska vägen, söder om cirkulationsplatsen, kunna anläggas så att dagvattnet snabbare kan rinna söder ut och belastningen av cirkulationsplatsen minska ytterligare. Rännorna skulle kunna anslutas till befintlig dagvattenledning i Danska vägen.

Påpekas bör att marksänkning, fördröjningsmagasin och täckta rännor i Danska vägen är en utredning i sig och bör studeras vidare. Då bör även fördröjningsåtgärder uppströms utredas för att minska belastningen på cirkulationsplatsen. Det är även tydligt att planområdet endast utgör en mindre del av den bidragande ytan (totala avrinningsområdet, Bilaga 1 och 2) som ger upphov till översvämningen i cirkulationsplatsen. Blicken bör lyftas även utanför utredningsområdet för att se hur nedströms liggande områden påverkas av vid skyfall.

5.4 Investeringskostnader

En översiktlig bedömning av investeringskostnader för de föreslagna dagvattenanläggningarna har genomförts (Tabell 6). Kostnaderna är framtagna med hjälp tidigare erfarenhet från liknande projekt samt insamlad kostnadsinformation från olika VA-produktleverantörer och entreprenörer. Vid kostnadsberäkningar har nedanstående antaganden gjorts:

- Beräkningar har gjorts utifrån antal, längd, area eller volym av dagvattenanläggning.
- Schakt för ledningar har antagits utföras främst i jord/lera.
- Arbets- och materialkostnader är inkluderade i priset.
- Omkostnader (30 %) omfattar administration, over-head kostnader, allmänna hjälpmedel och småmaskiner ingår ej.
- Byggherrekostnader, som exempelvis projekterings- och bygglidningskostnader ingår ej.
- Rivning av befintligt dagvattensystem är inte heller kostnadsberäknat. Detta på grund av att samtliga ytor planeras göras om i samband med ombyggnaden i planområdet och därför har heller inte kostnader för markarbeten tagits med.
- Bortforsling av material är inte medräknat.

Totala investeringskostnaden för föreslagna dagvattenanläggningar uppskattas till ca 600 000 kr (Tabell 6).

En kostnads- och nyttoanalys över de olika dagvattenåtgärderna skulle på ett tydligare sätt påvisa för- och nackdelar med förslagen sett över en längre tid.

Tabell 6. Översiktligt uppskattade investeringskostnader för föreslagna dagvattenanläggningar.

Delområde	Anläggning	Inkluderat	Mängd	Å-pris	Kostnad
A	Upphöjd regnbädd	Fyllningsvolym, dränledning, grässådd	L = 48m B = 2m D = 1m	Ca 6 000 kr	Ca 6 000 kr
	Makadam-magasin	Jordschakt, fyllning, geotextil, brunn med sandfång, dränledning	L = 4m B = 2m D = 0,5m	Ca 3 000 kr/meter	Ca 12 000 kr
B	Svackdike	Grässådd, fyllning, geotextil, brunn med sandfång, dränledning	L = 50m B = 8m D = 0,2m	Ca 3 000 kr/löpmeter	Ca 150 000 kr
	Makadam-magasin	Jordschakt, fyllning, geotextil, brunn med sandfång, dränledning	L = 12 m B = 2m D = 1m	Ca 3 000 kr/meter	Ca 36 000 kr
C	Rörmagasin	Rörmagasin, jordschakt, fyllning, ledningsbädd, geotextil, brunn med sandfång, spolbrunn	L = 14m A = 0,5m ²	Ca 7 000 kr/löpmeter	Ca 98 000 kr
	Svackdike	Jordschakt, geotextil, fyllning, brunn med sandfång, dränledning, grässådd	L = 10m B = 4,5m D = 0,3m	Ca 3 000 kr/löpmeter	Ca 30 000 kr
D	Svackdike	Jordschakt, geotextil, fyllning, brunn med sandfång, dränledning, grässådd	L = 11m B = 4,5m D = 0,4m	Ca 3 000 kr/löpmeter	Ca 33 000 kr
	Svackdike	Jordschakt, geotextil, fyllning, brunn med sandfång, dränledning, grässådd	L = 25m B = 4,5m D = 0,3m	Ca 3 000 kr/löpmeter	Ca 75 000 kr
Alla	Ledningsstråk	Dagvattenledning, jordschakt, fyllning, ledningsbädd, geotextil	L = 200 m	Ca 600 kr/löpmeter	Ca 120 000 kr

5.5 Drift- och underhållskostnader

Kostnad för skötsel uppgår årligen till ca 5-8 % av anläggningskostnaderna och 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 för att sedan minska när växter med mera har etablerat sig. För alla typer av anläggningar ska man vid planeringen tänka på åtkomst för skötsel, såsom angöring med gräsklippare, snöröjningsfordon, övriga maskiner för exempelvis slamsugning etc.

För att minska risken för igensättning i en underjordisk dagvattenanläggning som makadammagasin eller rörmagasin är det viktigt att sedimentering sker i så stor utsträckning det är möjligt innan vattnet leds in i anläggningen. I det fall när infiltration inte är möjlig är det extra viktigt att vattnet passerar en brunn med sandfång, eller en särskild brunn som ökar avskiljningen av partiklar före magasinet. Grovrensning och spolning av anläggningar för att förhindra igensättning är också något som bör ske regelbundet, och speciellt efter skyfall. Ytterligare en åtgärd som kan minska mängden partiklar och sediment som hamnar i dagvattenanläggningen är att sopa ytor som rinner av mot den.

När det kommer till skötsel av dagvattenlösningar med en gräsyta bör klippning ske regelbundet. Om gräsytan på dagvattenanläggningen ansluter till någon form av hårdgjord yta bör denna anläggas lägre. Anledningen är till detta är att gräsytan höjer sig några millimeter per år vilket efter hand hindrar dagvattnet att rinna ut över ytan. För att få vattnet att åter rinna ut över ytan kan det bli nödvändigt att skära bort och sänka gräsytan utmed den hårdgjorda ytan.

Vid långvariga nederbördsfria perioder kan växtbäddar behöva stödbevattas för att vegetationen inte ska ta skada eller får hydrofobiska (vattenavstötande) egenskaper. Det kan därför bli aktuellt att behöva byta ut de översta 10 cm av filtermaterialet med ett intervall på 5-25 år beroende på belastningen av partiklar.

Drift- och underhållskostnader för föreslagna dagvattenanordningar i området uppskattas till ca 100 000 kr/år (Tabell 7).

Tabell 6. Översiktligt uppskattade drift- och underhållskostnader för föreslagna dagvattenanläggningar.

Anläggning	Anmärkning	Kostnad
Upphöjd regnbädd	Tillsyn ca 4-8 ggr/år. Tillsyn av växter, eventuell stödbevattning, rensning/spolning/slamsugning dränsystem och brunnar.	Ca 35 500 kr
Makadammagasin	Tillsyn 2-4 ggr/år. Rensning/spolning/slamsugning dränsystem.	Ca 14 500 kr
Svackdike	Tillsyn 2-4 ggr/år. Regelbunden klippning av gräsyta. Rensning/spolning/slamsugning dränsystem ingår i drift- och underhållskostanden för makadammagasin ovan.	Ca 34 000 kr
Rörmagasin	Tillsyn 2 ggr/år. Rensning/spolning/slamsugning dränsystem.	Ca 7 000 kr
Ledningsstråk	Tillsyn 2 ggr/år. Rensning/spolning/slamsugning av brunnar och ledningar.	Ca 7 000 kr

6. Föroreningsberäkningar i StormTac

Föroreningsberäkningarna för planområdet har utförts med hjälp av StormTacs webbapplikation (v17.2.2), ett webbaserat verktyg för föroreningstransport. I modellen tas schablonhalter av föroreningar för dagvattnet inom planområdet fram, och föroreningshalten har beräknats för P, N, Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Hg, SS, olja, BaP, Bensen (Benz), TBT, As och TOC enligt beställarens önskemål.

Föroreningsberäkningar har endast utförts för ytor inom planområdet och har separerats för kvartersmark och allmän platsmark. I Bilaga 5 finns beräkningar och antaganden i StormTac utförligt redovisade. Nedan förs endast en diskussion kring resultaten av föroreningshalterna för befintliga och framtida förhållanden på både kvartersmark och allmän platsmark.

6.1

Reiningseffektiviteten i föreslagna dagvattenanläggningar

Enligt StormTacs databas med information om reiningseffektivitet för olika dagvattenlösningar har föroreningsbelastningen beräknats efter exploatering med hänsyn till föreslagen dagvattenhantering. När den förväntade reningen i de föreslagna dagvattenanläggningarna räknas med minskar majoriteten av föroreningshalterna jämfört med nuläget.

Kvartersmark

I de upphöjda växtbäddarna som föreslås i delområde A renas alla parametrar som överskrider riktvärdet enligt beräkningar i StormTac. I Svackdikena kvarstår dock för höga halter av fosfor (P) då denna parameter inte lyckas reduceras till godkänd nivå. Fosforhalten överskrider som mest i delområde D, då med ca 11 µg/l. Med tanke på att beräkningarna inte tagit hänsyn till reningseffekten i de makadammagasinen som föreslås under svackdikena bör reningseffekten förbättras ytterligare. Ökningarna anses därför vara inom osäkerhetsmarginalen för beräkningar med schablonhalter.

Rörmagasinen reducerar samtliga halter förutom kväve (N) som överstiger riktvärdet med ca 25 µg/l. Då utloppet från rörmagasinet sker över en gräsbevuxen slänt ner mot befintlig fördröjningsdamm bör kvävehalten reduceras ytterligare genom infiltration i grässlänten samt fördröjning och rening i dagvattendammen. Kvävehalten bedöms därför vara inom osäkerhetsmarginalen för föroreningsberäkningarna.

Halterna av TBT tangerar efter rening riktvärdet i samtliga delområden.

Allmän platsmark

Svackdikena i delområde C och D lyckas inte heller reducera halten fosfor helt och i planområdet i delområde D överstiger föroreningshalten av fosfor riktvärdet med ca 48 µg/l. I delområde D överstigs även halten av kvicksilver (Hg) med ca 0,012 µg/l. Enligt tidigare argument med att hänsyn till makadammagasinen som föreslås under svackdikena, bedöms halten av både fosfor och kvicksilver reduceras i den mån att de understiger riktvärdet.

Makadammagasinet/krossfyllda diket renar dagvatten effektivt och nästan alla parametrar som överskrider riktvärdet enligt beräkningar i StormTac har reducerats till godkända nivåer, detta med undantag för halten fosfor (P) i Danska vägen i delområde B som ligger ca 14 µg/l över riktvärdet.

Makadammagasinen skulle kunna kompletteras med riktade insatser för att få ner fosforhalten. Dessa insatser kan bland annat vara i form av materiaval ovan magasinen, exempelvis kan biokol användas som stöd för växtligheten men även för reduktion av fosfor. Ett annat alternativ är att anlägga en brunn med filter som avser rening av fosfor. Brunnen placeras innan dagvattnet leds in i makadammagasinen.

6.2

Återkoppling till MKN

Beräkningarna av föroreningsbelastning, Bilaga 5, indikerar att de föreslagna förändringarna kommer medföra en ökning av föroreningsbelastningen i orenat dagvatten ut från utredningsområdet då främst gällande halten av fosfor och kväve.

Ökningen beror sannolikt på såväl en ökning av årsmedelflödet av dagvattnet samt på dagvattnets föroreningsinnehåll. Ökningarna är dock att betrakta som förhållandevis små, och genom att dagvattenhanteringen i så stor utsträckning som möjligt utformas med avledning över grönytor och genom öppna system renas dagvattnet nära källan samt under transporten mot recipienten. Med denna typ av öppen avledning av dagvatten bedöms förekomsten av näringsämnen och metaller kunna reduceras tillräckligt genom sedimentation eller absorption på växtlighet innan det når Delsjöbäcken.

De små ökningarna som ändå kan ses för några metaller kan dock minskas genom medvetna materialval, där material som riskerar att utsöndra metaller till dagvattnet undviks i så stor utsträckning som möjligt.

Om orsaken till att Delsjöbäcken ekologiska status klassats som måttlig varit på grund av för höga halter av näringsämnen som fosfor och kväve, hade en flerstegsrening genom exempelvis växtbäddar och en våt damm varit aktuellt då det kan ge särskilt god effekt på föroreningsbelastningen.

Med hänsyn till ovanstående resonemang och att åtgärder för fördröjning och rening av dagvatten införs bedöms inte utbyggnaden medföra någon försämring av Delsjöbäckens tillstånd.

7. Slutsatser

Tabell 7 sammanfattar befintliga förhållanden i form av utpekade problemområden gällande översvämning i varje delavinningsområde och beskriver framtida förhållanden med föreslagna dagvattenåtgärder för "vanliga" regn och skyfall, om dessa är placerade på kvartersmark eller allmän platsmark, innanför eller utanför planområdet. Slutligen redovisas vilken effekt dagvattenåtgärden förväntas bidra med, då med hänsyn till fördröjning och rening samt till minskad översvämningssensitivitet.

op:\got1\wva\2017\1320028103\3_teknik\w\dokument\beskrivningar\pm dagvattentredning vid danska vägen.docx

op:\got1\wva\2017\1320028103\3_teknik\w\dokument\beskrivningar\pm dagvattentredning vid danska vägen.docx

8. Fortsatt arbete

Befintliga höjder är uppskattade utifrån erhållet material. För att säkerställa de befintliga höjderna bör en inmätning utföras. Detta då höjdsättningen i plankartan blir styrande för detaljplanen och det är av vikt att denna inte strider mot föreslagen dagvattenhantering. Detta gäller speciellt inmätning av befintliga innergårdar då entréer potentiellt annars skulle kunna översvämmas om fördröjning och avledning av dagvatten inte sker som planerat.

Det är också av vikt att utformningen av bjälkaget samordnas med konstruktion i detaljprojekteringsskedet så att det finns nog med utrymme (marktäckning) för att möjliggöra föreslagen dagvattenhanteringsmetod.

Plan- och utredningsområdet innehåller flera instängda lågpunkter (befintlig innergård i delområde A och cirkulationsplatsen i Danska vägen). Då översvämningsproblematiken för cirkulationsplatsen i Danska vägen beror på belastning från ett större område än aktuellt planområde kan inte problematiken lösas enbart i denna detaljplan. En åtgärd är av stor vikt och bör utredas vidare av staden. I en sådan utredning bör även fördröjningsåtgärder uppströms studeras för att minska belastningen på cirkulationsplatsen. Blicken bör även lyftas utanför utredningsområdet för att se hur nedströms liggande områden påverkas av vid skyfall.

Endast en översiktlig hydrogeologisk undersökning har gjorts för planområdet. För att fastställa föreslagna dagvattenanläggning bör grundvattennivån i planområdet undersökas vidare.

En kostnads- och nyttoanalys över de olika föreslagna dagvattenåtgärderna skulle på ett tydligare sätt påvisa för- och nackdelar samt ge ytterligare underlag vid val av dagvattenhanteringsmetod.

Referenser

Skriftliga

Göteborgs Stad dagvattenhandbok för kommunal planering och förvaltning, *Dagvatten, så här gör vi!* (2010).

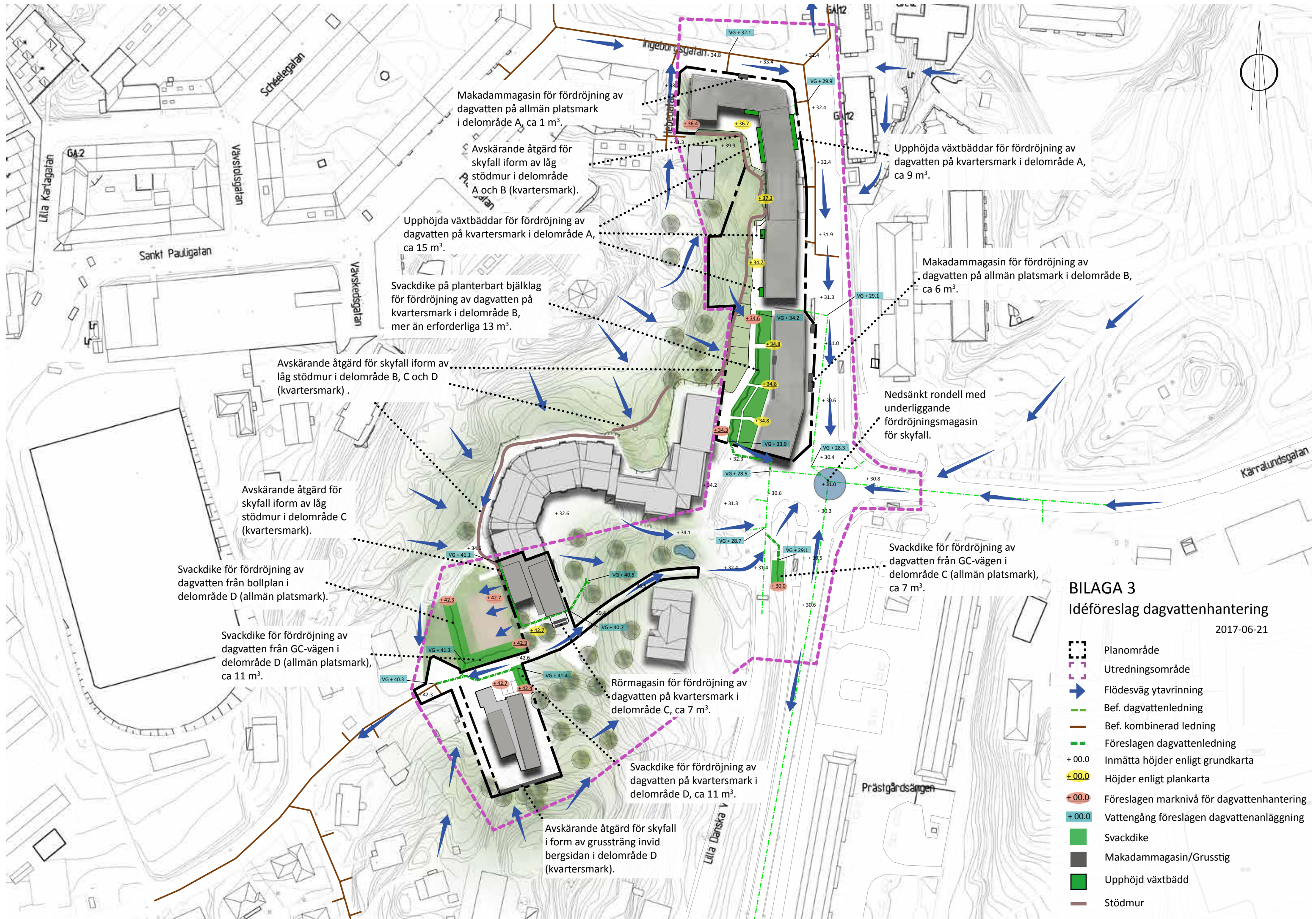
Göteborgs VA-verks publikation, *Dagvatten – Inom planlagda områden*, VA-Verket (2001).

Riktlinjer och krav för rening av dagvatten, *PM Reningskrav för dagvatten*, Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad (2016-10-31).

Vid beräkningar, Svenskt Vattens publikationer P110 - *Avledning av dag-, drän- och spillvatten*, P105- *Hållbar dag- och dränvattenhantering* och P104 – *Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem*, Svenskt Vatten.

Webbaserade

MKN-vatten för Bäck från Stora Delsjön, ID: SE640407-127463, VISS (2017-05-22).



BILAGA 3

Idéföreslag dagvattenhantering

2017-06-21

- Planområde
- Utredningsområde
- Flödesväg ytavrinning
- Bef. dagvattenledning
- Bef. kombinerad ledning
- Föreslagen dagvattenledning
- + 00.0 Inmätta höjder enligt grundkarta
- + 00.0 Höjder enligt plankarta
- + 00.0 Föreslagen marknivå för dagvattenhantering
- + 00.0 Vattengång föreslagen dagvattenanläggning
- Svackdike
- Makadammagasin/Grusstig
- Upphöjd växtbädd
- Stödmur

Bilaga 4 – Beräkning av dimensionerande dagvattenflöden

1. Dagvattenflöden

Beräkningar för dagvattenflöden inom delavrinningsområdet har gjorts enligt Svenskt Vattens publikationer P110 "Avledning av dag-, drän- och spillvatten", P104 "Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem" samt P105 "Hållbar dag- och dränvattenhantering".

1.1 Dimensionerande dagvattenflöden

Vid beräkningar av dimensionerande dagvattenflöden (q_{dim}) har rationella metoden använts. Rationella metoden ges av formeln nedan:

$$q_{dim} = i_A \cdot A_{red}$$

där:

i_A = regninintensitet vid vald återkomsttid och varaktighet [l/s, ha]

A_{red} = reducerad area, $A_{red} = \varphi \cdot A$ [ha]

φ = avrinningskoefficient

A = avrinningsområdets storlek [ha]

Dimensionerande flöde beräknas för avrinningsområdet, alltså för den markyta som avvattnas till beräkningspunkten vid planområdets östra kant. De avrinningskoefficienter som har använts vid dimensionering är ursprungligen hämtade i P110 men har anpassats efter befintliga förhållanden med avseende på infiltrationsförmåga, lutning etcetera och kan ses nedan i Tabell 1.

Tabell 1. Avrinningskoefficienter för olika typer av ytor.

Typ av yta	Avrinningskoefficient (φ)
Tak	0,9
Hårdgjorda ytor som vägar, gator och parkering	0,8
Sluttande naturmark inom villaområde	0,3
Grusplan och lekplats	0,2
Grönytor som plan parkmark	0,1

1.2 Dimensionerade regnintensitet

För beräkning av dimensionerande regnintensitet (i_A) har Dahlström (2010) ekvation använts. Dimensionerande regnintensitet har beräknats ur formeln:

$$i_A = 190 \cdot \sqrt[2]{A} \cdot \frac{\ln(T_R)}{T_R^{0,98}} + 2$$

där:

i_A = regninintensitet vid vald återkomsttid och varaktighet [l/s, ha]

T_R = regnvaraktighet [min]

Λ = återkomsttid [mån]

Regnvaraktigheten är lika med den tidsmässigt längsta rinnvägen genom delavrinningsområdet fram till beräkningspunkten och är beräknad med hjälp av P110 och Tabell 4.5. I tabellen finns olika vattenhastigheter som är beroende av om dagvattnet leds i ledning, dike eller mark med flera. Vattenhastigheten dividerat med den sträcka som dagvattnet avleds bestämmer rinntiden.

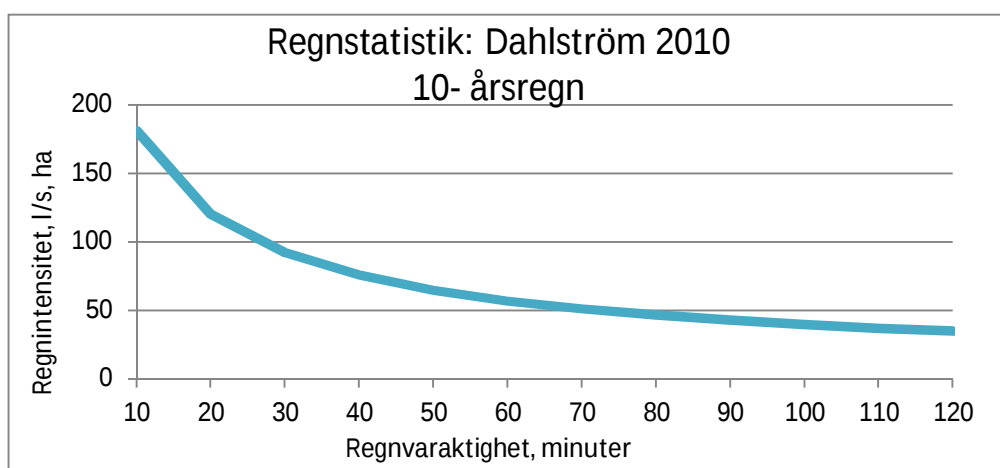
Rinntiden för avrinningsområdet är ca 7 minuter. Inom tätortsbebyggelse där dagvatten avleds i rörsystem är rinntiden från den mest avlägsna hårdgjorda ytan till närmsta minst fem minuter, vilket innebär att ett delavrinningsområde sällan har kortare rinntid än 10 min. Den regnvaraktighet/rinntid som använts i vidare beräkningar är därför 10 minuter.

Beräkningar har utförts för dimensionerande regn med återkomsttiden 5, 20 och 100 år. Återkomsttiderna är hämtade från P110 och Tabell 2.1 med antagandet att avrinningsområdet består av tät bostadsbebyggelse.

Intensiteten för ett regn med en återkomsttid på 5 år och 10 minuters varaktighet är enligt P110 och "Lundbyserien" som innehåller regndata för Lundby, Göteborg 1921-1939, 189 l/s, ha. Regnintensiteten för 20 och 100-årsregnen baseras på intensitet-varaktighets samband enligt Dahlströms ekvation (2010) och sätts till 287 respektive 489 l/s, ha, se Figur.

$T_R = 10 \text{ min}$

$\Lambda = 5 \text{ år} = 60 \text{ mån}$



Figur 1. Intensitet-varaktighetsdata enligt Dahlström (2010) ekvation. Figuren visar regnvaraktigheter från 10 minuter upp till 2 timmar. Återkomsttiden är 5 år och regnvaraktigheten 10 min. Regnintensiteten blir då 181 l/s, ha.

Dagvattenflöden efter exploatering har beräknats på samma sätt som innan, där regnvaraktigheten har antagits vara de samma. Det totala avrinningsområdet antagits vara det samma men gränserna mellan vissa av delavrinningsområdena har flyttats då exploateringen i delområde D medför bergssprängning för att göra BmSS-bostaden möjlig, se Tabell 2 nedan.

Delområde	Storlek före exploatering (ha)	Storlek efter exploatering (ha)	Skillnad (ha)
A	1,02	1,02	0
B	0,54	0,54	0
C	1,88	1,77	11
D	0,98	1,09	11

För att ta hänsyn till framtida klimatförändringar och ökade nederbörds mängder ansätts en klimatkfaktor (KF) på 1,25 enligt Svenskt Vattens Publikation P110. Då klimatförändringen redan är här, har två olika scenarion jämförts och redovisas i tabellerna nedan. Ett som visar skillnaden i dagvattenflöde då klimatkfaktorn har lagts på regninintensiteten både före och efter exploatering, vilket är det samma som skillnaden mellan före och efter exploatering utan någon klimatkfaktor alls. Samt ett då klimatkfaktorn endast har multiplicerats med regninintensiteten för flöden efter exploatering. Klimatkfaktorn multiplicerats med dimensionerande regninintensitet för 5, 20 och 100-årsregnen före exploatering och blir 236, 359 respektive 611 l/s, ha. Scenariot där klimatkfaktorn har lagts på redovisas endast som en skillnad i flöde mellan före och efter exploatering.

1.2.1 Delavrinningsområde A

Före exploatering (Å = 5 år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,22	0,9	0,20	189	37
Vägar, gator och parkering	0,23	0,8	0,19	189	35
Hårdgjort innergård	0,07	0,8	0,06	189	11
Sluttande naturmark	0,49	0,3	0,15	189	28
TOTALT	1,02		0,59		111

Efter exploatering (Å = 5 år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,21	0,9	0,19	189	36
Vägar, gator och parkering	0,26	0,8	0,21	189	39
Hårdgjort innergård	0,07	0,8	0,06	189	11
Sluttande naturmark	0,47	0,3	0,14	189	27
TOTALT	1,02		0,60		113

Ökning efter exploatering : 2 l/s
 Ökning efter exploatering inklusive KF, i_A 236 l/s, ha : 30 l/s

Före exploatering ($\Delta = 20$ år)

Delyta	A [ha]	Φ	A_{red} [ha]	i_A [l/s, ha]	q_{dim} [l/s]
Tak	0,22	0,9	0,20	287	56
Vägar, gator och parkering	0,23	0,8	0,19	287	54
Hårdgjort innergård	0,07	0,8	0,06	287	17
Sluttande naturmark	0,49	0,3	0,15	287	42
TOTALT	1,02		0,59		169

Efter exploatering ($\Delta = 20$ år)

Delyta	A [ha]	Φ	A_{red} [ha]	i_A [l/s, ha]	q_{dim} [l/s]
Tak	0,21	0,9	0,19	287	54
Vägar, gator och parkering	0,26	0,8	0,21	287	60
Hårdgjort innergård	0,07	0,8	0,06	287	17
Sluttande naturmark	0,47	0,3	0,14	287	41
TOTALT	1,02		0,60		171

Ökning efter exploatering : 3 l/s
 Ökning efter exploatering inklusive KF, i_A 359 l/s, ha : 45 l/s

Före exploatering ($\Delta = 100$ år)

Delyta	A [ha]	Φ	A_{red} [ha]	i_A [l/s, ha]	q_{dim} [l/s]
Tak	0,22	0,9	0,20	489	96
Vägar, gator och parkering	0,23	0,8	0,19	489	92
Hårdgjort innergård	0,07	0,8	0,06	489	28
Sluttande naturmark	0,49	0,3	0,15	489	72
TOTALT	1,02		0,59		287

Efter exploatering ($\Delta = 100$ år)

Delyta	A [ha]	Φ	A_{red} [ha]	i_A [l/s, ha]	q_{dim} [l/s]
Tak	0,21	0,9	0,19	489	92
Vägar, gator och parkering	0,26	0,8	0,21	489	102
Hårdgjort innergård	0,07	0,8	0,06	489	28
Sluttande naturmark	0,47	0,3	0,14	489	70
TOTALT	1,02		0,60		292

Ökning efter exploatering : 4 l/s
 Ökning efter exploatering inklusive KF, i_A 611 l/s, ha : 77 l/s

1.2.2 Delavrinningsområde B

Före exploatering ($\Delta = 5$ år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,02	0,9	0,01	189	3
Vägar, gator och parkering	0,22	0,8	0,17	189	33
Sluttande naturmark	0,31	0,3	0,09	189	17
TOTALT	0,54		0,28		53

Efter exploatering ($\Delta = 5$ år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,09	0,9	0,08	189	15
Vägar, gator och parkering	0,13	0,8	0,11	189	20
Hårdgjort innergård	0,04	0,8	0,04	189	7
Sluttande naturmark	0,23	0,3	0,07	189	13
Grönytor innergård	0,05	0,1	0,00	189	1
TOTALT	0,54		0,29		56

Ökning efter exploatering : 3 l/s
 Ökning efter exploatering inklusive KF, i_A 236 l/s, ha : 17 l/s

Före exploatering ($\Delta = 20$ år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,02	0,9	0,01	287	4
Vägar, gator och parkering	0,22	0,8	0,17	287	50
Sluttande naturmark	0,31	0,3	0,09	287	9
TOTALT	0,54		0,28		62

Efter exploatering ($\Delta = 20$ år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,09	0,9	0,08	287	23
Vägar, gator och parkering	0,13	0,8	0,11	287	30
Hårdgjort innergård	0,04	0,8	0,04	287	11
Sluttande naturmark	0,23	0,3	0,07	287	19
Grönytor innergård	0,05	0,1	0,00	287	1
TOTALT	0,54		0,29		85

Ökning efter exploatering : 22 l/s
 Ökning efter exploatering inklusive KF, i_A 359 l/s, ha : 43 l/s

Före exploatering ($\lambda = 100$ år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,02	0,9	0,01	489	7
Vägar, gator och parkering	0,22	0,8	0,17	489	85
Sluttande naturmark	0,31	0,3	0,09	489	15
TOTALT	0,54		0,28		106

Efter exploatering ($\lambda = 100$ år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,09	0,9	0,08	489	39
Vägar, gator och parkering	0,13	0,8	0,11	489	52
Hårdgjort innergård	0,04	0,8	0,04	489	18
Sluttande naturmark	0,23	0,3	0,07	489	33
Grönytor innergård	0,05	0,1	0,00	489	2
TOTALT	0,54		0,29		144

Ökning efter exploatering : 38 l/s
 Ökning efter exploatering inklusive KF, i_A 611 l/s, ha : 74 l/s

1.2.3 Delavrinningsområde C

Före exploatering ($\lambda = 5$ år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,35	0,9	0,31	189	59
Vägar, gator och parkering	0,37	0,8	0,30	189	56
Sluttande naturmark	1,12	0,3	0,33	189	63
Bollplan och lekplats	0,04	0,2	0,01	189	1
TOTALT	1,88		0,95		180

Efter exploatering ($\lambda = 5$ år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,39	0,9	0,35	189	66
Vägar, gator och parkering	0,37	0,8	0,30	189	56
Hårdgjort skolgård	0,02	0,8	0,02	189	3
Sluttande naturmark	0,95	0,3	0,29	189	54
Bollplan	0,02	0,2	0,00	189	1
Grönytor skolgård	0,02	0,1	0,00	189	0
TOTALT	1,77		0,95		180

Ökning efter exploatering : 0 l/s
 Ökning efter exploatering inklusive KF, i_A 236 l/s, ha : 45 l/s

Före exploatering (Å = 20 år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,35	0,9	0,31	287	90
Vägar, gator och parkering	0,37	0,8	0,30	287	85
Sluttande naturmark	1,12	0,3	0,33	287	96
Bollplan och lekplats	0,04	0,2	0,01	287	2
TOTALT	1,88		0,95		274

Efter exploatering (Å = 20 år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,39	0,9	0,35	287	101
Vägar, gator och parkering	0,37	0,8	0,30	287	85
Hårdgjort skolgård	0,02	0,8	0,02	287	5
Sluttande naturmark	0,95	0,3	0,29	287	82
Bollplan	0,02	0,2	0,00	287	1
Grönytor skolgård	0,02	0,1	0,00	287	1
TOTALT	1,77		0,95		274

Ökning efter exploatering :

0 l/s

Ökning efter exploatering inklusive KF, i_A 359 l/s, ha :

69 l/s

Före exploatering (Å = 100 år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,35	0,9	0,31	489	154
Vägar, gator och parkering	0,37	0,8	0,30	489	145
Sluttande naturmark	1,12	0,3	0,33	489	164
Bollplan och lekplats	0,04	0,2	0,01	489	4
TOTALT	1,88		0,95		466

Efter exploatering (Å = 100 år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,39	0,9	0,35	489	172
Vägar, gator och parkering	0,37	0,8	0,30	489	145
Hårdgjort skolgård	0,02	0,8	0,02	489	8
Sluttande naturmark	0,95	0,3	0,29	489	139
Bollplan	0,02	0,2	0,00	489	2
Grönytor skolgård	0,02	0,1	0,00	489	1
TOTALT	1,77		0,95		467

Ökning efter exploatering :

1 l/s

Ökning efter exploatering inklusive KF, i_A 611 l/s, ha :

113 l/s

1.2.4 Delavrinningsområde D

Före exploatering (Å = 5 år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _Å [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,03	0,9	0,03	189	5
Vägar, gator och parkering	0,06	0,8	0,05	189	9
Sluttande naturmark	0,66	0,3	0,20	189	37
Bollplan	0,05	0,2	0,01	189	2
Plan parkyta	0,18	0,1	0,02	198	3
TOTALT	0,98		0,30		57

Efter exploatering (Å = 5 år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _Å [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,09	0,9	0,08	189	15
Vägar, gator och parkering	0,1	0,8	0,08	189	15
Hårdgjort innergård	0,05	0,8	0,04	189	8
Sluttande naturmark	0,63	0,3	0,19	189	36
Bollplan	0,05	0,2	0,01	189	2
Grönytor innergård	0,1	0,1	0,01	189	1
Plan parkyta	0,12	0,1	0,01	189	2
TOTALT	1,09		0,42		79

Ökning efter exploatering : 22 l/s

Ökning efter exploatering inklusive KF, i_Å 236 l/s, ha : 44 l/s

Före exploatering (Å = 20 år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _Å [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,03	0,9	0,03	287	8
Vägar, gator och parkering	0,06	0,8	0,05	287	14
Sluttande naturmark	0,66	0,3	0,20	287	57
Bollplan	0,05	0,2	0,01	287	3
Plan parkyta	0,18	0,1	0,02	287	5
TOTALT	0,98		0,30		86

Efter exploatering ($\bar{A} = 20$ år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,09	0,9	0,08	287	22
Vägar, gator och parkering	0,1	0,8	0,08	287	23
Hårdgjort innergård	0,05	0,8	0,04	287	11
Sluttande naturmark	0,63	0,3	0,19	287	54
Bollplan	0,05	0,2	0,01	287	3
Grönytor innergård	0,1	0,1	0,01	287	1
Plan parkyta	0,12	0,1	0,01	287	4
TOTALT	1,09		0,42		120

Ökning efter exploatering : 33 l/s

Ökning efter exploatering inklusive KF, i_A 359 l/s, ha : 63 l/s

Före exploatering ($\bar{A} = 100$ år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,03	0,9	0,03	489	13
Vägar, gator och parkering	0,06	0,8	0,05	489	23
Sluttande naturmark	0,66	0,3	0,20	489	97
Bollplan	0,05	0,2	0,01	489	5
Plan parkyta	0,18	0,1	0,02	489	9
TOTALT	0,98		0,30		147

Efter exploatering ($\bar{A} = 100$ år)

Delyta	A [ha]	Φ	A _{red} [ha]	i _A [l/s, ha]	q _{d dim} [l/s]
Tak	0,09	0,9	0,08	489	38
Vägar, gator och parkering	0,1	0,8	0,08	489	40
Hårdgjort innergård	0,05	0,8	0,04	489	20
Sluttande naturmark	0,63	0,3	0,19	489	93
Bollplan	0,05	0,2	0,01	489	5
Grönytor innergård	0,1	0,1	0,01	489	2
Plan parkyta	0,12	0,1	0,01	489	6
TOTALT	1,09		0,42		204

Ökning efter exploatering : 57 l/s

Ökning efter exploatering inklusive KF, i_A 611 l/s, ha : 108 l/s

Bilaga 5 – Beräkning av föroreningshalter och reningseffektivitet

1. Föroreningshalter

Föroreningsberäkningarna har utförts för planområdet med hjälp av StormTacs webbapplikation (v17.2.2), ett webbaserat verktyg för föroreningstransport. Modellen innehåller även dimensionering av dagvattenanläggningar, processer för avrinning, flödestransport, recipienter, rening och flödesutjämning.

Som indata kräver StormTac årsnederbörd och markanvändning för det studerade området. Till de olika markanvändningarna finns schablonhalter för föroreningsinnehållet i dagvatten. Dessa baseras på långa, flödesproportionella provtagningsserier på dagvatten. Genom att ange aktuella areor för respektive markanvändning beräknas dagvattnets föroreningsinnehåll (årsmedelvärden) för angivet område. Modellen omfattar dagvatten och basflöde (inläckande grundvatten) och ger en årsmedelkoncentration på dagvattnets föroreningsinnehåll samt årlig massbelastning.

Nederbördsintensiteten 880 mm/år har använts som indata för nederbörden.

De ämnen som har beräknats är P, N, Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Hg, SS, olja, BaP, Bensen (Benz), TBT, As, TOC enligt beställarens önskemål. För metaller och näringsämnen avses alltid totalhalter.

1.1 Osäkerheter i beräkningsverktyget StormTac

I modellen sammanställs schablonvärden i form av årliga avrinningskoefficienter och schablonhalter för olika markanvändning. Dessa uppdateras kontinuerligt efter kännedom om nya undersökningar.

Kalibrering av schablonhalterna som används i StormTac utförs med hänsyn till tidstrender och för ämnen med få data görs jämförelser med data från liknande markanvändning. En enda undersökning (ett specifikt databasvärde) utgör värdet av en lång serie av flödesproportionellt tagna samlingsprover, vilket innebär att enskilda värden kan utgöra ett sammanställt medelvärde av flera prover eller många olika undersökningar.

Vid kalibrering av schablonhalter har främst svenska undersökningar använts, vilket innebär att schablonhalterna i StormTac är mest tillförlitliga för svenska förhållanden. På grund av bristen på data för vissa föroreningar och vissa markanvändningar har dock även internationella studier använts. Tillförlitligheten är generellt högst (spridningen i data minst) för markanvändningskategorierna för olika bostadsområden och genomfartsvägar samt för ämnena partiklar (SS), näringsämnen och metaller, undantaget kvicksilver.

Att ta fram schablonhalter är komplext, och på grund av stora skillnader i underlag för olika ämnen och markanvändningar är det svårt att beräkna och kortfattat beskriva osäkerheterna för respektive värde. För mer specifika markanvändningskategorier anger modellen dock i allmänhet "Låg säkerhet" för de flesta föroreningar på grund av ett litet dataunderlag. Användandet av schablonhalter innebär också att beräknade värden inte alltid är representativa för enskilda projekt, då föroreningsinnehållet till stor del kan bero på platsspecifika förutsättningar, såsom exempelvis takmaterial och andra byggnadsmaterial.

Resultatet av föroreningsberäkningarna ska således inte betraktas som några exakta värden, men de ger en indikation på vilka ämnen som tenderar att öka/minska vid ett framtidsscenario inom utredningsområdet.

1.2 Markanvändning ansatt i StormTac

Föroreningsberäkningar har endast utförts för ytor inom planområdet och har separerats för kvartersmark och allmän platsmark. Befintliga och framtida förhållanden avseende markytor som tak, parkeringar, vägar, parkmark, skogsmark etcetera har klassificerats enligt StormTacs olika markanvändningskategorier. Tabell 1 visar markanvändningstyp och area för planområdet indelat efter delavrinningsområden samt antagen avrinningskoefficient, för befintliga och framtida förhållanden på kvartersmark.

Förtydligas bör att markanvändningen *Marksten med fogar* har använts på innergården i delområde A samt att *Grusyta* i delområde C representerar den befintliga lekplats som finns där utbyggnaden planeras. Markanvändningen *Parkmark* har använts där en mix av hård- och mjukgjorda ytor planeras, detta då marktypen beskrivs som parkytor inklusive gångvägar.

Tabell 1. Markanvändning och avrinningskoefficienter som använts vid föroreningsberäkningar i StormTac, för befintliga och framtida förhållanden på kvartersmark.

Delområde		A		B		C		D	
Markanvändning	Avr.koeff. Φ	Area nuläge [ha]	Area framtid [ha]	Area nuläge [ha]	Area framtid [ha]	Area nuläge [ha]	Area framtid [ha]	Area framtid [ha]	Area framtid [ha]
Takyta	0,90	0,18	0,18	0,02	0,09	-	0,05	-	0,06
Parkering	0,85	-	-	0,11	0,01	-	-	-	0,03
Gång- & cykelväg	0,85	-	-	-	-	0,03	-	-	-
Marksten (fogar)	0,78	0,07	0,07	-	-	-	-	-	-
Grusyta	0,40	-	-	-	-	0,02	-	-	-
Skogsmark	0,30	0,16	0,16	0,12	0,04	0,08	-	-	-
Parkmark	0,10	-	-	-	0,10	-	0,045	-	0,07
Totalt		0,41	0,41	0,25	0,24	0,13	0,10	-	0,16

Tabell 2 visar markanvändningstyp och area för planområdet indelat efter delavrinningsområden samt antagen avrinningskoefficient, för befintliga och framtida förhållanden på allmän platsmark.

Då planområdet inom delområde B omfattar delar av Danska vägen används ytterligare en markanvändning i StormTac Danska vägen för beräkningar av föroreningshalter på allmän platsmark. Danska vägen antas ha en årsdygnstrafik (ÅDT) på 7300 fordon per dygn enligt uppgifter från Trafikkontoret. Danskavägen klassas därför som Väg 4 i StormTac då vägen faller inom intervallet av 5000-10000 fordon/dygn. Värdet för ÅDT multipliceras med faktorn 7,3 för att få det rätta måttet på trafikmängden i StormTac.

Tabell 2. Markanvändning och avrinningskoefficienter som använts vid föroreningsberäkningar i StormTac, för befintliga och framtida förhållanden på allmän platsmark.

Delområde		A		B		C		D	
Markanvändning	Avr.koeff. Φ	Area nuläge [ha]	Area framtid [ha]	Area nuläge [ha]	Area framtid [ha]	Area nuläge [ha]	Area framtid [ha]	Area nuläge [ha]	Area framtid [ha]
Väg	0,85	-	-	0,02	0,04	-	-	-	-
Parkering	0,85	-	0,004	-	-	-	-	-	-
Gång- & cykelväg	0,85	-	-	-	-	-	0,02	0,02	0,06
Skogsmark	0,30	-	-	-	-	-	0,02	0,20	-
Totalt		-	0,004	0,02	0,04	-	0,04	0,22	0,06

1.3 Resultat föroreningsberäkningar

I Tabell 3-6 redovisas beräknade föroreningshalter respektive årlig mängd föroreningar för planområdet på kvartersmark respektive allmän platsmark. Föroreningshalterna har jämförts med Miljöförvaltningens riktvärden för respektive ämne. Riktvärdena finns angivna tillsammans med beräknad föroreningshalt och skiljer sig inte mellan befintliga och framtida förhållanden.

1.3.1

Kvartersmark

I Tabell 3 och 4 finns det ingen föroreningshalt angiven för befintliga förhållanden i delområde D, detta beror på yta planeras omvandlats från allmän platsmark till kvartersmark.

Tabell 3. Beräknade föroreningshalter (µg/l) i dagvatten för planområdet i de olika delavrinningsområden, både för befintliga och framtida förhållanden på kvartersmark. Fetstilta siffror markerar att riktvärdet tangeras eller överskrids.

Delområde	A		B		C		D		
Ämne	Halt nuläge	Halt framtid	Halt nuläge	Halt framtid	Halt nuläge	Halt framtid	Halt nuläge	Halt framtid	Riktvärde
P	65	65	72	79	69	85	-	87	50
N	1500	1500	1000	1400	1300	1500	-	1400	1250
Pb	2,8	2,8	17	4,4	3,3	2,9	-	8,6	14
Cu	7,8	7,8	23	9,7	12	8,3	-	15	10
Zn	24	24	80	28	21	24	-	48	30
Cd	0,47	0,47	0,35	0,48	0,017	0,56	-	0,50	0,40
Cr	2,5	2,5	8,3	3,3	2,6	3,2	-	5,5	15
Ni	2,7	2,7	2,7	3,0	1,7	3,4	-	3,4	40
Hg	0,0086	0,0086	0,028	0,010	0,029	0,0081	-	0,018	0,05
SS	20000	20000	82000	32000	14000	27000	-	51000	25000
Olja	59	59	440	99	300	45	-	210	1000
BaP	0,068	0,0068	0,032	0,0078	0,0041	0,0063	-	0,017	0,05
Benzen	0,33	0,33	0,37	0,41	1,7	0,35	-	0,34	10
TBT	0,0019	0,0019	0,0018	0,0018	0,0016	0,0019	-	0,0019	0,001
As	3,3	3,3	3,1	3,5	3,4	3,4	-	3,3	15
TOC	10000	10000	14000	8200	13000	7600	-	9300	12000

Tabell 4. Beräknade föroreningsmängder (kg/år) i dagvatten för planområdet i de olika delavrinningsområdena, både för befintliga och framtida förhållanden på kvartersmark.

Delområde	A		B		C		D	
Ämne	Halt nuläge	Halt framtid	Halt nuläge	Halt framtid	Halt nuläge	Halt framtid	Halt nuläge	Halt framtid
P	0,18	0,18	0,12	0,12	0,05	0,054	-	0,093
N	4,2	4,2	1,7	2,1	0,91	0,97	-	1,5
Pb	0,0077	0,0077	0,027	0,0066	0,0024	0,0018	-	0,0093
Cu	0,022	0,022	0,038	0,014	0,0083	0,0053	-	0,016
Zn	0,067	0,067	0,13	0,042	0,015	0,015	-	0,052
Cd	0,0013	0,0013	0,00057	0,00071	0,00012	0,00036	-	0,00054
Cr	0,0070	0,0070	0,013	0,0050	0,0018	0,0020	-	0,0060
Ni	0,0076	0,0076	0,0045	0,0044	0,0012	0,0021	-	0,0036
Hg	0,000024	0,000024	0,000046	0,000015	0,000021	0,000005	-	0,000019
SS	55	55	130	48	9,8	17	-	55
Olja	0,17	0,17	0,72	0,14	0,21	0,028	-	0,23
BaP	0,000019	0,000019	0,000052	0,000012	0,0000029	0,000004	-	0,000018
Benzen	0,00093	0,00093	0,00060	0,00061	0,0012	0,00022	-	0,00037
TBT	0,000005	0,000005	0,000003	0,0000027	0,0000012	0,0000012	-	0,000002
As	0,0094	0,0094	0,0051	0,0052	0,0025	0,0022	-	0,0035
TOC	28	28	23	12	9,3	4,8	-	11

Som visas i Tabell 3 och 4 sker för den del av planområdet som ingår i delområde A ingen förändring vare sig i föroreningshalt eller föroreningsmängd mellan befintliga och framtida förhållanden. Fosfor (f), kväve (N), kadmium (Cd) och Tributyltennföreningar (TBT) som överstiger Miljöförvaltningens riktvärden är detsamma före som efter exploatering. I delområde D finns inte något befintligt förhållande avseende kvartersmark att jämföra med.

Delområde B och C visar dock ökning och minskningar i föroreningsmängd samt halter. Halterna av P, N, Cd och TBT och ökar för samtliga av delområdena B, C och D. Föroreningshalterna av Suspenderad substans (SS) minskar i delområde B (dock inte under riktvärdet) men ökar i C och D. Det totalt organisk kol (TOC) minskar efter exploatering i delområde B och C samt även flera av metallerna i samma delområden.

1.3.2 Allmän platsmark

I Tabell 5 och 6 finns det i vissa delområden ingen föroreningshalt angiven för befintliga förhållanden, detta beror på att ytan har omvandlats från kvartersmark till allmän platsmark.

Tabell 5. Beräknade föroreningshalter (µg/l) i dagvatten för planområdet i de olika delavrinningsområdena, både för befintliga och framtida förhållanden på allmän platsmark. Fetstilta siffror markerar att riktvärdet tangeras eller överskrids.

Delområde	A		B		C		D		
Ämne	Halt nuläge	Halt framtid	Halt nuläge	Halt framtid	Halt nuläge	Halt framtid	Halt nuläge	Halt framtid	Riktvärde
P	-	95	150	160	-	100	49	140	50
N	-	1100	2400	2400	-	1500	910	1900	1250
Pb	-	28	8,9	8,9	-	3,4	3,7	3,2	14
Cu	-	38	32	32	-	16	7,8	21	10
Zn	-	130	120	120	-	24	16	31	30
Cd	-	0,42	0,30	0,30	-	0,22	0,15	0,28	0,40
Cr	-	14	9,9	9,9	-	4,3	1,4	6,4	15
Ni	-	3,8	6,8	6,8	-	2,6	0,98	3,7	40
Hg	-	0,047	0,076	0,076	-	0,049	0,015	0,073	0,05
SS	-	130000	76000	76000	-	12000	18000	5900	25000
Olja	-	740	750	750	-	480	180	710	1000
BaP	-	0,056	0,016	0,016	-	0,0059	0,0014	0,0092	0,05
Benzen	-	0,21	3,8	3,8	-	2,7	1,2	3,8	10
TBT	-	0,0019	0,0016	0,0016	-	0,0016	0,0016	0,0016	0,001
As	-	2,5	2,5	2,5	-	3,1	3,8	2,5	15
TOC	-	19000	21000	21000	-	15000	11000	20000	12000

Tabell 6. Beräknade föroreningsmängder (kg/år) i dagvatten för planområdet i de olika delavrinningsområdena, både för befintliga och framtida förhållanden på allmän platsmark.

Delområde	A		B		C		D	
Ämne	Halt nuläge	Halt framtid	Halt nuläge	Halt framtid	Halt nuläge	Halt framtid	Halt nuläge	Halt framtid
P	-	0,0031	0,026	0,052	-	0,026	0,053	0,068
N	-	0,036	0,39	0,78	-	0,38	0,98	0,93
Pb	-	0,00091	0,0015	0,0029	-	0,00088	0,0040	0,0016
Cu	-	0,0012	0,0052	0,010	-	0,0040	0,0085	0,011
Zn	-	0,0043	0,020	0,0040	-	0,0063	0,017	0,015
Cd	-	0,000014	0,000049	0,000097	-	0,000057	0,00016	0,00014
Cr	-	0,00046	0,0016	0,0032	-	0,0011	0,0015	0,0032
Ni	-	0,00013	0,0011	0,0022	-	0,00065	0,0011	0,0018
Hg	-	0,0000016	0,000012	0,000025	-	0,000012	0,000016	0,000036
SS	-	4,3	12	25	-	3,0	20	3,4
Olja	-	0,024	0,12	0,24	-	0,12	0,20	0,35
BaP	-	0,0000018	0,0000026	0,000053	-	0,0000015	0,0000015	0,0000045
Benzen	-	0,0000069	0,00061	0,0012	-	0,00068	0,0013	0,0018
TBT	-	0 0,000000063	0,00000026	0,00000051	-	0,00000041	0,0000018	0,00000077
As	-	0,000083	0,00042	0,00083	-	0,00079	0,0042	0,0012
TOC	-	0,61	3,4	6,8	-	3,9	11	9,6

Som visas i Tabell 5 och 6 sker för den del av planområdet som ingår i delområde B ingen större förändring i föroreningshalt mellan befintliga och framtida förhållanden, då endast halten fosfor (f) ökar. Dock visar föroreningsmängderna på större skillnad.

Halterna fosfor (P), koppar (Cu), Tributyltennföreningar (TBT) och totalt organisk kol (TOC) överstiger allesammans riktvärdet efter exploatering i samtliga delområden och visar att alla dessa har ökat efter exploatering i delområde D. För kväve (N) gäller detsamma med undantag från delområde A, samt för zink (n) med undantag för delområde C.

Kadmium (Cd), bens(a)pyren (BaP), suspenderad substans (SS) och kvicksilver överstiger även de riktvärdena i vissa av delområdena.

1.4

Renings effektivitet i föreslagna dagvattenanläggningar

Med hjälp av StormTacs databas med schablonvärden gällande renings effektivitet för olika dagvattenlösningar har föroreningsbelastningen efter exploatering tagits fram, då med hänsyn till föreslagen dagvattenhantering som på kvartermark består av upphöjda växtbäddar, svackdiken och rörmagasin. På allmän platsmark utgörs den av makadammagasin och svackdiken.

1.4.1

Kvartermark

Tabell 7 visar renings effektivitet och utsläppshalt ($\mu\text{g/l}$) i den del av planområdet som ingår i delavrinningsområde A och B, och Tabell 8 delavrinningsområde C och D. Fetstilta siffror indikerar att riktvärdena överskrids.

Tabell 7. Total utsläppshalt ($\mu\text{g/l}$) från planområdet inom respektive delavrinningsområde tillsammans med den samlade renings effekten (%) efter föreslagna dagvattenanläggningar implementerats på kvartermark.

Delområde & Anläggning	A – Upphöjda växtbäddar				B – Svackdike				Riktvärde
	Halt nuläge	Halt framtid	Renings-effekt [%]	Halt Efter rening	Halt nuläge	Halt framtid	Renings-effekt [%]	Halt Efter rening	
P	65	65	65	22	-	79	30	55	50
N	1500	1500	40	900	-	1400	40	840	1250
Pb	2,8	2,8	80	0,56	-	4,4	70	1,3	14
Cu	7,8	7,8	65	2,7	-	9,7	65	3,4	10
Zn	24	24	85	3,6	-	28	65	10	30
Cd	0,47	0,47	85	0,07	-	0,48	65	0,17	0,40
Cr	2,5	2,5	55	1,1	-	3,3	60	1,3	15
Ni	2,7	2,7	75	0,7	-	3,0	50	1,5	40
Hg	0,0086	0,0086	800,0000	0,0017	-	0,010	15	0,009	0,05
SS	20000	20000	80	4000	-	32000	70	9600	25000
Olja	59	59	70	18	-	99	85	15	1000
BaP	0,068	0,0068	85	0,0010	-	0,0078	60	0,0031	0,05
Benzen	0,33	0,33	50	0,17	-	0,41	50	0,21	10
TBT	0,0019	0,0019	50	0,001	-	0,0018	50	0,001	0,001
As	3,3	3,3	80	0,7	-	3,5	50	1,8	15
TOC	10000	10000	50	5000	-	8200	50	4100	12000

Tabell 8. Total utsläppshalt ($\mu\text{g/l}$) från planområdet inom respektive delavrinningsområde tillsammans med den samlade reningseffekten (%) efter föreslagna dagvattenanläggningar implementerats på kvartersmark.

Delområde & Anläggning	C – Rörmagasin				D – Svackdike				Riktvärde
	Halt nuläge	Halt framtid	Renings-effekt [%]	Halt efter rening	Halt nuläge	Halt framtid	Renings-effekt [%]	Halt efter rening	
P	69	85	45	47	49	87	30	61	50
N	1300	1500	15	1275	910	1400	40	840	1250
Pb	3,3	2,9	75	0,7	3,7	8,6	70	2,6	14
Cu	12	8,3	60	3,3	7,8	15	65	5,3	10
Zn	21	24	70	7,2	16	48	65	17	30
Cd	0,017	0,56	75	0,14	0,15	0,50	65	0,18	0,40
Cr	2,6	3,2	70	1,0	1,4	5,5	60	2,2	15
Ni	1,7	3,4	55	1,53	0,98	3,4	50	1,7	40
Hg	0,029	0,0081	45	0,0044	0,015	0,018	15	0,015	0,05
SS	14000	27000	80	5400	18000	51000	70	15300	25000
Olja	300	45	85	7	180	210	85	32	1000
BaP	0,0041	0,0063	80	0,0013	0,0014	0,017	60	0,007	0,05
Benzen	1,7	0,35	50	0,18	1,2	0,34	50	0,17	10
TBT	0,0016	0,0019	50	0,0001	0,0016	0,0019	50	0,001	0,001
As	3,4	3,4	39	2,1	3,8	3,3	50	1,7	15
TOC	13000	7600	61	2965	11000	9300	50	4650	12000

I de upphöjda växtbäddarna renas alla parametrar som överskrider riktvärdet enligt beräkningar i StormTac. I Svackdikena och ett av makadammagasinen kvarstår dock för höga halter av fosfor (P) då denna parameter inte lyckas reduceras till godkänd nivå. Fosforhalten överskrider om mest i delområde D, då med ca 11 $\mu\text{g/l}$. Rörmagasinen reducerar samtliga halter förutom kväve (N) som överstiger riktvärdet med 25 $\mu\text{g/l}$. Halterna av TBT tangerar efter rening riktvärdet i samtliga delområden.

1.4.2

Allmän platsmark

Tabell 9 visar reningseffektivitet och utsläppshalt ($\mu\text{g/l}$) i den del av planområdet som ingår i delavrinningsområde A och B, och Tabell 10 delavrinningsområde C och D. Fetstilla siffror indikerar att riktvärdena överskrids.

Tabell 9. Total utsläppshalt ($\mu\text{g/l}$) från planområdet inom respektive delavrinningsområde tillsammans med den samlade reningseffekten (%) efter föreslagna dagvattenanläggningar implementerats på allmän platsmark.

Delområde & Anläggning	A – Makadammagasin				B – Makadammagasin				
Ämne	Halt nuläge	Halt framtid	Renings-effekt [%]	Halt efter rening	Halt nuläge	Halt framtid	Renings-effekt [%]	Halt efter rening	Riktvärde
P	-	95	60	38	150	160	60	64	50
N	-	1100	55	50	2400	2400	55	1080	1250
Pb	-	28	85	4,2	8,9	8,9	85	1,3	14
Cu	-	38	85	5,7	32	32	85	4,8	10
Zn	-	130	85	20	120	120	85	18	30
Cd	-	0,42	85	0,06	0,30	0,30	85	0,05	0,40
Cr	-	14	85	2,1	9,9	9,9	85	1,5	15
Ni	-	3,8	90	0,4	6,8	6,8	90	0,7	40
Hg	-	0,047	45	0,026	0,076	0,076	45	0,04	0,05
SS	-	130000	90	13000	76000	76000	90	7600	25000
Olja	-	740	90	74	750	750	90	75	1000
BaP	-	0,056	60	0,022	0,016	0,016	60	0,006	0,05
Benzen	-	0,21	50	0,11	3,8	3,8	50	1,9	10
TBT	-	0,0019	50	0,001	0,0016	0,0016	50	0,0008	0,001
As	-	2,5	60	1	2,5	2,5	60	1	15
TOC	-	19000	50	9500	21000	21000	50	10500	12000

Tabell 10. Total utsläppshalt (µg/l) från planområdet inom respektive delavrinningsområde tillsammans med den samlade reningseffekten efter föreslagna dagvattenanläggningar implementerats på allmän platsmark.

Delområde & Anläggning	C – Svackdike				D – Svackdike				
Ämne	Halt nuläge	Halt framtid	Renings-effekt [%]	Halt Efter rening	Halt nuläge	Halt framtid	Renings-effekt [%]	Halt Efter rening	Riktvärde
P	-	100	30	70	72	140	30	98	50
N	-	1500	40	900	1000	1900	40	1140	1250
Pb	-	3,4	70	1,0	17	3,2	70	1,0	14
Cu	-	16	65	5,6	23	21	65	7,4	10
Zn	-	24	65	8,4	80	31	65	11	30
Cd	-	0,22	65	0,08	0,35	0,28	65	0,10	0,40
Cr	-	4,3	60	1,7	8,3	6,4	60	5,6	15
Ni	-	2,6	50	1,3	2,7	3,7	50	1,9	40
Hg	-	0,049	15	0,042	0,028	0,073	15	0,062	0,05
SS	-	12000	70	3600	82000	5900	70	1770	25000
Olja	-	480	85	72	440	710	85	107	1000
BaP	-	0,0059	60	0,0024	0,032	0,0092	60	0,0037	0,05
Benzen	-	2,7	50	1,4	0,37	3,8	50	1,9	10
TBT	-	0,0016	50	0,0008	0,0018	0,0016	50	0,0008	0,001
As	-	3,1	50	1,6	3,1	2,5	50	1,3	15
TOC	-	15000	50	7500	14000	20000	50	10000	12000

Makadammagasinet/krossfyllda diket renar dagvatten effektivt och nästan alla parametrar som överskridit riktvärdet enligt beräkningar i StormTac har reducerats till godkända nivåer, detta med undantag för halten fosfor (P) i Danska vägen i delområde B som ligger ca 14µg/l över.

Svackdikena i delområde C och D lyckas inte heller reducera halten fosfor helt och i planområdet i delområde D överstiger föroreningshalten av fosfor riktvärdet med ca 48 µg/l. I svackdiket i delområde D överstigs även halten av kvicksilver (Hg) med ca 0,012 µg/l.

Nedan presenteras olika varianter av dagvattenlösningar i form av fördröjningsåtgärder som kan användas för att uppfylla det erforderliga fördröjningsbehovet.

1. Gröna tak

För att minska avrinningen av dagvatten från takytor kan byggnader förses med så kallade gröna tak (Figur 1 och 2).



Figur 1. Grönt tak i västra hamnen, Malmö. Foto: Ramböll

Vegetationsklädda takytor minskar den totala avrinningen jämfört med konventionella, hårdgjorda tak. Tunna gröna tak, med t.ex. sedum, kan minska den totala avrunna mängden på årsbasis med ca 50 %. Gröna tak med djupare vegetationsskikt magasinerar enligt Svenskt Vattens publikation P105 i medeltal 75 % av årsavrinningen. Förutom detta har sedum till skillnad från vanligt gräs den speciella egenskapen att det klarar längre torrperioder utan att torka ut.

Man har beräknat att 10 m² takyta täckt av till exempel torktålig takvegetation tar upp samma mängd koldioxid som ett träd. Takvegetation med blandade sedum och mossarter behåller dessutom sin bladmassa året om. De är därför aktiva som partikelrenare när de gör som mest nytta, det vill säga under vinterhalvåret när föroreningsbelastningen är som högst.

Förutsättningar

Förutsättningar för att tekniken skall kunna utnyttjas är att taket inte har alltför brant lutning. Taklutningen bör inte vara mer än 27 grader vilket motsvarar en taklutning på 1:2 och enligt rekommendationer är maxlutningen 30 grader. Detta då brantare lutning kräver att det gröna taket säkras med hjälp av exempelvis nät, clips och krokar. Samt att taket bevattnas då vattnet rinner

av snabbare vilket leder till att taket riskerar att torka ut och själva fördröjningsfunktionen försvinner.

Takkonstruktionen skall vara dimensionerad för den extra last som det gröna taket innebär. Lasten är dock inte större än att motsvara ett vanligt tegeltak. Vidare kan gröna tak ha en ljud- och värmeisolerande verkan, vilket kan bidra till en bättre inomhusmiljö samt reducera hushållens energibehov för uppvärmning. Gröna tak kan ha kylningseffekten på sommaren. Gröna tak kräver dock skötsel i form av gödsling med mera för att bibehålla funktion och karaktär.

2. Regnträdgårdar

Regnträdgårdar (Rain Gardens) (Figur 3) är en genomsläpplig växtbädd som används för att infiltrera dagvatten från närliggande hårdgjorda ytor.



Figur 3. En regnträdgård i Malmö. Dit leds dagvatten från vägen. Foto: Ramböll

Eftersom regnträdgård byggs upp på en väl-dränerad växtbädd ställs det krav på att växterna ska klara perioder av både torka och höga vattennivåer. Med en välkomponerad växtmix får man regnträdgård som fyller en teknisk funktion men också ett mycket vackert inslag i gatumiljön eller parken.

En regnträdgård byggs upp så att allt det inströmmande vattnet ska kunna magasineras och infiltreras effektivt inom ett dygn efter nederbördstillfället. Bara under korta perioder i samband med kraftiga regn kommer regnträdgården att ha någon synlig vattenyta. Eftersom bädden är planterad med växter så medför det att en regnträdgård dessutom har en mycket större förmåga att avdunsta vatten än exempelvis en steril infiltrationsbädd av makadam.

Jämfört med en öppen dagvattendamm i stadsmiljön så genererar regnträdgård i idealfallet inget överskottsvatten som måste ledas vidare i det konventionella dagvattensystemet. Allt vatten infiltreras lokalt och kan skapa ett slutet dagvattensystem inom kvarteret.



Systemen med regnträdgård har utvecklats och används nu med framgång även i städernas gatumiljöer. Dagvattnet från tak, vägar och parkeringsytor leds till närliggande regnträdgård där växterna renar och avdunstar stora delar av vattnet innan överskottet infiltrerar ned genom bädden (www.vegtech.se). Figur 3 visar ett exempel på en upphöjd regnträdgård.

Figur 3. Upphöjd regnträdgård/växtbädd i Göteborg. Foto: Ramböll

3. Öppna fördröjningsmagasin

Med öppna vattenytor skapas tilltalande inslag i bostadsmiljön (Figur 4 och 5).

Dagvattenmagasinen kan utföras på många sätt och förutsättningarna på platsen får ofta styra utförandet. Fysiska begränsningar är kanske den faktor som spelar störst roll och kan leda till en viss problematik gällande dagvattenhantering i redan bebyggda områden. Befintliga bebyggelsestrukturer tillåter kanske bara en viss kategori av öppen dagvattenhantering på grund av platsbrist.

För att magasinerna ska vara snygga så krävs underhåll och eventuellt behövs kontinuerligt tillflöde av vatten för att undvika stillastående vatten som kan få problem med bland annat alger. Ett ytterligare sätt att undvika alg-beväxning är att plantera träd runt dammen för att ge skugga och därmed sänka temperaturen i vattnet vilket hämmar tillväxten av alger.

Vid utformning av fördröjningsdamm bör följande tas i beaktning:

- Dammens slänter bör ges flacka lutningar, 1:4 eller flackare, med hänsyn till skötsel samt säkerhetsaspekter.
- Djupet i dammen bör variera för rikare biologisk mångfald samt bättre rening. Dock får inte dammen vara för djup då det kan leda till syrefria miljöer och anaerob nedbrytning vilket ger upphov till dålig lukt.
- Dammen bör vara långsmal. Längd: bredd cirka 3:1 rekommenderas. Vattnet ska ha så lång rinntid i dammen som möjligt.

2017-06-21

Fördröjningsdammens djup och placering beror på grundvattennivån i området. Fördröjningsdammen kommer att medge utjämning av dagvattentoppar och medföra en viss rening av dagvatten genom sedimentation.



Figur 4. Öppet fördröjningsmagasin i form av en dagvattendamm med permanent vattenyta i ett bostadsområde i Tyskland. Foto: Ramböll



Figur 5. Fördröjningsdamm inne bland bebyggelsen. Foto: Ramböll

3.1 Torr fördröjningsdamm / översilningsyta

En torr fördröjningsdamm kan användas för att fördröja vatten vid höga flöden i samband med nederbörd. Under vissa perioder kommer fördröjningsdammen att vara helt torr (Figur 6). Det är därför viktigt att den utformas så att den blir ett tilltalande inslag i landskapsbilden även under torrperioder. Man kan till exempel välja att utforma den som en torr damm med gräsklädd botten så att den i samband med nederbörd kan användas som ett magasin, men utgöra parkyta eller liknande under torra perioder.

Fördröjningsdammen kommer att utjämna dagvattentoppar och medföra en viss rening av dagvattnet genom sedimentation. Efter dammen leds dagvattnet via utloppsledning till befintligt dike.



Figur 6. Exempel på utformning av en torr fördröjningsdamm. Källa: Härryda kommuns dagvattenstrategi, 2011.

En översilningsyta är en anlagd eller befintlig lägre liggande vegetationsklädd yta som utformas för att ta emot ett jämnt utspritt dagvattenflöde över ytans hela bredd (Figur 7).



Figur 7. Översilningsyta i Malmö. Foto: Ramböll

Förutsättningar

Bygghöjd för magasin beror på flera förutsättningar, ex vattenmängder, grundvattenytans djup, naturliga höjdskillnader och tillgängliga ytor påverkar djupet på magasinet och därmed fördröjningsvolymen. Dammarna kräver skötsel i form av slamuppsamling, rensning/gräsklippning, etc. Slammet hanteras på samma sätt som slam från rännstensbrunnar och vägdiken.

4. Träd och skelettjordar

Dagvatten kan effektivt omhändertas med hjälp av träd, vars kronor fångar upp och avdunstar nederbörd samtidigt som rotsystemen suger vatten ur marken. Varje trädkrona kan magasinera omkring 10 mm nederbörd över den yta som kronan upptar. Att rotsystemen suger åt sig vatten från kringliggande mark leder dessutom till att markens magasineringsskapacitet återhämtas fortare vid längre nederbördstillfällen.

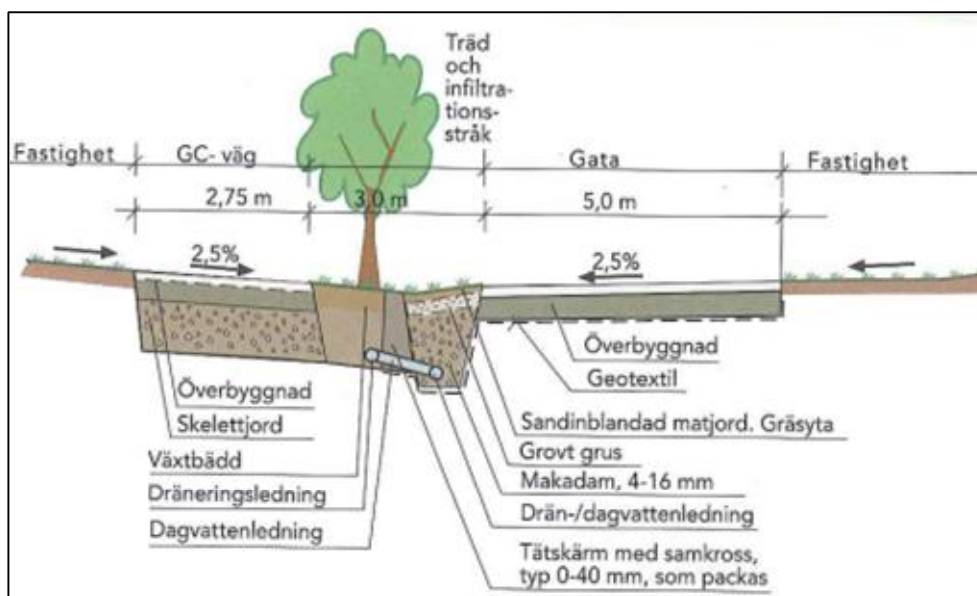
Träd kan med fördel kombineras med andra metoder för omhändertagande av dagvatten, till exempel med vattengenomsläppliga beläggningar (Figur 8).



Figur 8. Trädplantering i gata, Stockholm. Foto Ramböll

Utmed gator och parkeringsytor kan träd planteras för att minska flödesintensiteten. Dessutom kan träd omhänderta mindre mängder föroreningar, exempelvis från vägdagvatten. Optimalt om träd kan omges med undervegetation.

Vid trädplantering bör skelettjordar användas för att fördröja dagvattnen och därmed till viss del även rena det. Skelettjord består av en kombination av jord och makadam, vilket inte enbart förbättrar dagvattenfördröjningen men även underlättar trädrötternas tillväxt. Dagvattnet fördelas ut i skelettjorden med hjälp av en dräneringsledning eller en perkolationsbrunn. Avledningen av dagvattnet sker sedan till allmän dagvattenledning. Exempel på trädplantering med skelettjord vid körbana och GC-väg visas i Figur 9.



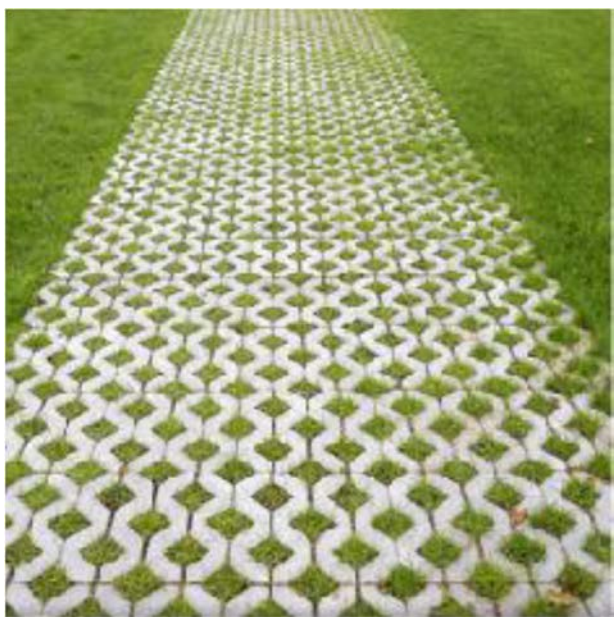
Figur 9. Principskiss för en smalare gatusektion med en GC-väg, ett infiltrationsstråk som är försett med gräs och träd och skelettjord. Källa: Svenskt vattens publikation P105: Hållbar dag- och dränvattenplanering.

5. Genomsläppliga beläggningar

I stället för täta asfaltytor kan olika typer av vattengenomsläppliga ytmaterial väljas. Infiltrationskapacitet i dessa är dock svår att beräkna och på sikt kommer dessa ytor till viss del sättas igen.

5.1 Hålad marksten och rasterytor

Hålad marksten och rasterytor är försedda med öppna hål eller fogar där dagvattnet har möjlighet att infiltrera ned till en vattengenomsläpplig dränerad överbyggnad. Möjligheter finnas att förse hålen med gräs eller makadam (Figur 10).



Figur 10. Hålsten av betong som bildar en stabil och genomsläpplig yta Källa: Utemiljö & Stenprodukter i Skåne AB 2012.

För att mer genomsläppliga ytor ska fungera krävs det att de inte sätts igen av mindre fraktioner som transporteras med dagvatten till ytorna. Om mindre fraktioner sätter igen de genomsläppliga ytorna riskerar de i så fall att förlora sin funktion. Det är också viktigt att en underbyggnad till ytorna är gjord av ett material med tillräckligt stora fraktioner att det säkerställer genomsläpplighet.

Under ytorna magasineras och fördröjs dagvattnet som sedan dräneras bort och leds till de kommunala avloppsledningarna. Ytterligare en fördel med den här typen av mer genomsläppliga ytor är så mycket som 30 % av dagvattnet avdunstar. Nackdelen är däremot att det kan bli svårare för funktionshindrade att ta sig fram över ytorna.

5.2 Permeabel asfalt

Permeabel asfalt är en typ av asfalt som har små öppna hålrum i sig vilket gör att vattnet kan infiltrera ner till underliggande lager. De underliggande lagren är uppbyggda av olika relativt grova material för att underlätta infiltrationen. Permeabel asfalt är mycket beroende av lämpliga lokala förutsättningar för att fungera. Den har ett relativt stort skötselbehov, då den måste högtrycksspolas med jämna mellanrum för att inte porerna i asfalten skall sättas igen.

5.3 Pelleplatta

Pelleplattan (Figur 11) är en produkt tillverkad av återvunnen HDPE-plast

och används som gräs- eller singelarmering i flera olika sammanhang.



Figur 11. Förstärkt grusgång med pelleplatta. Källa: www.vegtech.se.

Underlaget förbereds precis som vid en stensättning efter förväntad belastning. Plattan läggs sedan enkelt och snabbt på plats och kapas lätt efter platsens behov på ett stabilt och väl förberett underlag. Plattan tål belastningar på 200 ton/m² och fördelar lasten från ett fordon som kör på ytan så att kompaktering av underlaget undviks. Pelleplattan fungerar också bra med hänsyn till framkomlighet för barnvagnar, rullstolar och rollatorer.

6. Diken

För att avleda avrinning kan olika avrinningsstråk användas (avrinningsstråk kan även syfta på infiltrationsstråk och dräneringsstråk). Ofta utgörs avrinningsstråken av olika typer av diken, till exempel öppna gräsbeklädda diken, svackdiken, eller underjordiska diken, makadamdiken.

6.1 Svackdiken

Svackdikena är ytliga avrinningsstråk där dagvattnet visualiseras, renas och fördröjs. Svackdiken (Figur 12) avser grunda, öppna avrinningsstråk med flacka slänter.

Avbördningsförmågan i ett svackdike påverkas i hög grad av friktion mellan vattnet och gräsytan, den så kallade råheten samt lutningen i flödesriktningen. Råheten påverkas av växtval och skötsel av grönytan. När dagvattnet rinner i svackdikena reduceras hastigheten på grund av vegetationen och därmed avskiljs föroreningar genom sedimentering. Avrinningshastigheten minskar avsevärt jämfört med transport i ledningar. Flödestopparna nedströms minskar. Är lutningen större än 2 % bör svackdiket förses med fördämningar för att på så sätt minska vattenhastigheten och öka fördröjningseffekt.



Figur 12. Svackdiken i Fjärilsparken, Malmö. Källa: VA SYD.

Dikena bör göras flacka och breda för att få högsta reningseffekt genom att få så lång uppehållstid som möjligt så att föroreningar hinner suspendera. Den beväxta ytan binder och bryter ner föroreningarna och tar även upp de näringsämnen som finns i dagvattnet. Det beväxta lagret bör ha en tjocklek på ca 30 cm. Dikena bör också utformas med permeabla väggar vilket gör att vattnet kan infiltrera. Svackdikena bidrar till en reduktion av vattenvolymer samt minskar flödestopparna. Vid höga flöden skall det finnas bräddningsmöjligheter från svackdikerna för att minimera risken att bundna föroreningar slammar upp och sprids.

Även under vinterförhållanden och i samband med snösmältning har det konstaterats att smältvattnet infiltreras i gräsytor. Vintertid kan svackdikena användas som snöupplag vilket lämpar sig då snö som röjs från gator och vägar anses innehålla föroreningar som delvis renas i svackdikerna.

Fördelen med svackdiken är att dagvattnet renas till viss del och att det är ett trevligt inslag med kombinationen vatten och grönyta i området. En nackdel är att de är ytkrävande och kräver ett visst underhåll.

6.2 Makadamdiken

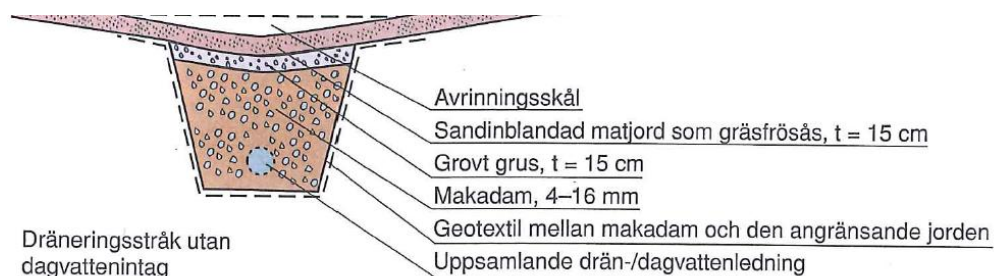
Ett alternativ till svackdiken är makadamfyllda diken, så kallade makadamdiken. Fördelar med makadamfyllda diken jämfört med svackdiken är att makadamdiken inte kräver lika stor plats.

Makadamdike kan utföras även under en skålad gräsyta där dagvattnet samlas (Figur 12). Under gräsytan görs ett cirka 1 meter djupt dike fyllt med genomsläppligt material, typ makadam. Magasinerings- eller fördröjningvolymen i makadamdiken utgörs av porvolymen (hålrumsvolymen) i fyllningsmassorna, cirka 30 % av den totala volymen. Ett lager geotextil skyddar makadammen från det gräsbevuxna jordlagret. I botten av diket läggs en dränerande ledning. Bräddintag, i form av brunnar med kupolsil, kan placeras ovan den skålade gräsytan.



Figur 12. Exempelbild på ett mjukt skålat makadamdike i Köpenhamn. Foto: Ramböll

Avtappningen av makadamdiket utförs med en dräneringsledning som läggs nära botten i fyllningen (Figur 13). För att tömningen inte skall bli för snabb av magasinet bör dräneringsledningens kapacitet strypas. På så vis säkerställs att inte föreskrivet maximalt utflöde överskrids. Makadamdiken kan även utföras under tät beläggning så som vägar eller parkeringar.



Figur 13. Makadamdike med dräneringsledning i botten. Källa: Svenskt Vatten P105.

7. Underjordiska fördröjningsmagasin

Där det inte finns utrymme för öppna fördröjningsmagasin kan underjordiska magasin anläggas och förläggas till exempel inom parkeringsytor.

Det finns flera olika typer av underjordiska magasin för dagvatten på marknaden idag. Vid hög grundvattennivå måste fördröjningsmagasin som anläggs under mark sannolikt utgöras av täta magasin som till exempel rörpaket. Om magasinerna utförs som en otät konstruktion som till exempel plastkasseter måste grundvattennivån vara känd. Den bör vara under magasinets botten annars kan inte hela volymen utnyttjas till magasinering.

Magasinen behöver också dimensioneras för aktuell last, exempelvis trafik och vid täta magasin och hög grundvattennivå även för lyftkrafter.

7.1 Dagvattenmagasin av plast, till exempel polyetenrör

Polyeten är korrosions- och kemikaliebeständigt vilket innebär att rören har en lång livslängd. Dessutom har materialet låg densitet om det jämförs med exempelvis betong.

För att skapa ett magasin av rördelar i polyeten (Figur 14) krävs det att de sammankopplas och det görs antingen genom att de gängas eller svetsas samman eller att de både gängas och svetsas. I och med att varje rördel anpassas utifrån beställarens krav kan magasinet utformas efter de topografiska förutsättningar som finns på den aktuella platsen.



Figur 14. Dagvattenmagasin av Weholite dubbelväggiga lättviktsrör, polyeten. Källa: www.kwhpipe.se

Installationstiden exklusive schaktning är vid den här magasinstypen kort jämfört med andra magasinstyper. Detta tack vare att rördelarna är lätta, prefabricerade och kan göras längre än betongrör. Samt att de snabbt och enkelt kan monteras samman.

Ett magasin av polyeten beräknas hålla i cirka 100 år och kräver, förutom eventuell spolning, i stort sett inget underhåll. Livslängden baseras på kunskap om materialets beständighet samt skicket på de rör som tagits upp ur marken efter att varit i bruk i ca 50 år (www.kwhpipe.se).

7.2 Dagvattenmagasin av betongrör

Dagvattenmagasin gjorda av armerade betongrör (Figur 15) fungerar på samma sätt som de dagvattenmagasinen av polyetenrör.



Figur 15. Dagvattenmagasin av betongrör Källa: www.steriks.se.

Skillnaden är de egenskaper som materialen har. Tyngden av betongen gör att rörsektionerna blir svårare att hantera vid montering och dyrare att transportera. Det går inte heller att göra lika långa längder av betongrör som med polyetenrör vilket medför fler skarvar mellan rördelarna. Fler skarvar ger en längre installationstid. Armerad betong kan dock bära större laster än polyetenrörsmagasin vid till exempel ytligt liggande dagvattenmagasin.

Betongrörens ungefärliga livslängd är 100 år. Bara i undantagsfall är mark- och vattenförhållandena sådana att kemiska angrepp förkortar livslängden (www.alfaror.se).

7.3 Dagvattenmagasin i betong

Dagvattenmagasin gjorda av betong kan ha olika former och tillverkningsätt. Det finns både cirkulära och rektangulära magasin. Magasinen går både att platsgjuta (Figur 16) och att prefabricera.



Figur 16. Plastgjutet dagvattenmagasin som är beläget under en parkeringsyta. Foto: Malin Engström. Källa: Svenskt vattens publikation P105: Hållbar dag- och dränvattenplanering.

Att installera ett fördröjningsmagasin i betong kan variera i tid beroende på vilka förutsättningar som finns på platsen, vilken typ av magasin som skall installeras och magasinets storlek.

7.4 Infiltrationsmagasin eller Stenkistor

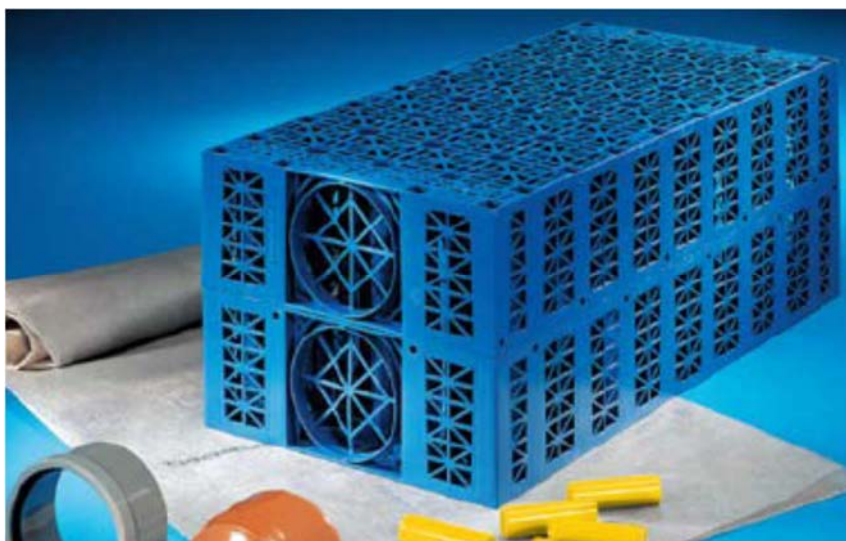
Infiltrationsmagasin används främst då dagvatten från takytor inte kan avledas till någon yta med vegetation där det kan infiltrera ner i marken. Infiltrationskapacitet varierar starkt mellan olika jordarter där morän och sand har 2-3 gånger större kapacitet än silt respektive anlagda grönytor (matjord). Lera har en nästan försumbar infiltrationskapacitet. Viktigt är grundvattenytans nivå. Den bör vara under magasinets botten annars kan inte hela volymen utnyttjas till magasinering. Det är även viktigt att de omkringliggande fastigheterna inventeras noga så att de inte skadas om det skulle komma så mycket nederbörd att infiltrationsanläggningen inte kan klara flödet utan att vatten blir stående och rinner av längs marken.

Infiltrationsmagasin är i princip en grop i marken som täcks in av en geotextilduk och fylls med ett grovt material (makadam) som dagvattnet leds till. Duken ska förhindra smuts och finare fraktioner från omgivande material att ta sig in i magasinet och minska porvolymen och därmed kapaciteten för magasinet. Hållrumsvolymen för makadam som används i infiltrationsmagasin brukar vara cirka 30 %. Infiltrationsmagasinet samlar upp dagvattnet och låter det sedan infiltrera i marken, magasinet kan även utrustas med en perkolationsbrunn. Magasinet ska förses med en bräddning till dagvattennätet eller dike för bortledning av avrinnande vatten som inte infiltreras för att förhindra översvämningar vid mycket kraftiga regn.

Ett infiltrationsmagasin räknas ha en livslängd på ett par årtionden beroende hur skötseln är på magasinet. Skulle en längre period vara aktuellt bör fyllningsmaterialet och duken som kan sättas igen bytas ut.

7.5 Dagvattenkassetter

Ett alternativ till att anlägga ett infiltrationsmagasin fyllt med ett grovt material är dagvattenkassetter av plast. Dagvattenkassetternas (Figur 17) hållrumsvolym är 95 % vilket innebär att man sparar mer än 2/3 av ytbehovet jämfört med en traditionell anläggning av makadam.



Figur 17. Dagvattenkassetter. Källa: www.wavin.se.

Kassetterna kan användas för avledning av dagvatten från tak och hårdgjorda ytor. De bör förses med bräddanslutning för indikation på framtida igensättning.

Fördelar med dagvattenkassetter jämfört med makadamfyllda infiltrationsmagasin är att kassettmagasinen inte kräver lika stor plats och möjligheterna till inspektion, rensning och spolning är större. Utformningen och vikten på modulerna gör att transportkostnader kan minskas med upp till 75 % jämfört med makadamfyllda infiltrationsmagasin.

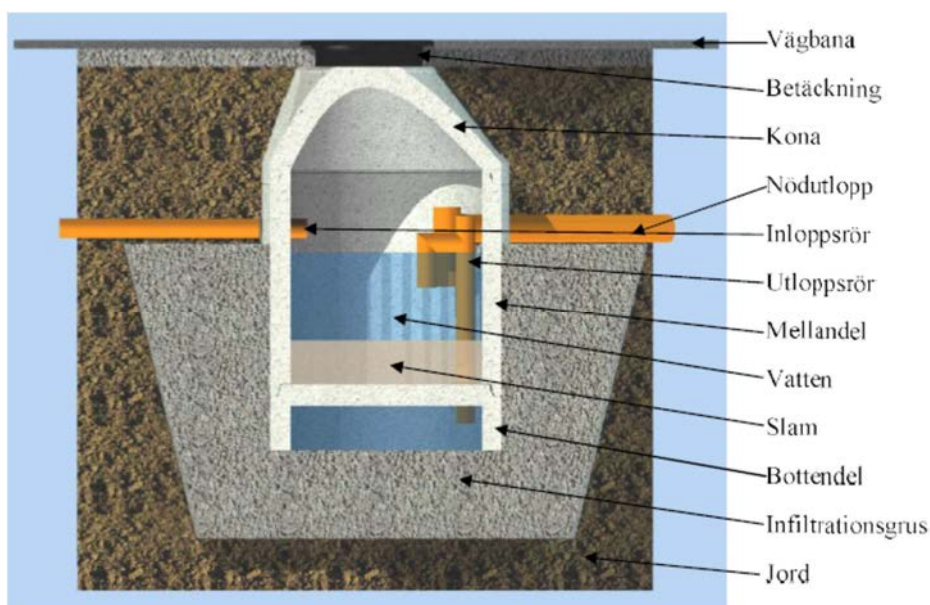
Noteras bör att kassettmagasin måste anläggas ovan grundvattenytan. Annars kan inte hela volymen utnyttjas till magasinering.

Kassetterna har olika utseende och storlek beroende på vilken typ av kassett det är och vilken leverantör som den kommer från. Gemensamt för de olika kassettyperna är att en geotextilduk måste placeras runt kassetterna för att hålla smuts och jord utanför magasinet annars kan sediment tränga in och minska fördröjningsvolymen och sätta igen magasinet.

Denna magasinystyp har en lägre bärighetsförmåga än magasin av polyetenrör och dess livslängd varierar med hur arbetet med tätningen kring kassetterna är utförd. Till mindre magasin fungerar dessa utmärkt då de är billiga och enkla att montera. Till större fördröjningsmagasin blir arbetet mer omfattande med monteringen av kassetterna.

7.6 Infiltrations- och perkolationsbrunnar

Dagvattnet rinner ner genom brunnens betäckning, alternativt förses brunnen med en inloppsledning från närliggande dagvattensystem. De partiklar som kommer in i Infiltrationsbrunnen sjunker ner till botten eller lägger sig på ytan. Vattnet i brunnen kommer via utloppsröret att rinna ner genom botten och infiltreras genom gruset runt brunnen. Blir flödet så stort att vattnet inte hinner infiltreras kommer vattnet att flöda över genom nödutloppet som ansluts till befintligt dagvattensystem (Figur 18). Finns inget dagvattensystem kan brunnen givetvis utföras utan nödutlopp.



Figur 18. Infiltrationsbrunn med sandfång. Källa: www.alfaror.se.

Förutsättningar

Bygghöjder varierar beroende på val av magasin, mängd dagvatten som ska fördröjas, platsens förutsättningar och trafikbelastning. Generellt behövs en överbyggnad med tätskikt, dräneringsskikt och beläggning. Rörmagasin finns i dimensioner från 200-1500mm (även större). Dagvattenkassetter kan staplas på höjd eller läggas i bara ett lager, höjd från 400mm. Dimensioner för infiltrationsbrunnar varierar, för brunn i Figur 18 är brunnshöjden 2100mm.