


# Dagvattenutredning för fastigheterna Hammarbyhöjden 1:1 och Åskvädret 2 i Björkhagen, Stockholms stad

Grap: 19019



Geosigma AB  
2019-01-18

<h1>GEOSIGMA</h1>						
Uppdragsledare: <b>Jonas Olofsson</b>	Uppdragsnr: <b>605497</b>	Grap nr: <b>19019</b>	Version: <b>1.0</b>	Antal Sidor: <b>41</b>	Antal Bilagor: <b>2</b>	
Beställare: <b>Svenska Bostäder</b>	Beställares referens: <b>Karin Ståhl</b>		Beställares referensnr: <b>INK585772</b>			
Titel och eventuell undertitel: <b>Dagvattenutredning för fastigheterna Hammarbyhöjden 1:1 och Åskvädret 2 i Björkhagen, Stockholms stad</b>						
Författad av: <b>Aiste Girleviciute, Carolina Åckander</b>					Datum: <b>2019-01-18</b>	
Granskad av: <b>Jonas Olofsson</b>					Datum: <b>2019-01-18</b>	
<b>GEOSIGMA AB</b> www.geosigma.se geosigma@geosigma.se Bankgiro: 5331 – 7020 PlusGiro: 417 14 72 – 6	<b>Uppsala</b> Postadr: Box 894, 751 08 Uppsala Besöksadr: Vattholmavägen 8, Uppsala Tel: 010-482 88 00	<b>Teknik &amp; Innovation</b> Vaksala-Eke, Hus H 755 94 Uppsala Tel: 010-482 88 00	<b>Göteborg</b> Stora Badhusgatan 18-20 411 21 Göteborg Tel: 010-482 88 00	<b>Stockholm</b> Sankt Eriksgatan 113 113 43 Stockholm Tel: 010-482 88 00		

## Sammanfattning

Svenska Bostäder planerar att utveckla bostadsområdet Björkhagen med ombyggnad av ett befintligt hus samt nybyggnation av flera bostadshus som tillsammans ska generera ca. 100 lägenheter längs med Halmstadsvägen. Idag återfinns på den berörda marken en byggnad norr om Halmstadsvägen och naturmark söder om vägen. I samband med detaljplanearbetet har Geosigma fått i uppdrag att genomföra en dagvattenutredning för att studera hur ombyggnationen påverkar dagvattenbildningen, samt vilka åtgärder för fördröjning och rening som bör tillämpas i samband med detta.

Stora delar av planområden täcks idag av ett tunt lager morän (0–1 m) som ligger ovanpå urberg och några ytor söder om vägen består av berg i dagen. Infiltrationsmöjligheterna är begränsade eftersom jordtäcket är tunt. Dagvattnet avrinner generellt in mot Halmstadsvägen och vidare i både västlig och östlig riktning och leds sedan via kommunens duplikat-ledningssystem till recipienterna Sicklasjön och Årstaviken.

En förändring av markanvändningen enligt erhållen situationsplan, utan anläggningar för fördröjning och rening av dagvatten, medför ökade dimensionerande dagvattenflöden med cirka 42 % och en ökning av årsmedelflödet med cirka 63 %. För att skapa en fungerande dagvattenhantering som uppfyller reningskraven i Stockholms stads åtgärdsplan för dagvatten och som inte leder till en ökad belastning på dagvattennätet föreslås följande åtgärder:

### *Enligt första förslaget:*

- Dagvatten från hårdgjorda ytor leds till växtbäddar som på innergårdarna är seriekopplade med ett svackdike. I norra delen av området föreslås en grön cykelparkering med skelettjord för rening och fördröjning.

### *Enligt andra förslaget:*

- Dagvatten fördröjs och renas på gröna tak med ett djup av 15 cm som anläggs på 50% av den planerade takytan.
- Dagvatten från hårdgjorda ytor leds till ett svackdike och en grön cykelparkering med skelettjord för rening och fördröjning.

### *Gemensamt för båda förslagen:*

- Sammanlagd erforderlig volym i dessa anläggningar ska uppgå till minst 70 m<sup>3</sup> för att uppnå tillräcklig reningsvolym enligt stadens åtgärdsplan för dagvatten.
- Anläggningarnas utlopp dimensioneras för avtappning under minst 12 h enligt ovan nämnda riktlinjer.
- Anläggningarna förses med bräddutlopp som avleder eventuellt överskottsvatten.
- Två underjordiska magasin, exempelvis kasettmagasin placeras lämpligen strax norr om länkbyggnaderna i Områden 1 och 2.
- De underjordiska magasinen dimensioneras för att kunna magasinera 21 m<sup>3</sup> dagvatten enligt det första lösningsförslaget eller 13 m<sup>3</sup> enligt det andra förslaget. Magasinens syfte är att säkerställa att utflödet från utredningsområdet inte ökar för ett dimensionerande 20-årsregn.

Utredningsområdet höjdsätts så att överskottsvatten vid särskilt kraftiga regn avrinner bort från byggnader, förslagsvis åt väst och ost. På det viset kan risker för översvämningsskador minimeras.

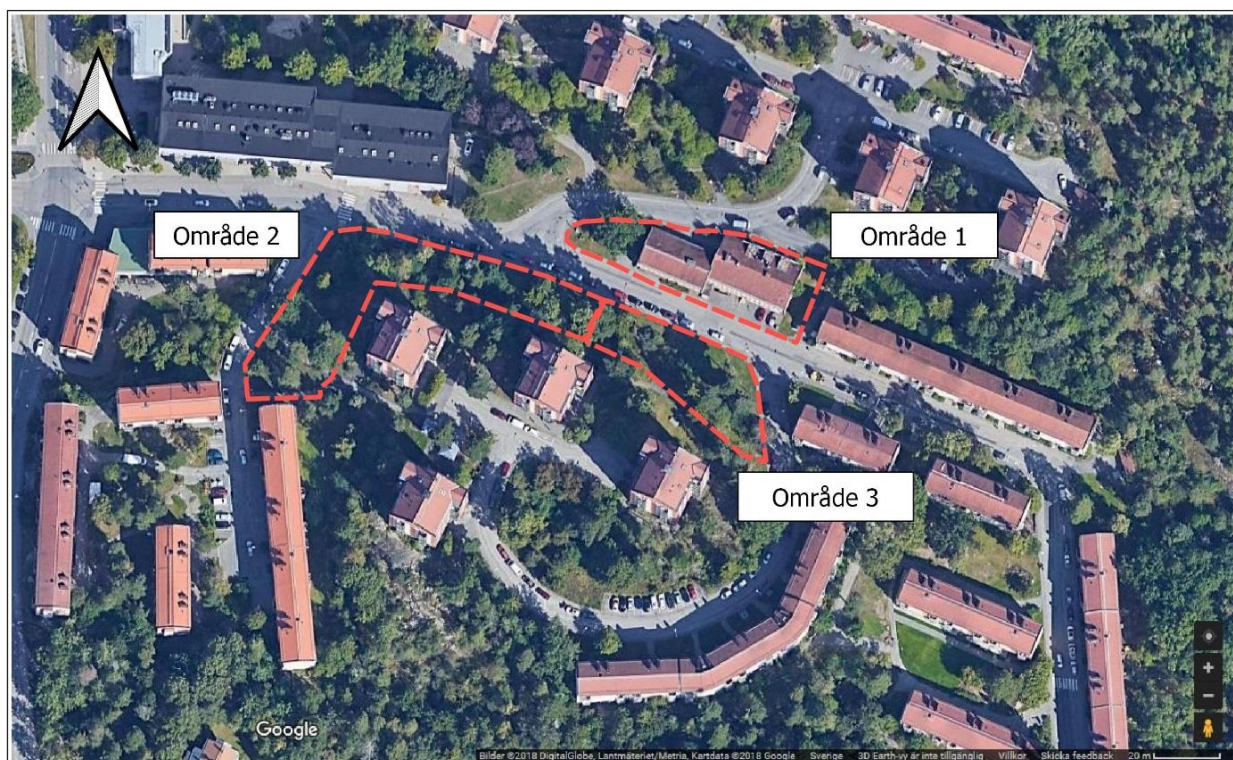
## Innehåll

<b>Sammanfattning</b>	<b>3</b>
<b>1 Inledning</b>	<b>7</b>
1.1 Syfte	7
1.2 Allmänt om dagvatten	8
<b>2 Metoder</b>	<b>9</b>
2.1 Material och datainsamling	9
2.2 Flödesberäkning	9
2.3 Beräkning av dimensionerande utjämningsvolym	9
2.4 Föroreningsberäkning	10
2.5 Platsbesök	10
<b>3 Undersökningsområde</b>	<b>13</b>
3.1 Markanvändning – Befintlig och planerad	13
3.2 Infiltrationsförutsättningar och geologi	14
3.3 Översiktliga avrinningsförhållanden och befintlig dagvattenhantering.	15
3.4 Recipienter	16
<b>4 Flödesberäkningar och föroreningsbelastning</b>	<b>18</b>
4.1 Flödesberäkningar	18
4.2 Dimensionerande utjämningsvolym enligt Stockholms stads åtgärdsnivå	19
4.3 Erforderlig magasinsvolym	19
4.4 100-årsregn	20
<b>5 Lösningförslag för dagvattenhantering</b>	<b>23</b>
5.1 Generella rekommendationer	23
5.2 Principer för lokalt omhändertagande av dagvatten	23
5.2.1 Planteringar och växtbäddar	23
5.2.2 Svackdike och skålformade grönytor	25
5.2.3 Gröna tak	26
5.2.4 Underjordiska fördröjningsmagasin	26
5.2.5 Skötsel och underhåll	27
5.3 Lösningar för dagvattenhantering	27
5.3.1 Lösningförslag 1	28
5.3.2 Lösningförslag 2	29
5.4 Föroreningsbelastning	30
5.4.1 Lösningförslag 1	31
5.4.2 Lösningförslag 2	35
5.5 Effekt på recipient	39
5.6 Extremregn	39

<b>6</b>	<b>Slutsats</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>Referenser</b>	<b>41</b>
	<b>Bilagor</b>	<b>41</b>

# 1 Inledning

Svenska Bostäder planerar utveckling av fastigheterna Hammarbyhöjden 1:1 samt Åskvädret 2 i bostadsområdet Björkhagen i Stockholms stad. Norr om Halmstadsvägen planeras en befintlig byggnad att rivas ner och ersättas med ett nytt bostadshus. Det nya huset beräknas att ha samma dimensioner som det befintliga. Söder om Halmstadsvägen planeras ny-exploatering med bostadshus på ett område som för närvarande består av bergig terräng med ett tunt jordtäckte. Geosigma har fått uppdraget att utföra en dagvattenutredning för dessa fastigheter som kommer att utgöra underlag för framtagandet av en detaljplan. För att tydligt särskilja beräkningar och volymer görs redovisningen för tre delområden: ett område för Åskvädret 2 (markerat som Område 1 i Figur 1–1) samt ett område för respektive byggnad inom Hammarhöjden 1:1 (markerade som Område 2 och 3 i Figur 1–1).



**Figur 1-1** Översiktbild där aktuella planområden är markerade med röda streckade linjer. Karta: Google Maps.

## 1.1 Syfte

Dagvattenutredningen syftar till att utreda vilka förändringar den planerade ombyggnation och exploateringen kan ha på dagvattenbildningen, samt att bedöma förutsättningarna för lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD), genom infiltration och fördröjning. Bedömningen grundar sig på de lokala markförhållandena, dimensionerande dagvattenflöden samt dagvattnets föroreningsgrad. Utredningen har även dimensionerat utjämningsmagasin och reningsanläggningar för dagvattnet för att reducera flödestoppar och samtidigt rena dagvattnet genom bland annat infiltration.

Stockholms stads Åtgärdsnivå för dagvattenhantering vid ny- och större ombyggnation (2016) samt Checklista dagvattenutredning i stadsbyggnadsprocessen (2017) har varit styrande vid framtagandet av föreliggande dagvattenutredning.

## 1.2 Allmänt om dagvatten

Dagvatten definieras som ett tillfälligt förekommande vatten som rinner av markytan vid regn och snösmältning. Generellt är ytavrinningens flöde och föroreningshalt kopplade till markanvändningen i ett område. Framst är det dagvatten från industriområden, vägar och parkeringsytor som innehåller föroreningar. Bostadsexploatering kan leda till en större areal hårdgjorda ytor och det är därför viktigt att i ett tidigt skede utreda vilka konsekvenser detta har på dagvattensituationen.

För att uppnå en hållbar dagvattenhantering eftersträvas dagvattenlösningar som efterliknar vattnets naturliga kretslopp, såsom infiltration i mark, i stället för att leda bort dagvattnet i konventionella ledningar. På så sätt minskas mängden dagvatten som behöver tas omhand i dagvattennätet och det sker en naturlig rening av dagvattnet.



## 2 Metoder

### 2.1 Material och datainsamling

De huvudsakliga bakgrundsmaterial och data som har använts för att genomföra denna utredning är bland annat:

- Jordartskarta samt jorrdjupskarta (SGU).
- DWG-fil över planområdet (erhållen från beställaren).
- OSM-karta.
- Ortofoto 2012 från Stockholm stads öppna dataportalen.
- Underlag för vattenförekomster i VISS.

### 2.2 Flödesberäkning

Dagvattenflöden för delområden med olika markanvändning har beräknats med rationella metoden enligt sambandet:

$$Q_{dim} = i(t_r) \cdot \varphi \cdot A \cdot f \quad (\text{Ekvation 1})$$

där  $Q_{dim}$  är flödet (liter/sekund) från ett delområde med en viss markanvändning.

$i$  är regnintensiteten (liter/(sekund·hektar)) för ett dimensionerande regn med en viss återkomsttid och beror på  $t_r$  som är regnets varaktighet, vilket är lika med områdets rinntid.

$\varphi$  är den andel av nederbörden som rinner av som dagvatten för rådande markförhållanden och dimensionerande regnintensitet. Avrinningskoefficienter för olika markanvändningskategorier har tagits från Svenskt Vatten publikation P110.

$A$  är den totala arean (hektar) för det aktuella delområdet. Arealerna för områdena med olika markanvändningstyper före och efter detaljplanens implementering har beräknats i QGIS 3.4 utifrån OSM-karta och grundkartor i DWG-format.

$f$  är en ansatt klimatfaktor, Svenskt Vatten P110 rekommenderar att en klimatfaktor på minst 1,25 för regn med varaktighet under en timme oberoende på vilken del av Sverige planområdet ligger i. En klimatfaktor på 1,25 har ansatts för att ta höjd för klimatförändringar och ökade nederbördsmängder.

### 2.3 Beräkning av dimensionerande utjämningsvolym

Beräkningarna av dimensionerande utjämningsvolym utförs enligt ekvation 2.

$$V = 20 \text{ mm} \cdot \text{Reducerad area} \quad (\text{Ekvation 2})$$

Där  $V$  är den volym (liter) som skall fördröjas och renas. Reducerad area ( $\text{m}^2$ ) baseras på den förändrade arean, multiplicerad med avrinningskoefficienten.

Stadsdelen Björkhagen omfattas av Åtgärdsnivån vid ny- och större ombyggnation för dagvatten framtagna av Stockholms stad år 2016. Enligt åtgärdsnivån ska 90% av dagvattnets årsvolym från kvartersmark och allmän mark fördröjas och renas. Detta görs genom 20 mm fördröjning i dagvattenanläggningar. Enligt Figur 1.24 i Svenskt Vatten publikation P110 tar det 15 minuter innan nederbördsvolymen uppgår till 20 mm i samband med ett 20-årsregn. Eftersom regnintensiteten minskar med ökad regnvaraktighet, adderas

dessa 15 minuter till regnvaraktigheten för att beräkna dimensionerade regnintensitet och flöde.

För områden som bidrar med större flöden efter exploatering även med 20 mm fördröjningsåtgärd beräknas även erforderlig fördröjningsvolym. Detta görs med bilaga 10.6 till Svenskt Vatten P110, enligt ekvation 9.1 i samma publikation som senare korrigerats i en rättningslista (Errata till P110):

$$V = 0,06 \cdot \left( i(t_r) \cdot t_r - K \cdot t_{rinn} - K \cdot t_r + \frac{K^2 \cdot t_{rinn}}{i(t_r)} \right) \quad (\text{Ekvation 3})$$

där  $V$  är den dimensionerande specifika utjämningsvolymen ( $\text{m}^3/\text{ha}_{red}$ ),  $t_{rinn}$  är områdets dimensionerande rinntid och  $K$  är den tillåtna specifika avtappningen från området ( $\text{l/s} \cdot \text{ha}_{red}$ ). För att kompensera för att avtappningen från magasinet inte är maximal annat än vid maximal reglerhöjd multipliceras den tillåtna avtappningen  $K$  med en faktor  $2/3$ .

$V$  beräknas som en maxfunktion av olika regnvaraktigheter och intensiteter, vilket innebär att sambandet tar höjd för vilken typ av regn (korta regn med högre intensitet eller långa regn med lägre intensitet) som bidrar med störst volym vatten som behöver fördröjas.

## 2.4 Föroreningsberäkning

Beräkningar av föroreningsbelastning har utförts med modellverktyget StormTac Web v18.3.2 och baseras på modellens schablonhalter. Schablonhalterna är framtagna inom ramen för olika forskningsprojekt och längre utredningar och bygger på långa mätserier från olika typer av markanvändning (Larm, 2000). Halterna av olika ämnen kan momentant variera kraftigt beroende på flödet och lokala förhållanden.

## 2.5 Platsbesök

Ett platsbesök genomfördes den 12:e december 2018. I Område 1 (se Figur 1-1) är gatan avgränsad från trottoaren (och området) med kantsten. Kantstenen är sänkt för infart på ett ställe på respektive långsida av byggnaden. På norra sidan kan dagvattnet som avrinner från gatan flöda in i området och in mot huset vid höga flöden. Kullerstenspartiet på samma sida av området är höjdsatt vilket förhindrar dagvatten från att komma i kontakt med den delen av huset (Figur 2–1). Sådan typ av höjdsättning är ett särskilt effektivt sätt att förebygga vattenskador på husfasaden. Den norra delen av Område 1 bidrar med dagvattenflödet genom området. Flödesvägarna genom området är framförallt ett gräsparti öster om byggnaden samt trappan och parkeringen till väster om byggnaden.



**Figur 2-1 .** Norra sidan av Område 1 med höjdsättning.

Både Område 2 och 3 (se Figur 1-1) är till stor del täckta av växtlighet och endast mindre partier består av berg i dagen. Detta möjliggör infiltration av dagvatten i dessa områden till en viss grad. Område 2 är till stor del täckt av tät växtlighet i form av buskar och träd. Terrängen är kuperad och en brant bergvägg sträcker sig fram till läget där byggnaden planeras att stå (Figur 2-2). I nordvästra del av Område 2 ligger en lågpunkt. Hela södra delen av området bidrar till inflödet av dagvatten då den intilliggande marken bidrar med vatteninflöde. Utflödet från området sker framförallt i den nordvästra delen.

Område 3 är inte lika kuperat och bevuxet som Område 2 och marken är framförallt täckt av gräs med några få träd och buskar. En översiktsbild över Område 3 är presenterad i Figur 2–3. Även här bidrar hela södra delen av området till inflödet medan den nordöstra delen är den huvudsakliga utflödesvägen.

I Område 2 och 3 är marken lägre än den intilliggande trottoaren på norra sidan. Detta innebär att dagvattnet från dessa områden flödar västerut i Område 2 och österut i Område 3 och flödar inom områdenas gränser för att sedan avvattnas på Halmstadsvägen. I Område 2 samlas vatten förmodligen och fördröjs i lågpunkten. Halmstadsvägen utgör den lägsta sträckan i hela utredningsområdet och vattnet ansamlas här och färdas vidare i västlig och östlig riktning.



**Figur 2-2 .** Berg sträcker sig ända fram till den planerade byggnadens position i Område 2.



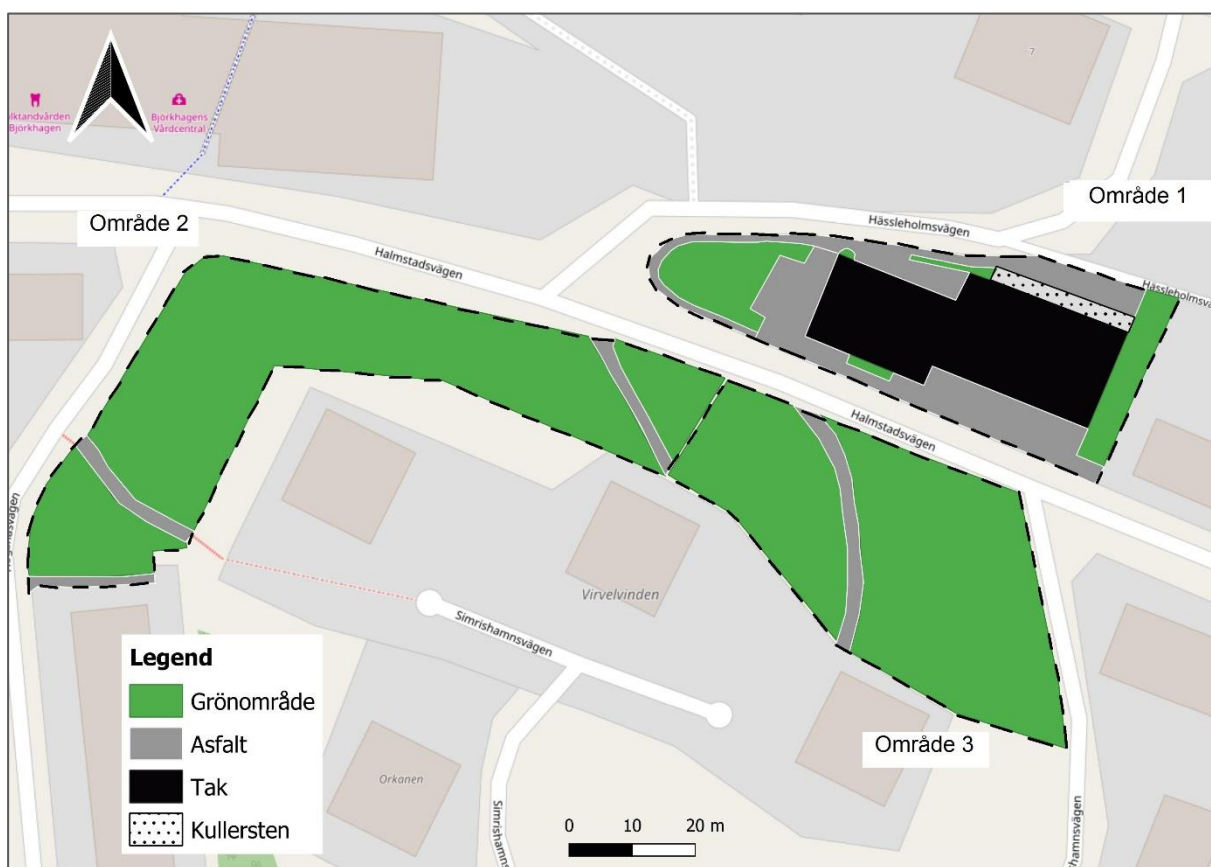
**Figur 2-3.** Översiktsbild över Område 3.

### 3 Undersökningsområde

#### 3.1 Markanvändning – Befintlig och planerad

I Figur 3-1 är den nuvarande markanvändningen för samtliga områden presenterad. I Område 1 står för närvarande en tvåplansbyggnad med butikslokaler. Söder om byggnaden är marken mestadels asfalterad med en mindre växtbädd placerad intill huset. Väster om byggnaden består marken av asfalterad parkering samt en gräsyta med ett par träd. Norr om huset är marken framförallt asfalterad med två små växtbäddar och en sektion av kullersten som ansluter till en gräsyta som sträcker sig över hela östra delen av området.

Område 2 och 3 består av naturmark med 3 asfalterade gångvägar. Två av dessa sträcker sig över Område 2 och en genom Område 3.



**Figur 3-1 . Nuvarande markanvändning. Karta: © OpenStreetMaps bidragsgivare.**

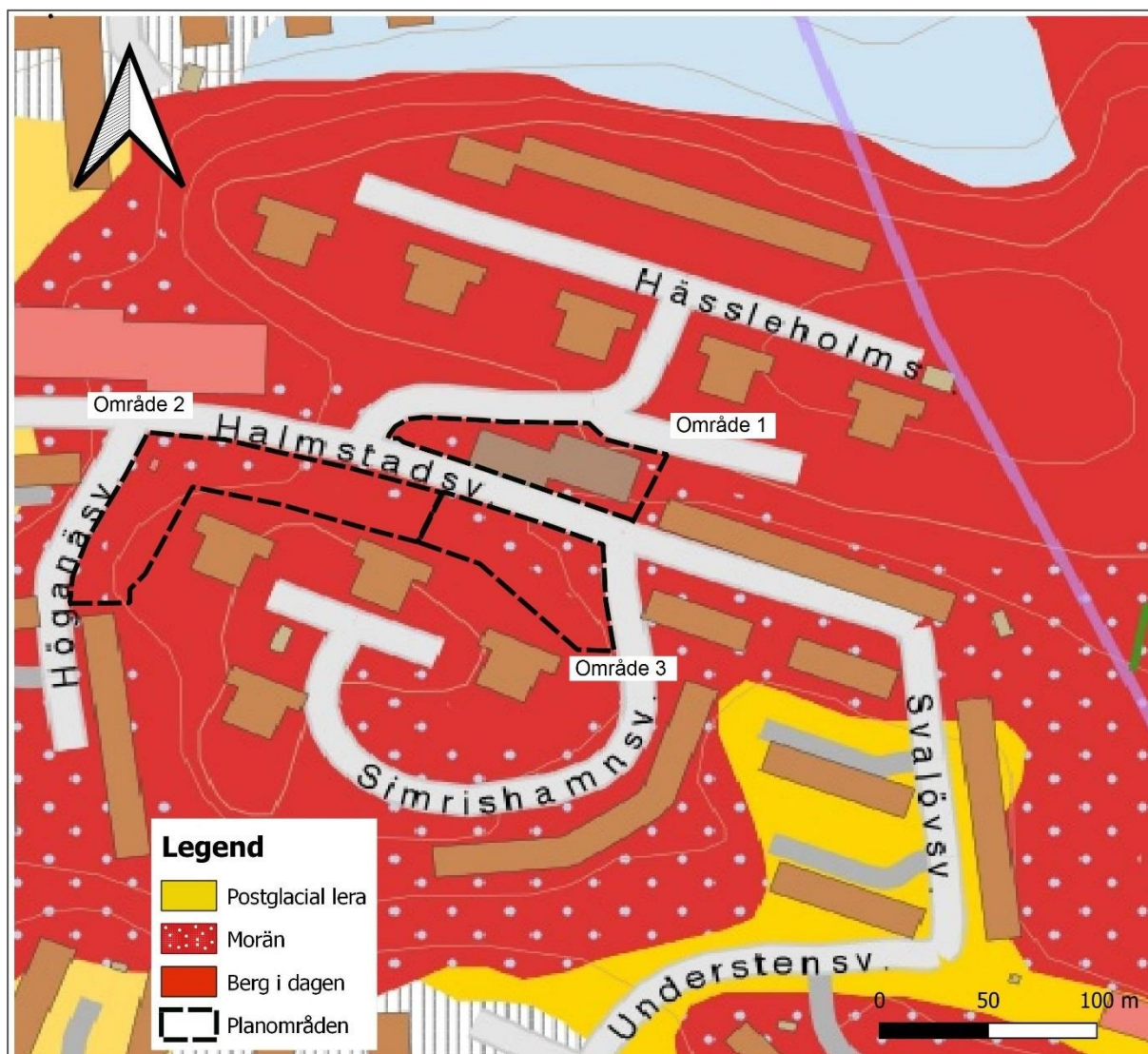
Figur 3-2 presenterar den planerade markanvändningen i samtliga områden. Efter exploatering planeras den nya byggnaden i Område 1 ha samma dimensioner som den nuvarande. Resten av marken i området kommer att bestå av gård i kvartersmark. Den sydvästra och östra delar av Område 2 kommer bestå av parkyta medan resterande marken kommer användas för ett hus och omgivande gårdsyta i kvartersmark. Även i Område 3 kommer ett hus byggas och omges av gård i kvartersmark.



Figur 3-2 . Planerad markanvändning. Karta: © OpenStreetMaps bidragsgivare.

### 3.2 Infiltrationsförutsättningar och geologi

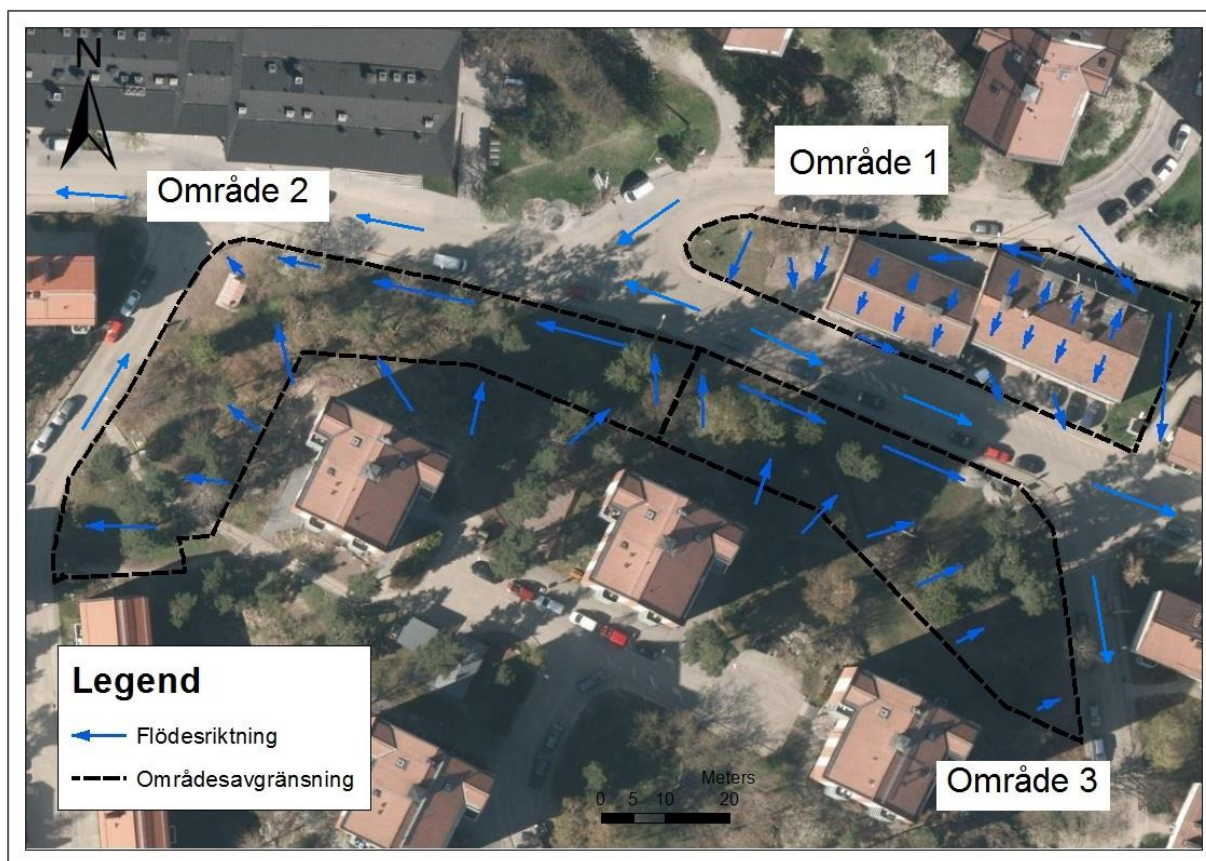
Enligt jordartskartan framställd i SGU:s kartvisaren (Figur 3–3) består samtliga områden av urberg som till stor del är täckt av ett löst tunt lager morän. Enligt kartvisaren är jorddjupet 0–1 m vilket kan även bekräftas efter platsbesöket. Detta medför att förutsättningarna för infiltration är begränsad och en del av det regn som faller ytavrinner.



Figur 3-3. Jordartskarta framtagen med SGU:s kartvisare (SGU, 2018).

### 3.3 Översiktliga avrinningsförhållanden och befintlig dagvattenhantering.

Alla tre områden lutar generellt in mot Halmstadsvägen. Från Område 2 avrinner dagvatten in mot vägen och vidare i västlig riktning medan från Område 1 och 3 avrinner dagvattnet mot vägen men vidare i östlig riktning. På grund av den nuvarande höjdsättning rinner dagvattnet inom Område 2 och 3 längst med Halmstadsvägen för att sedan avvattnas på vägen i väster från Område 2 och i öster från Område 3. Flödesriktningarna för dagvatten är presenterade i Figur 3-4. Dessa är uppskattade utifrån områdets topografi och bedömning vid platsbesöket. Det bör tas hänsyn till att det kan tillkomma betydande mängder vatten till Områden 2 & 3 från fastigheten söder om dessa. Det eventuellt tillkommande flöde är inte inkluderat i beräkningarna och dimensioneringen av dagvattenlösningarna och det är därför viktigt att planera höjdsättningen så att dagvattnet vid höga flöden avleds bort från bostäder och avrinner österut och västerut mot de omgivande gatorna.



**Figur 3-4 .** Uppskattad flödesriktning utifrån topografien. Ortofoto från Stockholms stads WMS-server.

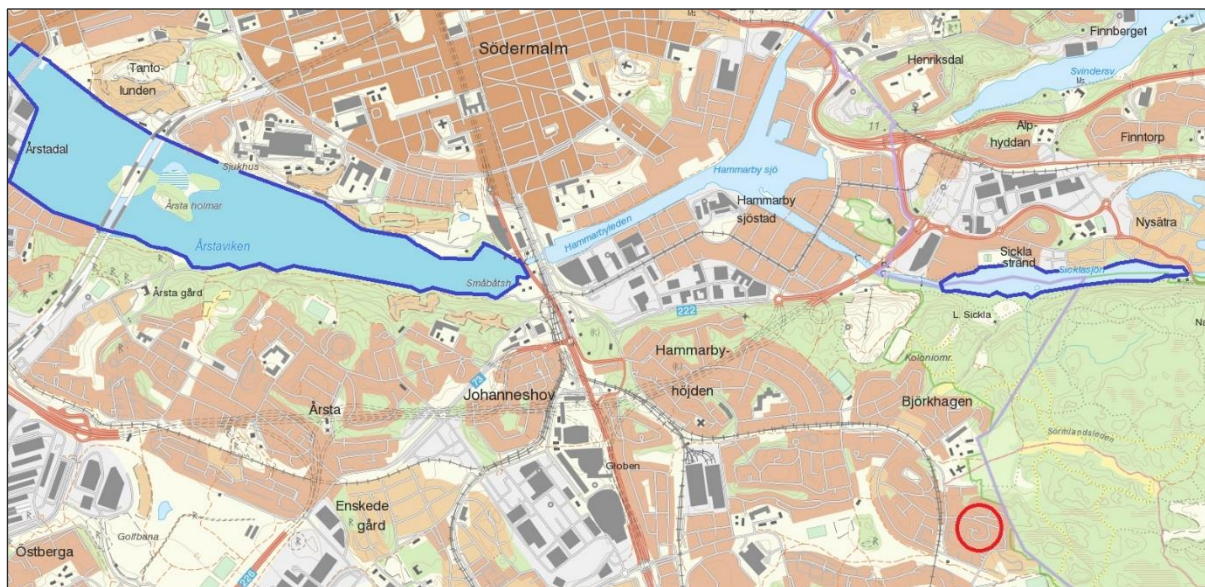
### 3.4 Recipienter

Undersökningsområdet tillhör två olika delavrinningsområden och dessa delar av området strax norr om Halmstadsvägen. Dagvatten från Område 1 leds till Sicklasjön (SE657791–163223) via kommunala duplikat ledningssystem. Område 2 & 3 tillhör delavrinningsområdet Årstaviken (SE657834–162783) som tillhör Mälaren, se Figur 3–5 och Figur 3-6. Vattendirektivet säger att ”inga vatten får försämrats”, vilket i vägledande domslut har tolkats som att inga förändringar får göras som leder till att en kvalitetsfaktor för en vattenförekomst nedklassas eller äventyrar att miljökvalitetsnormerna uppnås (se exempelvis Havs- och vattenmyndigheten, 2016).

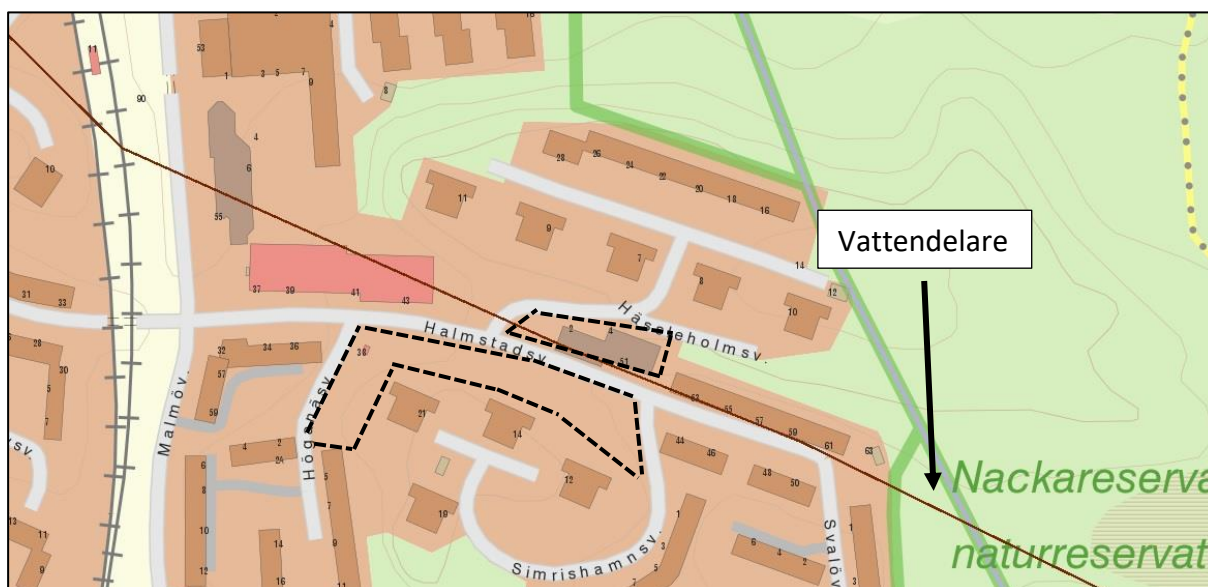
I Sicklasjön klassas den ekologiska statusen enligt VISS (2019) som måttlig. Utslagsgivande för den sammanvägda bedömningen av ekologisk status är måttlig status för Växtplankton-klorofyll. Sjön uppnår ej god kemisk status även utan överallt överskridande ämnen. Detta på grund av för höga halter av polybromerade difenyletrar (PBDE), PFOS, bly, kadmium och antracen. Miljökvalitetsnormen för Sicklasjön anges till god ekologisk status 2027 samt god kemisk ytvattenstatus 2027 med undantag för kvicksilver och dess föreningar och polybromerade difenyletrar. Undantagen motiveras med att den långvariga atmosfäriska depositionen har ackumulerats i marken som kontinuerligt läcker dessa ämnen och det saknas tekniska förutsättningar för att åtgärda det.



I Årstaviken klassas den ekologiska statusen som god men sjön uppnår ej god kemisk status även utan överallt överskridande ämnen. Detta beror på överskridande halter av polybromerade difenyletrar (PBDE), PFOS, bly, kadmium, antracen och tributyltenn. Miljökvalitetsnormen är fortsatt god ekologisk status samt god kemisk ytvattenstatus 2027 med undantag för kvicksilver och dess föreningar och polybromerade difenyletrar. Motiveringen för undantagen är lika som för Sicklasjön.



**Figur 3-5.** Utredningsområdets ungefärliga läge markerat med röd cirkel i förhållande till recipienterna Sicklasjön (till höger) och Årstaviken (till vänster) markerade i mörkblått.



**Figur 3-6.** Genom utredningsområdet (svartstreckad polygon) löper en vattendelare. Dagvattnet som bildas norr om vattendelaren avrinner till Sicklasjön och dagvattnet som bildas söder om vattendelaren avrinner till Årstaviken. Källa: VISS 2019.

## 4 Flödesberäkningar och föroreningsbelastning

### 4.1 Flödesberäkningar

I flödesberäkningarna har vedertagna avrinningskoefficienter enligt Svenskt Vatten P110 använts. För markanvändningskategorier där sådana inte funnits att tillgå har istället avrinningskoefficienter hämtats från StormTac. Avrinningskoefficienter samt areor för befintlig och planerad markanvändning inom respektive delavrinningsområde presenteras i Tabell 4–1.

**Tabell 4–1. Använda avrinningskoefficienter samt beräknade areor för befintlig och planerad markanvändning inom planområden.**

Markanvändning	φ	Befintliga omr. (ha)			Planerade omr. (ha)		
		1	2	3	1	2	3
Grönytor– park	0,1	0,036	0,203	0,172	–	0,044	–
Parkering	0,8	0,066	–	–	–	–	–
Gårdsyta kvartersmark	0,45				0,108	0,085	0,115
Takyta	0,9	0,073	–	–	0,073	0,090	0,066
Gång & cykelväg	0,8	–	0,016	0,009	–	–	–
Kullersten	0,6	0,006	–	–	–	–	–
<b>Summa</b>		<b>0,18</b>	<b>0,22</b>	<b>0,181</b>	<b>0,18</b>	<b>0,22</b>	<b>0,18</b>

Sammanvägda avrinningskoefficienter för befintlig respektive planerad markanvändning har beräknats enligt Ekvation 4 nedan och presenteras i Tabell 4–2. De sammanvägda avrinningskoefficienterna ökar för planerad markanvändning inom Område 2 och 3 vilket återspeglar att de befintliga gräsytorna bebyggs och marken delvis hårdgörs. För Område 1 minskar avrinningskoefficienten något istället.

$$\varphi_{tot} = (A_1 \cdot \varphi_1 + A_2 \cdot \varphi_2 + A_3 \cdot \varphi_3) / A_{tot} \quad (\text{Ekvation 4})$$

**Tabell 4–2. Sammanvägd avrinningskoefficient, φ<sub>tot</sub>, för befintlig och planerad markanvändning inom Område 1–3.**

	Befintlig markanvändning			Planerad markanvändning		
	1	2	3	1	2	3
<b>φ<sub>tot</sub></b>	0,69	0,15	0,13	0,63	0,56	0,61

Dimensionerande dagvattenflöden,  $Q_{dim}$ , från respektive område vid regn med 20 års återkomsttid, för befintlig och planerad markanvändning samt den planerade markanvändningen inklusive 20 mm fördröjning, är beräknade enligt Ekvation 1 i Kapitel 2.2 och redovisas i Tabell 4–3. De befintliga och planerade flödena är beräknade med 10 min varaktighet som är den lägsta rekommenderade varaktigheten vid flödesberäkningar. Den sistnämnda är beräknad med 25 min varaktighet eftersom ytterligare 15 minuter har adderats för att kompensera för tiden det tar för 20 mm nederbörd att falla vid ett 20-årsregn. I tabellen redovisas även årsmedelflöden för de befintliga och planerade områden,  $Q_{medel}$ , där årsnederbörden har satts till 636 millimeter, vilket är den korrigerade årsmedelnederbörden för Stockholm enligt StormTac. Den totala ökningen av dimensionerande flöden för samtliga områden är 42% medan den totala ökningen i årsmedelflöden för dessa är 63%.

**Tabell 4–3. Dimensionerande flöden från planområden vid ett 20-årsregn samt beräknade årsmedelflöden.**

		Område 1	Område 2	Område 3
$Q_{dim}$ (l/s)	Befintlig	36	9,5	7
	Planerad	41	44	40
	Inkl. 20 mm fördröjning	23	25	23
$Q_{medel}$ (l/s)	Befintlig	0,028	0,013	0,0099
	Planerad	0,026	0,029	0,026

## 4.2 Dimensionerande utjämningsvolym enligt Stockholms stads åtgärdsnivå

Enligt krav i Stockholms stads åtgärdsnivå för dagvatten ska 20 mm nederbörd på hårdgjorda ytor kunna fördröjas under en period på cirka 12 h. Tabell 4–4 presenterar volymen dagvatten som genereras av 20 mm nederbörd på de aktuella utredningsområdena med den planerade markanvändningen.

**Tabell 4–4. Dimensionerande utjämningsvolym för att uppfylla 20 mm-kravet inom respektive planområde samt summan för samtliga områden.**

Planområde	Dimensionerad utjämningsvolym (m <sup>3</sup> )
Område 1	23
Område 2	25
Område 3	22
<b>Summa:</b>	<b>70</b>

## 4.3 Erforderlig magasinsvolym

Den erforderliga magasinsvolymen avser den volym dagvatten som behöver fördröjas inom området för att belastningen på ledningarna inte ska öka efter exploatering. Eftersom planområdet tillhör Stockholms kommun, kombineras detta krav med Stockholm stads åtgärdsnivå som anger att de första 20 mm regn ska fördröjas och genomgå rening. I Tabell 4–5 presenteras de fördröjningsvolymerna som krävs inom respektive delområde för att säkerställa att flödena ej ökar jämfört med den befintliga situationen. I tabellen redovisas

även hur mycket extra fördröjning som krävs för att säkerställa att flödena ej ökar då 20 mm-kravet uppfylls. Inom Område 1 krävs ingen extra magasinsvolym när 20 mm-kravet uppfylls eftersom flödet då beräknas minska jämfört med den befintliga situationen. Den sista kolumnen i tabellen redovisar den totala volymen som krävs för att uppfylla både 20 mm-kravet samt kravet om att flödena ej ska öka efter planerad exploatering.

**Tabell 4–5. Erforderliga fördröjningsvolymen inom respektive område samt summorna för samtliga områden.**

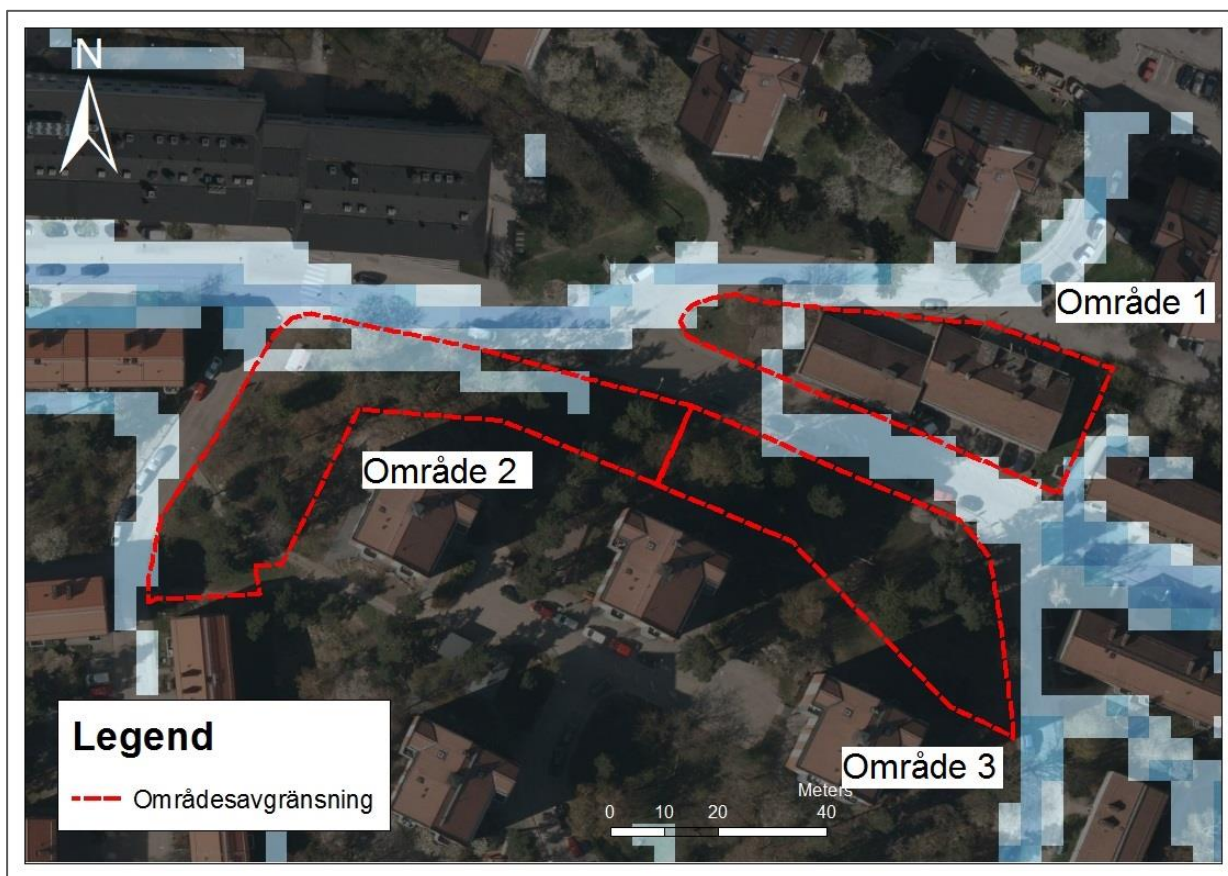
Område	<i>För att ej öka flödena jämfört befintlig situation</i>	<i>Ytterligare fördröjning utöver 20 mm-kravet för att ej öka flödena</i>	<i>Total magasinsvolym som krävs för att uppfylla 20 mm-kravet samt ej öka flödena jämfört med befintlig situation</i>
1	6	0	23
2	26	22	47
3	26	23	45
<b>Summa:</b>	<b>58</b>	<b>45</b>	<b>115</b>

#### 4.4 100-årsregn

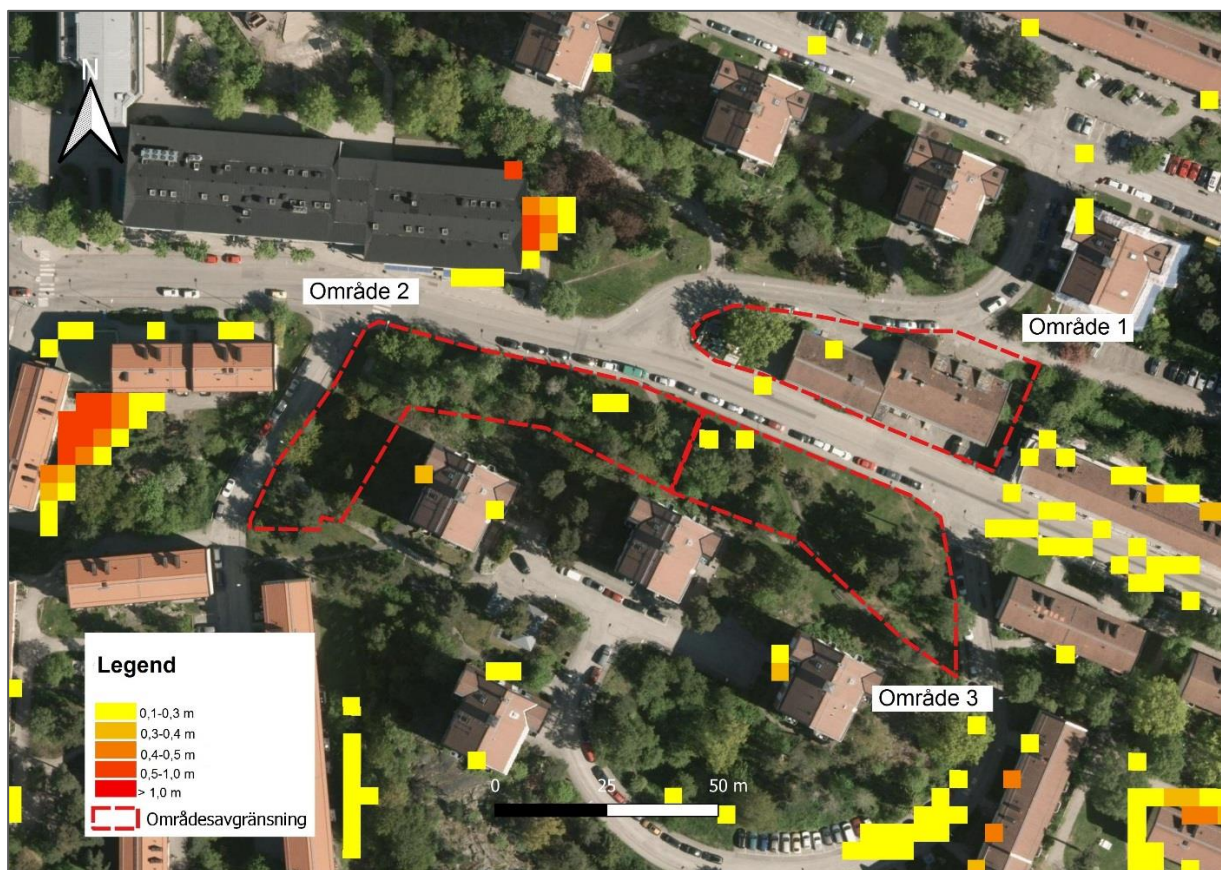
Vid extrema regn, exempelvis ett 100-årsregn, uppstår dagvattenflöden där planområdets dagvattenlösning inte kommer att vara tillräcklig för att omhänderta allt dagvatten. Det är därför viktigt att planera höjdsättningen så att dagvattnet på ett säkert sätt kan avrinna ytledes via sekundära avrinningsvägar, som planområdets vägar, öppna ytor och vidare mot recipient. Vid höjdsättning av gatu- och kvartersmark är det viktigt att instängda områden – lokala lågpunkter från vilka dagvattnet inte kan avrinna naturligt – undviks.

Stockholm Vatten har i samarbete med WSP tagit fram en översiktlig skyfallsmodell för kommunen (Thurin, 2018). Modelleringen baseras på ett 100-årsregn i det klimat som förväntas råda i Stockholmsområdet år 2100. Modellen bygger på ett antal förenklingar och antaganden och resultaten ska därför ses som indikationer och inte som exakta förutsägelser om vilka områden som riskerar att översvämmas vid ett extremregn. I Figur 4–1 presenteras de beräknade flödesvägarna vid 100-års regn. Den övervägande delen av dagvatten beräknas att röra sig längs med gatorna. Det framkommer även att ett vattengenomflöde skulle ske längst med den nordvästra delen av Område 2 där lågpunkten är belägen samt i en passage från trappan i norra delen till den södra delen av Område 1.

Ett utdrag över maximala översvämningsdjup inom och omkring det aktuella utredningsområdet för skyfallsmodellens scenario c, en typ av worst case-scenario som utgår från ogynnsamma förhållanden för omhändertagande av dagvatten, visas i Figur 4–2. Enligt modelleringen finns det risk för måttliga översvämningsdjup på 0,1–0,3 meter inom de norra delarna i Områden 2 och 3 samt inom de sydvästra och östra delarna i Område 1.



**Figur 4-1.** Flödesvägar enligt Stockholms stads skyfallsmodellering 2018. Planområden är markerade med röda streckade linjer. Data och ortofoto är hämtat från Stockholms stads WMS-server.



**Figur 4–2.** Maximala översvämningsdjup enligt Stockholms stads skyfallmodellering 2018. Planområden är markerade med röda streckade linjer. Data och ortofoto är hämtat från Stockholms stads WMS-server.

## 5 Lösningsförslag för dagvattenhantering

### 5.1 Generella rekommendationer

För att skapa en långsiktigt hållbar hantering av dagvattnet i Stockholm med hänsyn till både kvalitet och kvantitet har Stockholms stad tagit fram en dagvattenstrategi med riktlinjer för hur dagvatten ska hanteras. Strategin anger fyra övergripande mål för dagvattenhanteringen:

- Dagvattenhanteringen ska medverka till förbättrad vattenkvalitet i stadens vatten.
- Robust och klimatanpassad dagvattenhantering.
- Dagvattenhanteringen ska vara resurs- och värdeskapande för staden.
- Miljömässigt och kostnadseffektivt genomförande.

Den föreslagna exploateringen i utredningsområdet enligt gällande planskiss beräknas att medföra en ökning av årsmedelflödet med ca. 63%. Utredningsområdet består av ett tunt lager morän och berg i dagen. På grund av dessa förutsättningar bedöms infiltrationsmöjligheten att vara begränsad och infiltration av dagvatten till grundvatten är inte möjlig. Målet med de lösningar för LOD som här föreslås är att erhålla en så effektiv användning som möjligt av tillgängliga ytor och därmed reducera belastningen på såväl det kommunala dagvattennätet som på recipienten.

### 5.2 Principer för lokalt omhändertagande av dagvatten

I följande kapitel ges exempel på olika typer av anläggningar som bedöms vara lämpliga för att omhänderta dagvatten inom det aktuella utredningsområdet.

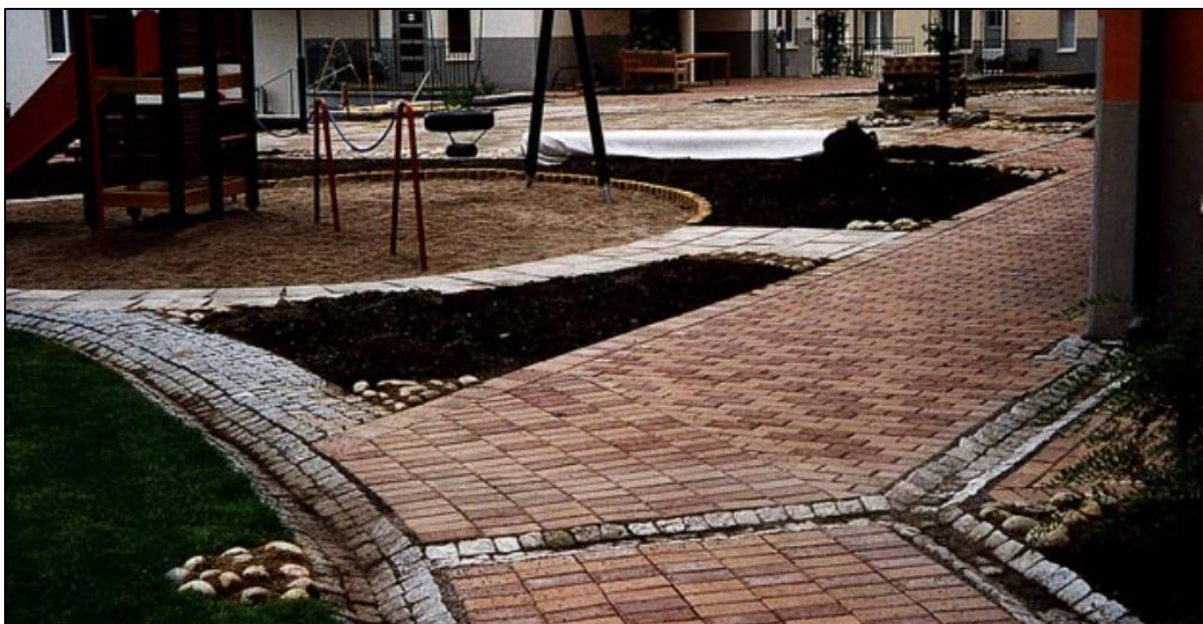
#### 5.2.1 Planteringar och växtbäddar

Inom kvarteretsmark kan dagvattnet med fördel användas för bevattning av planteringar, gräsytor och rabatter. Tillskottet av dagvatten till planteringarna minskar behovet av bevattning och möjliggör en frodigare växtlighet. Hårdgjorda ytor kan höjdsättas så att dagvattnet avrinner ytligt till intilliggande planteringar. Stuprör kan förses med utkastare som ansluter till rännदार eller annan linjeavvattning, där dagvattnet kan avledas till planteringarna. Exempelbilder på gårdsytor med avledning av takvatten via rännदार visas i Figur 5–1 och Figur 5–2.

Inom planteringarna anläggs sedan brunnar, i idealfallet svagt upphöjda mot omkringliggande mark, där överskottsvatten vid kraftiga regn kan brädda och avledas vidare. Avledningen kan exempelvis ske till en underliggande skelettjord som ökar den vattenhållande förmågan och förbättrar reningseffekten. I Figur 5–3 visas ett exempel på uppbyggnaden hos en skelettjord, men dessa kan utformas på många sätt. Planteringsytor anläggs vanligen med ett tunt mulljordslager (10 – 20 centimeter) följt av ett tjockare lager skelettjord på 20 – 100 centimeter. Skelettjorden antas vanligen ha cirka 30 % porositet och kan anläggas med makadam, singel eller mer porösa och lätta material såsom lecakulor. Fördelen med porösa och lätta material är att dessa ger en större fördröjande och renande effekt, samtidigt som träd, buskar och annan växtlighet inte torkar ut vid perioder med små nederbördsmängder.

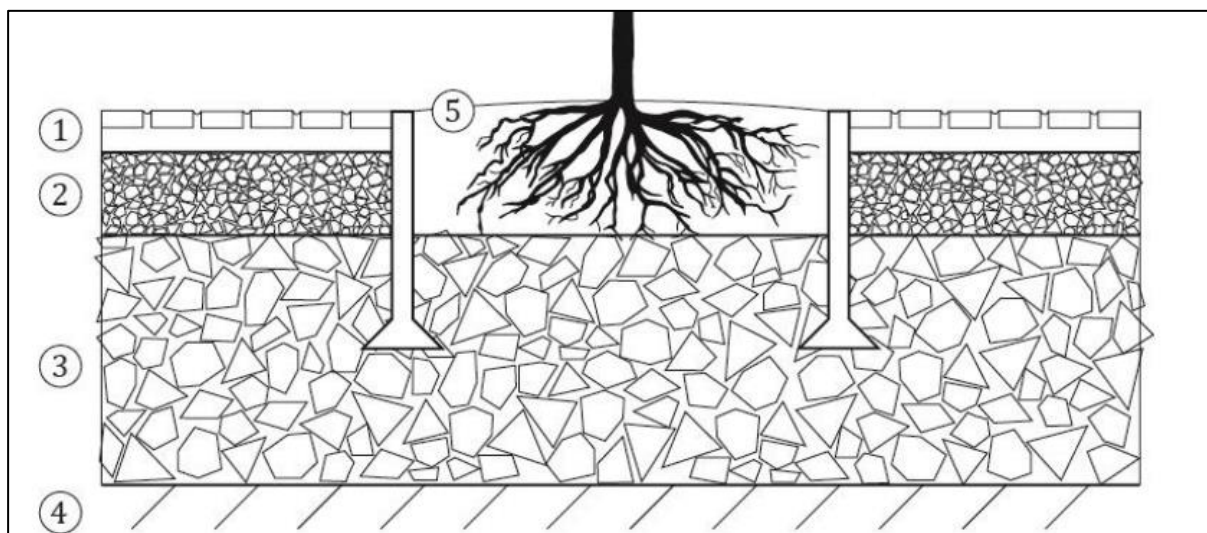


**Figur 5–1.** Avledning av takvatten till planteringar via rännदार anlagda i gatsten. Exempelbild från Linnéhuset i Uppsala (Källa: Uppsalahem).



**Figur 5–2** Exempel på avledning av takvatten via rännदार anlagda med gatsten (Källa: Stockholm Vatten AB).



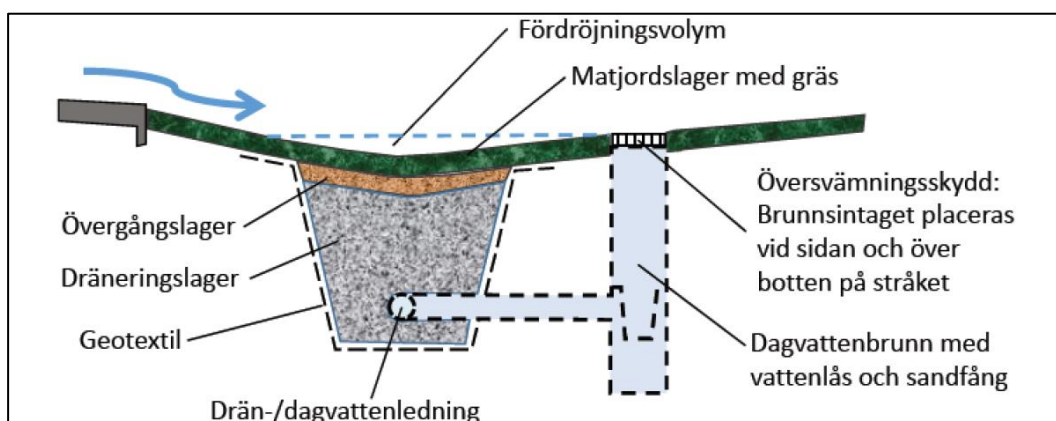


**Figur 5–3** Principskiss på en överbyggnad med skelettjord. 1, slitlager 2, luftigt bärlager, 3 skelettjord 4, befintligt luckrad terrass 5, planteringsgrop med växtjord. Illustration André Olsson (2014–06–19).

### 5.2.2 Svackdike och skålformade grönytor

Ett svackdike kan både fördröja och rena dagvatten genom infiltration och upptag av växter. Ofta är diket uppbyggt av ett underliggande poröst lager med exempelvis makadam som överlagras av ett filtermaterial av sand eller liknande. Slutligen kan ett tunt lager matjord anläggas där växter sedan kan växa, dock måste det säkerställas att infiltration till de undre lagren är möjlig.

Själva diket kan även fungera som en fördröjningszon och beroende på hur diket utformas kan olika volymer fördröjas. I botten av diket anläggs en dräneringsledning som dagvatten kan brädda till vid kraftiga regn. För att leda vatten till dräneringsledningen kan kupolbrunnar användas och om dessa placeras i slänterna på diket kan volymen som kan fördröjas i fördröjningszonen ökas ytterligare. Svackdikens utformning beskrivs ytterligare i Figur 5–4.



**Figur 5–4.** Schematisk bild som visar hur en kupolbrunn bör anläggas i förhållande till svackdiket. Avtappning till brunnen och ledningsnätet ska bara ske då ytan är täckt med vatten och ingen ytterligare infiltration är möjlig. (Källa: WRS)

### 5.2.3 Gröna tak

Ett effektivt sätt att fördröja och minska avrinningen från tak är att ha gröna tak i området. Dessa kan anläggas tunna eller tjocka, varav det förra är vanligast i Sverige. Tunna gröna tak magasineras i medeltal ca 50 % av årsavrinningen genom ökad avdunstning och vattenupptag i växterna, medan djupa tak magasineras ca 75 % (Svenskt vatten, Hållbar dag- och dränvattenhantering, P105).

Ofta nämns tre olika typer av gröna tak; intensiva, semi-intensiva och extensiva tak. Kategorierna baseras på hur arbetsintensiva de är, men de har också olika egenskaper när det kommer till vattenhållande förmåga.

Sedumtak är en typ av extensiva tak som behöver minimal skötsel, växterna är ofta fetbladsväxter som fetknopp, kärleksört och taklök. Semi-intensiva tak behöver ett visst mått av skötsel som klippning och bevattning vid torka (växterna är ofta fetbladsväxter, mossor samt olika typer av grässorter). Gröna tak kommer bara kunna fördröja regn upp till en viss storlek. Då vegetationstäcket börjar bli mättat kommer fördröjningseffekten att avta för att till sist upphöra helt.

Avrinningskoefficienten för gröna tak varierar beroende på utformning och växttyp. För semi-intensiva tak (med gräs, örter, sedum, mossa och eventuellt även buskar) anges i tekniska beskrivningar avrinningskoefficienter mellan 0,1 – 0,4. Sedumtak (extensiva tak med endast tunn vegetation av sedum och mossa) som är lättare att sköta har avrinningskoefficienter på 0,5 – 0,6.

Dimensioneringar och flödesberäkningar i denna rapport är baserade på ett grönt tak med vattenhållande förmåga på ca 20 liter vatten/m<sup>2</sup> och bedöms kunna ta emot de första 20 mm regn, vilket uppfyller Stockholms stads reningskrav.

### 5.2.4 Underjordiska fördröjningsmagasin

I områden med begränsade markutrymmen är underjordiska fördröjningsmagasin en lämplig lösning. Underjordiska magasin kan byggas upp med plastkassetter/rörmagasin eller betongkonstruktioner alternativt med makadam, stenkross med väl sorterade fraktioner som vanligen varierar mellan cirka 4 – 80 mm. Plastkassetter och rörmagasin eller liknande har fördelen att ca 95 % av volymen kan utnyttjas för magasinering, medan det i makadammagasinen enbart är porvolymen, normalt ca 30 %, som kan utnyttjas. Den totala volymen kan alltså minskas betydligt med rörmagasin. Flera plastkassetter kan byggas samman för att få en större volym. Exempelbilder på rörmagasin och plastkassetter visas i 5-5.



**Figur 5–5.** Fördröjningsmagasin i plast, i form av rörmagasin (vänster) och plastkassetter (höger).

### 5.2.5 Skötsel och underhåll

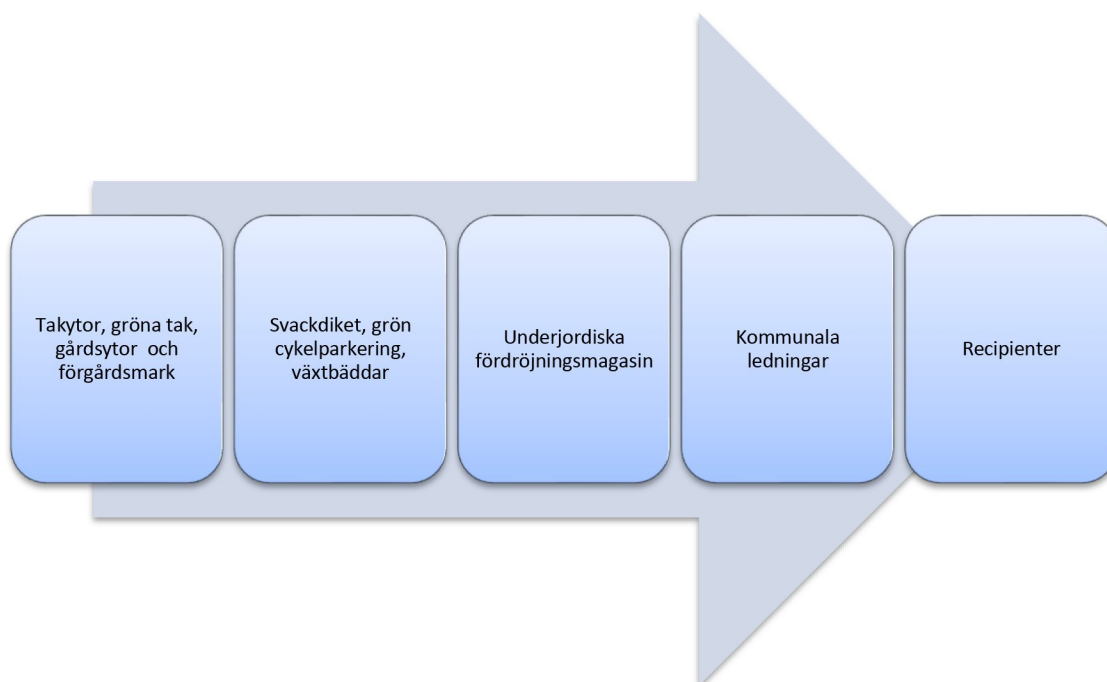
För att planteringar, magasin etc. ska bibehålla sin fördröjande och renande funktion under längre perioder krävs skötsel och underhåll. Eftersom konstruktionerna skiljer sig åt behöver individuella skötselplaner utformas. Generellt gäller dock att sedimenterande partiklar från dagvattnet täpper igen filtermaterialet i dagvattenlösningarna och därför krävs det att filtermaterialet byts ut med jämna mellanrum. I planteringar, vägdiken etc. fastläggs det mesta av föroreningarna i det översta lagret av filtermaterialet. Det översta lagret av filtret bedöms behöva bytas ut inom 5–25 år och hela filtret inom 25–50 år. Utöver filtermaterialet krävs även en kontinuerlig tillsyn av inflödesvägar och bräddavlopp så att dessa inte sätts igen av skräp, löv etc. För växtbäddar och planteringar, där växtligheten spelar stor roll för den renande funktionen, är det viktigt att det sker en regelbunden skötsel och återplantering av nya växter om dessa dör. Vid långa perioder utan regn kan det även vara nödvändigt att stödbevattna växterna.

## 5.3 Lösningar för dagvattenhantering

För att fördröja det dagvatten som bildas inom utredningsområdets hårdgjorda ytor så att Stockholms stads åtgärdsåtgärdsmål för dagvatten uppfylls krävs en effektiv utjämningsvolym på cirka 70 m<sup>3</sup>. För att åstadkomma denna volym föreslås en kombination av lösningar som utgår ifrån ovan nämnda principförslag. Alternativt kan en typ av lösning väljas för att omhänderta hela den erforderliga volymen. Utöver denna volym krävs en fördröjningsvolym på ytterligare 45 m<sup>3</sup> för att säkerställa att det dimensionerande flödet inte ökar vid en 20-årsregn. Den totala erforderliga volymen blir således 115 m<sup>3</sup>.

För att skapa en fungerande dagvattenhantering föreslås att dagvattnet fördelas upp mellan olika anläggningar inom utredningsområdet. En schematisk skiss över föreslagen dagvattenhantering ges i Figur 5–6. Avledning till anläggningarna bör, där höjdsättningen så tillåter, ske i öppna dagvattenrännor som ger en naturlig fördröjning. Där det inte är möjligt att anlägga ytliga avrinningsvägar kan dagvattnet istället ledas till anläggningarna via markförlagda ledningar. Förslag till placering av anläggningarna ges i Figur 5–7 och Figur 5–8.

Beroende på slutgiltig utformning av markanvändningen kan anläggningarna justeras avseende både placering och utformning, så länge fördröjningsvolymerna på  $70\text{m}^3 + 45\text{m}^3$  förblir oförändrade.

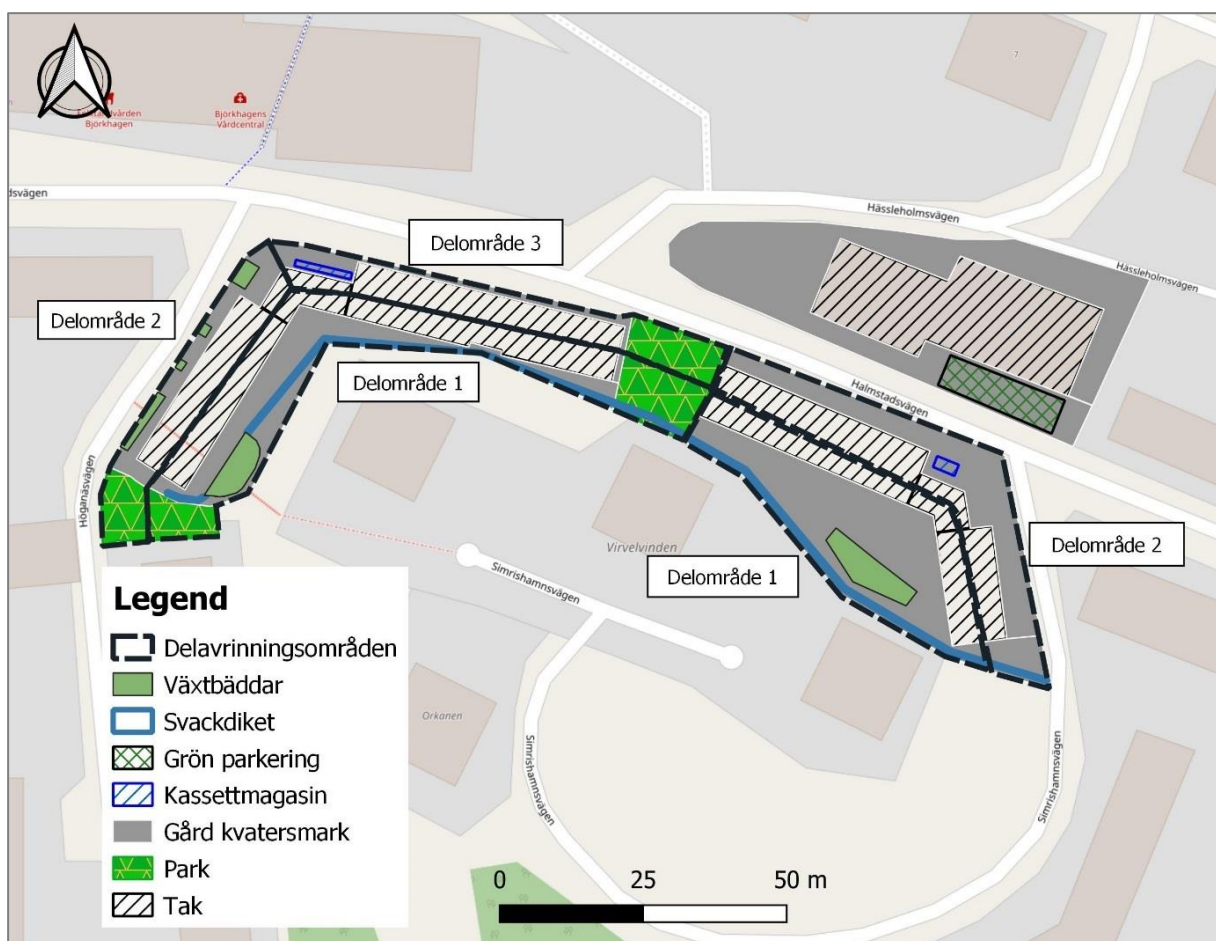


**Figur 5–6.** Boxmodell över föreslagen dagvattenhantering inom utredningsområdet. Notera att Växtbäddar gäller endast för lösningsförslag 2.

### 5.3.1 Lösningsförslag 1

I Lösningsförslag 1 föreslås att infiltration av dagvatten sker framförallt i nedsänkta växtbäddar. Dessa kan förslagsvis placeras på innergårdar av Område 2 och 3 samt på framgården i Område 2. Växtbäddarna på innergårdarna i Område 2 och 3 bör anläggas i serie så att vattnet kan ledas vidare från en växtbädd till nästa. Växtbäddarna bör även anläggas med täta väggar och botten för att undvika att vattnet rör sig mot huset genom fyllnadsmassan och/eller längst med berget eftersom det inte finns möjlighet för vattnet att perkolera ner till grundvattnet. Vid kraftiga skyfall kan växtbäddarna svämma över och vattnet ska då bräddas till i ett svackdike som kan anläggas längst med de södra delarna av Område 2 och 3. Vid dimensioneringsberäkningarna har antagandet gjorts att diket är 80 cm djupt och 50 cm brett. Växtbäddarna på innergårdarna och svackdiket fungerar alltså som seriekopplade dagvattenanläggningar. Lösningsförslag 1 innefattar även att en grön cykelparkering anläggs inom Område 1. Denna bör vara minst 80 cm djup. Cykelparkeringen skulle fungera som infiltrationsanläggning för dagvatten. Med de ovan nämnda anläggningar uppnås Stockholms stads åtgärdsnivå och det finns dessutom en överkapacitet på magasineringen. Anläggningarnas överkapacitet kan tillgodoräknas till utjämningsvolymen som behövs för att inte öka det dimensionerande flödet. Förutom det krävs ytterligare fördröjning av  $13\text{m}^3$  och detta kan lämpligen göras med plastkasseter som anläggs under den hårdgjorda ytan med tillåtet utflöde av 9,5 l/s inom Område 2 och 7 l/s inom Område 3. Dessa kan lämpligen placeras norr om länkbyggnaderna i Område 2 och 3. Vatten kan ledas till föreslagna dagvattenlösningar via öppen avledning i exempelvis rännor eller genom höjdsättning och/eller via ledningar. De olika typerna av dagvattenanläggningar och deras

egenskaper är sammanfattade i Bilaga 1. Dagvattenanläggningarnas kapacitet är presenterade i Bilaga 1. Exempel på placering av ovannämnda dagvattenanläggningar presenteras i Figur 5–7.

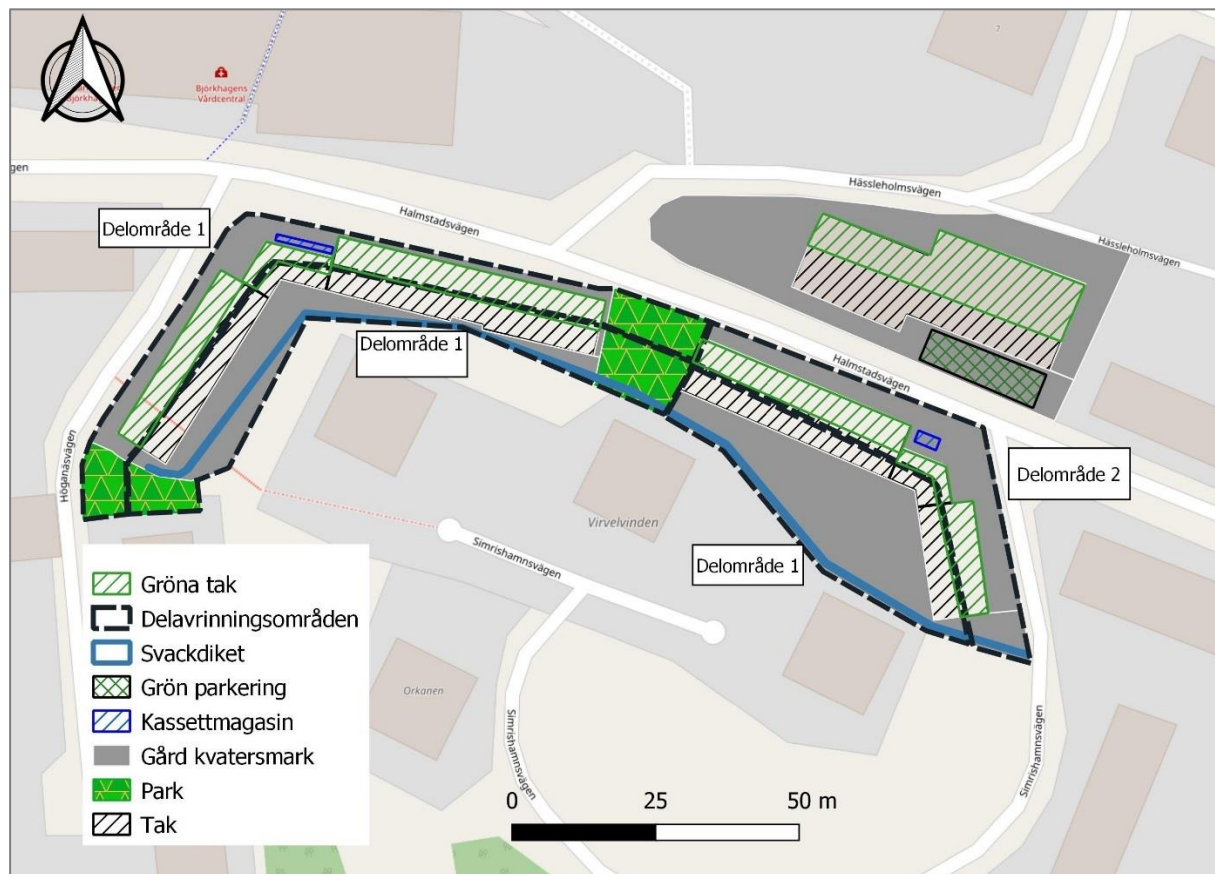


**Figur 5–7.** Förslag till placering och ungefärlig dimensionering av dagvattenlösningar som föreslås inom utredningsområdet enligt lösningsförslag 1. Grön cykelparkering, växtbäddar samt svackdiket är lösningar som tillsammans uppfyller Stockholms stads 20-mm krav medan kassettmagasinen är en fördröjningsanläggning vars syfte är att skapa ytterligare en fördröjning som krävs för att inte öka belastning på de befintliga ledningarna vid ett 20-års regn.

### 5.3.2 Lösningsförslag 2

Lösningsförslag 2 utgår ifrån att 50% av den planerade takyten täcks av 15 cm tjockt grönt tak. Förutom de gröna taken föreslås en 50 cm djup makadam-fylld grön cykelparkering i södra delen i Område 1. Ytterligare vattenrening kan åstadkommas i ett svackdike som har samma placering och dimensioner som i lösningsförslag 1. Dessa anläggningar uppfyller tillsammans Stockholms stads krav för rening av de första 20 mm av nederbörd och den sammanlagda kapaciteten överskrider något det egentliga behovet. För att även omhänderta ett dimensionerande 20-årsregn så att det dimensionerande flödet inte ökar jämfört med det befintliga krävs dock ytterligare 21 m<sup>3</sup> fördröjningsvolym. Denna bör utföras i separata anläggningar med tillåtet utflöde av 9,5 l/s i Område 2 och 7 l/s i Område 3. Förslagsvis anläggs för detta ändamål plastkassetter med tillräcklig volym under den

hårdgjorda ytan norr om länkbyggnaderna i både Område 2 och 3. Vatten kan ledas till föreslagna dagvattenlösningar via öppen avledning i exempelvis rännor eller genom höjdsättning och/eller via ledningar. De olika typerna av dagvattenanläggningar och deras egenskaper är sammanfattade i Bilaga 1 där även anläggningarnas kapacitet är presenterade. Exempel på placering av ovan nämnda dagvattenanläggningar presenteras i Figur 5–8.



**Figur 5–8.** Förslag till placering och ungefärlig dimensionering av dagvattenlösningar som föreslås inom utredningsområdet enligt lösningsförslag 2. Grön cykelparkering, gröna tak samt svackdiket är lösningar som tillsammans uppfyller Stockholms stads 20-mm krav medan kassettmagasinen är en fördröjningsanläggning vars syfte är att skapa ytterligare en fördröjning som krävs för att inte öka belastning på de befintliga ledningarna vid ett 20-års regn.

## 5.4 Föroreningsbelastning

För beräkning av föroreningshalter i dagvatten från olika typer av markanvändning presenterade i Tabell 4–1 har schablonvärden från StormTac Web v18.3.2 (Larm, 2000) använts. Schablonvärdena är framtagna vid vetenskapliga studier med långa mätserier av dagvatten. Beräkningar med schablonhalter är behäftade med stora osäkerheter och resultaten bör därför inte tolkas som exakta siffror. Osäkerheterna i StormTac för respektive markanvändningstyp och de föreslagna dagvattenanläggningarna redovisas i Bilaga 2.

### 5.4.1 Lösningsförslag 1

Tabell 4–6 redovisar beräknade föroreningshalter från befintlig och planerad markanvändning i Område 1–3. Tabellen visar även halter i dagvattnet efter att det passerat genom föreslagna lösningar för fördröjning och rening enligt lösningsförslag 1 (se Kapitel 5). För att beräkna föroreningshalter för planerad markanvändning före och efter rening samt reningseffekten har Områden 2 och 3 delats upp ytterligare i mindre delavrinningsområden. Halterna är sedan beräknade som medelvärden av delområden. Detta för att dagvatten från olika delar av Område 2 och 3 kommer att avrinna till olika dagvattenlösningar som har specifika reningseffekter. Genom att uppskatta hur stor del av vattnet i varje område som renas i de olika anläggningarna kan en bättre uppskattning av den totala reningseffekten utföras. I Tabell 4–7 presenteras föroreningshalter för utredningsområdet i sin helhet för lösningsförslag 1. Beräkningarna av dagvattnets föroreningsinnehåll efter föreslagna reningsåtgärder baseras på schablonvärden för reningseffekt hos olika typer av reningsanläggningar, hämtade från StormTacs databas v. 2018–03.

Tabell 5–6. Föroreningshalter i dagvatten från Områden 1–3 för befintlig och planerad markanvändning, samt efter föreslagen rening enligt förslag 1. Orange = halten överstiger befintlig halt, grön = halten understiger befintlig halt.

Ämne	Enhet	Befintlig	Plan. utan rening	Plan. med rening	Reningseffekt %
<b>Område 1</b>					
Fosfor	ug/l	110	86	21*	76*
Kväve	ug/l	1 600	1 400	460	68
Bly	ug/l	13	2,8	0,6	78
Koppar	ug/l	20	10	3,7*	64*
Zink	ug/l	69	26	3,9	85
Kadmium	ug/l	0,56	0,49	0,08	83
Krom	ug/l	7,7	3,4	1,5	57
Nickel	ug/l	7,9	3,2	1,5*	54*
Kvicksilver	ug/l	0,03	0,02	0,01	65
Susp. substans	ug/l	68 000	28 000	7 100	75
Olja	ug/l	320	140	140*	0*
PAH	ug/l	1,5	0,45	0,04	91
Benso(a)pyren	ug/l	0,03	0,008	0,003*	62*
<b>Område 2</b>					
Fosfor	ug/l	120	85	30*	65*
Kväve	ug/l	1 200	1 300	637	52
Bly	ug/l	3	2,7	0,5	83
Koppar	ug/l	13	9,5	3,9*	59*
Zink	ug/l	20	26	5*	80*
Kadmium	ug/l	0,2	0,5	0,1*	83*
Krom	ug/l	2,7	3,4	1,1	66
Nickel	ug/l	1,7	3,3	1,5*	54*
Kvicksilver	ug/l	0,017	0,013	0,005	64
Susp. substans	ug/l	20 000	26 000	5 233	80
Olja	ug/l	260	110	140*	0*
PAH	ug/l	0,063	0,41	0,055*	86*
Benso(a)pyren	ug/l	0,006	0,008	0,004*	52*
<b>Område 3</b>					
Fosfor	ug/l	120	86	35	60
Kväve	ug/l	1 100	1 400	805	43
Bly	ug/l	3	2,8	0,5	83
Koppar	ug/l	12	11	4	61
Zink	ug/l	20	26	6	78
Kadmium	ug/l	0,17	0,47	0,10	80
Krom	ug/l	2,4	3,4	1,1	67
Nickel	ug/l	1,5	3,1	1,5	51
Kvicksilver	ug/l	0,015	0,018	0,006	64
Susp. substans	ug/l	21 000	29 000	5 400	82
Olja	ug/l	230	150	175*	0*
PAH	ug/l	0,059	0,45	0,082	83
Benso(a)pyren	ug/l	0,005	0,007	0,003*	61*



**Tabell 5–7. Föroreningshalter i dagvatten från hela utredningsområdet för befintlig och planerad markanvändning, samt efter föreslagen rening enligt förslag 1. Orange = halten överstiger befintlig halt, grön = halten understiger befintlig halt.**

Ämne	Enhet	Befintlig	Plan. utan rening	Plan. med rening	Reningseffekt %
<b>Hela utredningsområdet</b>					
Fosfor	ug/l	117	86	29	67
Kväve	ug/l	1300	1 367	634	54
Bly	ug/l	6	2,8	0,5	81
Koppar	ug/l	15	10	3,9	61
Zink	ug/l	36	26	5,0	81
Kadmium	ug/l	0,31	0	0,093	82
Krom	ug/l	4,27	3,4	1,2	63
Nickel	ug/l	3,70	3	1,5	53
Kvicksilver	ug/l	0,02	0,02	0,01	64
Susp. substans	ug/l	36 333	27 667	5 911	79
Olja	ug/l	270	133	152	0
PAH	ug/l	0,54	0	0,06	87
Benso(a)pyren	ug/l	0,01	0,01	0,003	58

Förändringen av utredningsområdet beräknas innebära en viss ökning av dagvattnets föroreningsinnehåll. Vidtas de föreslagna fördröjnings- och reningsåtgärderna, se vidare Kapitel 5, beräknas föroreningshalter och därmed också recipientpåverkan, minska betydligt för alla ämnen förutom PAH. För förslag 1 beräknas halten PAH att öka i Område 3. I utredningsområdet i sin helhet beräknas dock föroreningshalterna av de studerade ämnen inte att överstiga den befintliga halten.

För många av de studerade ämnena uppnår koncentrationerna efter rening den i StormTac definierade "Minsta möjliga utloppshalten" för reningsanläggningen, se värden markerade med \* i Tabell 4–6 och Tabell 4–10. Detta visar att dagvattnet är så rent att det utifrån tillgängliga data inte bedöms vara rimligt att förvänta sig ytterligare rening i den valda anläggningstypen. Modellen har därför justerat ned reningseffekten avseende dessa ämnen – för vissa ämnen. Detta visar på att det dagvatten som lämnar planområdet beräknas vara mycket rent.

I Tabell 4–8 redovisas den beräknade årliga föroreningsbelastningen från Område 1–3 för befintlig och planerad markanvändning samt efter rening enligt förslag 1. Beräkningar för årlig belastning för planerad markanvändning (före och efter rening) är baserade på medelvärden erhållna av beräkningar för delavrinningsområden för Område 1–3. I Tabell 4–9 presenteras den årliga föroreningsbelastningen för hela utredningsområdet lösningsförslag 1. Beräkningarna visar på en i allmänhet minskad föroreningsbelastning efter att dagvattnet genomgått föreslagna reningsåtgärder med undantag för PAH där en viss ökning beräknas i Område 3. I utredningsområdet i sin helhet beräknas dock den årliga belastningen minska för samtliga ämnen.

**Tabell 5–8. Årlig föroreningsbelastning från Områden 1–3 för befintlig och planerad markanvändning, samt efter föreslagen rening enligt förslag 1. Beräkningarna har utförts i StormTac (Larm, 2000).**

Ämne	Enhet	Befintlig	Plan. utan rening	Plan. med rening
<b>Område 1</b>				
Fosfor	kg/år	0,095	0,071	0,017
Kväve	kg/år	1,5	1,2	0,38
Bly	kg/år	0,011	0,0023	0,0005
Koppar	kg/år	0,018	0,0086	0,0031
Zink	kg/år	0,062	0,022	0,0032
Kadmium	kg/år	0,0005	0,00041	0,000067
Krom	kg/år	0,0069	0,0028	0,0012
Nickel	kg/år	0,0071	0,0027	0,0012
Kvicksilver	kg/år	0,00003	0,000014	0,0000048
Susp. substans	kg/år	60	23	5,9
Olja	kg/år	0,28	0,11	0,11
PAH	kg/år	0,0014	0,00037	0,000034
Benso(a)pyren	kg/år	0,000025	0,0000063	0,0000024
<b>Område 2</b>				
Fosfor	kg/år	0,046	0,077	0,008
Kväve	kg/år	0,48	1,21	0,17
Bly	kg/år	0,0012	0,0024	0,0001
Koppar	kg/år	0,0051	0,0085	0,0012
Zink	kg/år	0,0078	0,0236	0,0015
Kadmium	kg/år	0,00007	0,00048	0,00003
Krom	kg/år	0,0011	0,0030	0,0003
Nickel	kg/år	0,0007	0,0030	0,0005
Kvicksilver	kg/år	0,000007	0,000012	0,000001
Susp. substans	kg/år	8	24	1
Olja	kg/år	0,1	0,1	0,05
PAH	kg/år	0,000025	0,00037	0,00001
Benso(a)pyren	kg/år	0,000002	0,000007	0,000001
<b>Område 3</b>				
Fosfor	kg/år	0,037	0,07	0,014
Kväve	kg/år	0,36	1,18	0,34
Bly	kg/år	0,00094	0,0022	0,00019
Koppar	kg/år	0,0037	0,0086	0,0017
Zink	kg/år	0,0061	0,0220	0,0024
Kadmium	kg/år	0,000052	0,00038	0,000038
Krom	kg/år	0,00076	0,0028	0,00046
Nickel	kg/år	0,00048	0,0026	0,00063
Kvicksilver	kg/år	0,0000046	0,0000146	0,0000026
Susp. substans	kg/år	6,6	24	2,2
Olja	kg/år	0,071	0,124	0,072
PAH	kg/år	0,000018	0,00036	0,0000322
Benso(a)pyren	kg/år	0,0000017	0,000006	0,0000016

**Tabell 5–9. Årlig föroreningsbelastning från hela utredningsområdet för befintlig och planerad markanvändning, samt efter föreslagen rening enligt förslag 1. Beräkningarna har utförts i StormTac (Larm, 2000).**

Ämne	Enhet	Befintlig	Plan. utan rening	Plan. med rening
<b>Hela utredningsområdet</b>				
<b>Fosfor</b>	kg/år	0,059	0,073	0,013
<b>Kväve</b>	kg/år	0,8	1,2	0,3
<b>Bly</b>	kg/år	0,004	0,002	0,0003
<b>Koppar</b>	kg/år	0,009	0,009	0,002
<b>Zink</b>	kg/år	0,03	0,02	0,002
<b>Kadmium</b>	kg/år	0,0002	0,0004	0,00005
<b>Krom</b>	kg/år	0,003	0,003	0,0007
<b>Nickel</b>	kg/år	0,003	0,003	0,001
<b>Kvicksilver</b>	kg/år	0,000014	0,000014	0,000003
<b>Susp. substans</b>	kg/år	25	24	3
<b>Olja</b>	kg/år	0,15	0,11	0,08
<b>PAH</b>	kg/år	0,0005	0,0004	0,00003
<b>Benso(a)pyren</b>	kg/år	0,000010	0,000006	0,000002

### 5.4.2 Lösningförslag 2

Tabell 4–10 redovisar beräknade föroreningshalter från befintlig och planerad markanvändning i Område 1–3. Tabellen visar även halter i dagvattnet efter att det passerat genom föreslagna lösningar för fördröjning och rening enligt lösningförslag 2 (se Kapitel 5). För att beräkna föroreningshalter för planerad markanvändning före och efter rening samt reningseffekten har Områden 2 och 3 delats upp ytterligare i mindre delavrinningsområden. Halterna är sedan beräknade som medelvärden av delområden. I Tabell 4–11 presenteras föroreningshalter för utredningsområdet i sin helhet för lösningförslag 2. Beräkningarna av dagvattnets föroreningsinnehåll efter föreslagna reningsåtgärder baseras på schablonvärden för reningseffekt hos olika typer av reningsanläggningar, hämtade från StormTacs databas v. 2018–03.

**Tabell 5–10. Föroreningshalter i dagvatten från Områden 1–3 för befintlig och planerad markanvändning, samt efter föreslagen rening enligt förslag 2. Orange = halten överstiger befintlig halt, grön = halten understiger befintlig halt.**

Ämne	Enhet	Befintlig	Plan. utan rening	Plan. med rening	Reningseffekt %
<b>Område 1</b>					
Fosfor	ug/l	110	100	21*	80*
Kväve	ug/l	1 600	1 700	530	69
Bly	ug/l	13	2,6	0,58	78
Koppar	ug/l	20	12	3,7*	68*
Zink	ug/l	69	25	3,9	84
Kadmium	ug/l	0,56	0,35	0,072	79
Krom	ug/l	7,7	3,2	1,4	56
Nickel	ug/l	7,9	2,8	1,5*	46*
Kvicksilver	ug/l	0,03	0,02	0,007	65
Susp. substans	ug/l	68 000	28 000	7 100	75
Olja	ug/l	320	160	160*	0*
PAH	ug/l	1,5	0,59	0,054	91
Benso(a)pyren	ug/l	0,03	0,007	0,003*	59*
<b>Område 2</b>					
Fosfor	ug/l	120	108	47*	61*
Kväve	ug/l	1 200	1 750	1 240	36
Bly	ug/l	3	2,5	0,6	75
Koppar	ug/l	13	10,7	4,4*	60*
Zink	ug/l	20	24	5*	78*
Kadmium	ug/l	0,2	0,3	0,1*	78*
Krom	ug/l	2,7	3	1,2	59
Nickel	ug/l	1,7	2,7	1,5*	45*
Kvicksilver	ug/l	0,017	0,017	0,008	56
Susp. substans	ug/l	20 000	25 000	7 100	72
Olja	ug/l	260	140	140*	0*
PAH	ug/l	0,06	0,6	0,13	82
Benso(a)pyren	ug/l	0,006	0,007	0,004*	37*
<b>Område 3</b>					
Fosfor	ug/l	120	103	45	60
Kväve	ug/l	1 100	1750	1 220	35
Bly	ug/l	3	2,6	0,7	74
Koppar	ug/l	12	12	5*	63*
Zink	ug/l	20	25	5*	78*
Kadmium	ug/l	0,17	0,31	0,06*	78*
Krom	ug/l	2,4	3,1	1,3	59
Nickel	ug/l	1,5	2,7	1,5*	44*
Kvicksilver	ug/l	0,015	0,021	0,010	55
Susp. substans	ug/l	21 000	28 500	7 650	73
Olja	ug/l	230	180	175*	2*
PAH	ug/l	0,06	0,61	0,13	81
Benso(a)pyren	ug/l	0,005	0,007	0,004*	40*

**Tabell 5–11. Föroreningshalter i dagvatten från hela utredningsområdet för befintlig och planerad markanvändning, samt efter föreslagen rening enligt förslag 2. Orange = halten överstiger befintlig halt, grön = halten understiger befintlig halt.**

Ämne	Enhet	Befintlig	Plan. utan rening	Plan. med rening	Reningseffekt %
<b>Hela utredningsområdet</b>					
Fosfor	ug/l	117	104	38	67
Kväve	ug/l	1 300	1 733	997	47
Bly	ug/l	6	3	0,6	76
Koppar	ug/l	15	12	4	64
Zink	ug/l	36	25	5	80
Kadmium	ug/l	0,31	0	0.08	78
Krom	ug/l	4	3	1	58
Nickel	ug/l	4	3	2	45
Kvicksilver	ug/l	0,02	0,02	0,01	59
Susp. substans	ug/l	36 333	27 167	7 283	73
Olja	ug/l	270	160	158	1
PAH	ug/l	0,54	1	0,105	85
Benso(a)pyren	ug/l	1	0,01	0,004	45

Förändringen av utredningsområdet beräknas innebära en viss ökning av dagvattnets föroreningsinnehåll. Vidtas de föreslagna fördröjnings- och reningsåtgärderna, se vidare Kapitel 5, beräknas föroreningshalter och årlig belastning, och därmed också recipientpåverkan, minska betydligt för alla ämnen förutom kväve och PAH. För lösningsförslag 2 beräknas halterna av dessa ämnen att öka i Område 2 och 3. I utredningsområdet i sin helhet beräknas dock föroreningshalterna av de studerade ämnen att inte överstiga den befintliga halten.

I Tabell 4–12 redovisas den beräknade årliga föroreningsbelastningen från Område 1–3 för befintlig och planerad markanvändning, samt efter föreslagen rening enligt förslag 2. Beräkningar för årlig belastning för planerad markanvändning (före och efter rening) är baserade på medelvärden erhållna av beräkningar för delavrinningsområden för Område 1–3. I Tabell 4–13 presenteras den årliga föroreningsbelastningen för hela utredningsområdet enligt lösningsförslag 2. Beräkningarna visar på en i allmänhet minskad föroreningsbelastning efter att dagvattnet genomgått föreslagna reningsåtgärder med undantag för kväve och PAH där en viss ökning beräknas i Områden 2 och 3. I utredningsområdet i sin helhet beräknas dock den årliga belastningen minska för samtliga ämnen.

**Tabell 5–12. Årlig föroreningsbelastning från Områden 1–3 för befintlig och planerad markanvändning, samt efter föreslagen rening enligt lösningsförslag 2. Beräkningarna har utförts i StormTac (Larm, 2000).**

Ämne	Enhet	Befintlig	Plan. utan rening	Plan. med rening
<b>Område 1</b>				
Fosfor	kg/år	0,095	0,073	0,015
Kväve	kg/år	1,5	1,2	0,38
Bly	kg/år	0,011	0,0018	0,00041
Koppar	kg/år	0,018	0,0082	0,0026
Zink	kg/år	0,062	0,018	0,0027
Kadmium	kg/år	0,0005	0,00024	0,000051
Krom	kg/år	0,0069	0,0022	0,00098
Nickel	kg/år	0,0071	0,002	0,0011
Kvicksilver	kg/år	0,00003	0,000014	0,0000048
Susp. substans	kg/år	60	20	5
Olja	kg/år	0,28	0,12	0,12
PAH	kg/år	0,0014	0,00042	0,000038
Benso(a)pyren	kg/år	0,000025	0,0000049	0,000002
<b>Område 2</b>				
Fosfor	kg/år	0,046	0,080	0,015
Kväve	kg/år	0,48	1,28	0,42
Bly	kg/år	0,0012	0,0019	0,0002
Koppar	kg/år	0,0051	0,0081	0,0016
Zink	kg/år	0,0078	0,0187	0,0019
Kadmium	kg/år	0,00007	0,00028	0,00002
Krom	kg/år	0,0011	0,0023	0,0005
Nickel	kg/år	0,00068	0,00215	0,00056
Kvicksilver	kg/år	0,0000068	0,0000121	0,0000027
Susp. substans	kg/år	8	19	3
Olja	kg/år	0,1	0,1	0,1
PAH	kg/år	0,000025	0,000430	0,000043
Benso(a)pyren	kg/år	0,0000023	0,0000051	0,0000014
<b>Område 3</b>				
Fosfor	kg/år	0,037	0,072	0,015
Kväve	kg/år	0,36	1,22	0,39
Bly	kg/år	0,00094	0,00182	0,00023
Koppar	kg/år	0,0037	0,0083	0,0016
Zink	kg/år	0,0061	0,0180	0,0019
Kadmium	kg/år	0,000052	0,000234	0,000021
Krom	kg/år	0,00076	0,00224	0,00047
Nickel	kg/år	0,00048	0,00194	0,00051
Kvicksilver	kg/år	0,0000046	0,0000145	0,0000033
Susp. substans	kg/år	7	20	3
Olja	kg/år	0,071	0,124	0,061
PAH	kg/år	0,000018	0,000400	0,000041
Benso(a)pyren	kg/år	0,0000017	0,0000048	0,0000014

**Tabell 5–13. Årlig föroreningsbelastning från hela utredningsområdet för befintlig och planerad markanvändning, samt efter föreslagen rening enligt lösningsförslag 2. Beräkningarna har utförts i StormTac (Larm, 2000).**

Ämne	Enhet	Befintlig	Plan. utan rening	Plan. med rening
<b>Hela utredningsområdet</b>				
<b>Fosfor</b>	kg/år	0,059	0,075	0,015
<b>Kväve</b>	kg/år	0,8	1,2	0,4
<b>Bly</b>	kg/år	0,004	0,002	0,0003
<b>Koppar</b>	kg/år	0,009	0,008	0,002
<b>Zink</b>	kg/år	0,03	0,02	0,002
<b>Kadmium</b>	kg/år	0,0002	0,0003	0,00003
<b>Krom</b>	kg/år	0,003	0,002	0,0007
<b>Nickel</b>	kg/år	0,003	0,002	0,001
<b>Kvicksilver</b>	kg/år	0,000014	0,000014	0,000004
<b>Susp. substans</b>	kg/år	25	20	4
<b>Olja</b>	kg/år	0,15	0,11	0,09
<b>PAH</b>	kg/år	0,0005	0,0004	0,00004
<b>Benso(a)pyren</b>	kg/år	0,000010	0,000005	0,000002

### 5.5 Effekt på recipient

Föreslagna dagvattenlösningar inom utredningsområdet är utformade enligt riktlinjer i Stockholms stads åtgärdsnivå för dagvatten, som syftar till att dagvattnet ska renas i sådan utsträckning att stadens vattenförekomster på sikt ska uppnå god status. Då föroreningsbelastningen på recipienten beräknas minska efter föreslagna reningsåtgärder bedöms exploatering bli positiv för recipienten, förutsatt att föreslagna lösningsförslag införlivas. Det är viktigt att påpeka att beräkningar med schablonhalter är behäftade med stora osäkerheter och bör inte tolkas som exakta siffror, men den beräknat markant minskade belastningen efter föreslagen rening innebär sannolikt att exploateringen leder till en minskad belastning på recipienten.

### 5.6 Extremregn

Stockholms stads skyfallsmodell för ett 100-årsregn (Thurin, 2018) visar på en risk för måttliga översvämningsdjup (0,1–0,3 m) på norra delar i Områden 2 och 3 samt på sydvästra och östra delar i Område 1. I övrigt beräknas det inte förekomma några översvämningsrisker inom utredningsområdet.

Höjdsättningen av utredningsområdet behöver göras så att dagvattnet inte riskerar att tränga in mot fasaden på de planerade byggnader. Föreslagna lösningar för dagvattenhantering behöver också anläggas så att de kan brädda ut mot seriekopplade anläggningar eller tomma ytor/vägar vid särskilt kraftiga regn (>20 års återkomsttid) där deras kapacitet överskrids. På det viset kan risken för skador på hus och grundläggning minskas.





## 7 Referenser

Larm, T. 2000. Utformning och dimensionering av dagvattenreningsanläggningar. VA–FORSK–rapport 2000–10.

SGU, 2017. Sveriges Geologiska undersökning, <http://sgu.se/>, hämtat 2018–12–05.

Stockholms stad, 2015. Dagvattenstrategi – Stockholms väg till en hållbar dagvattenhantering.

Stockholms stad, 2015. Checklista dagvattenutredningar i stadsbyggnadsprocessen. Version 2015–06–03.

Stockholms stad, 2016. Dagvattenhantering – Åtgärdsnivå vid ny- och större ombyggnation.

Svenskt Vatten, 2011. P104 Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem.

Svenskt Vatten, 2011. P105 Hållbar dag- och dränvattenhantering – råd vid planering och utförande.

Svenskt Vatten, 2016. P110 Avledning av dag-, drän- och spillvatten. Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem.

Thurin, S. 2018. Skyfallsmodellering för Stockholms stad. Stockholm Vatten AB

VISS, 2018. Vatteninformationssystem Sverige, <http://viss.lansstyrelsen.se/>, hämtat 2018–12–05.

## Bilagor

Bilaga 1: Dimensioner av de föreslagna dagvattenanläggningarna samt volymer dessa rymmer.

Bilaga 2: Osäkerhet i beräkningar med StormTac.