




Dagvattenutredning för Enigheten 25 m. fl. Bromma, Stockholm

GRAP

21 214

Geosigma AB

2022-02-08

GEOSIGMA PART OF REJLERS				
Uppdragsnummer 606494	Grap nr 21 214	Datum 2022-02-08	Antal sidor 47	Antal bilagor 1
Uppdragsledare Helena Thule		Beställares referens My Ekman		Beställares ref nr
Beställare Tengbom				
Rubrik Dagvattenutredning för Enigheten 25 m. fl.				
Underrubrik Bromma, Stockholm				
Författad av Aiste Girleviciute Anna Bachman (revidering)			Datum 2021-06-18 2021-08-23 2021-12-03 2022-02-08	
Granskad av Johan Lundh			Datum 2021-06-17	
Version 1.2				
GEOSIGMA AB www.geosigma.se geosigma@geosigma.se Bankgiro: 5331 - 7020 PlusGiro: 417 14 72 - 6 Org.nr: 556412 - 7735	Uppsala Box 894, 751 08 Uppsala S:t Persgatan 6, Uppsala Tel: 010-482 88 00	Teknik & Innovation Vaksala-Eke, Hus H 755 94 Uppsala Tel: 010-482 88 00	Göteborg St. Badhusg 18-20 411 21 Göteborg Tel: 010-482 88 00	Stockholm S:t Eriksgatan 113 113 43 Stockholm Tel: 010-482 88 00

Sammanfattning

På uppdrag av Tengbom har Geosigma AB utrett hur dagvatten kan hanteras för fastigheterna Mariehäll 1:64 och 1:65, Enigheten 25 och 26 samt Hingsten 1 och 2 i Bromma, Stockholm. Utredningsområdet har en sammanlagd areal på cirka 1,9 ha.

I dagsläget är delar av utredningsområdet bebyggt med verksamhetslokaler och parkeringar, andra asfalterade ytor i norra delen av utredningsområdet och stadsvillor med grusade infarter i södra delen av utredningsområdet. Fastigheterna Mariehäll 1:64 och 1:65 utgörs mestadels av kuperad bergig naturmark. Recipienterna för dagvattnet som avrinner från utredningsområdet är Mälaren-Ulvsundasjön samt Bällstaån. Mälaren-Ulvsundasjön har en måttlig ekologisk status och Bällstaån har dålig ekologisk status. Båda recipienterna uppnår ej god kemisk ytvattenstatus.

Vid planerad exploatering av utredningsområdet kommer en ny skola, förskola samt bostäder med tillhörande gårdsytor att byggas. Det underliggande jordlagret i utredningsområdet består mestadels av ett tunt osammanhängande ytlager av morän ovanpå berg och infiltrationsmöjligheten bedöms vara begränsad i hela utredningsområdet.

Enligt Stockholm Stads åtgärdsnivå (Stockholm Stad, 2016) ska 20 mm nederbörd renas och fördröjas inom kvartermarken. Inom aktuellt utredningsområde kommer, efter den planerade exploateringen, en befintlig lokal lågpunkt i delområde 5 att fyllas ut för att möjliggöra den planerade bebyggelsen. För att reducera risk för översvämning och skador på befintlig bebyggelse i ett lågpunktsområde nedströms om delområde 5, rekommenderas att 50 mm nederbörd, motsvarande ett skyfall (SMHI, 2017) fördröjs i delområde 5.

För att ytterligare utreda skyfallssituationen för planområdet och hur det mer i detalj kan komma att påverka dess omgivning vid framtida scenario bör en skyfallsmodellering tas fram.

Den totala erforderliga utjämningsvolymen på 277 m³ fördelas mellan de olika delavrinningsområdena inom utredningsområdet, vars indelning beror på den framtida avrinningsriktningen. Utjämningsvolymen för respektive delavrinningsområde uppnås genom föreslagna åtgärder för dagvattenhantering:

Takytor

Takdagvatten från fastigheterna Mariehäll 1:64 och 1:65 samt Hingsten 1 och 2 leds till nedsänkta regnbäddar på gårdsytorna inom respektive kvarter. En del av regnbäddarna inom Hingsten 1 och 2 anläggs ovanpå bjälklag, vilket kan minska dess effektiva mäktighet något. Takdagvatten leds till regnbäddarna genom ytavrinning (dagvattenrännor) eller markförlagda ledningar. För Hingsten 1 och 2 leda även takdagvatten via stuprör till upphöjda regnbäddar längs med fasaden mot Bällstavägen. Dagvatten från ca 50 % av takytan på Mariehäll 1:64 (delområde 1) leds till ett makadammagasin. På Enigheten 25 och 26 leds takdagvatten till regnbäddar direkt från stuprören.

Gårdsytor

Dagvattnet från gårdsytorna inom utredningsområdet leds till regnbäddar där det fördröjs och renas. Regnbäddarna ska vara nedsänkta så att dagvatten kan ledas till dessa via ytavrinning (dagvattenrännor) eller markförlagda ledningar. En del av regnbäddarna kommer att anläggas ovanpå bjälklag eftersom delar av utredningsområdet kommer att underbyggas med parkeringsgarage.

Med de föreslagna åtgärderna uppnås Stockholms Stads åtgärdsnivå för ny- och större ombyggnationer. Om föreslaget dagvattensystem implementeras indikerar föroreningsberäkningarna på att exploateringen inte äventyrar recipientens möjligheter till att uppnå dess miljö kvalitetsnormer. Den planerade exploateringen med föreslagen rening kommer snarare att minska föroreningstransporten och därmed gynna recipienten.

Innehåll

Sammanfattning	3
1 Uppdraget	7
1.1 Syfte	8
2 Förutsättningar och metod	8
2.1 Dagvattenstrategi	8
2.2 Underlag	9
2.3 Dimensionering	9
2.4 Reducerad area	10
2.5 Dimensionerande flöde	10
2.6 Erforderlig utjämningsvolym	11
2.6.1 Dagvattenflöden efter fördröjning enligt lösningsförslaget	11
2.7 Föroreningsberäkning	13
2.8 Lågpunktskartering och skyfallskartering	13
3 Nulägesbeskrivning	14
3.1 Platsbesök	14
3.2 Topografiska förhållanden och lågpunkter	19
3.3 Jordarter och geoteknik	20
3.4 Grundvatten	22
3.5 Befintlig markanvändning	22
3.6 Recipientbeskrivning	23
3.7 Översvämning utmed närliggande ytvatten	25
3.8 Lågpunktskartering och skyfallsanalys	25
4 Framtida förhållanden	28
4.1 Planerad markanvändning	28
4.2 Anslutningspunkter för dagvatten	28
4.3 Ytavrinning och delavrinningsområden	29
5 Flödesberäkningar	30
5.1 Avrinningskoefficient	30
5.2 Markanvändning- befintlig och planerad	31
5.3 Flödesberäkningar	31
5.3.1 Befintliga dagvattenflöden	32
5.3.2 Framtida dagvattenflöden	32
5.3.3 Framtida dagvattenflöden inklusive 20 mm fördröjning.	33

5.4	Erforderlig utjämningsvolym	34
6	Lösningförslag för hållbar dagvattenhantering	35
6.1	Generella rekommendationer	35
6.2	Principlösningar för dagvattenhantering	35
6.2.1	Regnbäddar	35
6.2.2	Regnbäddar och grönytor på bjälklag	37
6.2.3	Makadammagasin	38
6.2.4	Genomsläpplig beläggning	39
6.2.5	Skötsel och underhåll	39
6.3	Lösningförslag	40
7	Föroreningsberäkningar	43
8	Extrem nederbörd	45
9	Slutsats	46
10	Referenser	47

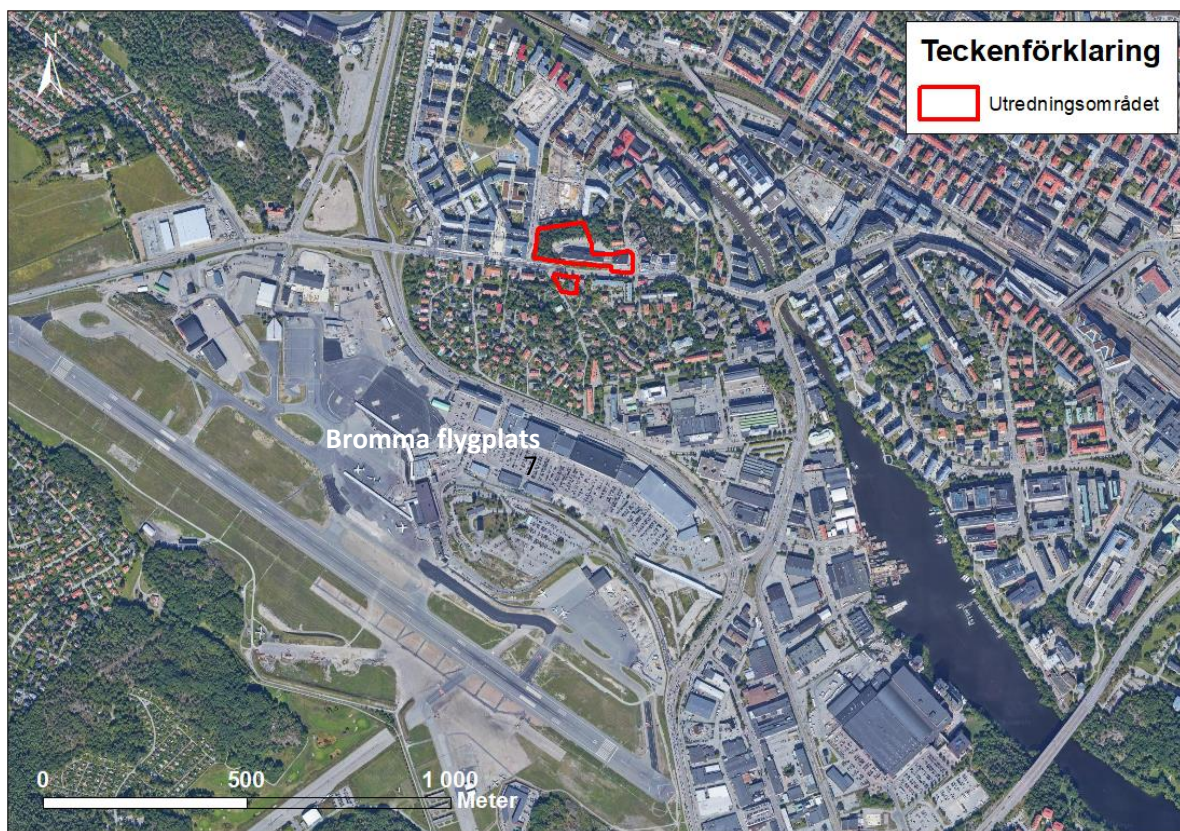
Bilaga 1-Osäkerheter i StormTac

1 Uppdraget

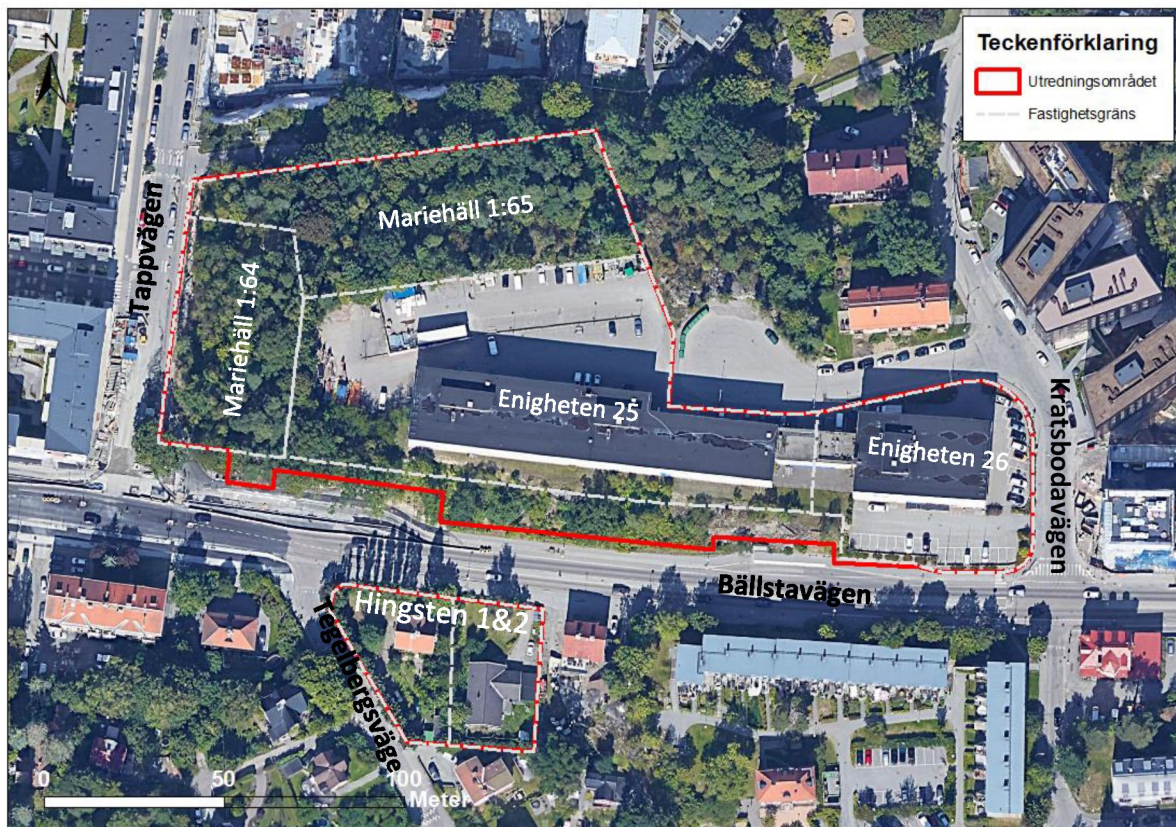
På uppdrag av Tengbom har Geosigma AB utrett hur dagvatten kan hanteras för fastigheterna Mariehäll 1:64 och 1:65, Enigheten 25 och 26 samt Hingsten 1 och 2 i Bromma, Stockholm.

Aktuellt utredningsområde ligger norr om Bromma flygplats och utgörs av 6 fastigheter som avgränsas av Bällstavägen. Mariehäll 1:64 och 1:65 samt Enigheten 25 och 26 ligger norr om Bällstavägen medan Hingsten 1 och 2 ligger söder om vägen.

En översikt av utredningsområdets läge i förhållande till Bromma flygplats framgår av Figur 1–1. I Figur 1–2 visas nuvarande fastighetsindelning inom utredningsområdet.



Figur 1-1. Utredningsområdet med dess omgivning.



Figur 1-2. Översikt över nuvarande fastighetsindelning inom utredningsområdet.

1.1 Syfte

Syftet med denna dagvattenutredning är att studera hur dagvattnet kan omhändertas inom fastigheterna Mariehäll 1:65 och 1:64, Enigheten 25 och 26 samt Hingsten 1 och 2. I

utredningen ingår att:

- Beräkna dagvattenflöden för både den befintliga och den planerade situationen
- Beräkna föroreningsgrad för både den befintliga och den planerade situationen
- Ta fram ett förslag till hållbar dagvattenhantering inom de aktuella fastigheterna

2 Förutsättningar och metod

2.1 Dagvattenstrategi

Stockholm Stads dagvattenstrategi antogs av kommunfullmäktige den 9 mars år 2015 och syftet med strategin är att utveckla stadens dagvattenhantering mot en mer hållbar riktning (Stockholm Stad, 2015a). Det innebär att dagvattenhanteringen bör ta hänsyn till både vattenkvalitet och vattenkvantitet samt att utmaningen som uppstår genom klimatförändringar i ett allt tätare stad lyfts fram.

Målet för hållbar dagvattenhantering kan således beskrivas med 4 övergripande riktlinjer (Stockholm Stad, 2015a):

- 1) Dagvattenhantering ska bidra till en förbättrad vattenkvalitet av stadens yt- och grundvattenkvalitet så att god status eller motsvarande vattenkvalitet kan uppnås i stadens samtliga vattenområden.
- 2) Dagvattenhantering ska vara anpassad efter förändrade klimatförhållanden med intensivare nederbörd och höjda vattennivåer i sjöar, kustvatten och vattendrag.
- 3) Dagvatten är en del av vattnets kretslopp i staden och ska återanvändas som en resurs för att skapa attraktiva och funktionella inslag i stadsmiljön.
- 4) För att nå målsättningen om en hållbar dagvattenhantering behöver frågan beaktas i stadsbyggnadsprocessens alla skeden parallellt med en systematisk åtgärdsplanering. En viktig förutsättning är samsyn, samordning och en genomtänkt ansvarsfördelning mellan stadens förvaltning och bolag.

Enligt Stockholm Stads (2016) åtgärdsnivå för dagvattenhantering ska 20 mm nederbörd omhändertas inom kvartersmarken.

2.2 Underlag

Utöver Stockholm Stads dagvattenstrategi har följande material använts i denna utredning:

- Baskarta erhållen från beställaren (2021-02-05)
- Situationsplan för SISABS bebyggelse: L30_P01_SISAB
- Situationsplan för Peabs bebyggelse: Peab Enigheten_210511 (rev. L30_P01_PEAB)
- Situationsplan för Hingsten 1 och 2: L30_P01_Hingstarna_2021-05-21 (rev. L30_P01_Hingstarna_2021-10-21)

2.3 Dimensionering

Enligt checklista för dagvattenutredningar i Stockholm ska dagvattenflöden beräknas för följande scenarier:

- Regn med återkomsttid 10 år för befintlig och planerad markanvändning *exklusive* klimatfaktor.
- Regn med återkomsttid enligt minimumkrav enligt P110 (Svenskt Vatten, 2016) för befintlig och planerad markanvändning *inklusive* klimatfaktor.

Principerna för dimensioneringen är enligt Svenskt Vatten Publikation 110 (2016) och är följande:

- a) Säkerhetsnivå för skador vid översvämningar uttrycks som återkomsttid för nederbörd eller vattennivå i sjöar och vattendrag. Föreliggande planområde bedöms motsvara "Tät bostadsbebyggelse" och säkerhetsnivåerna har beräknats därefter, se Tabell 2-1. Detta innebär att säkerhetsnivåerna är 5-årsregn för fylld ledning och 20-årsregn för trycklinje i marknivå.
- b) På grund av klimatförändringar kommer nederbördsmängden att öka och därför ska dimensionerande regn ökas med en klimatfaktor. Klimatfaktorn i nuläget (kunskapsläge dec 2015) har valts till 1,25 för regn med varaktighet upp till 60 min och till 1,2 för regn med längre varaktighet än 60 min.
- c) Dagvattenledningar dimensioneras inte i föreliggande utredning. Däremot redovisas flöden som dagvattenledningar i anslutning till planområdet ska klara av att avleda.

- d) Vatten som inte får plats i ledningssystemet ger upphov till marköversvämning och ska kunna hanteras på markytan utan att skador uppkommer på byggnader och anläggningar. Det styr utformning och höjdsättning av mark och bebyggelse. Säkerhetsnivån med avseende på marköversvämningar med skador på byggnader och anläggningar är >100 år. Höjdsättningen utförs så att byggnader ligger högre än omgivande mark.
- e) Dimensionerande varaktighet för regnet motsvarar den antagna rinntiden inom detaljplaneområdet, det vill säga den tiden det tar för vattnet att rinna den längsta uppskattade rinnsträckan inom respektive delområde.

Tabell 2-1. Utdrag från P110 sidan 40, minimikrav vid dimensionering av nya dagvattensystem.

Nya duplikatsystem	VA-huvudmannens ansvar		Kommunens ansvar
	Återkomsttid för regn vid fylld ledning	Återkomsttid för trycklinje i marknivå	Återkomsttid för marköversvämning med skador på byggnader
Gles bostadsbebyggelse	2	10	> 100 år
Tät bostadsbebyggelse	5	20	> 100 år
Centrum- och affärsområden	10	30	> 100 år

2.4 Reducerad area

I vissa fall används begreppet reducerad area, som är en funktion av area och avrinningskoefficient. Sambandet kan beskrivas matematisk enligt ekvation 2-1.

$$A_{red} = A \cdot \varphi \quad (\text{ekvation 2-1})$$

där:

A_{red} = reducerad area i ha_{red}

A = arean i ha

φ = avrinningskoefficient

2.5 Dimensionerande flöde

Beräkningar av dimensionerande flöden har utförts med rationella metoden enligt ekvation 2-2:

$$Q_{dim} = i(t_r) \cdot \varphi \cdot A \cdot f \quad (\text{ekvation 2-2})$$

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 delområdets rinntid.

φ är den andel av nederbörden som rinner av som dagvatten för rådande markförhållanden och dimensionerande regnintensitet. Avrinningskoefficienter för olika markanvändningskategorier har i möjligaste mån tagits från Svenskt Vattens publikation P110.

A är den totala arean (hektar) för det aktuella delområdet, f är den ansatta klimatfaktorn.

2.6 Erforderlig utjämningsvolym

Enligt Stockholm Stads riktlinjer (2016) för dagvattenhantering ska 20 mm nederbörd på hårdgjorda ytor kunna magasineras och avtappas under cirka 12 timmar inom planområdet. Fördröjning av 20 mm regn innebär att 90 % av årsnederbörden fördröjs.

Beräkning av dimensionerande utjämningsvolym för kvartersmarken görs enligt Ekvation 2-3.

$$V = \phi \cdot A \cdot 0,02$$

(Ekvation 2-3)

där V är den dimensionerande utjämningsvolymen (m^3), ϕ är delområdets sammanvägda avrinningskoefficient (-), A är delområdets area (m^2) och 0,02 är vald åtgärdsnivå (20 mm) uttryckt i meter.

För de fastigheter som består av instängda områden används åtgärdsnivån 50 mm, motsvarande ett skyfall (SMHI, 2017) i stället. Denna åtgärdsnivå har valts mot bakgrund av att det i dagsläget inte finns någon praxis för hur stor utjämningsvolymen bör vara för att fördröja ett skyfall och 50 mm nederbörd är den minsta regnmängden som klassas som ett skyfall. En mer exakt åtgärdsnivå kan erhållas i samband med skyfallsmodellering för planområdet och dess omgivning.

2.6.1 Dagvattenflöden efter fördröjning enligt lösningsförslaget

Om dagvattenanläggningar uppnår den rekommenderade åtgärdsnivån, innebär det en viss ökning av uppehållstid i anläggningarna vilket resulterar i att rinntiden för planområdet ökar. Figur 2-1 visar sambandet mellan regnvolym och regnvaraktighet för regn med olika återkomsttider.

Enligt figuren tar det 25 minuter för att fylla 20 mm regnvolym vid ett 5-årsregn (med 1,25 klimatfaktor) och därmed adderas 25 minuter till den ursprungliga rinntiden på 10 minuter. För ett 10-årsregn tar det 25 minuter att fylla 20 mm vid ett 10-årsregn (utan klimatfaktor) och därmed adderas 25 minuter till den ursprungliga rinntiden. Således blir den justerade rinntiden för regn med dessa återkomsttider densamma.

I delområde 5 rekommenderas 50 mm nederbörd att fördröjas vilket innebär att de nya rinntiderna för delområdet blir 285 min för ett 10-årsregn och 120 min för ett 20-årsregn. Ett 5-årsregn bedöms inte kunna åstadkomma 50 mm nederbörd.

För ett 20-årsregn (med klimatfaktor på 1,25) tar det ca 10 minuter att fylla 20 mm och därmed adderas 10 minuter till områdets ursprungliga rinntid på 10 minuter.

Den förlängda regnvaraktigheten i utredningsområdet medför ändrade regnintensitet som avläses från Figur 2-2. Regnintensiteter (exklusive klimatfaktor) för utredningsområdet, med hänsyn till den justerade regnvaraktigheten, återges i Tabell 2-2.

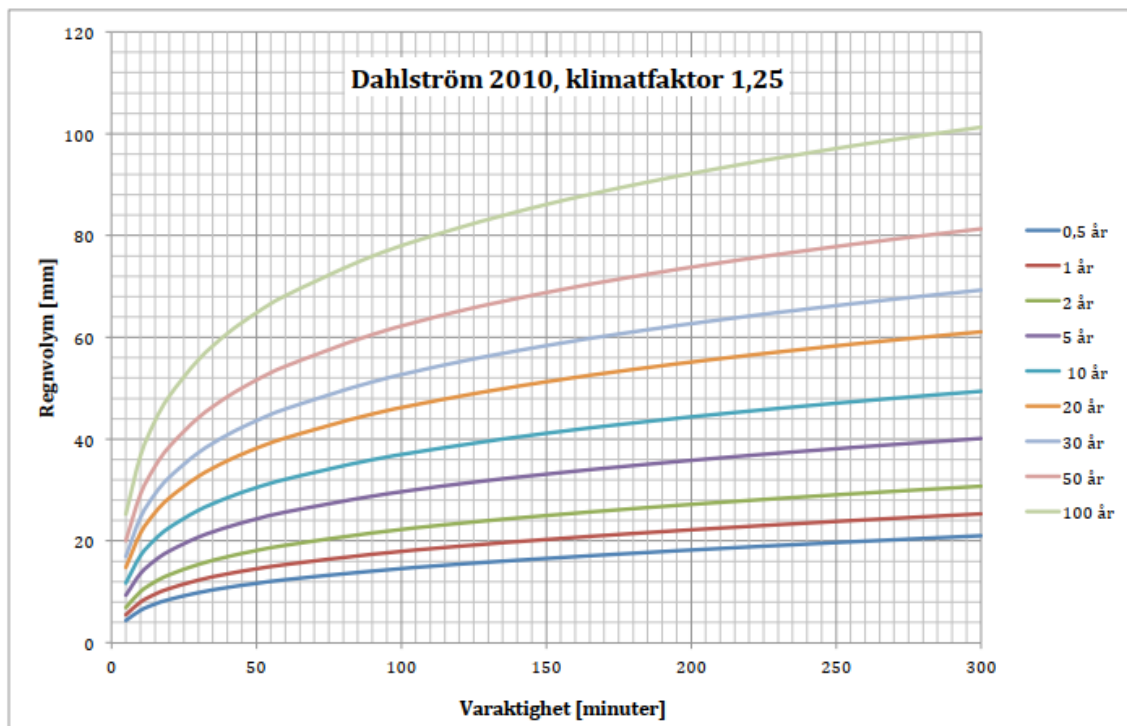
Regnintensitet har beräknats enligt Dahlströms formel (Svenskt Vatten, 2016).

Tabell 2-2. Rinntider och regnintensiteter vid beräkning av dagvattenflödet efter fördröjning av 20 mm nederbörd exklusive klimatfaktor.

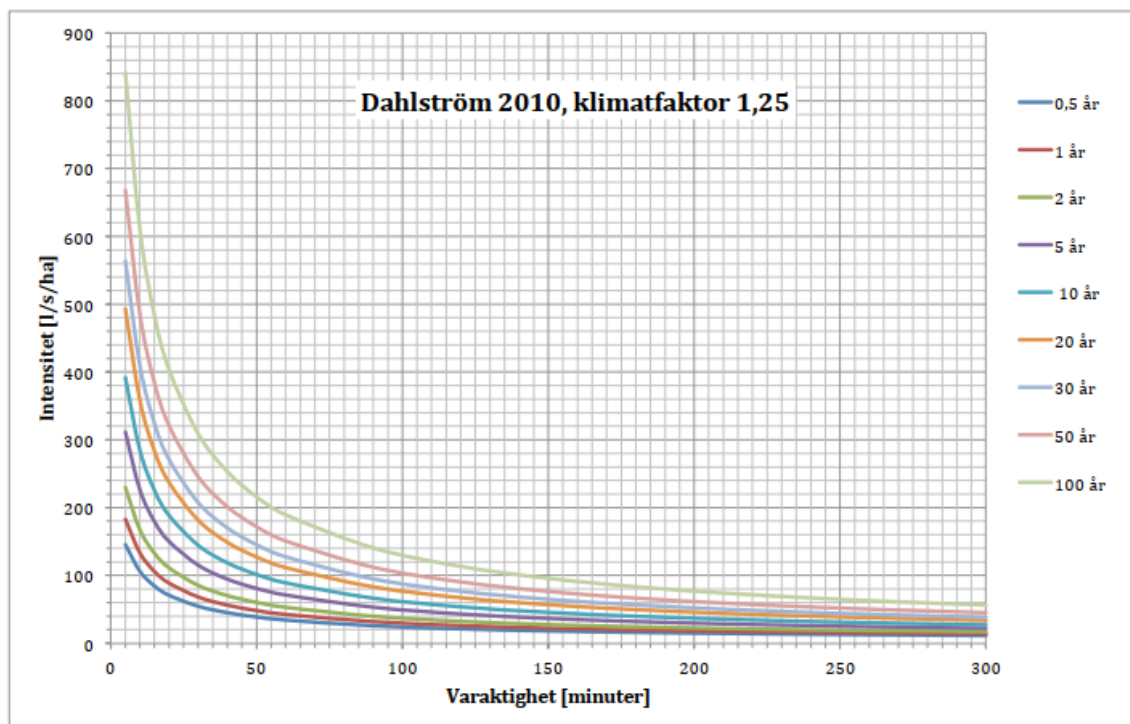
Regnvaraktighet (min)			Regnintensitet (l/s*ha)		
5-årsregn	10-årsregn	20-årsregn	5-årsregn	10-årsregn	20-årsregn
35	35	20	83	104	210

Tabell 2-3. Rinntider och regnintensiteter vid beräkning av dagvattenflödet efter fördröjning av 50 mm nederbörd exklusive klimatfaktor.

Regnvaraktighet (min)			Regnintensitet (l/s*ha)		
5-årsregn	10-årsregn	20-årsregn	5-årsregn	10-årsregn	20-årsregn
-	285	120		22,8	53,8



Figur 2-1. Regnvolymer i förhållande till regnvaraktighet beräknat med Dahlströms formell.



Figur 2-2. Regnintensitet i förhållande till regnvaraktighet beräknat med Dahlströms formell.

2.7 Föroreningsberäkning

Beräkningar av föroreningsbelastning har utförts med modellverktyget StormTac v.20.2.2 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.

2.8 Lågpunktskartering och skyfallskartering

En lågpunktskartering har utförts med plattformen Scalgo LIVE. Med hjälp av högupplöst höjddata kan områdets befintliga lågpunkter identifieras. "Flash flood map"-funktionen i Scalgo identifierar vilken del av varje lågpunkt som befinner sig under vatten efter en viss regnmängd. Modellen visar med andra ord hur mycket regn som måste falla innan en viss plats i terrängen är under vatten.

Generellt visar metoden som använts en större utbredning av instängda områden än vad en hydraulisk modell över samma område skulle visa. Detta beror på att metodiken enbart visar områden från vilka vatten som ansamlas på marken inte kan avledas yttledes. Generellt gäller att ju fler hårdgjorda ytor och reglerade dagvattensystem, desto sämre stämmer lågpunktskartan in.

För att studera översvämningsrisk för befintlig situation har även en översiktlig skyfallsmodell för Stockholms kommun, framtagna av Stockholm Vatten i samarbete med WSP, använts (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.

3 Nulägesbeskrivning

Utredningsområdet är cirka 1,9 ha stort och planeras att bebyggas med skola, förskola och bostäder. Avgränsningen för utredningsområdet framgår av Figur 1–1.

3.1 Platsbesök

Ett platsbesök i utredningsområdet utfördes den 7:e maj 2021.

Vid platsbesöket noterades det inga synliga stuprör från de stora takytorna på den befintliga byggnaden på fastigheterna Enigheten 25 och 26. Det dagvatten som bildas på takytorna leds troligtvis direkt till de kommunala ledningarna via inbyggda stuprör och dagvattenledningar på fastigheten. De mindre takytorna över entréerna på norra delen av byggnaden avvattas via synliga stuprör ner över asfalterade ytor norr om byggnaden.

Vid platsbesöket observerades det även att det finns en vattendelare mellan vändplanen nordöst om Enigheten 25 och i parkeringen i norra delen av fastigheten (Foto 1). Från vändplanen avrinner dagvatten österut längst med Enighetsvägen. Från parkeringen avrinner dagvatten till en lågpunkt på norra delen av parkeringen. Lågpunkten är utrustad med en gallerstensbrunn (Foto 2).



Foto 1. Vattendelare mellan vändplanen och parkeringen i Enigheten 25 markerad med blå streckad linje. Lågpunkten ungefärligt markerad med en röd pil.



Foto 2. Lågpunkten i norra delen av parkeringen i Enigheten 25.

Den nordvästra delen av utredningsområdet är parkeringen underbyggd och parkeringsytan är utrustad med en rännstensbrunn (Foto 3). I samma linje där parkeringen övergår till att vara överbyggd förekommer även en vattendelare (Foto 4). Även på parkeringsytan mellan lågpunkten och den underbyggda delen av parkeringen förekommer en dagvattenbrunn.



Foto 3. Underbyggda delen av parkeringen i norra delen av Enigheten 25. Dagvattenbrunnens läge markerad med en röd pil.



Foto 4. Vattendelare vid den underbyggda parkeringsplatsen ungefärligt markerad med blå streckad linje.

Den västra delen av Enigheten 25 består av en parkeringsyta som sluttar västerut. Fastigheterna Mariehäll 1:64 och 1:65 angränsar till Enigheten 25 i norr och väst och består av kraftigt sluttande naturmark som utgörs av skog samt berg i dagen (Foto 5).



Foto 5. Kraftigt sluttande naturmark i nordvästra delen av planområdet (Mariehäll 1:64 och 1:65).

Södra delen av Enigheten 26 består av en parkeringsyta som utgör en lågpunkt. Det finns en dagvattenbrunn mitt i parkeringsytan. Södra delen av Enigheten 25 består av en brant bergssluttning mot Bällstavägen (Foto 6).



Foto 6. Kraftigt sluttande bergsyta i södra delen av Enigheten 25.

I södra delen av utredningsområdet på fastigheterna Hingsten 1 och 2 är den befintliga bebyggelsen placerad lägre än Bällstavägen och Tegelbergsvägen. En lågpunkt som utgör ett instängt område förekommer i nordvästra delen av Hingsten 1 (Foto 7). Lågpunkten består av en gräsyta som avgränsas av en stödmur mot Bällstavägen och en slänt från Tegelbergsvägen.



Foto 7. Lågpunkten i nordvästra delen av Hingsten 1.

Fastigheten Hingsten 2 är avgränsad från grannfastigheten Hingsten 3 med en stödmur i östra delen av fastigheten (Foto 8).



Foto 8. Stödmur mellan Hingsten 3 (till vänster) och Hingsten 2 till höger.

3.2 Topografiska förhållanden och lågpunkter

Norra delen av utredningsområdet som består av fastigheterna Enigheten 25 och 26 samt Mariehäll 1:64 och 1:65 ligger på en höjd med högsta punkten på cirka +27 meter. Fastigheten Mariehäll 1:65 lutar norrut och höjdskillnaden är mellan +26 meter i södra delen av fastigheten till +16 meter närmast Linabergsstigen norr om fastigheten. Fastigheten Mariehäll 1:64 lutar västerut med högsta punkten som ligger på ca. +22 meter i öster och ca. +12 meter i väster vid Tappvägen. Marken söder om fastigheterna Mariehäll 1:64 samt Enigheten 25 lutar kraftigt söderut mot Bällstavägen med högsta nivå på ca. +27 och lägsta nivå på ca. +14 .

Fastigheterna Hingsten 1 och 2 lutar västerut mot en lågpunkt i nordvästra delen av Hingsten 1, se lågpunkt A i Figur 3-1. Denna lågpunkt utgör ett lokalt instängt område och ingen avledning från denna lågpunkt i form av brunnar eller kulvertar observerades vid platsbesöket.

Inom norra delen av utredningsområdet förekommer en lågpunkt (B) bestående av asfalterad yta utrustad med dagvattenbrunn. Även strax norr om den befintliga byggnaden på Enigheten 26 förekommer lågpunkt (C) som är en nedfart till ett garageutrymme och även denna lågpunkt är försedd med dagvattenbrunn. Söder om den befintliga byggnaden på Enigheten 26 förekommer en lågpunkt (D) på parkeringsytan som även denna är försedd med en dagvattenbrunn.

Från norra delen av utredningsområdet avrinner dagvatten mot lågpunkter norr om området (E). Det bör noteras att området norr om utredningsområdet består av nybyggnation vilket innebär att terrängmodellen i ScalgoLive kan vara utdaterad och därmed är informationen kring lågpunkter i detta område osäkert. Södra delen av Enigheten 25 och 26 samt Mariehäll 1:64 avrinner söderut mot Bällstavägen som är försedd med kantsten. Bällstavägen lutar västerut mot en lågpunkt (F) på vägen ca. 100 meter väster om utredningsområdet.

Det förekommer ett lågpunktområde (G) på fastigheterna Skimmeln 7 och 8 som ligger ca. 40 meter väster och nedströms om fastigheten Hingsten 1. En översikt ges i Figur 3-1.



Figur 3-1. Avrinningsriktning och lågpunkter inom och omkring utredningsområdet. Lågpunkter som omnämns är markerade med bokstäver A-G.

3.3 Jordarter och geoteknik

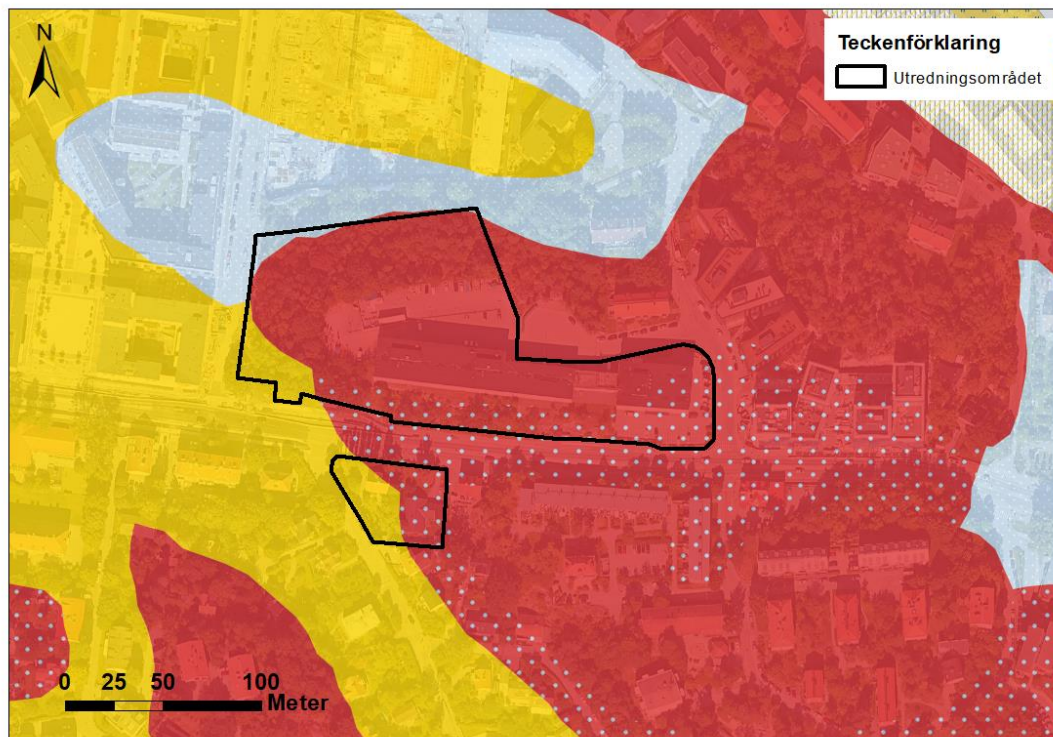
I Figur 3–2 illustreras jordarter inom och omkring utredningsområdet enligt SGU (2021). Inom utredningsområdet utgörs jordarterna av glacial lera, morän samt berg. Den södra delen av Mariehäll 1:64 utgörs av glacial lera, mellersta delen av berg, och i norr finns ett mindre område med morän. Norra delen av Mariehäll 1:65 angränsar enligt modelleringen till ett område som utgörs av morän. Södra delarna av Enigheten 25 och 26 angränsar till områden med tunt ytlager morän ovanpå berg.

Enligt uppgifter från SGU (2021) varierar jorrdjupet till berg mellan ca 0–5 m inom utredningsområdet. I sydvästra delen av fastigheten Hingsten 1 förekommer de största jorrdjupen som avtar i östlig riktning. Inom fastigheterna Enigheten 25 och 26, Hingsten 2 samt Mariehäll 1:64 och 1:65 är jorrdjupen mestadels 0 meter, med något större jorrdjup i södra och norra delen av Mariehäll 1:64. Djupet till berg återges i Figur 3–3.

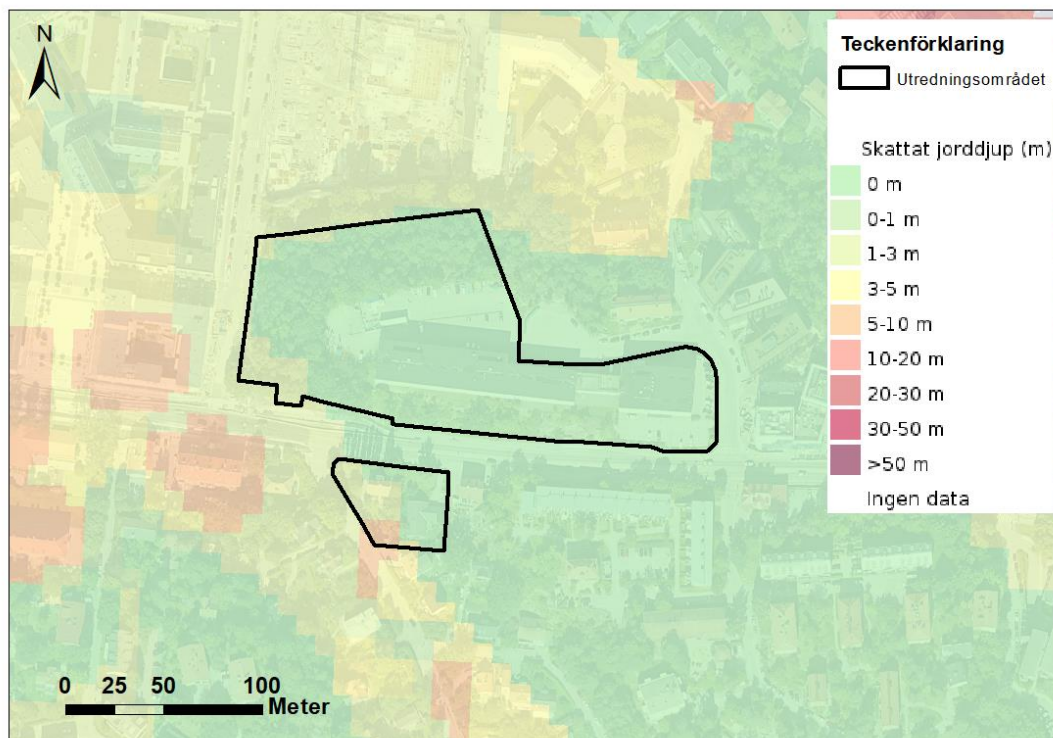
Utifrån de geohydrologiska förutsättningarna inom utredningsområdet bedöms möjligheten till infiltration som mycket begränsad inom hela området.

Enligt miljöteknisk markundersökning som Geosigma har gjort inom utredningsområdet har metallhalter överstigande Naturvårdsverkets generella riktvärden för KM påträffats i två av tre provtagningspunkter inom naturområdet på fastigheterna Mariehäll 1:64 och 1:65, där det planeras för en skola med tillhörande skolgård. I den tredje provtagningspunkten har PAH med hög molekylvikt uppmätts i en halt över det generella

riktvärdet för KM. Inom övriga delar av undersökningsområdet har inga halter över Naturvårdsverkets generella riktvärden för KM uppmätts.



Figur 3-2. Jordarter. Data har erhållits från SGU (2021). Gulmarkerade områden utgörs av glacial lera. Ljusblått område utgörs av sandig morän. Rödmarkerade områdena består av urberg och ljusblå prickar indikerar ett ytlager av morän.

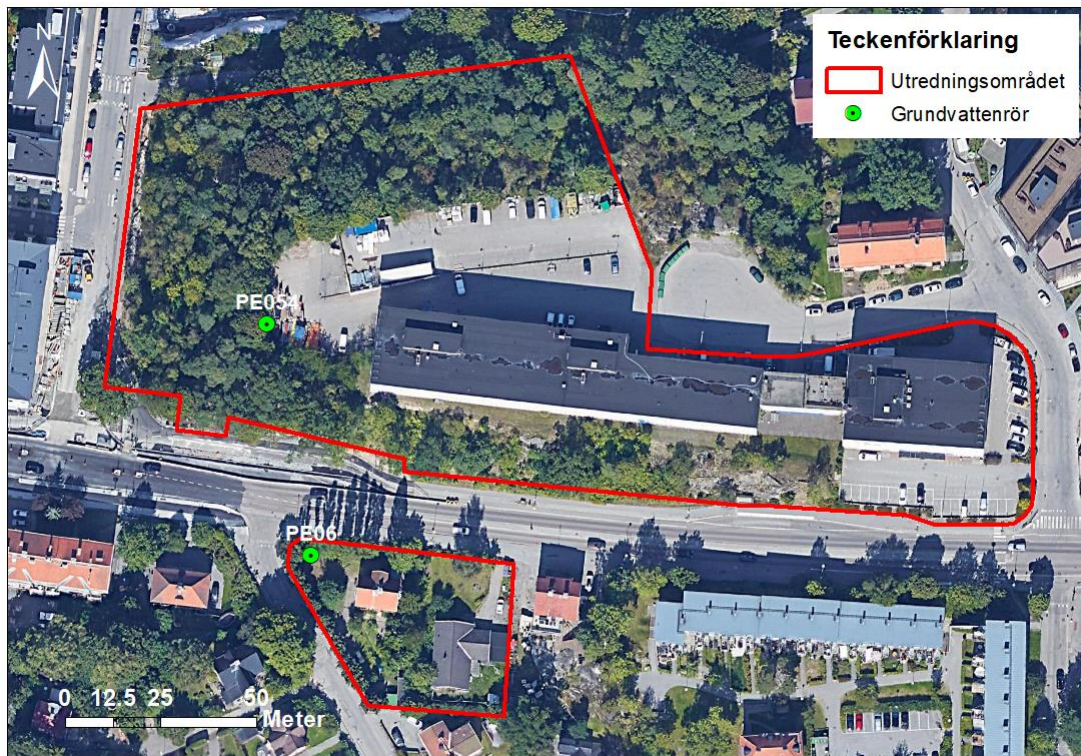


Figur 3-3. Jorddjup, uppskattat djup till berg. Data har erhållits från SGU (2021).

3.4 Grundvatten

I samband med den miljötekniska markundersökningen som Geosigma utförde inom utredningsområdet 2021, installerades ett grundvattenrör i berg på Enigheten 25 och ett grundvattenrör i lera på Hingsten 1. Grundvattenrörens ungefärliga lägen visas i Figur 3-4 nedan.

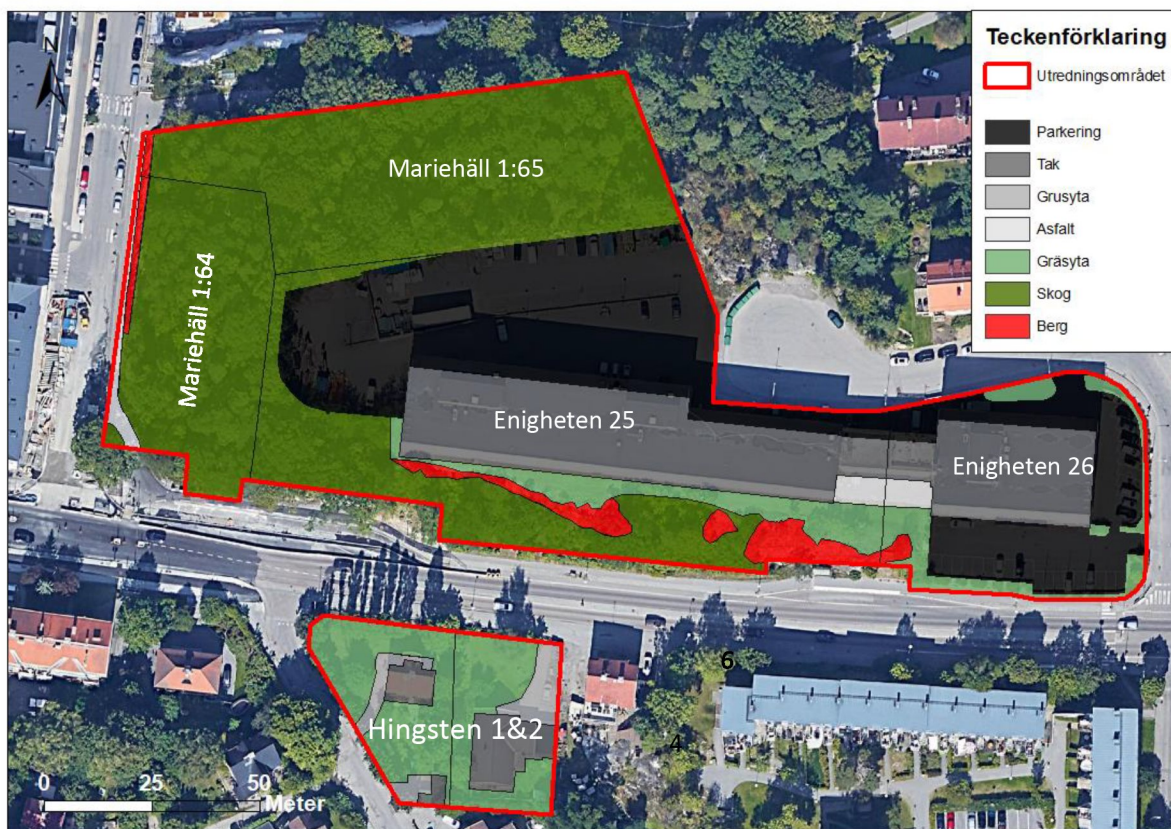
I PE054 uppmättes grundvattennivån (2021.05.05) till 5,18 meter under markytan. I PE06 uppmättes (samma datum) grundvattennivån till 3,73 meter under markytan. Ingen provtagning av grundvatten har genomförts.



Figur 3-4. Befintliga grundvattenrör inom utredningsområdet.

3.5 Befintlig markanvändning

Totalt omfattar utredningsområdet en areal på cirka 1,9 ha. Befintlig markanvändning återges i Figur 3-5. Mariehäll 1:64 och 1:65 består av kraftigt sluttande, bergig, naturmark. Enigheten 25 består av en byggnad med tillhörande parkering- och övriga asfaltytor samt gräsytor och naturmark med inslag av berg i dagen. Enigheten 26 är till största del bebyggd med en byggnad samt parkering och de grönytor som finns inom fastigheten består av planteringar. Fastigheterna Hingsten 1 och 2 är bebyggda med stadsvillor med omgivande grönytor, samt grusade infarter.



Figur 3-5. Befintlig markanvändning inom Mariehäll 1:64 & 1:65, Enigheten 25 & 26 samt Hingsten 1 & 2.

3.6 Recipientbeskrivning

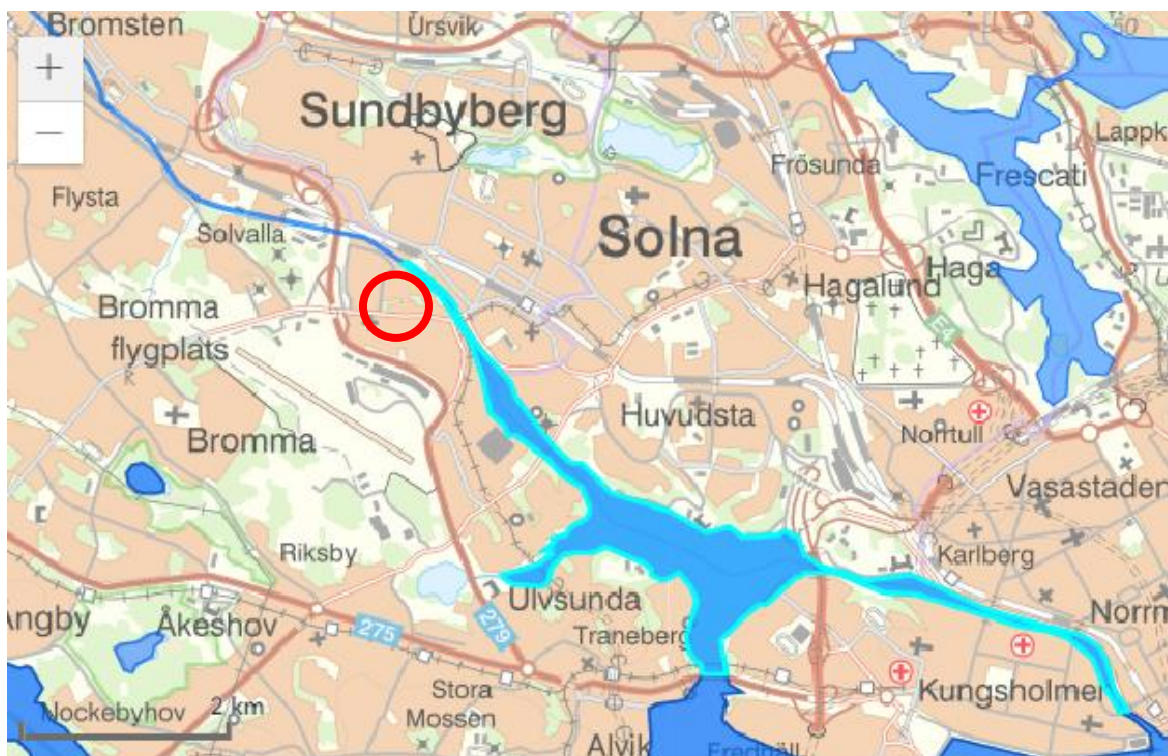
Recipienterna för dagvattnet som avrinner från utredningsområdet är Mälaren-Ulvsundasjön (SE658229-162450) samt Bällstaån (SE658718-161866). Ulvsundasjön har en måttlig ekologisk status där utslagsgivande miljökonsekvenstyper har varit miljögifter samt övergödning och uppnår ej god kemisk ytvattenstatus på grund av för höga halter av PFOS, kadmium, bly, antracen, samt tributyltenn, kvicksilver samt polybromerade difenyletrar (VISS, 2021). Bällstaån har en dålig ekologisk status och klassningen baseras på miljökonsekvenstypen morfologiska förändringar och kontinuitet. Recipienten uppnår ej god kemisk ytvattenstatus på grund av överskridande halter av kvicksilver, polybromerade difenyletrar (PBDE), PFOS, benso(b)fluoranten och benso(ghi)perylene (VISS, augusti 2021).

Recipientens Mälaren- Ulvsundasjön läge i relation till utredningsområdets ungefärliga läge framgår i Figur 3-6. Bällstaåns läge i relation till områdets ungefärliga läge visas i Figur 3-7.

Det finns ett lokalt åtgärdsprogram (LÅP) framtaget för Mälaren-Ulvsundasjön. Enligt åtgärdsprogrammet förekommer det problematik med övergödning på grund av förhöjda halter av näringsämnen inom vattenförekomsten. Även halter av flera miljögifter är förhöjda i vattnet, sediment och fisk.

Enligt LÅP finns det ett åtgärdsbehov för reduktion av 177 kg fosfor per år vilket motsvarar en minskning om 10% per år baserat på den tillrinnande fosforbelastningen. Utöver detta bör varje kommuns dagvattenstrategi följas vid exploatering som innebär ändrad markanvändning samt hållbar dagvattenhantering tillämpas för att undvika ökad tillförsel av föroreningar.

Utredningsområdet omfattas inte av Östra Mälarens vattenskyddsområde och dess föreskrifter.



Figur 3-6. Recipienten Ulvsundasjön SE658229-162450 markerat i ljusblått förhållande till utredningsområdet ungefärligt markerat med röd cirkel.



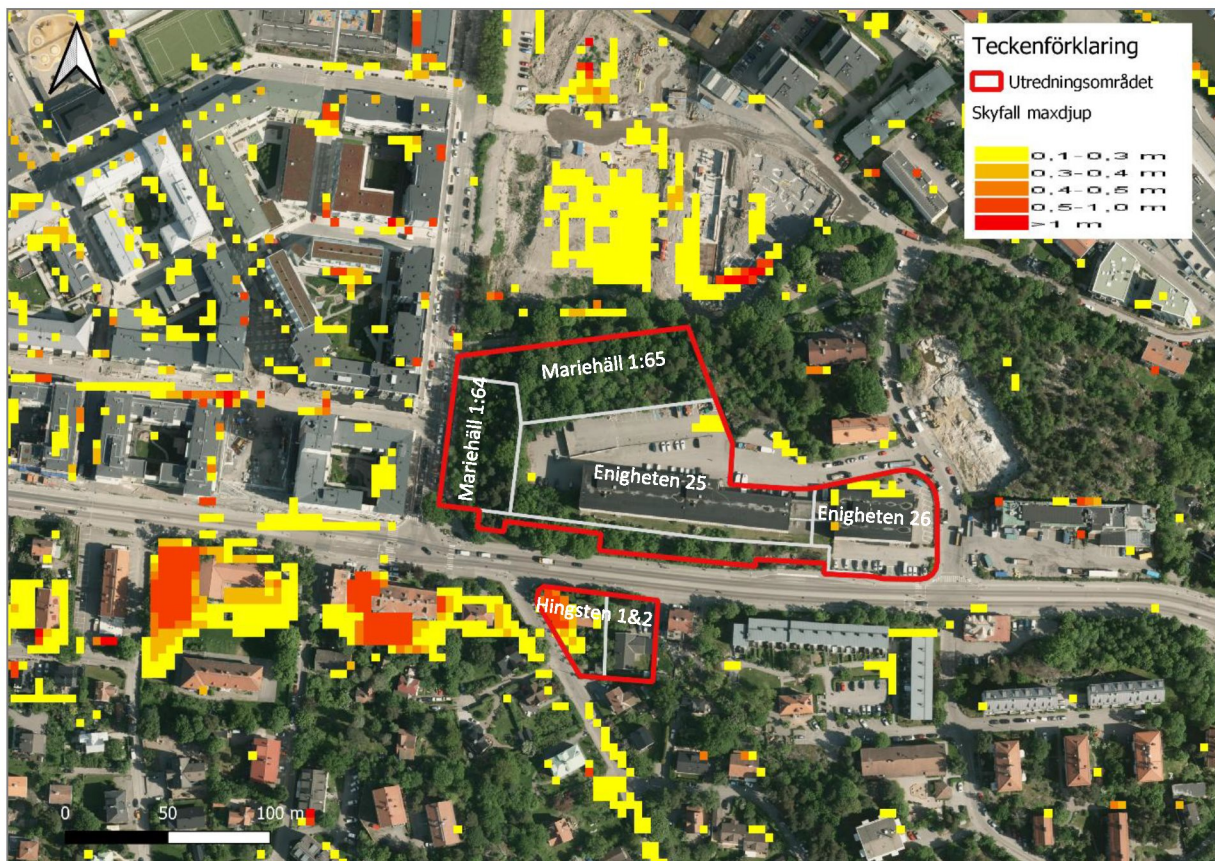
Figur 3-7. Recipienten Bällstaån SE658718-161866 markerat i ljusblått i förhållande till utredningsområdet ungefärligt markerat med röd cirkel.

3.7 Översvämning utmed närliggande ytvatten

Planområdet ligger ca. 240 meter väster om Bällstaån som MSB (Myndighet för samhällsskydd och beredskap) har gjort en översvämningskartering utmed. Enligt karteringen kommer planområdet inte påverkas av översvämning i ån vid varken 100- eller 200-årsflöde eller "beräknat högsta flöde" som grovt uppskattas till ett 10 000-årsflöde.

3.8 Lågpunktskartering och skyfallsanalys

Ett utdrag från Stockholm stads skyfallsmodell (Thurin, 2018) över maximala översvämningsdjup inom och omkring det aktuella utredningsområdet, med nuvarande markanvändning och för skyfallsmodellens "Scenario C", visas i Figur 3-8. "Scenario C" är en typ av worst case-scenario som utgår från ogynnsamma förhållanden för omhändertagande av dagvatten. Enligt modelleringen finns det risk för översvämningsdjup upp till 0,3 meter i norra och västra delen av Enigheten 25 och norr om den befintliga byggnaden på Enigheten 26. På Hingsten 1 visas översvämningsdjup >1 meter i västra delen av fastigheten vid befintlig markanvändning.



Figur 3-8. Maximalt översvämningsdjup inom och omkring utredningsområdet.

I skyfallsanalysen utförd i Scalgo Live, illustrerad i Figur 3-9 har ett regn på 50 mm ansatts på utredningsområdet vilket innebär att 50 mm vatten ansatts på all terräng. Detta motsvarar ett 30 minuters 100-årsregn. Då ingen generell definition av termen "skyfall" finns, har SMHI:s definition om att skyfall är minst 50 mm nederbörd under en timme använts i denna utredning (SMHI, 2017). Eftersom modellen inte tar hänsyn till t.ex. infiltrationskapacitet (avrinningskoefficienten = 1 för all mark) eller avrinning via eventuellt ledningsnät, visar

simuleringen ett slags "worst case scenario" där markens infiltrationskapacitet antas ha överskridits och ledningsnätet är fyllt.

Observera att denna analys baseras på befintlig topografi och att den därför i första hand kan användas för att identifiera problemområden som behöver åtgärdas vid höjdsättning under den framtida exploateringen.

Skyfallskarteringen visar på översvänningsrisk i lågpunkten i Hingsten 1 (markerat med A i kartan nedan), på fastigheterna Skimmeln 7 och 8 som ligger ca. 40 meter väster om fastigheten Hingsten 1 (G) samt i torget mellan husen norr om Bällstavägen, ca 80 meter väster om utredningsområdet (F).

För att begränsa tillkommande dagvatten från grannfastigheten Hingsten 3, kan den befintliga stödmuren mellan Hingsten 3 och Hingsten 2 utökas något norrut så att dagvatten från Hingsten 3 avleds mot Bällstavägen i stället för Hingsten 1 och 2. Denna åtgärd innebär inte ändrade marknivåer inom Hingsten 3 utan enbart utbyggnad av den befintliga muren. Denna lösning skulle innebära att muren hamnar utanför fastighetsgränsen och att dagvattenflöden till Bällstavägen skulle öka. Vid framtida fortsatt planeringsarbete bör det utredas om det är lämpligt att öka flödesbelastningen till Bällstavägen då det finns viss risk för översvämning längre västerut på vägen. Detta är extra viktigt eftersom vägen kan komma att användas av utryckningsfordon och översvänningsdjupet på vägen får därmed inte överskrida 30 cm, för att säkerställa framkomligheten.

För att möjliggöra bebyggelsen i fastigheten Hingsten 1 bör lågpunktsområdet fyllas ut så att marken inom fastigheten ligger som lägst på en höjd av +12,6 vilket är 0,1 meter högre än Tegelbergsvägen. Denna åtgärd innebär att dagvatten i samband med skyfall, kan bredda ut från de föreslagna dagvattenlösningarna och ut mot gaturummet.

Om lågpunkten i Hingsten 1 skulle fyllas ut i samband med den planerade exploateringen, bedöms det utifrån lågpunktskarteringen i ScalgoLive, att ytavrinningen skulle i stället leda dagvatten till lågpunktsområde vid fastigheterna Skimmeln 7 och 8. Detta är inte helt förankrat med verklighet eftersom dagvatten från Hingsten 1 och 2 kommer i första hand att fördröjas i dagvattenanläggningar inom fastigheterna och i andra hand avledas via kommunala ledningar. I samband med skyfall kan det däremot hända att det sker ytavrinning mot detta lågpunktsområde i händelse av att dagvattenanläggningarna bräddar ut och ledningsnätet blir fullt. Lågpunktsområdet på Skimmeln 7 och 8 ligger strax intill befintlig bebyggelse och det bedöms finnas risk för skador på den befintliga bebyggelsen i samband med skyfall. För att minska risken för skador på bebyggelse nedströms rekommenderas därmed att en nederbördsvolym på 50 mm, motsvarande ett skyfall, fördröjs inom fastigheterna Hingsten 1 och 2 i föreslagna regnbäddar. Vid framtida fortsatt planeringsarbete bör det utredas hur stor volym mer exakt som bör fördröjas inom Hingsten 1 för att kompensera för utfyllnad av den befintliga lågpunkten och därmed inte förvärra situationen nedströms om planområdet.

De övriga lågpunktsområden inom utredningsområdet riskerar enligt skyfallskarteringen inte att svämma över i samband med skyfall. En ökad hårdgörandegrad inom fastigheterna Enigheten 25 och 26 samt Mariehäll 1:64 resulterar i ökade dagvattenflöden vid skyfall. Från Enigheten 26 sker ytavrinning österut mot Bällstaån utan att dagvatten ansamlas i lågpunkter. Från Enigheten 25 och Mariehäll 1:64 sker ytavrinningen mot lågpunktsområde ca. 80 m väster om dessa fastigheter som utgörs av lågpunkt på Bällstavägen samt en torgyta

(F). Bällstavägen är dock utrustad med kantsten så det är enbart vid extremt kraftiga regn som dagvatten borde kunna bredda ut över torgytan och största del av vattnet ansamlas troligtvis på vägen. Eventuellt skulle ytavrinningen mot detta lågpunktsområde kunna öka i och med den planerade exploateringen. Den förväntade flödesbelastningen bör utredas i mer detalj eftersom Bällstavägen utgör en väg för uttryckningsfordon.

För att ytterligare utreda skyfallssituationen för planområdet och hur det mer i detalj kan komma att påverka dess omgivning vid framtida scenario bör en skyfallsmodellering tas fram. Skyfallsmodellen bör undersöka mängden dagvatten som behöver fördröjas inom Hingsten 1 och 2 för att i samband med skyfall inte öka flödesbelastningen till nedströmsliggande fastigheter. Modellen bör även utreda om flödesökning kan tillåtas mot Bällstavägen i samband med skyfall och om inte, hur stor volym som behöver fördröjas i de uppströmsliggande aktuella fastigheterna.



Figur 3-9. Ytavrinning och områden med ökad översvämningsrisk i samband med att 50 mm nederbörd ansätts på all terräng. Röda pilar visar avrinningsriktning och gula linjer visar ungefärligt befintliga vattendelare på gaturummen.

4 Framtida förhållanden

4.1 Planerad markanvändning

Mariehäll 1:64 och 1:65 planeras att bebyggas med en skola med tillhörande skolgård. En del av naturmarken kommer även att bevaras inom fastigheterna. Enigheten 25 planeras att bebyggas med en förskola och förskolegård samt bostäder, gårdsytor över bjälklag samt ned- och uppfarter till det underliggande parkeringsgaraget. Enigheten 26 samt fastigheterna Hingsten 1 och 2 kommer också att bebyggas med bostäder och gårdsytor, dels över bjälklag. I Hingsten 1 och 2 kommer planteringsytor samt parkeringsplatser för rörelsehindrade att inkorporeras i gårdsytorna. En översikt av planerad markanvändning framgår av Figur 4–1.



Figur 4-1. Planerad markanvändning inom utredningsområdet.

4.2 Anslutningspunkter för dagvatten

Utredningsområdet kommer utgöra "Tät bostadsbebyggelse" enligt klassificering i P110 och dagvattenledningar bör dimensioneras för att avleda ett 5-årsregn. I dagsläget är det inte känt vart de befintliga dagvattenledningarna i det omgivande gaturummet ligger och vart anslutningspunkter till det kommunala ledningsnätet finns. Eventuella nya anslutningspunkter till det kommunala ledningsnätet avgörs i samråd med Stockholms Vatten och Avfall.

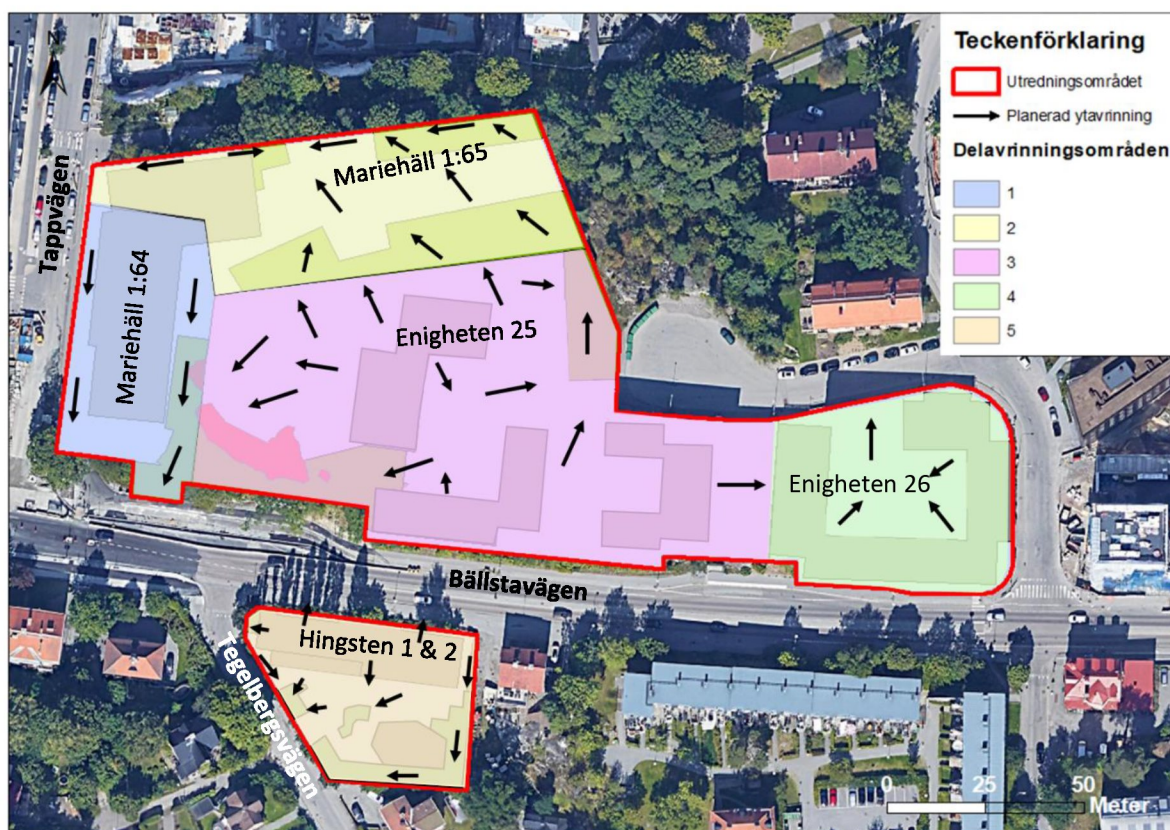
4.3 Ytavrinning och delavrinningsområden

I samband med planerad exploatering och blivande marknivåer kan utredningsområdet delas in delavrinningsområden. I detta fall utgör de olika fastigheterna olika delavrinningsområden vid framtida bebyggelse.

I delområde 1, som utgörs av Mariehöl 1:64, kommer takdagvatten ledas över den omgivande gårdsytan som lutar generellt söderut mot dagvattenanläggningar längst med Bällstavägen. I delområde 2, som utgörs av Mariehöl 1:65 kommer det dagvatten som bildas på takytan och omgivande gårdsytan att ytavrinna norrut mot dagvattenanläggningar närmast GC-vägen norr om utredningsområdet. Delområde 3 består av Enigheten 25 och där kommer takdagvatten ledas över de omgivande gårdsytorna som i norra delen av delområdet lutar norrut och i södra delen söderut där även dagvattenlösningar ska placeras. I Enigheten 26 som i detta fall utgör delområde 4 kommer takdagvatten ansamlas på innergården där dagvattenlösningar ska placeras. En kvartersöppning i norra delen av delområdet kommer möjliggöra att dagvatten kan avledas norrut. Hingsten 1 och 2 betraktas som ett avrinningsområde (delområde 5) där dagvatten som bildas på tak- och gårdsytor avrinner generellt västerut mot Tegelbergsvägen. Dagvattenlösningarna kommer placeras framför allt i södra och västra delen av delområdet.

En översikt av delavrinningsområdenas indelning samt avrinningsriktning framgår av Figur 4–2. Uppdelningen underlättar att beräkna den erforderliga utjämningsvolymen samt för att säkerställa att tillräcklig rening och fördröjning kan ske inom respektive delavrinningsområde.

Eftersom delområde 5 utgör ett så kallat instängt lågpunktsområde i dagsläget, bör det delvis fyllas ut för att möjliggöra för den planerade byggnationen. I och med utfyllnad av denna lokala lågpunkt bedöms det skapas större risk för översvämning i ett lågpunktsområde nedströms i samband med ett skyfall. Detta eftersom det dagvatten som i vanliga fall brukar fördröjas i den befintliga lågpunkten till större del kommer att ledas nedströms i samband med skyfall. Därmed bör en regnvolym på 50 mm, som motsvarar ett skyfall (SMHI, 2017), fördröjas inom delområde 5. På det sättet minskas risken för översvämning nedströms som skulle resultera i skador på byggnader i samband med ett skyfall.



Figur 4-2. Delavrinningsområden och framtida ytavrinning inom utredningsområdet.

5 Flödesberäkningar

5.1 Avrinningskoefficient

Avrinningskoefficienten uttrycker hur stor del av nederbörden som rinner av en yta efter förluster på grund av avdunstning, infiltration och upptag av växlighet (Svenskt Vatten, 2016) I Tabell 5-1 redovisas vilka avrinningskoefficienter som har använts i denna utredning.

Tabell 5-1. Avrinningskoefficienter (Svenskt Vatten, 2016; StormTac, 2017)

Markanvändning	Avrinningskoefficient
Tak	0,9
Gata/ asfalterad yta	0,8
Parkeringsyta	0,8
Berg	0,6
Grusyta	0,6
Gårdsyta	0,6
Gräsyta/grönyta	0,1
Skog, kuperad	0,1
Naturmark, kuperad	0,1

5.2 Markanvändning- befintlig och planerad

I tabellerna nedan återges, för respektive delområden, areal för de förekommande typerna av markanvändning samt reducerad areal.

En översikt av den befintliga markanvändningen i respektive delområde inom utredningsområdet framgår av Tabell 5–2.

Tabell 5-2. Areor för befintlig markanvändning.

Markanvändning	φ	Delavrinningsområden					Total area (ha)
		1 (ha)	2 (ha)	3 (ha)	4 (ha)	5 (ha)	
Takyta	0,9	-	-	0,21	0,09	0,04	0,34
Parkering	0,8	-	-	0,35	0,14	-	0,49
Asfalt	0,8	0,01	0,001	0,01	0,01	-	0,031
Grusyta	0,6	-	-	-	-	0,03	0,03
Berg	0,6	0,01	0,002	0,04	0,003	-	0,055
Skog	0,1	0,21	0,368	0,18	-	-	0,758
Gräsyta	0,1	-	-	0,06	0,05	0,13	0,24
Summa		0,23	0,37	0,83	0,29	0,20	1,92
Red. area (ha_{red})		0,02	0,02	0,51	0,21	0,07	0,86

Planerad markanvändning inom planområdet kommer att utgöras av skola, förskola, bostadshus samt gårdsytor och grönytor.

Gårdsytor kommer bestå av blandning av hårdgjorda och genomsläppliga ytor. Därmed uppskattas avrinningskoefficienten för dessa ytor till 0,6. En översikt av markanvändningen framgår av Tabell 5–3.

Tabell 5-3. Planerad markanvändning. Observera att areorna är avrundade.

Markanvändning	φ	Delavrinningsområden					Total area (ha)
		1 (ha)	2 (ha)	3 (ha)	4 (ha)	5 (ha)	
Takyta	0,9	0,11	0,06	0,23	0,13	0,09	0,62
Berg	0,6	-	-	0,02	-	-	0,02
Naturmark	0,1	0,04	0,14	0,03	-	-	0,21
Grönyta	0,6	-	-	-	-	0,05	0,05
Gårdsyta	0,6	0,08	0,17	0,54	0,16	0,06	1,01
Summa		0,23	0,37	0,83	0,29	0,2	1,92
Reducerad area (ha_{red})		0,15	0,17	0,55	0,21	0,12	1,2

5.3 Flödesberäkningar

Dagvattenflödena har beräknats enligt den rationella metoden (ekvation 2-2).

Utredningsområdet klassificeras som "Tät bostadsbebyggelse" och därmed beräknas dagvattenflöden vid ett 5-årsregn, 20-årsregn samt ett 100-årsregn. Dessutom beräknas dagvattenflöden för ett 10-årsregn i enlighet med Stockholm stads *Checklista till dagvattenutredningar för planprogram och detaljplan* (2019). Flödena har beräknats för följande scenarion:

- Befintlig markanvändning och regn med återkomsttid på 5, 10, 20 och 100 år exklusive klimatfaktor.

- Befintlig markanvändning och regn med återkomsttid på 5, 20 och 100 år inklusive klimatfaktor på 1,25.
- Planerad markanvändning och regn med återkomsttid på 5, 10, 20 och 100 år exklusive klimatfaktor.
- Planerad markanvändning och regn med återkomsttid på 5, 20 och 100 år inklusive klimatfaktor på 1,25.
- Planerad markanvändning och regn med återkomsttid på 5, 20 och 100 år inklusive 20 mm fördröjning och klimatfaktor på 1,25.
- Planerad markanvändning och regn med återkomsttid på 10 år inklusive 20 mm fördröjning, exklusive klimatfaktor.

5.3.1 Befintliga dagvattenflöden

Befintliga dagvattenflöden utan klimatfaktor för delområde 1, 2, 3, 4, och 5 återges i Tabell 5-4. I Tabell 5-5 återges befintliga dagvattenflöden med klimatfaktor för delområde 1, 2, 3, 4, och 5.

Tabell 5-4. Dagvattenflöden för befintlig markanvändning för delområde 1, 2, 3, 4 och 5 utan klimatfaktor.

Delområde	Area (ha)	Reducerad area (ha _{red})	5-årsregn (l/s)	10-årsregn (l/s)	20-årsregn (l/s)	100-årsregn (l/s)
1	0,23	0,02	4	5	7	11
2	0,37	0,02	4	5	6	10
3	0,83	0,51	92	116	145	248
4	0,29	0,21	37	47	59	101
5	0,2	0,07	12	15	19	32
Summa	1,92	0,86	149	188	236	402

Tabell 5-5. Dagvattenflöden för befintlig markanvändning för delområde 1, 2, 3, 4 och 5 med klimatfaktor på 1,25.

Delområde	Area (ha)	Reducerad area (ha _{red})	5-årsregn (l/s)	20-årsregn (l/s)	100-årsregn (l/s)
1	0,23	0,02	5	8	14
2	0,37	0,02	5	7	12
3	0,83	0,51	115	182	310
4	0,29	0,21	47	74	126
5	0,2	0,07	15	24	40
Summa	1,92	0,86	186	295	502

5.3.2 Framtida dagvattenflöden

Vid planerad exploatering av utredningsområdet kommer andelen hårdgjord yta för utredningsområdet att öka något för samtliga delområden. Därmed kommer även dagvattenflöden vid planerad markanvändning att öka i jämförelse med dagens läge både med och utan användning av klimatfaktor på 1,25. Beräkningen för planerade dagvattenflöden för respektive delområden visas i Tabell 5-6 och 5-7 nedan.

Tabell 5-6. Dagvattenflöden för den planerade markanvändningen för delområde 1, 2, 3, 4 och 5 utan klimatfaktor.

Delområde	Area (ha)	Reducerad area (ha _{red})	5-årsregn (l/s)	10-årsregn (l/s)	20-årsregn (l/s)	100-årsregn (l/s)
1	0,23	0,15	28	35	44	74
2	0,37	0,17	30	38	48	82
3	0,83	0,55	100	126	158	269
4	0,29	0,21	38	48	60	103
5	0,2	0,12	22	28	35	59
Summa	1,92	1,2	218	275	345	587

Tabell 5-7. Dagvattenflöden för den planerade markanvändningen för delområde 1, 2, 3, 4 och 5, med klimatfaktor på 1,25.

Delområde	Area (ha)	Reducerad area (ha _{red})	5-årsregn (l/s)	20-årsregn (l/s)	100-årsregn (l/s)
1	0,23	0,15	34	54	93
2	0,37	0,17	38	60	103
3	0,83	0,55	125	360	337
4	0,29	0,21	47	75	128
5	0,2	0,12	27	44	74
Summa	1,92	1,2	271	593	735

5.3.3 Framtida dagvattenflöden inklusive 20 mm fördröjning.

Vid planerad exploatering med implementering av de föreslagna dagvattenanläggningarna fördröjs flödet. Enligt lösningförslaget kommer 20 mm regn att fördröjas inom utredningsområdet förutom i delområde 5 där 50 mm ska fördröjas. Utredningsområdets rinntid justeras utifrån ökning av rinntiden som 20 mm alternativt 50 mm fördröjning innebär. Detta på grund av att tiden det tar att fylla den valda nederbördsvolymen vid ett regn vid en viss återkomsttid tas med i beräkningen av den justerade rinntiden vilket resulterar i justerade regnintensiteter. I Tabell 5-8 nedan återges en översiktlig beräkning av planerade dagvattenflöden efter 20 mm fördröjning för delområden 1-4 samt 50 mm fördröjning för delområde 5, inklusive klimatfaktor på 1,25. I Tabell 5-9 redovisas dagvattenflöden vid ett 10-årsregn efter 20 mm fördröjning utan klimatfaktor.

Tabell 5-8. Dagvattenflöde för planerad markanvändning inklusive 20 mm fördröjning med klimatfaktor på 1,25. För Delområde 5 antas 50 mm fördröjning.

Delområde	Area (ha)	Reducerad area (ha _{red})	5-årsregn (l/s)	20-årsregn (l/s)	100-årsregn (l/s)
1	0,23	0,15	16	40	80
2	0,37	0,17	17	44	81
3	0,83	0,55	57	145	266
4	0,29	0,21	22	43	101
5	0,2	0,12	3	8	37
Summa	1,92	1,2	115	280	565

Tabell 5-9. Dagvattenflöde för 10-årsregn för planerad markanvändning inklusive 20 mm fördröjning för delområden 1-4 och 50 mm fördröjning för delområde 5, utan klimatfaktor.

Delområde	Area (ha)	Reducerad area (ha _{red})	10-årsregn (l/s)
1	0,23	0,15	16
2	0,37	0,17	18
3	0,83	0,55	57
4	0,29	0,21	22
5	0,2	0,12	3
Summa	1,92	1,2	116

5.4 Erforderlig utjämningsvolym

Enligt Stockholm Stads riktlinjer (2016) för dagvattenhantering ska 20 mm nederbörd på hårdgjorda ytor fördröjas och renas lokalt. I Tabell 5–10 redovisas erforderliga utjämningsvolymen för omhändertagande av 20 mm nederbörd inom delavrinningsområdena 1-4. Delområde 5 utgör en lokal lågpunkt där dagvatten fördröjs i dagsläget. I samband med den planerade exploateringen kommer denna lågpunkt att fyllas ut vilket bedöms bidra till ökad belastning till ett lågpunktsområde nedströms om delområde 5, inte minst vid skyfall. För att inte öka belastning till lågpunktsområdet nedströms om delområde 5 i samband med skyfall rekommenderas därmed att 50 mm nederbörd, motsvarande ett skyfall (SMHI, 2017), fördröjs inom delområde 5. I Tabell 5-10 redovisas den erforderliga utjämningsvolymen för att fördröja 50 mm nederbörd inom delområde 5.

Sammantaget bör den tillgängliga utjämningsvolymen inom utredningsområdet vara 277 m³ för att uppnå Stockholm stads åtgärdsnivå samt för att inte öka risk för skador på bebyggelse i samband med den tilltänkta exploateringen.

Tabell 5-10. Erforderlig utjämningsvolym för omhändertagande av 20 mm nederbörd för delområdena 1-4 och 50 mm för delområde 5.

Delområde	Area (ha)	Area _{red} (ha)	Erforderlig utjämningsvolym (m ³)
1	0,23	0,15	30
2	0,37	0,17	34
3	0,83	0,55	110
4	0,29	0,21	42
5	0,2	0,12	61
Summa	1,92	1,2	277

6 Lösningsförslag för hållbar dagvattenhantering

6.1 Generella rekommendationer

Grundprincipen är att dagvatten från kvartersmark ska fördröjas och renas inom kvarteren. I fallen där förgårdsmarken är begränsad leds en del av takdagvatten via markförlagda ledningar eller rännor till dagvattenanläggningar där förgårdsmark finns.

Enligt Stockholm Vatten och Avfalls riktlinjer (2016) ska dagvattenanläggningar dimensioneras för en våtvolum på 20 mm och en mer långtgående rening än sedimentation bör eftersträvas. I aktuellt utredningsområde kommer, efter den planerade exploateringen, en befintlig lokal lågpunkt i delområde 5 att fyllas ut för att möjliggöra för den planerade bebyggelsen. För att reducera risk för översvämning och skador på befintlig bebyggelse i ett lågpunktsområde nedströms om delområde 5, rekommenderas det att minst 50 mm nederbörd, motsvarande ett skyfall (SMHI, 2017) fördröjs i delområde 5.

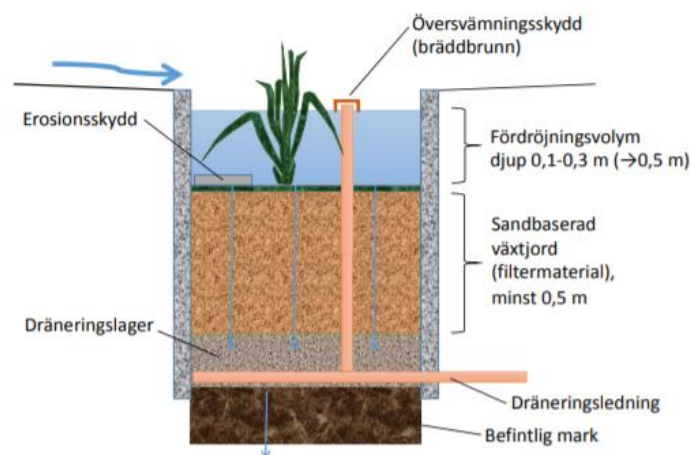
Dagvattnet inom de studerade delområdena ska i första hand omhändertas i anläggningar där den våta volymen avtappas under cirka 12 timmar så att tillräcklig rening uppnås (Stockholm Stad, 2017b). För att säkerställa att anläggningar kan hantera flödena som överskrider den dimensionerande nederbördsvolym bör dagvattenanläggningar förses med en bräddfunktion.

6.2 Principlösningar för dagvattenhantering

6.2.1 Regnbäddar

Regnbäddar kan utformas som planteringsytor där dagvattnet leds via ytavrinning eller via brunnar och ledningar. Regnbäddar kan anläggas något nedsänkta så att det uppstår en magasinsvolym ovanpå bädden. Takdagvatten kan med fördel ledas till upphöjda regnbäddar som förses med dagvatten direkt från stuprören. Enligt anvisningar av Stockholms Vatten och Avfall bör minsta anläggningsdjup vara cirka 1 m och filterdjupet ska vara cirka 0,5 m. I föreliggande utredning antas ett anläggningsdjup på 1 meter för de regnbäddarna som inte kommer anläggas på bjälklag.

Figur 6-2 visar principiell utformning av en regnbädd och ett exempel på utformning av en nedsänkt regnbädd framgår i Figur 6-3 och en upphöjd regnbädd i Figur 6-4.



Figur 6-1. Principskiss för regnbädd med utjämningsvolym ovanpå bädden (Stockholms Stad, 2017).



Figur 6-3. Regnbädd i Järvastaden. Foto: Solna Stad.



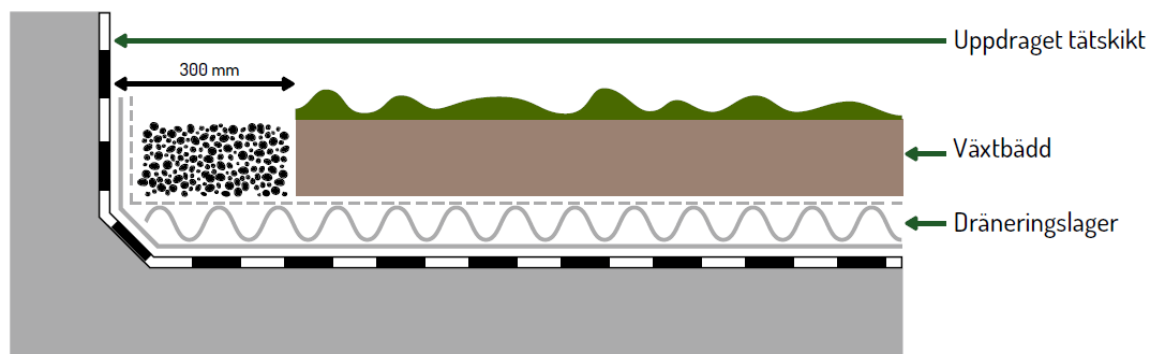
Figur 6-4. Upphöjd regnbädd.

6.2.2 Regnbäddar och grönytor på bjälklag

Regnbäddar och grönytor kan anläggas på överbyggnaden men begränsningar på grund av bjälklagets bärkraft bör beaktas. Dessutom är den totala mängden vatten som finns tillgänglig i växtbädden begränsad och anläggningarna är i regel känsliga för torka då det inte finns kapillär kontakt med grundvatten. Mellan bjälklaget och regnbädden bör ett dränerande lager anläggas för att undvika stående vatten. En principritning av en regnbädd på bjälklag återges i Figur 6–5 och i Figur 6-6 visas exempel på utformning av regnbäddar och grönytor på bjälklag.

I föreliggande utredning har anläggningsdjup på 0,6 meter antagits för regnbäddarna ovanpå bjälklag. Detta är något lägre än det lägsta rekommenderade djupet för regnbäddar enligt Stockholms Vatten och avfall men bedöms som en genomförbar och effektiv lösning för de områden som är underbyggda med parkeringsgarage.

KAPILLÄRBRYTANDE MATERIAL



Figur 43. En lösning för att kunna anlägga med ett tjockare substratdjup trots begränsat uppdrag av tätskikt mot fasad (ska vara uppdraget 300 mm ovan växtbäddsyta) är att skilja fasad från växtbädd med ett kapillärbrytande material.

²³ Grönatakhåndboken - Betong, Isolering och Tätskikt

Figur 6-5. Principritning av växtbädd på bjälklag (Grönatakhåndboken, 2017).



Figur 1-1 Gröna gårdar: Växtbäddar och växtlighet på bjälklag (underliggande garage), bild från Stockholm

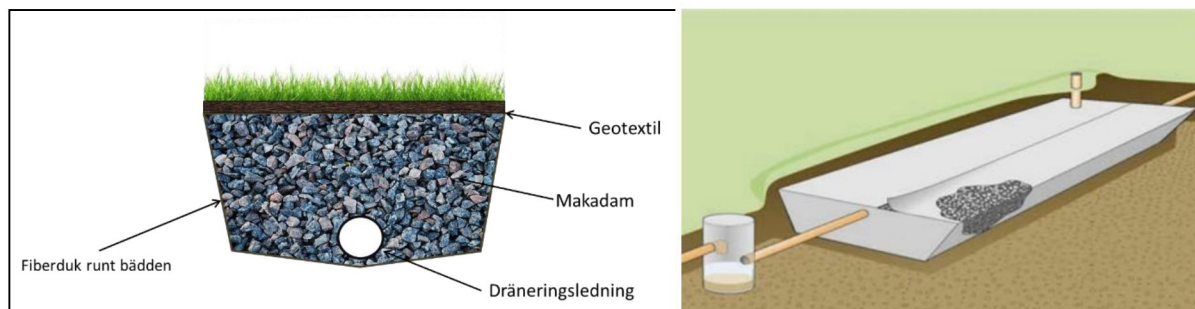
Figur 6-6. Exempel på utformning av regnbäddar och grönytor på bjälklag.

6.2.3 Makadammagasin

Makadammagasin är ett exempel på ett underjordiskt magasin där både fördröjning och rening sker genom ett magasin uppbyggt av ett naturligt material i form av stenkross där fraktionerna kan variera mellan cirka 4 – 80 mm.

Magasinsvolymen utgörs av porvolymen i makadamen, vanligtvis cirka 40 %. Stenkistor byggs upp av makadam av en grov och väl sorterad fraktion under en permeabel yta som möjliggör att dagvattnet tillrinner makadammagasinet. Den permeabla ytan behöver dock underhållas för att dess infiltrationskapacitet ska upprätthållas.

Makadammagasin kan även förses med en dräneringsledning i botten av anläggningen samt möjlighet till ytlig bräddning till omgivande mark vid extrema regn. En exempelskiss för ett makadammagasin visas i Figur 6-7.



Figur 6-7. Principritning av makadammagasin.

6.2.4 Genomsläpplig beläggning

Det avrinnande dagvattenflödet kan minskas om hårdgjorda ytor ersätts med permeabla beläggningar som ökar infiltrationsmöjligheter. Permeabla beläggningar kan vara ett lämpligt alternativ för asfaltbeläggningar och kan användas för till exempel lokalgator, parkeringsytor, gårdar och lekplatser.

Det kan vara möjligt att utföra de planerade hårdgjorda ytorna med genomsläpplig beläggning så volymerna som behöver omhändertas i närliggande regnbäddar kan minskas något. Figur 6–8 och Figur 6–9 visar exempel på genomsläppliga beläggningar.



Figur 6-8. Exempel på genomsläpplig beläggning i form av grus (Uppsala Vatten, 2014).



Figur 6-9. Exempel på genomsläpplig beläggning i form av gräsarmerad betongbeläggning (Stockholms Vatten och Avfall, 2017).

6.2.5 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 sedimentterande 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 en större roll för den renande funktionen, är det viktigt att det sker en regelbunden skötsel och återplantering av nya växter när dessa dör. Vid långa perioder utan regn kan det även vara nödvändigt att stödbevattna växterna.

6.3 Lösningsförslag

Utförda beräkningar visar att den planerade exploateringen av utredningsområdet, tillsammans med framtida klimatförändringar, medför ökade dagvattenflöden och föroreningsbelastning. Lösningsförslaget för utredningsområdet utgår ifrån att dagvatten i respektive delavrinningsområde avleds till olika dagvattenanläggningar för fördröjning och rening innan det leds vidare via en dagvattenledning mot anslutningspunkt till de kommunala dagvattenledningarna. En schematisk översikt över den föreslagna dagvattenhanteringen i utredningsområdet framgår i Figur 6-10 och exempel på placering och ytanspråk visas i Figur 6-11 och 6-12. Observera att Figur 6-11 och Figur 6-12 visar enbart förslag och principer för placering av dagvattenlösningar. Slutgiltiga placeringen och utformningen av anläggningar anpassas till utformningen av gårdsytorna i ett senare skede.

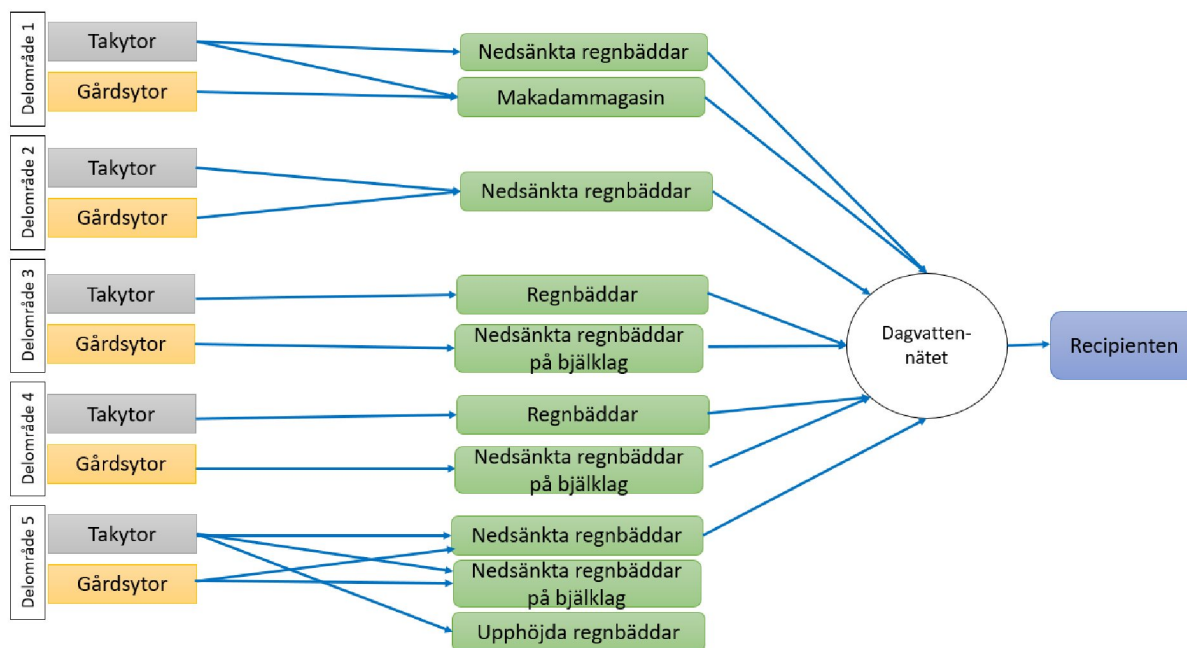
Sammantaget behövs en yta på 813 m² reserveras för de föreslagna dagvattenanläggningar inom utredningsområdet varav 60 m² avser anläggningsstorlek (makadammagasin) under markytan. I de föreslagna dagvattenanläggningarna kommer totalt 277 m³ dagvatten att fördröjas vilket motsvarar 20 mm nederbörd för delområden 1-4 samt 50 mm nederbörd för delområde 5. Därmed uppfyller den föreslagna dagvattenlösningen Stockholm stads åtgärdsnivå vid ny- och större ombyggnation samt minskar risken för att områden nedströms planområdet påverkas negativt av exploateringen.

Taktytor

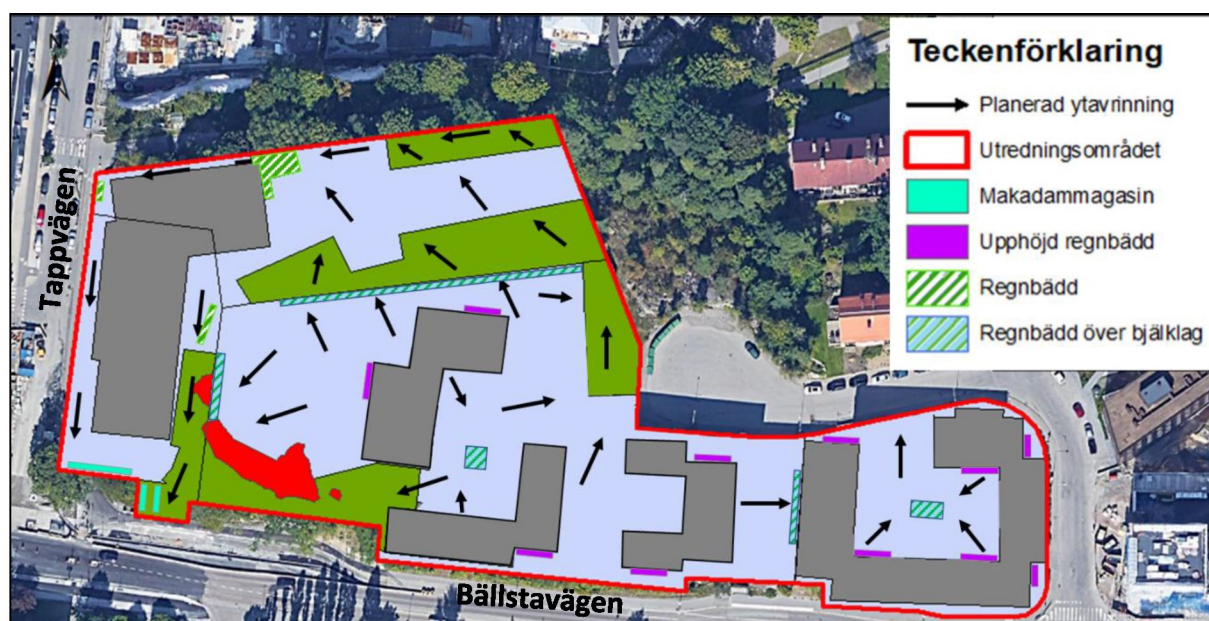
Takdagvatten från fastigheterna Mariehäll 1:64 och 1:65 samt Hingsten 1 och 2 leds till nedsänkta regnbäddar på gårdsytorna inom respektive kvarter. En del av regnbäddarna inom Hingsten 1 och 2 anläggs ovanpå bjälklag, vilket kan minska dess effektiva mäktighet något. Takdagvatten leds till regnbäddarna genom ytavrinning (dagvattenrännor) eller markförlagda ledningar. För Hingsten 1 och 2 leda även takdagvatten via stuprör till upphöjda regnbäddar längs med fasaden mot Bällstavägen. Dagvatten från ca 50 % av takytan på Mariehäll 1:64 (delområde 1) leds till ett makadammagasin. På Enigheten 25 och 26 leds takdagvatten till regnbäddar direkt från stuprören.

Gårdsytor

Dagvattnet från gårdsytorna inom utredningsområdet samlas i regnbäddar där det fördröjs och renas. Regnbäddarna utformas nedsänkta så att dagvatten kan ledas till dessa via ytavrinning/ dagvattenrännor eller markförlagda ledningar. En del av regnbäddarna kommer att anläggas ovanpå bjälklag eftersom delar av utredningsområdet kommer att underbyggas med parkeringsgarage.



Figur 6-10. Schematiskt bild över föreslagen dagvattenhantering.



Figur 6-11. Förslag på hållbar dagvattenhantering inom norra delen av utredningsområdet.



Figur 6-12. Förslag på hållbar dagvattenhantering inom södra delen av utredningsområdet.

Tabell 6-1. Dimensioner och magasinvolym i de föreslagna dagvattenanläggningarna i respektive delområde.

Delområde	Anläggningstyp	Area (m ²)	Magasinvolym (m ³)	Erforderlig utjämningsvolym (m ³)
Mariehäll 1:64				
1	Regnbäddar	49	21	30
	Makadammagasin	60*	9	
Summa		109	30	
Mariehäll 1:65				
2	Regnbäddar	78	34	34
Summa		78	34	
Enigheten 25				
3	Regnbäddar över bjälklag	255	67	110
	Upphöjda regnbäddar	92	43	
Summa		353	110	
Enigheten 26				
4	Regnbäddar över bjälklag	55	14	42
	Upphöjda regnbäddar	62	27	
Summa		117	42	
Hingsten 1 och 2				
5	Regnbäddar	116	51	61
	Regnbäddar över bjälklag	40	11	
Summa		156	61	

*Anläggningen ligger under markytan.

7 Föroreningsberäkningar

Vid beräkning av föroreningshalter och föroreningsbelastning i dagvattnet har olika typer av markanvändning med tillhörande schablonvärden från databasen StormTac v.21.4.2 använts. Schablonvärdena är framtagna vid vetenskapliga studier med långa mätserier av dagvatten. Beräkningar har gjorts för tre scenarier:

- Befintlig markanvändning
- Planerad markanvändning
- Planerad markanvändning med reningsåtgärder enligt lösningsförslaget

Vid beräkningen av föroreningstransport inklusive reningsåtgärder delades utredningsområdet in i delområden enligt avsnitt 4.3. Sedan summerades den årliga transporten från respektive delområde. Föroreningshalter i dagvatten representerar medelhalter för samtliga delområden.

Beräkningar med schablonhalter är behäftade med stora osäkerheter och resultaten bör därför inte tolkas som exakta siffror. De osäkerheterna som är redovisade i StormTac i schablonhalter för respektive markanvändningstyp samt reningsgrad redovisas i Bilaga 1.

Föroreningshalterna återges i Tabell 7-1 och den årliga belastningen i Tabell 7-2.

Den planerade exploateringen inom utredningsområdet omfattar ny skola, förskola samt bostäder. Eftersom delar av utredningsområdet är bebyggda i dagsläget, med bland annat fordonsbärande ytor, innebär den planerade exploatering inte en större försämring av föroreningssituationen. Utförd föroreningsberäkning visar på ökade halter av fosfor efter planerad exploatering men för övriga studerade ämnen väntas lägre koncentrationer (Tabell 7-1). Den årliga belastningen väntas att öka för fosfor, kväve, kadmium samt tributyltenn utan reningsåtgärder. Samtliga av dessa ämnen är utpekade som problemämnen för recipienten Mälaren-Ulvsundasjön. Även recipienten Bällstaån har problematik med övergödning och påverkas därmed av ökade mängder av näringsämnen.

Den föreslagna dagvattenlösningen riktar sig på att åstadkomma icke-marginella sänkningar av föroreningsbelastning från utredningsområdet som i dagsläget bidrar med betydande mängder av förorenande ämnen. Detta genom att använda öppna, gröna dagvattenlösningar i form av regnbäddar som primära dagvattenlösningar och dagvattenmagasin som sekundär lösning. Dagvattenanläggningarna är dimensionerade utifrån Stockholms stads krav och bedöms vara bästa tillgängliga teknik som till en rimlig insats renar och fördröjer dagvatten som uppstår i samband med exploateringen.

Med de föreslagna reningsåtgärderna kommer reningseffektiviteten enligt föroreningsberäkningen att vara hög och den årliga transporten av samtliga ämnen väntas minska avsevärt.

Sammantaget bedöms det att den planerade exploateringen i utredningsområdet inte kommer att äventyra att recipienterna uppnår deras miljö kvalitetsnormer om de föreslagna dagvattenlösningarna implementeras. De planerade förändringarna i området kommer i stället leda till en bättre föroreningssituation och lägre belastning på recipienterna.

Tabell 7-1. Föroreningshalter i dagvatten från utredningsområdet. Röd= halten överstiger den befintliga, grön= halten understiger den befintliga.

Ämne	Enhet	Befintlig markanvändning	Planerad markanvändning	Planerad markanvändning efter rening
Fosfor	ug/l	120	180	49
Kväve	ug/l	1 600	1 500	600
Bly	ug/l	14	3	0,63
Koppar	ug/l	21	11	3,3
Zink	ug/l	71	27	4,0
Kadmium	ug/l	0,5	0,45	0,056
Krom	ug/l	8	3,5	1,4
Nickel	ug/l	8	3,1	0,74
Kvicksilver	ug/l	0,037	0,0068	0,003
Suspenderad substans	ug/l	70 000	31 000	7 800
Olja	ug/l	380	180	44
Benso(a)pyren	ug/l	0,030	0,0077	0,0035
Antracen	ug/l	0,025	0,0092	0,0033
Tributyltenn	ug/l	0,002	0,0019	0,00067

Tabell 7-2. Årlig belastning av förorenande ämnen med dagvatten från utredningsområdet. Röd= mängden överstiger den befintliga, grön= mängden understiger den befintliga.

Ämne	Enhet	Befintlig markanvändning	Planerad markanvändning	Planerad markanvändning efter rening
Fosfor	Kg/år	0,6	1,3	0,35
Kväve	Kg/år	8	10	4,2
Bly	Kg/år	0,073	0,021	0,0044
Koppar	Kg/år	0,11	0,081	0,023
Zink	Kg/år	0,37	0,19	0,028
Kadmium	Kg/år	0,0025	0,0032	0,0004
Krom	Kg/år	0,04	0,025	0,01
Nickel	Kg/år	0,04	0,022	0,0052
Kvicksilver	Kg/år	0,00020	0,000048	0,000021
Suspenderad substans	Kg/år	370	220	55
Olja	Kg/år	2,0	1,2	0,31
Benso(a)pyren	Kg/år	0,00015	0,000054	0,000025
Antracen	Kg/år	0,00013	0,000065	0,000023
Tributyltenn	Kg/år	0,000010	0,000013	0,0000047

8 Extrem nederbörd

SMHI definierar skyfall som ett regn där det faller cirka 50 mm inom en timme (SMHI, 2017).

För att möjliggöra den planerade exploateringen på fastigheterna Hingsten 1 och 2 ska den befintliga lokala lågpunkten i delområde 5 fyllas ut. I dagsläget fördröjs en del dagvatten vid skyfall från delområde 5 samt området öster om delområde 5 som består av bostäder i denna lågpunkt. Om lågpunkten fylls igen bedöms det kunna innebära viss ökad risk för ökade dagvattenflöden till ett lågpunktsområde nedströms om delområde 5 som består av befintlig bebyggelse. För att inte öka risken för skador på den befintliga bebyggelsen nedströms om delområde 5 kommer 50 mm nederbörd, motsvarande ett skyfall enligt SMHI:s definition, att fördröjas inom de föreslagna dagvattenlösningarna i delområde 5. Utöver detta bör stödmuren i östra delen av Hingsten 2 att byggas ut i nordlig riktning så att dagvatten från grannfastigheter i öster vid skyfall leds till Bällstavägen i stället för till delområde 5. Dessa åtgärder bedöms som tillräckliga för att inte förvärra översvämningssituationen nedströms av utredningsområdet i samband med skyfall.

Utöver för delområde 5, är dagvattenlösning inom utredningsområdet inte dimensionerad för att fördröja ett skyfall vilket innebär att stor del av de förväntade nederbördsvolymerna vid ett skyfall kommer att ledas nedströms. Därför är det av stor vikt att dagvattnet från utredningsområdet kan ledas nedströms via de närliggande gatorna. Vid skyfall bör dagvattnet från de föreslagna anläggningarna kunna bräddas ut till de planerade gatorna, så att skador på byggnader inte uppstår. Figur 8-1 presenterar föreslagna sekundära avrinningsvägar.



Figur 8-1. Förslag på sekundära avrinningsvägar från utredningsområdet.

9 Slutsats

Syftet med denna utredning var att studera lösningar för en hållbar dagvattenhantering inom utredningsområdet. Dagvattenlösningen går ut på att i möjligaste mån fördröja dagvatten i öppna gröna dagvattenlösningar i form av regnbäddar. I delområde 1 med begränsad yta för öppna lösningar föreslås dagvattenlösningen att kompletteras med makadammagasin.

Eftersom den planerade exploateringen innebär att en befintlig lokal lågpunkt i delområde 5 behöver fyllas igen, bör minst 50 mm dagvatten fördröjas i detta delområde för att förhindra att översvämningar i samband med skyfall uppstår i ett lågpunktsområde nedströms. Detta motsvarar en volym på 61m³ dagvatten.

Vid skyfall bör dagvattnet från de föreslagna anläggningarna vars fördröjningskapacitet är att ta omhand 20 mm regn i möjligaste mån brädda ut till de planerade gatorna så att skador på byggnader inte uppstår.

Om föreslaget dagvattensystem implementeras indikerar föroreningsberäkningarna på att exploateringen inte äventyrar recipienternas möjligheter till att uppnå dess miljökvalitetsnormer. Den planerade exploateringen med föreslagen rening kommer snarare att minska föroreningstransporten och därmed gynna recipienterna.

För att ytterligare utreda skyfallssituationen för planområdet och hur det mer i detalj kan komma att påverka dess omgivning vid framtida scenario bör en skyfallsmodellering tas fram.

10 Referenser

Byggteknikförlaget, 2017, bild hämtat från byggteknikförlaget.se

Rent Dagvatten Academy, 2019, Dimensionering och utformning av hållbara dagvattenanläggningar

SGU, 2021, data har hämtat via WMS tjänst: <https://www.sgu.se/>

SMHI, 2017, Skyfall och rotblöta

Stockholm Stad, 2015a, Dagvattenstrategi, Stockholm väg till en hållbar dagvattenhantering

Stockholm Stad, 2016, Dagvattenhantering, åtgärdsnivå vid ny- och större ombyggnation

Stockholm Stad, 2017a, Dagvatten – Bilaga med typexempel för beräkning av dimensionerande dagvattenflöden, version 1.1

Stockholm Stad, 2017b, Dagvatten – PM beräkningsmetodik för dagvattenflöde och föroreningstransport, version 1.0.

Stockholm Stad, 2020, data har hämtat från <http://dataportalen.stockholm.se/dataportalen/>

Svenskt Vatten, 2016, Avledning av dag-, drän- och spillvatten – funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem, publikation 110.

Stockholms Vatten, 2017, Genomsläpplig beläggning.

Uppsala Vatten och Avlopp, 2014, Dagvattenhantering – en exempelsamling.

Vegtech, 2018, bild hämtat från vegtech, <https://www.vegtech.se>

Bilaga 1

Osäkerheter i StormTac

Tabell 1. Osäkerhet av föroreningshalter för den befintliga markanvändningen.

Dagvattenhalt (µg/l) per markanvändning

Markanvändning	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS
Parkering	140	2400	30	40	140	0.45	15	15	0.080	140000
SD	45	450	94	24	120	0.97	9.6	nd	nd	98000
Skogsmark	17	450	6.0	6.5	15	0.20	3.9	6.3	0.010	34000
SD	280	880	20	23	97	4.5	7.8	5.3	nd	110000
Takyta	170	1200	2.6	7.5	28	0.80	4.0	4.5	0.0030	25000
SD	230	2900	440	1000	5900	160	nd	nd	nd	29000
Grusyta	42	2000	2.2	12	33	0.11	1.0	0.85	0.019	9700
SD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Gräsyta	160	1100	6.0	15	28	0.30	2.5	1.3	0.013	47000
SD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Bergsyta	62	1400	4.4	12	24	0.20	2.1	1.4	0.025	21000
SD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Asfaltsyta	85	1800	3.0	21	20	0.27	7.0	4.0	0.050	7400
SD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Markanvändning	Oil	BaP	ANT	TBT						
Parkering	800	0.060	0.050	0.0020						
SD	290	nd	nd	nd						
Skogsmark	150	0.010	0.010	0.0020						
SD	500	nd	nd	nd						
Takyta	0	0.010	0.010	0.0020						
SD	nd	75	nd	nd						
Grusyta	96	0.010	0.010	0.0020						
SD	nd	nd	nd	nd						
Gräsyta	200	0.010	0.010	0.0020						
SD	nd	nd	nd	nd						
Bergsyta	240	0.0050	0.0050	0.0020						
SD	nd	nd	nd	nd						
Asfaltsyta	770	0.010	0.021	0.0016						
SD	nd	nd	nd	nd						

Klassificering av osäkerhet

Hög säkerhet

Medel säkerhet

Låg säkerhet

Tabell 2. Osäkerhet av föroreningshalter för den planerade markanvändningen.

Dagvattenhalt (µg/l) per markanvändning. SD = Standard Deviation (standardavvikelse). nd = no data (ingen data)

Markanvändning	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Hg	SS
Skogsmark	17	450	6.0	6.5	15	0.20	3.9	6.3	0.010	34000
SD	280	880	20	23	97	4.5	7.8	5.3	nd	110000
Takyta	170	1200	2.6	7.5	28	0.80	4.0	4.5	0.0030	25000
SD	230	2900	440	1000	5900	160	nd	nd	nd	29000
Bergsyta	62	1400	4.4	12	24	0.20	2.1	1.4	0.025	21000
SD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Gårdsyta inom kvarter	220	1900	3.7	16	29	0.23	3.7	2.3	0.010	41000
SD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Gräsyta	160	1100	6.0	15	28	0.30	2.5	1.3	0.013	47000
SD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Markanvändning	Oil	BaP	ANT	TBT						
Skogsmark	150	0.010	0.010	0.0020						
SD	500	nd	nd	nd						
Takyta	0	0.010	0.010	0.0020						
SD	nd	75	nd	nd						
Bergsyta	240	0.0050	0.0050	0.0020						
SD	nd	nd	nd	nd						
Gårdsyta inom kvarter	360	0.0067	0.010	0.0019						
SD	nd	nd	nd	nd						
Gräsyta	200	0.010	0.010	0.0020						
SD	nd	nd	nd	nd						
Klassificering av osäkerhet	Hög säkerhet	Medel säkerhet	Låg säkerhet							

Tabell 3. Osäkerhet av reningseffektivitet.

Reningseffekter (%). SD = Standard Deviation (standardavvikelse). nd = no data (Ingen data)								
Ämne	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni
Uträknat	74	59	77	70	84	87	56	75
SD	84	64	18	52	18	8.4	196	53
Absolut osäkerhet (+/-)	22	18	23	21	25	26	17	22
Ämne	Hg	SS	Oil	BaP	ANT	TBT		
Uträknat	54	73	76	55	63	63		
SD	nd	50	14	nd	nd	nd		
Absolut osäkerhet (+/-)	16	22	23	16	19	19		
Ämne: Parametern Minsta möjliga utloppshalt har minskat beräknad reningseffekt.							Minsta möjliga	
Ämne: Max reningseffekt har uppnåts (röd kantlinje)							Max reningseffekt	
Klassificering av osäkerhet		Hög säkerhet			Medel säkerhet		Låg säkerhet	