

## Dagvattenutredning för skola på del av Ekebyhov 1:1, Bryggavägen, Ekerö

---

Total Arkitektur AB



FÄRDIG HANDLING 1.0, 2019-10-26

TITEL	Dagvattenutredning för skola på del av Ekebyhov 1:1, Bryggavägen, Ekerö
RAPPORTNUMMER	2019-1377-A
BESTÄLLARE	Total Arkitektur AB
FÖRFATTARE	Hannes Öckerman, WRS
GRANSKNING	Sofia Åkerman, WRS
UTGÅVA/STATUS	Färdig handling
DATUM	2019-10-26
OMSLAGSBILD	Bild: Nuvarande mark i detaljplaneområde Fotograf: Hannes Öckerman, WRS

## Sammanfattning

Detta är en dagvattenutredning för detaljplanen för en ny Ekebyhovsskola på del av den kommunala fastigheten Ekebyhov 1:1, söder om Bryggavägen, i Ekerö kommun. Ett 5,6 hektar stort område bestående av åker- och skogsmark är tänkt att exploateras för att bygga en grund- och särskola med tillhörande idrottshall. Dagvattenutredningens syfte är att ta fram principiella förslag till en långsiktigt hållbar dagvattenhantering inom skolområdet som uppfyller Roslagsvattens checklista för dagvattenutredningar, Svenskt Vattens branschnormer, samt inte medverkar till en ökad kvantitativ eller kvalitativ belastning på nuvarande dagvattensystem och berörd recipient.

Marken inom området består främst av svårinfiltrerad lera på den lägre liggande jordbruksmarken, samt morän och berg i dagen på kringliggande skogbeklädda kullar. Inga instängda översvänningsbenägna områden har identifierats. Områdets avrinning sker huvudsakligen söderut, mot Ekebyhovsdalen och vidare mot recipienten Fiskarfjärden (Mälaren). Det finns möjlighet att i norra delen av planområdet att ansluta till befintligt dagvattennät som ligger längs med Bryggavägen.

Fiskarfjärden uppnår i dag god ekologisk status men ej god kemisk status på grund av höga halter antracen, TBT och PFOS. Miljökvalitetsnormen är satt till god kemisk status 2027 men med undantag för antracen och TBT.

Tänkt exploatering av marken skulle innebära ökning av dess hårdgörningsgrad från 0,08 till 0,27. Utan dagvattenåtgärder skulle det dimensionerande flödet öka med 300 %, inklusive klimatfaktor. Även föroreningsbelastningen skulle öka, främst av tungmetaller, olja och PAH. Fosfor skulle öka något medan kväve och partiklar skulle minska något.

För att flöden och föroreningar i området inte ska öka behöver dagvatten från hårdgjorda och högbelastande ytor fördröjas och renas i filtrerande dagvattensystem. Som utgångspunkt rekommenderas att detta system ska bestå av gröna, öppna och multifunktionella ytor. Dimensioneringsprincip för anläggningarna bör vara Roslagsvattens riktlinje att 20 mm avrinning från hårdgjorda ytor ska omhändertas i anläggningar som dimensioneras för ett regn med 2 års återkomsttid.

Totalt krävs det att 210 m<sup>3</sup> dagvatten renas och fördröjs inom planområdet. Denna volym bör fördelas enligt följande:

- Upphöjda (eller nedsänkta) växtbäddar som omhändertar dagvatten från byggnadernas norra tak.
- Ett flackt, gräsbeklätt, avskärande dike söder om idrottshallen.
- En nedsänkt grönyta eller lekyta söder om huvudbyggnaden.
- Träd planterade i skelettjordar som omhändertar avrinning från infartsvägar och hårdgjorda ytor mellan skolbyggnaderna och Bryggavägen.
- En parkeringsplats med genomsläpplig beläggning och underliggande makadammagasin.
- Ett svackdike längs med GC-vägen.

Ovan nämnda åtgärder beräknas kosta mellan 1,15 och 1,42 Mkr. De bidrar förutom till dagvattenhantering även till grönska, lekytor och biologisk mångfald. Anläggningarna kan anpassas eller kompletteras för att lyfta fram och synliggöra dagvatten, som kan

integreras i den pedagogiska verksamheten för barnens lek och lärande. Föreslagna åtgärder har även integrerats i landskapsarkitekternas skiss av planförslaget.

Vid införande av dess åtgärder kommer det dimensionerande flödet att minska. Alla föroreningar (näringsämnen, tungmetaller, partiklar, olja) förutom PAH beräknas minska eller förbli på samma nivå som innan exploatering. Angående alstringen av PAH på ytor inom området antyder beräkningar att det skulle kunna ske en viss ökning trots långtgående rening i dagvattenanläggningar. Emellertid inhyser bakomliggande data så pass stora osäkerheter i flera led att det inte anses pragmatiskt att kräva tekniska, driftintensiva och dyra dagvattenanläggningar som möjligen skulle kunna avskilja det ytterligare gram PAH som krävs för att nå samma teoretiska föroreningsbelastning som innan exploatering.

Gällande antracen, TBT och PFOS saknas data för att kunna bedöma dess diffusa spridning i dagvattnet.

Med föreslagna dagvattenåtgärder, som dessutom inarbetats i landskapsarkitekternas planförslag, kan det inte explicit förväntas att planen medverkar till att försvåra för recipienten att uppnå miljökvalitetsnormer eller försämra enskilda kvalitetsfaktorer som ligger till grund för statusbedömning.

# Innehåll

Sammanfattning .....	3
Innehåll .....	5
1 Inledning.....	7
1.1 Syfte och uppdrag .....	8
2 Förutsättningar .....	8
2.1 Historisk och nuvarande markanvändning.....	8
2.2 Topografi .....	9
2.3 Geologi och hydrogeologi.....	10
2.4 Grundvatten.....	11
2.5 Befintlig dagvattenhantering och ytavrinning.....	11
2.6 Ytvattenrecipient och dess avrinningsområde .....	14
2.6.1 Ekologisk status .....	15
2.6.2 Kemisk status .....	15
2.6.3 Miljökvalitetsnormer.....	16
2.7 Riktlinjer för dagvattenhantering .....	16
3 Planerad exploatering .....	17
3.1 Planens utformning och framtida markanvändning .....	17
3.2 Planens konsekvenser för dagvattnet .....	19
3.2.1 Lågpunkter och översvämningsrisker .....	20
3.2.2 Årsmedelavrinning .....	21
3.2.3 Dimensionerande flöde.....	21
3.2.4 Föroreningsbelastning .....	22
3.2.5 Utjämningsbehov och magasinering .....	23
4 Föreslagen principiell dagvattenhantering .....	24
4.1 Dagvatten för lek och lärande.....	25
4.2 Takytor.....	27
4.3 Parkering .....	29
4.4 Väg och asfaltsytor .....	29
4.5 Gång- och cykelväg.....	31
4.6 Anslutning till befintligt dagvattennät .....	31
4.7 Tekniska beskrivningar av åtgärdsförslag.....	32
4.7.1 Växtbäddar .....	32
4.7.2 Infiltration i grönyta.....	33
4.7.3 Genomsläpplig beläggning .....	34
4.7.4 Skelettjord.....	35
4.7.5 Svackdike.....	36
4.8 Översiktlig dimensionering .....	37
4.9 Dagvattenåtgärder i planförslaget (landskap) .....	39
5 Effekter av föreslagen dagvattenhantering.....	39
5.1 Dimensionerande flöde, utjämning och magasinering .....	40
5.2 Föroreningsbelastning .....	40

6	Kostnadsbedömning .....	41
7	Slutsatser.....	42
	Referenser .....	44

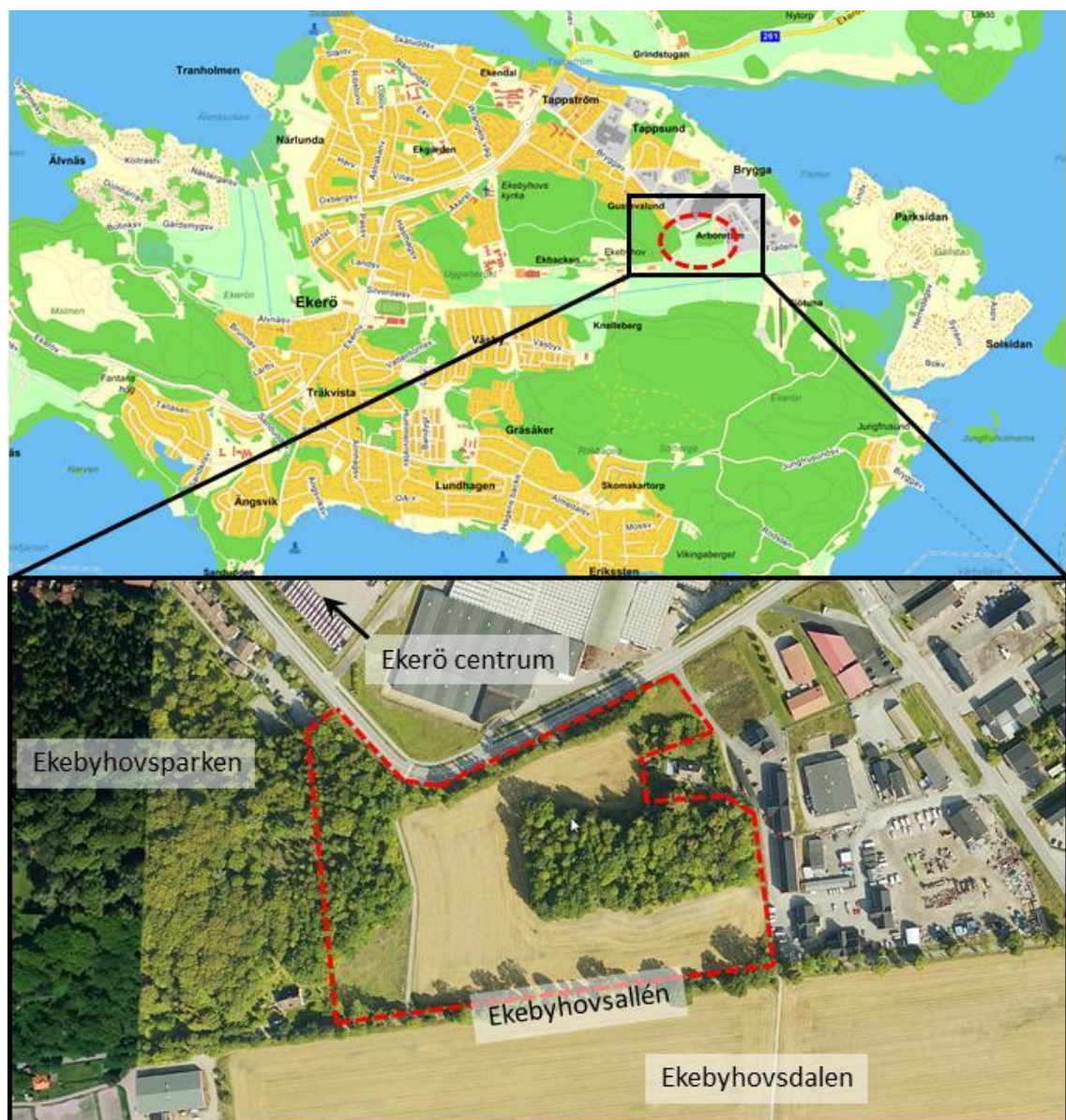
Bilaga 1. Befintlig dagvattenhantering och ytlig avrinning

Bilaga 2. Åtgärdsförslag

# 1 Inledning

I en förstudie från december 2017 undersöktes två alternativa placeringar för en ny Ekebyhovsskola i Ekerö kommun med kapacitet för cirka 500 elever. Den 14 november 2018 fattade Barn- och utbildningsnämnden i kommunen ett inriktningsbeslut om att ersätta befintliga skollokaler genom att bygga en ny skola vid Bryggavägen. Det beslutades även om att upprätta en detaljplan för det drygt fem hektar stora området, på del av fastigheten Ekebyhov 1:1. Detaljplanen förväntas antas under fjärde kvartalet 2019 (Total arkitektur och urbanism, 2018).

Planens syfte är att möjliggöra en ny skola och en ny idrottshall i Ekebyhov. Platsen ligger inom ett kulturhistoriskt känsligt område och den nya bebyggelsen ska uppföras så att hänsyn tas till den kulturhistoriskt känsliga miljön. Planområdet är beläget sydost om Ekerö centrum, öster om Ekebyhovsparken och precis intill Ekebyhovsdalen (Figur 1).



Figur 1. Planområdet markeras med streckad röd polygon och är belägen strax sydost om Ekerö centrum. Karta modifierad från Eniro (2019).

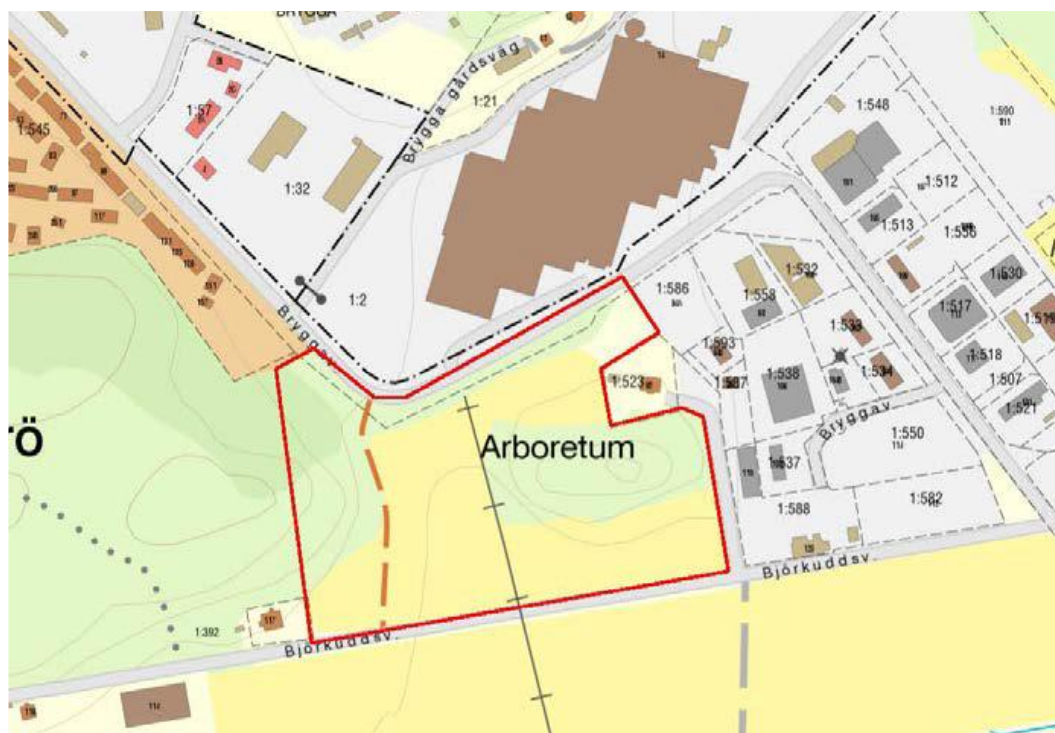
## 1.1 Syfte och uppdrag

Syftet med denna utredning är att klargöra hur dagvattnet i och med den avsedda exploateringen kan hanteras inom planområdet för att uppfylla riktlinjer enligt Roslagsvatten, det verksamma VA-bolaget inom Ekerö kommun, samt branschnormer framtagna av Svenskt Vatten. Utgångspunkten är att den befintliga vattenbalansen ska upprätthållas, samt att exploateringen inte ska leda till en ökad belastning på det kommunala dagvattennätet eller recipient, varken kvantitativt eller kvalitativt.

## 2 Förutsättningar

Planområdet är på cirka 5,6 hektar och ägs av Ekerö kommun. Det är del av kulturmiljön och kulturlandskapet kring Ekebyhovs slott. Bland annat angränsar planområdet till en trädgårdsmästarebostad och den så kallade ”parkvillan” som båda har tillhört Ekebyhov. Ekebyhovsparken i väster och skogskullen inom planområdet har båda ingått i det arboretum som tillhört Ekebyhovs verksamheter.

I norr avgränsas området av Bryggavägen, som är utformad som en landsväg kantad av diken, större träd och vegetation. På vägens norra sidan löper en GC-väg. På andra sidan Bryggavägen ligger Sveriges största växthus för tulpanodling. I söder gränsas området av Björkuddsvägen och Ekebyhovsallén av lindar som löper i öst-västlig riktning mellan slottet och den tidigare ångbåtsbryggan (Figur 2).



Figur 2. Planområdet för skola på del av Ekebyhov 1:1.

### 2.1 Historisk och nuvarande markanvändning

Historiskt sett har det förekommit både plantskola och handelsträdgård på marken inom området. Skogskullen har också ingått i ett arboretum.

Idag utgörs ungefär halva området av jordbruksmark som arrenderas ut till en lokal lantbrukare. Åkermarken är av bördighet klass 5 (på en 10-gradig skala för Sverige). Resterade hälft utgörs av två skogshöjder i öst och väst. Det västra skogspartiet är del av



Ekebyhovsparken och genomkorsas av ett flertal stigar. Det östra skogspartiet är isolerat mellan jordbruksmarken och omkringliggande fastigheter. Mellan åkermarken och Ekebyhovsparken löper en gång- och cykelväg (Figur 3). I Tabell 2 (avsnitt 3.1) återfinns en sammanställning av ytor för nuvarande markanvändning inom planområdet.

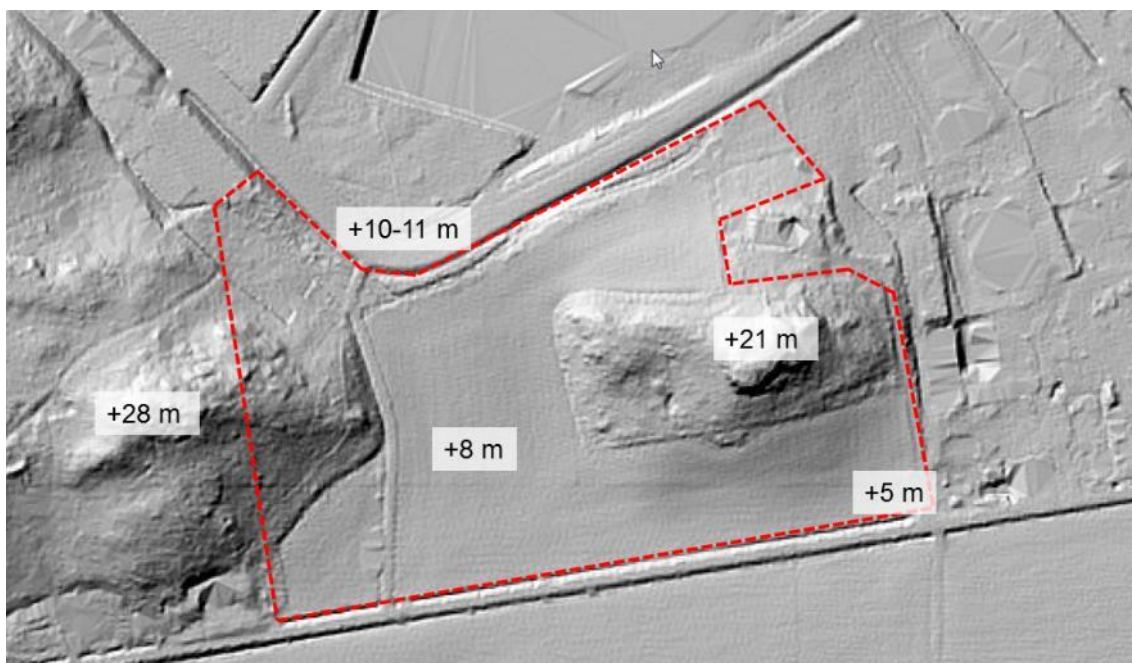


Figur 3. Nuvarande markanvändning inom planområde.

## 2.2 Topografi

Alla höjder i denna utredning anges i höjdsystemet RH 2000.

Planområdet är relativt kuperat, framför allt skogspartierna medan åkermarken är flackare. I norr ligger Bryggavägen med en höjd kring +10–11 m.ö.h. Härifrån sluttar marken ganska rak söderut, längs åkermarken, mot Ekebyhovsdalen och når sin lägsta punkt kring +5 m i planområdets sydöstra del. Skogspartiet i väst har sin högsta punkt på cirka +28 m strax utanför planområdesgränsen och sluttar österut mot åkermarken. Även skogsholmen i områdets östra del sluttar ned mot omgivande åkermark. Holmen har sin högsta punkt på +21 m. Skogsholmens norra del sluttar norrut och även en del av åkermarken, mot en lågpunkt i nordöstra hörnet (Figur 4).



Figur 4. Karta med terrängskuggning, modifierad från Lantmäteriet (2019). Kartan ger en översikt över planområdets topografi med några utvalda höjder utsatta.

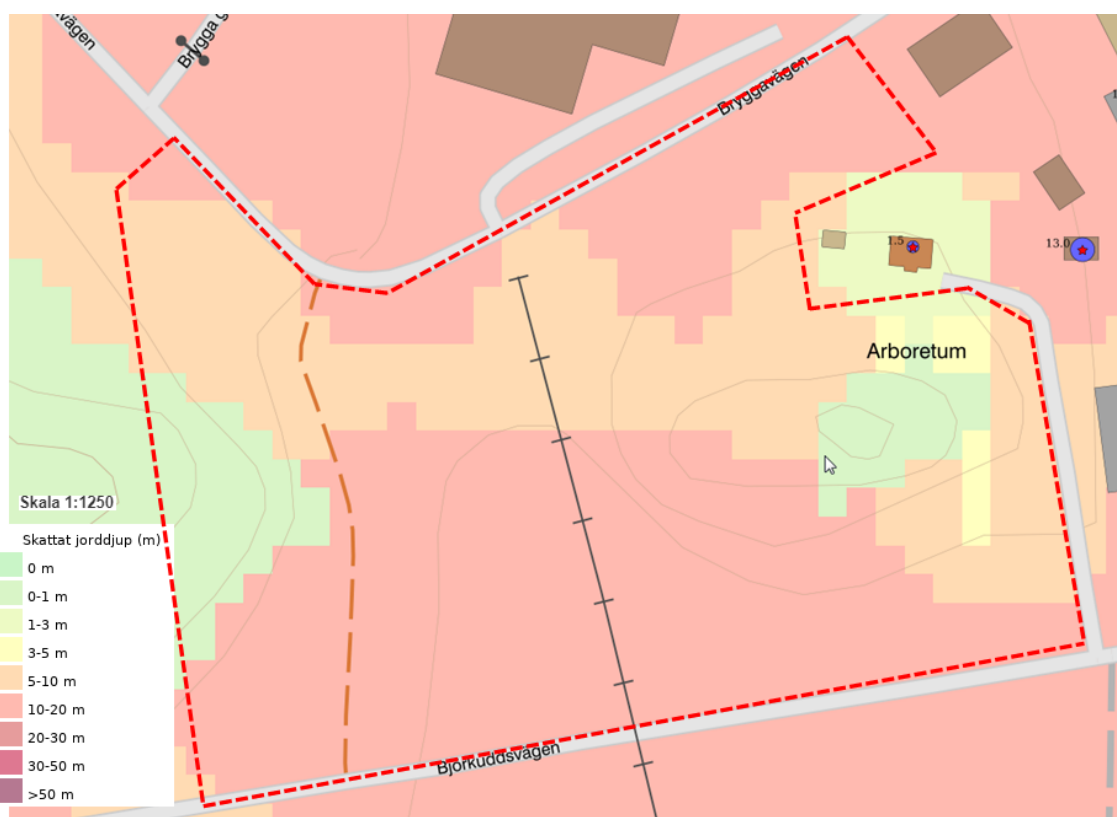
### 2.3 Geologi och hydrogeologi

Större delen av planområdet består av postglacial lera, inklusive hela åkermarken. Den östra skogsholmen har en jordart av sandig stenblockig morän med en del berg i dagen. Även det västra skogspartiet består av berg i dagen i de högre belägna delarna (Figur 5).



Figur 5. Jordartskarta från SGU (2019) för planområdet (blå polygon). Den större delen av området är postglacial lera. Skogskullen består dock av stenblockig morän och berg i dagen.

Lera har låg hydraulisk konduktivitet i förhållande till andra jordarter och kan därför lättare bli vattenmättad. Detta medför generellt höga grundvattennivåer, låg infiltrationskapacitet och sättningssärlighet. Jorddjupet inom planområdet varierar från 0–1 m i de högst belägna punkterna i skogspartierna, till 5–10 meters djup i de mellersta partierna och 10–20 meters djup på större delen av åkermarken (Figur 6).



Figur 6. Jorddjupskarta för planområdet (SGU, 2019).

## 2.4 Grundvatten

Det finns ingen grundvattenförekomst direkt under planområdet men *Tullingeåsen-Ekebyhov-Riksten* passerar endast ett tiotal bredvid områdets sydöstra hörn. Denna grundvattenförekomst ligger på 20–50 meters djup och är ett grundvattenmagasin av sand- och grusförekomst. Den står även i hydrologisk kontakt med planområdets ytvattenrecipient Fiskarfjärden (se avsnitt 2.6).

*Tullingeåsen-Ekebyhov-Riksten* har mycket goda uttagsmöjligheter och det föreligger ingen risk att inte uppnå god kvantitativ status som miljö kvalitetsnorm. Däremot har den idag en otillfredsställande kemisk status på grund av halter av gruppen högfluorerade ämnen PFAS<sub>11</sub> som överskrider gränsvärden. Miljö kvalitetsnormen har satts till god kemisk grundvattenstatus med undantag för just PFAS<sub>11</sub> till år 2027 med motiveringen att även om åtgärder genomförs är det mycket komplicerat att nå låga nivåer inom ett så pass kort tidsspann (Länsstyrelsen, 2019a).

## 2.5 Befintlig dagvattenhantering och ytavrinning

Alla fotografier som redovisar den befintliga dagvattensituationen är tagna under ett platsbesök daterat 2019-02-12. En översikt av befintlig dagvattenhantering och ytavrinning presenteras i Figur 10 (och Bilaga 1). Det finns inga berörda markavvattningsföretag som berör planområdet.

Större delen av områdets avrinning leds idag söderut ned till ett öppet vägdike som rinner längs med Ekebyhovsallén (Figur 7). Diket är delvis kulverterad och leds vidare till ett större dike ute på jordbruksmarken i Ekebyhovsdalen och vidare till Fiskarfjärden (Mälaren). Vägdiket närmast planområdet har troligtvis bra avledningskapacitet men var delvis igensatt vid platsbesök av löv, partiklar och sediment (Figur 8).

I norra delen av området finns både ett större vägdike längs med Bryggavägen (Figur 9), samt ett mindre dike som avvattnar en del av omgivande skogsmark. En del avrinning från områdets nordvästra del avvattnas till skogsdiket och vägdiket. I områdets nordöstra del leds vatten från en del av skogsholmen och del av åkern till vägdiket. Båda diken i norra delen avvattnas till befintligt ledningsnät som leds längs den norra delen av Bryggavägen och vidare österut mot Fiskarfjärden (Mälaren). Ledningsnätet här består av en 400 mm ledning i betong som troligen är underdimensionerad<sup>1</sup>.

På grund av berg i dagen och lera är infiltrationsmöjligheterna i området begränsade, vilket innebär att vatten idag troligen avleds på ytan under längre och kraftigare nederbördsepisoder. Dock bör en hel del vatten kunna infiltrera och evapotranspirera (avdunsta och tas upp av växter) sett till hela året då planområdet idag består av naturmark.



Figur 7. Öppet vägdike längs med Ekebyhovsallén. Foto taget i riktning österut.

---

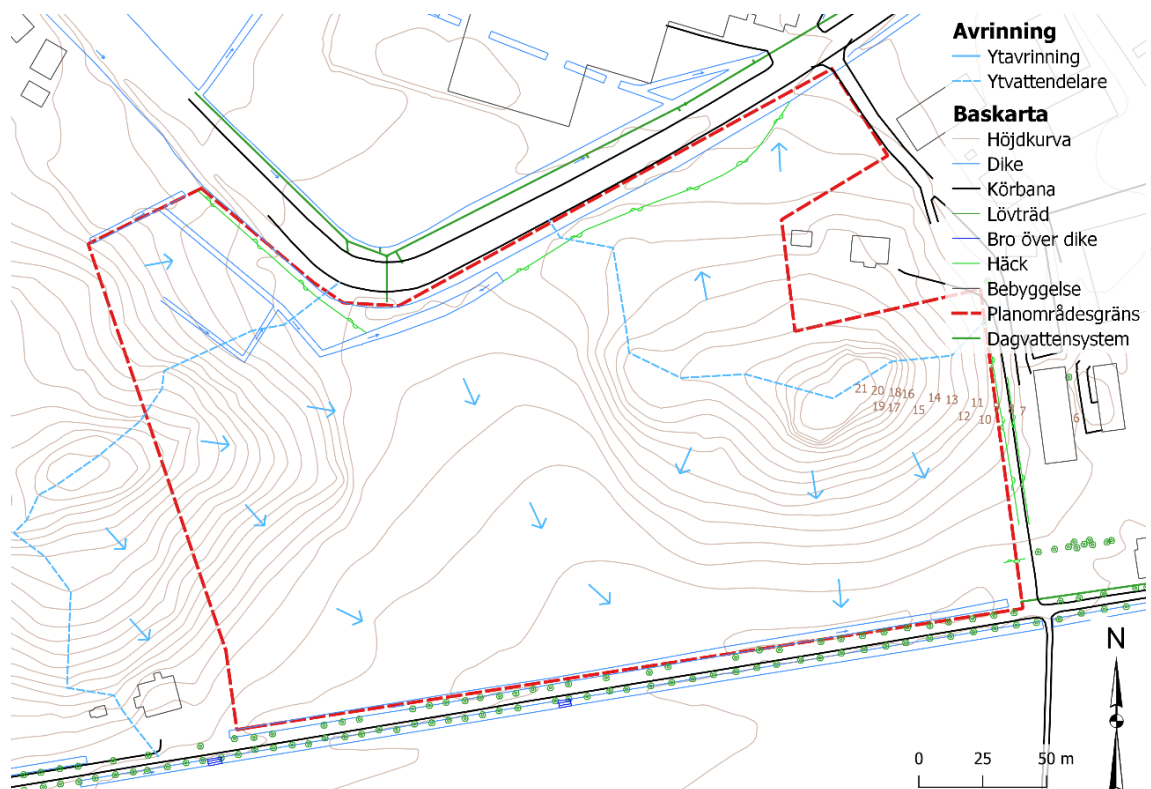
<sup>1</sup> Sjögren, Å., Roslagsvatten. Pers. komm. 2019-02-12.



*Figur 8. En delvis igensatt trumma i vägdiket längs med Ekebyhovsallén.*



*Figur 9. Vägdike längs med Bryggavägen. Foto taget i riktning österut.*



Figur 10. Befintlig dagvattenhantering och ytlig avrinning i planområdet. En större bild återfinns i Bilaga 1.

## 2.6 Ytvattenrecipient och dess avrinningsområde

Planområdet ligger inom avrinningsområdet ”Rinner till Mälaren-Fiskarfjärden” (ARO-ID 657517–161510) som är 403 hektar stort (Figur 11). Avrinningsområdet består i princip av en tredjedel skogsmark, en tredjedel tätort och hårdgjordytor och resterande tredjedel av hedmark och övrig mark (13 %), jordbruksmark (13 %) och en mindre andel myr- och våtmarker (2 %).

Den modellerade kvävetransporten från avrinningsområdet uppgår till 1 300 kg/år, vilket motsvarar ett arealläckage på 3,3 kg/ha/år. För fosfor är motsvarande siffror en transport på 73 kg/år, motsvarande 0,18 kg/ha/år (SMHI, 2019a).

Avrinningsområdets recipient är Fiskarfjärden, en del av Mälaren och en vattenförekomst enligt EU:s ramdirektiv för vatten (2008/105/EG). Enligt de senaste statusklassningarna har Fiskarfjärden ej god kemisk ytvattenstatus och god ekologisk status (Tabell 1).



Figur 11. Planområdets placering (röd streckad polygon) inom dess avrinningsområde "Rinner till Mälaren-Fiskarfjärden" (ARO-ID 657517-161510). Blå linje markerar Fiskarfjärdens avrinningsområde. Karta modifierad från Länsstyrelsen (2019)

### 2.6.1 Ekologisk status

Fiskarfjärden uppnår i dag god ekologisk status. Parametern näringsämnen har god status med uppmätt halt av fosfor på 23 µg/l. Då referensvärdet är 13,2 µg/l erhålls ett EK-värde på 0,59. Den utslagsgivande kvalitetsfaktorn för bedömningen är *Växtplankton-näringsämnespåverkan*. Kvalitetsfaktorn *Makrofyter* uppvisar måttlig status men har inte vägt in i bedömningen eftersom den inte anses tillförlitlig. Då denna faktor bedöms som måttlig anger VISS (Länsstyrelsen, 2019a) att det finns en risk att Fiskarfjärden inte uppnår god ekologisk status till 2021, men utan djupare bedömning av trender eller påverkansanalys.

### 2.6.2 Kemisk status

På grund av överskridande halter av tre stycken prioriterade ämnen så uppnår Fiskarfjärden ej god kemisk status. Dessa tre ämnen är perfluoroktansulfonat (PFOS, ett PFAS-ämne), antracen (ett polycykliskt aromatiskt kolväte [PAH]) och tributyltenn (TBT). Halterna av antracen och TBT har uppmätts i sediment, för PFOS i biota (Länsstyrelsen, 2019a).

Huvudsakliga lokala källor till spridning och förorening av dagvatten av antracen inkluderar skyddsmedel för skog, insektsmedel, beläggning på material, pyrotekniska produkter, färger, vattentäta ytbeläggningar, gummi och impregnerat trä. TBT förknippas framför allt med båtbottnfärg. Trots att båtbottnfärg förbjöds för småbåtsbruk 1989 och för kommersiella skepp och fartyg 2003 så tyder mätvärden på att de fortfarande används. Andra källor till TBT inkluderar läder, plast och gummi. PFOS kan transporteras till dagvattnet från exempelvis rengöringsmedel, brandsläckningsskum och via atmosfärisk deposition. Det finns även i vissa elektronikprodukter (Larm och Pirard, 2010).

### 2.6.3 Miljökvalitetsnormer

Beslutade miljökvalitetsnormer (MKN) är att Fiskarfjärden ska bibehålla god ekologisk status samt uppnå god kemisk status till 2027 med undantag för TBT och antracen (Tabell 1). Bedömningen görs att det för dessa två ämnen kommer att ta lång tid att uppnå god status även om åtgärder genomförs så snart som möjligt. För antracen är även påverkansbilden komplex och det är oklart vilka åtgärder som är möjliga och mest effektiva.

**Tabell 1. Statusklassningar och miljökvalitetsnormer för recipient Skurusundet. Inom parantes anges år för utförd statusklassning och när miljökvalitetsnorm ska uppnås. Utslagsgivande orsak anges i kursivt (kvalitetsfaktor för ekologisk status eller överskridande av prioriterat ämnen för kemisk status).**

	Kemisk ytvattenstatus*	Ekologisk status
Statusklassning (år)	Ej god status (2017)	God status (2017)
Utslagsgivande orsak	Antracen, TBT, PFOS	Växtplankton-näringsämnespåverkan
Miljökvalitetsnorm (år)	God status (2027)**	God status (2021)

\* Med undantag för överallt överskridande ämnen: kvicksilver, kvicksilverföreningar samt PBDE. För dessa ämnen bedöms problemen vara av sådan omfattning och karaktär att det i dagsläget saknas tekniska förutsättningar att åtgärda dem. De nuvarande halterna av kvicksilver och PBDE (december 2015) får dock inte öka.

\*\* med undantag för antracen och TBT.

Miljökvalitetsnormerna för vattenförekomster är bindande. En verksamhet ska inte tillåtas om den riskerar att orsaka en försämring eller äventyra uppnåendet av god status. Det räcker med en försämring av en kvalitetsfaktor för att en försämring av status ska ha skett (HaV, 2016).

Detta innebär att planområdet inte får orsaka en försämring av någon av de kvalitetsfaktorer som ingår i ekologisk status, eller försämrade möjligheterna att underskrida halter av prioriterade ämnen som ingår i kemisk status. De viktigaste ämnena för att inte äventyra uppnåendet av miljökvalitetsnormerna bedöms enligt den senaste statusklassningen vara antracen, TBT och PFOS.

## 2.7 Riktlinjer för dagvattenhantering

Roslagsvatten har tagit fram dokumentet *Checklista för dagvattenutredningar i detaljplaneprocessen* (2019). Tillsammans med beslutade miljökvalitetsnormer för berörd recipient och branschnormer i Svenskt Vattens publikationer P104, P105 och P110 är dessa dokument vägledande för denna utredning. Detta innebär bland annat att:

- Områdets dagvattenutflöde efter exploatering med föreslagna fördröjningsåtgärder ska inte överskrida flödet före exploatering och inte påverka områden nedströms.
- Föreslagna dagvattenåtgärder ska inte försvåra möjligheten att uppfylla MKN i berörd recipient, det vill säga området ska inte bidra till ytterligare belastning jämfört med idag. Hänsyn ska tas till recipientens specifika belastningsutrymme, utifrån gränsvärden i VISS.



- Utredningen ska utgå från teoretiska beräkningar av flöden med 5, 20 och 100 års återkomsttid (för tätortsbebyggelse) med 10 minuters varaktighet och ett klimatfaktorpåslag på 1,25.
- Som utgångspunkt ska 20 mm regn från hårdgjorda ytor vara dimensionerande för reningsanläggning. Reningsanläggningarna bör dimensioneras för ett motsvarande 2-årsregn.
- En skyfallsanalys ska utföras och sekundära avrinningsvägar alternativt översvämningssytor ska säkras genom robust höjdsättning så att skador på bebyggelsen undviks vid extremregn och/eller stopp i ledningssystemet.
- Dagvatten med högre föroreningsgrad ska om möjligt hanteras separat från övrigt dagvatten.
- SMHI:s och Länsstyrelsens rekommendationer kring höjdsättning av bebyggelse nära Östersjökusten och Mälaren ska beaktas.

## **3 Planerad exploatering**

### **3.1 Planens utformning och framtida markanvändning**

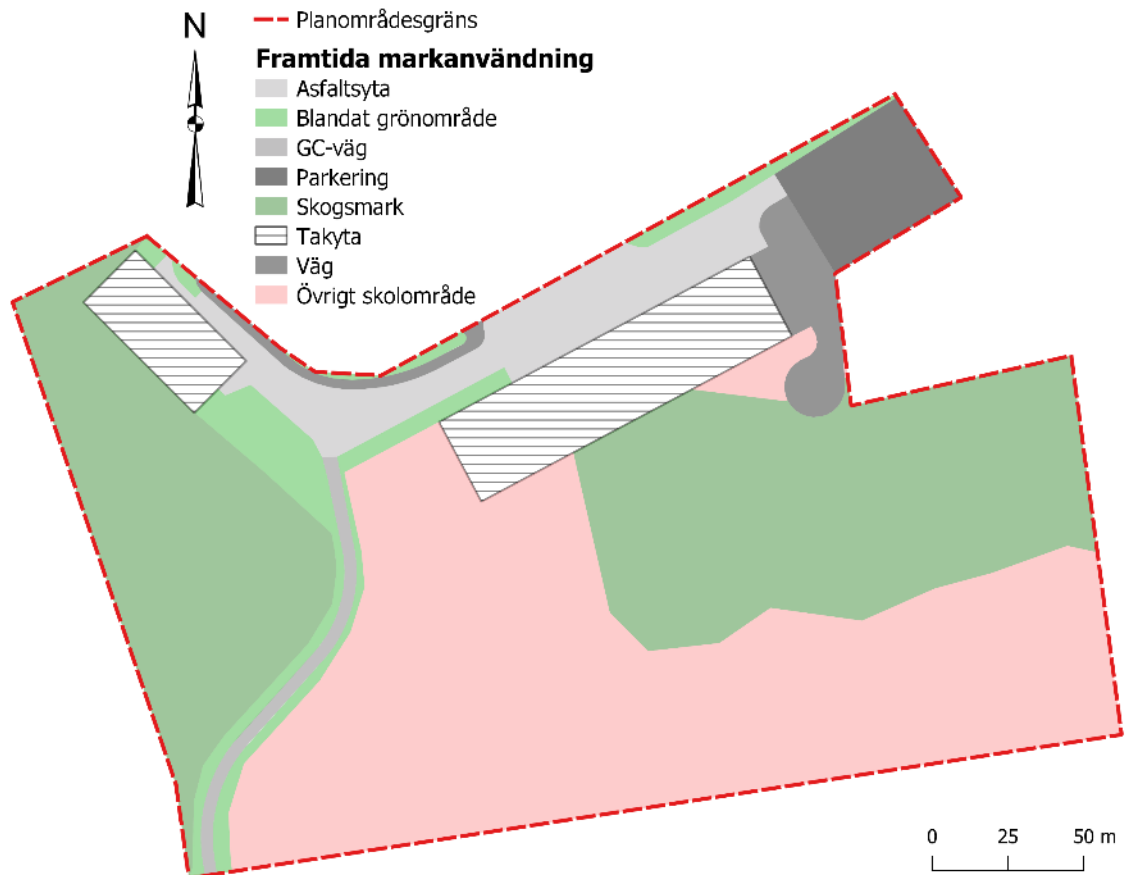
På marken planeras att uppföra en kommunal särskola och grundskola för åk F-6 för cirka 500 elever med byggnader upp till tre våningar och en fullstor idrottshall.

Skolbyggnaderna placeras närmast Bryggavägen för att behålla marken och kulturmiljön närmast Ekebyhovsallén så orörd som möjligt. Den södra delen av åkerholmen är därför tänkt att användas till fotbollsplan, rastgård och utelek. Även skogspartierna lämnas till stor del orörda.

Planförslaget består av två byggnader; en huvudbyggnad längs med Bryggavägen och en idrottshall i västra hörnet. Bryggavägen kommer att omformas något för att anpassas till skolan med busshållplats, övergångsställen m.m. Längs med Bryggavägen byggs infartsvägar för hämtning och lämning. I östra delen anläggs en parkeringsplats med 76 platser, en lastplats och infartsväg/vändplan till särskolan (Figur 12). Utifrån illustrationsplanen i Figur 12 har en markkartering gjorts (Figur 13).



Figur 12. Situationsplan för skolan daterad 2019-04-08 (LLP Arkitektkontor, alt. 1).



Figur 13. Framtida markanvändning för planområdet. Observera att "Övrigt skolområde" delas upp i ytterligare fyra olika markanvändningar, se Tabell 2.

Exploateringsföreslaget innebär att en del åkermark, och lite skogsmark, omvandlas till hårdgjorda ytor i form av tak, parkering och asfalt. Hårdgörningen sker framför allt i den norra delen av planområdet närmast Bryggavägen. Mindre grönytor omgärdar skolbyggnaderna och infartsvägarna. Den södra delen av planområdet bebyggs ej utan är tänkt att användas som skolgård, denna benämns ”övrigt skolområde” i Figur 13. I markkarteringen, som presenteras i Tabell 2, har denna yta antagits bestå till 25 % var av följande fyra ytor; grusyta, gräsyta, ängsmark och blandat grönområde.

I Tabell 2 sammanställs och jämförs nuvarande och framtida markanvändning inom planområdet utifrån det aktuella planförslaget. För nuvarande markanvändning se Figur 3. För varje typ av markanvändning anges en avrinningskoefficient som är ett mått på hårdgörningsgraden. Avrinningskoefficienten anger den förväntade andelen av nederbörden som bildar avrinning från ytan efter förluster till evapotranspiration, infiltration, interception och lagring i ytojämnheter. En avrinningskoefficient på 0,8 anger exempelvis att 80 % av nederbörden som faller på ytan förväntas bilda avrinning. En markanvändnings avrinningskoefficient multiplicerat med arean anger dess reducerade area, som också kan ses som markanvändningens hårdgjorda areal. Den sammanvägda avrinningskoefficienten är en arealviktad avrinningskoefficient för hela området.

**Tabell 2. Sammanställning av ytor för nuvarande markanvändning.  $\Phi$  anger avrinningskoefficient, A area och  $A_{red}$  den reducerade arean ( $A \cdot \Phi$ ).**

Markanvändning	$\Phi$ [-]	Nutida [ $m^2$ ]		Framtida [ $m^2$ ]	
		A	$A_{red}$	A	$A_{red}$
Skogsmark	0,05	26 330	1 320	19 650	980
Jordbruksmark	0,10	25 250	2 530		
Gräsyta	0,10	4 620	460		
Gång- och cykelväg	0,80	610	490	630	500
Blandat grönområde	0,10			2 790	280
Takyta	0,90			4 720	4 250
Asfaltsyta	0,80			3 700	2 960
Parkering	0,80			1 860	1 490
Väg	0,80			1 600	1 280
Övrigt skolområde, varav	0,16			21 880	3 560
Grusyta (25 %)	0,40			5 470	2 190
Gräsyta (25 %)	0,10			5 470	550
Ängsmark (25 %)	0,05			5 470	270
Blandat grönområde (25 %)	0,10			5 470	550
<b>Totalt</b>		<b>56 820</b>	<b>4 790</b>	<b>56 820</b>	<b>15 290</b>
<b>Sammanvägd avrinningskoefficient (<math>\Phi</math>)</b>		<b>0,08</b>		<b>0,27</b>	

### 3.2 Planens konsekvenser för dagvattnet

Den planerade exploateringen kommer att innebära förändrade förutsättningar för dagvattenhanteringen. Nedan beskrivs förändringar i avrinning och föroreningstransport. I beräkningarna nedan för årsmedelavrinning och föroreningstransport har interpolerad nederbördsdata från LuftWebb (SMHI, 2019b) använts. Enligt data har östra Ekerö en medelnederbörd på 595 mm beräknat på de 30 senaste åren (1989–2018).

### 3.2.1 Lågpunkter och översvämningrisker

Översvämningrisk inom ett område kan förekomma på grund stigande havsnivåer, höga nivåer i sjöar, höga flöden i vattendrag eller kraftiga skyfall. Utifrån kunskap om stigande havsnivåer och Mälarens 100-årsnivå rekommenderas att ny sammanhållen bebyggelse samt samhällsfunktioner av betydande vikt placeras på en höjd av minst +2,7 m.ö.h (Länsstyrelsen Stockholm, 2015). I planområdet finns inga höjder lägre än denna rekommendation.

I SCALGO (2019) har ett skyfall motsvarande 100 mm nederbörd simulerats utifrån topografien<sup>2</sup>. Denna nederbördsmängd motsvarar ett dimensionerande regn under 12 timmars varaktighet<sup>3</sup> med 100 års återkomsttid. Figur 14 visar att utredningsområdet är förhållandevis väl skyddat mot översvämningar. Inga lågpunkter eller instängda områden där större vattenmängder samlas kan identifieras.

Modellen visar även troliga avledningvägar vid större nederbördsmängder. En sådan går mitt över jordbruksmarken i sydlig riktning mot vägdiken vid Ekebyhovsallén. Mindre avrinningsstråk från högre liggande skogsmark leds också ned mot åkern och vidare till diket. I det nordvästra hörnet av planområdet kan det bli ett mindre område med stående vatten, så även i områdets lägsta punkt i sydöstra hörnet (Figur 14). Dock bör dessa inte skapa några större problem, då de kommer att avledas efter skyfallets slut.



Figur 14. En översiktlig översvämningsskartering (SCALGO, 2019) utifrån ett dimensionerande 100-årsregn under 12 timmar, motsvarande 100 mm nederbörd. Det stående vattnet har en blå färgskala där mörkare blå innebär ett större vattendjup (dock minst 10 cm). Flödesvägarna för den ytliga avrinningen har en lila färgskala där mörkare lila innebär större flöden.

<sup>2</sup> Observera att modellen visar en enkel skyfallsanalys/lågpunktskartering där avledning och ansamling av vatten endast modelleras utifrån topografisk underlag. Den tar inte hänsyn till jordlager (infiltration), ledningsnät eller eventuella diken, passager, tunnlar eller hinder som inte finns med i det topografiska underlaget.

<sup>3</sup> 6 timmars varaktighet med klimatfaktor 1,25.

### 3.2.2 Årsmedelavrinning

Medelavrinning från dagvatten är beräknad utifrån årsnederbörd. I beräkningarna inkluderas även ett basflöde, som är det flöde som avrinner i dagvattennätet mellan nederbördsepisoder. Det kan exempelvis vara husgrundsdränering eller inträngande yt- eller grundvatten. Totalt beräknas områdets årsmedelavrinning uppgå till 13 000 m<sup>3</sup>/år, motsvarande 0,40 l/s (Tabell 3).

**Tabell 3. Framtida årsmedelavrinning efter exploatering från bas- och dagvattenflöde, som tillsammans utgör den totala årsmedelavrinningen.**

	mm/år	m <sup>3</sup> /år	l/s
<b>Basflöde (Q<sub>b</sub>)</b>		3 300	0,10
<b>Dagvattenflöde (Q<sub>r</sub>)</b>	165	9 400	0,30
<b>Total avrinning (Q<sub>tot</sub>)</b>		13 000	0,40

Avrinning under ett medelregn med framtida markanvändning beräknas vara 3,9 l/s (Larm, 2019), antaget ett medelregndjup på 6,6 mm och varaktighet 7,1 h, som är medelvärden för Stockholm (Hernebring, 2006).

### 3.2.3 Dimensionerande flöde

Dimensionerande flöde har beräknats enligt rationella metoden (Ekvation 1). Den rationella metoden är lämplig använda för områden mindre än 50 hektar som är nära rektangulärformade med liknande rinntider från olika delområden (Lyngfelt, 1981). Det är viktigt att förstå att metoden är en approximation där resultaten ska utläsas som ungefärliga.

*Ekvation 1. Rationella metoden för beräkning av dimensionerande flöde*

$q_{dim}$  dimensionerande flöde

$A$  områdets area

$\phi$  områdets arealviktade avrinningskoefficient

$i(t_r, T)$  dimensionerande regnintensitet (en funktion av varaktighet  $[t_r]$  och återkomsttid  $[T]$ )

$k_f$  klimatfaktor

$$q_{dim} = A \cdot \phi \cdot i(t_r) \cdot k_f$$

Följande indata har använts:

- Områdets areal ( $A$ ) och viktad avrinningskoefficient ( $\phi$ ) enligt Tabell 2.
- Den dimensionerande varaktigheten ( $t_r$ ) definieras som den längsta rinntiden inom avrinningsområdet. För nuvarande situation innebär detta 22 minuter<sup>4</sup>, för framtida exploatering beräknas den till 17 minuter<sup>5</sup>. Roslagsvatten anger att dimensionering för detaljplan bör ske för varaktigheten 10 minuter (se kapitel 2.7), vilket innebär att det dimensionerande flödet kommer ha en säkerhetsmarginal (då kortare varaktighet innebär en större regnintensitet och större flöde).

<sup>4</sup> Längsta rinnsträcka inom planområdet har mätts till  $s = 310$  m. Med mannings formel ( $M = 40$ ;  $R_h = 0,005$  m;  $S = 12/310$  m/m) fås  $v = 0,23$  m/s på naturmarken i planområdet. Detta ger varaktigheten  $t_r = s/v = 310/0,23 = 1348$  s = 22 min.

<sup>5</sup> Med framtida markanvändning kommer rinnsträckan till 220 m bestå av naturmark med  $v = 0,23$  m/s och till 90 m av hårdjord ytor med antagen avrinningshastighet 1,0 m/s (P110). Detta ger  $t_r = 220/0,23 + 90/1 = 1047$  s = 17 min.

- Återkomsttiden (T) anger sannolikheten att motsvarande flöde inträffar eller överskrider ett enskilt år. Ett 10-årsregn är ett regntillfälle där sannolikheten att det inträffar ett enskilt år är 1 på 10. Sannolikheten att ett 10-årsregn inträffar under någon gång under en 10-årsperiod är 63 %. Sannolikheten att ett 10-årsregn överskrider under en 10-årsperiod är alltså större än sannolikheten att den underskrider. Flöden beräknas för återkomsttider om 5, 20 och 100 år enligt Roslagsvattens checklista (se kapitel 2.7). Då området anses vara ”gles bostadsbebyggelse” kan även en återkomsttid på 2 år användas enligt P110 (tabell 2.1).
- Klimatfaktorn (kf) i den rationella metoden används för att kompensera för ökade framtida nederbördsmängd och -intensitet. I Svenskt Vattens P110 (2016) rekommenderas en klimatfaktor på minst 1,2. Här används klimatfaktor 1,25 enligt Roslagsvattens checklista (kapitel 2.7).

I Tabell 4 redovisas resultatet av genomförda flödesberäkningar för nutida (exklusive klimatfaktor) och framtida (inklusive klimatfaktor 1,25) markanvändning, för ett 2-, 5-, 20- och 100-årsregn. För 2-årsregnet används dimensionerande varaktigheter både enligt ovan resonemang (22 minuter för nuvarande markanvändning, 17 minuter för framtida markanvändning) och enligt Roslagsvattens checklista (10 minuter). För 5-, 20- och 100-årsregnet används 10 minuters varaktighet.

För ett 2-årsregn förväntas nuvarande flöde (exkl. klimatfaktor) på 40 l/s öka till 189 l/s (inkl. klimatfaktor). Ett 5-årsregn förväntas med nuvarande markanvändning ge ett dagvattenflöde på 87 l/s (exkl. klimatfaktor) och med en framtida markanvändning 347 l/s (inkl. klimatfaktor), vilket motsvarar en ökning på 300 %.

**Tabell 4. Dimensionerande flöde för nutida respektive framtida markanvändning för ett regn med 2 års återkomsttid (22/17 och 10 minuters varaktighet) och 5, 20 och 100 års återkomsttid (10 minuters varaktighet). För nutida markanvändning används ingen klimatfaktor, för framtida markanvändning används klimatfaktor 1,25.**

	$Q_{dim}$ (l/s)				
	2-årsregn (22/17 min) (nutid/framtid)	2-årsregn (10 min)	5-årsregn (10 min)	20-årsregn (10 min)	100-årsregn (10 min)
<i>Nutida markanvändning (exkl. kf)</i>	40	64	87	137	234
<i>Framtida markanvändning (inkl. kf)</i>	189	256	347	548	934

### 3.2.4 Föroreningsbelastning

Föroreningstransport i planområdet har beräknats med StormTac (Larm, 2019) med indata i form av markanvändningsarealer enligt Tabell 2 tillsammans med årsmedelnederbörden (595 mm).

StormTac är en statistisk modell som bland annat modellerar föroreningshalter och belastning i dagvatten på årsbasis. Modellen bygger på data från både Sverige och andra delar av världen, främst västra Europa och USA. Föroreningssammansättningen i dagvatten omfattar i verkligheten stora inom- och mellanårsvariationer, samt stora geografiska skillnader. Det är därför svårt att ta hänsyn till lokala förutsättningar. Utifrån

denna kunskap är det viktigt att tolka siffror med försiktighet då de inhyser stora variationer och osäkerheter.

Av de tre prioriterade ämnena som överskrider gränsvärden för god kemisk status i recipient (se avsnitt 2.6.2) kan beräkningar i StormTac göras för TBT, till viss del för antracen (ingår i gruppen PAHer), men inte för PFOS (data saknas). För PAH och TBT baseras dock schablonvärden för olika markanvändningar endast på enstaka, ibland inga, data. De bör därför ses som högst osäkra.

Förutom PAH och TBT har även föroreningstransporten i dagvattnet (inkluderat basflöde) beräknats för kväve, fosfor, suspenderad substans (partiklar), olja och sju tungmetaller. För de allra flesta ämnen förväntas belastningen öka efter exploatering (om inga åtgärder vidtas), dock inte för kväve och partiklar. Föroreningsmängder av alla sju tungmetaller förväntas öka, högst ökning står kadmium och kvicksilver för (Tabell 5).

StormTac indikerar en procentuellt stor belastningsökning av PAH efter exploatering, men även en ökning av TBT (Tabell 5). Det ska poängteras att en ökning av mängden PAH inte nödvändigtvis motsvarar en liknande ökning av antracen. Gällande TBT är mängderna extremt små i förhållande till den primära källan av TBT (båtbottenfärg) och data väldigt bristfällig.

**Tabell 5. Beräknad föroreningsbelastning från planområdet i nuläget samt efter exploatering. Beräkningarna är genomförda med schablonvärden i StormTac. Förändringen i belastning markeras med ökad belastning i rött och minskad belastning i grönt. Grå text markerar högst osäkra data eller där data saknas.**

Parameter			Nutida belastning	Framtida belastning	Förändring
Fosfor	P	[kg/år]	1,1	1,2	+9 %
Kväve	N	[kg/år]	24	17	-29 %
Bly	Pb	[g/år]	46	60	+30 %
Koppar	Cu	[g/år]	89	170	+91 %
Zink	Zn	[g/år]	150	380	+153 %
Kadmium	Cd	[g/år]	0,93	4,0	+330 %
Krom	Cr	[g/år]	20	54	+170 %
Nickel	Ni	[g/år]	16	48	+200 %
Kvicksilver	Hg	[g/år]	0,062	0,31	+400 %
Partiklar	SS	[kg/år]	580	370	-36 %
Olja	Oil	[kg/år]	1,6	3,7	+131 %
PAH (antracen)	PAH	[g/år]	0,57	7,3	+1 181 %
Tributyltenn	TBT	[g/år]	0,015	0,022	+47 %
Perfluoroktansulfonat	PFOS		N.d.	N.d.	-

Den beräknade näringsämnestransporten efter exploatering motsvarar arealläckage på 4,2 kg N/ha/år och 0,19 kg P/ha/år, vilket är något över medelvärdena (28 % respektive 7 %) för hela Fiskarfjärdens avrinningsområde (se avsnitt 2.6).

### 3.2.5 Utjämningsbehov och magasinering

För att inte öka belastningen på nuvarande dagvattnet, samt uppnå långtgående rening av planområdets dagvatten, ska motsvarande 20 mm regn från hårdgjorda ytor fördröjas och renas i dagvattenanläggningar. Det innebär att 91 % av årsnederbörden fördröjs och

behandlas, vilket kan minska föroreningsbelastningen från dagvatten med 70-80 % (Stockholm Vatten, 2017a).

Tabell 6 visar det erforderliga magasinets behovet för planområdet för att omhänderta 20 mm nederbörd. Det största magasinets behovet uppkommer i och med takytorna (85 m<sup>3</sup>), men även de hårdgjorda ytorna framför skolbyggnaderna i form av parkering, väg och asfaltsytor behöver magasineras. Totalt behöver 210 m<sup>3</sup> dagvatten magasineras och renas inom området.

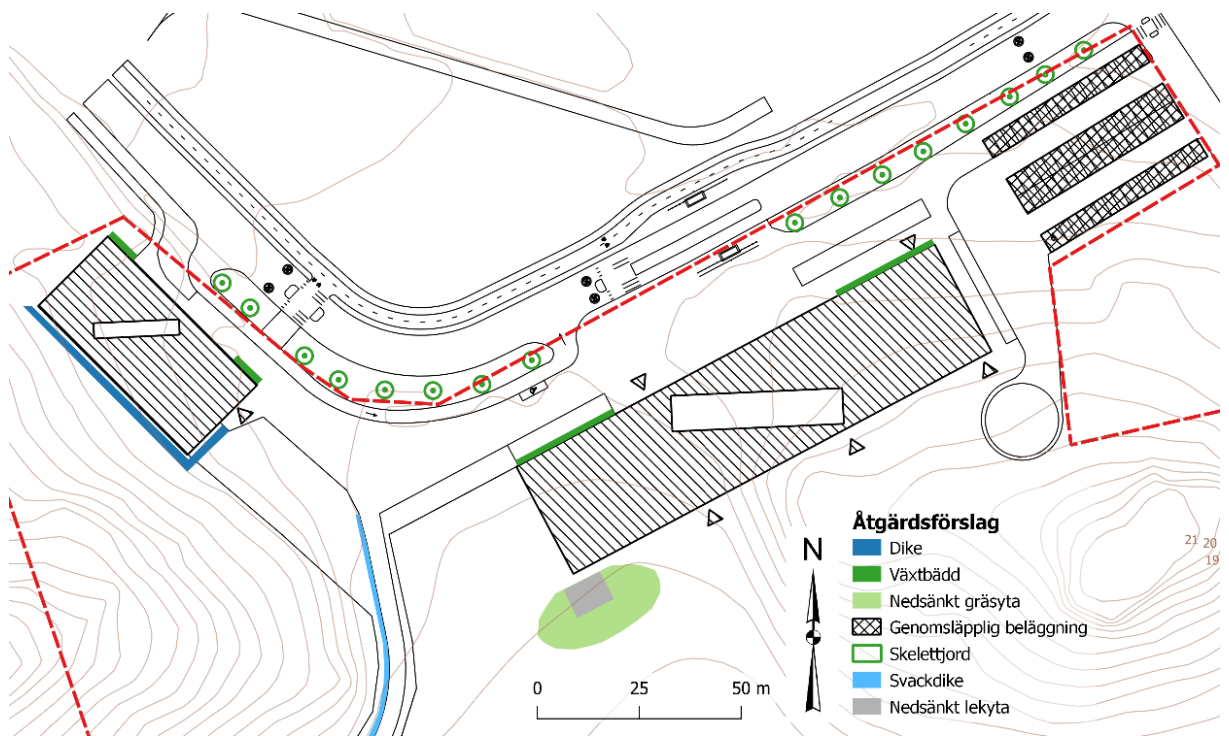
**Tabell 6. Behov av magasinets volym för framtida exploatering för att omhänderta motsvarande 20 mm nederbörd från hårdgjorda ytor.**

<b>Framtida markanvändning</b>	<b>A<sub>red</sub> [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Magasinsbehov [m<sup>3</sup>]</b>
Takyta	4 250	85
Gång-och cykelväg	500	10
Asfaltsyta	2 960	59
Parkering	1 490	30
Väg 1	1 280	26
<b>Totalt</b>	<b>10 480</b>	<b>210</b>

## **4 Föreslagen principiell dagvattenhantering**

Dagvattenhanteringen för skolan utgår från principen om fördröjning av 20 mm regn från hårdgjorda ytor, samt att reningsanläggningarna bör dimensioneras för ett motsvarande 2-årsregn. I avsnitten 4.1-4.6 beskrivs föreslagen dagvattenhantering för de olika hårdgjorda ytorna. Sedan följer kortare tekniska beskrivningar av de föreslagna åtgärderna i avsnitt 4.7 och en principiell dimensionering i avsnitt 4.8. I avsnitt 4.9 visas hur föreslagna dagvattenåtgärder har inarbetats i landskapsarkitekternas planskiss för området. För orienteringens skull presenteras de föreslagna åtgärderna nedan i Figur 15. Bilden återfinns även i Bilaga 2.





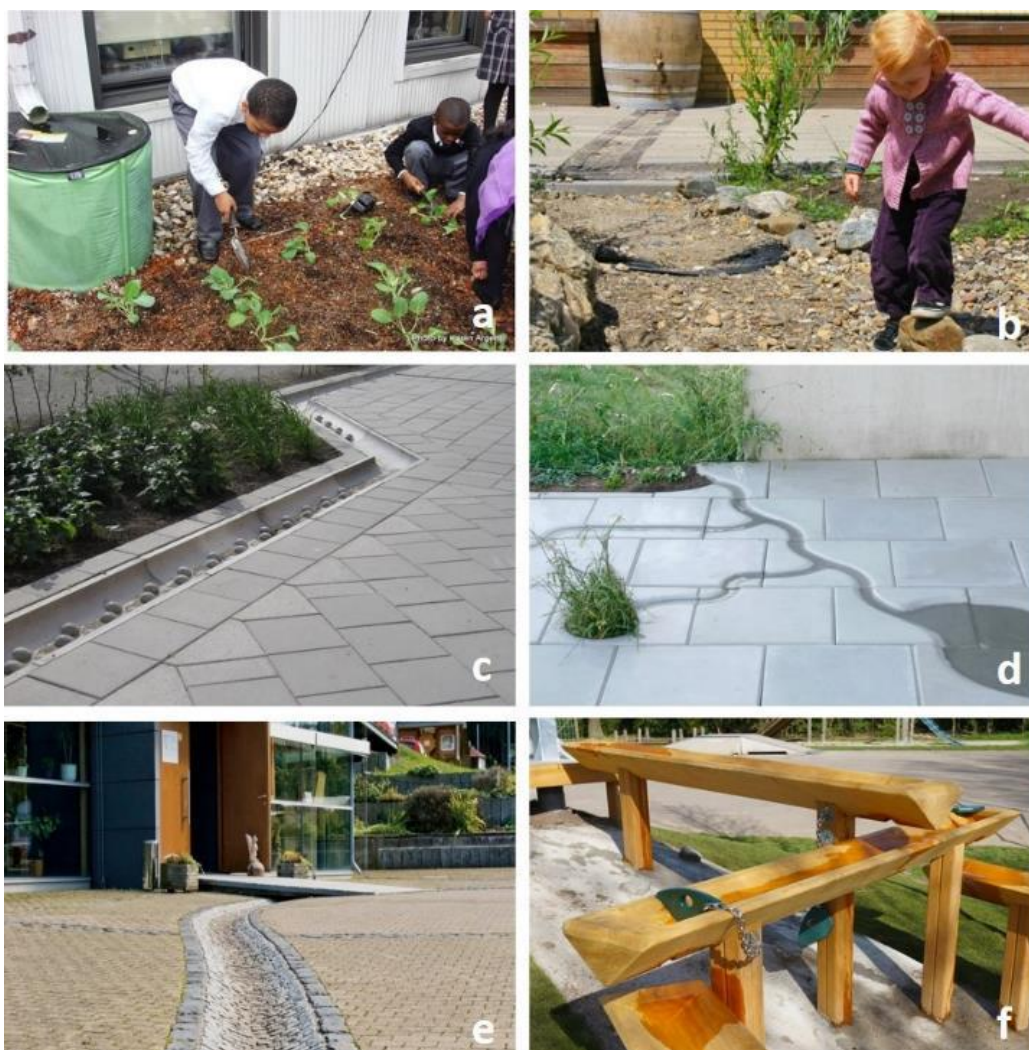
Figur 15. Föreslagna åtgärdsförslag utplacerade på planområdet. För växtbäddar, nedsänkt grönyta/lekya, genomsläpplig beläggning och skelettjord överensstämmer ytorna med föreslagen dimensionering enligt Tabell 7. För diket överensstämmer föreslagen längd. Svackdiket fortsätter till planområdets södra gräns. En större bild återfinns i Bilaga 2.

#### 4.1 Dagvatten för lek och lärande

Först och främst ska det poängteras att dagvatten kan användas som en resurs och tillgång. Det behöver inte bara vara något som ska avledas och renas. Takdagvatten kan samlas upp i regntunnor och användas till bevattning. Även på hårdgjorda ytor kan små dagvattenrännor och ”dammar” (pölar) anläggas i exempelvis gatsten. Lätt lutande trärännor kan byggas i olika vinklar för att bjuda in till lek. Se exempel i Figur 16.

Ett annat exempel där dagvatten används som en resurs är på Tåsinge plads, Köpenhamn. Regnvatten från omkringliggande takytor samlas upp i en underjordisk tank där vattnet renas. Från tanken kan vattnet sedan pumpas upp till ytan genom ”regndroppar” på torget. Från ytan rinner vattnet sedan till nedsänkta växtbäddar i en annan del av torget. Regnparasoll bredvid dropparna samlar också upp regnvatten och tillsammans bildar de även en konstinstitution (Figur 17).

Att synliggöra dagvattnet kan vara en viktig pedagogisk resurs och skulle i detta fall kunna integreras i skolverksamheten.



Figur 16. Exempel på tillvaratagande av takvatten som en resurs för skolverksamhet. (a) Regntunna för bevattning av rabatter på grönt tak [[stormwater.pca.state.mn.us](http://stormwater.pca.state.mn.us)], (b) Regntunna för vattenlek [[www.fonds1818.nl](http://www.fonds1818.nl)], (c) "Lökränna" för öppen avledning som bjuder in till vattenlek [[www.steriks.se](http://www.steriks.se)], (d) Betongplattor med rännor och "dammar" som kan läggas i olika mönster [[www.kathlijndebooij.nl](http://www.kathlijndebooij.nl)], (e) Öppen dagvattenränna i gatsten [[groenblauwenetwerken.com](http://groenblauwenetwerken.com)], (f) Träränna för vattenlek (som skulle kunna anslutas till en regntunna) [[www.houtplezier.nl](http://www.houtplezier.nl)].



Figur 17. Regnparasoll och vattendroppar på Tåsinge plads. Parasollen samlar upp regnvatten och ger skydd mot regnet. Vid vattendropparna kan renat dagvatten från taktytor genom underjordiska magasin pumpas upp till ytan med manuella pumpar.

## 4.2 Takytor

Idrottshallen i planområdets nordvästra hörn kommer att placeras nedanför en skogsbacke. Det är därför lämpligt att anlägga ett avskärande dike på två sidor om huset. Diket kan förstärkas med ett infiltrerbart matjordslager ovanpå dräneringsrör som ansluter till husgrundsdräneringen. På så sätt fördröjs naturmarksavrinningen innan vidareledning till dagvattennätet. Diket bör dimensioneras för att även omhänderta avrinning från idrottshallens södra tak. Takdagvattnet kan ledas till diket via kortare, stensatta (eller på annat sätt erosionskyddade) avledningsvägar nedanför utkastarna.

Avrinningen från idrottshallens norra tak omhändertas i upphöjda växtbäddar. I det nordvästra hörnet av byggnaden finns lämplig plats för dessa. Takdagvattnet fördröjs i ett ovanpåliggande magasin ovanpå matjorden innan det infiltrerar och renas genom växtjordssubstratet. På liknande sätt kan dagvatten från huvudbyggnadens norra tak ledas till växtbäddar för rening och fördröjning. Upphöjda växtbäddar kan estetiskt och praktiskt passa bra längs huskroppar då de upplevs som rabatter/planteringar (Figur 18). Ett alternativ är att ha växtbäddarna nedsänkta i en nivå ett par decimeter under omgivande marknivå då detta minskar anläggningskostnaderna, se kapitel 6. Se teknisk beskrivning av växtbäddar i avsnitt 4.7.1.

Anläggningen av växtbäddar är också en möjlighet att synliggöra dagvattnet och integrera frågor kring odling och vattnets kretslopp i skolverksamheten. Enklare åtgärder som att placera en regntunna innan, eller bredvid, växtbädden skulle möjliggöra att barnen kan leka med vattnet och vattna växterna. Regntunnorna bör ha en bräddfunktion som ansluter till växtbädden och en enklare avtappningskran för att kunna ta vatten, se exempelvis Figur 16 (a) och (b).

Huvudbyggnadens södra takdel skulle kunna ledas till en nedsänkt gräsyta som integreras i ytorna för utelek. Gräsytan bör vara lätt nedsänkt, skålformad och förstärkt med ett ytligt infiltrerbart matjordslager (Figur 18). Gräsytan bör placeras i omgivningens lägsta

punkt, vid byggnadens sydvästra hörn. Se teknisk beskrivning av nedsänkt grönyta i avsnitt 4.7.2. Avledning från taket kan även här ske via takvattenutkastare med tät avledning, t.ex. betongränna. Rännan bör vara minst 2,5 m och luta 5 % för att vattnet inte ska belasta husgrundsdräneringen.

Ett mindre slit- och erosionskänsligt alternativ till en nedsänkt grönyta är att anlägga en nedsänkt lekyta som kan integreras i skolgården. Ytan täcks med exempelvis grus eller markplattor med genomsläppliga fogar och underbyggs med ett makadammagasin för renande effekt. Vatten kommer endast vara stående i ytan vid kraftiga eller väldigt långvariga regn, varför den kan samutnyttjas som lekyta, samlingsplats, amfiteater (Figur 19), basketplan eller liknande.



Figur 18. (t.v.) Upphöjd växtbädd längs en husvägg. (t.h.) Nedsänkt grönyta.



Figur 19. En nedsänkt yta på skolgård i Augustenborg, Malmö, fylls vid kraftiga regn och fördröjer dagvattnet som infiltrerar genom grusbotten. Ytan fungerar också som amfiteater, samlingsplats och vattenlekplats (Huddinge kommun, 2014).

### 4.3 Parkering

Parkeringar är sett till dagvattenkvalitet högbelastande ytor. Skolans parkering bör anläggas med helt, eller delvis genomsläppliga ytor. Om endast delar av parkeringen anläggs med permeabel yta bör dessa ytor utgöra lågpunkter dit de hårdgjorda ytorna lutar. Under den genomsläppliga beläggningen anläggs ett makadammagasin som möjliggör rening av framför allt partikelbundna föroreningar genom sedimentation. För att uppnå högre avskiljningsgrad bör magasinets dränering vara placerad en bit ovanför dess bottennivå. Se teknisk beskrivning av genomsläpplig beläggning i avsnitt 4.7.3.

Figur 20 visar exempel på genomsläpplig beläggning som är lämplig för parkeringsytor med personbilar. Ett alternativ för skolan är att ha någon av beläggningarna på parkeringsplatserna, medan tillfartsvägarna byggs av konventionell asfalt. Alternativt anläggs hela parkeringen med genomsläpplig asfalt som även tål tung trafik.



Figur 20. Exempel på användning av genomsläppliga material på parkeringsytor. (a) Gräsarmering med betonghålsten, (b) gräsarmering med "Pelle-platta" [www.vegtech.se], (c) Marksten med glesa, genomsläppliga fogar, (d) Gräsarmeringsplattor [alltimark.se].

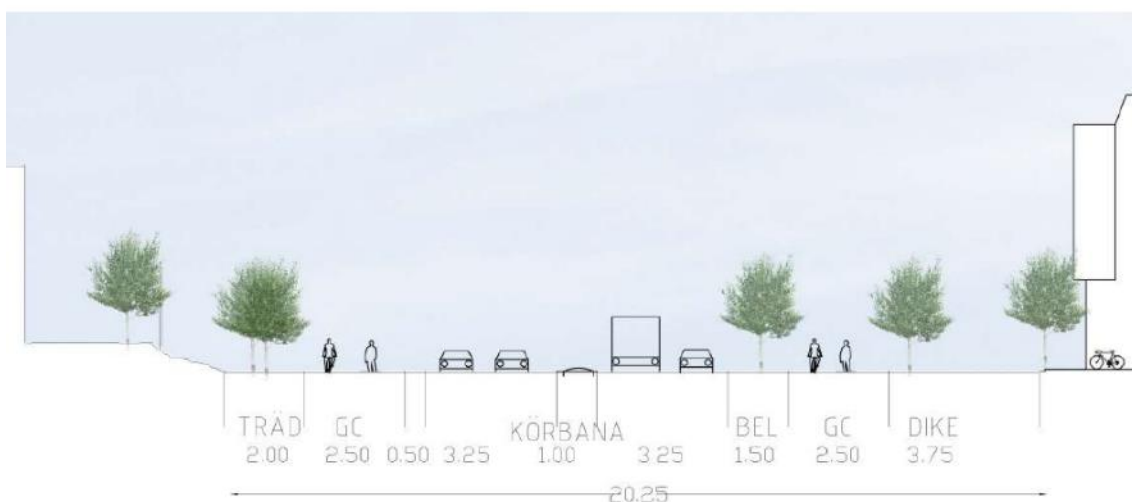
### 4.4 Väg och asfaltsytor

Utmed Bryggavägen kommer en del hårdgjorda gång- och körytor att anläggas för till exempel hämtning och lämning. Mellan dessa ytor och själva Bryggavägen planeras även trädplanteringar, vilket ger en ypperlig möjlighet att omhänderta dagvattnet i skelettjordar. Enligt ett preliminärt förslag till gatusektion utmed Bryggavägen finns gott om plats för grönska och trädplantering (Figur 21). I situationsplanen (Figur 12) har 20 träd schablonmässigt placerats ut längs med Bryggavägen. Det krävs totalt 17 träd planterade i skelettjord för att omhänderta dagvattnet från skolans vägar och asfaltsytor.

Genom anläggandet av fler träd i skelettjord möjliggörs även omhändertagande av dagvatten som alstras på Bryggavägen (utanför planområde). Vägen kommer att byggas

om för att bland annat inrymma farthinder, busshållplats m.m. Då både Bryggavägen och dagvattenalstrande ytor inom planområdet i framtiden kommer att omhändertas i lokala lösningar behövs troligen inte det befintliga vägdiket som löper på södra sidan Bryggavägen (se Figur 9, s.13). Det kan givetvis behållas helt eller delvis om det finns utrymme för detta i framtida ombyggnation för att fungera som en nödlösning för bräddande vatten vid kraftiga regn.

Träden planteras i luftiga jordar av makadam med inblandning av biokol och kompost. Dagvattnet från omgivande ytor leds till trädens rotsystem exempelvis genom ytliga dagvattenrännor eller genom rännstensbrunnar. I skelettjorden (Figur 22) skapas en fördröjningsvolym för dagvattnet, där det samtidigt kan ske ett näringsupptag av trädrötterna. Se teknisk beskrivning av skelettjord i avsnitt 4.7.4.



Figur 21. Förslag till gatusnitt för Bryggavägen intill planområdet (Total arkitektur och urbanism, 2018).



Figur 22. Skelettjord på lokalgata i Norra Djurgårdsstaden, Stockholm.

## 4.5 Gång- och cykelväg

För den gång- och cykelväg som leder från skolgården och söderut till Ekebyhovsallén kan ett svackdike, alternativt ett makadamdike, anläggas. Svackdiket består av en skålformad gräsyta som avleder dagvattnet (Figur 23). Diket kan förstärkas med dränering i botten, men det behövs inte i detta fall då det handlar om relativt små dagvattenflöden med små mängder föroreningar. För att minska kostnaderna är det tillräckligt att anlägga ett svackdike på ena sidan GC-vägen, som därför bör luta svagt ned mot diket. Då GC-vägens sträckning lutar cirka 4 % bör svackdiket anläggas i sektioner med dämmen (Figur 23) för att förhindra höga vattenhastigheter (maximalt 1 m/s). Se teknisk beskrivning av svackdike i avsnitt 4.7.5.



Figur 23. (T.v.) Svackdike mellan GC-väg och bilväg i Uppsala. (T.h.) Svackdike med erosionskyddat inlopp i makadam och sektioner med dämmen.

## 4.6 Anslutning till befintligt dagvattennät

De dagvattenanläggningar som konstrueras närmast Bryggavägen (skelettjordar, genomsläpplig parkeringsyta, växtbäddar och det avskärande diket) kan höjdmässigt anslutas till den befintliga dagvattenledningen utmed Bryggavägen. Viktigt att poängtera är att anslutning sker genom dränering i botten av anläggningarna, efter rening och fördröjning. Växtbäddarna bör ha ett bräddavlopp som också ansluts till dagvattennätet.

Svackdiket längs med GC-vägen leds söderut och ansluts till befintligt vägdike utmed Ekebyhovsallén (Figur 7). Från den nedsänkta gräsytan/lekytan skulle en dränering kunna anläggas som ansluts till svackdiket. Ytan skulle också kunna anläggas utan botten, det vill säga tillåta infiltration från matjordslagret/makadammagasinet till grundvattnet. Då gräsytan/lekytan har dimensionerats för 20 mm i ett ytligt magasin, finns en buffertvolym i det porösa marklagret/makadamlagret. Vid kraftigare regn som överstiger dess kapacitet kan ytan brädda naturligt och vattnet rinna söderut i terrängen till vägdiket utmed Ekebyhovsallén.

## **4.7 Tekniska beskrivningar av åtgärdsförslag**

Nedan följer kortfattade tekniska beskrivning av de åtgärder som föreslås i avsnitt 4.2 till 4.5, samt en översikt av respektives anläggnings behov av skötsel och drift.

### **4.7.1 Växtbäddar**

För att hantera dagvatten som alstras på de norra takytorna av idrottshallen och huvudbyggnaden rekommenderas upphöjda växtbäddar som placeras i anslutning till byggnaderna. Takvatten leds exempelvis till växtbäddarna genom utkastare med erosionsskydd.

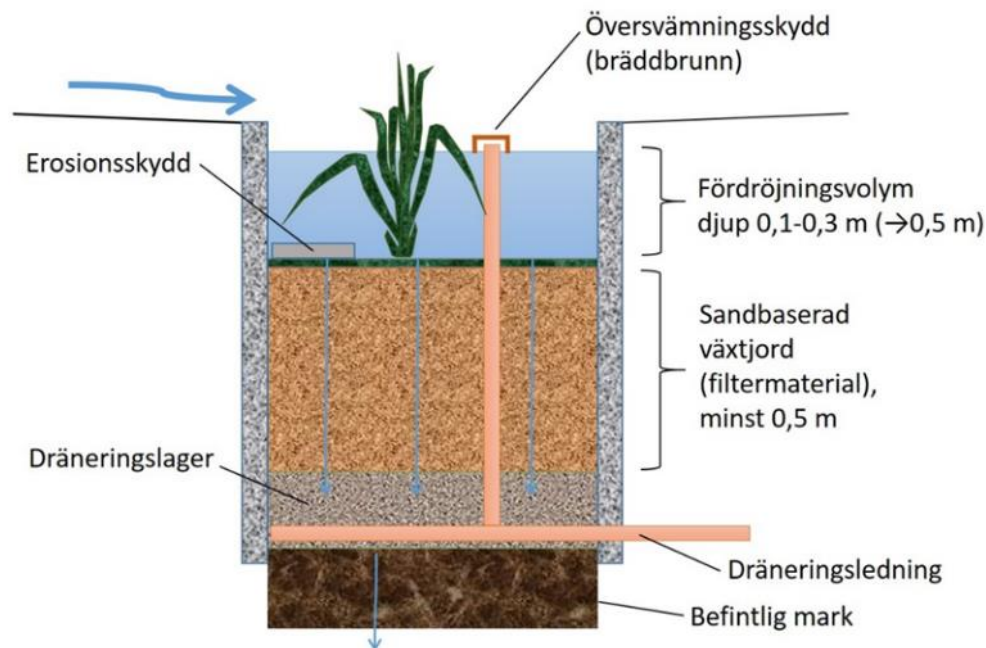
Växtbäddars utformning kan anpassas till platsspecifika förhållanden och önskat utseende, vilket innebär att de kan se väldigt olika ut. Följande beståndsdelar förekommer dock i de flesta anläggningar (i ordning av vattnets väg genom anläggningen); inlopp med erosionsskydd, fördröjningszon med bräddbrunn, filtermaterial och dräneringslager (Figur 24). Minsta anläggningsdjup för växtbäddar är cirka en meter. Om de anläggs något upphöjda kring skolbyggnaderna, exempelvis 0,5m, kan avvattning och dränering då ligga cirka 0,5 m under mark.

Fördröjningszonen består av ett ytmagasin som oftast är 10–30 cm högt och gör att dagvatten tillfälligt kan bli stående i bädden innan det infiltrerar. Om fördröjningszonen fylls leds överskottsvattnet till dagvattennätet genom en bräddbrunn som anläggs i höjd med växtbäddens övre kant. Det är viktigt att anlägga bräddbrunnen på rätt nivå (se Figur 24), annars försvinner hela fördröjningsvolymen!

Under fördröjningsvolymen anläggs en filterzon av sandbaserad växtjord men en mindre andel lera. Organiskt material (till exempel kompost) kan tillföras i bäddens övre skikt för att förbättra den vattenhållande förmågan, till nytta för växtligheten. Det är viktigt att sandjorden har tillräcklig infiltrationskapacitet. Rekommenderad infiltrationskapacitet är cirka 100 (50–300) mm/h och filterdjupet bör vara minst 500 mm.

Växtbädden kan både ha en tät eller öppen botten beroende på föroreningsbelastning och/eller infiltrationskapaciteten i underliggande mark. I detta projekt kommer infiltration till underliggande mark vara begränsad på grund av lera. Oavsett val ska det anläggas ett dräneringslager i botten av bädden med en dräneringsledning omgiven av ett lager makadam (Figur 24).





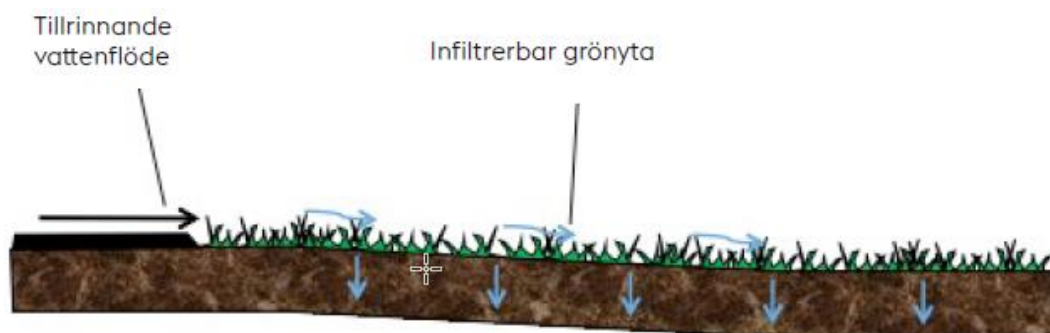
Figur 24. Principiell uppbyggnad av en växtbädd.

Under etablering av växtbädden krävs regelbunden bevattning. Kontroll av växtligheten etablering bör ske under de första ett till två åren. Löpande underhåll innefattar ogräsrensning och växtskötsel samt inspektion och rensning av inlopp och bräddavlopp. Efter hand kommer filtermaterialets genomsläpplighet att minska. För att åtgärda detta behöver ytlagrets antingen luckras upp eller bytas ut. Den senare åtgärden minskar risken för att de föroreningar som bundits i ytan frisätts genom nedbrytning av organiskt material.

#### 4.7.2 Infiltration i grönyta

Den infiltrerbara grönytan är tänkt att omhänderta dagvattnet från huvudbyggnadens södra tak. Det utformas lätt skålformad för att undvika att vatten rinner vidare söderut. För att motverka erosionsbildning bör lutningen på markytan inte överstiga 5 %. Om vattnet leds från exempelvis en takvattenutkastare bör ett tvärgående dike anläggas för att sprida ut dagvattnet på bred front över gräsytan. Gräsytan anläggs så att den utgör en lokal lågpunkt i landskapet dit vattnet leds och kan bli stående tillfälligt innan det infiltrerar ner genom marken (Figur 25).

Den viktigaste komponenten i grönytan, utöver höjdsättningen för att skapa fördröjningsvolymen, är den väl-dränerade överytan som besås med gräs. Här kan sand användas som huvudkomponent, liksom växtbäddar, eller en markuppbyggnad av sten (90 %) och kompost (10 %), så kallad *schotterrasen*. Ytan får därigenom en hög infiltrationskapacitet. Under överytan bör det finnas ett lager sorterat, grovkornigt material för att säkerställa god dränering.



Figur 25. Principskiss för infiltration i en vanlig grönyta. Vattnet leds till ytan på bred front. Infiltrationsförmågan kan förstärkas om sand blandas in i det jordlager som ligger närmast grösytan. Ytan kan också göras skålförmad.

Bevuxna grönytor är relativt enkla att underhålla. Det är viktigt att etablera önskad växtlighet snarast för att motverka erosionsskador och ogräs. Därefter innefattar underhållet av gräsklippning och rensning av skräp och löv. Genomsläppligheten kan minska något med tiden och bör därför återställas genom att luckra upp ytlagret eller ta bort det helt.

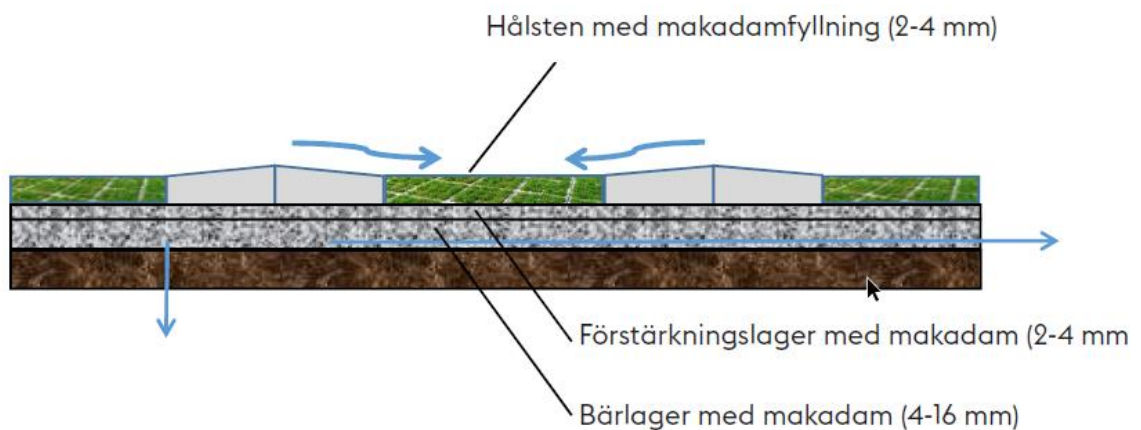
#### 4.7.3 Genomsläpplig beläggning

Det finns flera olika slags genomsläppliga beläggningar som kan användas som alternativ till skolans parkering; grus, hålstensbeläggning, beläggningar med genomsläppliga fogar och genomsläpplig asfalt är några exempel. Utformningen måste anpassas efter platsens förutsättningar och tänkt användning. Exempelvis betonghålsten tål inte belastning från tyngre fordon om de anläggs på sättsand utan nollfraktion.

För att parkeringsytan ska tåla belastningen från motorfordon krävs en konstruktion med ett bärlager i botten, som förslagsvis kompletteras med ett förstärkningslager. Bärlager och förstärkningslager får inte innehålla nollfraktion för att upprätthålla en god porositet. Bärlagret kan exempelvis bestå av makadam 4–16 mm och förstärkningslagret av makadam 2–4 mm (Figur 26) som trycks samman för att minska risken för förskjutningar. Dessa makadamlager utgör därmed det magasin som krävs för att fördröja 20 mm avrinning.

I konstruktionens botten installeras dräneringsrör som ansluts till dagvattennätet. Anslutningen sker lämpligen via en brunn med flödesstrykning för att säkerställa en trög dränering som ökar föroreningsavskiljningen i konstruktionen. Ovanpåliggande beläggning i detta fall skulle kunna vara genomsläpplig asfalt eller marksten med genomsläppliga fogar (se Figur 20c).

Vald beläggning styr också drift och skötselbehovet. Exempelvis kan en behöva klippa gräs, rensa ogräs, högtryckstvätta och vakuumsuga eller byta igensatt fogmaterial. Vid rengöring med högtrycksspolning är det viktigt att samla upp eventuella föroreningar som frigörs. Vintertid bör sandning ske med fraktion som ej innehåller nollfraktion. Rekommenderad sandfraktion är 4–8 mm för att inte sätta igen ytan. Salt bör undvikas då det kan leda till igenslamning.



Figur 26. Principskiss för genomsläpplig beläggning. Ytan byggs upp med ett bärlager av grov makadam i botten, eventuellt överlagrat av ett förstärkningslager och slutligen vald beläggning, i detta fall gräsarmerande betonghålsten.

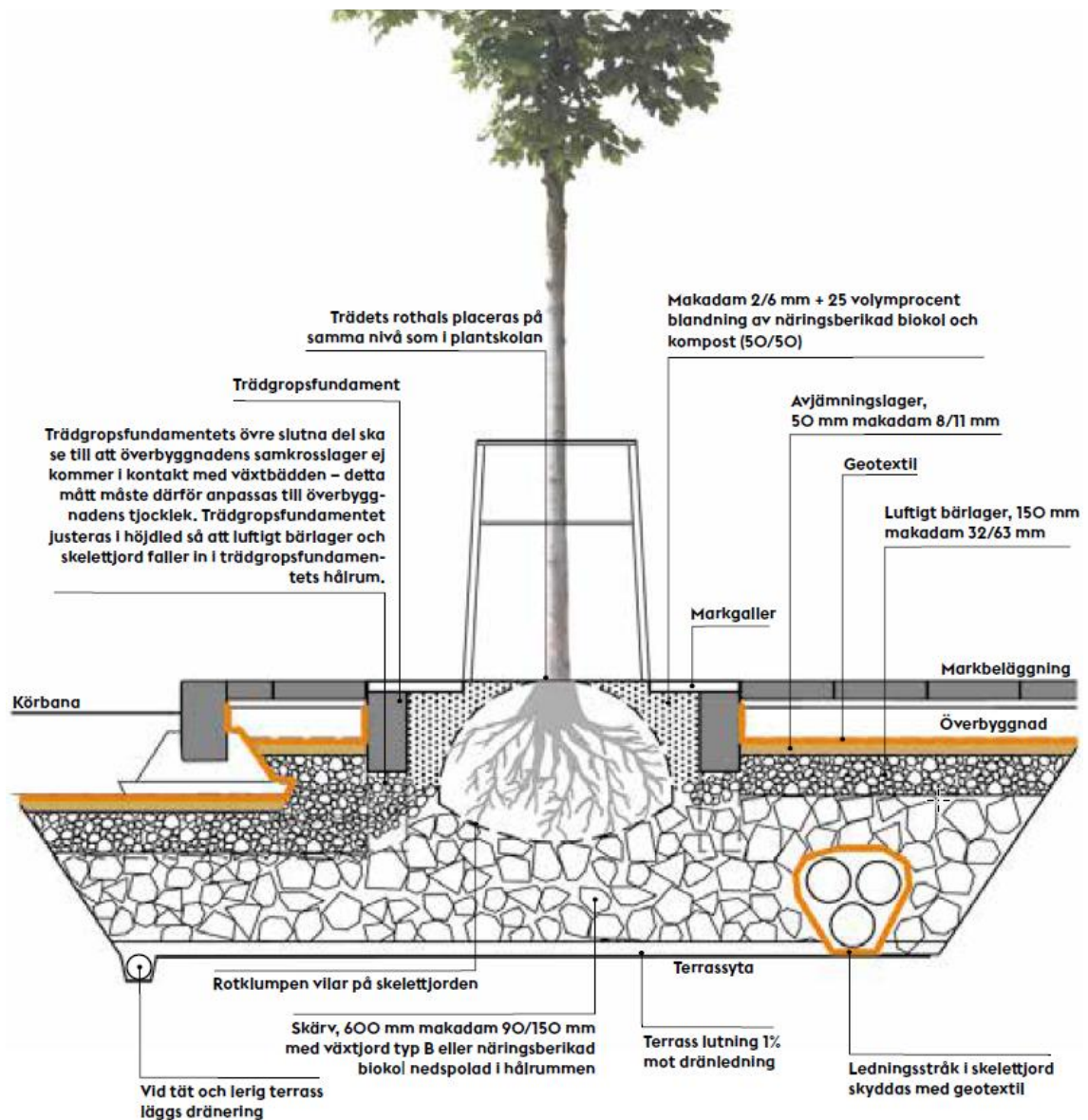
#### 4.7.4 Skelettjord

Att plantera träd i stadsmiljö i skelettjord ger flera fördelar. Förutom att fördröja och rena dagvatten bidrar de även med näringstillförsel och vitalitet till träden. Ofta har träd i stadsmiljö ett för litet markutrymme för att utvecklas naturligt. Med så kallad skelettjord skapas en extra tillväxtzon för rotsystemen. Träden längsmed Bryggavägen bör anläggas i skelettjord. På så vis kan de omhänderta dagvatten både från hårdgjorda ytor inom planområdet, men även från Bryggavägen.

När trädet ska planteras fylls en utschaktad grop med grov makadam (100–150 mm skärv) i vilket även jord/kompost vattnas ned i hålrummen. I Stockholm stad är det även standard att blanda i biokol tillsammans med jorden för ökad rening. Detta överlagras sedan med ett cirka 20 cm tjockt luftigt bärlager (makadam 32–64 mm). Närmast rotklumpen kan även ett finare makadamlager (2–6 mm) med biokol och kompost anläggas (Figur 27).

Dagvatten som alstras på omkringliggande ytor kan ledas till skelettjordarna via rännstensbrunnar med sandfång och dräneringsledning, alternativt via kombinerade luftnings- och dagvattenbrunnar. Strax ovanför skelettjordens botten anläggs en dräneringsledning. På så sätt skapas ett sedimentationsmagasin för ytterligare föroreningsavskiljning. En normalstor skelettjord med porositet på 30 % har förmågan att fördröja cirka 5 m<sup>3</sup> dagvatten per träd.

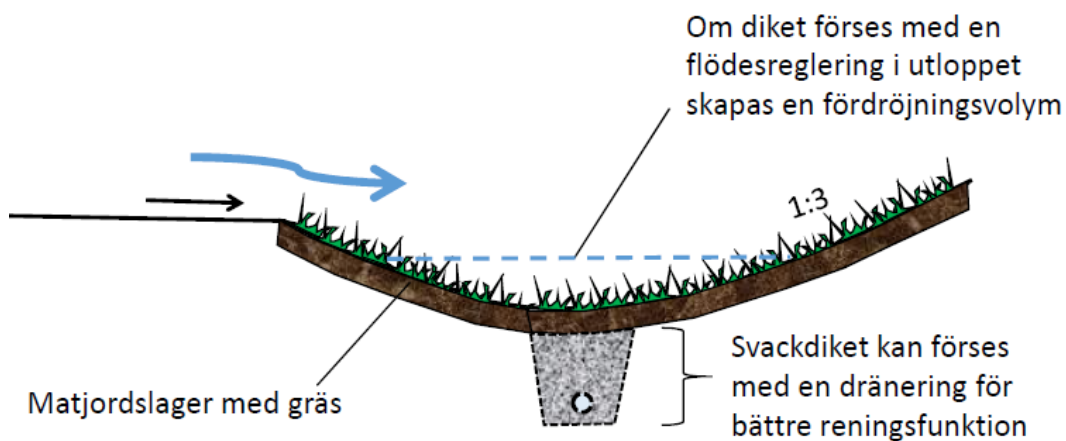
Efter anläggning är skelettjordar relativt underhållsfria. Dock krävs regelbunden rensning av brunnar så att tillförsel av både vatten och syre kan upprätthållas (gäller där skelettjordar ligger under tät beläggning). Om föroreningsbelastningen är hög (t.ex. om dagvatten omhändertas från tungt trafikerade vägar) kan skelettjorden behöva bytas ut med jämna mellanrum då sedimenterade partiklar kan sätta igen porer och minska infiltrationskapaciteten



Figur 27. Principskiss för en skelettjord (Stockholms stad, 2017).

#### 4.7.5 Svackdike

Ett svackdike, som är enkel i sin konstruktion, är lämplig att anlägga utmed GC-vägen. Det är ett skålformat dike med svagt sluttande, gräsbevuxna kanter (Figur 28) som etableras på naturmark i nivå under GC-vägen. Svackdiket bidrar till en trög, renande avledning av dagvattnet. Dikets flödesutjämnande funktion kan förstärkas med dämmen som byggs i sektioner och eventuellt ett strypt utlopp. Svackdiket bör i vart fall anläggas med dämmen i detta fall på grund av markens fall (cirka 4 %). Dess renande funktion kan också öka om ett dränerande makadamlager anläggs under diket. Detta behövs emellertid inte här då dagvattnet bedöms vara relativt ”rent” och alstras i små volymer. Under vintertid kan svackdiken med fördel utnyttjas som lagringsyta för snö.



Figur 28. En principskiss för ett svackdike som etableras på naturmark i nivå under ytan som ska avvattnas.

Vid nyanläggning bör diket snarast besås med snabbväxande gräs, som ger skydd mot erosion och ogräs. Därefter är anläggningen relativt lättskött. Underhåll inkluderar gräsklippning, renhållning och rensning av eventuellt sediment på dikesbotten. Sedimentreningen minskar risken för att föroreningar ska spolats bort eller frisättas genom nedbrytning av organiskt material. In- och utlopp bör kontrolleras regelbundet.

#### 4.8 Översiktlig dimensionering

I detta avsnitt har föreslagna åtgärder (se Figur 15) dimensionerats översiktligt (Tabell 7). Dimensioneringen har utgått från de riktlinjer för kvartersmark och parkeringsytor som har tagits fram för Stockholm stad (Stockholm Vatten, 2017b). Det innebär att 20 mm nederbörd från hårdgjorda ytor omhändertas i renande och filtrerande dagvattenanläggningar som dimensioneras utifrån ett 2-årsregn, precis som enligt Roslagsvattens checklista.

**Tabell 7. En översiktlig dimensionering av föreslagna dagvattenåtgärder för att omhänderta 20 mm avrinning från hårdgjorda ytor inom planområdet. Ytbehov anges i dagvattenåtgärdens ytprocent i förhållande till den hårdgjorda yta den avvattnar.**

Yta som avvattnas	A <sub>red</sub> [m <sup>2</sup> ]	Dagvattenåtgärd	Ytbehov	Dimensionering
Tak idrottshall norra	570	Växtbäddar	5 %	2 st. bäddar à 8,5 x 1,7 m Fördröjningsvolym = 150 mm Filterdjup = 500 mm med porositet 0,3 och infiltrationskapacitet 100 mm/h
Tak idrottshall södra	570 + 390*	Avskärande flackt dike		Längd = 68 m Bottenbredd 0,55 m Släntlutning 1:3 Djup = minst 0,3 m
Tak skolbyggnad norra	1 560	Växtbäddar	5 %	2 st. bäddar à 26 x 1,5 m Fördröjningsvolym = 150 mm Filterdjup = 500 mm med porositet 0,3 och infiltrationskapacitet 100 mm/h
Tak skolbyggnad södra	1 560	Alt 1) Nedsänkt grönyta med tvärgående spridningsdike	25 %	Yta = 390 m <sup>2</sup> Fördröjningsvolym (medeldjup nedsänkning) = 60 mm Filterdjup = 200 mm med porositet 0,15 och infiltrationskapacitet 100 mm/h
		Alt 2) Nedsänkt lekyta med underliggande makadammagasin	5 %	Yta = 80 m <sup>2</sup> Fördröjningsvolym (nedsänkning) = 400 mm Underliggande makadammagasin = 100 mm
Parkeringsplats	1 490	Genomsläpplig beläggning med underliggande makadammagasin	70 %	70 % av parkeringsytan (drygt 1 000 m <sup>2</sup> ) anläggs med genomsläpplig beläggning Underliggande makadammagasin = 100 mm med porositet 0,3, bestående av förstärkningslager (2–4 mm makadam) och bärlager (4–16 mm makadam)
Infartsväg och asfaltsytor framför skolbyggnader	4 240	Skelettjord	6 %	Minst 17 träd anläggs med skelettjord. Filterdjup (för fyllnad av makadam, kompost, biokol) = 1000 mm Porositet = 0,3 Yta per träd = 15 m <sup>2</sup>
GC-väg	500 + 590*	Svackdike	10 %	Längd = 153 m Bredd = 1,2 m Släntlutning = 1:5 Medeldjup = 0,12 cm
Ytor för lek och lärande på olika delar av skolgården	-	Regntunnor, vattenrännor, "dammar", manuella vattenpumpar osv.	-	Utformas och designas vid projektering. Bör tas med av exempelvis arkitekt och/eller landskapsarkitekt.

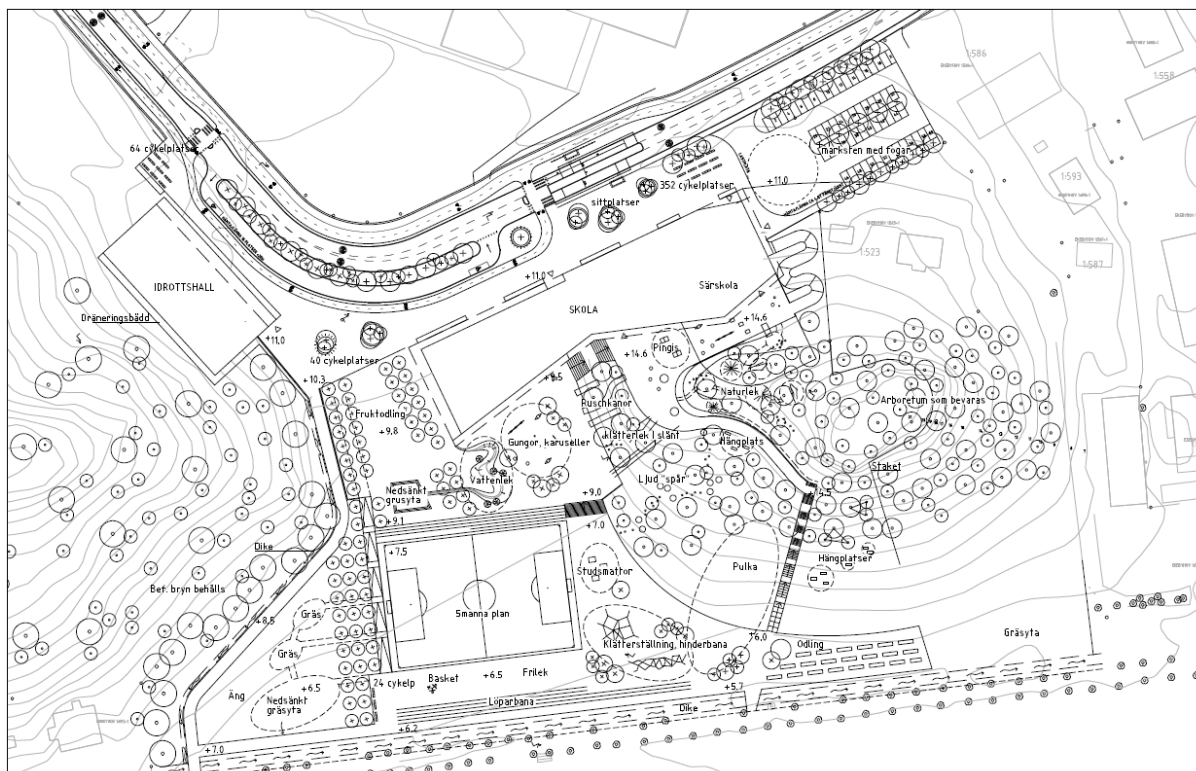
\* Siffra inkluderar diffus avrinning från omgivande skogsmark.

## 4.9 Dagvattenåtgärder i planförslaget (landskap)

Utifrån denna utrednings granskningsversion har dagvattenåtgärder inarbetats i planförslaget utformat av landskapsarkitektfirman Nivån landskapsarkitektur (Figur 29). I stort sätt har de föreslagna åtgärderna antagits, för vissa har mindre justeringar gjorts.

- Upphöjda växtbäddar har placerats på byggnadernas framsida för att omhänderta dagvatten från taken.
- Diket bakom idrottshallen föreslås bli en dräneringsbädd.
- Söder om huvudbyggnaden planeras en nedsänkt gräsyta som föregås av ”vattenlek” (ett slingrande öppet dike).
- Träd längs med Bryggavägen planteras med skelettjord.
- Parkeringsplatser i öster beläggs med marksten med genomsläppliga fogar.
- Ett dike anläggs utmed GC-vägen.

Dessutom har det tillkommit en nedsänkt gräsyta i områdets sydvästra del, nedanför en femmanna-plan för fotboll och väster om en löparbana som löper parallellt med Ekebyhovsallén.



Figur 29. Planförslag (landskap) för Bryggavägen daterad 2019-06-11 med dagvattenåtgärder inarbetade (Nivån Landskapsarkitektur).

## 5 Effekter av föreslagen dagvattenhantering

Utifrån att föreslagna åtgärder implementeras enligt kapitel 4 kan det förväntas en robust och långsiktigt hållbar dagvattenhantering inom planområdet med långtgående rening av alla sorters föroreningar. Ett omhändertagande av 20 mm nederbörd från hårdgjorda ytor under ett 2-årsregn innebär också ett välbalanserat system där stora volymer dagvatten

fördröjs, samtidigt som anläggningarna inte överdimensioneras och blir kostandsineffektiva. Trots att detaljplanen innebär exploatering av naturmark minskar det dimensionerande flödet och även föroreningsbelastningen i de allra flesta fall.

## 5.1 Dimensionerande flöde, utjämning och magasinering

Med omhändertagande av 20 mm avrinning innebär det att ett dimensionerande 2-årsregn får en varaktighet på 160 min<sup>6</sup>. Vid denna varaktighet har det dimensionerande regnets intensitet sjunkit så pass att det dimensionerande flödet för planområdet blir 41 l/s (inkl. klimatfaktor 1,25), vilket är lägre än det dimensionerande flödet för nuvarande situation på 64 l/s (exkl. klimatfaktor), se Tabell 4.

Totalt utjämnas och magasineras 210 m<sup>3</sup> dagvatten från hårdgjorda ytor i områdets föreslagna dagvattenanläggningar, samt ytterligare 20 m<sup>3</sup> från diffust avrinnande skogsmark.

## 5.2 Föroreningsbelastning

Utifrån internt arbetsmaterial samt data från StormTac (Larm, 2019) har den förväntade föroreningsbelastningen efter exploatering med föreslagna åtgärder uppskattats (Tabell 8). Avskiljningsgrader presenteras som intervall för de anläggningar som föreslås i utredningen. Ur belastningssynpunkt är det viktigast att de anläggningar som mottar dagvatten från högbelastande ytor som infartsvägar och parkeringsytor är väl dimensionerade. I detta fall innebär det genomsläpplig beläggning med makadammagasin och skelettjordar, vilka också generellt har något högre reningsgrader än exempelvis svackdike och nedsänkta grönytor. Därför kan Tabell 8 ses som en försiktig beräkning.

Tabellen visar att med förväntade reningsgrader bör näringsämnen fosfor och kväve, partiklar, olja och tungmetallerna bly, koppar och zink minska. För kadmium, krom och nickel indikerar beräkningarna att en minskning i belastningen bör kunna uppnås med väl dimensionerade och utformade anläggningar. Kvicksilver kräver en 80-procentig avskiljning, vilket är rimligt att uppnå med föreslagna åtgärder. Dock är mängderna så små (0,062 g/år) att tillgängliga data omöjliggör en mer exakt uppskattning av avskiljning för den specifika platsen.

Gällande belastningen av PAHer, skulle belastningen kunna öka något efter exploatering, även med föreslagna dagvattenåtgärder. Data är dock återigen bristfällig och mängderna förhållandevis små (en ökning från 0,6 till 1,1–1,8 g/år). Det är inte ett oväntat resultat då exploatering av naturmark innebär en ökning av antropogena föroreningar (exempelvis PAHer) från väldigt låga mängder. För att nå upp i den drygt 90-procentiga rening som behövs för att mängder inte ska öka efter exploatering kan det krävas flera seriekopplade anläggningar<sup>7</sup>, en dyr, teknisk och driftintensiv anläggning, alternativt full infiltration av dagvattnet till grundvattnet (vilket inte är möjligt med underliggande marklager av lera). Det är varken rimligt ekonomisk eller hydrologiskt (att förändra de naturliga

---

<sup>6</sup> För ett dimensionerande 2-årsregn faller 20 mm nederbörd under 150 min. Den dimensionerande varaktigheten blir då uppfyllnadstiden för anläggningarna (150 min) + rinntiden (10 min) = 160 min.

<sup>7</sup> Det är inte säkert att seriekopplade anläggningar skulle kunna reducera PAH halterna tillräckligt ändå på grund av så kallad *irreducible concentration*. Under en viss halt går det inte att avskilja mer av föroreningen på grund av dess utspädning.



flödesvägarna så pass) med tanke på de beräknade mängderna och osäkerheten i bakomliggande data.

Det ska också tilläggas att en ökning av mängden PAH inte automatiskt innebär en ökning av antracen, som är det mest problematiska ämnet ur recipientsynpunkt. PAH, eller PAH<sub>16</sub>, är summan av 16 utvalda enskilda polycykliska aromatiska kolväten, varav antracen är en utav de sexton. Utifrån detta resonemang är omhändertagande av 20 mm avrinning från hårdgjorda ytor inom planområdet och rening av dessa i filtrerande anläggningar en pragmatisk och tillräcklig åtgärd ur miljösynpunkt.

För TBT och PFOS finns ingen data tillgänglig gällande avskiljning i dagvattenanläggningar.

**Tabell 8. Schablonmässigt beräknad avskiljning av föroreningar i föreslagna anläggningar för planområdet. Avskiljningsgrader anges med ett intervall, då det skiljer sig något mellan de olika anläggningarna (skelettjord, genomsläpplig beläggning, växtbädd osv.). Grå text markerar högst osäkra data eller där data saknas.**

Parameter	Nuvarande belastning	Avskiljning (%)	Framtida belastning med åtgärdsförslag	Förändring max   min (%)
P [kg/år]	1,1	55 – 65 %	0,42 – 0,54	-62 %   -51 %
N [kg/år]	24	40 – 75 %	4,3 – 10	-82 %   -58 %
Pb [g/år]	46	70 – 80 %	12 – 18	-74 %   -62 %
Cu [g/år]	89	65 – 75 %	43 – 60	-52 %   -33 %
Zn [g/år]	150	80 – 95 %	19 – 76	-87 %   -49 %
Cd [g/år]	0,93	65 – 85 %	0,60 – 1,4	-35 %   +51 %
Cr [g/år]	20	55 – 70 %	16 – 24	-19 %   +22 %
Ni [g/år]	16	65 – 75 %	12 – 17	-25 %   +5 %
Hg [g/år]	0,062	45 – 80 %	0,062 – 0,17	0 %   + 175 %
SS [kg/år]	580	80 – 90 %	37 – 74	-94 %   -87 %
Oil [kg/år]	1,6	70 – 85 %	0,56 – 1,1	-65 %   -31 %
PAH [g/år]	0,57	75 – 85 %	1,1 – 1,8	92 %   +220 %
TBT [g/år]	0,015	N.d.	N.d.	-   -
PFOS	N.d.	N.d.	N.d.	-   -

## 6 Kostnadsbedömning

Med internt arbetsmaterial och data från StormTac (Larm, 2019) har en översiktlig kostnadsbedömning gjorts för de föreslagna dagvattenåtgärderna. Den enskilt största kostnaden beräknas vara plantering av träd i skelettjord, knappt 600 000 kr för 17 träd, men också den åtgärd som skulle omhänderta störst andel av dagvattnet (85 m<sup>3</sup> eller 37 % av den totala volymen). Totalt bedöms åtgärderna kosta mellan 1,15 och 1,42 Mkr (Tabell 9), motsvarande 5 000 till 6 200 kr per kubikmeter dagvatten. Flertalet av åtgärderna kan förutom dagvattenhantering bidra med gestaltning, grönska och pedagogik (växtbäddar, skelettjord, svackdike, nedsänkt grönyta), samt att de i många fall föreslås på platser redan utpekade som ytor för träd, planteringar eller grönytor.

**Tabell 9. Uppskattade kostnader för de föreslagna dagvattenåtgärderna inom planområdet.**

Dagvattenanläggning	Kostnad per enhet <sup>a</sup>	Behov	Uppskattad kostnad (kkr)
Nedsänkt växtbädd (Upphöjd växtbädd)	7 000 kr/m <sup>3</sup> (3 500 kr/m <sup>3</sup> )	42 m <sup>3</sup>	294 (147)
Dike	250 kr/m	68 m	17
Infiltration i grönyta <sup>b</sup>	450 kr/m <sup>2</sup>	390 m <sup>2</sup>	176
Genomsläpplig beläggning <sup>c</sup>	90 – 120 kr/m <sup>2</sup>	1 000 m <sup>2</sup>	90 – 120
Underjordiskt makadammagasin	3 000 – 6 000 kr/m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	90 – 180
Svackdike <sup>d</sup>	250 kr/m	153 m	38
Skelettjord <sup>e</sup>	35 000 kr/träd	17 träd (85 m <sup>3</sup> )	595
<b>Totalt<sup>e</sup></b>		<b>210 (+20) m<sup>3</sup></b>	<b>1 150 – 1 420</b>

<sup>a</sup> Enheten är m<sup>3</sup> betyder m<sup>3</sup> dagvatten. Enheterna m<sup>2</sup> och m anger yta respektive längd av anläggning.

<sup>b</sup> Här antas en kostnad som motsvarar det lägre spännet av anläggandet av en torr damm.

<sup>c</sup> Kostnaderna varierar med typen av beläggning. Gräsarmering är kostsamma. Grusbeläggningar kostar exempelvis mindre än beläggningar med plattor. Siffran anger kostnad för genomsläpplig asfalt som är 45 mm tjock.

<sup>d</sup> Här antas samma anläggningskostnad som ett gräsbeklätt dike eftersom svackdiket anläggs utan underliggande makadamdränering.

<sup>e</sup> Kostanden för att plantera träd i skelettjord är cirka 60 000 kr/träd, medan konventionell trädplantering i stadsmiljö vanligtvis ligger kring 25 000 kr/träd. Merkostnaden blir då 35 000 kr/träd.

<sup>e</sup> Totalt omhändertas 210 m<sup>3</sup> dagvatten från hårdgjorda ytor inom planområdet, samt 20 m<sup>3</sup> avrinning i diken från omgivande skogsmark.

## 7 Slutsatser

- Inga instängda områden eller ytor med större översvämningrisker har identifierats. Inte heller några större brister i nuvarande avrinning från området.
- Planområdets recipient är Fiskarfjärden (Mälaren), som idag uppnår god ekologisk status men ej god kemisk status på grund av PFOS, TBT och antracen. Miljökvalitetsnormen är satt till god kemisk status 2027 med undantag för TBT och antracen.
- Även om detaljplanens exploateringsgrad är relativt låg ställs höga krav på dagvattenhanteringen i och med att exploatering sker på det som i dag är naturmark. Det dimensionerande flödet och föroreningsbelastningen bör inte öka efter exploatering. För att möta dessa krav är Roslagsvattens riktlinje om omhändertagande av 20 mm avrinning från hårdgjorda ytor är en långtgående och pragmatisk grund för områdets dagvattensystem.
- I och med områdets begränsade infiltrationsmöjligheter så kommer dagvattnet behöva omhändertas i nedsänkta ytor och diken, samt i porösa matjords- och makadamlager. Föreslagen hantering innefattar att:
  - Dagvatten synliggörs i landskapet och runt skolans öppna ytor för lek och lärande, exempelvis med regntunnor, och rännor och ”dammar” i markbeläggningen.
  - Dagvatten från idrottshallens norra tak leds till upphöjda växtbäddar längs med byggnadens fasad. Takvatten från södra taket, samt från kringliggande skogsmark, leds till ett gräsbeklätt dike bakom byggnaden.

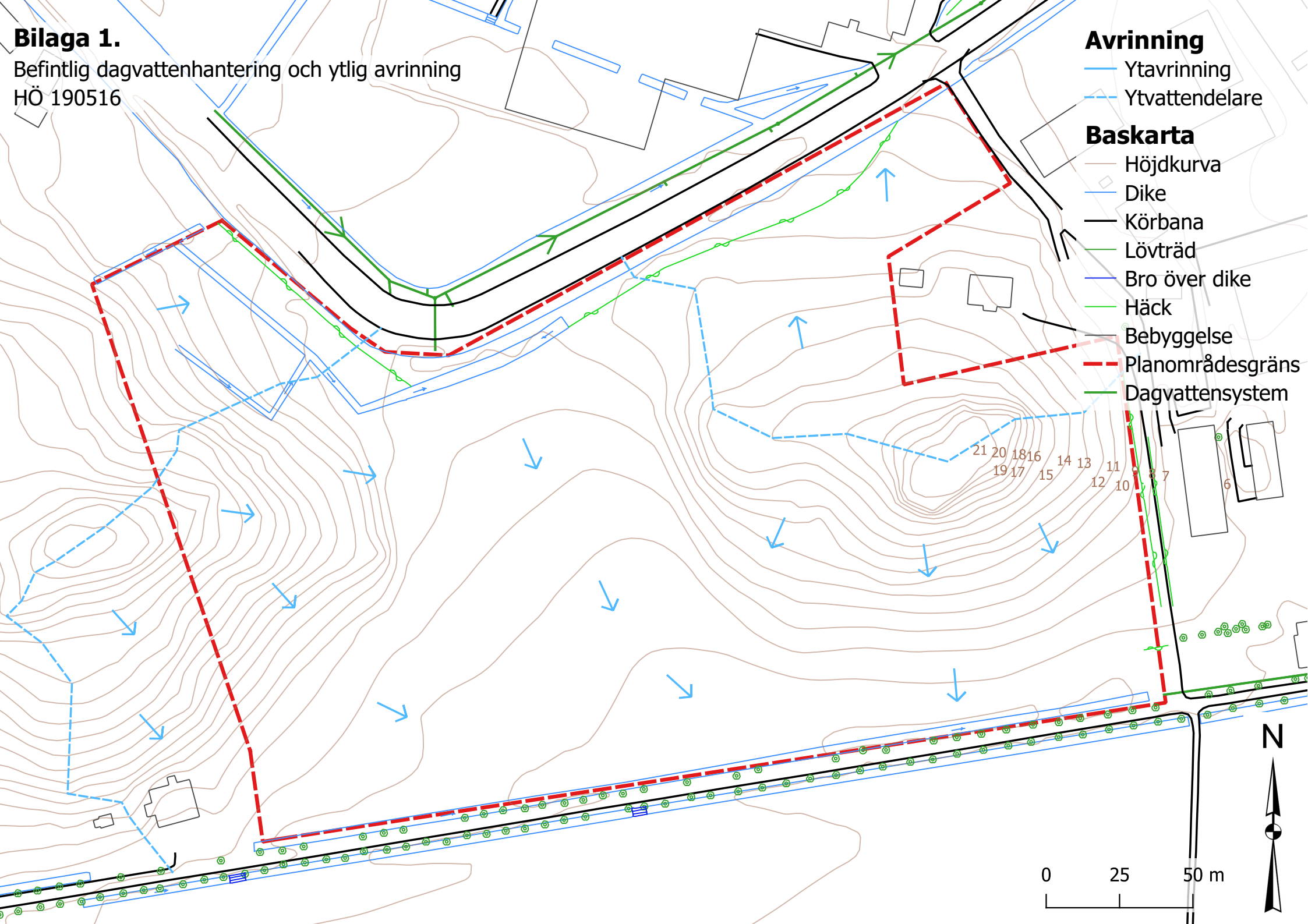
- Huvudbyggnadens takvatten leds till upphöjda växtbäddar i norr. I söder leds det till en nedsänkt gräsyta, alternativt till en nedsänkt lektyta med genomsläppliga fogar och underliggande makadammagasin.
  - Parkeringsytor anläggs med genomsläpplig beläggning med underliggande makadammagasin.
  - Dagvatten från infartsvägar och hårdgjorda ytor mellan skolbyggnader och Bryggavägen leds till träd planterade i skelettjord i en allé längs med Bryggavägen.
  - Ett svackdike anläggs längs med GC-vägens västra del. Svackdiket avvattnar både GC-vägen och skogsmark i väster. Troligen behöver svackdiket anläggas i sektioner på grund av markens lutning.
- Med ovan nämnda åtgärder kan områdets dimensionerande flöde minska från nuvarande 64 l/s till 41 l/s, med klimatfaktor inkluderad.
  - Med omhändertagande av 20 mm nederbörd och väl dimensionerade och utformade dagvattenanläggningar kan även föroreningsbelastningen av näringsämnen, tungmetaller, partiklar och olja minska eller förbli densamma efter exploatering.
  - Beräkningar antyder att det krävs långtgående rening av PAH för att uppnå samma låga mängder som innan exploatering. Detta kan i princip bara uppnås genom full infiltration av dagvatten till grundvattnet eller anläggandet av dyra, tekniska och driftintensiva dagvattenanläggningar. Med hänsyn till de stora osäkerheter som finns i data i flera led (markkartering, nuvarande belastning, framtida belastning och avskiljningsgrader), de relativt små mängderna som alstras och att planområdet uppfyller riktlinjen om 20 mm omhändertagande, bedöms det inte uttryckligen kunna fastställas att planens genomförande skulle öka föroreningsbelastningen av PAH.
  - För antracen, TBT och PFOS saknas dataunderlag för att kunna bedöma dess föroreningstransport med dagvattnet. Troligen är den diffusa spridningen av TBT och PFOS i dagvatten dock liten då dess huvudsakliga källor är båtbottnfärg (TBT) och brandskyddsmedel (PFOS).
  - Planen förväntas därigenom inte medverka till att försvåra för recipienten att uppnå miljö kvalitetsnormer eller försämra enskilda kvalitetsfaktorer som ligger till grund för statusbedömning.

## Referenser

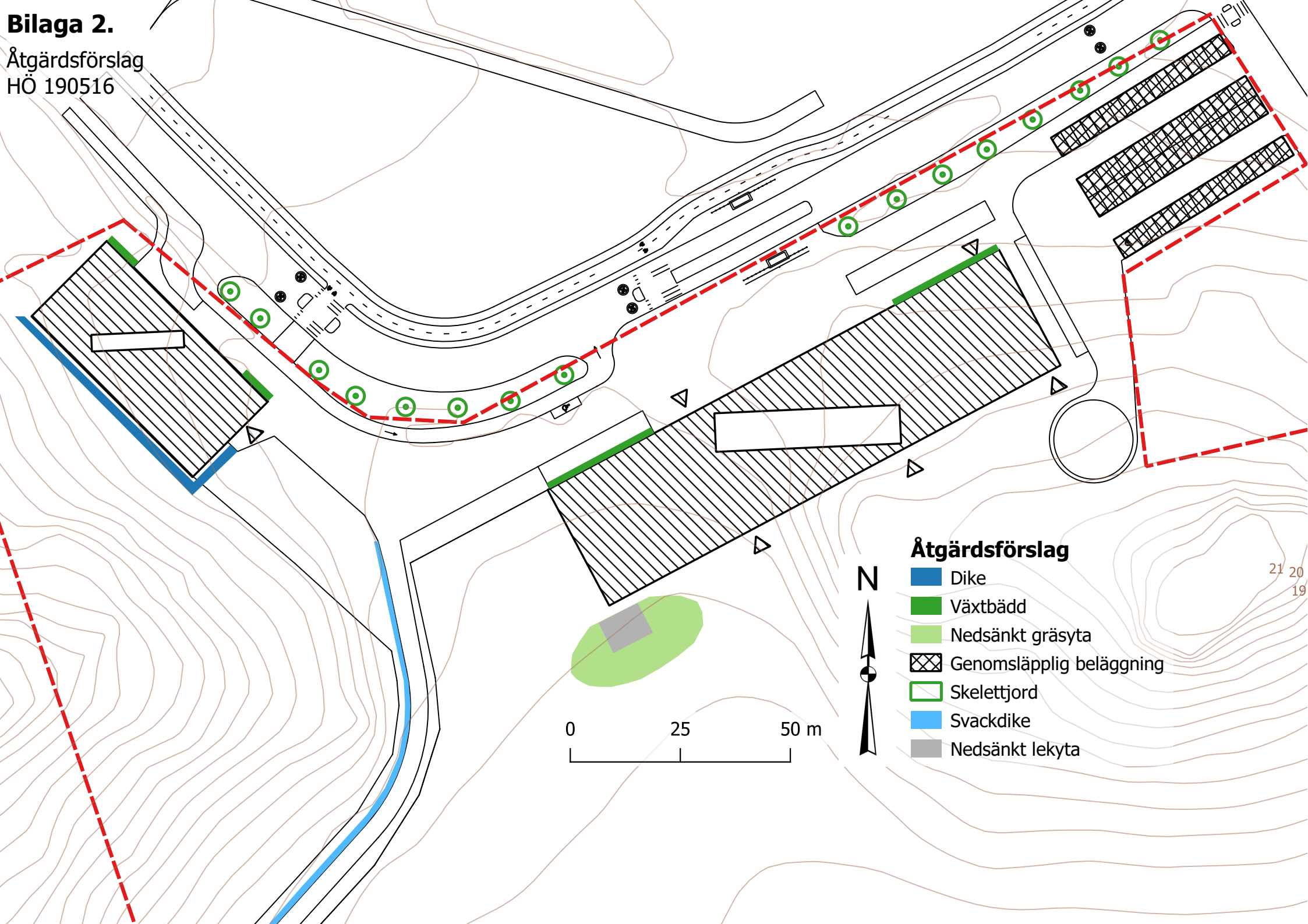
- ENIRO, 2019. Kartor, vägbeskrivningar, flygfoton, sjökort & mycket mer [internet]. (c) *Lantmäteriet*. Tillgängligt: <https://kartor.eniro.se> [Hämtad 2019-3-20].
- HAV, 2016. *Följder av Weserdomen - Analys av rättsläget med sammanställning av domar*. Göteborg: Juridiska enheten, Nr. 2016:30.
- HERNEBRING, C., 2006. *10års-regnets återkomst, förr och nu – regndata för dimensionering/kontrollberäkning av VA-system i tätorter*. Stockholm: Svenskt Vatten AB, VA-Forsk rapport Nr. 2006–04.
- HUDDINGE KOMMUN, 2014. *Ta hand om dagvattnet - Råd vid planering och byggande av flerbostadhus*. Huddinge: Miljö- och samhällsbyggnadsförvaltningen.
- LANTMÄTERIET, 2019. Kartsök och ortnamn [internet]. Tillgängligt: <https://kso.etjanster.lantmateriet.se/> [Hämtad 2019-3-21].
- LARM, T., 2019. StormTac Web [internet]. Tillgängligt: <http://app.stormtac.com/> [Hämtad 2019-4-9].
- LARM, T. och PIRARD, J., 2010. *Utredning av föroreningsinnehållet i Stockholms dagvatten*. Stockholm: SWECO Environment AB.
- LYNGFELT, S., 1981. *Dimensionering av dagvattensystem - Rationella metoden*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola, Rapport Nr. 56.
- LÄNSSTYRELSEN, 2019a. VISS - Vatteninformationssystem Sverige [internet]. Tillgängligt: <http://viss.lansstyrelsen.se> [Hämtad 2019-3-26].
- LÄNSSTYRELSEN, 2019b. Vattenkartan [internet]. *Visualiseringar av data från VISS*. Tillgängligt: <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=1589fd5a099a4e309035beb900d12399> [Hämtad 2019-4-9].
- LÄNSSTYRELSEN STOCKHOLM, 2015. *Rekommendationer för lägsta grundläggningsnivå längs Östersjökusten i Stockholms län - med hänsyn till risken för översvämning*. Stockholm, Nr. Fakta 2015:14.
- ROSLAGSVATTEN, 2019. *Checklista för dagvattenutredningar i detaljplaneprocessen*. Åkersberga: J. Pakina, Nr. 20190129–20001 v.2.6.
- SCALGO, 2019. SCALGO Live [internet]. Tillgängligt: <https://scalgo.com/live/> [Hämtad 2019-3-21].
- SGU, 2019. SGU:s Kartvisare [internet]. *Jordartskartan skala 1:1250*. Tillgängligt: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100.html>.
- SMHI, 2019a. Vattenwebb - Modelldata per område [internet]. Tillgängligt: <http://vattenwebb.smhi.se/modelldata/> [Hämtad 2017-3-26].
- SMHI, 2019b. LuftWebb [internet]. Tillgängligt: <http://luftwebb.smhi.se/> [Hämtad 2017-3-26].
- STOCKHOLM VATTEN, 2017a. Hållbar dagvattenhantering i Stockholms stad [internet]. Tillgängligt: <https://www.stockholmvattenochavfall.se/dagvatten/> [Hämtad 2019-5-3].
- STOCKHOLM VATTEN, 2017b. Riktlinjer för kvartersmark [internet]. *Hållbar dagvattenhantering i Stockholms stad*. Tillgängligt: <https://www.stockholmvattenochavfall.se/dagvatten/vagledning/rad-och-anvisningar/riktlinjer/> [Hämtad 2019-5-11].
- STOCKHOLMS STAD, 2017. *Växtbäddar i Stockholms stad - en handbok*. Stockholm.
- SVENSKT VATTEN, 2016. *Avledning av dag-, drän-, och spillvatten: Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem*. Stockholm, Rapport Nr. P110.
- TOTAL ARKITEKTUR OCH URBANISM, 2018. *Lokaliseringsförstudie - Ny skola, Bryggavägen, Ekerö*. Stockholm.

**Bilaga 1.**  
Befintlig dagvattenhantering och ytlig avrinning  
HÖ 190516



- Avrinning**
- Ytavrinning
  - - - Ytvattendelare
- Baskarta**
- Höjdkurva
  - Dike
  - Körbana
  - Lövträd
  - Bro över dike
  - Häck
  - Bebyggelse
  - - - Planområdesgräns
  - Dagvattensystem



**Bilaga 2.**  
Åtgärdsförslag  
HÖ 190516



**Åtgärdsförslag**

-  Dike
-  Växtbädd
-  Nedsänkt gräsyta
-  Genomsläpplig beläggning
-  Skelettjord
-  Svackdike
-  Nedsänkt lekyta

21 20  
19