



Dagvattenutredning nya matsalen vid Militärhögskolan i Karlberg

Fortifikationsverket via Zenit Arkitekter AB

Slutversion, 2023-02-23

TITEL	Dagvattenutredning nya matsalen vid Militärhögskolan i Karlberg
RAPPORTNUMMER	2022-1797-A
BESTÄLLARE	Fortifikationsverket via Zenit Arkitekter AB
UPPDRAGSANSVARIG	Victoria Eriksson Russo, WRS
FÖRFATTARE	Lukas Rehn & Victoria Eriksson Russo, WRS
GRANSKNING	Daniel Stråe, WRS
UTGÅVA/STATUS	Slutversion
DATUM	2023-02-23
OMSLAGSBILD	Tham & Videgård, 2021-12-03

Sammanfattning

Vid Militärhögskolan Karlberg i Solna ska en ny byggnad uppföras för matsal och mäss. WRS har genomfört en dagvattenutredning för att klargöra hur dagvattensituationen kommer att förändras i och med exploateringen och ge förslag på hur dagvatten kan hanteras i området efter exploatering. Målet har varit att följa Solna stads krav på rening och fördröjning av dagvatten för att minska belastning på recipienten Ulvsundasjön som är en del av Mälaren.

Området som ska exploateras är idag en grusplan med omgivande parkmark, en grusväg och en mindre del hårdgjorda vägytor. Efter exploatering är tanken att en matsalsbyggnad ska uppta planområdets större del, omgiven av parkmark, en hårdgjord lastplats och med hårdgjorda vägar. Föroreningsbelastningen och avrinningen från området förväntas öka efter exploateringen om inga motverkande åtgärder sätts in. Recipienten Mälaren-Ulvsundasjön, dit dagvatten från området rinner, har idag problem med bland annat övergödning. För att inte försvåra möjligheterna att uppnå miljö kvalitetsnormerna bör belastningen inte öka, utan helst minska, främst med avseende på fosfor, koppar, bly och kadmium. För att inte öka belastningen från planområdet behövs därför LOD-åtgärder (Lokalt Omhändertagande av Dagvatten) inom detaljplanen innan dagvattnet leds vidare.

Vi föreslår att dagvatten inom planområdet omhändertas genom en kombination av extensivt (tunt) grönt tak, underjordiskt dagvattenmagasin, nedsänkta regnbäddar och svagt nedsänkta infiltrationsytor i parkmarken. Dessa åtgärdsförslag gör att Solna stads krav på 20 mm fördröjning uppnås för samtliga ytor.

Med LOD-åtgärderna bedöms att föroreningsbelastningen på recipienten kommer att minska för bly, koppar, zink och suspenderat material. För övriga undersökta föroreningsparametrar är förändringen mindre än osäkerheten i beräkningarna och kan därför inte fastställas.

Beräkningarna tyder därmed på att föroreningsbelastningen kommer att minska eller förbli på en liknande nivå jämfört med nuläget, givet att dagvattenanläggningarna anläggs korrekt och sköts regelbundet. I absoluta tal är belastningen liten både före och efter exploatering, så påverkan på recipienten från planområdet är och förblir liten.

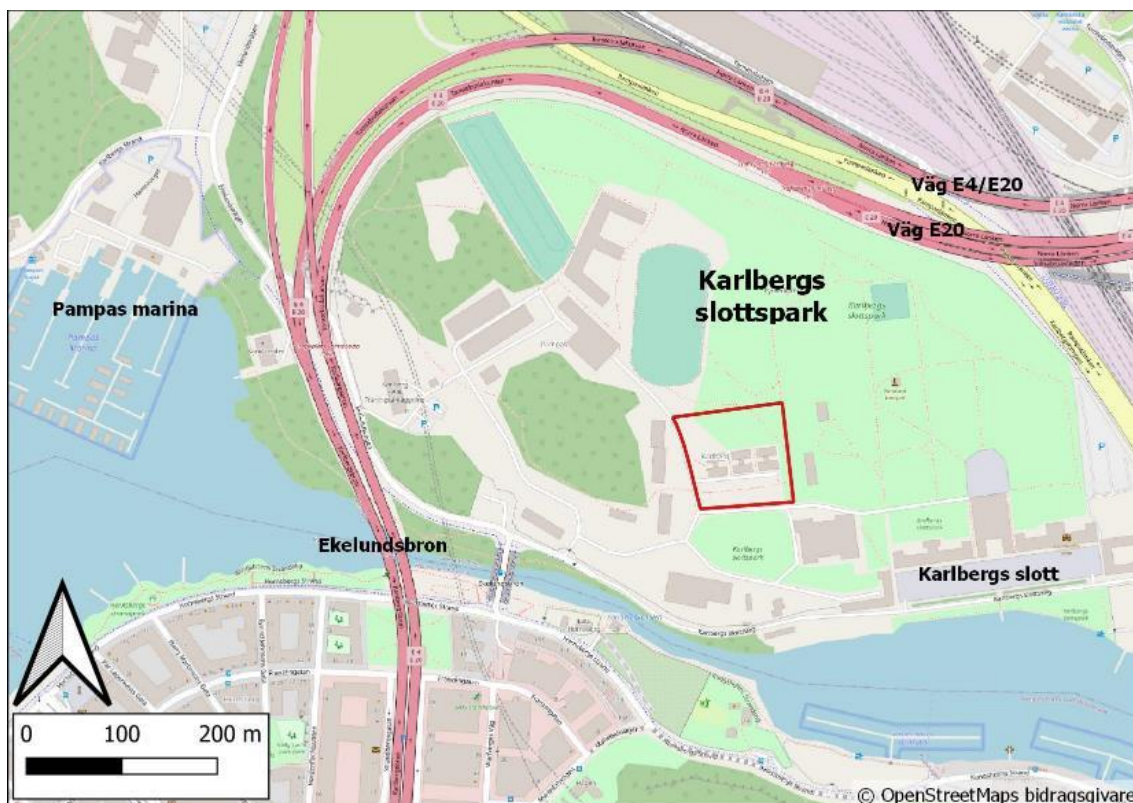
Den planerade byggnadsutformningen har en sluten innergård. Innergården blir ett instängt område utan någon annan avrinningsväg än via ledning. Detta är ett avsteg från generella rekommendationer för hur dagvattenhantering med hänsyn till skyfall ska utformas. Vid kraftigare skyfall finns det därmed en risk för översvämning på innergården som skulle kunna skada byggnaden. För att minimera risken för översvämning av innergården vid skyfall rekommenderas att dagvattenledningarna från innergården dimensioneras för att kunna avleda skyfall. Detta innebär att större ledningar krävs än vad som normalt dimensioneras för. Dessutom är underhåll och skötsel av ledningssystemet mycket viktigt för att säkerställa att ledningarna är fullt funktionella vid skyfall.

Innehåll

1	Inledning	5
1.1	Uppdrag och syfte	5
2	Förutsättningar	5
2.1	Nuvarande markanvändning	5
2.2	Geologi	6
2.2.1	Markföroreningar.....	7
2.3	Topografi.....	7
2.4	Ytvattenrecipient	8
2.4.1	Miljö kvalitetsnormer	8
2.5	Grundvattenförekomst	9
2.6	Nuvarande dagvattenhantering	9
2.7	Skyfall och översvämningrisker.....	10
2.8	Riktlinjer för dagvattenhantering	11
2.9	Planerad exploatering	12
3	Flödes- och föroreningsberäkningar	13
3.1	Markanvändning	13
3.2	Flödesberäkningar	14
3.3	Magasinsbehov.....	15
3.4	Närsalts- och föroreningsberäkningar.....	15
4	Förslag på dagvattenhantering.....	16
4.1	Dagvattenhantering för takytan och innergården	17
4.2	Dagvattenhantering för lastplatsen och intilliggande vägytor.....	19
4.3	Dagvattenhantering för parkmarken, gårdsytan och vägytor	20
5	Framtida dagvattennät	21
6	Bedömda effekter av föreslagna åtgärder.....	21
6.1	Ytbehov, magasinering och avrinning	21
6.2	Närsalts- och föroreningsbelastning	22
6.3	Skyfall och åtgärder mot översvämning.....	22
6.4	Behov av ytterligare åtgärder.....	24
7	Slutsatser	25
	Referenser	26

1 Inledning

WRS gjorde år 2020 en dagvattenutredning för två planområden inom området för Militärhögskolan i Karlberg i Solna (WRS AB, 2020). Nu har en arkitektävling genomförts för det östra planområdet där en ny matsal ska uppföras. Zenit Arkitekter har i samband med detta bett WRS att göra en ny dagvattenutredning enbart för planområdet med den nya matsalen. Planområdet är något större än i den tidigare dagvattenutredningen och ligger strax nordväst om Karlbergs slott (Figur 1).



Figur 1. Detaljplaneområdet (rött) inom Militärhögskolan Karlbergs område. Inom planområdet planeras en byggnad med matsal och mäss. Bakgrundskarta: OpenStreetMap.

1.1 Uppdrag och syfte

WRS har fått i uppdrag av Zenit Arkitekter AB att utreda och ge förslag på dagvattenhantering inom planen för den nya matsalen.

2 Förutsättningar

2.1 Nuvarande markanvändning

Detaljplaneområdet ligger inom Militärhögskolan Karlbergs område i Solna vid Karlbergs slottspark, väst/nordväst om Karlbergs slott (Figur 1). I dagsläget utgörs planområdet av en grusplan omgiven av parktytor och delar av omkringliggande grus- och asfalterade vägar (Figur 2). På ortofotot nedan syns sex tillfälliga byggnader, men dessa är idag borttagna.



Figur 2. Befintlig markanvändning inom detaljplaneområdet. Byggnaderna som syns i ortofotot är idag borttagna. Ortofoto: Lantmäteriet.

2.2 Geologi

Enligt SGU:s översiktliga jordartskarta består marken inom detaljplaneområdet främst av fyllning ovanpå postglacial lera (Figur 3). I planområdets nordöstra del förekommer också berg med ett tunt eller osammanhängande lager av morän.



Figur 3. Jordarter inom och omkring detaljplaneområdet. Källa: SGU (2020).

Enligt en geoteknisk undersökning gjord av Iterio AB (2022) utgörs området av fyllnadsmaterial med mäktighet omkring 0,5 till 1 meter ovanpå 1 till 3 meter djup torrskorpelera. Leran underlagras i sin tur av 0 till 2 meter friktionsjord, morän, på berg. Block och silt förekommer i moränen. Bergövertyta har påträffats på ett djup av mellan 0,3 och 5 meter under befintlig markyta.

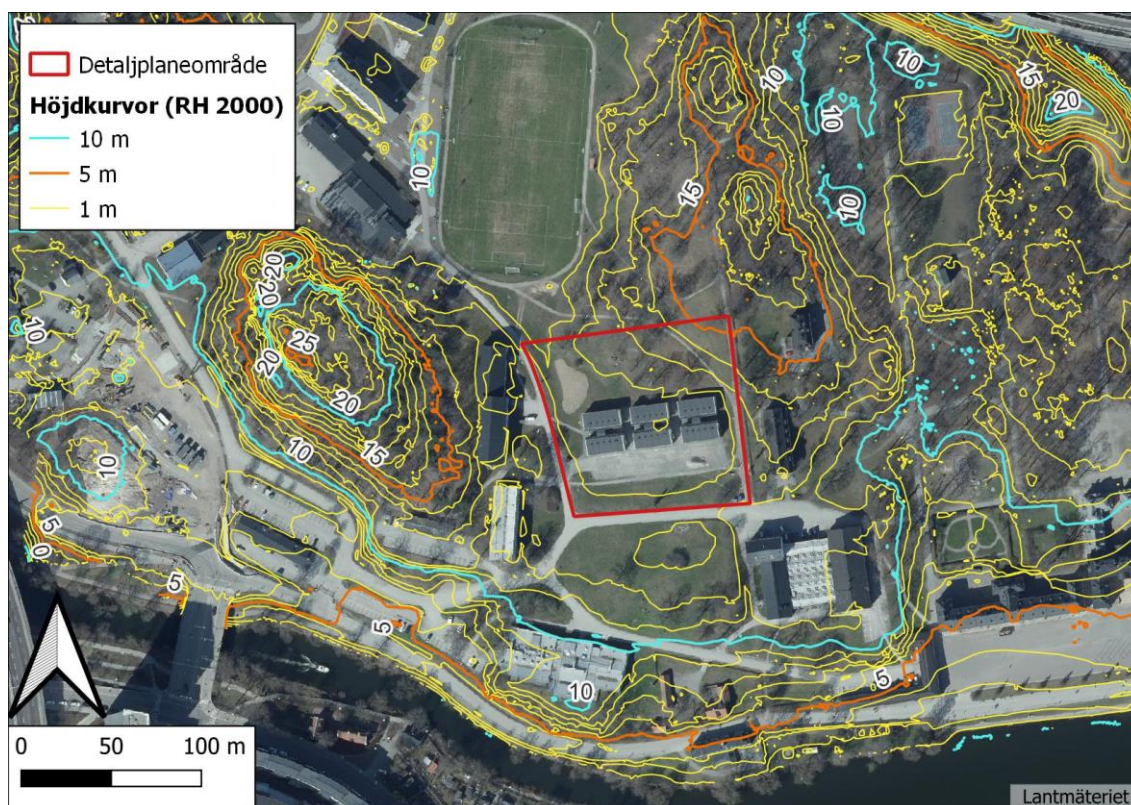
En viss infiltration till fyllnadsmaterialet kan förväntas. Dagvatten som tillåts infiltrera kommer troligen att avrinna utmed underliggande ler- och bergslager, sannolikt till den topografiska lågpunkten vid fotbollsplanen (se avsnitt 2.3).

2.2.1 Markföroreningar

Där den nya ny byggnaderna planeras visar analysresultat från jordprover att det inte förekommer någon allvarlig föroreningsituation i de ytliga grundlagren (Iterio AB, 2020). Ur föroreningssynpunkt ses därmed inga risker med att låta dagvatten infiltrera.

2.3 Topografi

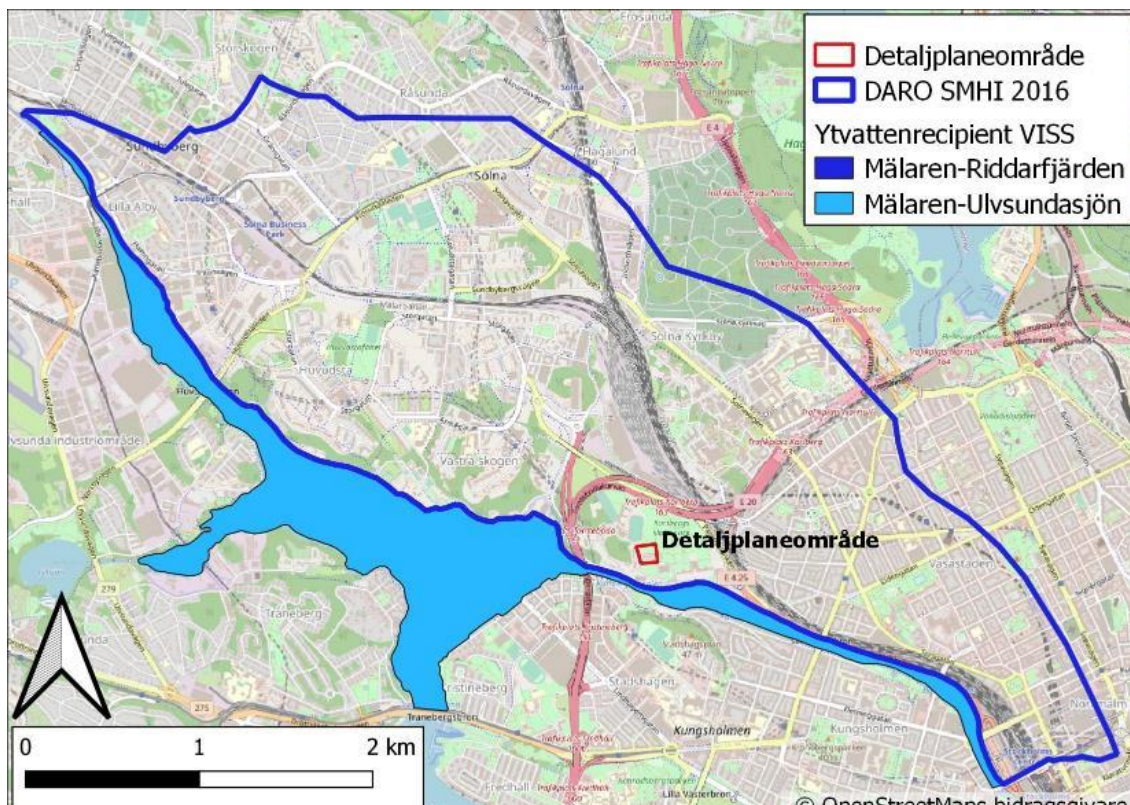
Inom detaljplaneområdet är marken flack och ligger på en höjd av cirka +12–15 m (RH 2000) (Figur 4). Den omgivande marken är varierad, med flacka partier mellan de befintliga byggnaderna och några mindre höjder väster och norr om området på drygt + 20 m. Planområdet lutar svagt norrut mot befintlig fotbollsplan. Söder om området sluttar marken söderut mot Karlbergskanalen och Karlbergssjön.



Figur 4. Topografi inom och omkring detaljplaneområdet för den nya matsalen. Källa höjdkurvor: Geoinfo (2020). Ortofoto: Lantmäteriet.

2.4 Ytvattenrecipient

Ytvattenrecipient för planområdet är Karlbergskanalen som räknas till vattenförekomsten Mälaren-Ulvsundasjön (SE658229-162450) (Länsstyrelserna m.fl., 2022). Ulvsundasjön är övergödd, har syrefattiga förhållanden, problem med miljögifter och är fysiskt påverkad på ett sätt som förändrar de akvatiska habitaterna. Ulvsundasjöns avrinningsområde är totalt 9,6 km² (Figur 5). Uppströms Ulvsundasjön ligger Bällstaån och närmaste vattenförekomst nedströms är Mälaren-Riddarfjärden.



Figur 5. Delavrinningsområde för recipienten Mälaren-Ulvsundasjön (VISS 2016).
Bakgrundskarta: OpenStreetMap.

2.4.1 Miljö kvalitetsnormer

Miljö kvalitetsnormer (MKN) används för att ange kvalitetskrav som en vattenförekomst ska uppnå vid en viss tidpunkt. Kraven ställs både på ekologiska och kemiska parametrar för att förbättra eller säkerställa vattenförekomstens status. Som huvudregel ska alla vattenförekomster uppnå ”god status” eller ”god potential” och nuvarande status får inte försämrats (VISS, 2020).

Det är viktigt att planerad exploatering inom detaljplaneområdet helst hjälper till att förbättra (och definitivt inte försämra) recipientens möjlighet att uppnå dess miljö kvalitetsnormer, och helst minska den framtida belastningen av främst fosfor, koppar, bly och kadmium¹.

¹ För övriga ämnen som uppnår för höga halter i Ulvsundasjön (PCB, antracen, TBT och PFOS) bedöms tillförseln till recipient via dagvatten vara marginell eller försumbar.

Ekologisk status

Mälaren-Ulvsundasjön har enligt den senaste statusklassningen (VISS, 2022) otillfredsställande ekologisk status, med hänvisning till morfologiska förändringar och kontinuitet. Övergödning (främst orsakad av fosforutsläpp) och miljögifter (som exempelvis innefattar koppar och icke-dioxinlika PCB:er), som också är en del av den ekologiska statusbedömningen, bedöms uppnå måttlig status.

För fysisk påverkan av bebyggelse är MKN satt till måttlig ekologisk status till år 2027 (VISS, 2022). För övriga parametrar är MKN satt till god ekologisk status till år 2027. Däremot ska all fysisk påverkan åtgärdas så långt som möjligt för att för att förbättra, eller i varje fall inte försämra, ekologisk status.

Kemisk status

Enligt den senaste statusklassningen (VISS, 2022) uppnår Ulvsundasjön ej god kemisk status med undantag för de överallt överskridande ämnena PBDE och kvicksilver. Prioriterade ämnen vars gränsvärden överskrids är antracen (en PAH), bly, tributyltenn (TBT), kadmium och perfluoroktansulfonsyra (PFOS). För antracen, kadmium, bly, TBT och PFOS har tidsfrister satts till år 2027 då påverkansbilden är komplex och det är oklart vilka åtgärder som är både möjliga och effektiva. Halterna för dessa ämnen får inte öka och åtgärder behöver vidtas så fort som möjligt.

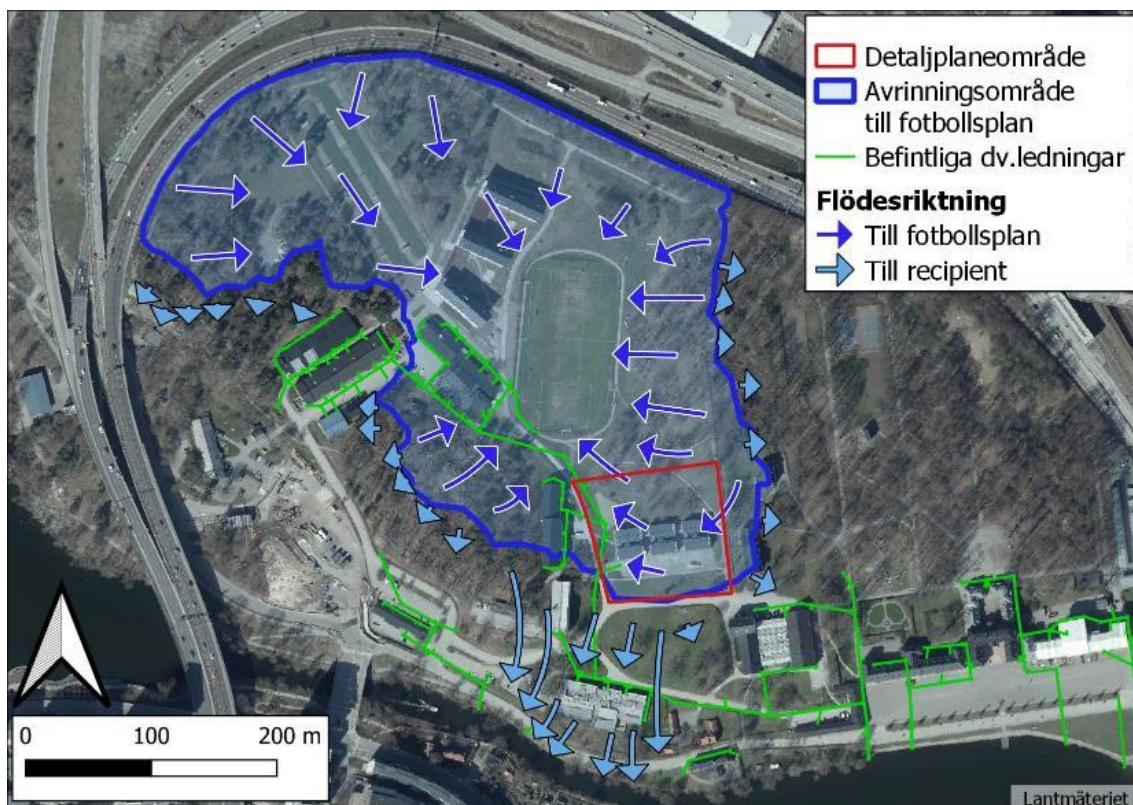
På grund av den komplexa påverkansbilden är MKN satt till god kemisk ytvattenstatus till år 2027 med undantag för de överallt överskridande ämnena.

2.5 Grundvattenförekomst

Det ligger ingen grundvattenförekomst inom planområdenas påverkansområde. Den närmsta grundvattenförekomsten (Stockholmsåsen-Haga) ligger cirka 2 km nordost om detaljplaneområdet, i ett annat delavrinningsområde.

2.6 Nuvarande dagvattenhantering

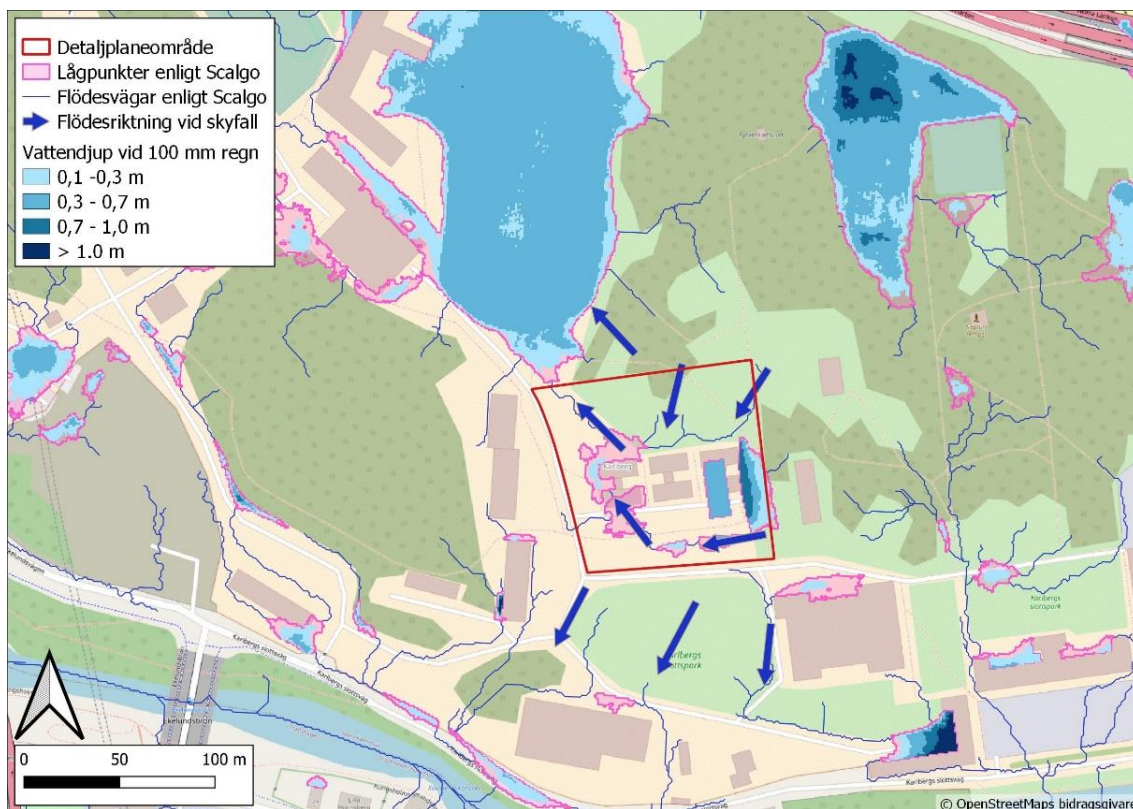
Dagvatten avrinner ytledes från planområdet till fotbollsplanen norr om området (Figur 6). Fotbollsplanen utgör en topografiskt instängd lågpunkt som avvattnas till Karlbergskanalen via dagvattenledningsnätet. Fotbollsplanen har haft problem med översvämning vid kraftig nederbörd (ÅF-Infrastructure, 2016). I dagsläget fördröjs dagvatten främst i befintliga grönytor i och runt omkring planområdet, samt i lågpunkten vid fotbollsplanen.



Figur 6. Topografiskt delavrinningsområde till lågpunkten vid fotbollsplanen (Scalgo Live, 2020) samt flödesriktningar vid ytavrinning. Källa ledningsnät: COWI (2020). Ortofoto: Lantmäteriet.

2.7 Skyfall och översvämningsrisker

Vid ett skyfall är dagvattenledningsnäten fulla och vatten avrinner främst på ytan. Detta medför att vatten från planområdet vid skyfall idag avrinner ytledes åt nordväst mot den befintliga fotbollsplanen (Figur 6). Enligt Scalgos verktyg Flash Flood Mapping (Scalgo Live 2020) skulle det med nuvarande höjdsättning vid ett skyfall på 100 mm (motsvarande exempelvis ett 100-årsregn med fyra timmars varaktighet inklusive klimatfaktor 1,25) bli mer än 3 decimeter vatten stående på fotbollsplanen och det skulle även bli vatten stående inom främst östra delen av planområdet (Figur 7). I framtiden är det viktigt att bygga bort befintliga lågpunkter inom planområdet om dessa riskerar att skada framtida bebyggelse samtidigt som det är bra att låta fotbollsplanen utgöra en översvämningsyta för att ej skada befintlig eller framtida bebyggelse inom fotbollsplanens delavrinningsområde. Hur avrinningsvägarna vid skyfall är tänkta att se ut i framtiden redovisas i avsnitt 6.3 *Skyfall och åtgärder mot översvämmning*.



Figur 7. Vattendjup vid 100 mm regn, lågpunktskartering och flödesvägar enligt verktyget Flash Flood Mapping i Scalgo Live (2020). Bakgrundskarta: OpenStreetMap.

2.8 Riktlinjer för dagvattenhantering

I Solna stads strategi för hållbar dagvattenhantering (Solna Stad, 2017) specificeras att det övergripande målet för dagvattenhanteringen i Solna stad är en långsiktigt hållbar dagvattenhantering där miljömässiga, ekonomiska och sociala värden säkerställs. Solna stad har i strategin tagit fram fyra delstrategier för att uppnå en långsiktigt hållbar dagvattenhantering:

- 1) Strategi för att minimera föroreningar i dagvatten och säkerställa god vattenkvalitet.
- 2) Strategi för att minimera översvämningrisker och ta hänsyn till förutsättningar av ett förändrat klimat.
- 3) Strategi för att möjliggöra att dagvattenhanteringen bidrar till mervärden i stadsmiljön.
- 4) Strategi för att säkerställa att den långsiktiga dagvattenhanteringen sker på ett effektivt sätt.

De riktlinjer som arbetats fram för att ovanstående fyra strategier ska kunna uppnås är följande:

- Dagvatten ska renas och fördröjas lokalt så nära källan som möjligt och med bästa möjliga teknik. Dagvattenhanteringen ska utformas på sådant sätt att en nederbördsmängd på minst 20 millimeter vid varje givet nederbördstillfälle fördröjs och renas. Dagvattensystemet bör ha mer långtgående rening än sedimentering.
- Dagvatten ska inte medföra att gällande miljö kvalitetsnormer för vattenkvaliteten i stadens sjöar, havsvikar och vattendrag inte kan följas.
- Dagvatten ska inte medföra att vattenkvaliteten i stadens grundvatten försämras eller att grundvattennivåer ändras.

- Från vägar ska staden i takt med stadens ut- och ombyggnad se till att rening av dagvatten sker före utsläpp till ytvattenrecipient eller grundvatten.
- Byggnads- och anläggningsmaterial innehållande miljöstörande ämnen, som koppar och zink, ska undvikas.
- Bebyggelse, infrastruktur och dagvattenhantering ska höjdsättas och utformas så att dagvatten inte riskerar att orsaka skadliga översvämningar, varken inom eller utom planområdet, varken nu eller i ett framtida förändrat klimat.
- Dagvatten ska användas om en resurs vid stadens utbyggnad för att skapa attraktiva och funktionella inslag i stadsmiljön.
- Dagvatten ska beaktas i varje skede av stadsbyggnadsprocessen.
- Dagvattenhanteringen ska systematiskt ses över och åtgärdas när åtgärder i den befintliga staden genomförs, såsom ombyggnad av stadens vägar, gator och torg.

2.9 Planerad exploatering

Planen för detaljplaneområdet är att en matsals- och mässbyggnad ska uppföras på grusplanen och en del av befintlig parkmark (Figur 8). Dagvatten från taket är tänkt att avvattnas invändigt genom att det leds i rännor på taket till ledningar i byggnaden och vidare ut till dagvattennätet. Även innergården planeras avvattnas genom invändiga ledningar. Detta medför att dagvattnet från taket och innergården ej kan släppas ut i marknivå. Det finns ett förslag om att delvis hantera dagvatten från takytan genom etablering av ett tunt grönt tak. Norr och öster om byggnaden planeras en väg för transporter till köket. I den här utredningen har det antagits att de planerade vägarna är hårdgjorda, gårdsytorna (innergård och gårdsplan väster om byggnaden) är stensatta (eller av material med snarlik avrinningskoefficient) och att omkringliggande mark blir varierad parkmark.



Figur 8. Planerad markanvändning inom detaljplaneområdet. Ortofoto: Lantmäteriet.

För att placera ny bebyggelse lämpligt med avseende på översvämningsrisk rekommenderar Länsstyrelserna kring Mälaren (Länsstyrelsen Stockholm m.fl., 2015) att ny sammanhållen bebyggelse placeras ovan nivån +2,7 meter (RH 2000). Enligt sektionsritningar planeras golvnivån för entréplan vara +12,6 meter och för byggnadens källare +8,55 meter.

3 Flödes- och föroreningsberäkningar

Flöden från planområdet före och efter exploatering har beräknats utifrån ett dimensionerande 10-årsregn enligt branschstandard i publikation P110 (Svenskt Vatten, 2016). Beräkning av föroreningsbelastning från området har gjorts med hjälp av modellering i Stormtac (Stormtac, 2022). Fördröjningsbehov har beräknats för 20 mm fördröjning, i enlighet med Solna stads riktlinjer för dagvatten (Solna Stad, 2017).

3.1 Markanvändning

Området består i dag av en grusplan, omgivande parkmark och mindre vägpartier. Enligt planerad exploatering kommer framtida markanvändning bestå av matsalsbyggnaden samt omgivande parkmark (Tabell 1). En väg för godstransporter planeras löpa genom området. Takytan redovisas för planerad exploatering som konventionellt tak i beräkningar efter exploatering utan åtgärder för lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) (avsnitt 3.1 till 3.4) och som tunt grönt tak i beräkningar efter exploatering med införda LOD-åtgärder (avsnitt 6). En mindre gårdsyta planeras väster om byggnaden och i byggnaden planeras också en innergård. Gårdsytorna antas vara stensatta (eller av material med liknande avrinningskoefficient).

Med planerad exploatering men utan LOD förväntas hårdgörningsgraden i området att öka från en avrinningskoefficient på drygt 0,1 till knappt 0,4 (Tabell 1). Avrinningskoefficienten anger hur stor andel av nederbörden som avrinner och är för urbana områden ett indirekt mått på hur hårdgjort ett område är. Den reducerade arean fås genom att multiplicera arean med avrinningskoefficienten.

Tabell 1. Area, avrinningskoefficienter och reducerad area för markanvändning i nuläget samt efter exploatering

Markanvändning	Area [m ²]	Avr. koeff [-]	Reducerad area [m ²]
<i>Nuläge</i>			
Grusplan	3800	0,2	760
Parkmark	6800	0,1	680
Hårdgjord yta	150	0,8	120
Summa nuläge	11 000	0,15	1600
<i>Efter exploatering</i>			
Takyta	2300	0,9	2100
Gårdsyta (innergård)	250	0,8	200
Gårdsyta (ute)	140	0,8	110
Parkmark	6700	0,1	670
Hårdgjord yta (väg)	1200	0,8	1000
Summa efter exploatering	11 000	0,38	4100

3.2 Flödesberäkningar

För beräkning av dimensionerande dagvattenflöden har den så kallade rationella metoden använts (Ekvation 1) enligt branschstandard i publikation 110 (Svenskt Vatten, 2016). Rationella metoden är en överslagsmetod som lämpar sig för mindre områden (upp till cirka 20 hektar) med liknande rinntider inom området.

Ekvation 1. Rationella metoden, beräkning av dimensionerande flöde

Q_{dim} = dimensionerande flöde [l/s]

A = avrinningsområdets area [ha]

φ = avrinningskoefficient [-]

$i(t_r)$ = dimensionerande nederbördsintensitet [l/s ha], beror på regnets återkomsttid (T) och dimensionerande varaktighet (t_r)

k_f = klimatfaktor [-]

$$Q_{dim} = A \cdot \varphi \cdot i(t_r) \cdot k_f$$

Areor (A) och avrinningskoefficienter (φ) har använts enligt Tabell 1.

Regnets dimensionerande intensitet beror av rinntiden inom området. Eftersom området är mycket litet sätts rinntiden till 10 minuter, vilket är den minsta rekommenderade rinntiden enligt P110. Nederbördsintensiteten beror också på återkomsttiden (T), som 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. Här har dimensionerande flöden beräknats för regn med 10 års återkomsttid enligt dagvattenstrategin för Solna Stad (2017). Nederbördsintensiteten för ett 10-årsregn med varaktighet 10 minuter är 228 l/s, ha.

Slutligen används en klimatfaktor (k_f) i den rationella metoden för att ta hänsyn till nederbördens ökade mängder och intensitet i framtiden. I Svenskt Vattens P110 (2016) rekommenderas en klimatfaktor på minst 1,25 för regn med kortare varaktighet än en timme.

I Tabell 2 redovisas resultaten av flödesberäkningar för nutida och framtida markanvändning, för 10-årsregn med och utan klimatfaktor. Det dimensionerande dagvattenflödet förväntas öka från 35 l/s till 120 l/s, vilket motsvarar mer än en tredubbling av flödet. Detta beror dels på klimatfaktorn, men framför allt på att byggnadens takytor, gårdsytor och hårdgjorda ytor förväntas generera betydligt större flöden än den nuvarande grusplanen och parkytan.

Tabell 2. Dimensionerande dagvattenflöde i nuläget och efter planerad exploatering utan dagvattenåtgärder

	Dim. flöde 10-årsregn, $k_f = 1$ [l/s]	Dim. flöde 10-årsregn, $k_f = 1,25$ [l/s]
<i>Nuläge</i>		
Grusplan	17	22
Parkmark	15	19
Hårdgjord yta	2,8	3,5
Summa nuläge	35	44
<i>Efter exploatering</i>		
Takyta	48	60
Gårdsyta (innergård)	4,6	5,7
Gårdsyta (ute)	2,6	3,2
Parkmark	15	19
Hårdgjord yta	23	28
Summa efter exploatering	93	120

3.3 Magasinsbehov

Enligt Solna stads riktlinjer för dagvatten (Solna Stad, 2017) ska 20 mm regn fördröjas och renas. Det bedöms möjliggöra fördröjning och rening av cirka 90 % av årsnederbörden (Vall m.fl., 2016). Behovet av fördröjningsvolym har beräknats enligt Ekvation 2.

Ekvation 2. Beräkning av erforderlig fördröjningsvolym

U_i = erforderlig fördröjningsvolym [m^3]

d_r = regnvolym som ska hanteras inom kvarteret (ex. 20 mm) [m]

A_i = avrinningsområdets area [m^2]

φ_i = markanvändningsspecifik avrinningskoefficient [-]

$$U_i = d_r \cdot \varphi_i \cdot A_i$$

Beräkningar ger en erforderlig magasinsvolym av ungefär $82 m^3$ för det planerade detaljplaneområdet (Tabell 3).

Tabell 3. Erforderlig fördröjningsvolym (magasinsbehov) utifrån planerad bebyggelse och 20 millimeter fördröjning

Yta	Reducerad area [m^2]	Erforderlig magasinsvolym [m^3]
Takyta	2100	42
Gårdsyta (innergård)	200	4,0
Gårdsyta (ute)	110	2,2
Parkmark	670	13
Hårdgjord yta	1000	20
Summa	4100	82

3.4 Närsalts- och föroreningsberäkningar

Förorenings- och närsaltmängder i dagvattnet som alstras inom området vid nuvarande och framtida markanvändning har beräknats med beräkningsverktyget Stormtac (Stormtac, 2022). Beräkningarna i verktyget görs utifrån indata i form av markanvändningsslag och årsmedelnederbörd. Modellen använder sig av markanvändningsspecifika avrinningskoefficienter och schablonhalter för ett flertal markanvändningsslag och vanligt förekommande dagvattenföroreningar. Detta gör att resultaten inte bör avläsas i exakta tal utan snarare ses som en indikation på föroreningsbelastning då både beräkningsverktyget och indata inhyser både osäkerheter och variationer.

I beräkningarna har den korrigerade årliga nederbörden 700 mm använts (SMHI Vattenwebb, 2022). För kategorisering av markanvändningsslag har nuvarande markanvändning bedömts motsvara kategorierna ”parkmark”, ”grusyta” och ”väg” i Stormtac. För framtida markanvändningen valdes kategorierna ”parkmark”, ”takyta”, ”betongplatta” (för att motsvara innergården) och ”väg” i Stormtac. För väg saknades siffror för årsdygnstrafik (ÅDT). ÅDT ansattes till 50 fordon per dygn, men faktorn har en mycket liten påverkan på resultaten².

Beräknad belastning för fosfor, kväve, fem vanligt förekommande metaller och suspenderade partiklar (P, N, Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, SS) redovisas i Tabell 4. I tabellen presenteras

² Värden för ÅDT mellan 0 och 500 ger liknande föroreningsbelastning för vägen, med något högre belastning från tungmetaller och suspenderade partiklar vid högre ÅDT.

föroreningsbelastningen för nuvarande markanvändning och framtida markanvändning, exklusive åtgärder för rening. Belastningsberäkningar efter rening redovisas i avsnitt 6.2. Belastningen redovisas som beräknad mängd \pm osäkerhet, där osäkerheten är Stormtacs sammanvägda osäkerhet i indata och beräkningar.

Beräkningarna i Stormtac visar att belastningen kommer att öka efter exploatering för fosfor, kadmium, krom, nickel och suspenderat material om inga dagvattenåtgärder införs. För kväve, bly, koppar och zink tyder beräkningarna också på en ökning, men osäkerheten är för stor för att säga med säkerhet att dessa ämnen kommer att öka. Ökningen beror främst på att mindre förorenade park- och grusytor ersätts med takytor, hårdgjorda ytor och körbara vägar.

Tabell 4. Beräknad föroreningsbelastning (mängd \pm osäkerhet) för utredningsområdet innan och efter exploatering (utan lokala reningsåtgärder), samt procentuell förändring av belastningen. Orangemarkerade rader visar föroreningshalter som beräknas öka efter exploatering

Förorening	Före exploatering	Efter exploatering	Förändring efter exploatering
P [kg/år]	0,21 \pm 0,06	0,5 \pm 0,2	+ 140 %
N [kg/år]	4,1 \pm 1,0	5,1 \pm 1,3	+ 24 %
Pb [g/år]	6,5 \pm 1,8	12 \pm 4	+ 85 %
Cu [g/år]	25 \pm 6	36 \pm 10	+ 44 %
Zn [g/år]	60 \pm 16	89 \pm 25	+ 48 %
Cd [g/år]	0,33 \pm 0,09	1,7 \pm 0,5	+ 420 %
Cr [g/år]	4,4 \pm 1,2	19 \pm 6	+ 330 %
Ni [g/år]	3,9 \pm 0,9	15 \pm 4	+ 280 %
SS [kg/år]	38 \pm 9	110 \pm 30	+ 190 %

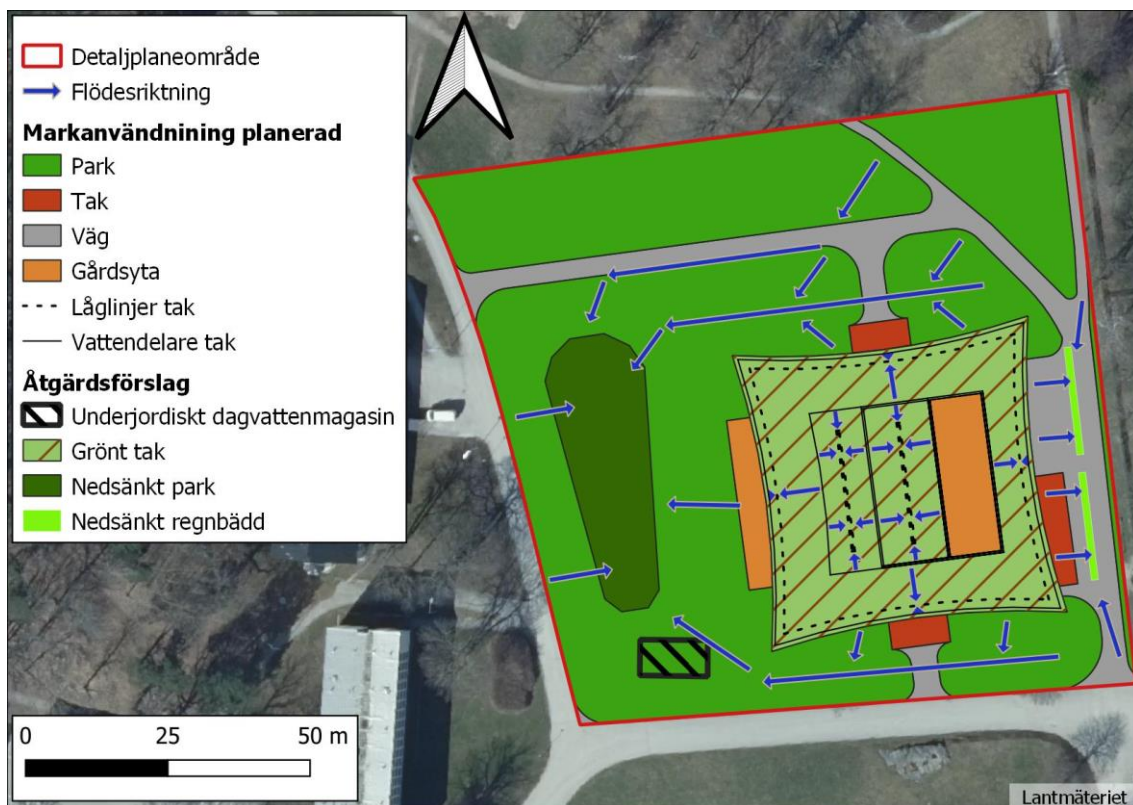
4 Förslag på dagvattenhantering

För att omhänderta 20 mm dagvatten i enighet med Solna stads strategi för hållbar dagvattenhantering (Solna Stad, 2017) samt rena den planerade föroreningsökningen för att ej äventyra MKN föreslås en kombination av olika LOD-åtgärder.

Dagvatten från byggnaden (tak och innergård) föreslås omhändertas i ett underjordiskt dagvattenmagasin eftersom det inte bedöms vara möjligt att leda ut vattnet i marknivå. Ett tunt grönt tak föreslås också för att bidra med ytterligare fördröjning av takdagvatten.

För lastplatsen och körytorerna öster om huset föreslås att dagvatten omhändertas i nedsänkta regnbäddar. Dagvatten från övriga ytor (parkmark, gårdsyta väster om byggnaden och övriga vägytor) föreslås omhändertas i ett eller flera nedsänkta grönytor i parkmarken. Åtgärdsförslagen beskrivs vidare i avsnitt 4.1 till 4.3.

Ett förslag på hur anläggningarna för lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) kan placeras och kombineras samt flödesvägar illustreras i en systemskiss (Figur 9). Val av LOD-åtgärder och exakt placering av dessa måste göras i samråd med beställare utifrån detaljerad information om höjdsättning, markanvändning och anslutningspunkter till dagvattennätet. Flödesvägar vid skyfall (när dagvattenledningsnätet är fullt och LOD-anläggningarna bräddar) ses i Figur 15.



Figur 9. Systemskiss över förslag på placering för LOD-åtgärder samt hur vatten ytligt kan avrinna till anläggningarna. Vatten från tak och innergård avrinner via ledning till ett underjordiskt dagvattenmagasin. Ortofoto: Lantmäteriet.

För att uppnå Solna kommuns krav om 20 mm fördröjning krävs en magasinvolym om cirka 82 m³, uppdelad på tak, innergård, östra sidans väg och den omgivande parkmarken (Tabell 3). Med föreslagen utformning av LOD-åtgärder kan en tillräcklig magasinvolym erhållas för samtliga ytor (Tabell 5). Magasinsvolymerna i LOD-anläggningarna förutsätter att anläggningarna dimensioneras enligt anvisningar i denna rapport.

Tabell 5. Magasinsvolym som kan uppnås i föreslagna LOD-anläggningar, inklusive ytbehov och anmärkningar om dimensionering

LOD-anläggning	Yta dagvattnet rinner ifrån	Magasinsvolym i LOD-anläggning [m ³]	Area LOD-anläggning [m ²]	Anmärkning dimensionering
Grönt tak	Tak	11	2200	Extensivt grönt tak som kan fördröja 5 mm
Dagvattenmagasin	Tak & innergård	36	-	Beror på utformning
Regnbäddar	60 % av hårdgjord yta (lastplats + väg)	12	40	Fördröjningszon med djup 25 cm
Nedsänkt parkmark	Parkmark, gårdsyta & 40 % av hårdgjord yta	33	650	Nedsänkning av ca 10 % av parkmarken med medeldjup 5 cm

4.1 Dagvattenhantering för takytan och innergården

För takytan och innergården är magasinbehovet 42 samt 4 m³ (Tabell 3). Dagvatten från dessa ytor föreslås fördröjas i ett underjordiskt dagvattenmagasin kompletterat med ett extensivt (tunt) grönt tak för hela den tillgängliga takytan. Enligt muntliga uppgifter från Tham & Videgård tillåter höjdsättningen på de invändiga stuprören inte att dagvattnet leds ut i marknivå, varför ett

underjordiskt magasin bedöms vara nödvändigt. Dagvattenmagasinet kan antingen ha en tät botten (s.k. avsättningsmagasin) eller en öppen botten som möjliggör perkolation (s.k. perkolationsmagasin). Eftersom det främst är lera inom området så kommer infiltrationen vara begränsad. Magasinet behöver anläggas med möjligheter för vattnet att brädda ut i marknivå utan att dämna upp bakåt i byggnaden vid skyfall.

I Solna stads dagvattenstrategi (2017) står det att ”dagvattensystemen bör ha en mer långtgående rening än sedimentering”, men eftersom takdagvatten är ett relativt rent dagvatten (till skillnad från dagvatten från t.ex. körytor) påverkar inte detta den totala reningsgraden för planområdet i någon större grad.

Ett extensivt (tunt) grönt tak bestående av sedumarter (Figur 10) eller torktåliga gräs- och ängsarter kan bidra med en fördröjning av omkring 5 mm dagvatten (Stockholm Vatten och Avfall AB, 2017). Detta är 11 m³ i ett sedumtak för matsalen, vilket gör att magasinet behöver rymma 36 m³.



Figur 10. Exempel på tunna gröna tak. Bildkälla WRS.

Utöver fördröjning bidrar tunna gröna tak även med rening av tungmetaller och vissa andra föroreningar som hamnat på taket genom luftnedfall. Enligt Grönatakhandboken (Pettersson Skog m.fl., 2021) visar studier att det totala läckaget av näringsämnen riskerar att vara högre från gröna tak än konventionella tak. De viktigaste orsakerna till att kväve och fosfor avrinner från gröna tak är enligt handboken ett näringsrikt substrat i kombination med gödsling. Risken för näringsläckage är störst när taket är nyanlagt innan vegetationen etablerats. Vid val av substrat bör man välja näringsfattiga material som inte innehåller organiska föroreningar, lättlösliga metaller eller finsediment. Genom att bara gödsla med inkapslad långtidsverkande gödsel i en mängd som är anpassad efter vegetationen motverkas läckagerisken.

Gödsling av gröna tak görs ofta av estetiska skäl för att motverka att växtligheten blir brun. Fortifikationsverket är väldigt måna om att anlägga och sköta det gröna taket på matsalen på ett sätt som minimerar risken för näringsläckage. Fortifikationsverket anser att det inte finns någon anledning till att det ”gröna” taket behöver vara just grönt på matsalsbyggnaden. Därför

planerar de att lägga in i underhållsinstruktionen att taket inte ska gödslas. För att säkerställa att underhållsinstruktionen följs kan de även tänka sig att sätta skyltar på taket som informerar om detta.

Att anlägga ett tunt sedumtak med näringsfattigt substrat som inte gödslas förväntas således ha minimala näringsförluster. Tillsammans med de mervärden som gröna tak medför, som temperaturreglering och främjande av biologisk mångfald vad gäller växter, fåglar och insekter, bedöms detta vara bästa tänkbara lösning för hantering av takdagvatten.

4.2 Dagvattenhantering för lastplatsen och intilliggande vägytor

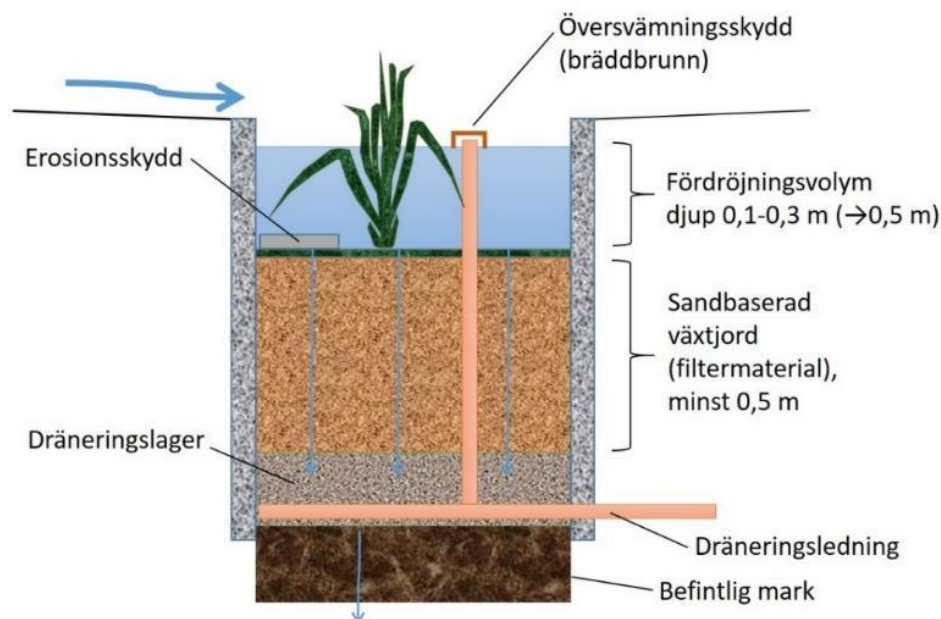
För att hantera dagvatten från de ytor som förväntas vara mer förorenade, d.v.s. ytorna vid lastplatsen och de intilliggande vägytorna vid byggnadens östra sida, föreslås att vattnet leds till nedsänkta regnbäddar (Figur 11). Regnbäddar med en total yta om 40 m², en fördröjningsvolym med 25 cm genomsnittligt djup samt ett filtermaterial med omkring 50 cm djup och 15 % porositet räcker för att tillgodose magasinsbehovet för ytorna.



Figur 11. Bildexempel på nedsänkt regnbädd i anslutning till parkering. Bildkälla WRS.

Regnbäddar kan utformas på olika sätt och ger generellt en hög reningsgrad. Principiellt är en regnbädd uppbyggd av en fördröjningszon där vatten kan bli stående tillfälligt, filtermaterial som vattnet sedan filtrerar genom och någon typ av dräneringslager där vattnet avleds från regnbädden (Figur 12). En nedsänkt regnbädd anläggs med fördröjningszonen lägre än markytan så att vatten från omkringliggande ytor kan ledas dit med självfall, vilket krävs för att vatten från lastytorna ska kunna avrinna till regnbäddarna. Regnbäddarna kan även anläggas utan tätskikt i botten för att tillåta vatten att naturligt perkolera ned genom fyllnadsmassorna i området. När regnbäddens kapacitet att ta emot vatten överskrids leds resten av dagvattnet bort via bräddbrunnen och dräneringsledningen. Viktigt är att bräddbrunnen är 25 cm högre upp än växtjorden för att skapa fördröjningsvolymen.

Det är viktigt att regnbäddarna sköts om regelbundet för att upprätthålla infiltrationskapaciteten och reningsförmågan. Skötsel innefattar att rensa ogräs och sköta om bäddarnas växtlighet, rensa in- och utlopp och att emellanåt luckra upp eller byta ut filtermaterialet allt eftersom det sätter igen med sediment.

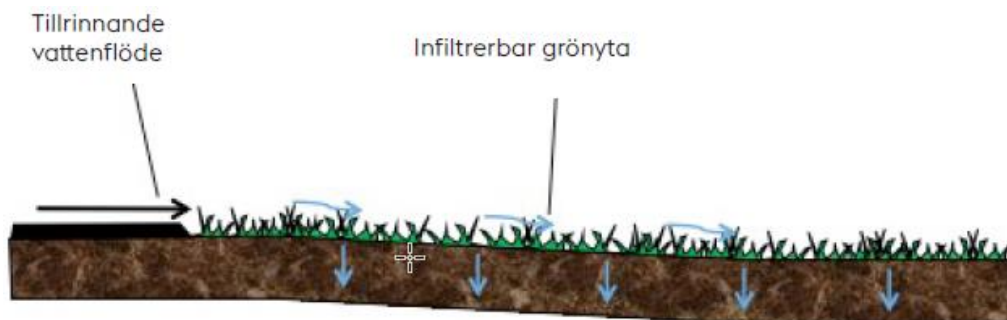


Figur 12. Principiell uppbyggnad av en nedsänkt regnbädd. Illustration: WRS.

4.3 Dagvattenhantering för parkmarken, gårdsytan och vägytor

För att klara magasinsbehovet för parkmarken, gårdsytan väster om byggnaden och vägytorna norr och söder om byggnaden föreslås att omkring 10 % av grönytorna anläggs nedsänkta och lätt skålformade med ett medeldjup på 5 cm. Magasinsvolymen som kan uppnås på detta sätt uppgår till ca 33 m³, vilket är mer än magasinsbehovet på 26 m³ för tillrinnande ytor och ger utrymme att kunna omhänderta dagvatten från andra ytor. Om en större del av parkmarken anläggs nedsänkt i förhållande till de hårdgjorda ytorna eller om medeldjupet ökas så kan även större regn utjämnas.

Med ett genomsläppligt ytlager tillåts vatten i grönytan infiltrera ned i marken till fyllnadsmaterialet eller till ett dränerande lager som avleder vattnet till dagvattennätet (Figur 13). Marken behöver höjdsättas så att mer intensiva regn bräddar norrut mot lågpunkten vid fotbollsplanen. För att motverka erosion bör markytan inte luta mer än 5 %.



Figur 13. 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 gräsytan. Illustration: WRS.

Utan LOD-åtgärder förväntas flödet öka vid ett dimensionerande 10-årsregn från 35 l/s till 120 l/s (Tabell 6). Med LOD-åtgärder förväntas flödet också öka vid ett dimensionerande 10-årsregn, från 35 l/s till 68 l/s, en knapp fördubbling av flödet. Det innebär att högre flöden är att förvänta efter exploatering än i nuläget, även med införda åtgärder.

Tabell 6. Dimensionerande dagvattenflöde i nuläget och efter planerad exploatering med införda LOD- åtgärder

	Dim. flöde 10-årsregn, kf = 1 [l/s]	Dim. flöde 10-årsregn, kf = 1,25 [l/s]
Nuläge	35	44
Efter exploatering, utan LOD	93	120
Efter exploatering, med LOD	43	68

6.2 Närsalts- och föroreningsbelastning

Med de föreslagna åtgärderna minskar enligt Stormtac-beräkningarna belastningen av bly, koppar, zink och suspenderat material (Tabell 7). För fosfor och kväve tyder beräkningarna också på en minskning och för kadmium, krom och nickel tyder beräkningarna på en viss ökning, men för dessa ämnen är osäkerheten för stor för att säga med säkerhet att belastningen av dessa ämnen kommer att förändras. Beräkningarna visar på en markant förbättring av föroreningsbelastningen jämfört med om området exploateras utan LOD-åtgärder (se Tabell 4).

Tabell 7. Beräknad föroreningsbelastning (mängd ± osäkerhet) för utredningsområdet innan exploatering och efter exploatering med införda åtgärder, samt procentuell förändring av belastningen. Grönmarkerade rader indikerar ämnen som beräknas minska efter åtgärd

Förorening	Före exploatering	Efter exploatering med införda åtgärder	Förändring efter exploatering med införda åtgärder
P [kg/år]	0,21 ± 0,06	0.21 ± 0.09	- 0,8 %
N [kg/år]	4,1 ± 1,0	3.1 ± 1.2	- 24 %
Pb [g/år]	6,5 ± 1,8	3.0 ± 1.3	- 53 %
Cu [g/år]	25 ± 6	11 ± 4.5	- 55 %
Zn [g/år]	60 ± 16	17 ± 7	- 71 %
Cd [g/år]	0,33 ± 0,09	0.38 ± 0.16	+ 16 %
Cr [g/år]	4,4 ± 1,2	5.7 ± 2.4	+ 29 %
Ni [g/år]	3,9 ± 0,9	4.9 ± 2,0	+ 26 %
SS [kg/år]	38 ± 9	19 ± 8	- 51 %

6.3 Skyfall och åtgärder mot översvämning

I nuläget med dagens höjdsättning avrinner kraftigare regn från planområdet främst till lågpunkten vid fotbollsplanen norr om området samtidigt som det blir stående vatten inom främst östra delen av detaljplaneområdet (Figur 7). De befintliga lågpunkterna i öster kommer att byggas bort för att ge plats åt det nya huset medan en ny, större lågpunkt planeras i väster som en LOD-åtgärd (Figur 9 och Figur 14).

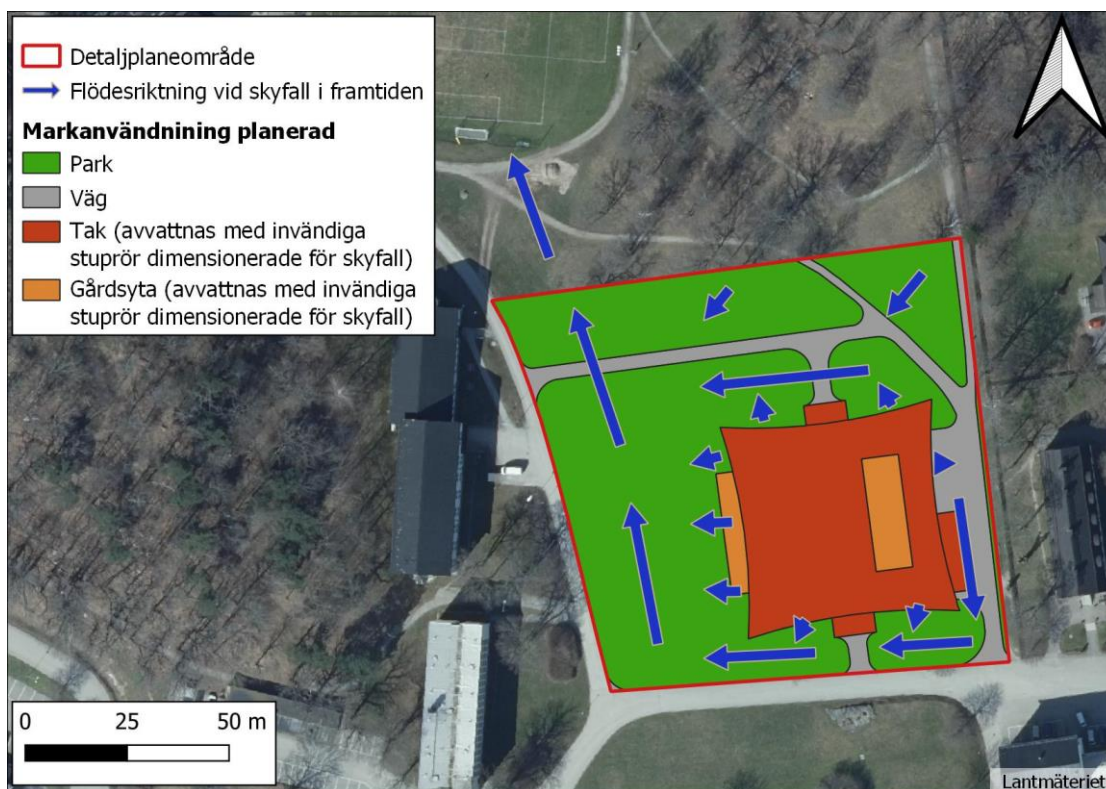
Den förändrade markanvändningen inom planområdet bedöms ej medföra ökad översvämningrisk för byggnaderna vid fotbollsplanen utifrån resonemangen i punkt 1–4 nedan:

1. För planområdet beräknas avrinningskoefficienten vara 0,15 idag och 0,38 i framtiden (Tabell 1). Avrinningskoefficienten ökar dock med ökad regnintensitet (Svenskt Vatten, 2013: s. 133). En yta med avrinningskoefficient 0,15 vid regnintensitet på 100 l/s och hektar ökar till ca 0,45 vid regnintensitet 400 l/s och hektar. För en yta med

avrinningskoefficient 0,4 ökar avrinningskoefficienten till ca 0,7. Förenklat kan vi då uppskatta avrinningskoefficienterna till 0,45 vid skyfall idag, innan byggnation, och 0,7 vid skyfall i framtiden efter byggnation.

2. SMHI definierar ett skyfall som ett regn med intensitet större än 50 mm/h eller 1 mm/minut. Genom att beräkna regnvolymer med Ekvation 2 vid 50 mm nederbörd och med de uppskattade avrinningskoefficienterna vid skyfall erhålls att det väntas ca 240 m³ regn idag och 370 m³ i framtiden vid skyfall. Detta är en ökning med ca 130 m³.
3. De befintliga lågpunkterna inom planområdet (Figur 7) som ska byggas bort har enligt Scalgo (2023) en maximal volym på ca 30 m³. I den tillkommande nedsänkta parkmarken är magasinvolymen 33 m³ (avsnitt 4.3). Således är skyfallsvolymer inom planområdet i princip oförändrad innan och efter byggnation (exkluderat volymen i övriga LOD-åtgärder då det ej är fastställt om anläggningarna kan magasinera vatten lika snabbt som regnet faller vid ett skyfall).
4. Den vattenfyllda lågpunkten vid fotbollsplanen (Figur 7) upptar enligt Scalgo (2023) ca 18 000 m² och rymmer ca 8 300 m³. Volymen 130 m³ utgör knappt 2 % av den totala volymen och motsvarar en höjning av vattenytan med inte ens 1 centimeter (130 m³/18 000 m²). Således bör nybyggnationens påverkan på översvämningensrisken för byggnaderna kring fotbollsplanen vara försumbar.

Den befintliga vägen precis söder om planområdet (som utgör en vattendelare idag) planerar inte att ändras i samband med detta projekt. Framtida väg norr om byggnaden kommer att ha en lågpunkt lägre än befintlig väg i söder, vilket gör att skyfall även i framtiden kommer att avrinna åt nordväst mot lågpunkten vid fotbollsplanen. Denna höjdsättning medför samma avrinningsvägar vid skyfall som i dagsläget (Figur 15). Dessutom anses det lämpligt att fotbollsplanen får översvämma vid skyfall för att skydda framtida och befintliga byggnader.



Figur 15. Flödesriktningar vid skyfall i framtiden enligt planerad höjdsättningen. Vatten från planområdet avrinna mot den befintliga fotbollsplanen i nordväst. Ortofoto: Lantmäteriet.

För att minska riskerna för att vatten blir stående mot matsalens fasad och skadar byggnaden vid skyfall planerar landskapsarkitekten inom arbetet med den framtida höjdsättningen inom planområdet för 5 % lutning ut från fasad de första tre metrarna från byggnaden där det är möjligt, enligt branschstandard i publikation P105 (Svenskt Vatten, 2011). Dock tillåter befintliga träd som ska bevaras inte så mycket som 5 % lutning överallt. Dessutom planerar landskapsarkitekten att framtida väg ska ligga ca 40-50 centimeter lägre än färdigt golv, vilket även det är enligt rekommendation i publikation P105 (Svenskt Vatten, 2011).

Med den planerade utformningen av takytor och innergård kommer regn som faller på taket att ledas till rännor och vidare till dagvattennätet via invändiga ledningar utan möjlighet till ytlig förbindelse med husets utsida (Figur 9). Detta medför att stora mängder vatten riskerar att samlas och blir stående på innergården. Ledningar som avleder vatten från innergården kommer därför att dimensioneras för att klara av att omhänderta ett betydligt större flöde än de som uppstår vid ett dimensionerande 10-årsregn. Exempelvis skulle ledningarna kunna dimensioneras för att klara av ett dimensionerande 100-årsregn. Det är även viktigt att fastställa att dagvatten vid skyfall inte kan pressas bak i dagvattensystemet (om dagvattenledningsnätet utanför planområdet är fullt) och orsaka skador på byggnaden, utan att vattnet istället kan flöda ut i marknivå genom att t.ex. flöda upp ur dagvattenbrunnar. Dessutom är det viktigt att ledningarna kontrolleras och sköts regelbundet för att säkerställa full kapacitet vid skyfall och minska risken för översvämningsskador. Ledningar är dock aldrig en lika tillförlitlig lösning för skyfallshantering som en taklutning utåt och en öppning från innergården skulle vara. Även om ledningarna dimensioneras för att klara av mycket stora regn finns alltid risken att ett ännu större regn (t.ex. ett 200-årsregn) ger upphov till stående vatten och skador på byggnaden.

6.4 Behov av ytterligare åtgärder

Beräkningarna i Stormtac visar på att föroreningsituationen efter införda åtgärder kommer att vara liknande eller något bättre än dagens situation (Tabell 7). Det går inte att utesluta helt att belastningen ökar för några av de förorenande ämnena, men risken för detta kan minimeras genom korrekt skötsel av LOD-anläggningarna. En ytterligare förbättring av föroreningsbelastningen skulle kunna erhållas om allt dagvatten från vägarna kan avledas till regnbäddar, träd i skelettjord eller liknande anläggningar med mer långtgående rening än infiltration i en gräsmatta.

Att använda ett tunt grönt tak medför en viss risk för en förhöjd belastning av fosfor och kväve jämfört med om ett konventionellt tak skulle användas. Risken minskas om taken gödslas sällan och sparsamt. Eftersom belastningen från takytan är en relativt liten andel av den totala belastningen från området så har valet av grönt eller konventionellt tak endast en liten påverkan på föroreningsbilden.

Den planerade utformningen av tak och innergård eliminerar ej översvämningsskador på innergården vid kraftiga skyfall, även om ledningar från den dimensioneras för att klara av mycket stora regn.

7 Slutsatser

- Det är möjligt att klara Solna stads krav på att 20 mm dagvatten ska kunna fördröjas och renas lokalt. Detta kan förslagsvis göras genom att dagvatten från byggnaden (tak och innergård) leds till ett underjordiskt dagvattenmagasin, att dagvatten från lastplasten och intilliggande vägytor leds till nedsänkta regnbäddar och att dagvatten från övriga ytor avleds till ett eller flera nedsänkta infiltrationsytor i planområdets parkmark. Taket föreslås även utformas som ett tunt grönt tak för ökad fördröjning och andra mervärden.
- Enligt MKN får ytvattenrecipientens status inte försämrats eller möjligheterna att uppnå god status äventyras. Modellering i Stormtac visar att åtgärderna har god potential att leda till en förbättrad eller oförändrad föroreningsbelastning från området. För att belastningen ska kunna minimeras krävs regelbunden och korrekt skötsel av anläggningarna. Det kan inte helt uteslutas att någon eller några föroreningsparametrar kan komma att öka efter exploatering, trots införda åtgärder, eftersom ökningarna och minskningarna föroreningsberäkningarna i flera fall är mindre än felmarginalerna i beräkningarna. Detta innebär dock att ytterst små förändringar i föroreningsbelastningen förväntas. Reningsgraden kan förbättras ytterligare om allt vägdagvatten kan ledas till regnbäddar eller liknande anläggningar med mer långtgående rening än nedsänkta infiltrationsytor.
- Eftersom vatten inte kan brädda ut från innergård ytledes så behöver ledningsnätet dimensioneras för att klara av att avleda även kraftigare skyfallsflöden. Dessutom behövs regelbundet underhåll för att säkerställa ledningarnas kapacitet. Annars finns en risk att vatten blir stående på innergården vid skyfall, vilket riskerar att orsaka skador på byggnaden.
- Dagvatten från detaljplaneområdet avrinner vid skyfall ytledes norrut till en lågpunkt vid fotbollsplanen. Denna lågpunkt kommer då att översvämmas. Det är viktigt att höjdsättningen planeras så att avrinning vid nederbördssituationer som överstiger dimensionerad lednings- och LOD-kapacitet kan ske ytledes utan att stående vatten orsakar skador på byggnader.

Referenser

- A-METODIK, 2023. Skiss dagvattenfördröjning.
- COWI, 2020. *K0062_20191015_DagV-MagiCad-mm.dwg*.
- GEOINFO, 2020. *Karlberg_nivåkurvor_1m_2D.dwg*.
- ITERIO AB, 2020. *PM Markmiljö - Karlberg, Solna*. Nr. Uppdragsnummer: 5343.
- ITERIO AB, 2022. *PM Geoteknik - Karlberg XXX, Solna*. Stockholm.
- LÄNSSTYRELSEN STOCKHOLM, LÄNSSTYRELSEN SÖDERMANLAND, LÄNSSTYRELSEN UPPSALA, och LÄNSSTYRELSEN VÄSTMANLAND, 2015. *Rekommendationer för lägsta grundläggningsnivå för ny bebyggelse vid Mälaren – med hänsyn till risken för översvämning*.
- LÄNSSTYRELSENA, VATTENMYNDIGHETERNA, och HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2022. Mälaren-Ulvsundasjön [internet]. *VISS - Vatteninformationssystem Sverige*. Tillgängligt: <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA42470715> [Hämtad 2022-4-11].
- PETTERSSON SKOG, A., MALMBERG, J., EMILSSON, T., JÄGERHÖK, T., och CAPENER, C.-M., 2021. Grönatakhandboken.
- SCALGO, 2023. Scalgo Live [internet]. Tillgängligt: <https://scalgo.com/live/>.
- SCALGO LIVE, 2020. Modellering av flöden och lågpunkter.
- SGU, 2020. Kartvisare [internet]. *Jordarter 1:25000 - 1:100000*. Tillgängligt: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100.html> [Hämtad 2020-4-22].
- SMHI VATTENWEBB, 2022. Delavrinningsområde 7222 [internet]. Tillgängligt: <https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>.
- SOLNA STAD, 2017. *Strategi för en hållbar dagvattenhantering i Solna Stad*. Solna: Stadsledningsförvaltningen, Antagen av kommunstyrelsen december 2017.
- STOCKHOLM VATTEN OCH AVFALL AB, 2017. *Vegetationsklädda tak*.
- STOCKHOLMS STAD, 2017. *Dagvatten - PM Beräkningsmetodik för dagvattenflöde och föroreningstransport*. Nr. Version 1.0.
- STORMTAC, 2022. StormTac Web v.22.1.1 [internet]. *Utvecklad av Larm, T*. Tillgängligt: <http://app.stormtac.com/>.
- SVENSKT VATTEN, 2011. *P 105 Hållbar dag- och dränvattenhantering*. Svenskt Vatten AB.
- SVENSKT VATTEN, 2013. *Vårt Vatten*. 2:a uppl. Svenskt Vatten.
- VALL, E., MOHLANDER, U., KUSTVALL LARSSON, V., SKÖNSTRÖM, T., LJUNGQVIST, P., och STRAND, L., 2016. *Dagvattenhantering Åtgärdsnivå vid ny- och större ombyggnation*.
- VISS, 2016. SMHI delavrinningsområden.
- VISS, 2020. Miljö kvalitetsnormer [internet]. *VISS-hjälp*. Tillgängligt: <http://extra.lansstyrelsen.se:80/viss/Sv/detta-beskrivs-i-viss/miljokvalitetsnormer/Pages/default.aspx> [Hämtad 2020-7-10].
- VISS, 2022. Mälaren-Ulvsundasjön [internet]. *VISS - Vatteninformationssystem Sverige*. Tillgängligt: <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA42470715>.
- WRS AB, 2020. *Dagvattenutredning Karlberg K0062.XXX*. Nr. 2020-1515-A.
- ÅF-INFRASTRUCTURE, 2016. *PM - Dagvattenutredning för Karlberg Elevhem*.