

RAPPORT
DAGVATTENUTREDNING INRE HAMNEN



KONCEPT
2016-06-22

UPPDRAG 256387, Inre Hamnen

Titel på rapport: Dagvattenutredning Inre Hamnen

Status: Konzept

Datum: 2016-03-21

MEDVERKANDE

Beställare: Norrköpings kommun

Kontaktperson: Martin Heidesjö

Konsult: Tyréns AB

Uppdragsansvarig: Gunnar Svensson

Handläggare: Gunnar Svensson, Ulrica Heidesjö, Joakim Ahlberg,

Kvalitetsgranskare: Ann-Christin Sundahl

REVIDERINGAR

Revideringsdatum 2016-06-22

Version: 3

Initialer: Namn, Företag

Uppdragsansvarig:

Datum: ÅR-MÅN-DAG

Handlingen granskad av:

Datum: ÅR-MÅN-DAG

SAMMANFATTNING

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING.....	6
2	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	6
2.1	UNDERLAG.....	6
2.2	OMRÅDESBESKRIVNING.....	7
2.3	BEFINTLIGA LEDNINGAR.....	8
2.4	ÖVERSVÄMNINGSRISKER.....	9
2.4.1	ÖVERSVÄMNINGSRISK MOTALA STRÖM.....	9
2.4.2	MARKAVRINNING OCH SKYFALL.....	11
2.5	DAGVATTENPOLICY.....	12
3	FÖRORENINGSBELASTNING OCH RENING AV DAGVATTEN.....	13
4	PRINCIPLÖSNINGAR FÖR DAGVATTENHANTERING OCH SKYDD MOT HÖGA HAVSNIVÅER.....	15
4.1	ALTERNATIVA LÖSNINGAR.....	15
4.2	FÖRKLARINGAR TILL FIGURER.....	15
4.3	BESKRIVNING AV KONVENTIONELL DAGVATTENLÖSNING – LEDNINGSDRAGNING.....	16
4.4	BESKRIVNING AV ÖPPEN DAGVATTENLÖSNING.....	17
4.4.1	REGNBÄDDAR/VÄXTBÄDDAR OCH ÖPPNA KANALER/RÄNNOR.....	17
4.4.2	AVLEDNING FRÅN GÅRDSMARK.....	19
4.4.3	AVLEDNING VID 100-ÅRS REGN.....	20
4.4.4	PRINCIPUTFORMNING AV KANALSYSTEM.....	20
4.4.5	AVLEDNING AV SKYFALL VID HÖGA HAVSNIVÅER.....	21
4.5	ALTERNATIV 1 – BEFINTLIGA MARKNIVÅER OCH KONVENTIONELLT DAGVATTENSYSTEM.....	22
4.5.1	BESKRIVNING.....	22
4.5.2	KONSEKVENSER.....	22
4.6	ALTERNATIV 2 – HÖJDSÄTTNING TILL +2.5 M NÄRA MOTALA STRÖM OCH KANALER SAMT ÖPPEN DAGVATTENLÖSNING.....	24
4.6.1	BESKRIVNING.....	24
4.6.2	KONSEKVENSER.....	25
4.7	ALTERNATIV 3 – HÖJDSÄTTNING TILL +2.5 M I SALTÄNGSGATAN SAMT ÖPPEN DAGVATTENLÖSNING.....	28
4.7.1	BESKRIVNING.....	28
4.7.2	KONSEKVENSER.....	31
4.8	ALTERNATIV 4 – HÖJDSÄTTNING TILL +2.5 M I SALTÄNGSGATAN OCH LÄNGS MED GRUND KANAL. ÖPPEN DAGVATTENLÖSNING.....	33
4.8.1	BESKRIVNING.....	33

4.8.2	KONSEKVENSER	35
5	PÅVERKAN PÅ MILJÖKVALITETSNORMEN	38
6	KOSTNADER	39
7	ÖVERSVÄMNINGSRISKER.....	40
8	REFERENSER.....	45

Bilagor

Bilaga 1	Modellbeskrivning
Bilaga 2	Profilritningar öppna dagvattenlösningar, dräneringsdjup
Bilaga 3	Kostnadsberäkningar
Bilaga 4	Principskisser kanaler

1 INLEDNING

Norrköpings kommun arbetar med att ta fram ett planprogram för att möjliggöra byggnation av bostäder och affärer inom området Inre Hamnen i centrala Norrköping. Som en del i detta arbete har Tyréns fått i uppdrag att ta fram en dagvattenutredning. Syftet med utredningen är att studera förutsättningar för områdets dagvattenhantering samt att ta fram principer för en framtida lösning. I uppdraget har ingått att ta fram principlösningar för dagvattenhantering vid skyfall och höga nivåer i Motala ström.



Figur 1. Inre Hamnen, utredningsområdets omfattning.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 UNDERLAG

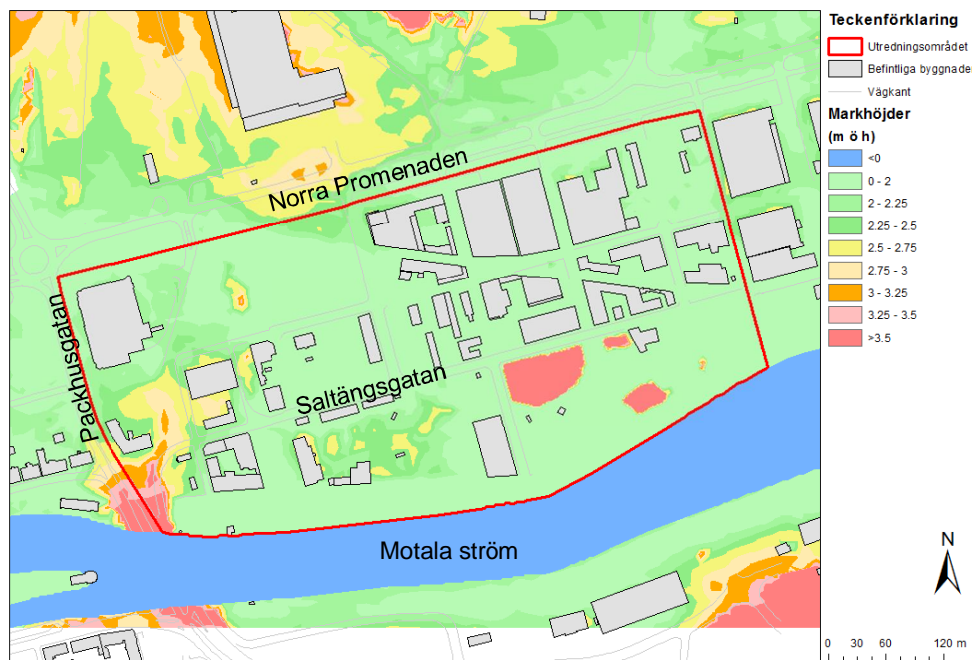
Följande underlag har legat till grund för utredningen:

- Grundkarta
- Ledningskarta VA (Norrköping Vatten och Avfall)
- Nationella höjdmodellen (Lantmäteriet)
- Strukturförslag bebyggelse (Norrköping Stad, 2016)
- Dagvattenhantering i Norrköpings kommun, riktlinjer (Norrköping Vatten och Avfall, 2009)
- Geoteknisk undersökning (Sweco, 2015)
- KC-pelarförstärkning Kostnader, överslagsberäkning (Sweco, 2015)
- Förstudie dagvattenhantering (Tyréns 2015)

Koordinatsystem som används i Norrköping är Sweref 99 16 30. Höjdsystem som gäller är RH2000.

2.2 OMRÅDESBESKRIVNING

Inom det ca 22 ha stora planområdet planeras för ett bostadshus och affärsverksamhet. Inom området kommer för vissa fastigheter att finnas underjordiska parkeringsgarage. Delar av området kommer att vara grönområde/parkmiljö. Dessa områden planeras främst längs med de kanalstråk som anläggs. Djupa kanaler planeras närmast Motala Ström. I nordsydlig riktning föreslås en grundare kanal. Inom området finns idag pågående hamnverksamhet. Utvalda befintliga byggnader med särskilt kulturvärde kommer att bevaras och integreras med tänkt ny bebyggelse. En översikt av området och dess topografi framgår av figur 2. Av figur 3 framgår förslag till ny struktur för området.



Figur 2. Planområdet med nuvarande bebyggelse och topografi.



Figur 3. Föreslagen ny struktur för bebyggelse (Norrköping Stad). Befintliga byggnader inom planområdet är byggnader som eventuellt kommer att bevaras.

Inom planområdet finns i dagsläget dagvattenledningar med utlopp till Motala ström. I västra delen av området avleds ett par kvarter till en större ledning i Packhusgatan. Ledningen i Packhusgatan avleder dagvatten från bl a Butängen. Övriga dagvattenledningar inom området avleder dagvatten direkt till utlopp i Motala ström. Området består av lera och uppfyllnadsmassor. Grundvattnet bedöms ligga på 0.5 – 1.3 m:s djup under markytan. Inom området finns förorenad mark.

2.3 BEFINTLIGA LEDNINGAR

Planområdet ingår i verksamhetsområde för vatten, spillvatten och dagvatten. Norrköping Vatten och Avfall AB är huvudman för de allmänna vatten- och avloppsanläggningarna och är ansvarig för att vatten-, spillvatten- och dagvattenledningar byggs ut i området, samt ansvarar för drift och underhåll fram till anvisad anslutningspunkt. Befintliga ledningar som finns inom planområdet visas i figur 4. Spillvatten för en större del av Norrköping avleds via en spillvattenledning genom området till avloppsreningsverket som är beläget strax norr om planområdet.



Figur 4. Befintliga ledningar.

2.4 ÖVERSVÄMNINGSRISKER

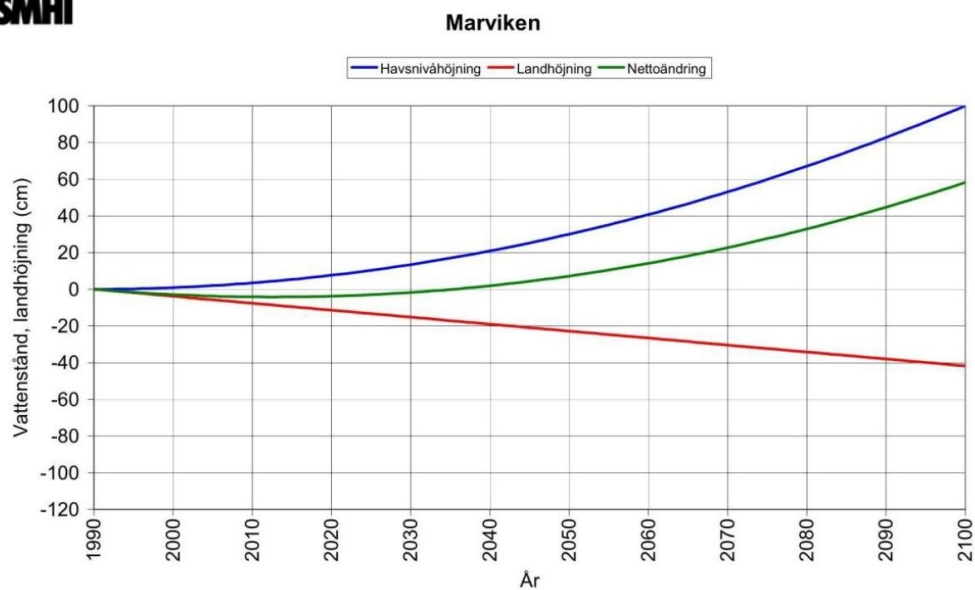
2.4.1 ÖVERSVÄMNINGSRISK MOTALA STRÖM

Norrköpings kommun anger i tillägg till översiktsplanen (2012) förslag till inriktning vad gäller hantering av översvämningsrisker. Detta innebär att vid nybyggnation ska en lägsta grundläggningsnivå på +2.5 meter användas (i höjdsystem RH2000).

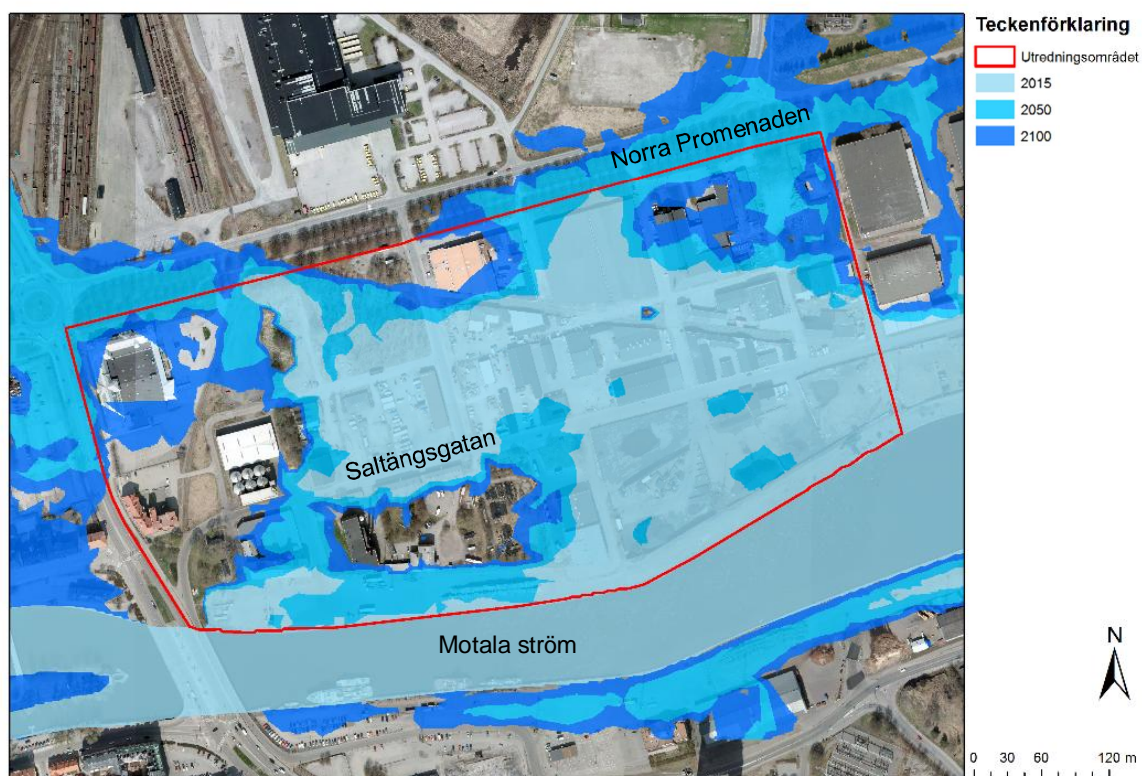
För utredningen har utgått från framräknade nivåer för höga havsnivåer som påverkar Norrköping (SMHI 2010). Valda vattenstånd avser nivåer med 100 års återkomsttid inklusive vinduppstuvning:

2015	+1.36
2050	+1.88
2075	+2.08
2100	+2.38

Vattenstånd år 2100 med 100 års återkomsttid inklusive högsta nivå i konfidensintervallet och vinduppstuvningseffekt bedöms vara +2.38 m. Nivåer för 2050 och 2075 har bedömts utifrån underlag i rapporten *Kompletterande beräkningar havsvattenstånd Bråviken*, SMHI Rapport nr 2010-60, se figur 5.

SMHI


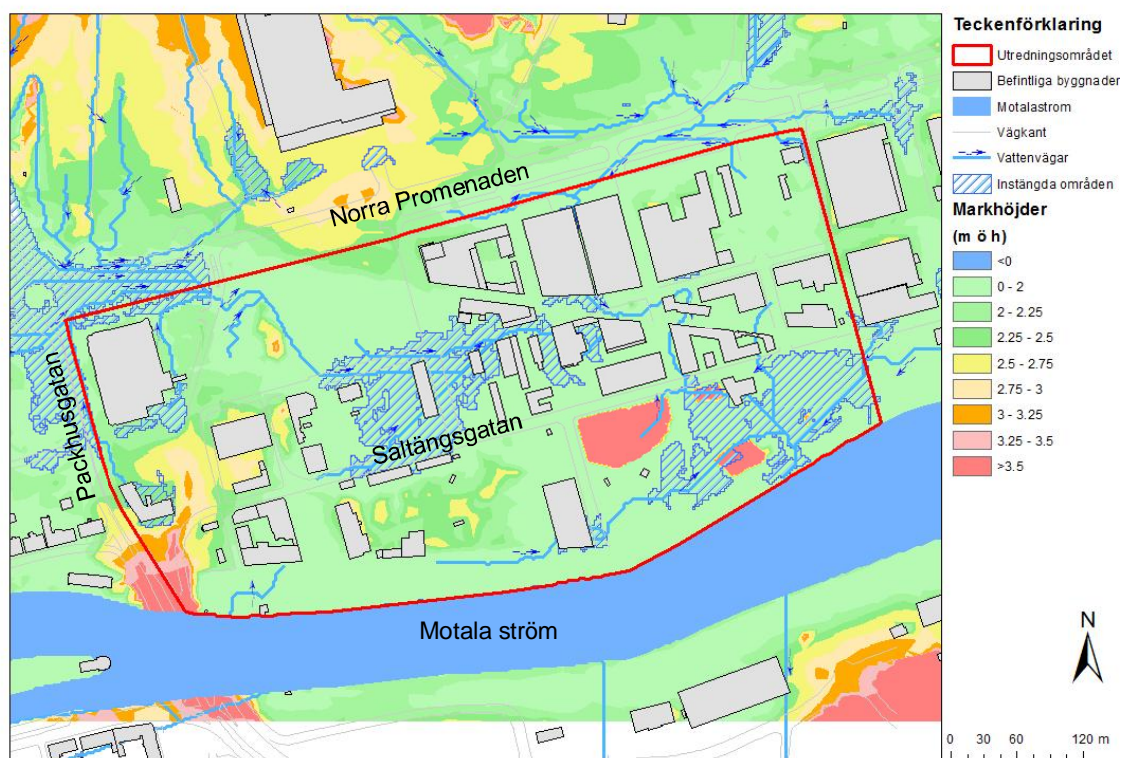
Figur 5. Förändring av medelvattenstånd i Marviken, Bråviken, vid en klimatförändring (SMHI 2010-60).



Figur 6. Exempel på utbredning av översvämning vid höga nivåer i Motala ström. Avser händelse med 100 års återkomsttid och om denna inträffar 2015, 2050 respektive 2100.

2.4.2 MARKAVRINNING OCH SKYFALL

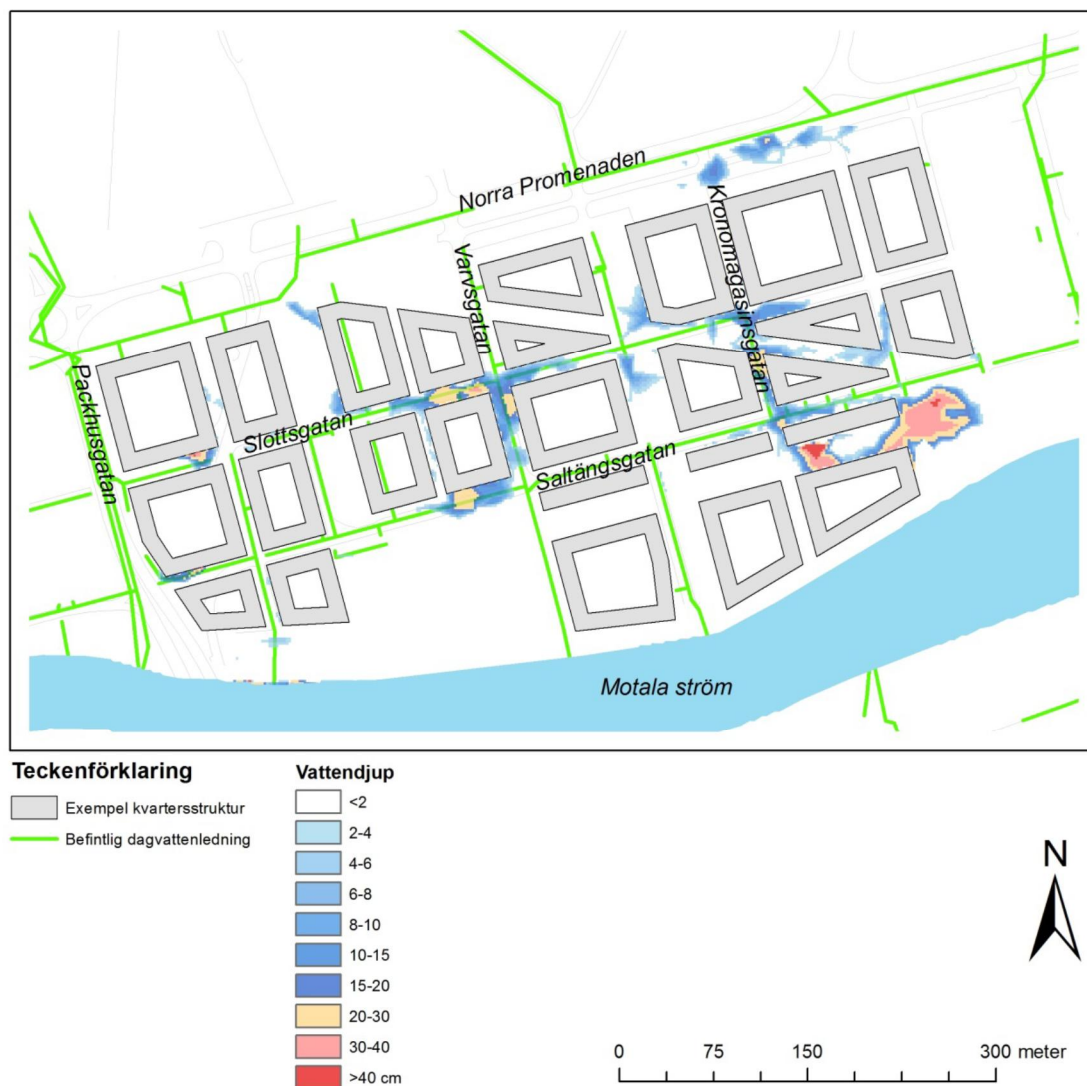
Vid extrema skyfall kan det, om dagvattennätet går fullt ske ytledes markavrinning. Utifrån topografi har riktningar för ytledes markavrinning beräknats, se figur 7. Av figuren framgår även omfattning på instängda områden. Från omkringliggande mark bedöms att ytledes avrinning kan ske till planområdet från väster och norr via Norra Promenaden.



Figur 7. Markavrinning och instängda områden utifrån topografi.

Befintligt dagvattennäts kapacitet har datorberäknats med det hydrauliska verktyget Mike Urban. Dagvattennätets funktion har analyserats för regn med återkomsttiderna 20, 30 och 100 år. Regnen beskrivs som typregn (CDS-regn) och enligt riktlinjer angivna i P104, Svenskt Vatten. Samtliga regn har justerats för klimatförändringar med klimatfaktor motsvarande 1.15. För samtliga beräkningar har använts en nivå i Motala ström på +0.66 m. Nivån motsvarar en förväntad framtida medelvattennivå, år 2100, i Motala ström (SMHI 2010).

Översvämningar vid skyfall bedöms ske i relativt stor omfattning. Delvis p g a att ledningsnätet är dimensionerat för ett regn med återkomsttiden 10 år delvis p g a uppdamning från Motala Ström. Figur 8 visar de marköversvämningar som bedöms kunna ske vid ett regn med återkomsttiden 20 år. Se rapport *Förutsättningar dagvattenhantering*, Tyréns 2015, för detaljerad beskrivning av gjorda analyser avseende översvämningrisker vid skyfall.



Figur 8. Ytledes markavrinning vid regn med 20 års återkomsttid, datorberäknade med Mike Flood. Beskriven kvartersstruktur avser tidigare förslag till struktur inom Inre Hamnen.

Förutsättningar för modellberäkningar framgår av bilaga 1.

2.5 DAGVATTENPOLICY

Norrköpings kommun har tagit fram riktlinjer för dagvattenhantering där det anges hur dagvatten ska hanteras i olika skeden. Målsättningen med riktlinjerna är att:

- Känsliga recipienter skyddas
- Den totala föroreningsbelastningen minskar så att god ekologisk och kemisk vattenstatus uppnås i sjöar och vattendrag
- Risken för skador på fastigheter och andra anläggningar minskar
- Den naturliga grundvattenbalansen underlättas
- Hanteringen av dagvatten i tätorterna synliggörs och kan förstås

Riktlinjerna beskriver hur recipientens känslighet respektive risken för påverkan ska klassificeras. I tabell 1 redovisas behov av rening utifrån klassning av recipient.

Tabell 1. System för bedömning av behandlingskrav.

Risk för påverkan	Recipientens känslighet		
	3. Mindre känslig	2. Känslig	1. Mycket känslig
3.Låg	Ej rening	Ej rening	Ej rening
2.Måttlig	Ej rening	Enklare rening eller välj mindre känslig recipient	Enklare rening eller välj mindre känslig recipient
1.Hög	Enklare rening	Rening eller välj mindre känslig recipient	Rening eller välj mindre känslig recipient

Som ett hjälpmedel vid provning och tillsyn för dagvattenanläggningar finns riktvärden angivna, se tabell 2.

Tabell 2. Riktvärden för utsläpp av dagvatten till recipient.

Parameter	Enhet	Utsläppspunkt/utsläppskälla		
		3.Från verksamhet eller enskild fastighet	2.Från delområde till recipient utan skyddsvärde	1.Till skyddsvärd recipient
Fosfor (p)	ug/l	250	175	160
Kväve (N)	mg/l	3.5	2.5	2.0
Bly (Pb)	ug/l	15	10	8
Koppar (Cu)	ug/l	40	30	18
Zink (Zn)	ug/l	150	90	75
Kadmium (Cd)	ug/l	0.5	0.5	0.4
Krom (Cr)	ug/l	25	15	10
Nickel (Ni)	ug/l	30	30	15
Kvicksilver (Hg)	ug/l	0.1	0.07	0.03
Suspenderande ämnen	mg/l	100	60	40
Olja	mg/l	10	0.7	0.4
BaP	ug/l	0.1	0.07	0.03

3 FÖRORENINGSBELASTNING OCH RENING AV DAGVATTEN

Föroreningar inom planområdet har utretts i separat utredning av Sweco 2015. Inom området planeras för omfattande saneringsarbeten. För nuvarande områdes föroreningsbelastning till Motala ström hänvisas till denna rapport.

Motala ström har måttlig ekologisk potential vilket gör att recipienten klassas som känslig (2 enligt riktlinjerna). Motala ström är vid utredningsområdet inte klassat i Naturvårdsprogrammet.

Ny markanvändnings risk för påverkan bedöms som måttlig (klass 2 enligt riktlinjerna).

I tabell 3 redovisas schablonhalter från Stormtac 2014-01 för några ytor inom området och jämförs med uppsatta riktvärden som anges i riktlinjerna.

Tabell 3. Riktvärden för dagvattenutsläpp enligt Norrköpings riktlinjer jämfört med Schablonhalter i dagvatten enligt Stormtac 2014.

Parameter	Enhet	Riktvärde för recipient		Schablonhalter		
		Ej skyddsvärd	skyddsvärd	Flerfamiljshus	Väg 10000 f/d	Parkering
Fosfor (P)	ug/l	175	160	300	180	100
Kväve (N)	mg/l	2.5	2.0	1,6	2,4	1,1
Bly (Pb)	ug/l	10	8	15	12	30
Koppar (Cu)	ug/l	30	18	30	38	40
Zink (Zn)	ug/l	90	75	100	160	140
Kadmium (Cd)	ug/l	0.5	0.4	0,7	0,3	0,45
Krom (Cr)	ug/l	15	10	12	11	15
Nickel (Ni)	ug/l	30	15	9	8	4
Kvicksilver (Hg)	ug/l	0.07	0.03	0,025	0,08	0,05
Suspenderade ämnen	mg/l	60	40	70	87	140
Olja	mg/l	0.7	0.4	0,7	0,8	0,8
BaP	ug/l	0.07	0.03	0,05	0,02	0,06

Generellt gäller att man kommer behöva rena olja , suspenderade ämnen och metaller.

I rapport avseende förutsättningar dagvattenhantering (Tyréns 2015) har mängder föroreningar schablonmässigt beräknats utifrån en årsmedelnederbörd på 700 mm. Nuvarande och framtida jämförs förhållande jämförs. Då området byter karaktär från industriområde till bostadsområde bedöms föroreningarna minska med ca 20-40% (varierar beroende på förorening som jämförs). Området består främst av lerjordar med begränsad infiltrationsförmåga. Enligt matrisen för behandlingsbehov krävs enklare form av rening av dagvattnet innan utsläpp i Motala ström. Möjligheten till infiltration är begränsad dels p g a täta jordarter del då marken generellt är starkt förorenad.

De dagvattenlösningar som föreslås är öppna dagvattenlösningar där dagvatten infiltrerar i s k regnbäddar. I botten av regnbädden placeras en dräneringsledning som avleder dagvatten till kanaler eller Motala ström. Viss rening kommer att ske i regnbäddarna vilket bedöms minska föroreningar från gator och parkeringsytor inom området.

4 PRINCIPLÖSNINGAR FÖR DAGVATTENHANTERING OCH SKYDD MOT HÖGA HAVSNIVÅER

4.1 ALTERNATIVA LÖSNINGAR

För planområdet presenteras fyra möjliga lösningar för dagvattenhantering och skydd mot höga havsnivåer.

1. Bebyggelse planeras utifrån befintliga marknivåer. Ett konventionellt dagvattennät används för dagvattenhantering.
2. Marken närmast Motala Ström höjdsätts till nivån +2.5. Samtliga marknivåer längs kanaler höjdsätts till +2.5 m. Öppen dagvattenlösning väljs för dagvattenhantering.
3. Saltängsgatan höjdsätts till nivån +2.5 m som en inre barriär mot höga havsnivåer. Öppen dagvattenlösning väljs för dagvattenhantering.
4. Kombination av alternativen 2 och 3. Barriär på +2.5 m vid Saltängsgatan och marknivån kring den grunda kanalen höjdsätts till +2.5 m. Öppen dagvattenlösning väljs för dagvattenhantering.

Den principiella skillnaden mellan alternativ 2 och 3 är att kajen närmast Motala Ström i alternativ 3 kan planeras utifrån befintliga marknivåer. D v s lösningen ger möjligheter att anpassa tillgängligheten till vatten utifrån lägre nivåer. Detta gäller också den grunda kanalen. Alternativ 4 motsvarar alternativ 3 med skillnaden att marknivån kring den grunda kanalen höjdsätts till +2.5 m. Med höjdsättningen föreslagen i alternativ 3 kan en större andel dagvatten avledas till den grunda kanalen. Höjdsättningen för alternativ 2 och 4 betyder att mer dagvatten avleds till befintliga dagvattenledningar i Packhusgatan och Norra promenaden.

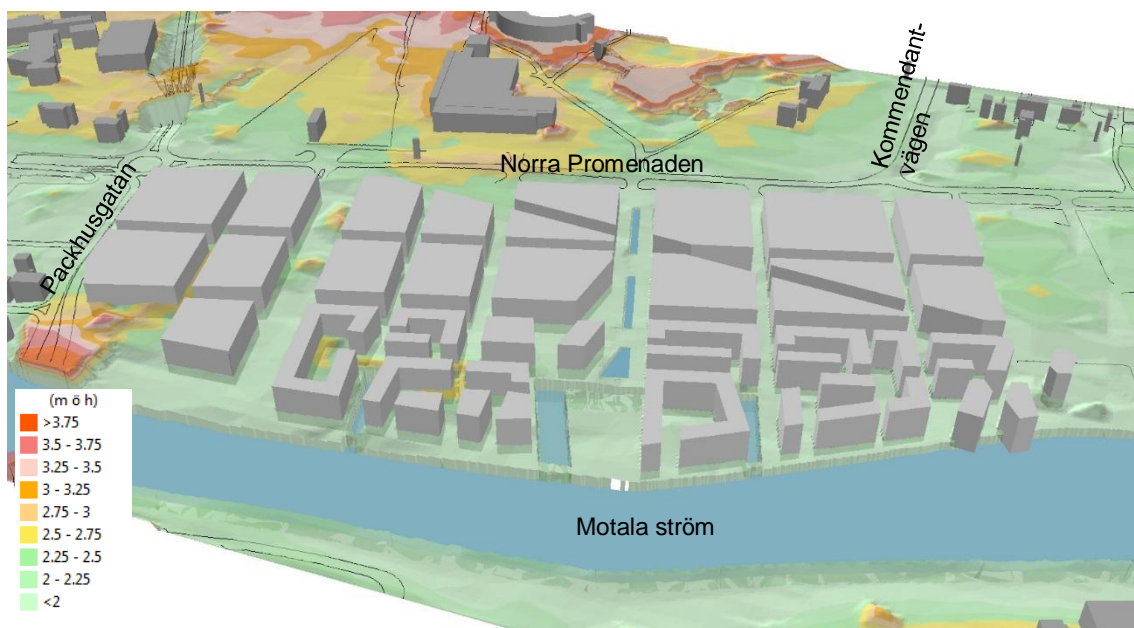
Skillnaden mellan konventionellt och öppet dagvattensystem är att i det senare fallet behövs det inte ett ledningssystem för dagvatten. Med det menas ledningssystem med större dimensioner som kan avleda större avrinningsområden. För det öppna dagvattensystemet kommer att krävas dräneringsledningar under regnbäddar. För husgrundsdräneringar krävs en tät ledning för avledning till Motala ström alternativt att dräneringsvatten pumpas. Det krävs också lösningar för avledning av dräneringsvatten från väggkroppen. I denna utredning har de olika lösningarna inte studerats i detalj utan en generell beskrivning har gjorts för att hantera dagvatten från tak, gårdsmark och gator.

Nedan följer figurförklaringar samt generell beskrivning av konventionell respektive öppen dagvattenlösning. För de olika alternativen ges kortfattade beskrivningar av utformning samt beskrivning av konsekvenser vid regn/skyfall respektive höga havsnivåer.

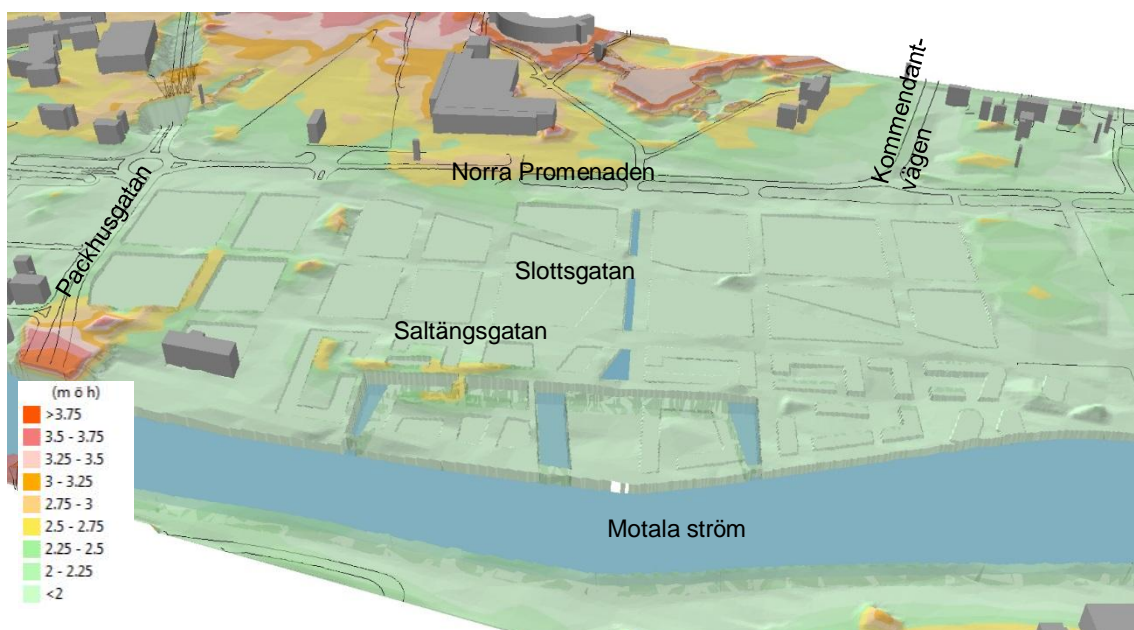
Föreslagna lösningar för konventionellt och öppet dagvattensystem har datorberäknats med Mike Urban version 2016. En generell beskrivning har upprättats där regnbäddar beskrivs som öppna diken med en tvärsnittsarea som motsvarar regnbäddens utjämningsvolym och dräneringsledningens kapacitet. Beskrivningen har använts för samtliga gator som kommer att avleda flöden. Det dagvatten som avleds via regnbäddar har bestämts utifrån förslag till områdesstruktur. Avrinningskoefficienter enligt Svenskt Vattens riktlinjer, P90, har använts. Se också bilaga 1 för detaljerad beskrivning av datormodell.

4.2 FÖRKLARINGAR TILL FIGURER

Konsekvenser av höga havsnivåer visas med 3D-bilder. Följande figurer visar förklaringar till dessa bilder. I efterföljande bilder har nedan information utelämnats för att tydliggöra resultat från beräkningar. Figur 9 visar marknivåer med planerad ny bebyggelse. Figur 10 visar motsvarande men där byggnader tagits bort, endast kvartersmark visas nedsänkt. Figuren syftar till att tydliggöra konsekvenser av höga havsnivåer.



Figur 9. Beskrivning av marknivåer, befintliga byggnader (mörkgrå) samt planerad ny bebyggelse (ljusgrå).



Figur 10. Planområdet utan ny planerad bebyggelse. Enbart kvartersstruktur framgår (nedsänkt).

4.3 BESKRIVNING AV KONVENTIONELL DAGVATTENLÖSNING – LEDNINGSDRAGNING

Följande är en beskrivning av hur ett konventionellt dagvattensystem anläggs. Framräknade sättningsrisker (Sweco 2015) och nuvarande dimensioner innebär att nuvarande ledningsnät inte bedöms kunna användas för avledning av dagvatten. Ett nytt dagvattensystem anläggs och dimensioneras utifrån givna förutsättningar d v s att sättningsrisk beaktas och dimensionering sker för att klara ett regn med återkomsttiden 30 år.

Behov av ledningsdimensioner har beräknats för att undvika marköversvämningar vid ett regn med återkomsttiden 30 år inklusive klimatfaktor. För beräkningen har utgått från nuvarande ledningsstruktur inom området. Som dämningnivå i Motala ström har använts medelvattennivån år 2100, +0.66. Framräknad största ledningsdimension är 1600 mm. Beräkningen är översiktlig och syftar till att ge en bild av behov av ledningsdimensioner och är inte ett slutligt förslag. Om ett konventionellt dagvattensystem väljs som slutlig lösning bör dagvattenledningar kombineras med underjordiska magasin eller rörmagasin för att, där platsutrymmet medger det, fördröja och utjämna dagvattenflöden. Detta kan minska ned det behov av ledningsdimensioner som beräknats. En detaljerad beräkning av placering av magasin har inte genomförts inom ramen för denna utredning. Beräkningarna har gjorts med det hydrauliska datorverktyget Mike Urban. Dräneringsvatten från husgrunder kopplas till dagvattenledningar men detta vatten har inte datorberäknats.

4.4 BESKRIVNING AV ÖPPEN DAGVATTENLÖSNING

4.4.1 REGNBÄDDAR/VÄXTBÄDDAR OCH ÖPPNA KANALER/RÄNNOR

Dagvattnet från planområdet kommer att avledas till Motala Ström. Förutsatt att man väljer takmaterial som inte släpper från sig tungmetaller bör takytor och även grönytor kunna avledas utan rening medan dagvatten från gator och parkeringsplatser bör genomgå rening av olja, metaller och sediment.

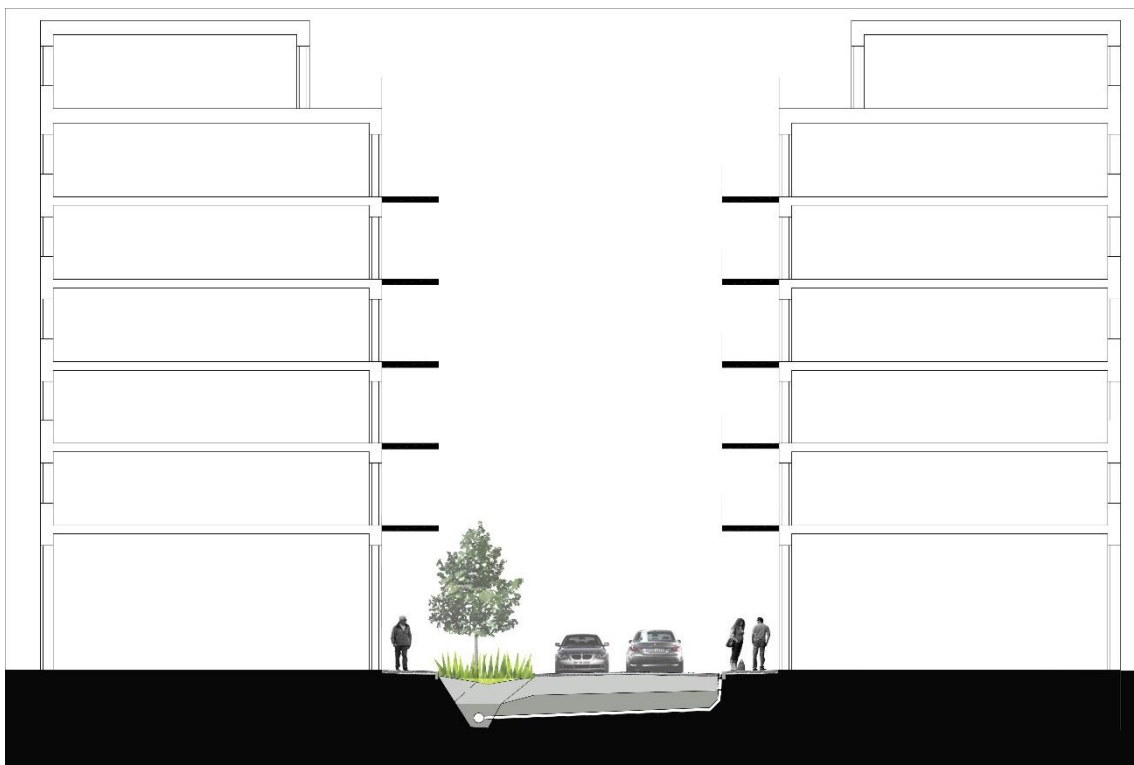
Målsättningen har varit att skapa en yttlig markavrinning via öppna dagvattenlösningar, så kallade blågröna stråk. Avvattningen av gator, parkeringsplatser och andra hårdgjorda ytor föreslås ske, där behov av rening finns, till någon typ av växtbädd/regnbädd. Om det inte finns ett behov av rening avleds dagvatten via öppna mindre kanaler och rännor. I en växtbädd/regnbädd filtreras vatten när det infiltrerar genom jordblandningen. Eventuella föroreningar fastläggs i marken och kan sedan tas upp av växter och brytas ner av mikroorganismer. Erfarenheter visar på bra rening av sediment, föroreningar, olja och även närsalter. För bästa resultat kombineras biofiltret med någon form av utjämning. Det kan erhållas genom avledning till en yta med upphöjda kupolbrunn. I figur 11 visas exempel på nedsänkt växtbädd. Från växtbädden/regnbädden avleds dagvatten via dräneringsledning. Dräneringsledningen ansluter till en tät ledning i gata som också kan avleda dräneringsvatten från väggkropp och fastigheter. Den täta ledningen ansluter till djup eller grund kanal (den senare gäller ledning i Slottsgatan).

Den öppna dagvattenlösningen placeras längs med parkeringar och gator. Placeringen kan göras längs båda sidor av gatan eller, där platsbrist finns, längs med ena sidan. Där de korsar andra gator krävs någon form av täckning med till exempel plåt eller betong. Omfattning och detaljerade lösningar bestäms i separat utredning till exempel i förprojekteringen. Från gårdsmark och tvärgående gator kan dagvatten ledas via hårdgjorda rännor. Dagvatten från gårdsmark och ej förorenad mark kan avledas direkt till Motala ström där ledningsförhållandena tillåter detta. Plats reserveras i gaturummet för att möjliggöra placering av växtbäddar och öppna kanaler/rännor. Utjämningsvolymen för det öppna dagvattensystemet dimensioneras för ett regn med 30-års återkomsttid. För att uppnå god reningseffekt för lågintensiva regn under hela året dimensioneras växtbädden för till exempel ett 2-årsregn.

Växtbäddar placeras i närhet till kanaler. Detta för att minska ledningsdragning av dräneringsledningar och täta ledningar. Olika djup på filter kan användas beroende på om träd ska planteras. Om träd planteras läggs en dräneringsledning på ca 1 m djup, utan träd är motsvarande djup ca 0.4-0.6 m. Detta kan påverka vilket djup som väljs för den grunda kanalen. Del av denna kan till exempel ha ett djup på ca +0.6m vilket skulle tillåta att dräneringsledningar som inkluderar trädstrukturer samt dränering för väggkroppar kan avledas hit. Ett alternativ, om dräneringsledning inte kan anslutas till den grunda kanalen, är att dräneringsvattnet avleds mot kanalen men i dess anslutning istället pumpas till kanalen.



Figur 11. Exempel på nedsänkt växtbädd. Vatten leds i det här fallet in i växtbädden via genomsläppliga plattor samt en öppning i betongmuren. (United States Environmental Protection Agency, 2013).



Figur 12. Exempel på en regnbädds utformning i ett gaturum med centrumbebyggelse.

Avledning av dagvatten föreslås ske ytleddes och delvis via växtbäddar som fördröjer och renar. Marken höjdsätts utifrån att avrinning ska kunna ske till Motala ström eller till kanaler. Höjdsättning har gjorts utifrån en minsta lutning på gator motsvarande 7 promille.

Gatan utformas för att kunna avleda dagvatten till växtbäddar och kanaler/rännor. Växtbäddarna förses med bräddfunktion. Dels via dräneringsledning i botten dels via utlopp i bäddens överkant. Den sistnämnda brädden syftar till att kunna avleda stora regnmängder på ett kontrollerat sätt vid mer intensiva regn. Utloppet leds tillbaka ut på gatan. För att hantera ett regn med återkomsttiden 30 år, med klimatfaktor, sker utjämnningen i flera steg. Inom området är nivån till grundvattnet ca 0.5-1.0 m. Inom området finns utfyllnadsmassor med varierande djup ovanpå ett mäktigt lerlager. En kompletterande utredning föreslås för att bedöma vilka inläckage p g a hög grundvattennivå som kan förväntas till de dräneringsledningar som planeras. Utredningen behöver också visa hur en framtida högre grundvattennivå samt hur Motala ströms fluktationer utifrån en högre medelvattennivå kommer att påverka inläckaget. I den analys som görs behöver hänsyn tas till förändrade markförhållanden när förorenade massor ersätts med nya och att området kommer att höjas generellt med föreslagen höjdsättning. Beroende på resultatet från denna utredning kan det vara aktuellt att dräneringen för växtbädden omges av tät duk p g a den höga grundvattennivån. Utredningen kan också visa om behov finns att planera utfyllnadsmassors täthet utifrån att begränsa inläckage.

Till denna rapport bifogas, se bilaga 2, arbetsmaterial från parallellt pågående förprojektering. Ritningarna visar profiler för dräneringsledningar i Varvsgatan respektive Slottsgatan. Den förra avleder dräneringsvatten till djup kanal och den senare till grund kanal. Den grunda kanalen har här sänkts till +0.6 m. Dräneringsledningarna ligger 1 m under markytan. Av ritningarna framgår även befintlig markyta. För att relatera till grundvatten visas en grundvattennivå på +0.6. Denna ligger ca 0.5-1 m under befintlig markyta. Avståndet från dräneringsledning till vald grundvattenyta är i Slottsgatan 0-1.8 m och i Varvsgatan 0.8-1.2 m.

Förslagsvis fördröjs dagvatten från tak genom att gröna tak används. Inom gårdsmark sker fördröjning via regnbäddar och nedsänkningar (se nedan). I gatan sker avledning via rännor/kanaler och via fördröjning i regnbäddar med fördröjningsvolym. Det dagvatten som inte kan fördröjas avleds på ett säkert sätt via gatustrukturen som utformas för att bilda ytliga vattenvägar. Gatan utformas och byggnader höjdsätts utifrån att gatan ska kunna få denna funktion.

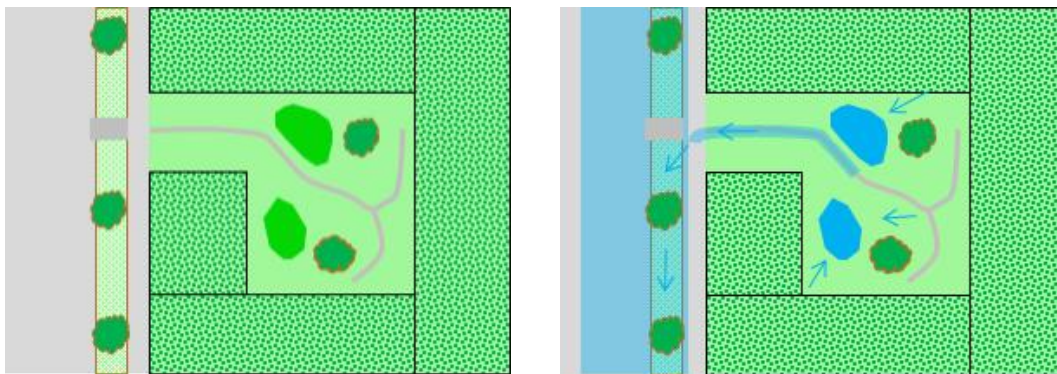
Drift och underhållsplan upprättas för skötsel av växtbäddar. Särskild tillsyn bör ske för att säkerställa att inlopp till växtbäddar inte sätter igen av grus/sand eller löv. Växtbäddar placeras på ett sätt som underlättar snöröjning. Vid yttledes avrinning ökar halkrisken om vatten blir stående på ytan vid situation med snabb nedfrysning. Underhåll i form av sandning för att minska risken för halkskador kring ytliga och markförlagda rännor bör prioriteras vintertid.

Den ytliga avledningen sker via kanaler/rännor och växtbäddar. Utformningen kan variera beroende på var denna placeras. Uppströms och på tvärgator, där mindre flöden ska avledas, kan det räcka med skålade rännor nedsänkta i gatan. Längre ner i systemet och närmast kanalerna behöver större mängder dagvatten omhändertas och behovet av utjämningsvolym ökar. Växtbäddar kan utformas på olika sätt beroende på platsutrymme. Öppna ytor som torg och parker bör utformas för att tillfälligt kunna översvämmas vid skyfall.

4.4.2 AVLEDNING FRÅN GÅRDSMARK

Gårdsmark föreslås planeras och höjdsätts för att dagvatten ska kunna fördröjas och även infiltrera till mark eller dräneringsledning. Vid extrema skyfall kan avledning ske ut från gårdsmark till angränsande gata via nedsänkta rännor. Figur 13 visar princip för utformning av gårdsmark och funktion vid torrväder respektive vid skyfall. Takytorna är i detta fall gröna tak med vegetation som i sig fördröjer dagvattenavrinning. Avledning från tak sker till gårdsmarken. Gårdsmarken höjdsätts för att vara högre än angränsande gata. Inom gårdsmark finns lokal fördröjning med nedsänkta delar (mörkgröna i figur). Dessa kan också utformas som växtbäddar eller täckta betongmagasin. I exemplet finns en långsmal växtbädd längs med gatan utanför fastigheten.

Dräneringsledningar läggs inom området för att avleda dräneringsvatten från väggroppar, byggnader, gårdsmark och växtbäddar. För byggnader med parkeringsgarage krävs att dräneringsvatten pumpas.



Figur 13. Principer för dagvattenhantering inom gårdsmark vid torrväder t v respektive vid skyfall t h.

4.4.3 AVLEDNING VID 100-ÅRS REGN

Motsvarande principer för dagvattenhantering gäller vid avledning av extrema skyfall. Det öppna dagvattensystemet kommer vid ett extremt skyfall inte kunna avleda allt dagvatten. En ytledes avrinning sker då via gator till Motala ström eller kanaler. Gatorna utformas därför för att vid extrema skyfall vara ytledes vattenvägar. Gatorna och byggnader höjdsätts för att skador inte ska kunna ske på närliggande anläggningar och byggnader (höjdsättningen för byggnader planeras för att klara ett 100-års regn enligt riktlinjer i Svenskt Vattens publikation P110). Särskilt bör nedfarter till garage planeras utifrån vattenvägarna. Huvuddelen av gatorna inom planområdet utformas som ytledes vattenvägar med tillräcklig lutning ned mot Motala ström eller kanaler, minst 7 promille. I gatukorsningar behöver utformning ske för att korsande ytligt dagvatten ska kunna transporteras enligt föreslagna vattenvägar.

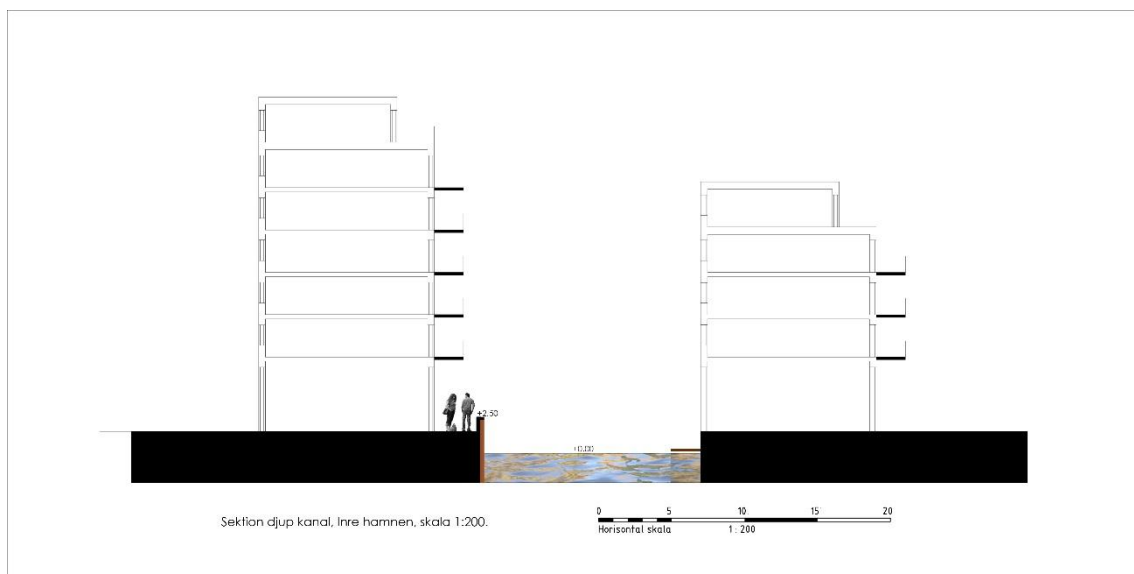
4.4.4 PRINCIPUTFORMNING AV KANALSYSTEM

Inom området planeras för ett kanalsystem. De djupa kanalerna kommer att ha olika bredd från ca 5 m och den grunda kanalen motsvarande ca 8 m, se figur 3 för lokalisering av kanaler.

Kanalerna används som recipienter för det dagvatten som genereras inom Inre Hamnen. Figur 14 och 15 visar exempel på utformning av grund respektive djup kanal. Grund kanal utformas med en kontant vattenspiegel med ett ca 2-3 dm vattendjup. Vatten behöver tillföras genom pumpning från t ex Motala ström. En fördröjningsvolym för dagvatten skapas genom att kanalens totala djup är ca 0.7 m. Inre kanalen ska kunna användas för utjämning av det dagvatten som avleddes via främst Slottsgatan.



Figur 14. Principskiss som visar utformning av grund kanal.



Figur 15. Exempel på utformning av djup kanal i förhållande till bebyggelse.

4.4.5 AVLEDNING AV SKYFALL VID HÖGA HAVSNIVÅER

För alternativ 2 till 4 höjdsätts området att ytledes avleda skyfall till Motala Ström eller kanaler. För alternativ 3 kommer den grunda kanalens botten vara på nivån ca +0.9, och med en kant på nivån +1.6. Detta innebär att området kring den grunda kanalen riskerar att bli översvämmat vid höga havsnivåer. För att Motala ström inte ska kunna översvämma den grunda kanalen och därmed också bebyggelsen i anslutning till denna, krävs en reglerbar lucka. Vid en situation med hög havsnivå i kombination med skyfall kommer den grunda kanalen att fungera som magasin för utjämning av dagvatten. En pumpstation behöver anläggas i anslutning till den grunda kanalens utlopp för att avleda större regnmängder om kanalen fylls. För denna utredning har behov av pumpkapacitet för ett regn med 20 års återkomsttid beräknats vilket motsvarar ca 150 l/s. För alternativ 2 respektive 4 höjdsätts marken kring den grunda kanalen till +2.5 m. För dessa alternativ finns inget behov av reglering.

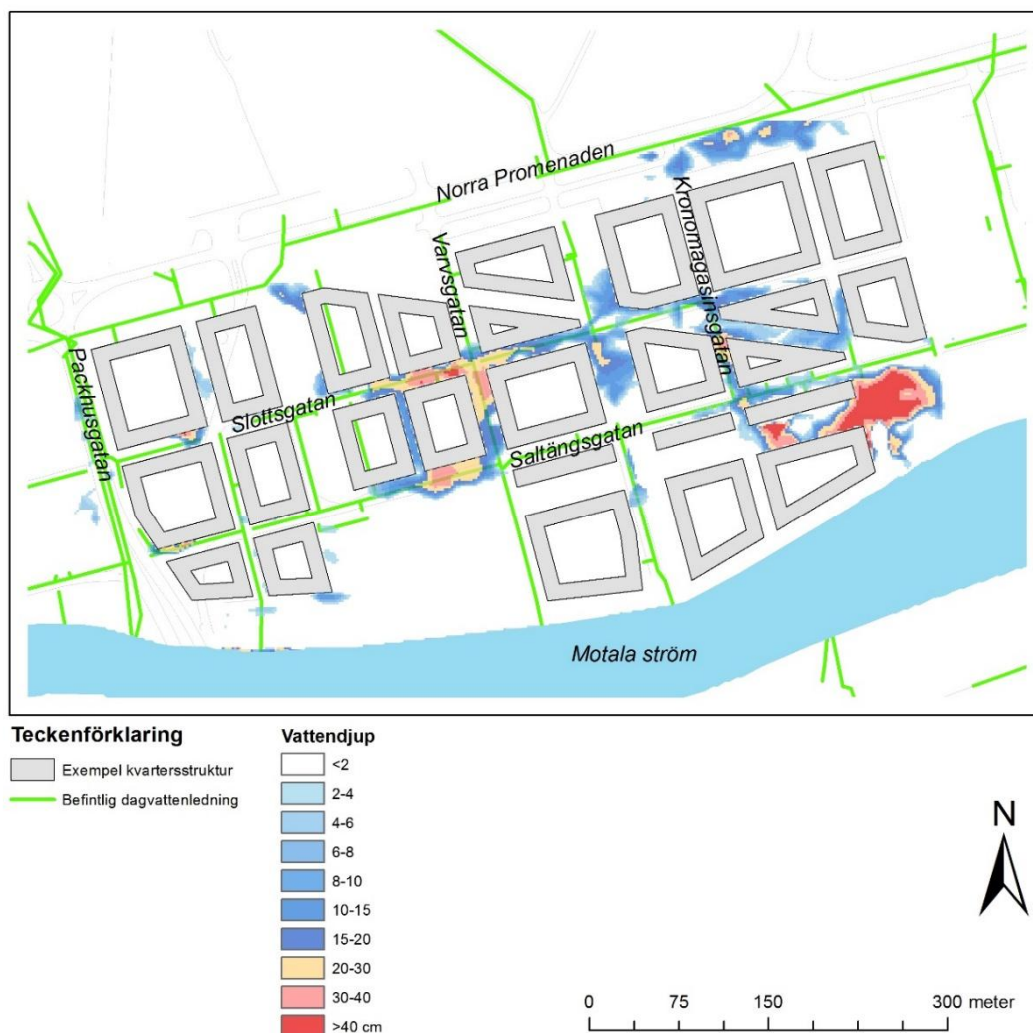
4.5 ALTERNATIV 1 – BEFINTLIGA MARKNIVÅER OCH KONVENTIONELLT DAGVATTENSYS-TEM

4.5.1 BESKRIVNING

Förslaget innebär att ingen mark höjdsätts för skydd mot höga havsnivåer. Alternativet utgår från befintliga marknivåer. Ett konventionellt dagvattensystem med ledningar och underjordiska magasin anläggs. Byggnader höjdsätts för att husgrundsdräneringar ska kunna anslutas till dagvattenledning.

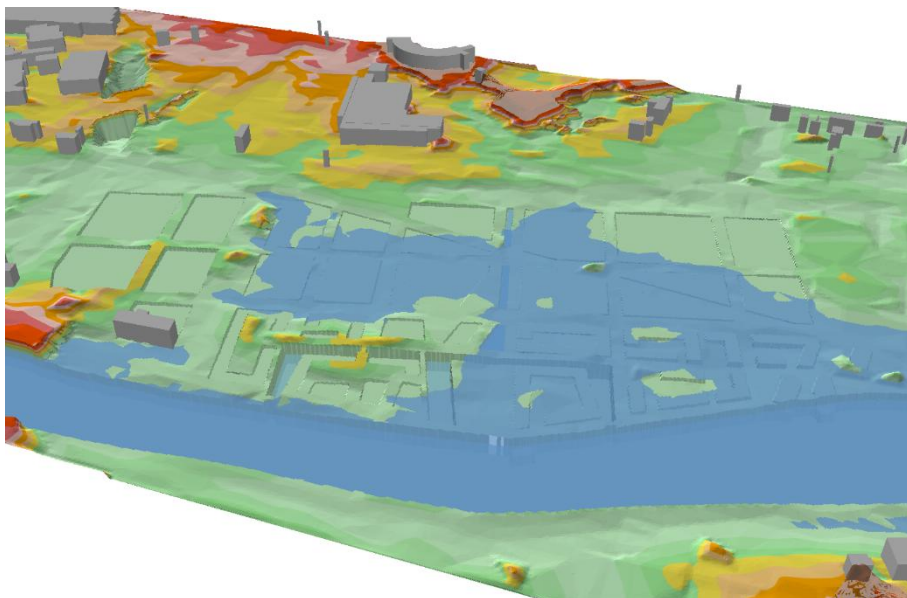
4.5.2 KONSEKVENSER

Vid regn kommer marköversvämningar att ske i lågpunkter inom området, se figur 16. Ledningsnätet kommer att stå dämt vilket begränsar dess kapacitet och möjlighet att avleda dagvatten. Bebyggelse kring lågpunkter behöver höjdsättas för att klara marköversvämningar vid regn med 100 års återkomsttid (enligt riktlinjer i P110, Svenskt Vatten).

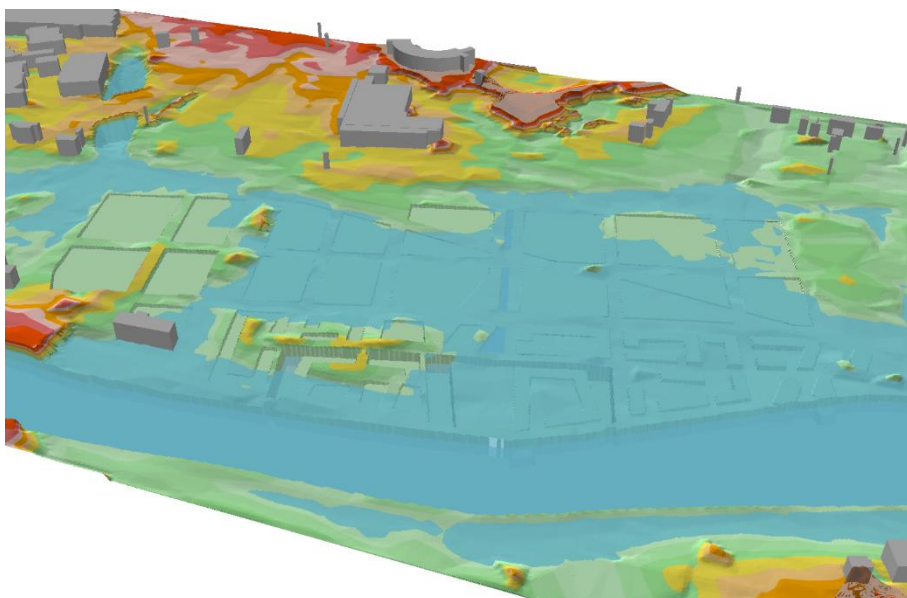


Figur 16. Lågpunkter som översvämmas vid regn med återkomsttiden 100 år. Översvämningar redovisas för tidigare förslag till bebyggelsestruktur utan kanaler men principen för hur översvämningar inträffar längs med Slottsgatan och Kronomagasinsgatan är densamma även med ny struktur och kanaler.

Med nuvarande marknivåer finns inget skydd vid höga havsnivåer. Figur 17 visar omfattning på översvämningar vid en storm som inträffar i nutid med 100 års återkomsttid. Figur 18 visar motsvarande situation år 2050 där en förväntad påverkan från klimatförändringar ger högre havsnivåer än nuvarande. Figuren visar att redan år 2050 och vid en 100-årssituation är i princip hela planområdet översvämmat.



Figur 17. Översvämningar vid 100-års storm i nutid illustrerade som 3D-bild. Byggnader är borttagna för att tydliggöra omfattning på översvämningar.



Figur 18. Översvämningar vid 100-års storm år 2050 illustrerade med 3D-bild. Byggnader är borttagna för att tydliggöra omfattning på översvämningar.

4.6 ALTERNATIV 2 – HÖJDSÄTTNING TILL +2.5 M NÄRA MOTALA STRÖM OCH KANALER SAMT ÖPPEN DAGVATTENLÖSNING

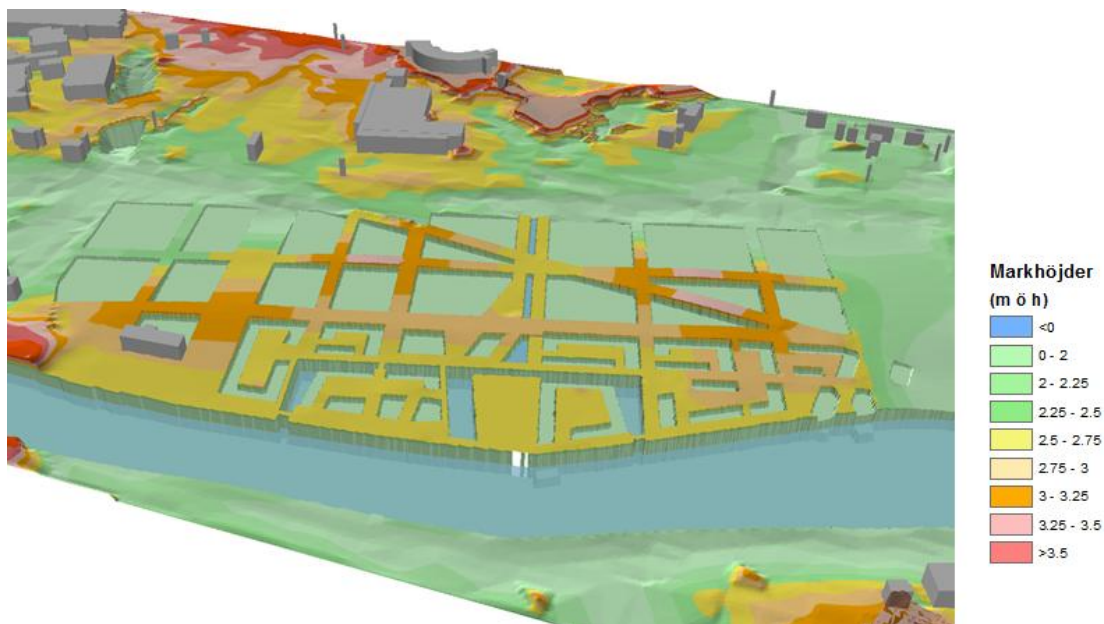
4.6.1 BESKRIVNING

Alternativet avser att ge ett skydd mot stigande havsnivåer för all bebyggelse och infrastruktur närmast Motala ström och kanaler. Skyddet fås genom att marken höjdsätts till +2.5. För att möjliggöra en markavledning av ytligt dagvatten höjdsätts marken till nivåer som ger en lutning motsvarande minst 7 promille ned mot kanaler och Motala ström. Vald höjdsättning framgår av figur 19 och 20. I Slottsgränden har målet varit att bibehålla nuvarande marknivåer för att underlätta en omledning av större spillvattenledning. Där den grunda kanalen möter Norra Promenaden höjdsätts marknivån till +2.5.

En öppen dagvattenlösning väljs för hela området.



Figur 19. Höjdsättning för alternativ 2



Figur 20. 3D-bild som visar princip för höjdsättning för alternativ 2. Byggnader borttagna för att tydliggöra marklutningar mot kanaler, Norra Promenaden och Motala ström.

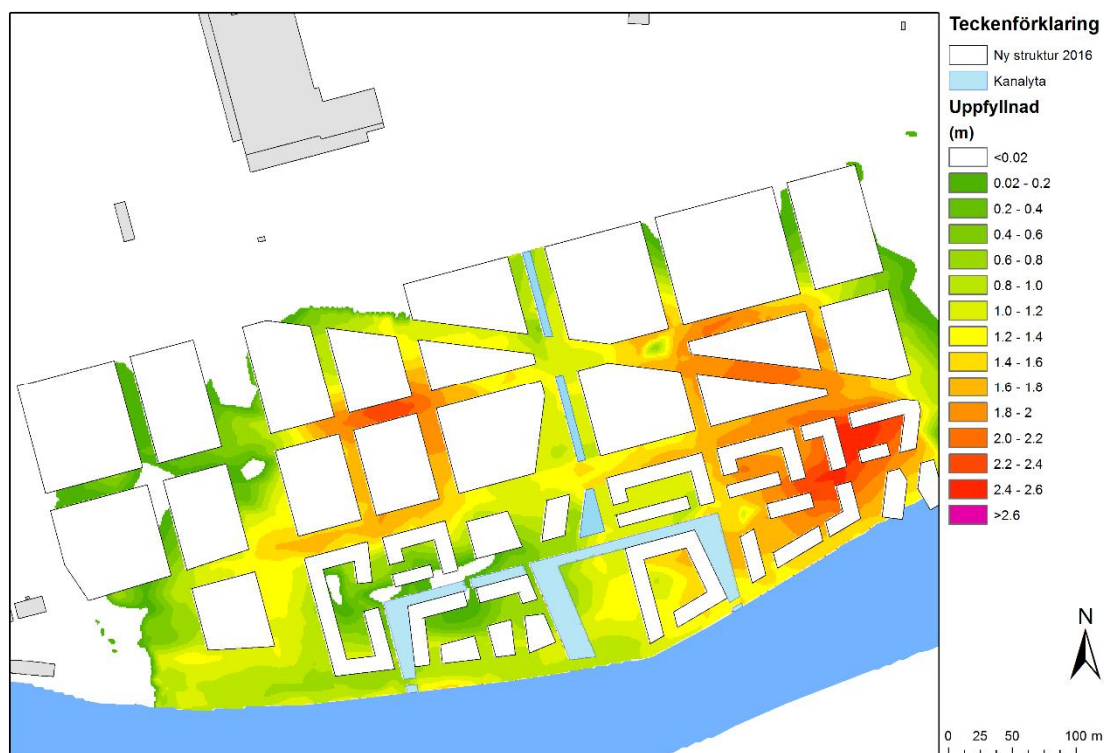
4.6.2 KONSEKVENSER

Vid regn med återkomsttider upp till 30 år kommer ytledes avrinnande dagvatten att avledas via det öppna dagvattensystemet till kanaler och Motala ström. Mot norr och väster kommer viss avledning att ske till Packhusgatan och Norra Promenaden. Vid regn med längre återkomsttid kommer ytledes avrinnande dagvatten att avledas via gator till Motala ström och kanaler samt delvis mot norr och väster.

Alternativet kräver en utfyllnad vars omfattning framgår av figur 21. Behov av utfyllnad är beräknad utifrån vald höjdsättning och befintliga marknivåer.

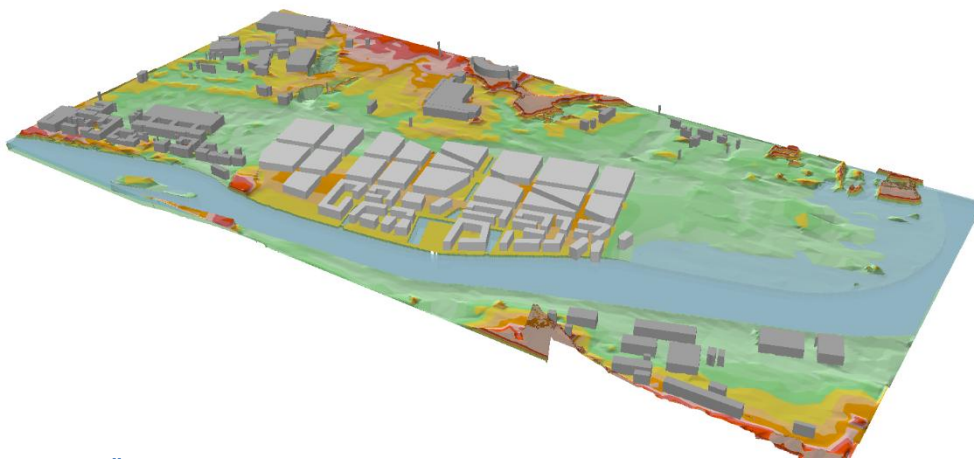
Med vald höjdsättning fås ett skydd mot höga havsnivåer längs med Motala ström och kanaler. I öster förutsätts att vid en framtida omvandling av hamnområdet höjdsätts marken motsvarande för att ge ett skydd vid höga havsnivåer. Figur 22 visar omfattning på översvämningar vid en storm med 100 års återkomsttid, som inträffar i nutid. Figur 23 till 25 visar motsvarande situation år 2050, 2075 respektive 2100 där en förväntad påverkan från klimatförändringar ger högre havsnivåer än nuvarande.

Förslag till höjdsättning mot höga havsnivåer förväntas ge ett skydd till år 2075 utifrån nuvarande prognoser för stigande havsnivåer.

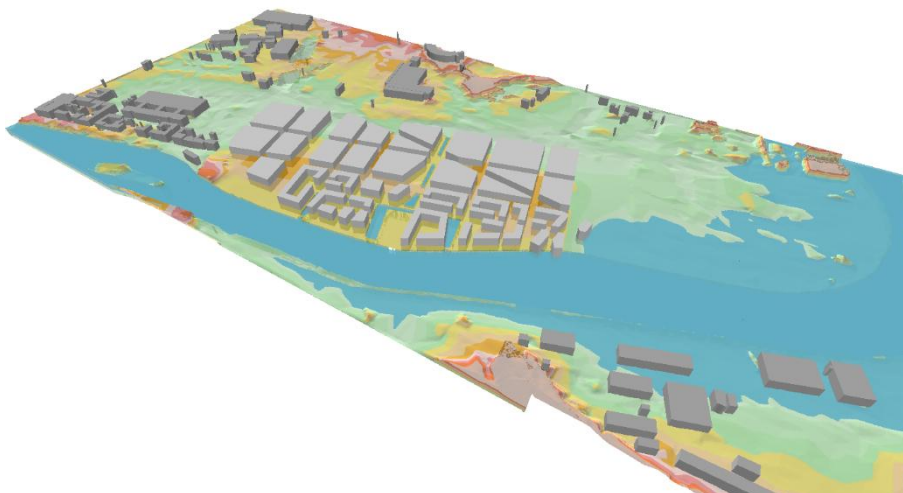


Figur 21. Utfyllnadsbehov vid höjdsättning enligt alternativ 2.

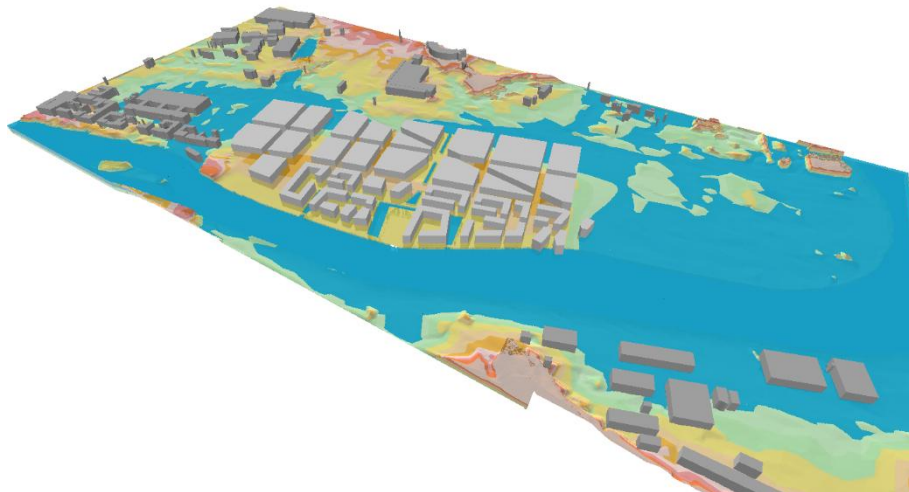
Från år 2075 kan en hög havsnivå ge översvämningar från Motala ström in på Packhusgatan och korsningen Packhusgatan/Norra Promenaden. Även från norr via Kommendantvägen kan översvämningar förväntas. Från öster orsakar stigande havsnivå översvämning på Norra Promenaden. Kompletterande skydd mot höga havsnivåer bör etappvis utföras för att från år 2075 skydda bebyggelse längs med Packhusgatan och Norra Promenaden. Exempel på skydd är förhöjd kajkant längs med Motala ström närmast Packhusgatan samt höjning av gatunivåer i Norra Promenaden och Kommendantvägen. Mer övergripande skydd av områden utanför planområdet, t ex östra delen av Inre Hamnen och avloppsreningsverket påverkar hur det långsiktiga skyddet mot höga havsnivåer utformas.



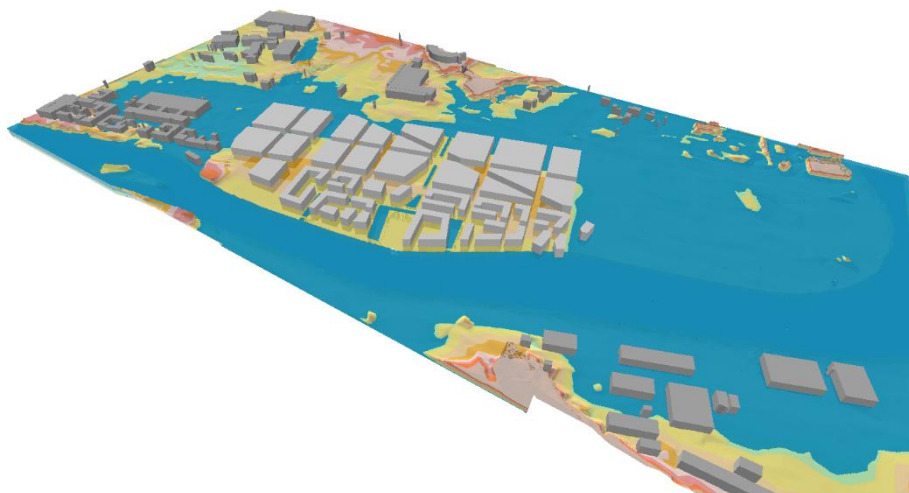
Figur 22. Översvämningar nutid vid en storm med 100 års återkomsttid.



Figur 23. Översvämningar år 2050 vid en storm med 100 års återkomsttid.



Figur 24. Översvämningar år 2075 vid en storm med 100 års återkomsttid.



Figur 25. Översvämningar år 2100 vid en storm med 100 års återkomsttid.

4.7 ALTERNATIV 3 – HÖJDSÄTTNING TILL +2.5 M I SALTÄNGSGATAN SAMT ÖPPEN DAGVATTENLÖSNING

4.7.1 BESKRIVNING

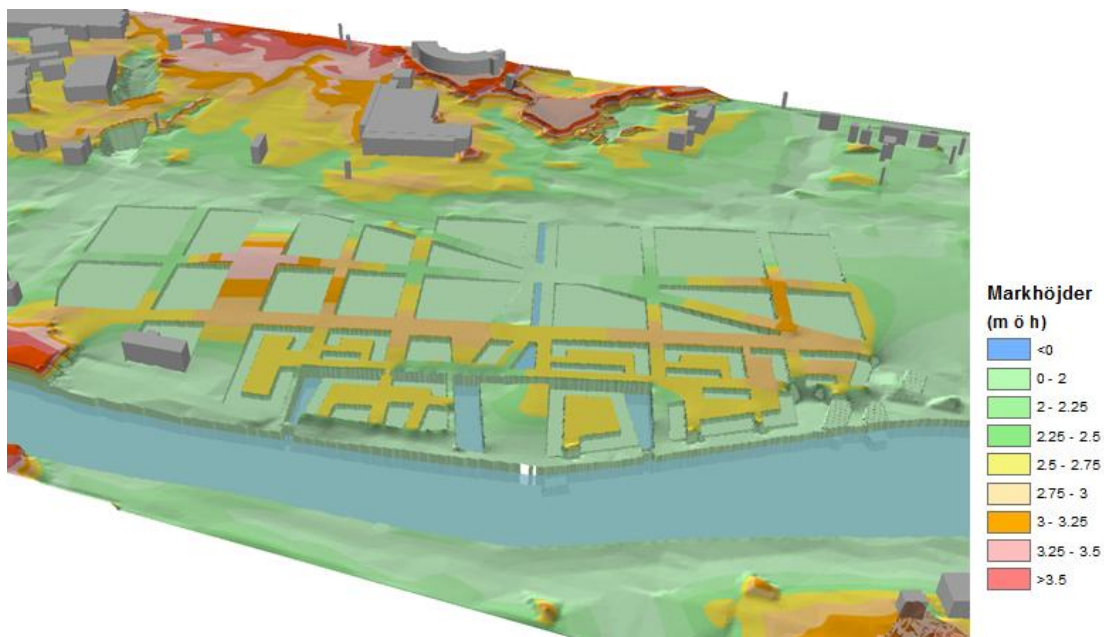
Alternativet avser att ge ett skydd mot stigande havsnivåer för bebyggelse och infrastruktur från Saltängsgatan och inåt land. Skyddet fås genom att Saltängsgatan höjdsätts till minst +2.5. För att möjliggöra en markavledning av ytligt dagvatten höjdsätts marken till nivåer som ger en lutning motsvarande minst 7 promille ned mot kanaler och Motala ström.

För bebyggelse mellan Saltängsgatan och Motala ström krävs översvämningståliga konstruktioner upp till nivån +2.5 m. Vald höjdsättning framgår av figur 26 och 27. I Slottsgränden har målet varit att bibehålla nuvarande marknivåer för att underlätta en omledning av större spillvattenledning. Huvudsakliga vattenvägar för ytligt avrinnande dagvatten är markerade i figur 28.

En öppen dagvattenlösning väljs för hela området.



Figur 26. Höjdsättning för alternativ 3.



Figur 27. 3D-bild som visar princip för höjsättning för alternativ 3. Byggnader borttagna för att tydliggöra marklutningar mot kanaler, Norra Promenaden och Motala ström.

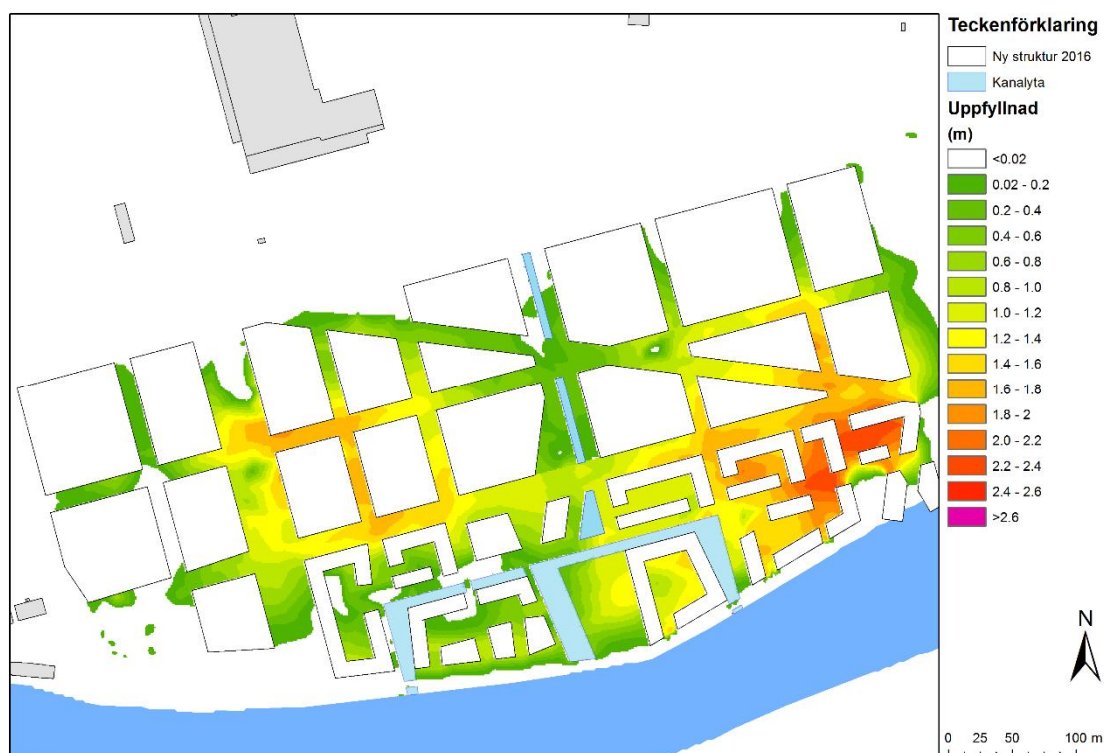


Figur 28. Princip för huvudvattenvägar inom området (svarta streckade pilar).

4.7.2 KONSEKVENSER

Vid regn med återkomsttider upp till 30 år kommer ytledes avrinnande dagvatten att avledas via det öppna dagvattensystemet till kanaler och Motala ström. Mot norr och väster kommer viss avledning att ske till Packhusgatan och Norra Promenaden. Vid regn med längre återkomsttid kommer ytledes avrinnande dagvatten att avledas via gator till Motala ström och kanaler samt delvis mot norr och väster.

Alternativet kräver en utfyllnad vars omfattning framgår av figur 29. Behov av utfyllnad är beräknad utifrån vald höjdsättning och befintliga marknivåer.



Figur 29. Utfyllnadsbehov vid höjdsättning, alternativ 3.

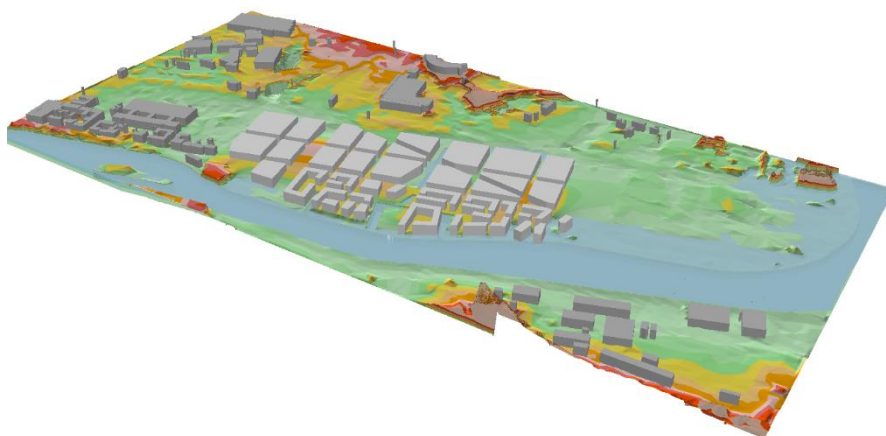
Med vald höjdsättning fås ett skydd mot höga havsnivåer längs med Saltängsgatan och de djupa kanalerna. I öster förutsätts att vid en framtida omvandling av hamnområdet höjdsätts marken motsvarande för att ge ett skydd vid höga havsnivåer. Figur 30 visar omfattning på översvämningar vid en storm med 100 års återkomsttid, som inträffar i nutid. Figurerna 31-33 visar motsvarande situation år 2050, 2075 respektive 2100 där en förväntad påverkan från klimatförändringar ger högre havsnivåer än nuvarande.

Förslag till höjdsättning mot höga havsnivåer förväntas ge ett skydd till år 2050 utifrån nuvarande prognoser för stigande havsnivåer.

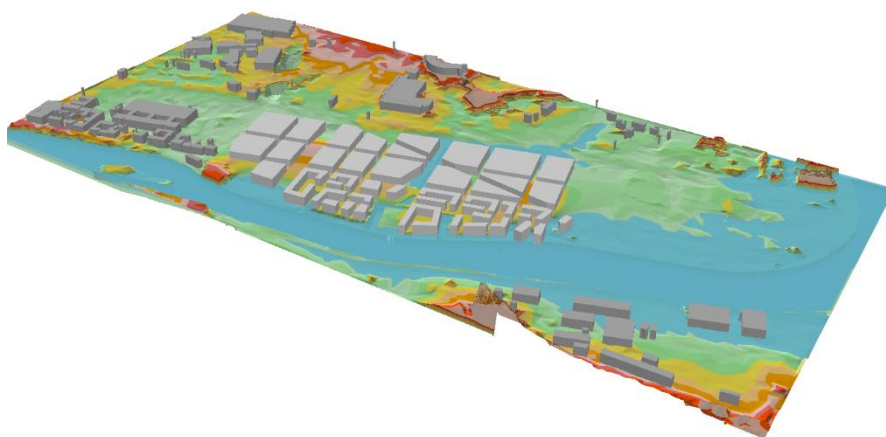
Ett vattenstånd med 100 års återkomsttid kan år 2050 ge översvämningar som via den grunda kanalen drabbar bebyggelse närmast den grunda kanalen och sprider sig ut på Norra Promenaden. En höj- och sänkbar lucka krävs där den grunda kanalen möte djup kanal. Vid höga nivåer i Motala ström kan luckan stängas och översvämningar bakom denna undvikas. Vid en situation där vattenståndet är högt i Motala ström och luckan därmed stängts, kan vid samtidig nederbörd krävas att dagvatten pumpas ut från den grunda kanalen.

Från år 2075 kan en hög havsnivå ge översvämningar från Motala ström in på Packhusgatan och korsningen Packhusgatan/Norra Promenaden. Även från norr via Kommendantvägen kan

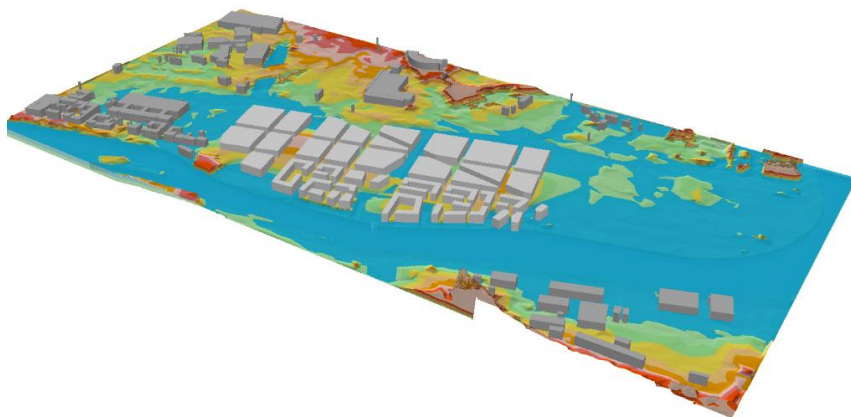
översvämningar förväntas. Från öster orsakar stigande havsnivå översvämning på Norra Promenaden. Kompletterande skydd mot höga havsnivåer bör etappvis utföras för att från år 2075 skydda bebyggelse längs med Packhusgatan och Norra Promenaden. Exempel på skydd är förhöjd kajkant längs med Motala ström närmast Packhusgatan samt höjning av gatunivåer i Norra Promenaden och Kommendantvägen. Mer övergripande skydd av områden utanför planområdet, t ex östra delen av Inre Hamnen och avloppsreningsverket påverkar hur det långsiktiga skyddet mot höga havsnivåer utformas.



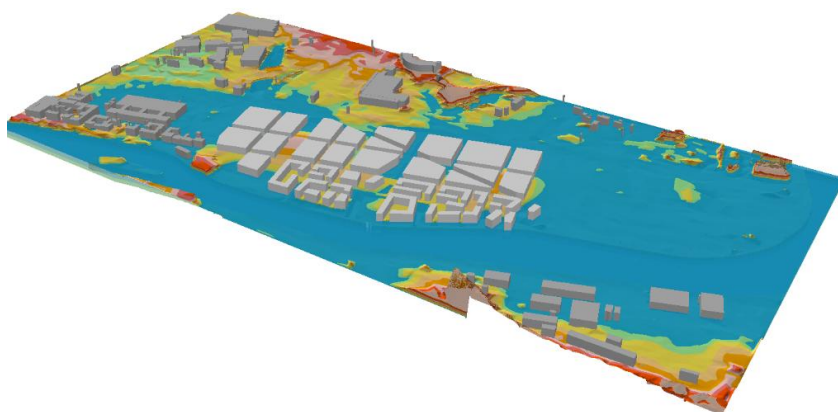
Figur 30. Översvämningar nutid vid en storm med 100-års återkomsttid.



Figur 31. Översvämningar år 2050 vid en storm med 100 års återkomsttid.



Figur 32. Översvämningar år 2075 vid en storm med 100 års återkomsttid.



Figur 33. Översvämningar år 2100 vid en storm med 100 års återkomsttid.

4.8 ALTERNATIV 4 – HÖJDSÄTTNING TILL +2.5 M I SALTÄNGSGATAN OCH LÄNGS MED GRUND KANAL. ÖPPEN DAGVATTENLÖSNING

4.8.1 BESKRIVNING

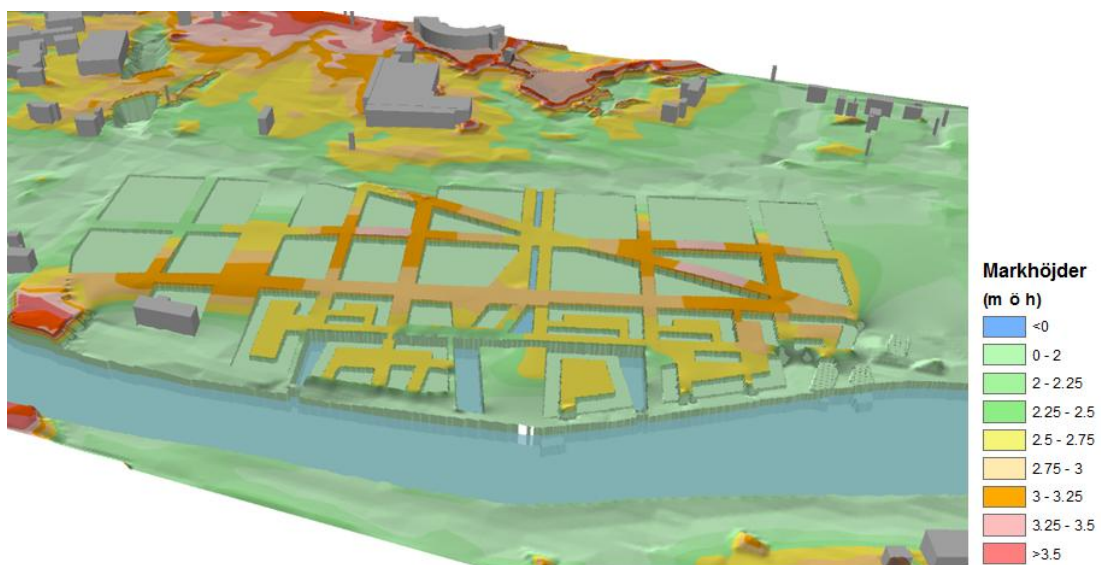
Alternativet avser att ge ett skydd mot stigande havsnivåer för bebyggelse och infrastruktur från Saltängsgatan och inåt land. Skyddet fås genom att Saltängsgatan höjdsätts till minst +2.5. För att möjliggöra en markavledning av yttligt dagvatten höjdsätts marken till nivåer som ger en lutning motsvarande minst 7 promille ned mot kanaler och Motala ström. Längs med den grunda kanalen höjdsätts marken till +2.5 m. Där den grunda kanalen möter Norra Promenaden krävs motsvarande marknivå.

För bebyggelse mellan Saltängsgatan och Motala ström krävs översvämningståliga konstruktioner upp till nivån +2.5 m. Vald höjdsättning framgår av figur 34 och 35. I Slottsgränden har målet varit att bibehålla nuvarande marknivåer för att underlätta en omledning av större spillvattenledning. Huvudsakliga vattenvägar för yttligt avrinnande dagvatten är markerade i figur 36.

En öppen dagvattenlösning väljs för hela området.



Figur 34. Höjdsättning för alternativ 4.



Figur 35. 3D-bild som visar princip för höjdsättning för alternativ 4. Byggnader borttagna för att tydliggöra marklutningar mot kanaler, Norra Promenaden och Motala ström.

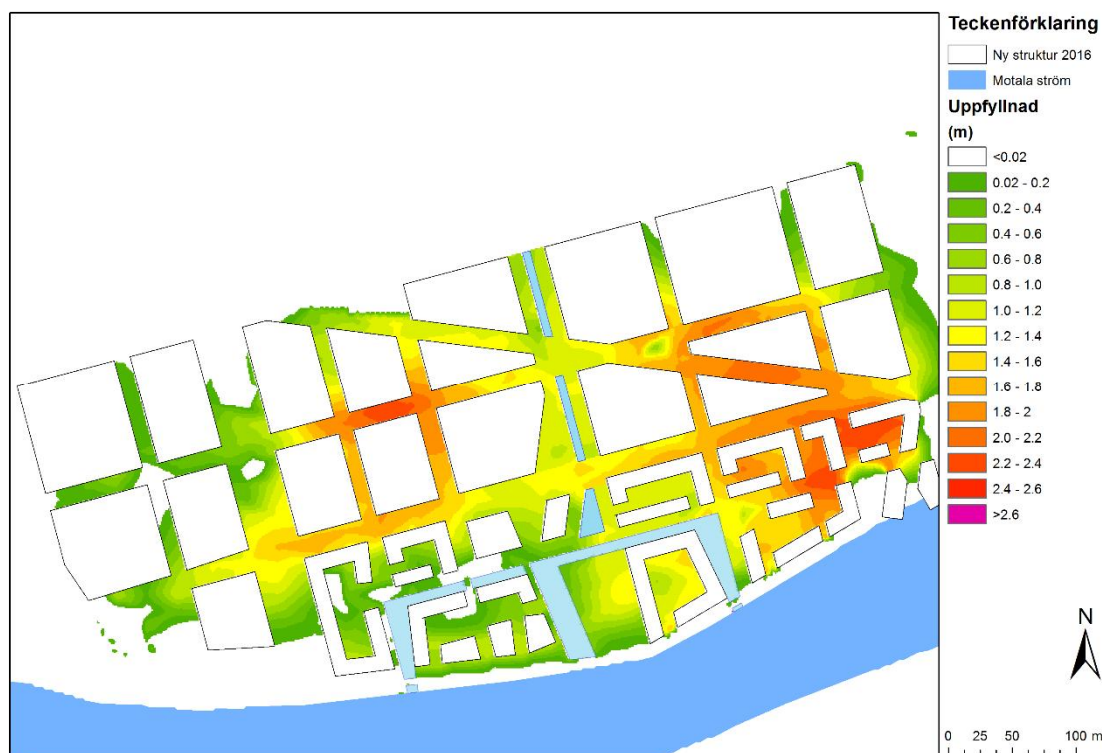


Figur 36. Princip för huvudvattenvägar inom området (svarta streckade pilar).

4.8.2 KONSEKVENSER

Vid regn med återkomsttider upp till 30 år kommer ytledes avrinnande dagvatten att avledas via det öppna dagvattensystemet till kanaler och Motala ström. Den nordvästra delen av Inre Hamnen avleds till Packhusgatan och Norra Promenaden. Viss avledning av tvärgator till Slottsgatan sker till Norra Promenaden. Vid regn med längre återkomsttid kommer ytledes avrinnande dagvatten att avledas via gator till Motala ström och kanaler samt delvis mot norr och väster.

Alternativet kräver en utfyllnad vars omfattning framgår av figur 37. Behov av utfyllnad är beräknad utifrån vald höjdsättning och befintliga marknivåer.

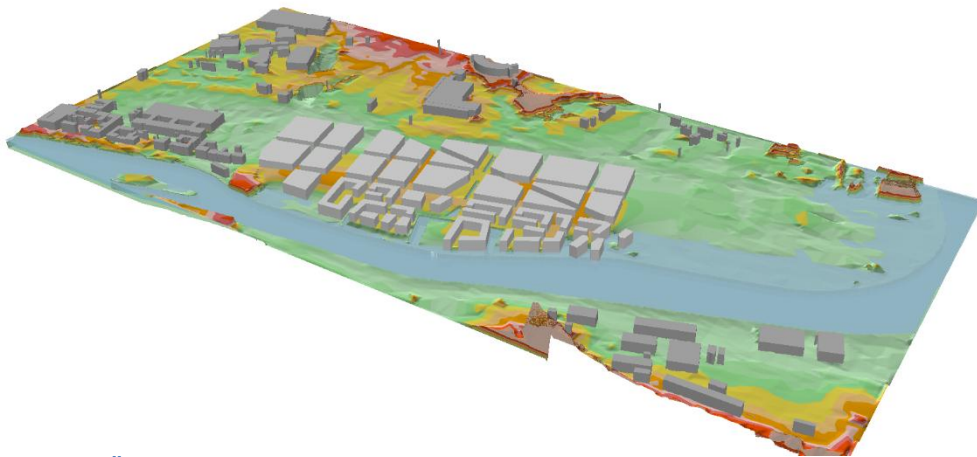


Figur 37. Utfyllnadsbehov vid höjdsättning, alternativ 4.

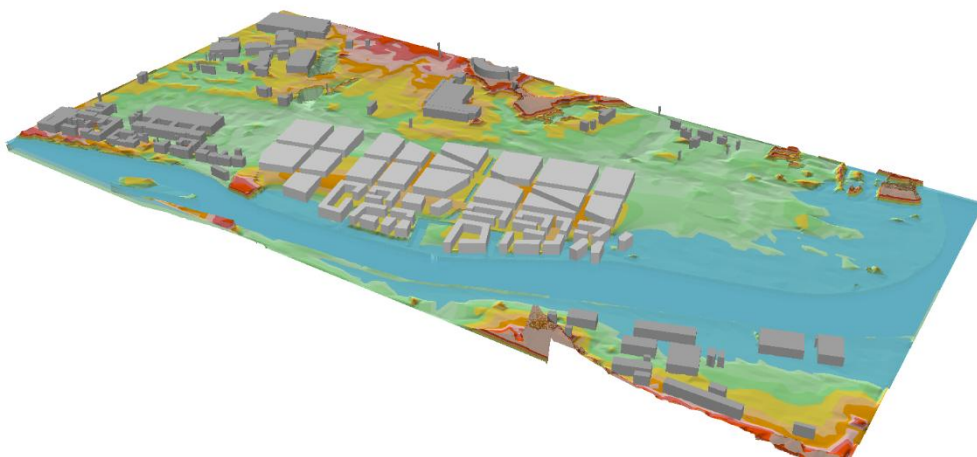
Med vald höjdsättning fås ett skydd mot höga havsnivåer längs med Saltångsgatan. I öster förutsätts, vid en framtida omvandling av hamnområdet, att marken höjdsätts motsvarande för att ge ett skydd vid höga havsnivåer. Figur 38 visar omfattning på översvämningar vid en storm med 100 års återkomsttid, som inträffar i nutid. Figurerna 39-41 visar motsvarande situation år 2050, 2075 respektive 2100 där en förväntad påverkan från klimatförändringar ger högre havsnivåer än nuvarande.

Förslag till höjdsättning mot höga havsnivåer förväntas ge ett skydd till år 2075 utifrån nuvarande prognoser för stigande havsnivåer.

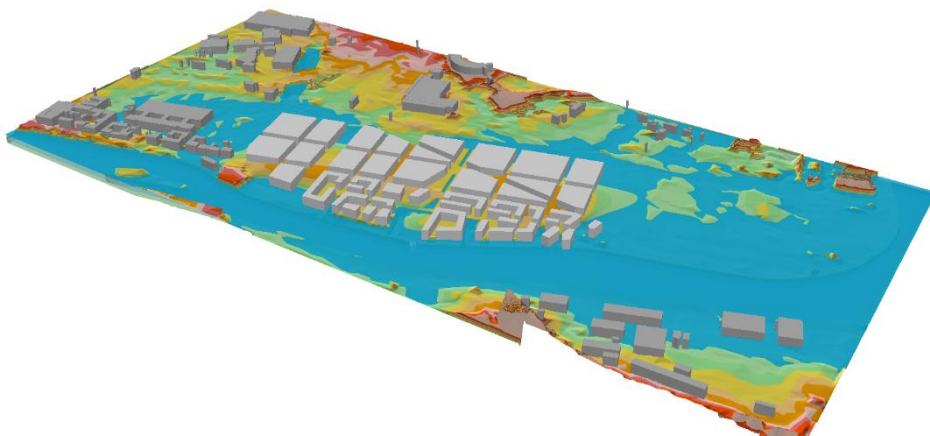
Från år 2075 kan en hög havsnivå ge översvämningar från Motala ström in på Packhusgatan och korsningen Packhusgatan/Norra Promenaden. Även från norr via Kommendantvägen kan översvämningar förväntas. Från öster orsakar stigande havsnivå översvämning på Norra Promenaden. Kompletterande skydd mot höga havsnivåer bör etappvis utföras för att från år 2075 skydda bebyggelse längs med Packhusgatan och Norra Promenaden. Exempel på skydd är förhöjd kajkant längs med Motala ström närmast Packhusgatan samt höjning av gatunivåer i Norra Promenaden och Kommendantvägen. Mer övergripande skydd av områden utanför planområdet, t ex östra delen av Inre Hamnen och avloppsreningsverket påverkar hur det långsiktiga skyddet mot höga havsnivåer utformas.



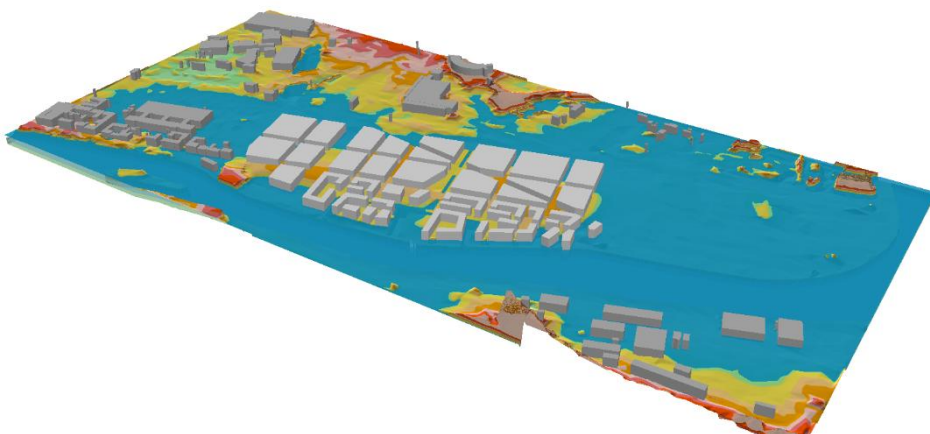
Figur 38. Översvämningar nutid vid en storm med 100-års återkomsttid.



Figur 39. Översvämningar år 2050 vid en storm med 100 års återkomsttid.



Figur 40. Översvämningar år 2075 vid en storm med 100 års återkomsttid.



Figur 41. Översvämningar år 2100 vid en storm med 100 års återkomsttid.

5 PÅVERKAN PÅ MILJÖKVALITETSNORMEN

Den föreslagna lösningen innebär att dagvatten i stor utsträckning kommer att ledas genom biofilter innan utsläpp till Motala ström. Biofilter bör prioriteras vid parkeringar och gatumiljö med fordonstrafik. Det innebär att dagvattnet genomgår en rening med avseende på olja, sediment, metaller och närsalter. Nuvarande område är ett industri- och hamnområde. Föroreningsmängden i dagvatten bedöms minska med ca 20-40% då området byter karaktär till centrumbebyggelse. Reningseffekten i biofilter har bedömts utifrån litteraturstudier och uppgår till ca 50-80% för tungmetaller, 40% för kväve och 60% för fosfor (Movium Fakta nr 2, 2015).

Om föreslagna åtgärder genomförs bedöms risken för påverkan på Motala ström som liten. Sammantaget bedöms dagvattenutsläppen inte ge upphov till oacceptabla effekter på miljön i vattenförekomsten Motala ström. Dagvattenutsläppen bedöms inte påverka möjligheterna att följa upprättade miljö kvalitetsnormer.

6 KOSTNADER

Kostnader för de föreslagna alternativen framgår av tabell 4-6. Kostnaderna fördelar sig på åtgärder mot sättningar, utfyllnad, ledningsdragnings och öppna dagvattensystem. Av sammanställningen framgår även en uppskattning avseende årskostnad för drift och underhåll (D&U). Behov och kostnad för pumpstation och reglering anges enbart för alternativ 3 och avser då skydd mot stigande havsnivåer för att undvika översvämningar via den grunda kanalen.

Åtgärder mot sättningar avser KC-pelare med cc-avstånden 1 alternativt 1.2 m och har beräknats i för gator och för allmänna platsutrymmen. Vilken slutlig täthet på KC-pelare som väljs beror på den specifika sättningsrisken inom området (se utredning av Sweco, 2015).

Underlag för kostnadsberäkningar framgår av bilaga 3.

Ungefärliga kostnader för kanaler uppgår till:

Djupa kanaler 75 Mkr

Grund kanal 5 Mkr

För kanaler har inte medräknats eventuella merkostnader p g a förorenad mark. Principskisser som använts för kostnadsbedömning av kanaler framgår av bilaga 4.

Tabell 4. Kostnader alternativ 1.

Alternativ 1		
Typ	Kostnad	Kommentar
Ledningar	15 000 000 kr	
Regnbäddar	0 kr	
Uppfyllnad	0 kr	
Sättningsåtgärder	80 000 000 kr	gator cc 1.2 m
Sättningsåtgärder	115 000 000 kr	gator cc 1.0 m
D&U	100 000 kr	kr/år
Pumpstation	0 kr	
Reglering	0 kr	
Total investeringskostnad	95 000 000 kr	cc 1.2 m
Total investeringskostnad	130 000 000 kr	cc 1.0 m
Årlig D&U-kostnad	100 000 kr	per år

Tabell 5. Kostnader alternativ 2.

Alternativ 2		
Typ	Kostnad	Kommentar
Ledningar	0 kr	
Regnbäddar	20 000 000 kr	
Uppfyllnad	16 000 000 kr	
Sättningsåtgärder	84 000 000 kr	gator cc 1.2 m
Sättningsåtgärder	120 000 000 kr	gator cc 1.0 m
D&U	200 000 kr	kr/år
Pumpstation	0 kr	
Reglering	0 kr	
Total investeringskostnad	120 000 000 kr	cc 1.2 m
Total investeringskostnad	156 000 000 kr	cc 1.0 m
Årlig D&U-kostnad	200 000 kr	per år

Tabell 6. Kostnader alternativ 3.

Alternativ 3		
Typ	Kostnad	Kommentar
Ledningar	0 kr	
Regnbäddar	20 000 000 kr	
Uppfyllnad	11 000 000 kr	
Sättningsåtgärder	82 000 000 kr	gator cc 1.2 m
Sättningsåtgärder	118 000 000 kr	gator cc 1.0 m
D&U	200 000 kr	kr/år
Pumpstation	1 500 000 kr	
Reglering	5 000 000 kr	
Total investeringskostnad	119 500 000 kr	cc 1.2 m
Total investeringskostnad	155 500 000 kr	cc 1.0 m
Årlig D&U-kostnad	200 000 kr	per år

Tabell 7. Kostnader alternativ 4.

Alternativ 4		
Typ	Kostnad	Kommentar
Ledningar	0 kr	
Regnbäddar	20 000 000 kr	
Uppfyllnad	10 000 000 kr	
Sättningsåtgärder	83 000 000 kr	gator cc 1.2 m
Sättningsåtgärder	119 000 000 kr	gator cc 1.0 m
D&U	200 000 kr	kr/år
Pumpstation	0 kr	
Reglering	0 kr	
Total investeringskostnad	113 000 000 kr	cc 1.2 m
Total investeringskostnad	149 000 000 kr	cc 1.0 m
Årlig D&U-kostnad	200 000 kr	per år

7 ÖVERSVÄMNINGSRISKER

För alternativ 1, som innebär konventionell ledningsdragning, krävs ingen uppfyllnad av mark. Större ledningar och/eller utjämningsmagasin kommer att behövas för att hantera regn. Inget skydd finns mot höga nivåer i Motala ström varför stor risk finns för översvämningar när höga nivåer uppstår i Motala ström. Vid extrema skyfall kommer dagvatten inte att kunna avledas från instängda områden. Följden blir att lågpunkter översvämmas.

För alternativ 2, 3 och 4 görs en höjdsättning av gator och gårdsmark som möjliggör för ett öppet dagvattensystem samtidigt som skydd skapas mot höga nivåer i Motala ström. Vid dimensionerande regn hanteras dagvatten från parkeringar och gator i växtbäddar och/eller mindre kanaler eller rännor. Vid extrema skyfall hanteras ytledes avrinning via gator som höjdsatts för att avleda dagvatten till Motala ström eller kanaler. Med föreslagen lösning minskar risken för skador på anläggningar och byggnader vid extrema skyfall i nuvarande klimat men också i ett framtida klimat som förväntas påverkas av en klimatförändring. Kontrollberäkningar har utförts för alternativ 3 för att kontrollera att systemet fungerar som förväntat vid 30 och 100-års regn (med klimatfaktor). Figur 42 och 43 visar översvämningar på gator vid dessa regn. Avrinningen sker till kanaler och Motala ström.

För alternativ 2 skapas ett skydd mot höga nivåer i Motala ström längs med kanaler och Motala ström. För alternativ 3 skapas motsvarande skydd med höjdsättning av Saltängsgatan och med en reglerbar lucka där grund kanal möter djup kanal. För alternativ 3 innebär det att marknivån längs Motala ström och kring den grunda kanalen är ca 1 m lägre jämfört med alternativ 2. Val av alternativ kan styras utifrån möjlighet och behov av tillgänglighet från gator/torg till det öppna vattnet. Alternativ 4 är en kombination av alternativ 2 och 3. Alternativ 4 har fått en höjdsättning i Saltängsgatan och söder om denna enligt alternativ 3 och en höjdsättning norr om Saltängsgatan enligt alternativ 2. Det ger fördelen att ingen lucka krävs till den grunda kanalen. Bebyggelse och gator kring den grunda kanalen är skyddade mot höga havsnivåer upp till +2.5 m.



Figur 42. Översvämningar vid regn med 30-års återkomsttid med öppet dagvattensystem. Viss avledning sker på gatan (upp till 5 cm).



Figur 43. Översvämningar vid regn med 100-års återkomsttid med öppet dagvattensystem. Viss avledning sker på gatan (upp till 10 cm). Översvämningssyta i nedre vänstra hörnet och inom gårdsmark nedan till vänster beror på att använd höjdmödel här inte justerats tillräckligt för att skapa avrinning till Motala ström respektive djup kanal.

Det öppna dagvattensystemet kräver mer vad gäller skötsel i jämförelse med ett konventionellt ledningssystem. Utformning och skötsel är avgörande för att uppnå förväntad effekt från regnbäddar. En annan nackdel är halkrisken vid plötslig kyla efter ett regn. Användning av växtbäddar är positivt för ekosystemet och grönytor skapar en god livsmiljö för boende i området. Det öppna dagvattensystemet möjliggör även att skydda anläggningar och byggnader vid extrema skyfall.

Den grunda kanalen kan planeras med växtlighet för att även kunna rena dagvatten. Alternativ 3 innebär, med vald höjdsättning, att en större mängd dagvatten kan avledas till den grunda kanalen jämfört med alternativ 2 och 4. Den totala arealen som avleds till den grunda kanalen är ca 50 000 m², alternativ 3, jämfört med 30 000 m², alternativ 2 och 4. Den yta som avleds direkt till Motala ström och djupa kanaler är som jämförelse ca 100 000 m². Betydelsen av vilka föroreningsmängder som avleds till den grunda kanalen beror på föroreningsgraden d v s slutlig placering av parkeringar och gator med hög trafikbelastning längs med Slottsgatan samt möjligheten att anlägga växtbäddar längs med denna. Det senare bör utvärderas i en förprojektering. Även kapaciteten i befintliga dagvattennät i Packhusgatan och Norra promenaden kan vara av betydelse varför denna bör utredas.

Kostnadsmässigt skiljer sig inte de olika lösningarna från varandra. Varianter på redovisade förslag kan övervägas. Om inte öppen dagvattenlösning väljs för dagvattenhantering bör t ex området ändå höjdsättas för att skapa skydd mot höga havsnivåer. Även föreslagen höjdsättning för att skapa det öppna dagvattensystemet kan justeras.

Kompletterande utredning för detaljerat val av öppna dagvattenlösningar krävs. Anslutning av dagvatten till befintliga dagvattenledningar i Norra Promenaden behöver utredas med hänsyn tagen till dagvattenhantering som planeras för Butängen. I förprojekteringskedet skall hänsyn tas till varierat platsbehov för öppna dagvattenlösningar. Markerade vattenvägar syftar till att avleda dagvatten till kanaler och Motala ström. Hänsyn behöver tas till detta i gatukorsningar. De

förslag till lösningar som ges skyddar inte bebyggelse närmast Norra promenaden vid mycket höga havsvattenstånd (jmf situation 2075). Översvämning sker via låglänta delar längs med Motala ström, väster om Inre Hamnen, respektive från öster och norr. Med relativt begränsade åtgärder kan översvämningsrisken begränsas t ex med högre kajkant vid Motala ström, väster om Inre Hamnen, respektive med förhöjda gator öster och norr om Inre Hamnen. För åtgärder som krävs på lång sikt är det dock att rekommendera att vid behov omvärdera när och hur åtgärder genomförs. De prognoser för klimateffekter som gäller idag kan komma att förändras med tiden. Det är även att rekommendera att åtgärderna utanför Inre Hamnen sätts i ett större geografiskt sammanhang om det ändå finns behov att skydda en fortsatt utbyggnad öster om Inre Hamnen samt avloppsreningsverket norr om Inre Hamnen. Som alternativ till åtgärder utanför Inre Hamnens område kan krav ställas på att byggnader närmast Norra promenaden konstrueras som översvämningståliga.

Även en utredning av lämplig ledningsdragnings för husdräneringar krävs. Den generellt höga grundvattennivån inom området ställer krav på utformning av områdets dräneringsfunktion. Detta gäller dräneringsledningar för regnbäddar, fastighetsdräneringar och dräneringsledningar för väggkroppar. Speciella förutsättningar att ta hänsyn till vid fortsatt planering av det öppna dagvattensystemet;

- Förorenad mark finns inom området och ersättning av utfyllnadsmassor kan vara aktuellt. Vilka material som väljs för att grundvattennivån ska bibehållas eller hållas på en rimlig nivå i förhållande till dräneringsledningar behöver utredas.
- Storlek på grundvattenflöden som kan avledas via dräneringsledningar bör bestämmas. Detta gäller för nuvarande grundvattennivå (efter byggnation) och i framtiden när grundvattennivån p g a klimatförändringar kan bli högre. Åtgärder som tätskikt kring dräneringsledningar för regnbäddar och väggkropp kan vara aktuellt. Fastighetsdräneringar kan utifrån motsvarande syfte ersättas med vattentäta grundkonstruktioner.
- Utfyllnadsmassor för höjdsättning krävs med ett genomsnittligt djup på ca 1 m. Det bör utredas hur grundvattennivån påverkas och om material behöver väljas utifrån att hålla grundvatten på en rimlig nivå i förhållande till dräneringsledningar.
- Den grunda kanalen kan påverka grundvattennivån och eventuellt utformas för att bibehålla denna på en rimlig nivå i förhållande till dräneringsledningar. Detta bör studeras i detalj. Saltängsgatan kommer i ett av förslagen att bilda en barriär mot höga havsnivåer. För att motverka att havsvatten tränger in underifrån kan tätskikt vara nödvändigt. Det bör utredas hur detta kan påverka grundvattennivån inom området.
- Generellt behöver områdets närhet till Motala ström och hur nivåfluktationer i denna påverkar grundvattennivån utredas.

Framtagna profiler för tänkta dräneringsledningar, med ny höjdsättning, visar att utifrån en grundvattennivå som ligger 0.5-1 m under befintlig markyta kommer avståndet upp till dräneringsledningen att vara 0-1.8 m. Det gör att tätskikt eventuellt endast är nödvändigt i de områden där avståndet mellan dränering och grundvattenyta är litet t ex upp till 0.3-0.5 m. Vidare ligger dräneringsledningars utlopp under förväntad medelvattenyta år 2100 (+0.66 m). Tillfällig dämning i dräneringssystemet är acceptabel t ex vid höga havsnivåer. Eventuellt kan det vid utloppen förberedas för framtida backventiler för att begränsa uppdämning. För att underlätta anslutning av dräneringsledning till den grunda kanalen kan denna behöva utformas med trappsteg där dräneringsledningen ansluter till en djupare del.

Nedan följer en sammanfattning av för- och nackdelar för de alternativen som ges i dagvattenutredningen:

Generellt gäller att valda höjdsättningar inte innebär några större skillnader i kostnader för sättningsåtgärder. Då samtliga gator behöver förstärkas med KC-pelare är kostnaden ungefär densamma för samtliga alternativ. Utfyllnadsmassor skiljer sig mellan alternativen och kostnaden varierar mellan 10 och 16 Mkr.

Alternativ 1

Nuvarande höjder bibehålls, konventionellt dagvattensystem:
+ inget utfyllnadsbehov

- + något lägre kostnad för sättningsåtgärder
- + lägre kostnad för drift och underhåll
- + lägre kostnad för ledningsdragning än för anläggandet av ett öppet dagvattensystem
- + lägsta totalkostnad
- översvämningsrisker i lågpunkter vid skyfall
- inget skydd mot höga havsnivåer
- ingen rening av dagvatten om inte särskilda åtgärder genomförs, t ex användning av filter
- ledningsnät risker att stå dämt vid höga nivåer i Motala ström med minskad kapacitet som följd

Alternativ 2

Höjdsättning för skydd mot hav längs med Motala ström och kanaler, öppet dagvattensystem:

- + öppen dagvattenlösning kan väljas
- + dagvattenrening möjliggörs i växtbäddar
- + inga instängda områden med översvämningsrisk vid skyfall
- + växtbäddar gynnar biologisk mångfald
- + byggnader längs med Motala ström och kanaler skyddade vid höga nivåer i havet
- + skyfall avleds via gator
- drift och underhållskostnader är högre för öppen dagvattenlösning jämfört med konventionellt ledningssystem
- största kostnaden för uppfyllnad
- bebyggelse i norr ej höjdsatt för att skydda mot höga havsnivåer längre fram i tiden (år 2075)
- mindre andel dagvatten avleds till grund kanal

Alternativ 3

Höjdsättning för skydd mot hav längs med Saltängsgatan, öppet dagvattensystem:

- + öppen dagvattenlösning kan väljas
- + dagvattenrening möjliggörs i växtbäddar
- + växtbäddar gynnar biologisk mångfald
- + byggnader längs med Motala ström och kanaler skyddade vid höga nivåer i havet
- + större andel dagvatten kan avledas till grund kanal
- + skyfall avleds via gator
- drift och underhållskostnader är högre för öppen dagvattenlösning jämfört med konventionellt ledningssystem
- bebyggelse i norr ej höjdsatt för att skydda mot höga havsnivåer längre fram i tiden (år 2075)
- bebyggelse längs med Motala ström behöver konstrueras som översvämningstålig
- bebyggelsen närmast grund kanal ligger lågt och översvämningsrisk finns vid höga havsnivåer, reglering i form av lucka krävs vid höga havsnivåer
- med reglering av grund kanal skapas ett instängt område längs med den grunda kanalen
- pumpning av dagvatten i grund kanal krävs vid samtidigt skyfall och högt havvattenstånd

Alternativ 4

Höjdsättning för skydd mot hav längs med Saltängsgatan och grund kanal, öppet dagvattensystem:

- + öppen dagvattenlösning kan väljas
- + dagvattenrening möjliggörs i växtbäddar
- + inga instängda områden med översvämningsrisk vid skyfall
- + växtbäddar gynnar biologisk mångfald
- + byggnader längs med Motala ström och kanaler skyddade vid höga nivåer i havet
- + skyfall avleds via gator
- drift och underhållskostnader är högre för öppen dagvattenlösning jämfört med konventionellt ledningssystem
- bebyggelse i norr ej höjdsatt för att skydda mot höga havsnivåer längre fram i tiden (år 2075)
- bebyggelse längs med Motala ström behöver konstrueras som översvämningstålig
- mindre andel dagvatten avleds till grund kanal

Ovan sammanställning kan komma att behöva omvärderas beroende på resultat från grundvattenutredning och förprojekteringen.

8 REFERENSER

Norrköpings kommun 2009, Riktlinjer för Dagvattenhanteringen i Norrköpings kommun, SPN-404/2008

Norrköping Vatten, dimensioneringsriktlinjer, reviderad 2014

Norrköpings kommun (2012) Miljö- och riskfaktorer – tillägg till översiktsplanen för Norrköpings kommun, Samrådshandling december 2012.

Metria NNH för analys av havsnivåhöjning

Sweco 2011 Stadsutveckling för delar av Saltängen

SWECO 2013 PM Geoteknik

WSP 2014 Förstudie dagvatten Norrköpings Resecentrum

WSP 2014 PM Norrköpings resecentrum Klimatanalys havsnivåer

SMHI 2009 Detaljerad översvämningskartering längs Motala ström, Roxen, Glan och Bråviken.

Rapport nr 2008-76 Björn, H., Eklund, D., Andréasson, J., Lindahl, S., och Nerheim, S.

SMHI 2010 Kompletterande beräkningar havsvattenstånd Bråviken. SMHI Rapport Åström, S.nr 2010-60. Inklusive rättelse i mail januari 2011.

Norrköping Stad, MEX 2016 Strukturförslag bebyggelse

SWECO 2015 Geoteknisk undersökning

SWECO 2016 KC-pelarförstärkning Kostnader, överslagsberäkning

TYRÉNS 2015 Förstudie dagvattenhantering

BILAGA 1 Beskrivning av förutsättningar för modellberäkningar

Avrinningskoefficienter

Avrinning beräknas utifrån angiven markanvändning, se figur. Följande avrinningskoefficienter har använts.

Marktyp	Avrinningskoefficient
Tak	0.9
Gata/parkering	0.8
Gårdsmark	0.05
Park/grönyta	0.05

Valda avrinningskoefficienter för tak och gårdsmark ger en sammanvägd avrinningskoefficient på 0.6 för ett byggnadskvarter. Beräkningen är därför gjord för ett scenario där inga tak är gröna tak och där avrinningen från gårdsmark sker direkt till gata utan fördröjning. Detta är därmed ett värre scenario som beskrivs än om gårdsmarken utformas enligt de förslag som ges i rapporten. Till beräkningsmodellen är ytor kopplade utifrån definierade avrinningsområden.



Bild i. Ytor inom Inre Hamnen.

Beskrivning av regn

För beräkningar av flöden från anslutna ytor används s k CDS-regn. Dessa regn är uppbyggda på ett sådant sätt att flera olika intensiteter och varaktigheter inkluderas i samma regn, vilket gör att hänsyn tas både till de kortvariga, intensiva regnen, men också till de långvariga regnen med lägre intensitet. På så sätt krävs inte en utredning av vilken varaktighet som är dimensionerande eftersom ett och samma regn inkluderar flera varaktigheter. I figur nedan visas ett exempel på CDS-regn med återkomsttiden 30 år.

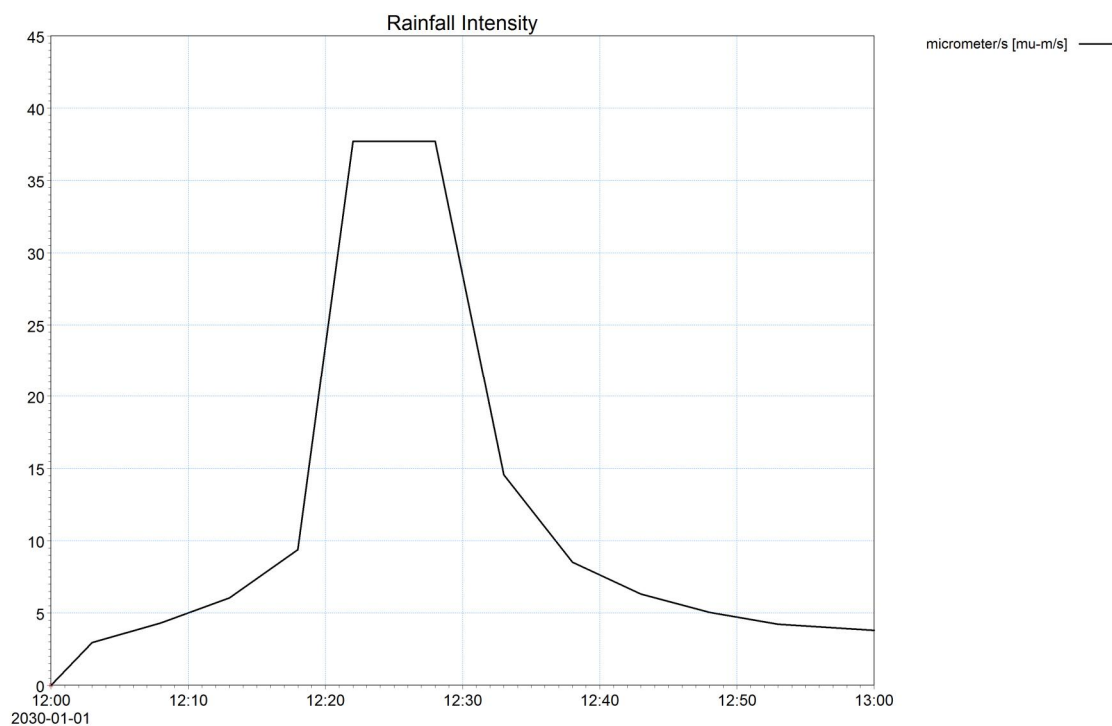


Bild ii. CDS-regn med 30-års återkomsttid med klimatfaktor 1.15. Grafen visar regnintensiteten uttryckt i µm/s som funktion av tiden.

Regnen har följande maxintensiteter (under 10 minuter).

Regn (inkl klimatfaktor)	Maxintensitet (micrometer/sekund)	Maxintensitet (liter/sekund,ha)
20-års regn	33	330
30-års regn	38	380
100-års regn	56	560

Teoretiskt beräknade ledningsdimensioner och flöden, konventionellt dagvattensystem

För ett konventionellt system, som utgår från nuvarande ledningsstruktur, krävs ledningsdimensioner enligt figur nedan. Nuvarande dimensioner framgår av efterföljande figur.

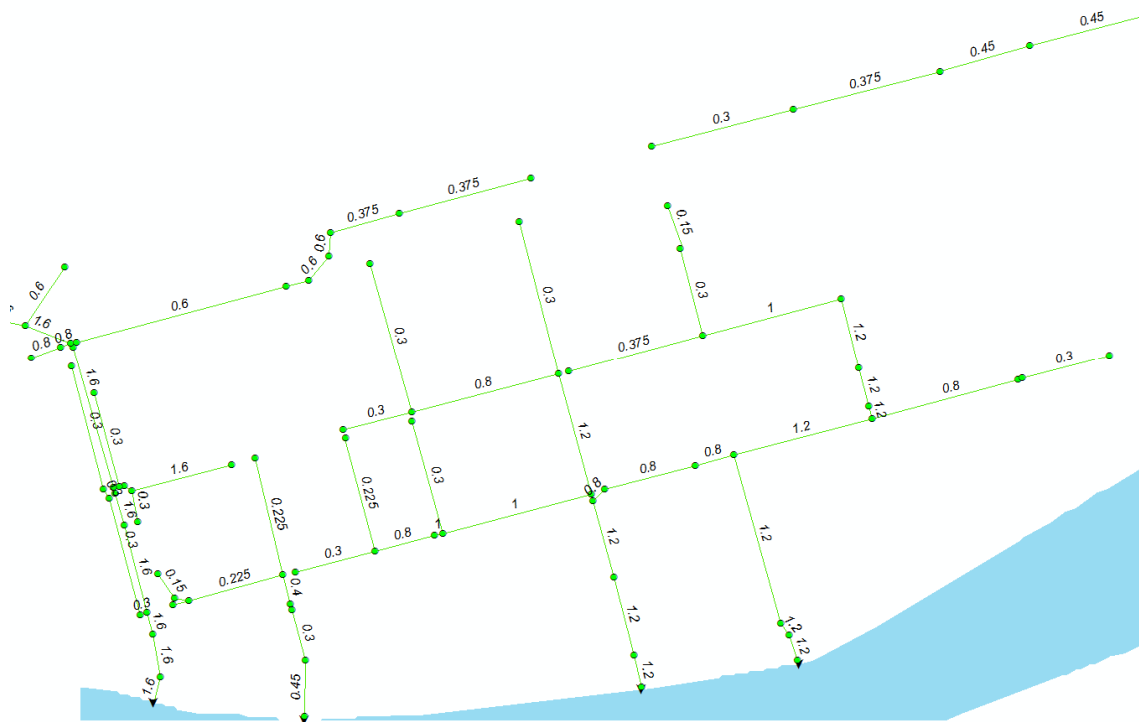


Bild iii. Beräknade ledningsdimensioner. Dimensionering för regn med 30 års återkomsttid med klimatfaktor 1.15.

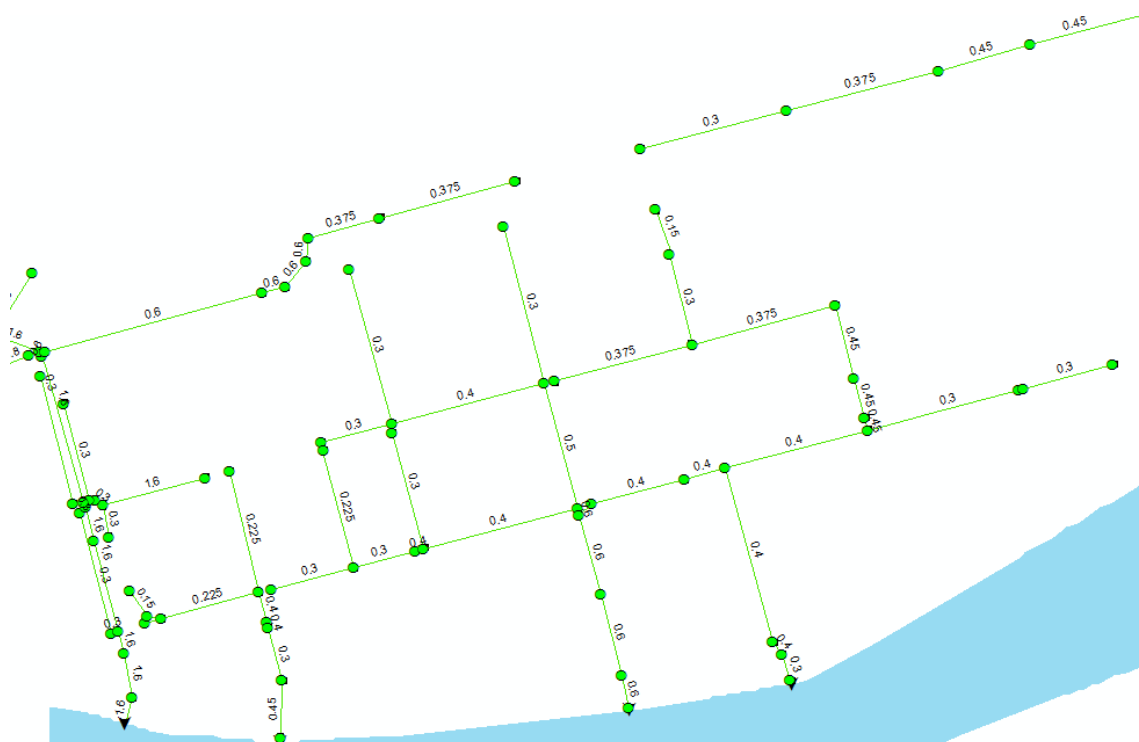


Bild iv. Nuvarande ledningsdimensioner.

Från angivna modellytor är den maximala avrinningen och ackumulerad avrinning följande:

Regn (inkl klimatfaktor)	Maxflöde (liter/sekund)	Ackumulerat flöde (m ³)
20-års regn	3470	3790
30-års regn	3960	4340
100-års regn	5910	6470

Avrinningen skiljer sig från den som beräknats för blå-gröna stråk, se nedan. Detta beror dels på en annorlunda beskrivning av ytor inom området (baserades på en tidigare strukturplan för bebyggelse samt att ytor inte kopplats till kanaler) dels på att för konventionellt system beräknas flödet med Mike Urban och det blå-gröna stråket med Mike Flood. Programverktöget Mike Flood kan förutom att beräkna hydraulisk kapacitet i ledningsnät ta hänsyn till markavrinning utifrån topografi.

Beräknade flöden blå-gröna stråk

Till beräkningsmodellen är ytor kopplade utifrån definierade avrinningsområden. I figur nedan framgår ytor som använts för beskrivning av det öppna dagvattensystemet (blå-gröna stråk). Ytor i nära anslutning till kanaler eller Motala ström anges inte då dessa förutsätts kunna avledas direkt till recipient via rännor. Ytor som ansluter till befintligt dagvattennät i Norra promenaden eller Packhusgatan är inte definierade.



Bild v. Ytor definierade och kopplade till Mike Flood (modellytor).

Från angivna modellytor är den maximala avrinningen och ackumulerad avrinning följande:

Regn (inkl klimatfaktor)	Maxflöde (liter/sekund)	Ackumulerat flöde (m ³)
20-års regn	3200	3510
30-års regn	3664	4010
100-års regn	5980	5460

De blå gröna stråken beskrivs i modellen som öppna diken, 0.5 m breda och 0.5 m djupa samt med en råhet som motsvarar Mannings tal 25. Principiellt beskriver detta en utjämningsvolym, en infiltrationsvolym och kapacitet i en dräneringsledning, ca 300 mm. Fördröjningen utifrån valt Mannings tal motsvarar till viss del den infiltration som sker. I modellen beskrivs en total längd på blå-gröna stråk som motsvarar ca 2670 m. Det ger en teoretisk volym motsvarande ca 700 m³. Den grunda kanalen är beskriven med en utjämningsvolym på ca 750 m³ (180 m lång och med ett djup på ca 0.5 m).

Om ett kraftigt regn inträffar samtidigt som det är höga nivåer i Motala ström, och luckan mellan grund och djup kanal därmed är stängd, kommer dagvatten som avleds till den grunda kanalen att behöva pumpas. Datorberäkningar har gjorts för att bedöma nödvändig pumpkapacitet för regn med återkomsttiderna 20 och 100 år (med klimatfaktor). Dimensioneringen av pumpkapacitet utgår från att utjämningsvolymen i den grunda kanalen kan användas. Valet av 20-års regn har gjorts utifrån rimlighetsbedömning av vilken återkomsttid på regn som inträffar samtidigt som det är höga nivåer i Motala ström. Utjämningsvolymen i den grunda kanalen motsvarar

Regn, inkl klimatfaktor (återkomsttid)	Pumpkapacitet (m³/s)
20	0.15
100	1.0

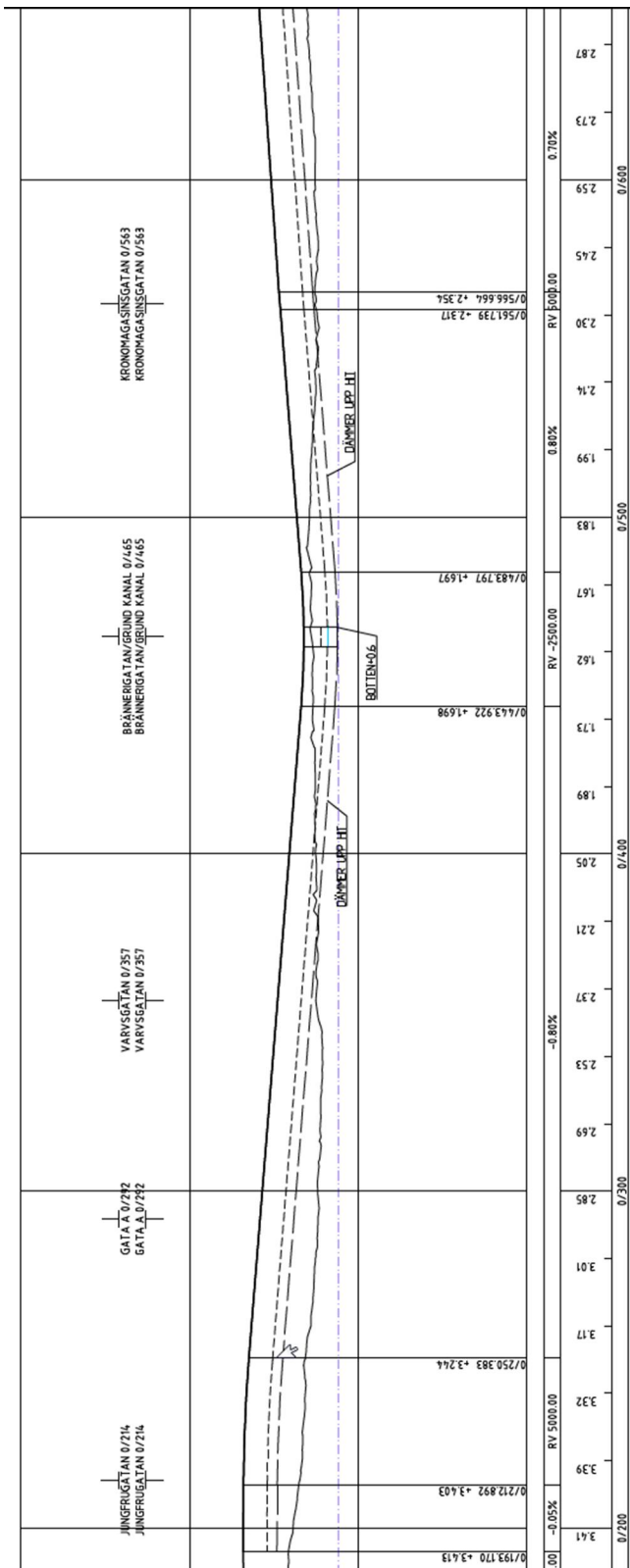


Bild vii. Dräneringsledning, del av profil för Slottsgatan (teckenförklaring, se bild vii). Höjdskala: 5 m mellan höjdstreck.

BILAGA 3 Kostnadsberäkningar

Djup kanal

Förutsättningar:

uk -2, ök +2, bredd 5 m, spont med stöd i betongplatta på botten
längd 500 m

för schakt och borttransport av massor har ej medräknats eventuell merkostnad p g a förorenad mark

Kostnader:

Kostnad ca 150 000 kr/m

Kostnad totalt: 75 Mkr

Grund kanal

Förutsättningar:

uk +0,8, ök +1,5, bredd 7 m, stödmurlängd 230 m¹⁾

för schakt och borttransport av massor har ej medräknats eventuell merkostnad p g a förorenad mark

Kostnader:

Kostnad ca 20 000 kr/m

Kostnad totalt: 4.6 Mkr

Vid val av kanalkant som slänt blir kostnaden ca 10 000 kr/m. Stödmur på ena sidan och slänt på andra ger totalkostnaden ca 3.5 Mkr.

¹⁾ uk och ök har i senare beräkningar justerats till +0.9 respektive +1.6.

Ledningsdragnig

Förutsättningar:

Enhetspriser utifrån KP-fakta och uppgifter från leverantörer.

Bedömning ledningsdragnig utifrån Mike Urban-beräkning version 2014. Kriterium trycklinje; marknivå. Ledningsdragnig utifrån nuvarande ledningsstruktur och vattengångar. Till modellen ansluten yta enligt föreslagen strukturplan med avrinningskoefficienter enligt P90/P110.

Takyta=0.9, gata=0.8 och kvartersmark 0.6. Antal nedstigningsbrunnar och rännstensbrunnar uppskattade utifrån nuvarande omfattning. Dämningsnivå Motala ström; +0.66 m.

Ingen hänsyn har tagits till att beräknade ledningsdimensioner i vissa fall inte har tillräckligt djup från markyta till ledningshjässa. Inga extra sättningsåtgärder har medtagits i kostnaden. Inga extra kostnader för hantering av eventuell förorenad mark har medtagits i kostnaden.

Ledningsdimension 300-450 mm, 800 m
Ledningsdimension 500-800 mm, 2100 m
Ledningsdimension 1000 mm, 120 m
Ledningsdimension 1200 mm, 40 m
Ledningsdimension 1600 mm, 310 m

Kostnader:

Nedstigningsbrunnar; 20 000 - 50 000 kr/st

Rännstensbrunnar; 15 000 kr/st

Ledningsdimension 300-450 mm, 1100-1300 kr/m

Ledningsdimension 500-800 mm, 2300-4100 kr/m

Ledningsdimension 1000 mm, 5100 kr/m
 Ledningsdimension 1200 mm, 6600 kr/m
 Ledningsdimension 1600 mm, ca 10 000 kr/m

Kostnad totalt: 15 Mkr

Regnbäddar

Förutsättningar:

Principskiss för utformning av regnbädd i gaturummet framgår av nedan skiss. Från ena vägshalvan avleds dagvatten direkt till regnbädd. Andra vägshalvan avleds till ränna i trottoarkant. Från rännan avleds dagvatten via ledning till dräneringsledning i botten av regnbädden. Regnbädden kan utformas på olika sätt. Det kan vara en öppen utformning med gräsbeklädd yta, växtlighet för bättre upptagning av föroreningar etc. Oavsett utformning skapas en fördröjningsvolym antingen genom att regnbädden är skålad eller att den inryms innanför högre kantsten. Infiltrationsmaterial fördröjer och renar dagvatten innan detta avleds i dräneringsledning. För kostnadsberäkningen har jämförts öppen och konventionell lösning utifrån kostnader för schakt, ledningsbädd, ledningar etc.

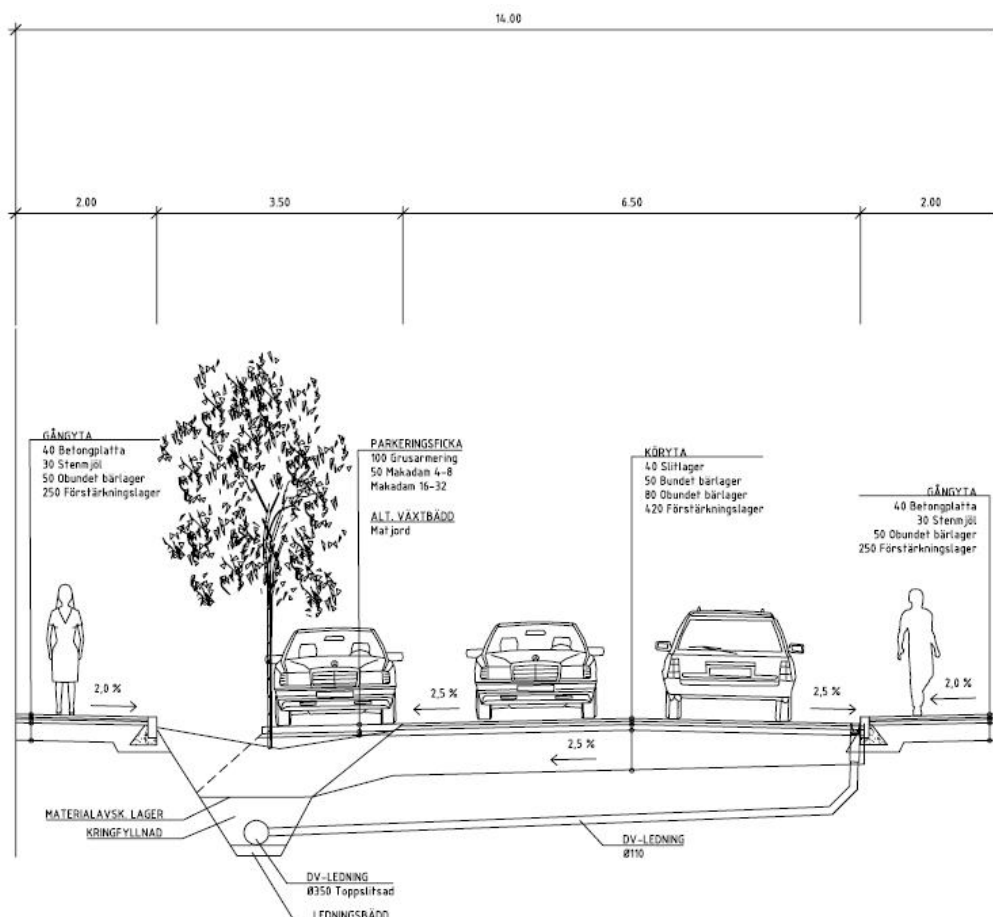


Bild viii. Principskiss för utformning av regnbädd.

För en regnbädd jämfört med konventionell lösning har valts en kostnadsökning ungefär motsvarande en faktor 1.3. Denna varierar inom området beroende på vilken ledningsdimension som erfordras vid konventionell lösning. Jämförelsen med konventionellt system motsvarar en ledning med dimension ca 400 mm och syftar till att vara ett medelvärde för totalkostnaden.

Kostnader:

Öppen dagvattenlösning, regnbädd; 20 Mkr.

Uppfyllnad

Förutsättningar:

Fyllnadsmassa förutsätts behöva transporteras till området. Avser fyllnadsmassa för gator och allmän platsmark.

Alternativ 2: 105 000 m³

Alternativ 3: 68 000 m³

Alternativ 4: 65 000 m³

Kostnader:

Valt enhetspris 150 kr/m³.

Alternativ 2: 16 Mkr

Alternativ 3: 11 Mkr

Alternativ 4: 10 Mkr

Sättningsåtgärder gator och allmän platsmark

Förutsättningar:

Kostnader för sättningsåtgärder utgår från metod med KC-pelare och redovisas för cc-avstånd 1 respektive 1.2 m. Kostnader för sättningsåtgärder har bedömts för samtliga alternativ. Enhetspriser från översiktlig utredning av kostnader för sättningsåtgärder, Sweco 2015. Pelarlängd: min 14 m. Tillkommande pelarlängd bedömd utifrån behov uppfyllnad vilket är för alternativ 2 i snitt ca 1.2 m, alternativ 3 ca 0.95 m och för alternativ 4 ca 1.10 m. Behov av utfyllnad är beräknad utifrån gjorda höjdsättningar relaterat till befintliga marknivåer. Sättningsåtgärder gäller för gata och allmän platsmark, totalt ca 80 000 m².

Uppfyllnadsarea för gata och allmän platsmark är för alternativ 2 ca 70 000 m², alternativ 3 ca 55 000 m² och för alternativ 4 ca 58 000 m². Eventuella kostnader för kompletterande sättningsåtgärder för ledningar i mark är ej inräknade.



Bild ix. Yta som använts för beräkning av sättningsåtgärder med KC-pelare. Källa: strukturplan för Inre Hamnen 2016.

Kostnader:

KC-pelare: 140 kr/st

Löpmeter: 90 kr/m

cc 1.2; faktor 0.7

Alternativ 1 för cc 1.0 m/cc 1.2 m; 115/80 Mkr

Alternativ 2 för cc 1.0 m/cc 1.2 m; 120/84 Mkr

Alternativ 3 för cc 1.0 m/cc 1.2 m; 118/82 Mkr

Alternativ 4 för cc 1.0 m/cc 1.2 m; 118/83 Mkr

Drift & underhåll

Förutsättningar:

För Köpenhamn har flera skyfallsplaner upprättats sedan skyfallet 2011. Driftkostnad för öppna dagvattenlösningar motsvarande förslag i Inre Hamnen har hämtats från Skybrudsplan Österbro, 2013. För ett konventionellt dagvattensystem har drift- och underhållskostnad hämtats från sammanställning av nyckeltal för 6-stadsgruppen.

Kostnader:

Drift- och underhållskostnad öppen dagvattenlösning; 60 kr/m per år

Drift- och underhållskostnad konventionellt dagvattensystem; 30-40 kr/m per år (valt 30 kr/m)

Kostnad total öppet dagvattensystem; ca 200 000 kr/år

Kostnad total konventionellt dagvattensystem; ca 100 000 kr/år

Pumpstation

Förutsättningar:

Se modellbeskrivning.

Kostnader:

Valt enhetspris för pumpar och överbyggnad; 1.5 Mkr.

Reglerbar lucka

Förutsättningar:

Jämförande värde från konstruktion av reglerbar lucka till Södra dämnet i Kristianstad. Avser betongkonstruktion för lucka inklusive skyddsvall, inloppskammare till pumpstation och lucka. Kostnad för jämförande anläggning; 8-10 Mkr (2014).

Kostnader:

Jämförande kostnad avser en relativt stor anläggning som ska kunna pumpa ett stort flöde från kanalen till Helge å. Den grunda kanalen i inre hamnen kräver markförstärkningsarbeten och betongkonstruktion men i en mindre omfattning. Även lucka är i en mindre storlek. Utan att göra ett mer detaljerat konstruktionsarbete är det svårt att bedöma kostnaden för Inre Hamnen.

Kostnad (grovt antagen); 5 Mkr.

BILAGA 4 Kanaler

Allmänt:

Ett gammalt industriområde beläget intill Motala Ström relativt centralt i Norrköping skall göras om till attraktivt stadsområde. Området ligger mellan Järnvägsstation och Motala ström. På andra sidan av Motala ström finns Norrköpings centrala delar. Området är förorenat och beläget på sättningsskänsliga massor. Nivåerna i området är lite för låga för att klara av förväntade havshöjningar fram t.o.m. 2100. I området planeras det att anlägga kanaler för att göra det mer attraktivt. En del av kanalerna skall vara djupa, och ha ett vattendjup på ca 2m medan en annan är grund med ett vattendjup på ca 0.5 m. Den grunda kanalen används även som dagvattenavvattnings (via den djupa) ut i Motala Ström.

Grund kanal allmänt:

Kalkylen är gjord för två olika kanalkanter. En vertikal kanalkant och en kanalkant som är en slänt. Kanaltyperna kan variera hur som helst utmed kanalens hela sträcka. Nivåerna är samma för båda sektionerna dvs. markytan är satt till +1.5. Vattenytan har nivån +1.3 och botten ligger på nivå +0,8. Kalkylen är gjord med dessa nivåer som egentligen endast finns i slutet (nedströms) av den grunda kanalen. Längre uppströms är nivåerna högre men det gäller alla nivåerna så höjdskillnaderna är därmed samma. Förutsättningen för kalkylen är att befintlig mark ligger på den högsta nivån i sektionen. Därmed blir kostnadskalkylen representativ för hela kanallängden som är 230 m.

En annan förutsättning är att det inte finns några kostnader inkluderade för förorenade massor trots att det finns sådana i området. Dessa kostnader måste således läggas till. Eftersom det finns förorenade massor i området så vill man förhindra att föroreningarna inte transporteras bort med grundvattenflödet. Tanken är att man tätar ytan genom att hårdgöra den samt att man lägger ett tätskikt under kanalen så eventuellt förorenat vatten underifrån inte kan tränga upp i kanalen och rinna ut i havet. Tätningen i kalkylen är tänkt att ske med en gummiduk som placeras en bit ned i marken för att fyllning ovanpå gummiduken kan stå emot ett lite högre vattentryck underifrån än ovanifrån.

I kalkylen har det förutsatts en överlast på 10 kPa på markytan. Kanalen byggs i torrhet dvs. eventuellt vatten pumpas bort. Hårdgörning av markytan finns inte medräknat i kalkylen.

Grund kanal vertikal kant (stödmur):

Tanken är att en prefabricerad stödmur placeras på en uppfyllning av grus. Uppfyllnadens mäktighet under stödmuren är viktig så det uppstår tillräcklig lastspridning under muren så grundtrycket på leran inte blir för stort med risk för sättningar och lutningar av murens vertikala sidor. Muren bedöms kunna grundläggas på detta sätt om uppfyllning av marken inte sker. Beräkningar finns ju med uppfyllning av mark och 70 cm sättningar i vissa områden, vilket naturligtvis inte ger ett tillfredställande resultat för stödmuren. I kalkylen har det förutsatts en fyllnadstjocklek på 0.5 m under muren. För att inte få tjälskjutningar under muren har murens underkant placerats 1 m under botten i kanalen. Kanalen skall alltid innehålla vatten vilket reducerar det tjälfria djupet. Grundläggningsnivån är överslagsmässigt bedömd och bör verifieras i senare skede. Stödmuren skall väljas med ökat tätskikt för ökad livslängd. Fyllningen bakom muren och framför muren är ditförda massor. Materialet överst på kanalbotten har inte specificerats men det har tagits med en kostnad i kalkylen för någon enkel typ av erosionskydd. Befintliga massor består av lera vilket inte bedöms kunna återanvändas. Kanalens bredd är vald till 8 m utifrån flödesberäkningar från området. Schaktslätten bakom muren bedöms kunna stå i en lutning 2:1.

Grund kanal kanalkanten som ligger i slänt:

Kanalens slänt är lagd i lutning 1:2 vilket är möjligt med befintliga massor. Höjdskillnaden är endast 0.7 m mellan botten på kanalen och marken vid sidan om kanalen. En schakt på 0.7 m under kanalbotten förutsätts där först en fiberduk täcker befintlig mark. Ovanpå fiberduken läggs tätskiktet, en gummiduk. På denna placeras en 200 mm tjock grusbädd. På detta placeras sedan en materialskiljande fiberduk. Överst läggs två lager sten som utgör beklädnad såväl på botten som i slänter. I kanalen har vattenspegeln (på nivå +1.3) förutsatts vara 8 m bred.

Djup kanal:

Närmast Motala Ström är det tänkt att bygga en djupare kanal. Av utrymmesskäl bör kanalsidorna vara vertikala. Kalkylen förutsätter att byggnationen sker med vatten i kanalen hela

tiden. Det innebär att det kommer att krävas undervattensjobb av ett dyklag vilket är kostnadsdrivande. Marknivån är förutsatt till +2.0 för kalkylen och botten på nivån -2.0. För att bygga upp den botten som krävs bör man schakta ned till nivå -2.5. Principen för arbetsgången är att först slås sponten ned. Schakt sker sedan framför sponten. Det är ett kritiskt skede för denna konstruktion efter marken framför sponten är bortschaktad men före betongen på botten har härdats. Det finns ett par olika möjligheter här. Antingen kan man arbeta med framåtförankring (stämp) tvärs över kanalen eller så får man kanske avlasta sponten genom att ta bort marken överst bakom sponten. Eventuellt går det att arbeta utan stämp om gjutning kan ske tämligen snabbt efter schakt (men det är mycket tveksamt om detta går). Viktigt att notera är också att det horisontella jordtrycket under schaktbotten har svårt att slå om, dvs. det aktiva jordtrycket (under den höga marknivån +2.0) är större än det passiva jordtrycket (under kanalbotten nivå -2.0) om säkerhetsfaktorer finns inkluderat, (beräkningsförutsättningar: $c=18$ kPa och totalsäkerhetsanalys med en rotationssäkerhet på 1.5). Eftersom vi etablerar ett mothåll nere vid botten kommer det passiva och aktiva jordtrycken att byta sida vilket är mycket gynnsamt. I kalkylen har det förutsatts att det skall ske en pågjutning av hela spontväggen från nivå -2.0 upp till markytan (+2.0). Denna pågjutning är inte nödvändig men rekommenderas för att sponten inte skall korrodera. Normal livslängd är kanske 30 – 50 år för spont i saltvatten om ingen pågjutning görs. I kalkylen har även en träbeklädnad tagits med vilket är både snyggt och praktiskt för båtar, men konstruktivt helt onödigt. Även här är förutsättningen att det inte finns några kostnader inkluderade för förorenade massor trots att sådana finns i området. Dessa kostnader måste således läggas till kalkylen. För denna kanaldel hindras grundvattenströmmar med föroreningar av sponten i sidorna på kanalen och av en betongkonstruktion på botten. Betongkonstruktionen måste armeras för att klara ett lite högre vattentryck underifrån än ovanifrån. Betongkonstruktionen tar även horisontell last från sponten, därför är det viktigt att det finns en likadan konstruktion eller åtminstone en liknande konstruktion på andra sidan av kanalen som kan ta hand om denna last. Under betongen placeras en avjämningsbädd av makadam. Normalt är sponten inte helt tät i spontlåsen, men det finns spont med tätningar i låsen som kan användas om det inte sker en betongpågjutning utanpå sponten enligt ovan.

Principskisser:

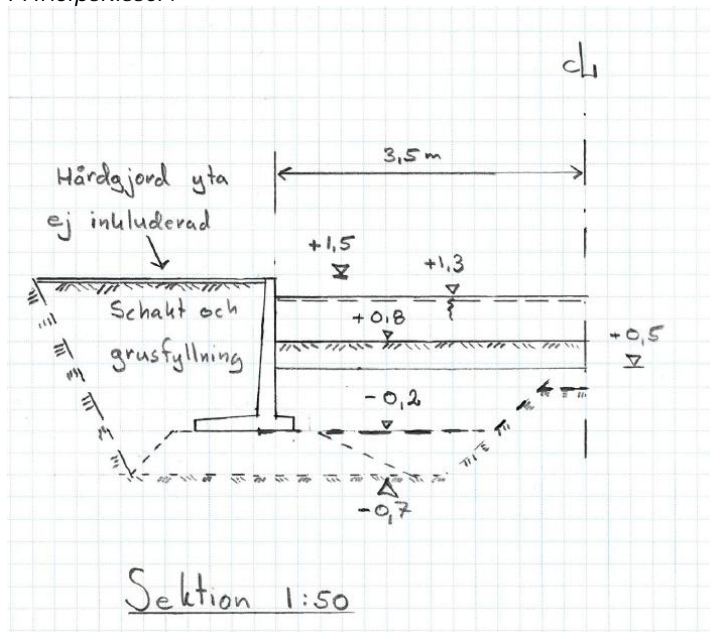


Bild x. Grund kanal, stödmur.

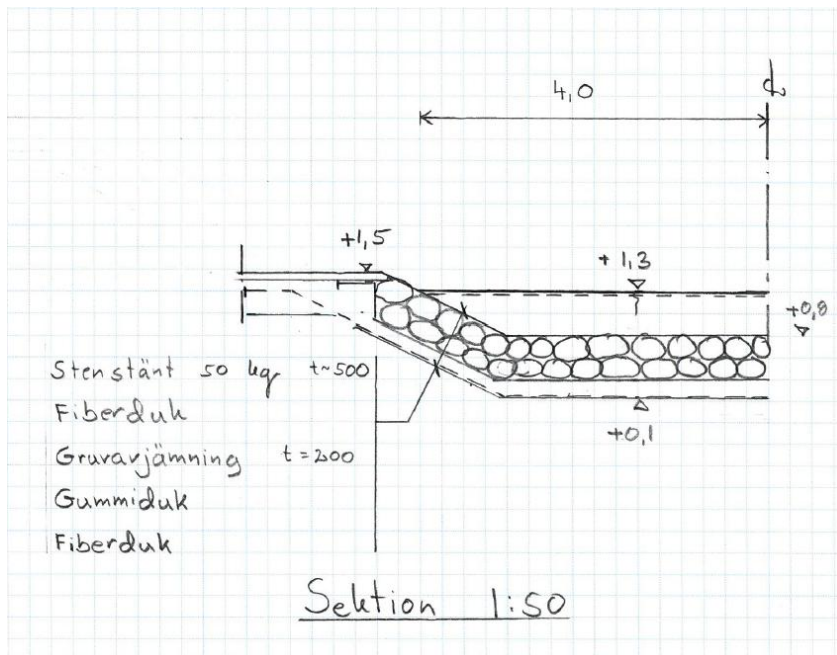


Bild xi. Grund kanal, slänt.

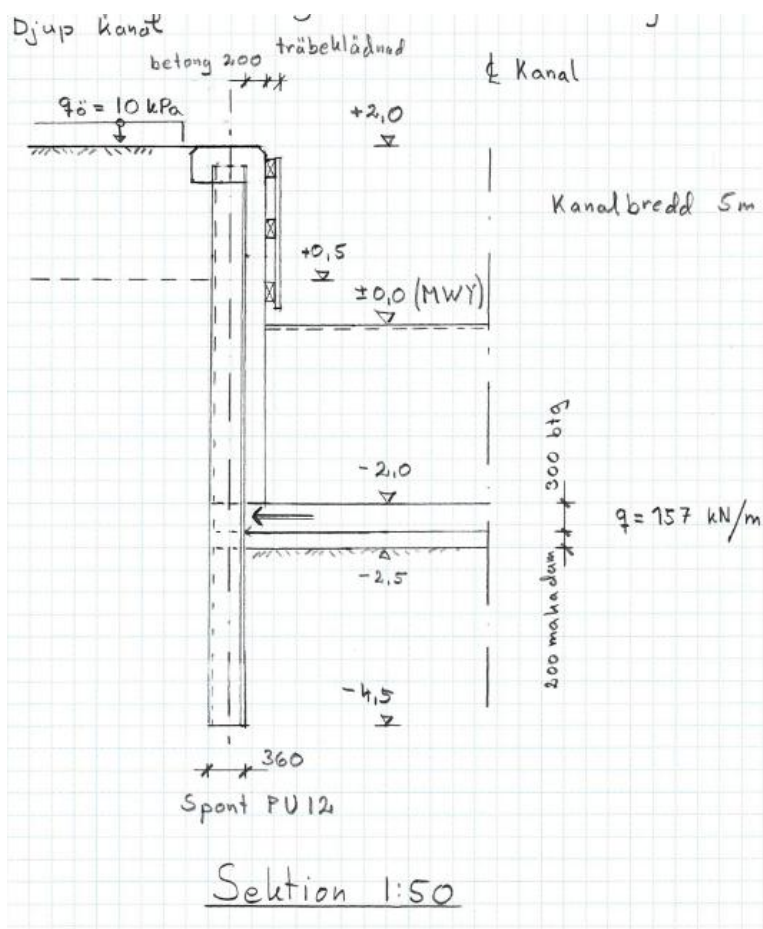


Bild xii. Djup kanal.

