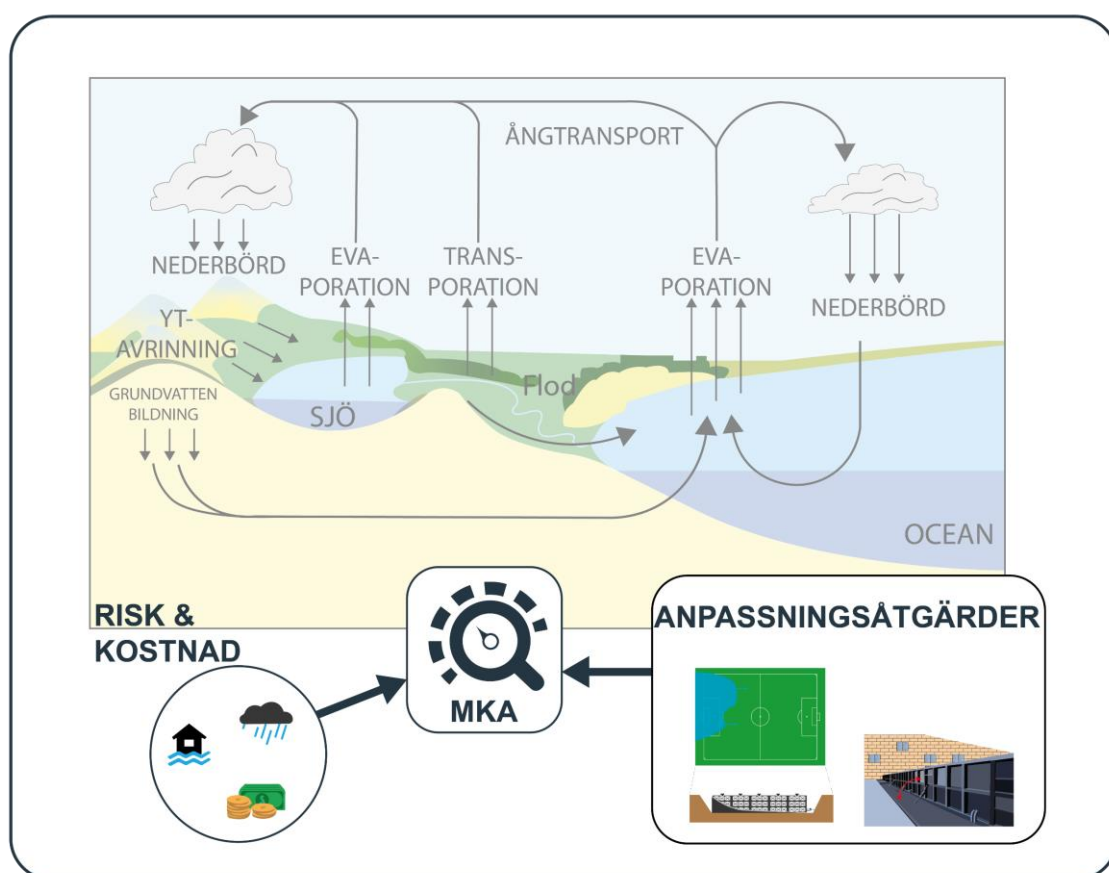


ÖVERSVÄMNINGSANPASSAT BYGGANDE

Entreprenörshandledning för översvämningsanpassning inom bygg- och anläggningsbranschen



**Jacob Lindberg, Niklas Blomqvist, Robin Jansson,
Mårten Västerdal**

2020-11-15

FÖRORD

Denna rapport har skrivits inom ramen för utvecklingsprojektet *Översvämningsanpassat byggande* som finansieras av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF).

Rapporten riktar sig till entreprenörer inom bygg- och anläggningsbranschen och omfattar en handledning för översvämningsanpassat byggande. I befintlig litteratur tycks det saknas en generell beskrivning om vilken roll entreprenören kan ha i frågan. Dessutom lyfts samarbete mellan berörda aktörer genomgående fram som en central aspekt för hantering av översvämningsanpassat byggande. Denna rapport försöker därför bidra till att täcka detta gap.

Rapporten bidrar till att branschen genom SBUF och dess medlemsföretag får bättre förutsättningar att hantera ökade översvämningsrisker som klimatförändringarna medför. Studien kan också skapa positiva bieffekter då den underlättar för myndigheter och andra aktörer att ställa mer branschförankrade krav för bygg- och anläggningsprojekt.

Arbetsgrupp för projektet har varit:

- Jacob Lindberg, NCC Teknik (projektledare)
- Niklas Blomqvist, NCC Teknik
- Robin Jansson, NCC Teknik
- Mårten Västerdal, RISE
- Malin Norin, NCC Teknik (Intern rapportgranskare)

Vi vill rikta ett stort tack till samtliga som har bidragit med sina insatser under projektet (se namngivna personer i avsnitt 2.4). Dessutom vill vi tacka SBUF som finansierat projektet.

Denna rapport har interngranskats enligt NCC:s interna riktlinjer. Dessutom har samtliga i referensgruppen haft möjlighet att läsa rapporten och lämnat synpunkter vid projektets slutskede.

Projektet har utförts mellan januari och november år 2020.

Jacob Lindberg, november 2020

FÖRKORTNINGAR OCH NYCKELBEGREPP

Några förkortningar och nyckelbegrepp som används i rapporten visas nedan.

BBR (Boverkets byggregler): En samling av föreskrifter och allmänna råd som fastställs av Boverket och gäller för byggnader inom Sveriges gränser.

Beställare och Entreprenör: Beställare, ibland benämnd byggherre, är den som beställer bygg- eller anläggningsprojekt av entreprenören. Entreprenören är den som genomför projektet. Denne kan även vara med i projekteringen. Beroende på projektform har dessa olika ansvarsområden och entreprenören anlitar vanligen underentreprenörer och konsulter.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): FN:s klimatpanel som sammanställer det vetenskapliga kunskapsläget kring klimatförändringar, konsekvenser och möjliga lösningar. Detta görs bland annat i form av rapporter med underlag från forskare och experter världen över.

MKA (Multikriterieanalys): En systematisk metod för att utvärdera hur väl olika alternativ kan uppfylla flera önskade syften. Den appliceras på komplicerade problem där många aspekter måste beaktas och vägas samman.

MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap): Statlig myndigheten som har ansvar att stödja samhällets beredskap för olyckor, kriser och civilt försvar.

PBL (Plan- och bygglagen (2010:900)): I lagen finns bestämmelser om planläggning av mark och vatten och om byggande.

SBUF (Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond): Medlemsförening som finansierar och sprider forskning och utveckling för byggsektorn.

SUDS (Sustainable Urban Drainage System): Samlingsbegrepp av flera olika vattenhanteringsmetoder som syftar till moderna dräneringssystem med både naturliga och artificiella vattenprocesser, såsom fördröjningssystem, våtmarker, gröna tak och genomsläpplig asfalt.

Totalentreprenad: Projektform där beställaren upphandlar ett företag (entreprenören) som ansvarar för hela projektet, både projektering och genomförande. I detta ingår att handla upp konsulter för att ta fram bygghandlingar och ritningar samt upphandling och samordning av alla projektets delar. Det finns flera varianter av totalentreprenad.

Utförandeentreprenad: Projektform där beställaren ansvarar för projektering och upphandlar själv de konstruktörer, arkitekter och konsulter som behövs för att ta fram bygghandlingar och ritningar. Beställaren upphandlar företag (entreprenören) som ska genomföra byggprojektet. Det finns flera varianter av utförandeentreprenad.

Översvämningssanpassning: Det avser i denna rapport åtgärder i syfte att förebygga, undvika och minimera negativa effekter av översvämningar. För rapporten är det effekter på byggnader och infrastruktur som avses där begreppet infrastruktur här i huvudsak innefattar vägar och järnvägar, nät för överföring av el och annan energi samt telenät, vatten- och avloppsnät.

SAMMANFATTNING

Klimatförändringarna förväntas innebära stigande havsnivåer, ökade flöden och fler kraftigare regn vilket innebär ökad risk för översvämningar. Många tätorter och städer har vuxit fram under lång tid i vattennära lägen och är därmed utsatta ur ett översvämningssperspektiv. I befintlig litteratur tycks det saknas en generell beskrivning om vilken roll entreprenören kan ha kring översvämningssanpassat byggande samtidigt som kunskapsbehovet ökar. Denna rapport tar avstamp i detta och omfattar en handledning på temat.

Rapportens syfte är att utifrån ett entreprenörsperspektiv ge handledning om hur översvämningssfrågor kan hanteras i byggprocessen med avseende på skyfall, höga flöden i vattendrag och höga vattennivåer i havet.

Rapporten är indelad i nedan delar:

- **Kunskapsinventering av översvämningssproblematik** – En allmän kunskapsöversikt om utvalda ämnen som på olika sätt är relevanta inom översvämningssproblematik för byggnationer (se kapitel 3 – 8).
- **Hantering av översvämningssrisker** – Förslag på entreprenörsspecifik arbetsgång (se kapitel 9).
- **Kunskapsinventering av anpassningsåtgärder** – Olika anpassningsåtgärder med fokus på tekniska skydd inventeras och beskrivs. Ger underlag för kriterier som används i en Multikriterieanalys (MKA) för en fastighet på Lindholmen i Göteborg (se kapitel 10 – 12).
- **Inverkan på hållbarhetsbedömning av översvämningssanpassat byggande** – Klassificeringssystem CEEQUAL och BREEAM analyseras med avseende på vad översvämningssanpassat byggande har för effekt på resultatet av hållbarhetsbedömning enligt respektive metod (se kapitel 13).
- **Fallstudie Lindholmen** – En fallstudie som gäller objektsskydd av en befintlig byggnad med bevarandevärden på Lindholmen i Göteborg utförs. Den syftar till att ge ett exempel på arbetsgång och överväganden för att fastställa möjligheten till anpassningsåtgärder. Fallstudien ger och tar input genom ovan delområden (se kapitel 14).

Viktigaste lärdomar som kan dras från detta arbete:

- Trots att insikten om klimatförändringarnas effekter ökar saknar frågan den ”sense of urgency” som krävs bland beslutsfattare och inblandade aktörer för att åtgärder ska vidtas i större utsträckning. Samtidigt ska det betonas att det krävs enorma investeringar där oklarheter i finansierings- och ansvarsfrågor också bidrar till att anpassningsåtgärder inte utförs trots att behovet i många fall är klarlagt.
- Översvämningssanpassat byggande är ett komplext område där Sverige idag saknar byggnadstradition och tillräcklig kunskap. Det är därför nödvändigt att inhämta internationell kunskap för att på sikt kunna utveckla detta till ett teknikområde utformat efter svenska förhållanden och byggnadsregler.
- Osäkerheter i storlek och hastighet av klimatförändringarna innebär att strategier för anpassning bör vara flexibla.
- Även om entreprenören har möjlighet att påverka lösningarna är det ofta upp till beställaren att godkänna lösningarna. Det finns en motsättning mellan låga byggkostnader och kostsamma anpassningsåtgärder. Frågan är därför till stor del ekonomiskt driven.
- Eftersom översvämningsskydd är avsedda att skydda liv, egendom och miljö bör produkter inom detta område kvalitetssäkras och någon form av certifieringssystem bör införas.

- Centralt för anpassning är att den sker med helhetssyn och god systemförståelse för att minimera:
 - Risk för negativa följd effekter, det vill säga att en åtgärd motverkar en risk men ökar en annan.
 - Att sammanhängande skydd utgörs av flera enskilda delar etablerade vid olika tillfällen av olika aktörer.
- Det krävs ökat helhetsperspektiv i plan- och byggprocessen – från översiktsplan till förvaltningsskede. Många praktiska genomförandeaspekter förbises i planeringen vilket riskerar att begränsa möjligheter till kostnadseffektiva lösningar för översvämningssanpassning.
- Den MKA-metod som presenteras ska i första hand ses som ett stöd vid val av anpassningsalternativ och ger förslag till bedömningsgrunder baserat på hållbarhetskriterierna.

INNEHÅLL

FÖRORD	1
FÖRKORTNINGAR OCH NYCKELBEGREPP	2
SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	8
1.1. BAKGRUND	8
1.2. SYFTE & MÅL	8
2. GENOMFÖRANDE	9
2.1. METOD	9
2.2. AVGRÄNSNINGAR	10
2.3. TIDPLAN	11
2.4. PROJEKTORGANISATION	11
3. ÖVERSVÄMNING IDAG OCH I FRAMTIDEN	13
3.1. INTRODUKTION OM ÖVERSVÄMNINGAR	13
3.2. SANNOLIKHET	13
3.3. ÖVERSVÄMNINGSRISKER I ETT FÖRÄNDRAT KLIMAT	14
4. ÖVERSVÄMNING I PLANPROCESSEN	17
4.1. KARTLÄGGNING AV ÖVERSVÄMNINGSHOT	17
4.2. EU:S ÖVERSVÄMNINGSDIREKTIV	18
4.3. PLAN- OCH BYGGLAGEN – PBL	18
4.4. PLAN- OCH BYGGPROCESSEN	19
4.5. BOVERKETS BYGGREGLER (BBR)	20
4.6. BOVERKETS REKOMMENDATIONER OM RISKNIVÅER	20
4.7. ÖVERSVÄMNINGSANPASSNING VIA PLANBESTÄMMELSER	21
4.8. TILLSTÅNDSFRÅGOR	22
4.9. RÄDDNINGSTJÄNSTASPEKTER I PLANPROCESSEN	23
5. TEKNISKA KRAV OCH RIKTLINJER	25
5.1. ANPASSNING TILL KLIMATFÖRÄNDRINGAR - ISO 14090:90	25
5.2. TRAFIKVERKET	25
5.3. DIMENSIONERINGSNORMER – SVENSKT VATTEN	25
5.4. DIMENSIONERINGSNORMER FÖR GEOKONSTRUKTIONER	26
5.5. HÖGVATTENSKYDD OCH DAMMSÄKERHETSASPEKTER (RIDAS)	27
5.6. INTERNATIONELLA BYGGNORMER KOPPLAT TILL ÖVERSVÄMNINGSANPASSNING	27
6. ÖVERSVÄMNINGSSKADOR	29
6.1. BYGGNADSKONSTRUKTIONERS SÅRBARHET	29
6.2. MÖGEL OCH BAKTERIER	31
6.3. SANERING OCH ÅTERSTÄLLNING	32
6.4. VATTENTRYCKETS INVERKAN	32
6.5. FRAMKOMLIGHET OCH TRANSPORTER	35
6.6. PERSONRISK	35
6.7. EGENSKAPSFÖRÄNDRINGAR AV MARKUNDERBYGGNADER	36
6.8. TEKNISK FÖRSÖRJNING	37

6.9. ÖVERSVÄMNINGSRISKER UNDER BYGGSKEDE	37
7. KOSTNADER OCH ANSVAR.....	39
7.1. SKADEKOSTNADER OCH FÖRSÄKRINGAR	39
7.2. ANPASSNINGSKOSTNADER, ANSVAR OCH FINANSIERING	40
8. ENTREPRENÖRENS RÅDIGHET OCH DRIVKRAFT	43
9. HANTERING AV ÖVERSVÄMNINGSRISKER.....	45
9.1. VAL AV ÖVERSVÄMNINGSSTRATEGI	45
9.2. KARTLÄGGNING AV HOT	47
9.3. RISKVÄRDERING	47
9.4. VAL AV ANPASSNINGÅTGÄRD	48
9.5. ÖVRIGA UTFORMNINGASPEKTER.....	49
10. ANPASSNINGÅTGÄRDER.....	50
10.1. ANPASSNING AV BYGGNADSKONSTRUKTIONER	50
10.2. SÄRSKILDA UTFORMNINGSOVERVÄGANDEN	51
10.3. BARRIÄRER	51
10.4. SKYDD AV TEKNISK FÖRSÖRJNING.....	56
10.5. RESILIENT BYGGANDE	58
10.6. VATTENTÅLIGA MATERIAL	61
10.7. FÖRHÖJD GRUNDLÄGGNING	62
10.8. STORSKALIG SKYFALLSPLANERING	62
10.9. LOKAL SKYFALLSANPASSNING.....	64
10.10. FRAMKOMLIGHET	68
11. CERTIFIERING AV PRODUKTER OCH MATERIAL	69
11.1. FUNKTIONALITET OCH DRIFTKRITISKA DELAR AV SKYDDSLÖSNINGAR.....	69
11.2. STANDARDER OCH VERIFIERINGSMETODER.....	69
12. VAL AV ÅTGÄRD MED MULTIKRITERIEANALYS (MKA).....	71
12.1. OM MKA	71
12.2. FÖRSLAG PÅ MKA	72
12.3. TILLÄMPNING AV MKA	75
13. INVERKAN PÅ HÅLLBARHETSBEDÖMNING AV ÖVERSVÄMNINGSANPASSAT BYGGANDE	77
13.1. CEEQUAL.....	77
13.2. BREEAM.....	79
14. FALLSTUDIE – M1:AN LINDHOLMEN GÖTEBORG.....	82
14.1. FÖRUTSÄTTNINGAR	83
14.2. ANPASSNINGSKRAV	83
14.3. RISKBILD	85
14.4. ANPASSNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR	86
14.5. ANPASSNING.....	87
14.6. ANPASSNINGSSALTERNATIV	87
15. LÄRDOMAR OCH VIDARE ARBETE.....	92
REFERENSER	93

BILAGA A – REFERENSGRUPPSMÖTEN.....	99
BILAGA B – BEDÖMNING AV ANPASSINGSÅTGÄRDER FÖR MKA	103
BILAGA C – LEVERANTÖRSLISTA ÖVER TEKNISKA SKYDD OCH FÖRDRÖJNINGSMAGASIN	107

1. INLEDNING

Nedan visas studiens bakgrund samt dess syfte & mål.

1.1. Bakgrund

Klimatförändringarna förväntas innebära stigande havsnivåer, ökade flöden och fler kraftigare regn vilket innebär ökade risker för översvämningar. Många tätorter och städer har vuxit fram under lång tid i vattennära lägen och är därmed utsatta ur ett översvämningssperspektiv. Urbanisering och förtätning av stadsmiljön leder till fler hårdgjorda ytor och mindre plats för vatten, vilket skapar utmaningar i städer och tätorter. Det finns därmed en målkonflikt mellan förtätning som ett led i en hållbar stadsutveckling och ett samhälle anpassat för att hantera översvämningar.

Klimatförändringarna innebär att byggnadsverk och anläggningar som uppförs idag under sin livslängd kommer att möta helt andra naturförutsättningar. Klimatfrågan är enligt många den viktigaste hållbarhetsfrågan som samhället idag har att hantera. Bygg- och anläggningsbranschen har en viktig roll i att skapa ett samhälle anpassat för framtidens klimat och måste därför vara redo att möta dessa förändringar.

I takt med ökad medvetenhet om att klimatförändringarna innebär ökade risker skärps myndighetskraven i exploateringsprocessen. Bygg- och anläggningsbranschen behöver arbeta proaktivt med lösningar för att möta dessa förändringar. Förutom myndighetskrav finns det skäl att anpassa byggnader för att säkra verksamhets- och anläggningsfunktioner under extremhändelser och därmed minska skade- och återställandekostnader. På sikt kan också försäkringsfrågan förväntas bli en drivkraft för åtgärder. Sammanfattningsvis kan klimatrisker inom kort förväntas bli en planeringsförutsättning som regelmässigt ska beaktas i alla bygg- och anläggningsprojekt.

Hur byggnader och anläggningar utformas med avseende på naturolyckor och klimatförändringar ingår i hållbarhetsbedömningar av byggnader och anläggningsprojekt såsom BREEAM och CEEQUAL. Då intresset för hållbart byggande ökar är det ur branshperspektiv intressant att studera och ge vägledning om hur översvämningssanpassat byggande påverkar bedömningar enligt sådana klassificeringssystem.

1.2. Syfte & mål

Det finns ett växande kunskapsbehov inom bygg- och anläggningsbranschen om klimatanpassat byggande. En del i att fylla detta behov kan vara att ge entreprenörer stöd och handledning i hur översvämningssrisker kan hanteras i processen för byggnation och ge förutsättningar för översvämningssanpassat byggande. Rapportens syfte är att utifrån ett entreprenörsperspektiv ge handledning om hur översvämningssfrågor kan hanteras i byggprocessen med avseende på skyfall, höga flöden i vattendrag och höga vattennivåer i havet.

Rapportens mål är:

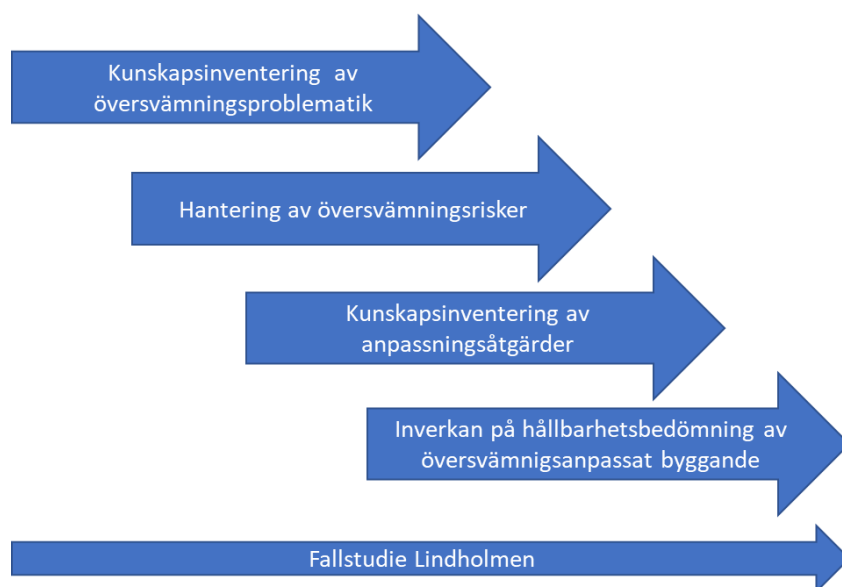
- Utifrån ett entreprenörsperspektiv ge handledning kring metoder och underlag för riskbedömning av översvämningsshot för att avgöra behov av anpassningsåtgärder.
- Presentera en entreprenörsinriktad kunskapssammanställning för val av anpassningsåtgärder i form av tekniska lösningar för översvämningssanpassat byggande inom bygg- och anläggningsbranschen.
- Ge förslag på kriterier för en multikriterieanalys som anpassningsåtgärder kan bedömas utifrån och tillämpa detta för en befintlig fastighet.
- Analysera klassificeringssystemen CEEQUAL och BREEAM med avseende på vilken påverkan översvämningssanpassat byggande har för resultatet på hållbarhetsbedömningen enligt respektive metod.

2. GENOMFÖRANDE

Genomförandet av projektet beskrivs genom dess metod, avgränsningar, tidplan och dess projektorganisation. Projektet genomfördes och rapporten skrevs under perioden januari – november år 2020.

2.1. Metod

Studien behandlar fyra övergripande delområden samt en fallstudie vars genomförande illustreras i Figur 2-1. Resultaten fås genom litteraturstudier, arbete i fallstudiegruppen och genom studiens referensgrupp som bidrar med sina kunskaper under och mellan referensgruppsmötena.



Figur 2-1: Schematisk illustration av genomförande av studiens övergripande delar.

Kunskapsinventering av översvämningsproblematik

Denna del innefattar en allmän kunskapsöversikt om utvalda ämnen som på olika sätt är relevanta inom översvämningsproblematik för byggnationer. Delen avser vara bred utan att vara uttömmande och kan innehålla anvisningar om var ytterligare information kan inhämtas.

Delområdet presenteras i kapitel 3 – 8.

Hantering av översvämningsrisker

Delen ger förslag till entreprenörsspecifik arbetsgång för hantering av översvämningsrisker.

Delområdet presenteras i kapitel 9.

Kunskapsinventering av anpassningsåtgärder

Olika anpassningsåtgärder med fokus på tekniska skydd inventeras och beskrivs i denna del. Detta genomförs dels genom litteraturstudie, men även vid besök vid Flood Expo¹. Fokus är:

- Tekniska skydd av byggnader och anläggningar inklusive skydd av teknisk försörjning.
- Fördröjningslösningar för temporär lagring av vatten vid kraftiga skyfall.

Dessutom utförs insamling av erfarenheter kring översvämningskyddens funktion och dess driftkritiska delar.

¹ Flood Expo i Birmingham 11-12 september 2019. Flood Expo är en kombinerad konferens och mässa inriktade på innovativa produkter, tjänster och strategier gällande hur översvämningsrisker kan förutses, motverkas och hanteras.

Sammantaget utgör ovan nämnda delar underlag till förslag på kriterier för en multikriterieanalys för översvämningsanpassat byggande.

Delområdet presenteras i kapitel 10 – 12.

Inverkan på hållbarhetsbedömning av översvämningsanpassat byggande

Klassificeringssystem CEEQUAL och BREEAM analyseras med avseende på vad översvämningsanpassat byggande har för effekt på resultatet av hållbarhetsbedömning enligt respektive metod.

Delområdet presenteras i kapitel 13.

Fallstudie Lindholmen

I studien ingår en fallstudie som gäller objektsskydd av en befintlig byggnad med bevarandevärden, belägen på Lindholmen i Göteborg. Fallstudien genomförs i samarbete med Älvstranden Utvecklings AB, Liljewall arkitekter och Stadsbyggnadskontoret i Göteborg. Fallstudien syftar till att belysa problemställningen och överväganden i arbetet med att utreda möjligheten till anpassningsåtgärder. Fallstudien ger och tar input genom ovan fyra delområden.

Delområdet presenteras i kapitel 14.

Referensgruppsmöten inklusive workshop

I projektet genomfördes två möten med referensgruppen, vilka visas nedan:

1a referensgruppsmötet: Projektansökan presenterades och diskuterades med referensgruppen. Kommentarer kring inriktning och innehåll av projektet insamlades. Mötet genomfördes den 17:e januari 2020 under 2 timmar.

2a referensgruppsmötet: Under mötet presenterades översiktligt arbete som genomförts fram till och med mötet samt planerat återstående arbete. Dessutom diskuterades några övergripande frågor kring syftet och värdet med rapporten samt specifika frågor kring bland annat multikriterieanalysen. Mötet var planerat att hållas fysiskt under en halvdag men på grund av situationen med Covid-19 hölls mötet digitalt. Därmed utgick det planerade studiebesöket till projektets fallstudie på Lindholmen. Mötet genomfördes den 14:e april 2020 under 2 timmar.

Deltagare i referensgruppen finns namngivna i avsnitt 2.4. Då vattenfrågor kopplat till klimatanpassning är komplexa krävs multidisciplinär kompetens. När referensgruppen och arbetsgruppen formades var utgångspunkten därför att täcka in områden som konstruktion, materialkunskap, byggnadsfysik, geoteknik, hydrogeologi, stadsbyggnad och arkitektur med flera.

Mötesprotokoll från ovan nämnda möten återfinns i Bilaga A.

2.2. Avgränsningar

Nedan följer de viktigaste avgränsningarna för studien:

- Klimatförändringarna innebär ökad risk för bland annat översvämnning, erosion och ras. Denna rapport hanterar åtgärder för översvämningsrisker.
- De åtgärder som inkluderas i rapporten är avsedda att användas på byggnads- och anläggningsnivå, vilket här innebär det som entreprenören kan ha rådighet över. Därmed omfattas inte storskaliga skydd för större områden såsom dammar, portar och storskaliga barriärer.
- Rapporten beskriver den problematik och de förutsättningar som finns för entreprenörer att arbeta översvämningsanpassat samt ger handledning kring val av anpassningsåtgärder ur tekniska och hållbarhetsmässiga perspektiv. Rapporten försöker inte lösa olika frågor kopplade till problematik att arbeta översvämningsanpassat eller beskriva vilka åtgärder som ska göras i varje given situation.

- En entreprenad innehåller flera skeden med bland annat planerings- och projekteringsskeden, byggande, drift och underhåll. Entreprenören kommer på olika sätt in i entreprenadens olika skeden. Rapporten ämnar beakta samtliga projektskeden som är relevanta ur ett entreprenörs-perspektiv.
- Studien omfattar anpassningsåtgärder både för skydd av byggnader och anläggningar men fokus i rapporten är för byggnader där det varit enklare att hitta relevant material.

2.3. Tidplan

Under februari 2020 godkände SBUF projektansökan i sin helhet. I Tabell 2-1 visas översiktligt tidplanen för arbete i projektet.

Tabell 2-1: Översiktlig tidplan för projektet.

Aktiviteter		2020	Jan.	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.
		Projektledning	Administration										
Arbetsmöten	Möten i arbetsgrupp												
Referensgruppmöte	1a (Startmöte)												
	2a (Workshop)												
Arbetsområden (inl. rapport-skrivning)	Kunskapsinventering av översvämningsproblematik												
	Hantering av översvämningsrisker												
	Kunskapsinventering av anpassningsåtgärder												
	Inverkan på hållbarhetsbedömning av översvämningsanpassat byggande												
	Fallstudie Lindholmen												
Granskning	Referensgrupp granskar preliminär slutrapport												
Slutrapport klar	Rapport och infoblad skickas till SBUF												

2.4. Projektorganisation

Nedan personer har deltagit i projektet.

Arbetsgrupp:

- Jacob Lindberg, NCC Infrastructure – Teknik (projektledare)
- Niklas Blomqvist, NCC Infrastructure – Teknik
- Robin Jansson, NCC Infrastructure – Teknik
- Mårten Västerdal, RISE
- Malin Norin, NCC Infrastructure – Teknik (Intern rapportgranskare)

Ytterligare personer har bidragit med sin kunskap till arbetsgruppen:

- Petra Brinkhoff, NCC Infrastructure – Teknik
- Deria Abda Amin, NCC Infrastructure – Teknik

- Carolin Viklund, NCC Infrastructure – Teknik
- Mats Sihvonen, NCC Building, – Teknik och hållbarhet

Arbetsgrupp fallstudie:

- Niklas Blomqvist, NCC Infrastructure – Teknik
- Anna Uhrbom, Älvstranden Utveckling AB
- Emma Larsson, Stadsbyggnadskontoret Göteborg
- Joanna Henje och Lena Boman, Liljewall arkitekter

Referensgruppen:

- Emma Larsson, Göteborgs Stad (Stadsbyggnadskontoret)
- Lisa Ekström, Göteborgs Stad (Stadsbyggnadskontoret)
- Ulf Moback, Göteborgs Stad (Stadsbyggnadskontoret)
- Dick Karlsson, Göteborgs Stad (Kretslopp och Vatten)
- Faiz Mawlayi, Skanska
- Anna Uhrbom, Älvstranden Utveckling AB
- Kerstin Konitzer, Statens Geotekniska Institut
- Susanne Fagerberg, Länsförsäkringar
- Per Mårtensson, Peab
- Nils Ekström, Liljewall arkitekter
- Selström Anders, NCC Infrastructure
- Sandberg Martin, NCC Property Development

3. ÖVERSVÄMNING IDAG OCH I FRAMTIDEN

I detta kapitel ges en kort översikt om översvämningar.

3.1. Introduktion om översvämningar

Med översvämning avses att mark som normalt inte står under vatten tillfälligt täcks med vatten. MSB har inventerat översvämningar i Sverige under åren 1901 – 2010, under vilka det inträffade knappt 200 betydande översvämningar. Den vanligaste typen av översvämning sker utmed sjöar och vattendrag och orsakas vanligen av långvarigt regn eller snösmältning. En stor del av de större översvämningarna har inträffat under den senare delen av perioden. Detta kan till viss del bero på att dokumentation om inträffade översvämningar är mer lättillgänglig men kan också indikera begynnande klimatförändringar. (MSB, 2012c)

I takt med urbanisering och förtätning har sårbarheten för översvämningar ökat men det är mycket ovanligt att översvämningar i Sverige leder till dödsfall. Vid sju tillfällen (1901 – 2010) har dödsfall inträffat vid översvämningar i Sverige vilket kan jämföras med årliga dödsfall på ungefär 5400 i världen. (MSB, 2012c)

Kunskapen om miljökonsekvenser kopplade till översvämningar är idag bristfällig men den vanligaste orsaken är spridning av föroreningar från förorenade markområden. Försämring av kvaliteten på yt- eller grundvattenförekomster och skador på dricksvattenförekomster är också relativt vanligt. Det sker bland annat genom att orenat avloppsvatten kommit ut på grund av störningar i funktionen vid reningsverk. (MSB, 2012c)

Omfattande översvämningar ger i regel betydande materiella skador och därmed ekonomiska kostnader för samhället där skador på bostäder och transportsystem hör till de vanligaste (MSB, 2012c).

3.2. Sannolikhet

Som ett mått på översvämningens risk används ofta begreppet återkomsttid, vilket avser den genomsnittliga tiden mellan två översvämningar av samma omfattning. Begreppet uttrycker en procentuell sannolikhet för att en händelse inträffar varje enskilt år. Då sannolikheten ackumuleras över tid innebär det till exempel att en 100-årshändelse har 63 % sannolikhet att inträffa under en 100 års-period. (MSB, 2017)

Vid planering måste den samlade sannolikheten (risken) värderas under byggnadens eller anläggningens livslängd. I Tabell 3-1 redovisas den samlade sannolikheten vid olika åtkomsttider och för olika planeringsperioder. Vad som är lämplig tidshorisont styrs av anläggningens/objektets livslängd och vilka förändringar i yttre förutsättningar som kan förväntas under denna tid och därmed behovet av anpassningsåtgärder. (MSB, 2017)

Tabell 3-1: Återkomsttid och sannolikhet, baserad på (MSB, 2017)

Återkomsttid	Sannolikhet under			
	10 år	20 år	50 år	100 år
10 år	65 %	88 %	99 %	100 %
20 år	40 %	64 %	92 %	99 %
50 år	18 %	33 %	64 %	87 %
100 år	10 %	18 %	39 %	63 %
500 år	2 %	4 %	10 %	18 %
1000 år	1 %	2 %	5 %	10 %

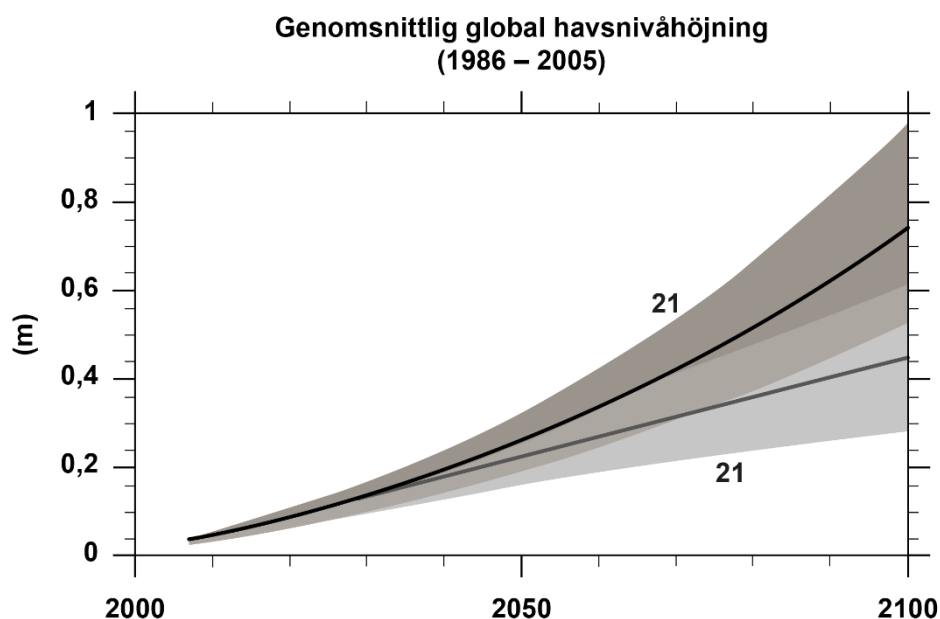
3.3. Översvämningsrisker i ett förändrat klimat

Klimatförändringarna i kombination med ökad urbanisering innebär i många fall att städer kommer behöva hantera mer vatten på mindre yta. Hela det hydrologiska kretsloppet i form av hav, nederbörd, vattendrag och grundvatten kommer att påverkas. Utvecklingen kännetecknas av ökade översvämningsrisker, ökad sårbarhet och sämre förutsättningar för robust vattenhantering. Nedan beskrivs några vanliga källor till översvämning.

Högvatten i havet och stigande havsnivåer

Kustöversvämning uppträder på låglänta strandområden då havs- eller sjöytan stiger, exempelvis till följd av kraftig vind eller då havsytan stiger permanent på grund av klimatförändringar. Den globala medelhavsnivån stiger och ökningen har de senaste decennierna accelererat på grund av avsmältning av glaciärer, havens termiska expansion och smältande glaciärer. Med stigande medelnivå i havet kommer kuster oftare drabbas av översvämningsrisker i samband med att stormar eller kraftiga lågtryck ger högvatten. Baserat på dagens kunskap finns inget underlag för att anta att högvattenförloppen kommer att ändras i framtiden men att de kommer att inträffa oftare.

Under det senaste seklet har havsnivån i genomsnitt stigit cirka två decimeter. För Sveriges del har motsvarande siffror varit mellan några centimeters minskning (norra Sverige) till några decimeters höjning (södra Sverige) på grund av skillnader i landhöjningen. Tittar man på bedömningar för höjningen på global nivå fram till år 2100 visar de på en höjning mellan ytterligare några decimeter upp till en meter beroende på vilket klimatscenario som tillämpas. (IPCC, 2015).



Figur 3-1: Scenarier för globala havsnivåhöjningar fram till år 2100 baserat på (IPCC, 2015).

Linjerna i Figur 3-1 visar utfallet för olika utsläppsscenarier där skuggningarna indikerar på osäkerheter. Skillnaden mellan utfall för olika scenarier ligger inom cirka 0,3 – 1 m. Havsnivåhöjningarna förväntas växa allt snabbare under senare delen av seklet. Scenarier kring havsnivåns utveckling bortom år 2100 är mycket osäkra (IPCC, 2015). Dagens kunskap pekar dock på en fortsatt stigande trend vilket man redan idag bör beakta då många av dagens planerings- och investeringsbeslut har livslängd bortom år 2100. Havsnivåökningen till år 2300 uppskattas ligga inom storleksordningen 2 – 5 m (IPCC, 2019).

Skyfall

Översvämningar orsakade av skyfall² sker oftast i samband med åska eller stillastående fronter under sommarmånaderna men drabbar relativt begränsade områden. Vid stora nederbörds mängder överskrids ledningssystemens kapacitet vilket gör att vatten istället rinner över markytan och därmed riskerar att orsaka översvämning. (MSB, 2017)

Till skillnad från hav och vattendrag måste risken för översvämningar orsakade av skyfall beaktas på alla platser. Risken styrs till stor del av lokala topografiska förhållanden där lågpunkter och områden långt ned i ett avrinningsområde löper större risk att drabbas. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) rekommenderar en klimatkfaktor på mellan 1.2 och 1.5, vilket innebär att regnmängden väntas öka mellan 20% till 50% för regn med återkomsttid upp till 100 år. (MSB, 2017)

Sjöar och vattendrag

Översvämningar kan också orsakas av att sjöar och vattendrag översvämmas. Stora flöden uppstår ofta vid snösmältning under våren (vårflod). Det är snötäcket vatteninnehåll som avgör smältvattenvolymer och sedan reglerar lufttemperaturen hur snabbt denna volym når vattendragen. Situationen kan förvärras både om regn faller och om marken ligger i tjäle vilket innebär att den inte kan absorbera vatten. (SMHI, 2017)

² Enligt SMHI:s definition utgör skyfall 50 mm nederbörd på en timme eller 1 mm på en minut (1 mm nederbörd motsvarar 1 liter per kvadratmeter).

Grundvatten

Grundvattenöversvämning innebär att grundvattennivån höjs i sådan omfattning att det leder till marköversvämning eller översvämning av markförlagda byggnader och anläggningar. Det kan uppstå längs ett vattendrag eller annan vattenförekomst då grundvattennivån går upp i markytan till följd av förhöjda nivåer i vattenförekomsten. Trots att grundvattenöversvämning generellt är ett utforskat fenomen har det blivit mer uppmärksammat sedan det inkluderades i det europeiska översvämningdirektivet (2007/60/EG) som antogs 2007 (Europaparlamentet, 2007).

Riskerna för grundvattenöversvämning i Sverige är begränsade och Sverige har valt att exkludera grundvattenöversvämningar ur sin tolkning av EU:s översvämningdirektiv. Det finns vissa fall med problematik kopplat till permeabla marklager i anslutning till vattendrag under perioder med hög vattenföring (Bång, 2019). Grundvattenaspekten är dock viktig att beakta vid utformning av underjordskonstruktion av översvämningsskydd. Beroende på dess utformning under mark riskerar de påverka grundvattenflödet och skapa negativa dämningseffekter.

4. ÖVERSVÄMNING I PLANPROCESSEN

Detta kapitel beaktar översvämning med avseende på planeringsaspekter, från ett övergripande plan på EU-nivå ner till hur enskilda tillståndsfrågor hanteras i planprocessen. Kapitlet inleds med en översikt om hur översvämningshot kan kartläggas i planprocessen.

4.1. Kartläggning av översvämningshot

En uppgift inom planprocessen är att bedöma markens lämplighet för exploatering, vilket bland annat innefattar att bedöma översvämningsrisk. Detta innebär att information om olika typer av översvämningsrisker behöver inhämtas. Det finns flera typer av informationskällor som kan ge vägledning om översvämningsrisker i ett specifikt geografiskt område. Tillgänglighet och detaljeringsgrad varierar dock för olika delar av landet. Några exempel på informationskällor återfinns nedan.

SMHI

SMHI har en kartbaserad webbtjänst³ som visar framtida medelvattenstånd längs Sveriges kuster. Ur översvämningsperspektiv är uppgifter om högsta förväntade havsnivåer väsentliga. Sådana uppgifter finns framtaget, såsom specifika vattenstånd för ett urval av platser.

SMHI:s har tagit fram 21 stycken länsrapporter (SMHI, 2016) där geografiskt detaljerade klimatdata tagits fram och använts för hydrologisk modellering. Rapporterna beskriver dagens och framtidens klimat baserat på observationer och beräkningar utifrån två olika utvecklingsvägar, begränsade utsläpp (RCP 4.5) respektive höga utsläpp (RCP 8.5). Rapporterna ger en överblick om förväntade länsvisa förändringar i form av temperatur, nederbörd, tillrinning, markfuktighet, vattentillgång, vattenföring med mera.

MSB

MSB arbetar i enlighet med EU:s översvämningsdirektiv (se avsnitt 4.2) med översvämningskartläggning som hittills omfattar cirka 75 vattendrag (MSB, 2019). Översvämningskarteringarna visar vattnets utbredning för flera olika flödessituationer i form av 50-årsflöde för dagens klimat, 100- och 200-årsflöde för år 2100, och högsta beräknade flöde för dagens klimat. Beräknat högsta flöde innebär att alla naturliga faktorer som bidrar till ett högt flöde samverkar, till exempel snösmältning, nederbörd, vattenmättad mark med flera (grovt uppskattat ett 10 000-årsflöde). Resultatet redovisas i kartform och finns även att ladda ned som kartsnitt i form av GIS-data.

Regionala handlingsplaner för klimatanpassning

Länsstyrelserna har tagit fram regionala handlingsplaner för klimatanpassning och i dessa kan det finnas kartläggningar av översvämningsrisk. Dessa finns att tillgå på länsstyrelsernas webbsidor⁴.

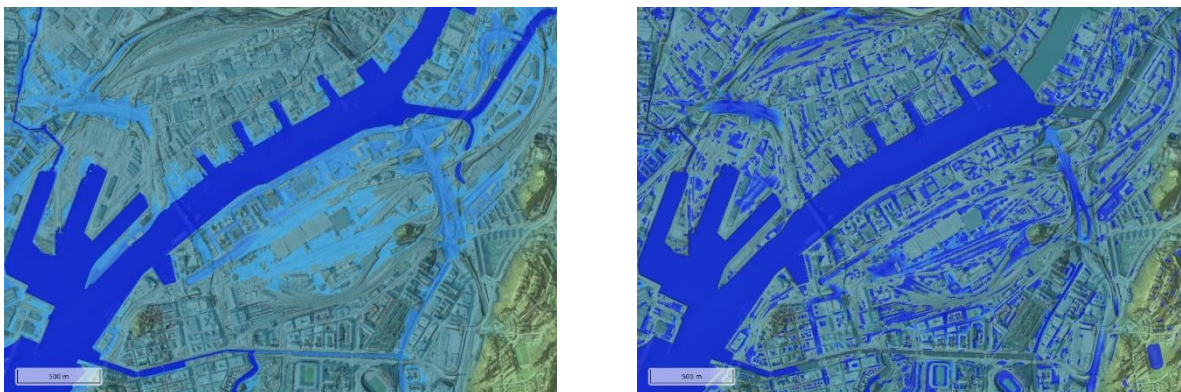
SCALGO Live

SCALGO Live är en online-baserad plattform för att visualisera risker med högt vatten och skyfall (SCALGO, 2020). Verktöget kan ge översikt över sammanlagd översvämningsrisk för en fastighet, ett projektområde eller en kommun. Kartunderlaget uppdateras kontinuerligt med de senaste uppgifterna från kommuner och andra myndigheter och mera platsspecifik riskbedömning kan ges om egna terrängmodeller/höjdmodeller används. Detta förtydligar och förbättrar översvämningsbilden på en plats som är under ständig förändring. Analysen är baserad på den nationella höjdmodellen där olika över-

³ <https://www.smhi.se/klimat/havet-och-klimatet/havsniva-1.120165>

⁴ Exempel för Västra Götaland: <https://www.lansstyrelsen.se/vastra-gotaland/tjanster/publikationer/2017/regional-handlingsplan-for-klimatanpassning-i-vastra-gotalands-lan-2018-2020.html> och Skåne <https://www.lansstyrelsen.se/skane/tjanster/publikationer/regional-handlingsplan-for-klimatanpassning-2020-2024.html>

svämningsscenarion simuleras och går därför att använda nationellt. I Figur 4-1 visas två exempelbilder på utfallet efter högt vatten (till vänster) & skyfall (till höger) vid centrala Göteborg.



Figur 4-1: Exempelbilder på utfallet efter högt vatten (till vänster) & skyfall (till höger) vid centrala Göteborg.
©Scalگو Live

Bilderna illustrerar översvämningsrisk utifrån nulägesbilden hämtat ifrån Scalگو Live. Det går även att skapa ett eget scenario där ändringar görs i terrängmodellen, till exempel för att testa placeringar av diken, skyddsvallar och byggnader för att se effekter på översvämningsrisken.

Utöver riskbedömning i bildformat kan även diagram/tabeller över nederbörd för utvalda områden skapas och exporteras från verktyget.

4.2. EU:s Översvämningsdirektiv

Övergripande inom EU finns ett översvämningsdirektiv (2007/60/EG) (Europaparlamentet, 2007) kring hur medlemsländerna ska arbeta för att minska konsekvenserna från översvämnningar. I Sverige implementeras direktivet primärt genom de statliga myndigheterna MSB och Länsstyrelserna. Arbetet genomförs i tre steg där det första handlar om att göra landsomfattande bedömning av översvämningsrisker och identifikation av geografiska områden med betydande översvämningsrisk. Nästa steg är att ta fram hot- och riskkartor. Hotkartor visar vilka översvämningsrelaterade hot ett visst område står inför. Riskkartor beskriver istället vilka verksamheter, befolkning och infrastruktur som finns inom området. I det tredje steget tas riskhanteringsplaner fram för områdena, som visar åtgärder för att hantera dessa. (MSB, 2020), (MSB, 2012a)

4.3. Plan- och bygglagen – PBL

Plan- och bygglagen (2010:900) innehåller regler för planering och byggande och omfattar översikt- och regionplanering och detaljplaner, fastighetsplaner och bygganmälan. Enligt plan- och bygglagens andra kapitel ska kommunen göra en lämplighetsprövning av översiktsplaner, detaljplaner, ansökningar om bygglov och förhandsbesked. Planläggning och prövning av lov och förhandsbesked ska syfta till att mark- och vattenområden används på det lämpligaste sättet med hänsyn till egenskaper, läge och behov. (Sveriges riksdag, 2020)

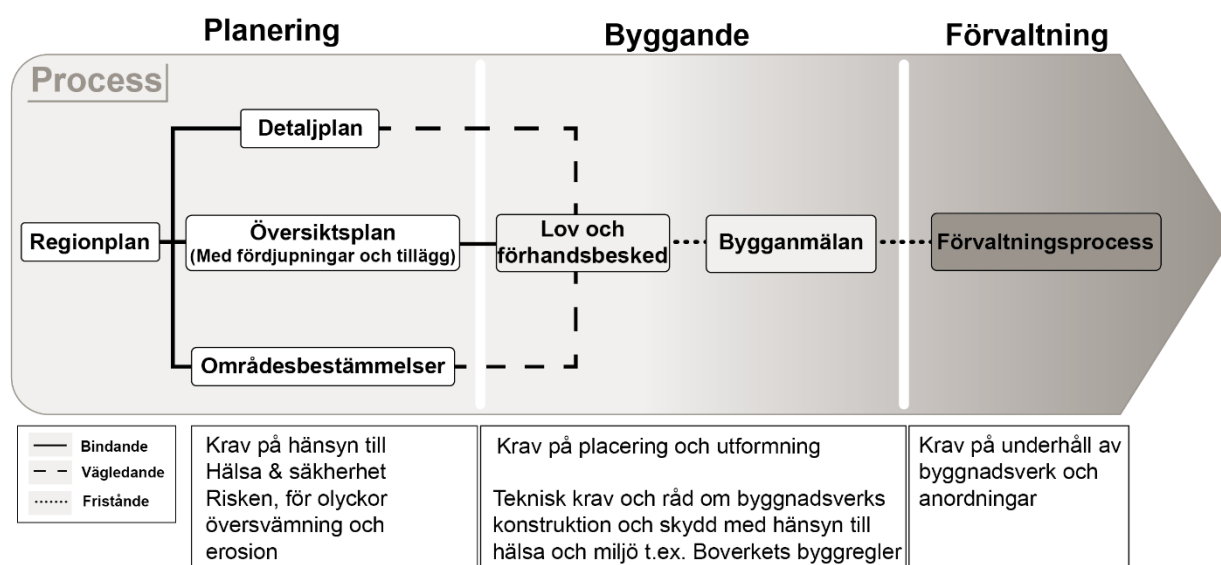
En utgångspunkt vid klimatanpassning är att byggnationer i första hand placeras på mark som är lämplig för byggande avseende höjdläge. Genom PBL kan markens höjdläge föreskrivas genom en planbestämmelse. För att en byggnation ska vara lämplig måste det (även på sikt) vara möjligt att kunna nå och lämna fastigheten även vid höga vattenstånd. I PBL och dess förarbeten och praxis saknas bestämmelser om hur höga vattenstånd som kan accepteras på kvartersmark eller allmän

plats⁵. I detaljplanen ska gränserna mellan allmänna platser, kvartersmark och vattenområden anges. (Regeringskansliet, 2017)

Genom att mark läggs ut som allmän plats får kommunen ett effektivt genomförandeverktyg som kan användas i arbetet med klimatanpassning. Kommunen är skyldig att genomföra detaljplanen senast i samband med utbyggnaden och ordna att de allmänna platserna kan användas som avsetts. På detta sätt kan nödvändiga skyddsåtgärder, till exempel i form av skyddsvallar mot höga vattenstånd anläggas. Den allmänna platsen kan även användas för dagvattenhantering. Utrymme som möjliggör anläggande av dammar kan anges. Även andra ytor kan reserveras för olika magasin och grönytor kan användas för infiltration av regnvatten. (Regeringskansliet, 2017)

Om den allmänna platsen ska användas för klimatanpassningsåtgärder och utgöra ett skydd ska det av beskrivningen av skyddet framgå att detaljplanen uppfyller de krav som ställs enligt PBL. Störst möjlighet till klimatanpassningsåtgärder bör finnas inom allmän plats där kommunen är huvudman. Ofta krävs dock skydd utanför planområde vilket inte är möjligt med nuvarande utformning av PBL. En brist i regelverket är även att det saknas möjlighet att i en detaljplan föreskriva att en viss åtgärd, till exempel skyddsvall, ska utföras vid ett senare tillfälle, samt att det i PBL saknas krav på att kommunen ska skydda den befintliga bebyggelsen mot översvämning. (Regeringskansliet, 2017). En kunskapsammansättning om PBL finns i (Boverket, 2020a).

I Figur 4-2 ges en översikt av klimatrelaterade anpassningskrav som tillämpas i PBL-processen.



Figur 4-2: PBL-systemet och de klimatrelaterade anpassningskrav som tillämpas i PBL-processen. Modifierad från (Boverket, 2009b)

4.4. Plan- och byggprocessen

Bygg- eller infrastrukturprojekt består av flera skeden och ser olika ut beroende på bland annat vem som beställer och vilken entreprenadform som används. Planprocessen är dock central i sammanhanget och syftar till att pröva om förslag för markanvändning är lämplig (se kapitel 4.3 i PBL) (Regeringskansliet, 2010). Första steget är att kommunen upprättar en översiktsplan som visar den långsiktiga visionen om hur mark- och vattenområden ska användas. I översiktsplanen bör en inrikt-

⁵ Med allmän plats avses en gata, en väg, en park, ett torg eller ett annat område som enligt en detaljplan är avsett för gemensamt behov.

ning för översvämningssanpassning i den fysiska planeringen göras. För att kunna göra detta bör ett övergripande planeringsunderlag i form av kartering av översvämningsshotade områden göras. Kartering innebär en kartläggning av var stora mängder vatten tar vägen och vilka ytor som översvämmas med utbredning, vattendjup, ytvattenflöden och flödesvägar.

Den som vill bygga ansöker om ett planbesked som antingen kräver en ny detaljplan eller påverkar en befintlig. Detaljplanen granskas så att den överensstämmer med översiktsplanens intentioner. Planförslaget ska godkännas i olika instanser i kommunen och klara av eventuella överklaganden. Länsstyrelsen granskar planförslaget (bland annat utifrån markens lämplighet) och har möjlighet att överpröva planen om det finns påtagliga brister.

Efter att planen fastställts och vunnit laga kraft startar byggprocessen med inledande planering i projekteringsskedet. Under projekteringen bedrivs förarbete med de utredningar som krävs före byggnation. Därefter sker det operativa genomförandet genom byggnationen fram till färdigställandet. När byggnationen är färdigställd tar förvaltningsskedet vid där drift och underhåll är centrala delar.

4.5. Boverkets byggregler (BBR)

I Boverkets byggregler (BBR) ställs krav på tekniska egenskaper för byggnader och andra anläggningar (Boverket, 2018). Dessa är främst funktionskrav, till exempel att fuktsäkerhet ska uppnås. Det anges inga tekniska lösningar hur det ska uppnås, vilket är upp till aktörerna i byggprocessen att utforma. Vatten- och klimatrelaterade förutsättningar som behöver beaktas vid projektering är främst:

- Maximal nederbörd per tidsenhet.
- Maximal snölast för viss återkomsttid
- Nederbördsmängder
- Vattenstånd i hav, sjöar och vattendrag
- Grundvattennivåer
- Vindhastighet och vindriktning
- Maximal vindhastighet för en viss tidsperiod
- Relativ luftfuktighet

Konstruktionens utformning måste ta hänsyn till klimatförutsättningar för den aktuella platsen under förväntad brukstid. Byggreglerna har tidigare fokuserat på hälsa och säkerhet men nu börjar även andra aspekter att lyftas, bland annat kring miljö och klimat (Boverket, 2016). Reglerna har också baserats på tidigare händelser gällande översvämningar och har inte anpassats till ett framtida klimat. Osäkerheter kring framtida klimatförändringar ställer krav på ökad flexibilitet för denna typ av regelverk så att de anpassas då kunskapsläget förändras.

4.6. Boverkets rekommendationer om risknivåer

Klimatanpassningsfrågorna är svåra att hantera i stadsplaneringen på grund av stora osäkerheter, enorma konsekvenser och ofta extrema kostnader. Detta gör det svårt att ta höjd för osäkerheter som till exempel havsnivåhöjningen i den tidshorisont som brukar tillämpas i stadsplaneringsperspektiv, vilket ofta är 50 – 100 år. Det innebär att klimatanpassningsfrågorna har en särställning när det gäller riskhantering jämfört med andra samhällsrisker såsom farligt gods, vägtrafikolyckor, riskklassade anläggningar med flera. (Boverket, 2020b)

Boverket anger att det utifrån dagens kunskapsläge inte är rimligt att all fysisk planering idag ska ta höjd för de värsta scenarierna gällande havsnivåhöjning (Boverket, 2018). Till skillnad från andra risker medger de långa tidsförloppen, som är förknippade med klimatförändringar, att det är möjligt att följa utvecklingen och tillämpa ett adaptivt förhållningssätt. Risken är dock att stadsutvecklingen inte tar höjd för de kostnader som kan bli verklighet om ett utökat skydd måste upprättas eller i värsta fall att tekniska skydd inte är möjliga/ekonomiskt rimliga.

I Tabell 4-1 redovisas Boverkets rekommendationer gällande sannolikheter för översvämningshändelser för olika typer av bebyggelse.

Tabell 4-1. Rekommenderade sannolikheter för olika översvämningstyper och bebyggelse (Boverket, 2020b)

Konsekvensklass	Årlig sannolikhet för översvämning	
	Sjöar och vattendrag	Skyfall
Ny sammanhållen bebyggelse och samhällsviktig verksamhet	Beräknad högsta nivå/Beräknat högsta flöde (BHF 1 / 10 000 år)	<1/100 år
Samhällsfunktioner och bebyggelse av mindre vikt	<1/200 år	<1/100 år
Enklare byggnader, garage, uthus	-	-

4.7. Översvämningssanpassning via planbestämmelser

Som PBL är skriven är det idag inte möjligt att ha planbestämmelser som medger ovan nämnda adaptiva förhållningssätt. Bland annat för att planens genomförandetid ofta utgått innan skydden behöver byggas och för att det är svårt att visa att skydden verkligen kommer att genomföras när de väl behövs. Detta skapar problem då det i princip måste vara säkerställt att skydden kommer att vara på plats när de behövs då Länsstyrelsen granskar planen. Boverket har i sin vägledning ändå bedömt att det i vissa fall kan gå att beakta framtida skyddsåtgärder vid bedömning av översvämningssrisker i en plan (Boverket, 2018). Detta kan nog ses som ett uttryck för att hantera dagens ofullkomliga lagstiftning.

Boverkets rekommendation (Boverket, 2018) säger att:

Om framtida skyddsåtgärder utanför planområdet krävs för att en bebyggelse ska anses lämplig måste det ställas mycket höga krav på kommunen att visa att skydden kommer att uppföras. Det krävs således att kommunen utreder och kan visa att skydden är genomförbara ur tekniskt, ekonomiskt och juridiskt perspektiv. För att bedöma översvämningssrisken vid tillsynen måste länsstyrelsen i dessa fall bedöma hur sannolikt det är att skydden verkligen kommer att uppföras i framtiden. Aspekter som kan påverka hur sannolikt det är att skydden kommer att uppföras kan exempelvis vara att kommunen själv äger stora värden i området som är beroende av skydd eller att det i området redan idag finns stora allmänna värden som är beroende av skydd. Att kommunen har rådighet över marken för de framtida skydden och att det finns tydliga politiska ställningstaganden från kommunfullmäktige kan också vara viktiga aspekter att beakta för att bedöma att skydden med stor sannolikhet kommer att uppföras. Avsikten att uppföra skydden bör komma till uttryck i kommunens översiktsplan vilket ger stöd för att frågan kommer att hanteras fortsättningsvis i PBL-processen.

Det är inte lämpligt att med planbestämmelser binda upp eller förbjuda användandet av viss teknik eller visst tekniskt utförande. Det sker ständigt teknisk utveckling. Inom en snar framtid kan det mycket väl finnas lämpligare tekniska lösningar för att tillgodose ett visst krav. I vissa situationer kan det vara bättre att formulera en bestämmelse med krav på att viss funktion ska uppnås.

En bestämmelse som exempelvis endast anger "översvämningsskydd" innebär en rätt att uppföra ett skydd inom egenskapsområdet men innebär inget tvång. För att säkerställa skyddets funktion kan till

exempel dess utsträckning, placering och höjdsättning anges. För att kommunen ska kunna säkerställa genomförandet av en bestämmelse måste den antingen kopplas till en bestämmelse med villkor för lov eller startbesked eller placeras på allmän plats med kommunalt huvudmannaskap.

Efter genomförandetidens utgång fortsätter detaljplaner att gälla tills de upphävs, ändras eller ersätts. Eftersom lov vanligen inte får beviljas i strid mot detaljplan, riskerar alltför detaljerade bestämmelser skapa problem på sikt. Därför brukar flexibla planer förespråkas i planeringssammanhang, men det är oftast inte lämpligt när det gäller planläggning i lägen där det finns en risk för olyckor, översvämning eller erosion eller där hälso- och säkerhetsaspekterna är särskilt aktuella. Flexibla planer kan exempelvis innebära att byggnadernas placering, utformning och utförande inte är reglerat. I riskutsatta lägen är det normalt inte lämpligt eller ens möjligt, att jobba med flexibla planer. I dessa lägen krävs ofta en viss typ av bebyggelse för att göra marken lämplig för användningen och detta måste säkerställas genom regleringar i detaljplanen. Detaljplaner i riskutsatta lägen kan därför inte vara mer flexibla än vad den aktuella risken tillåter. (Boverket, 2019a)

4.8. Tillståndsfrågor

Anpassningsåtgärder mot översvämningar innebär ofta ingrepp i den fysiska miljö som omfattas av miljöbalkens regelverk om vattenverksamhet.

Vattenverksamhet

Byggande i ett vattenområde såsom dammar, vägbankar, broar/bropelare, bryggor, pirar med mera utgör vattenverksamhet och kräver tillstånd enligt miljöbalkens kapitel 11. Med vattenområde avses områden som ligger under ”högsta förutsebara vattenstånd”, vanligen definierad som dagens 100-årshändelse. Detta innebär att många anpassningsåtgärder kräver tillstånd vilket i regel innebär en omfattande prövningsprocess i en Mark- och miljödomstol, något som kan ta 1 – 2 år. Det finns dock vissa förutsättningar som medger undantag, vilka kan godkännas via en anmälan till Länsstyrelse. (Naturvårdsverket, 2008)

Att anlägga åtgärder för skydd mot framtida vattenstånd som överstiger dagens 100-årshändelse är i dagläget inte att betrakta som vattenverksamhet. Dock kan det falla under begreppet markavvattning vilket också är en verksamhet som regleras i miljöbalken. Vidare omfattas inte ytavrinning i samband med skyfall av begreppet vattenområde såvida det inte sker i ett vattendrag och därmed ligger inom ”högsta förutsebara vattenstånd”. (Naturvårdsverket, 2008)

Den som vill utföra en vattenverksamhet måste förfoga (ha rådighet) över vattnet inom det område där verksamheten ska bedrivas. Rådighet är en processförutsättning för att söka tillstånd till vattenverksamhet. Rådighet innebär att man antingen äger det område som ansökan avser eller har obegränsad servitutsrätt eller tomträtt. Även en tidsbegränsad rådighet, exempelvis genom avtal, kan vara tillräcklig i vissa fall om tillståndet också tidsbegränsas. (Naturvårdsverket, 2008)

Markavvattning

Definitionen av markavvattning är enligt miljöbalken:

Åtgärder som utförs för att avvattna mark, när det inte är fråga om avledande av avloppsvatten, eller som utförs för att sänka eller tappa ur ett vattenområde eller för att skydda mot vatten, när syftet med åtgärden är att varaktigt öka en fastighets lämplighet för något visst ändamål (markavvattning).

Markavvattning utförs för att avlägsna vatten eller för att skydda mot vatten. Exempel på åtgärder för att skydda mot vatten är vattenavledning och invallning mot återkommande översvämningar. Markavvattning avser åtgärder som varaktigt ökar markens lämplighet för sitt ändamål. Detta innebär att

tillfälliga skydd under en översvämning inte är markavvattning. En bestående vall för att skydda mot framtida översvämningar är dock tillståndspliktig markavvattning. (Naturvårdsverket, 2008)

Ansökan om tillstånd till markavvattning prövas normalt av Länsstyrelsen. För markavvattningar är Mark- och miljödomstolen tillståndsmyndighet bara när det blir aktuellt att pröva frågor om att fler än sökanden ska delta i markavvattningsföretaget, om ersättningar eller om särskilda tvångsrätter. En ansökan om markavvattning ska alltid ges till Länsstyrelsen som sedan överlämnar ärendet till Mark- och miljödomstolen i dessa fall. Inom stora delar av södra Sverige är dock markavvattning förbjuden. För att få vidta en tillståndspliktig verksamhet krävs att det finns förutsättningar för dispens vilket prövas av Länsstyrelsen och först därefter kan verksamhetsutövaren söka tillstånd. (Naturvårdsverket, 2008)

Regelverket kring markavvattning är krångligt och föråldrat och har vid strikt tolkning stor inverkan på möjligheterna att vidta permanenta anpassningsåtgärder mot översvämningar. På sikt kommer vattenlagstiftningen behöva anpassas för att bättre möjliggöra hantering av klimatförändringar. Detta då dagens utformning förutsätter statiska och inte föränderliga förutsättningar.

4.9. Räddningstjänstaspekter i planprocessen

Kommunerna ansvarar via stadsbyggnadskontor eller motsvarande för planläggning och beviljande av bygglov. Räddningstjänst medverkar ofta som en remissinstans i den kommunala plan- och byggprocessen för att bevaka att kraven gällande brandsäkerhet och framkomlighet till bebyggelse tillgodoses. Framkomligheten bedöms då utifrån normala förhållanden.

Detaljerade krav på säker framkomlighet med avseende på översvämning finns inte specificerade från svenska myndigheter på nationell nivå och blir därmed sällan föremål för detaljerad granskning. Inte sällan saknas också ordentliga underlag för hur en översvämning kan hota det planerade området. Generella framkomlighetskrav vid översvämning kan dock regleras av kommunerna genom föreskrifter eller riktlinjer, till exempel i tematiska tillägg till översiktsplaner.

Länsstyrelsen har en roll att granska att åtgärderna i planeringen är tillräckliga. Krav på framkomlighet till byggnader och samhällsviktig verksamhet under en översvämningssituation kan orsaka stora utmaningar. I de rättsfall som finns är det just framkomligheten som har utgjort skäl för att underkänna detaljplaner med avseende på översvämningssrisker.

Vi utformning av skyddsåtgärder som påverkar åtkomlighet till byggnad (såsom invallningar eller barriärer) gäller att dessa måste utformas så att räddningstjänst har tillgänglighet inom 50 meter ifrån byggnaden. Detta krav är kopplat till brandsäkerhet i Boverkets Byggregler (BBR). Vidare gäller att uppställningsplats för räddningsfordon normalt ska vara lokaliserade max 75 meter ifrån brandpost. Om byggnaden har uppförts på ett sådant sätt att räddningstjänsten krävs för att assistera en utrymning krävs också tillgänglighet för maskinstege och/eller bärbara stegar. För vägar som ska säkra framkomlighet för räddningstjänst krävs bärighet för tunga fordon samt vissa krav på bredd, lutning och kurvradier. Vägar och uppställningsplatser bör också vara markerade/skyltade så att de är möjliga att följa vid en översvämningssituation.

Räddningstjänstens brandbilar utgör i princip en ombyggd lastbil och det finns inga särskilda framkomlighetskrav som ställs vid upphandling av fordon. En brandbil ska enligt tillfrågade tillverkare klara ett vattendjup på cirka 4 decimeter då känsliga delar kopplat till katalysatorer och avgassystem inte kan garanteras klara vatteninträngning. För att säkra framkomlighet under en översvämningssituation krävs ett lägre djup för att inte lutningar ska sänka känsliga delar på fordonet under vattenytan, ge en rimlig chans att upptäcka hinder som annars kan äventyra säkerheten vid framförandet av fordonet eller för att strömmande vatten inte ska ge farliga sidokrafter. Exempelvis rekommenderar Räddningstjänsten Storgöteborg att vattendjup mellan 2 och 4 decimeter behöver granskas särskilt och minimeras

i omfattning. Vid alla vattensamlingar gäller att fordon endast kan framföras mycket långsamt varför en längre vägsträcka med vatten, till exempel i det allmänna gatunätet, väsentligt kan fördröja samhällets insats. Det går heller inte för räddningstjänsten att arbeta och verka i vattenmassor på samma sätt som vid ordinarie räddningsinsatser. Till exempel kan det bli problem med uppställning av höjdfordon med stödben som maskinstege. Räddningstjänsten ser gärna att mark för uppställningsytor har erforderliga höjder och markeras i detaljplan för att funktionen säkras över tid. (Gillesén, 2020)

5. TEKNISKA KRAV OCH RIKTLINJER

I detta kapitel behandlas ett urval av tekniska krav och riktlinjer som kan påverka plan- och byggprocessen.

5.1. Anpassning till klimatförändringar - ISO 14090:90

I en nyutkommen internationell standard, ISO 14090:90, specificeras principer, krav och riktlinjer för anpassning till klimatförändringar (ISO, 2019). Standarden tar ett helhetsgrepp kring anpassning till klimatförändringar. Det bedöms att standarden till mycket stor del kan appliceras på anpassning för översvämningar eftersom det är en effekt av klimatförändringarna. Standarden utgör ett underlag för hur anpassning kan göras på ett strukturerat och genomtänkt sätt inom organisationer.

Dokumentet beskriver hur anpassningen kan integreras i en organisation till dess processer och policys. Att implementera standarden kan öka förståelsen av climateffekter och dess osäkerheter samt leda till att mer välgrundade beslut tas. Omfattningen är såväl ekonomiska-, sociala- som miljömässiga aspekter. En viktig aspekt är att organisationen har en plan för anpassning till klimatförändringar. Som underlag till denna är det viktigt att undersöka hur dess aktiviteter, produkter och tjänster kan komma att påverkas av klimatförändringar. I kartläggningen kan både risker och möjligheter identifieras. För riskerna beaktas dels organisationens sårbarheter och exponering för climateffekter men även sannolikheter samt konsekvenser. Möjligheterna kan innefatta nya produkter, marknader och ökad innovation.

En viktig del som tas upp inom standarden är att osäkerheter beaktas för hur climateffekter kan påverka organisationen. Metoder som kan användas i detta arbete är bland annat multikriterieanalys (MKA), vilket beskrivs ytterligare i kapitel 12. I planen för anpassning bör det ingå att beskriva lämpliga kostnadseffektiva åtgärder för att minska effekter på organisationen. Det är samtidigt viktigt att beskriva den acceptabla risknivån som åtgärderna anpassas för.

5.2. Trafikverket

Trafikverket anger att planering för framtida klimat ska ske utifrån ett medelvärde av klimatprojektioner baserade på klimatscenariot RCP 4.5 som utgångspunkt för indata. Detta då man bedömer att scenariot bäst motsvarar 2-gradersmålet i Parisavtalet (Liljegren, E., 2018). Samtidigt rekommenderas att osäkerhet om framtida havsnivåhöjning kompenseras genom att utgå ifrån klimatscenario RCP 8.5 vilket ger marginal gällande framtida nivåer.

Trafikverkets etablerade arbetssätt för riskanalys, behovsanalys, livscykelanalys och fyrstegsprincipen⁶ ska användas vid värdering av anpassningsåtgärder. Om konsekvenserna blir samhällsekonomiskt mycket stora eller riskerna för människors liv och hälsa blir höga krävs stora säkerhetsmarginaler. I avsnitt 5.4 redovisas vilka tekniska krav som mer i detalj tillämpas av Trafikverket vid dimensionering av geokonstruktioner.

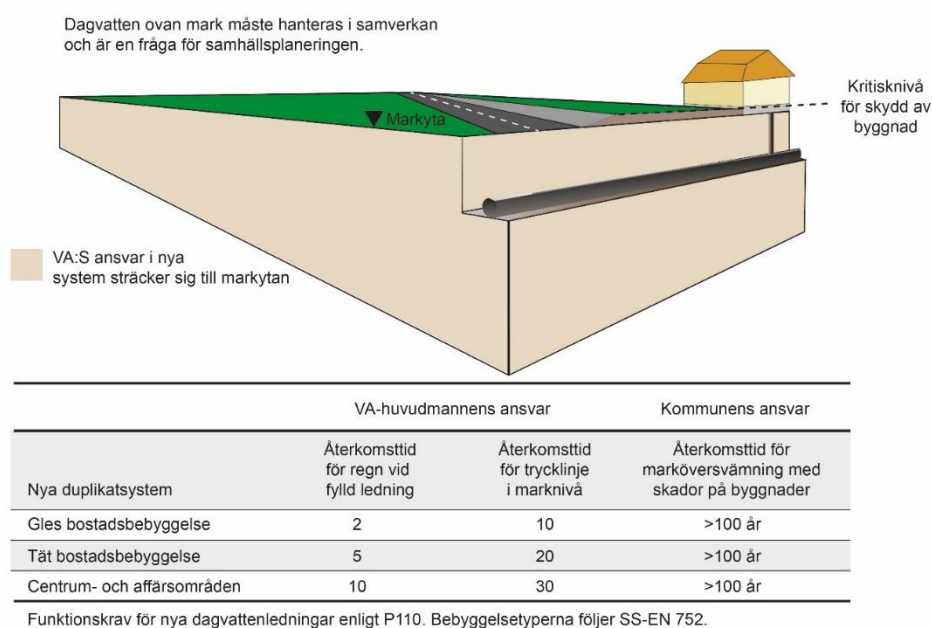
5.3. Dimensioneringsnormer – Svenskt Vatten

Vid detaljplanläggning behöver kommunen visa hur dagvattenhanteringen ska ske. Beroende på typ av område som ska planeras och vart det är beläget kan olika krav ställas. Den övergripande lägsta säkerhetsnivån för skador på nya byggnader är en återkomsttid på minst 100 år (Svenskt Vatten, 2019). Dagvattensystemet vid nyplanering ska dimensioneras för minimikrav på återkomsttider som visas i Figur 5-1. De valda dimensionerande regnen ska ökas med en klimatfaktor för att klimatanpassas. Är

⁶ <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/fyrstegsprincipen/>

dagvattnet ett problem som behöver lösas för att marken ska anses vara lämplig ska kommunen kunna visa att ett genomförande av detaljplanen klarar av att lösa problemet (Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 2016).

Svenskt Vatten anger i publikation P110 (Svenskt Vatten, 2019) att en klimatfaktor för ökad nederbördsmängd och nederbördsintensitet ska användas vid dimensionering av avvattningsanläggningar. Klimatfaktorerna storlek bör baseras på det senaste kunskapsläget presenterat av SMHI. I publikationen ges en rekommendation baserat på kunskapsläget i december 2015 som innebär en klimatfaktor på minst 1,25 för nederbörd med kortare varaktighet än en timme. För regn med längre varaktighet, upp till ett dygn, bör klimatfaktorn väljas till minst 1,2. Klimatfaktorn är samma för hela Sverige.



Figur 5-1: Tabell och illustration över minimikrav på återkomsttider för regn vid dimensionering av nya dagvattenanläggningar. (Svenskt Vatten, 2019)

5.4. Dimensioneringsnormer för geokonstruktioner

Geokonstruktioner ska dimensioneras i brott- och bruksgränstillstånd enligt EU-normer angivna i Eurokod⁷ samt tillhörande svenska föreskrifter. I Eurokod anges vilka laster och lastkombinationer som ska användas vid dimensionering av anläggningskonstruktioner. För vissa klimatlaster finns inga exakta mått, exempelvis för ytvatten- och grundvattentryck, utan det krävs statistiska analyser av klimatdata för att få ett dimensionerande värde för dessa. Som underlag för implementering av de geotekniska delarna av europastandarderna till svenska förhållanden finns ett antal så kallade tillämpningsdokument framtagna av IEG (se <http://www.sgf.net>).

Vid utformning av geokonstruktioner behöver hänsyn tas till risken att klimatförhållanden under anläggningens livslängd förändras. Översvämningar innebär att vattnets nivå, tryck, flöde och hastighet påverkas och att lastförhållanden förändras exempelvis i form av upptryck, mothållande och pådrivande last, strömtryck och som eroderande krafter genom strömmande vatten i vattendrag och vågver-

⁷ Eurokoderna tas fram på uppdrag av Europeiska kommissionen och Europeiska frihandelssammanslutningen (Efta) och utgör europagemensamma dimensioneringsregler för bärverk till byggnader och anläggningar (byggnadsverk), så som broar och hus.

kan. Nederbörd ingår inte som last i Eurokodsyste­met och där finns inte heller uppgifter om nederbörds­mängder med olika återkomsttid.

I vare sig Eurokod, Trafikverkets regelverk eller Boverkets konstruktionsregler finns angivet hur ett framtida klimat bör beaktas vid dimensionering i form av klimatfaktorer. (Rankka W., 2019)

5.5. Högvattenskydd och dammsäkerhetsaspekter (RIDAS)

I takt med stigande vattennivåer kan högvattenskydd komma att övergå från att skydda mot tillfälligt höga vattennivåer till skydd mot permanent högre vattennivåer. Detta innebär en förändrad funktion från högvattenskydd till dammkonstruktion. I den statliga utredningen ”Dammsäkerhet – Tydliga regler och effektiv tillsyn”, SOU 2012:46 (Regeringskansliet, 2012), definieras damm som *en vattenanläggning vars syfte är att innehålla eller utestänga vatten eller blandningar av vatten och annat material*.

För dammar finns riktlinjer och krav kopplat till konstruktion, drift och tillståndskontroll framtagna av kraftindustrin i Sverige benämnda RIDAS (Svenska Kraftnät, 2013).

Ett grundläggande begrepp i RIDAS är konsekvensklassificering. Kraven i riktlinjerna hänför sig till dammbyggnadens konsekvensklass där konsekvenserna av ett dammbrott värderas. I RIDAS finns fyra konsekvensklasser, 1+, 1, 2 och 3 där dammar med störst konsekvens i händelse av dammbrott tillhör klass 1+. Dammens konsekvensklass avgör vilka dammsäkerhetskrav som ska uppfyllas.

God dammsäkerhet omfattar följande tre komponenter:

- Säker dammkonstruktion.
- Säkert handhavande (drift och tillståndskontroll).
- Beredskap för dammbrott och allvarliga problem.

Dammägarna har enligt miljöbalken och lagen om skydd mot olyckor ett mycket långt gående ansvar. I regel är det dammägaren, som ska utarbeta och följa rutiner för egenkontroll samt att undersöka och bedöma riskerna med verksamheten från hälso- och miljösynpunkt. Dammägaren ska så länge det inte kan anses orimligt vidta de åtgärder som behövs för att undvika skador. Vid ett dammbrott är dammägaren strikt ansvarig för konsekvenserna av detta.

Länsstyrelserna är vanligen tillsynsmyndighet för vattenverksamheter och dammsäkerhet samt kommunernas efterlevnad av lagen om skydd mot olyckor.

Kommunerna har ansvar för tillsyn av dammägarnas beredskap för dammbrott vid dammar som utgör farlig verksamhet enligt lagen om skydd mot olyckor. Kommunerna ansvarar också för planering och utövande av olycksförebyggande verksamhet och räddningstjänst, för till exempel dammbrott.

Svenska Kraftnät har myndighetsroll för dammsäkerhet ska verka för att främja dammsäkerheten i landet, följa klimatförändringarnas påverkan, förebygga skador till följd av höga flöden och uppmärksamma behovet av forskning.

5.6. Internationella byggnormer kopplat till översvämningsanpassning

Den brittiska standarden (BSI Standards Publication, 2015) avser nya byggnader, utbyggnad och ombyggnad av befintliga fastigheter. Standarden främjar inte utveckling i områden med översvämningsrisk utan ger vägledning för att minska konsekvenser för byggnader i riskområden. Den ger rekommendationer och vägledning om hur byggnaders motståndskraft kan förbättras för att minska effekterna av översvämnningar. Det till exempel genom att använda lämpliga materialval och anpassade konstruktionsdetaljer.

Vägledningen ger:

- Rekommendationer för anpassning av motståndskraftiga och översvämningsanpassade konstruktionslösningar, samt när man bör tillämpa torra respektive våta lösningar.
- Vägledning om utformning och specifikation av olika typer av anpassningsåtgärder för nya byggnader, utbyggnader och anpassning av befintliga byggnader.

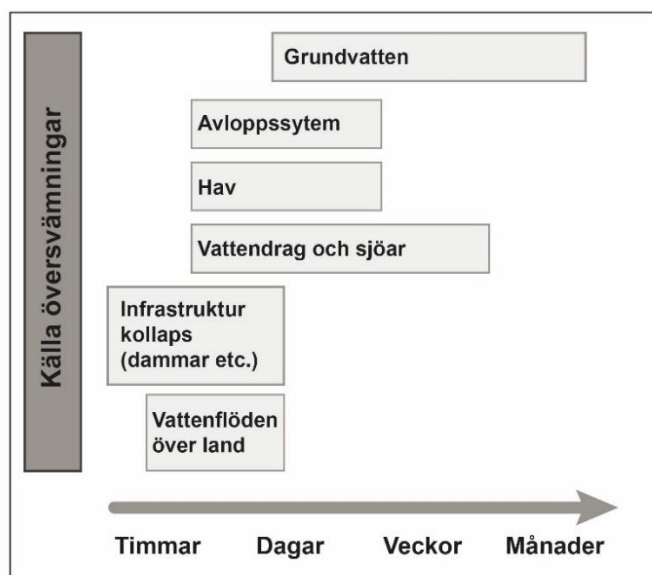
Vägledningen omfattar konstruktionstyper av typen murverk, lättvikts-stålkonstruktioner och timmerstommar.

Europeiska standarder om hållbara byggnader (exempelvis EN 16309:2014) omfattar byggnaders motståndskraft mot klimatförändringar på grund av ökad intensitet och frekvens av till exempel hårda vindar, snö, regn, översvämning, solinstrålning, kyla och värme. Parametrarna beräknas utifrån byggnadens livslängd och förväntat lokalt klimat baserat på accepterade klimatscenarier och ska visa vilka konfidensintervall som gäller (Boverket, 2016).

6. ÖVERSVÄMNINGSSKADOR

Globalt är översvämningar en av de naturkatastrofer som årligen orsakar flest dödsoffer och störst ekonomisk skada (SMHI, 2017).

Konsekvensen av en översvämning styrs till stor del av hur länge den pågår (varaktigheten). Denna beror på vilken översvämningstyp det handlar om. I Figur 6-1 visas en schematisk bild över varaktighet för olika källor till översvämningar. Varaktigheten är en viktig parameter vid utformning av strategier och åtgärder för översvämningssanpassning.



Figur 6-1: Varaktighet för olika typer av översvämningar. Modifierad från (BSI Standards Publication, 2015)

I detta kapitel ges en övergripande beskrivning av översvämningsskador och konsekvenser som kan uppstå.

6.1. Byggnadskonstruktioners sårbarhet

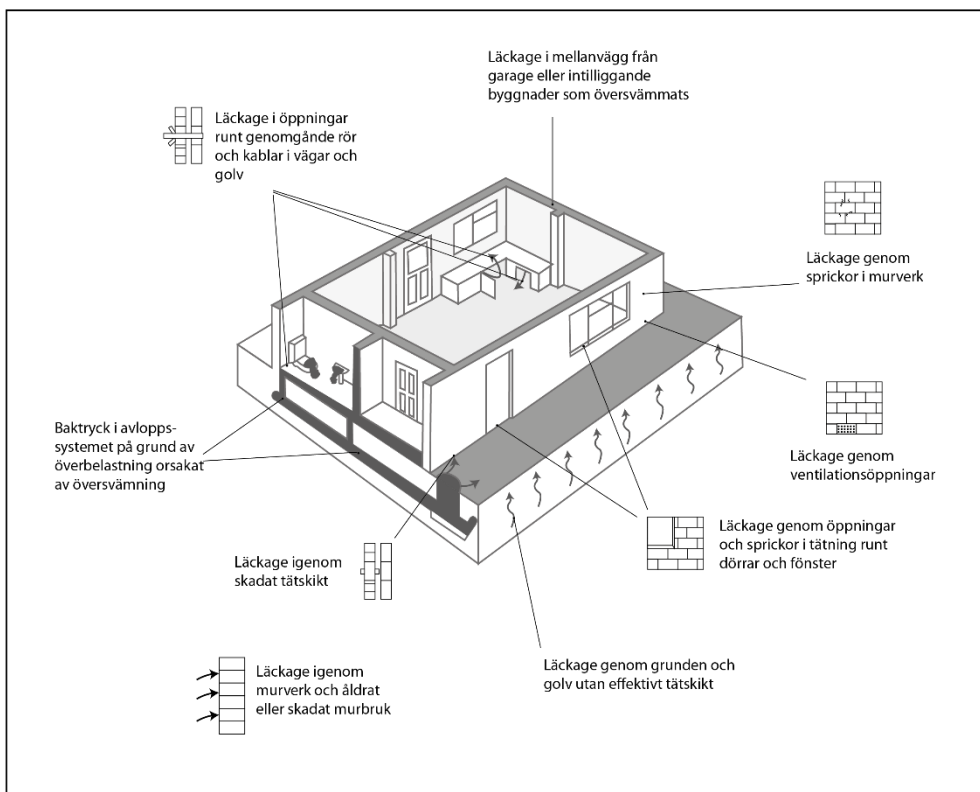
Bygg- och anläggningsbranschen tillämpar oftast historiskt beprövad erfarenhet och teknik. Det råder osäkerhet om sådana beprövade lösningar och metoder påverkas av de nya förutsättningar som klimatförändringarna för med sig. Redan vid dagens förhållanden behövs väsentligt bättre kunskap om säkerhetsmarginaler mot fel med avseende på fuktsäkerhet, energibehov, geotekniska förhållanden, beständighet och underhållsmetoder. Klimatförändringarna understryker behovet av riskorienterad forskning inom dessa områden. (Lagerqvist & Olofsson, 2010)

Byggnaders sårbarhet beror på kombinationen av byggnadens egenskaper och översvämningssrisker. Byggnation i översvämningsshotade områden kräver därför särskild hänsyn vid utformning av byggnadskonstruktioner och val av byggnadsmaterial.

Sårbarheten styrs främst av:

- Direkt påverkan på material, komponenter och byggnadselement genom att orsaka bestående förändring av form och egenskaper.
- Direkt strukturell skada på byggkonstruktion orsakad av vattendjup, varaktighet eller strömhastighet inklusive kontaktskador orsakade av flytande föremål eller underminering.
- Översvämning eller vattenmättnad av material som inte är praktiskt möjliga att torka på plats.
- Tillfällig förorening av inre eller yttre ytor såsom hålrum i väggar och golv.
- Indirekt sekundär skada såsom mögel, bakteriell påväxt och svampangrepp eller andra problem orsakade av hög fukthalt.

Det finns flertalet internationella publikationer som i detalj beskriver sårbarheter mot översvämningar för olika typer av material och byggnadskomponenter, se till exempel (BSI Standards Publication, 2015), (Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, 2006). I Figur 6-2 illustreras en byggnads sårbarhet för översvämning.

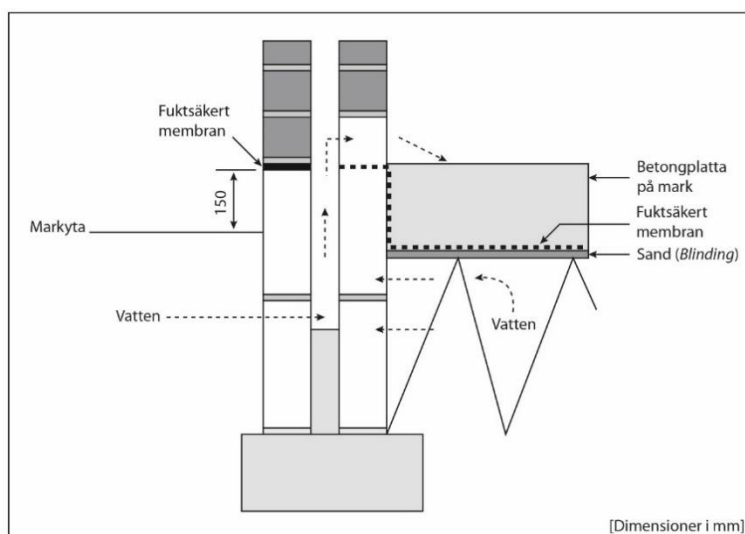


Figur 6-2: Möjliga flödesvägar in i byggnad vid översvämning. Figuren är modifierad från (BSI Standards Publication, 2015)

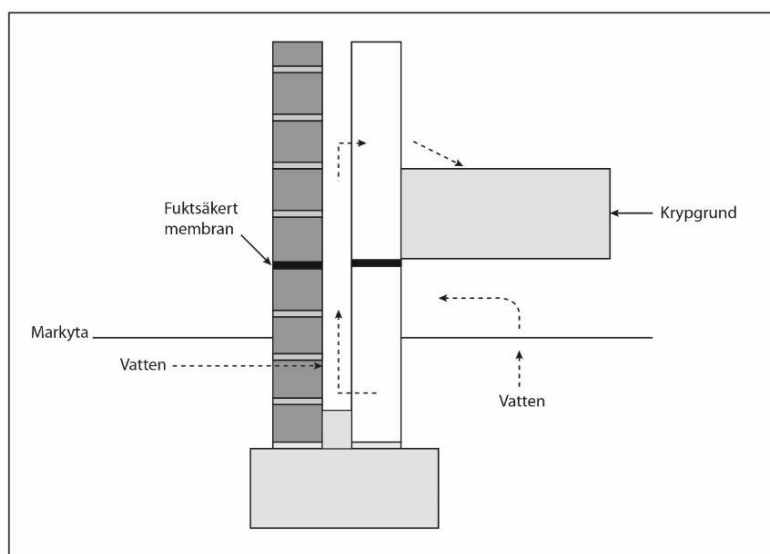
Grundläggning

Byggnaders grundläggning utgörs oftast av konstruktioner av betong, tegel och stål som vanligen inte påverkas av översvämning. Strömmande vatten kan dock innebära erosion som kan påverka grundläggningens stabilitet och sättningssäkerhet.

I Figur 6-3 och Figur 6-4 illustreras möjliga vägar för vatteninträngning för olika grundläggningskonstruktioner (platta på mark respektive flytande golv/förhöjt bjälklag).



Figur 6-3: Vatteninträngning via mark för markförlagd konstruktion (platta på mark). Figuren är modifierad från (BSI Standards Publication, 2015)



Figur 6-4: Vatteninträngning via mark för en krypgrund. Figuren är modifierad från (BSI Standards Publication, 2015)

6.2. Mögel och bakterier

I byggnadskonstruktioner finns ett stort antal platser där mögel kan växa om fuktigheten är hög. Mögeltillväxt kan ske om den relativa luftfuktigheten överstiger cirka 75% eller motsvarande cirka 20% fuktkvot i trä. Generellt kan det sägas att ju fuktigare ett organiskt material är desto större är risken för påväxt. Mögel och påväxt kan ske väldigt snabbt efter en översvämning (dagar) på grund av kondensation och hög fukthalt i byggnadsmaterial. (Property Care Organisation, 2013)

För tillväxt av mögel krävs:

- Relativ fuktighet (RF) över 75 %. Risken ökar i takt med ökad luftfuktighet.
- Temperatur mellan -5°C och +55°C. Optimal temperatur för mögelsvampar är 20°C – 30°C
- Näring i form av organiskt material.
- Syre
- Mögelsporer

Mögeltillväxt kan framförallt ske på cellulosebaserade material såsom trä, men beroende på fukt- och temperaturförhållanden samt tillgång på organiskt material exempelvis i form av smuts kan även andra byggnadsmaterial drabbas av påväxt, såsom gipsskivor, isoleringsmaterial och betong. (Svenskt Trä, 2018)

För att avgöra möjligheten för mikrobiell påväxt används begreppet kritiskt fukttillstånd. Information om byggmaterialets kritiska fukttillstånd kan fås från materialleverantören och i annat fall kan en generell relativ fuktighet (RF) på 75% användas. En metod för bestämning av kritiskt fukttillstånd finns i rapporten "Bestämning av kritiskt fukttillstånd för påväxt av mögel på byggnadsmaterial". (Boverket, 2014)

Om en byggnad drabbas av mögel eller rötskador är det alltid ett tecken på en bakomliggande fuktproblematik. Ju bättre förutsättningar som ges desto snabbare sker påväxten. Det innebär till exempel att en översvämning i en källare under en varm sommar kan orsaka mögelpåväxt inom något dygn. (Svenskt Trä, 2018)

Mögelangrepp kan kännas igen genom ytliga mörka fläckar, men kan även vara ofärgade vilket gör den svår att upptäcka med blotta ögat. De kan dessutom ge en besvärade lukt från de lättflyktiga organiska kolväten som mögelsvamparna avger, vars intensitet beror på samma ovan nämnda förutsättningar. (Svenskt Trä, 2018) Vid riktigt höga fuktnivåer (>95% RF) finns det förutsättningar för annan bakterietillväxt vilket ökar risken för lukt ytterligare (Sikander & Svennberg, 2016). Det kan vara svårt att avgöra om lukten härrör från mikrobiell skada, varför en fackman med erfarenheter av fukt- och mögelskador bör kontaktas om misstanke uppstår till följd av översvämning. (Svenskt Trä, 2018)

6.3. Sanering och återställning

Återställningsarbete innebär att avfukta eller torka byggnadsmaterial. Torkning innebär att på olika sätt tillföra energi för att omvandla vatten till vattenånga som sedan kan ledas ut ur byggnaden. Metoder för avfuktning/torkning innefattar luftavfuktning, värme eller ventilation men vanligen tillämpas en kombination av dessa. Tiden för avfuktning/uttorkning avgörs av mängden tillförd energi och/eller möjligheten till bortledning av vattenånga vilket bland annat styrs av årstid och klimat.

För att bedöma när en saneringsinsats kan avslutas utifrån ”fukthalt”, handlar det om att avgöra när en byggnad är lämplig för att åter tas i bruk eller möjliggöra reparation. Ett sådant beslut bygger på bedömning av:

- När fukthalten av en byggnad är i jämvikt med omgivande miljö.
- När vidare insatser inte bedöms ekonomiskt rimliga.
- När en byggnad åter kan tas i bruk utan hälsorisker eller fortsatt risk för byggnadsskador.

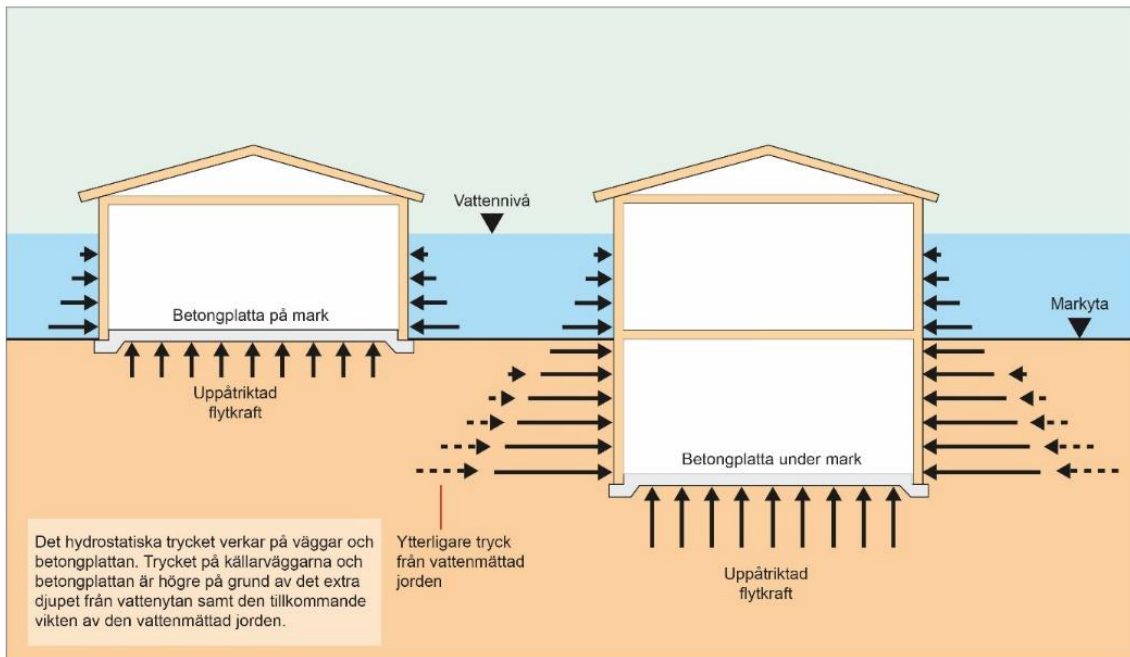
Det är först när en uttorkning/avfuktningssprocess är avslutad som det går att bedöma behovet av vidare reparations- eller återställningsåtgärder. (Property Care Organisation, 2013)

6.4. Vattentryckets inverkan

Nedan anges hur hydrostatiska- och hydrodynamiska krafter från vatten kan inverka på byggnadsverk.

Hydrostatiska krafter

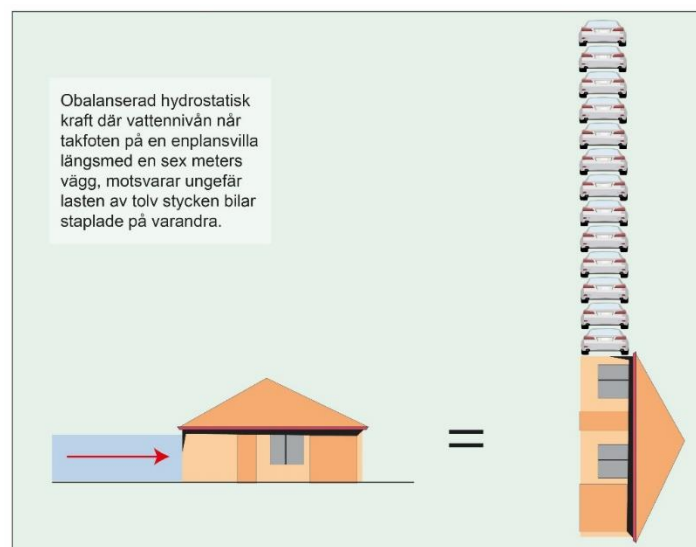
Vattentryck som skapas av stillastående vatten kallas ”hydrostatiskt tryck”. En byggnad kan enbart utöva en nedåtriktad kraft som motsvarar byggnadens tyngd. En vätska utövar tryck i alla riktningar och vinkelrätt mot ytor. Eftersom det hydrostatiska trycket också utgörs av vattnets tyngd ökar trycket med vattendjupet. Det hydrostatiska trycket är således en funktion av vattendjup och ytornas storlek mot vilka vätskan verkar. Det hydrostatiska trycket består av tre komponenter: sidokrafter (lateralt), nedåtriktat (vertikalt) och uppåtriktat (upplyft). Figur 6-5 illustrerar hydrostatiska krafter på en byggnad. (Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, 2006)



Figur 6-5: Hydrostatiska krafter på en byggnads väggar och betongplatta på mark samt under mark. Figuren är modifierad från: Hydrostatiska krafter på en byggnad (Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, 2006).

Horisontella krafter

Horisontella krafter eller sidokrafter är krafter som riktas mot vertikala eller lutande ytor både över och under markytan. Dessa krafter verkar för sidoförflyttning och omkullkastning av byggnad, eller byggnadskomponent. En byggnad är vanligen inte konstruerad eller dimensionerad för att kunna motstå dessa krafter. Väggar utgör den mest sårbara byggnadskomponenten av ett hus och det horisontella trycket riskerar leda till att väggarna kollapsar eller får strukturella skador. Förutom väggkonstruktionen, utgör fönster och dörrar svaga punkter för denna typ av krafter. Figur 6-6 illustrerar horisontella krafter på en byggnad.



Figur 6-6: Figuren illustrerar kraften som uppstår när vattennivån når takfoten vilket motsvarar ungefär tolv personbilar staplade på varandra. Figuren är modifierad från (Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, 2006).

Kraften på en vertikal yta ökar kraftigt med vattendjupet (proportionellt mot kvadraten av vattendjupet). Det innebär till exempel att kraften på ett envåningshus motsvarar tyngden av två bilar för varje längdmeter vägg. Stora ensidiga vattentryck gör det problematiskt att tillämpa en översvämningssanpassningsstrategi som syftar till att stänga ute vatten då det innebär stor belastning på byggnadsstrukturen. Vattentrycksproblematik uppstår också i vattenmättad jord vilket måste beaktas vid dimensionering av underjordskonstruktioner som till exempel källarväggar. (Pickles, 2015)

Risken för stora ensidiga vattentryck behöver också beaktas till exempel vid pumpning för att tömma en vattenfylld källare. Om vattennivån i omgivningen är hög kan det innebära risk för skador på byggnadsstrukturen. Att pumpa innan vattennivån sjunkit undan i omgivningen kan vara verkningsslöst då förhöjda grundvattennivåer innebär risk att vatten fortsätter att läcka in i konstruktionen då vatten strävar efter att utjämna tryckskillnader. (Pickles, 2015)

Vertikala krafter

Detta är krafter som verkar vertikalt på horisontella eller vinklade byggnadsytor såsom tak och golv, vilka orsakas av vattnets eller den vattenmättade konstruktionens tyngd. Om vattnets upplyftande kraft överstiger den nedåtriktade kraften av byggnadens tyngd kan det göra att hela byggnaden börjar flyta. Med en källare ökar lyftkrafterna vilket kan leda till att hela huset trycks upp ur marken (Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, 2006).

Tyngre huskonstruktioner (till exempel av betong eller tegel) eller konstruktioner med betongplatta på mark är vanligen inte känsliga för upplyft på grund av dess stora tyngd. Det är mer troligt att stort horisontellt tryck medför att väggar, dörrar eller fönster skadas och leder till vatteninträning och därmed utjämnar trycket innan upplyft sker.

Hus med upplyfta golvkonstruktioner kan också drabbas av strukturella skador orsakat av upplyft. Det gäller särskilt om golvet är för tätt för att hindra vatteninträning. Ström- och tryckförhållanden beror också på hur vattenströmning påverkas av omgivningen vilket innebär att det kan ändras allt eftersom byggnadsstrukturen eller markmodelleringen i ett område förändras. Ökad kanalisering av strömmade vatten kan medföra betydligt högre strömhastigheter och därmed hydrodynamisk last. En byggnad som är dimensionerad för en viss situation kan ändå skadas om exempelvis en dörr eller ett fönster brister, vilket skapar en tryckvåg genom byggnaden. (Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, 2006)

Hydrodynamiska krafter

Föremål i strömmande vatten utsätts för tryck som är proportionellt mot strömhastigheten där ökad hastighet medför ökat tryck. Det hydrodynamiska trycket utgör en extra belastning utöver det hydrostatiska trycket som orsakas av vattendjup. Strömmande vatten innebär att konstruktionens olika sidor utsätts för olika tryckkrafter. På uppströms sidan stiger vattennivån och därmed trycket medan vattendjupet och trycket minskar för övriga sidor. Stora horisontella sug/utåtriktade krafter kan uppstå på längsgående sidor och på nedströmssidan. (Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, 2006)

Hur tryckförhållandena påverkar en byggnadskonstruktion beror på dess utformning och är komplicerat att fastställa och kräver hydrodynamisk modellering.

Utöver krafter som orsakas av vatten kan byggnader utsätts för ökat tryck eller kollisionskrafter orsakade av strömmande föremål. Översvämningar kan medföra att en stor mängd olika föremål spolas med, till exempel skräp, växtmaterial, träd och fordon. Detta kan medföra två olika typer av belastningsfall:

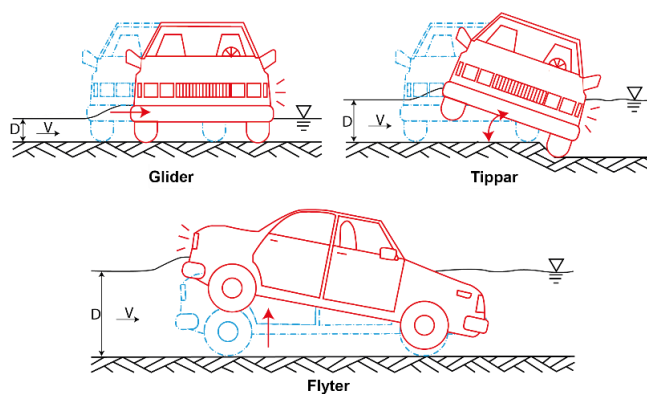
- Kollision med flytande föremål,

- Ökad tryckkraft på grund av att ansamling av material kan resultera i ökat strömningsmotstånd.

6.5. Framkomlighet och transporter

Framkomlighet är en avgörande faktor vid bedömning av översvämningsrisker då det påverkar möjlighet till evakuering och åtkomst för utryckningsfordon. Internationellt finns studier över hur vägfordon påverkas vid olika översvämningsförhållanden beroende på fordonsegenskaper, översvämningsdjup och strömningshastighet. (Australian Rainfall and Runoff, 2011)

Utryckningsfordon som utsätts för strömmande vatten kan förlora stabilitet på grund av vattnets lyftkraft eller att det förlorar fästet på grund av minskad friktion. I kombination med ojämnheter av underlaget kan det leda till att fordon välter. Vid riskbedömning för fordon behöver också förutsättningar för personrisk vägas in då detta styr konsekvensen för fordonets passagerare. Styrande parameter vid riskbedömning i strömmande vatten är produkten av vattendjup (D) och strömningshastighet (V), DV , se Figur 6-7. (Australian Rainfall and Runoff, 2011)

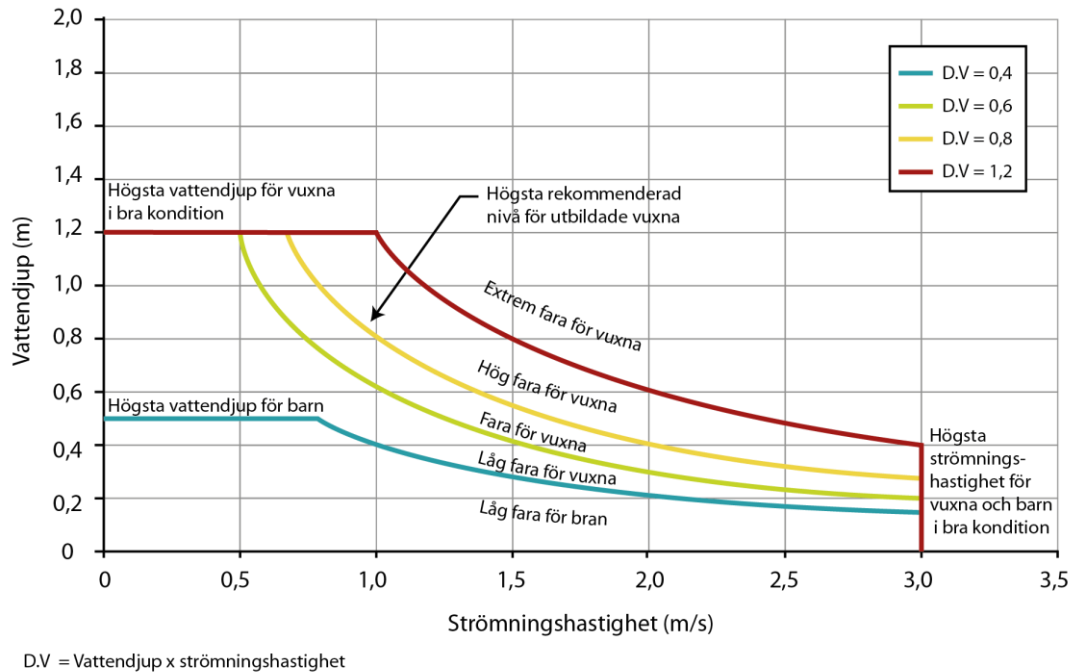


Figur 6-7: Illustration av olika typer av översvämnings effekter för fordon (Australian Rainfall and Runoff, 2011)

6.6. Personrisk

Människors stabilitet, och därmed förmåga att röra sig och vistas i översvämningsdrabbade områden påverkas av markförhållanden, djup, flödes hastighet och personens vikt. I Figur 6-8 illustreras bedömd påverkan till följd av djup och flöde (DV) under förhållanden som förutsätter att marken utgörs av en planmark (plant område, väg, gång eller cykelbana som inte är skadad, det vill säga där finns inte några håligheter och där det inte föreligger risk för nya markskador under tiden man befinner sig på platsen).

Andra faktorer som styr personrisk är möjlighet till varning så att personer kan undvika vattenmassor och hinna sätta sig i säkerhet vilket i sin tur beror på med vilken hastighet som översvämnningen inträffar. Översvämnningar orsakade av skyfall är svårast att förutsäga och har ett snabbt förlopp jämfört med vattendrag och hav.



Figur 6-8: Tröskelvärden för personrisk i strömmande vatten (Smith & McLuckie, 2015)

För mer information hänvisas till (Australian Rainfall and Runoff, 2010), (DEFRA/Environment Agency, u.d.).

6.7. Egenskapsförändringar av markunderbyggnader

Geokonstruktioners egenskaper kan förändras med tiden på grund av förändring i påverkan från laster, geokemiska förhållanden och klimatförändringar. Klimatförändringar kan innebära ändrade förhållanden gällande regnintensitet, vattennivå, grundvattennivå samt förändrade tjälning- och tiningsförhållanden, kyla och snödjup. (Rankka W., 2019)

Nedan grupperas olika klimatrelaterade laster/processer (Rankka W., 2019):

- Laster/processer kopplade till nederbörd:
 - Inre laster/processer:
 - Portryck/grundvattennivå
 - Inre erosion - piping
 - Inre erosion - hydraulisk bottenuptryckning/-uppluckring
 - Yttre laster/processer:
 - Erosion – ytvattenavrinning i slänt
 - Erosion – vattendrag
 - Igensättning (av dräner/trummor)
 - Yttre laster – vattentryck
 - Översvämning – ansamling av vatten
- Laster/processer kopplat till temperatur:
 - Minus- och plusgrader – nedbrytning:
 - Yttre laster – temperatur
 - Tjälning – upptining/sättning/ansamling vatten
 - Tjälning – nedbrytning/hållfasthetsnedsättning
 - Minusgrader – geometriska förändringar/tryckförändringar:
 - Yttre laster – temperatur

- Tjälning – frysning/hävning
- Inre laster – istryck
- Minusgrader – yttre laster processer:
 - Yttre laster – temperatur
 - Yttre laster – istryck
- Plusgrader – inre laster/processer:
 - Yttre laster – temperatur
 - Uttorkning

En analys av orsaken till händelser som berör Trafikverkets anläggningar visar att merparten händelser omfattar bank och undergrund eller avvattning, dike och dränering där orsaken till huvuddelen av händelserna är nederbörd. Även laster/processer kopplat till temperatur – nedbrytning på grund av tjälprocesser ligger bakom flertalet händelser. Cirka en tredjedel av händelserna avser sättningar orsakade av vatten i underbyggnad. Problem med trumkonstruktioner eller avvattningsanläggningar omfattar drygt 20% av händelserna och skred, ras eller slamstömmar omfattar knappt 15% av rapporterade händelser. Resultaten visar att de flesta skadorna kan kopplas till finkorniga jordar som löper risk att drabbas av sättningar och hållfasthetsproblem vid ökad vattenmättnadsgrad. (Rankka W., 2019)

6.8. Teknisk försörjning

Översvämningar kan skada underjordisk infrastruktur genom till exempel rörbrott, skador på rörkopplingar, läckage, materialurspolning, saltvattensskador på utrustning och igensättning av dagvattensystem. Effekter av skador kan uppstå långt efter översvämningstillfället. Erfarenheter från stormen Katarina i USA visar att denna typ av skador blev mycket större än förväntat. En stor del av skadorna berodde på marksättningar och skador på grundläggning. Vattenmättade jordmassor skapade sättningar och materialtransport då vattnet drog sig tillbaka. Dessa markrörelser gav upphov till rörbrott i rörsystem. (Chisholm & Matthews, 2012)

En inventering av sårbarheten i olika tekniska system hos Göteborg Stad har genomförts med nedan slutsatser (Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 2008):

- Dricksvattensystem är täta och trycksatta och är i normalfallet inte känsliga för översvämning. Dock kan pumpstationer och elförsörjning till dessa påverkas.
- Fjärrvärmenätet är inte känsligt i sig men pumpstationer och elförsörjning till dessa kan påverkas.
- Elnätet är känsligt mot översvämning. Känsliga och spänningssatta delar i ställverk ligger vanligen på cirka 0,5 m över golvnivå. För kopplingskåp är detta skyddsavstånd runt 0,4 m.

6.9. Översvänningsrisker under byggskede

Krav för högsta risknivå av översvämning under byggskede anges oftast av beställaren. Det handlar om vilken risk man är villig att ta under byggskedet där sannolikheter och konsekvenser värderas. Byggskedeperiodens längd spelar in då det är den sammanlagda risken under byggtiden som måste värderas.

Risker vid byggskede utgörs både av direkta skador orsakade av översvämmade arbetsområden, maskinskadorna, stabilitets- och erosionsproblem men också indirekta skador i form av produktionsstopp. Som illustration gällande dimensionering under byggskede visas i Figur 6-9 högvattennivån motsvarande cirka 10 års återkomsttid vid byggnation av nya Hisingsbron i Göteborg.



Figur 6-9: Byggnation av nya Hisingsbron under stormen Dennis, februari 2020. Vattennivån motsvarade ett högvatten med i storleksordning 10 års återkomsttid.

Erfarenheten är att det är vanligt med mycket högt ställda krav för att hantera nederbörd från arbetsområden. Kraven medför ofta praktiska orimligheter för dimensionering av magasineringsvolymer och reningsanläggningar. Som exempel kan nämnas ett pågående projekt med krav på omhändertagande av 150 mm nederbörd under 2 timmar. Detta motsvarar ett regn som har en sannolikhet att inträffa i storleksordning 1 gång på 500 år och resulterar i behov av magasineringsvolym på 1000-tals kubikmeter och flöde på hundratals liter per sekund. Vad som är praktiskt möjligt att hantera beror till stor del på ytan som är tillgänglig för magasinering eftersom det inte är praktiskt möjligt att ha en reningsanläggning som klarar denna typ av extremflöden. Dimensionering av vattenhanteringsanläggning måste baseras på en riskavvägning mellan vad som är praktiskt möjligt och konsekvensen om kapacitet överskrids.

Hantering av klimatrisker under bygg- och anläggningskedje kan med fördel ske via en kombination av fysiska åtgärder och beredskap för extremsituationer. Istället för att dimensionera fysiska skydd för extremtillfällen bör man kunna överväga skadereducerande åtgärder för att minimera effekterna av en extremhändelse. Det kan till exempel bestå av en avvattningsplan för schakt med planering av torra och våta ytor. Schaktplanen utformas för kontrollerad översvämning och känslig utrustning undviks i utsatta lägen, till exempel upplyft från markytan eller höglägen inom arbetsområdet. Åtgärder för att hantera extremtillfällen kan med fördel sammanställas i en beredskapsplan för bygg- eller anläggningskedjet.

7. KOSTNADER OCH ANSVAR

Kostnader och ansvar är viktiga aspekter för att bygga och upprätthålla åtgärder för översvämningsanpassning. Detta kapitel tar upp några olika delar av detta.

7.1. Skadekostnader och försäkringar

Översvämningskatastrofer kan orsaka kostnader för miljardbelopp och ge stora störningar på samhället (Svensk Försäkring, 2015). Klimatförändringarna för med sig mera extrema nederbörds- och havsvattenökningar, som i kombination med städernas ökade sårbarhet orsakar ekonomisk skada på privata och allmänna egendomar. Skador som är svårare att värdera ekonomiskt orsakas även på natur, djurliv och ekosystem. (Boverket, 2009a)

I Sverige är kostnaderna för översvämningsrelaterade skador redan höga. Exempelvis bidrog den extrema nederbörden i södra Sverige år 2014 till översvämningskostnader för omkring en miljard kronor. Skyfallet i Köpenhamn i juli år 2011 beräknades kosta försäkringsbolagen 8 miljarder kronor. (Svensk Försäkring, 2015)

Skadekostnader kan uppskattas på förhand, Göteborg Stad har bedömt kostnaderna för ett hundraårsregnenligt nedan (Rosén, 2020), (Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 2016).

- Den totala beräknade samhällsekonomiska risken av skyfall för hela staden är cirka 15,2 miljarder kr för den kommande 100-årsperioden. Hänsyn är taget till en klimatfaktor på 1,2. Skador på industrier, flerbostadshus, offentliga byggnader, småhus samt spåranläggningar ger de största riskkostnaderna men också skador på komplementbyggnader, störning i handel och skador på handelsbyggnader samt förseningar i trafik leder till betydande samhällsekonomiska risker.
- Den totala riskkostnaden (det vill säga den förvänta skadekostnaden) för mer tätbebyggda områden (så kallade Mellanstaden) är cirka 10,7 miljarder kr med en diskonteringsränta på 1,4 % för den kommande 100-årsperioden.
- Den totala riskkostnaden (det vill säga den förvänta skadekostnaden) för yttre staden är cirka 4,5 miljarder kr för den kommande 100-årsperioden. Skador på industrier, småhus, komplementbyggnader samt spåranläggningar (järnvägar) de största riskkostnaderna.

Kostnaderna för översvämningskatastrofer varierar kraftigt från år till år och i regel är det ett fåtal händelser som orsakar majoriteten av skadekostnaderna. Det är svårt att se någon tydlig trend i den oregelbundna statistiken men det är mycket troligt att skadekostnaderna kommer öka i framtiden. (Fagerberg, 2020)

Vanliga kostnader som förknippas med översvämningskatastrofer är till exempel översvämmade fastigheter som kan leda till vattenskada på lösöre men även på konstruktionen, vilket i sin tur kan leda till fukt, mögel och skadedjur som behöver saneras. Kostnader kan även uppstå för skador på infrastruktur som järnvägar, vägar, broar, avlopp, el- och värmenät. Dessutom kan minskad framkomlighet eller stillastående verksamheter ge indirekta kostnader. Särskilt allvarligt betraktas skador på infrastruktur (MSB, 2017). Det kan få betydande konsekvenser och innebära stora störningar i samhället såsom risk eller fara för befolkningens liv och hälsa och samhällets funktionalitet (MSB, 2012b). Denna skadetyp är svårare att värdera och ingår inte i försäkringsbolagens skadestatistik. Det är därför i många fall nästintill omöjligt att till fullo uppskatta alla delar av framtida översvämningskatastrofers konsekvenser. Dessutom är kostnaderna beroende av klimatförändringens takt.

I dagsläget ingår ett omfattande skydd mot översvämningskatastrofer i alla svenska fastighetsförsäkringar för privatpersoner och företag (Fagerberg, 2020). För företag, kommuner eller verksamheter med särskilda behov kan utökade försäkringar tecknas genom individuell riskprövning och premiesättning,

som exempelvis kan ge ersättning vid förlorade intäkter på grund av nedstängd verksamhet orsakad av översvämningar (Svensk Försäkring, 2015).

Under uppförande av byggnader eller infrastruktur försäkras byggnationen genom entreprenörens företagsförsäkring, vilken innefattar försäkring mot översvämning (Fagerberg, 2020). Att försäkringsbranschen erbjuder grundskydd mot översvämning i sina fastighetsförsäkringar är relativt unikt för Sverige. Ur ett internationellt perspektiv behövs ofta en tilläggsförsäkring för naturrelaterade skador (Svensk Försäkring, 2015).

Ökat antal översvämningsskador kan leda till att det i framtiden blir dyrare, men även svårare, att försäkra fastigheter mot översvämningar. Försäkringspremien avgörs utifrån en riskbedömning; om en fastighet översvämmas vid flera tillfällen ökar risken att det händer igen. Bedöms risken mycket stor kan det innebära att försäkringsbolaget inte längre försäkrar fastigheten. I riskområden, exempelvis i strandnära områden där havet förväntas stiga kan det bli omöjligt att försäkra vissa fastigheter. Det lämnar fastighetsägaren att själv bekosta eventuellt återställande, vilket kan bli kostsamt samt även sänka värdet på fastigheten. (Klimatanpassning.se, 2019)

Den svenska försäkringsbranschen kan än så länge bära de klimatrelaterade kostnaderna. Om skadorna inte längre kan anses vara plötsliga och oförutsedda uppfylls inte längre kriterierna som gör det möjligt att erbjuda försäkring. Det kan då uppstå så kallad försäkringsnöd, det vill säga att det inte längre går att försäkra sig mot vissa risker. Branchorganisationen Svensk Försäkring följer utvecklingen med oro och vill kunna erbjuda samma skadeskydd även fortsättningsvis, men det förutsätter att översvämningssanpassningen av hela samhället tar fart och att översvämningssanpassande åtgärder blir standard inom utsatta områden. (Svensk Försäkring, 2015)

7.2. Anpassningskostnader, ansvar och finansiering

Klimatanpassningsåtgärder i Sverige uppskattas kosta 137 – 205 miljarder kronor där majoriteten avser anpassningskostnader för att förebygga översvämningar, primärt från hav och skyfall (Regeringskansliet, 2017). Kostnaden är sannolikt underskattad då kostnadsuppskattningen för att översvämningssanpassa enbart Göteborg uppskattas till storleksordning 30 – 40 miljarder (Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 2016). En viktig fråga som bör ställas är om kostnaderna att bygga översvämningssanpassat är mindre än skadekostnaderna som översvämningarna medför över tid.

För att värdera skadekostnad jämfört med anpassningskostnad behöver risknivån för framtida händelser fastställas. En ökad säkerhet ger potentiellt högre anpassningskostnader men lägre skadekostnader. Det omvända gäller vid minskad säkerhet. Ett viktigt verktyg för att bedöma de ekonomiska riskerna med översvämning är kostnads-nyttoanalyser. Med detta ställs de ekonomiska nyttorna och kostnaderna för en viss anpassningsåtgärd mot varandra vilka kan summeras och jämföras med andra anpassningsåtgärder. Nyttorna utgörs av värdet för uteblivna kostnader för återställande av skador som skulle inträffat om anpassningsåtgärden inte fanns. Beroende på vilken nytta som avses är de olika svåra att värdera ekonomiskt. Exempel där detta är svårt är för kulturhistoriskt värdefulla miljöer och områden med skyddsvärd natur och djurliv. Värdet kan dock uppskattas genom olika metoder som till exempel att fråga om människors betalningsvilja eller acceptans för att ha kvar tillgången. (Boverket, 2009a)

I dagsläget erbjuder myndigheter och andra samhällsorgan relativt stor tillgång till statistik, karteringar och framtidsprognoser gällande havsnivåhöjning och förekomst av skyfall, som ligger till grund för analysen. Utgångspunkten är ett noll-alternativ och beroende på vilka anpassningsåtgärder som sätts in kan översvämningarna begränsas eller elimineras helt. Med hjälp av kostnads-nyttoanalyser kan man uppskatta hur långt klimatanpassningsarbetet skall drivas samt när i tiden det är lämpligt att utföra åtgärder. (Svensk Försäkring, 2015)

Flera aktörer är på olika sätt inblandade för att verka för att byggnationer sker översvämningsanpassat. På övergripande nivå har staten ett ansvar, genom flertalet myndigheter som Boverket, MSB, Länsstyrelserna och SMHI. På lokal nivå har kommunerna en viktig roll att spela. Ovan aktörer sätter spelreglerna för hur översvämningsanpassat byggande kan, bör och ska ske. Dessa spelregler blir grunden för de aktörer som beställer, bygger och förvaltar att förhålla sig till. Bestämmelserna måste vara juridiskt bindande och gälla för samma livslängd som för den planerade bebyggelsen.

I den statliga utredningen *Vem har ansvaret* beskrivs ansvarsförhållandet mellan stat, kommun och fastighetsägare både för befintliga och nya fastigheter (Regeringskansliet, 2017). Där beskrivs att kommunerna genom detaljplanen har ansvar för att ny bebyggelse lokaliseras till lämplig mark utifrån risk för översvämningsrisk. Om bebyggelse tillåts på olämplig mark och det därefter sker översvämningsrelaterade skador kan kommunen bli skadeståndsskyldig mot fastighetsägaren. Skadeståndskrav är dock kopplade till en preskriptionstid på tio år efter att planen antagits. Med en genomförandetid under motsvarande tid innebär detta att preskriptionstiden går ut vid en byggnations färdigställande. Förslag som framkommer inom utredningen är att tilldela kommuner och länsstyrelser större ansvar i frågan genom att förlänga preskriptionstiden för naturskador.

Med det begränsade ansvaret som staten och kommunerna har innebär det att fastighetsägaren själv får bära stora delar av ansvaret för att skydda fastigheten mot översvämningsrisker (Regeringskansliet, 2017). I PBL belyses detta ansvar genom bestämmelser om att en tomt/fastighet skall hållas i vårdat skick samt skötas så att risk för olycksfall och betydande olägenheter för omgivningen inte uppkommer. På platser där det förekommit översvämningsrisker bör fastighetsägaren vara medveten om detta och själv finansiera åtgärder för att förebygga skador på den egna fastigheten. Ofta behöver skyddsåtgärder vidtas för ett flertal närliggande fastigheter samtidigt för att uppnå full effekt. Skulle skyddsåtgärder enbart ske för enstaka fastigheter kan istället nya risker skapas.

År 2018 infördes en nationell strategi för klimatanpassning i Sverige, vilken sätter ramarna för klimatanpassningsarbetet i Sverige (Regeringen, 2017). Ett år senare svarade 90%⁸ av Sveriges kommuner i en undersökning att man i dagsläget arbetar med klimatanpassning och 60% har analyserat hur tidigare inträffade extrema väderhändelser har påverkat dem (IVL Svenska Miljöinstitutet, 2019). Den nationella strategin innebär också två ändringar i plan- och bygglagen med syfte att höja kommunernas beredskap. Den ena ändringen innebär att kommunerna kan kravställa marklov för markåtgärder som kan försämra markens genomsläpplighet och som inte genomförs för att anlägga en gata, väg eller järnväg som är förenlig med detaljplanen. Den andra ändringen innebär att kommunerna i översiktsplanen ska redovisa risker för skador på den byggda miljön till följd av bland annat översvämningsrisker. Dessutom ska det beskrivas hur sådana risker kan minska eller upphöra.

Samverkan mellan kommunens förvaltningar har visat sig vara nödvändig för att optimera lösningar både avseende förebyggande åtgärder, underhåll och skadehantering. För större insatser som leder till nytta för flera närliggande kommuner kan en lösning vara att samarbeta över kommungränserna (Länsstyrelserna, 2012).

För dagvatten finns särskilda ansvarsregler enligt vattentjänstlagen. Kapaciteten för en allmän VA-anläggning ska vara tillräcklig för att kunna leda bort dagvattnet från området. Om anläggningen inte uppfyller kravet är VA-huvudmannen ersättningsskyldig för översvämningsrisker som beror på anläggningen. Anläggningen ska klara 10-årsregn utan att översvämma fastigheterna inom verksamhetsområdet.

Försäkringsbolagen saknar formellt ansvar för översvämningsanpassning av byggnader och anläggningar, men det ligger i deras intresse att minska skadekostnaderna för dessa. De deltar därför i arbe-

⁸ 208 av Sveriges 290 kommuner deltog i undersökningen.

tet med att förebygga skador som kan uppkomma av extrema väderförhållanden genom att bidra med statistik och tekniska standarder (Svensk Försäkring, 2015). Försäkringsbolagen erbjuder i vissa fall självriskreducering eller premierabatter vid installation av förebyggande åtgärder. Ytterligare är information till försäkringstagarna en viktig del i det förebyggande arbetet (Fagerberg, 2020).

Det råder vissa osäkerhet kring hur klimatanpassningsåtgärder ska finansieras inom olika projekt. Oklara ansvarsfördelningar, bristande direktiv och planer samt brist på resurser för ändamålet är några av anledningarna. Det är viktigt att alla instanser arbetar mot samma mål och att man hittar finansiella lösningar som ger incitament till hållbara åtgärder. För bygg- och anläggningsbranschen innebär anpassningsåtgärder ökade kostnader vilket innebär att branschen inte på egen hand kan förväntas ta initiativ i frågan.

8. ENTREPRENÖRENS RÅDIGHET OCH DRIVKRAFT

Det finns flera aspekter som påverkar entreprenörens rådighet och drivkrafter till översvänningsanpassat byggande. De som framkommit i studien sammanfattas i punktform och beskrivs kortfattat nedan:

- Uppfylla myndighetskrav och regleringar i detaljplan
- I vilket skede entreprenören kommer in i projektet
- Projektstorlek
- Entreprenörens roll och ansvar
- Kostnad och affärsmässighet genom målsättning om lägsta kostnad till rätt kvalitet
- Minska risk för framtida ekonomisk skada
- Risk och säkerhet
- En av många frågor
- Ökad attraktivitet

Att uppfylla myndighetskrav och regleringar i detaljplan är något som betonats bland flera personer i referensgruppen. I planeringsprocessen ska markanvändning kontrolleras mot lämplighetskravet i PBL, det vill säga visa att marken är lämplig för sitt ändamål. Översvänningsrisken ska naturligt eller via skyddsåtgärd kunna anses som acceptabel och för att säkra nödvändiga åtgärder regleras detta med funktionskrav via planbestämmelser. Exempel på sådana planbestämmelser är krav på höjdsättning av byggnader, skyddsvallar eller reservering av mark för åtgärder. Utöver myndighetskrav ska entreprenören enligt ABT både uppfylla de funktionskrav som finns men även outtalade funktionskrav, det vill säga den funktion som uppkommer till följd av beställarens önskade användning. Detta innebär att anpassningsåtgärder för ett förändrat klimat indirekt kan anses ingå i entreprenörens åtagande.

Funktionskrav som anges i planbestämmelser ger exploatören frihet att välja hur detta kan uppnås. Åtgärderna är dock i många fall redan föreskrivna av byggherren vilket lämnar entreprenören liten möjlighet att göra egna val. Det bedöms i sammanhanget att entreprenören generellt har begränsad rådighet i frågan då det är kommunernas strategier kring översvänningsanpassning som är drivande och styrande. Det har framkommit synpunkter i projektet om behovet att entreprenörer i större omfattning än idag samverkar med kommunerna i planeringsprocessen. Legala aspekter skulle dock behöva utredas för att säkerställa ansvarsfrågan ifall entreprenören får större påverkansmöjlighet kring lösningar och funktionskrav.

I vilket skede entreprenören kommer in i projektet är ytterligare en aspekt. En entreprenör kan komma in i olika skeden av ett projekt och har därmed olika möjlighet att påverka. En tumregel är att större påverkan ges ju tidigare intåget sker. Det är vanligt att dela upp olika entreprenadformer i total- och utförandeentreprenad⁹. I den sistnämnda har entreprenören generellt enbart uppgift att utföra byggnationen. I den förstnämnda är även entreprenören med i projekteringen och har därför generellt större möjlighet att påverka till förmån för översvänningsanpassning. Störst påverkan bedöms det dock finnas om entreprenören är involverad i utvecklingsfasen med byggherre och arkitekt. Upphandlingsformer i form av partnering/Early Contractor Involvement (ECI) och exploatörsdrivna detaljplaner är exempel som kan främja möjligheten till tidigt inflytande.

Projektstorlek bedöms vara viktig och för mycket stora projekt kan det finnas viss möjlighet för entreprenören att påverka planbestämmelserna. En annan aspekt är entreprenörens roll och ansvar. Drivkraften för entreprenören skiljer sig åt beroende på om denne enbart projekterar och bygger eller om entreprenören även är förvaltare. Då entreprenören också är förvaltare bör det finnas större drivkraft till välarbetad översvänningsanpassning.

⁹ Varianter och kombinationer av dessa finns.

Kostnad och affärsmässighet genom målsättning om lägsta kostnad till rätt kvalitet bedöms vara en avgörande aspekt i frågan om översvämningsanpassning då entreprenören verkar på en konkurrensutsatt marknad. Därmed har entreprenören lågt intresse av åtgärder som man inte blir kompenserad för förutsatt att man inte bygger för egen förvaltning. Vidare finns det en övergripande strävan i samhället att hålla nere byggkostnader för att uppnå billiga bostäder.

Kostnader för anpassningsåtgärder kan vara såväl rörliga som fasta och uppkomma initialt eller under förvaltningskedet, där de sistnämnda kan behöva bäras av fastighetsägaren. Samtidigt finns det framtida kostnader som kan undvikas om byggande sker översvämningsanpassat. Därmed kan det vara en drivkraft att vidta anpassningsåtgärder för att minska risk för framtida ekonomisk skada. En aspekt som vore intressant att analysera är vilka framgångsfaktorer det finns för att minska totalkostnaderna och få rätt kvalitet på lösningarna. En framgångsfaktor som föreslås är att tidigt i projekt analysera risker, behov och åtgärder för att nödvändiga ändringar hinner göras innan det blir för dyrt.

Möjligheten för entreprenören att välja risk och säkerhet för projekt bedöms begränsad i och med kravet att följa planbestämmelserna. I de fall det går att bygga på säker höjd är det önskvärt istället för att förlita sig på system som ska förhindra översvämnning, som i värsta fall kan falla. Samtidigt är det svårt för entreprenören att bedöma risk- och säkerhetsnivåer då de inte har all information och kunskap kring detta. Expertkunskapen finns normalt hos kommunerna som tar fram scenarionanalyser för översvämningsrisk och hur det ska hanteras.

Översvämningsfrågan är en av många frågor som behöver hanteras i ett bygg- eller anläggningsprojekt. Frågans betydelse behöver värderas och jämkas med andra frågeställningar. Vanliga sådana är tillgänglighets- och gestaltningskrav samt disposition av utrymmen. Detta behöver alltid göras platsspecifikt utifrån rådande förutsättningar. Tas frågeställning inte upp i planeringsunderlaget är det ingen prioriterad fråga utöver att uppfylla regelverk såsom BBR.

På längre sikt finns det potential för ökat intresse för anpassningsåtgärder, dels då klimatförändringarna kan kräva det, och dels för att fånga värden som ökar attraktionskraften och värdet för byggnaden eller anläggningen. Ökad attraktivitet kan skapas genom mera grönska som ger ekosystemtjänster, behagligare klimat som ger minskad värmestress eller vattenspeglar i stadsbilden som bidrar till att öka stadsbyggnadsmässiga kvalitéer.

9. HANTERING AV ÖVERSVÄMNINGSRISKER

Kapitlet presenterar förslag till övergripande arbetssätt för entreprenörer att hantera översvämningsrisker och fastställa anpassningsbehov inom bygg- eller anläggningsprojekt. I dagsläget har entreprenören ett mycket begränsat inflytande i besluts och planeringsprocessen kring anpassningsåtgärder. Arbetsgången i detta kapitel kan därför ses som framåtsyftande och ge förslag till principiell metodik utan hänsyn till nuvarande situation avseende lagar och regelverk. I takt med att effekterna av klimatförändringar blir mer påtagliga kan kraven och yttre drivkrafter såsom försäkringsaspekter och efterfrågan av översvämnings- och klimatanpassat byggande förväntas öka.

9.1. Val av översvämningsstrategi

I de fall översvämningsrisk inte kan undvikas till exempel genom byggande på ”säker” nivå (Flood avoidance) krävs ett tekniskt skydd av något slag för att översvämningsanpassa det objekt som ska skyddas. Det finns två övergripande typer av översvämningsstrategier; torr- och våt strategi (se Figur 9-1). Torra och våta lösningar bör bara användas då andra möjligheter saknas såsom att bygga utanför översvämningshotade områden eller på säker nivå via förhöjd grundläggning. (Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, 2006)

Om en torr eller våt anpassningsstrategi är lämpligast avgörs av de platsspecifika översvämningsförhållandena i form av bland annat geografiskt läge, förväntat vattendjup, översvämningsfrekvens, varaktighet och byggnadskonstruktion. Parametrarna avgör om det finns förutsättningar att stänga ute vatten (torr strategi) eller om det är mera kostnadseffektivt att planera för att låta vatten tränga in (våt strategi). Generellt är en våt strategi mer lämpad då det handlar om stora vattendjup, lång varaktighet medan översvämningsområden som innebär begränsade vattendjup och kort varaktighet är mera lämpade av en torr strategi. Vid riskbedömning bör också möjligheten till kombinerade händelser beaktas då översvämningsområden ofta uppstår genom en kombination av händelser snarare än av en väl definierad händelse/källa. (Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, 2006)

Om det föreligger stor risk för översvämningsdjup över 600 mm måste byggnadskonstruktionens hållfasthet beaktas. Nedan beskrivs några övergripande strategier (Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, 2006).

1. Undvikande – Flood avoidance

Konstruktion och placering av en byggnad och dess omgivning så att översvämningsområden undviks genom (Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, 2006):

- Förhöjd grundläggning
- Lokalisering utanför riskområde
- Landskapsmodellering för att avleda vatten från byggnad
- Användning av avgränsningar - barriärer

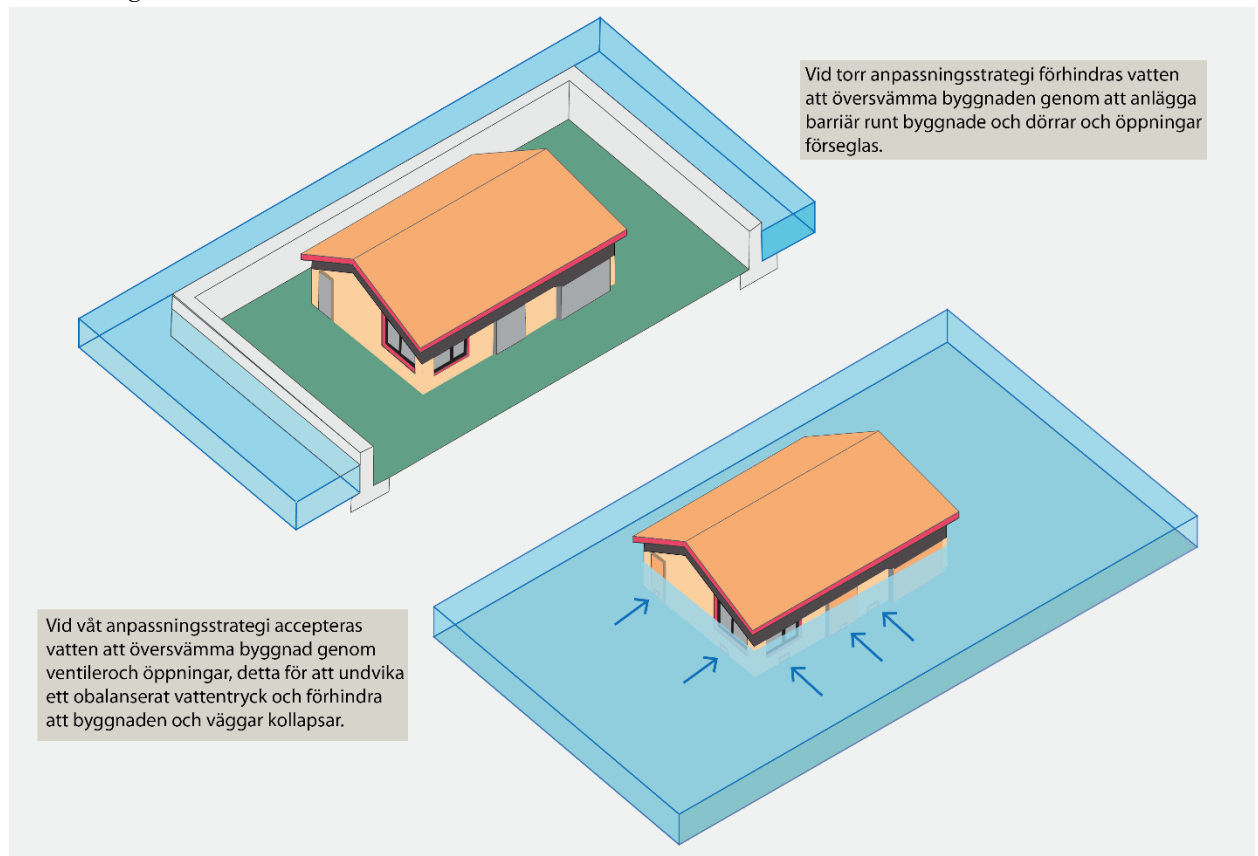
2. Torr lösning - Flood Resistance/Dry Proofing

Konstruktionsmässig utformning för att förhindra eller minimera att vatten tränger in i byggnad och orsakar materialskador, även kallad ”Dry Proofing”. En torr strategi går ut på att förhindra vattnet att översvämma byggnaden genom att anlägga temporära eller permanenta barriärer runt byggnaden och / eller försegla, täta eller höja öppningar såsom dörrar, ventiler och garageportar.

3. Våt lösning – Flood resilience/Wet Proofing

Åtgärder som minskar konsekvenser av att vatten tränger in i byggnad vid översvämningsområden, också kallad ”wet-proofing”. En våt strategi går ut på att acceptera att vatten översvämmar byggnaden. Genom att använda vattenbeständiga material kan skador minimeras och byggnads-

den städas ur snabbt och kan återgå till normala förhållande efter eventuella reparationer och uttorkning.



Figur 9-1: Konceptuell illustration av principerna för torr anpassningsstrategi (övre figur) och våt anpassningsstrategi (nedre figur). Figuren är modifierad från (Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, 2006).

Robusthet eller motståndskraft uttrycks ofta med begreppet *resiliens*. Det avser förmågan till förberedelse och anpassning till förändrade förhållanden och förmågan att utstå och snabbt återhämta sig från störningar. Tyngdpunkten ligger inte bara på att minimera risker utan också på att vidta åtgärder för att kunna återgå till normal eller nästan normal funktion inom rimlig tid. Det kan till exempel handla om att välja översvämningståliga material för att minimera återställningstid och kostnader efter en översvämning.

Vid val av anpassningsstrategi förordas i fallande ordning:

- 1) Bygg utanför riskområde eller på säker nivå
- 2) Skydd genom barriärer eller terrängmodellering
- 3) Anpassningsåtgärder
 - Torr lösning
 - Våt lösning

Det är också möjligt att tillämpa en torr strategi för lägre nivåer än dimensionerande händelse för att undvika skador kopplade till ofta förekommande översvämningar samt över en viss nivå övergå till en våt strategi som syftar till att skadebegränsa och minimera återställningstid.

Tabell 9-1: Underlag vid val av anpassningsstrategi. Modifierad från (BSI Standards Publication, 2015)

Vattendjup över lägsta golvnivå ^{A)}	Strategi
Mindre än 300 mm	Torr anpassningsstrategi ^{B)}
300 mm till 600 mm	Torr + våt anpassningsstrategi
Mer än 600 mm	Torr + våt anpassningsstrategi under kortvariga tidsperioder

^{A)} BSI Standards Publication, 2015 kapitel 6.1.
^{B)} Vid långvariga översvämningar kan det även krävas en kompletterande våt anpassningsstrategi

Valet av anpassningsstrategi beror på dimensionerande översvämningshändelse och andra överväganden gällande till exempel utrymmesförutsättningar, kostnad, praktiska aspekter kopplat till genomförbarhet och motstående intressen.

Styrande parametrar vid val av anpassningsstrategi bedöms vara:

- **Djup:** Översvämningdjup är den viktigaste parametern vid val av anpassningsstrategi eftersom den avgör om det är möjligt att stänga ute eller fördröja vatten från att tränga in i en byggnad.
- **Källa:** Havsvatten eller vatten som är förorenat till exempel genom bräddning av avloppssystem kan påverka byggnadsmaterial och därmed återställningstid och omfattning av återställningsarbete. En torr strategi är därför mer lämplig under dessa förutsättningar.
- **Varaktighet:** Långvarig översvämning kan skada byggnadsmaterial men försvårar också förutsättningarna för en torr strategi. Fördröjningsåtgärder för att ge tid åt evakuering och flytt av byggnadsinnehåll kan ibland vara enda möjliga åtgärd under dessa förutsättningar.
- **Andra överväganden:** Målsättningen bör vara att evakuera byggnader innan översvämning sker för att undvika risk för liv och hälsa vid evakuering eller nödsituation. Vid hastiga översvämningar kan det vara säkrare för personer att stanna i byggnaden.

Förutsättningar för evakuering styrs av möjlighet till förvarning (prognos), hastighet av översvämningförlopp, vattendjup och strömhastighet. Hastigheten av översvämningförloppet påverkar också möjligheten till temporära respektive semi-temporära anpassningsåtgärder.

9.2. Kartläggning av hot

I dagsläget är det sällsynt entreprenören själv kartlägger översvämningshot. Detta är dock första steget för att avgöra om det föreligger översvämningssproblematik inom ett planerat anläggningsområde och om det finns behov av anpassningsåtgärder. Att kartlägga översvämningshot bör vara relevant i tidiga skeden vid val av projekt eller vid markförvärv.

Några olika källor och verktyg för att kartlägga översvämningshot beskrivs i avsnitt 4.1.

9.3. Riskvärdering

I de fall en entreprenör eller byggherre själv väljer att vidta anpassningsåtgärder behöver en målbild definieras över vilken motståndskraft som ska uppnås vid extrema väderhändelser. Detta kan också uttryckas som i vilken omfattning denne är beredd att acceptera negativa konsekvenser, det vill säga vilken risknivå som är acceptabel. Det innebär att definiera funktionskrav och sannolikheten för driftstörningar och skadekostnader under byggnadens livslängd.

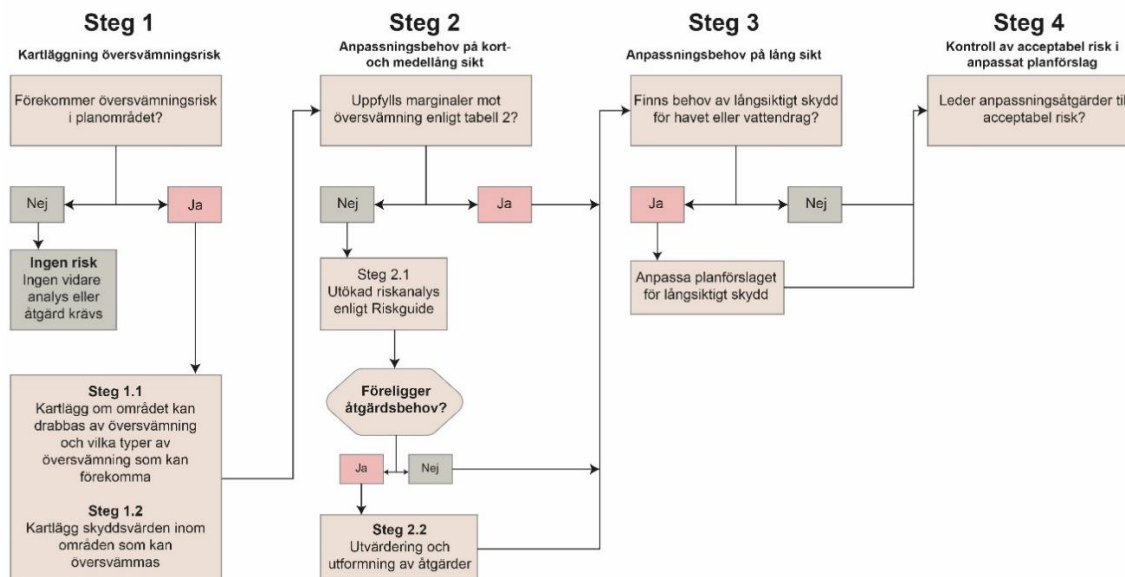
Det saknas idag krav om vilken risknivå som ska tillämpas för olika typer av byggnadsverk. I avsnitt 4.6 redovisas de rekommendationer som tagits fram av Boverket (Boverket, 2020b). Den översväm-

ningshändelse som byggnadsverket dimensioneras efter kallas ”dimensionerande händelse” och bestäms individuellt för olika översvänningskällor eller genom en kombination av händelser, till exempel nederbörd under en högvattensituation.

Vid bedömning av skyddsbehov måste konsekvensen av en översvämning vägas in. I första hand ska människors säkerhet och hälsa säkras, i andra hand ska ekonomiska värden skyddas och därefter miljö. En prioritering av de mest grundläggande funktionskraven enligt ovanstående ger:

1. Evakuering (Hälsa och säkerhet)
2. Framkomlighet till byggnader (Hälsa och säkerhet)
3. Byggnadsfunktioner – el-värme-vatten-data (Hälsa och säkerhet/Ekonomisk skada)
4. Övriga samhällsvärden (Kultur och miljö)

I Figur 9-2 presenteras ett exempel på arbetsgång för hantering av översvänningsrisk i planprocessen från Göteborgs stad (Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 2016). Mer information om denna modell för hantering av översvänningsrisker finns beskrivet i (COWI, 2016) och (COWI, 2015) och är tillgänglig via Göteborg Stads hemsida (Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 2020)



Figur 9-2: Arbetsgång för hantering av översvänningsrisk i planprocess från Göteborgs stad. Figur är modifierad från (Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 2016).

9.4. Val av anpassningsåtgärd

Val av översvänningsåtgärd sker utifrån ett flertal olika förutsättningar som till exempel:

- Vattendjup
- Tidsaspekt, det vill säga hur snabbt vattnet stiger
- Varaktighet
- Prognosmöjlighet, möjlighet till förvarning
- Mobiliseringstid
- Återställningstid
- Kostnad (investering-, drift- och underhållskostnader)
- Stadsbyggnadsaspekter såsom arkitektur och inverkan på den fysiska miljön såsom tillgänglighet
- Negativ miljöpåverkan och omgivningspåverkan
- Legala aspekter (rådighet och tillståndsfrågor)
- Tekniska förutsättningar, till exempel grundläggningsförutsättningar

En metod för att värdera hur väl olika alternativ kan uppfylla flera önskade syften är Multikriterieanalys (MKA). Inom ramen för denna studie föreslås kriterier för en MKA som möjligt beslutsstöd vid val av anpassningsåtgärd, se kapitel 12.

9.5. Övriga utformningsaspekter

Kostnadseffektiva åtgärder

Anpassning bör ske med målsättning att söka största möjliga samhällsekonomiska nytta. Det är till exempel ofta bättre ur ett samhällsekonomiskt perspektiv att vidta förebyggande åtgärder nära källan vilket ofta innebär högre upp i ett avrinningssystem än att hantera konsekvenserna nedströms. Samma gäller högvattenskydd då det ofta är mer lönsamt med helhetslösningar för större områden än lokala lösningar. Detta är dock åtgärder som är resultatet av strategisk samhällsplanering som vanligtvis inte ligger inom entreprenörens rådighet i enskilda projekt. Vid exploatering av större områden kan dock en uppströms-nedströmsprincip i form av magasinering-fördröjning-avledning vara relevant. På längre sikt kommer olika aktörer i större utsträckning att behöva samverka för att olika delar ska kunna sammanfogas till sammanhängande skydd. Detta då skydd av större områden är mer kostnadseffektivt än småskaliga skydd. Det är av största vikt att översvämningsskydd etableras med ett systemperspektiv då svaga länkar kan få hela skyddet att falla. Orsaken till att högvattenskyddet i New Orleans under stormen Katarina kollapsade berodde till stor del av att skyddet bestod av många olika delar som under påfrestning inte fungerade tillsammans som ett system (Hurricane Katrina External Review Panel, 2007).

Yteffektivitet – Multifunktionalitet – Attraktivitet

Anpassningsåtgärder som ska skydda mot extremhändelser kommer vara i bruk vid ett högst begränsat antal tillfällen. Därför bör de utformas som multifunktionella lösningar så att de kan utgöra tillskott till stadsmiljön och samhällsfunktioner även då det inte nyttjas som översvämningsskydd. Förutom att skapa mervärde i stadsbilden ger det också möjlighet till fler kostnadsbärare som kan finansiera åtgärder. Den förtätningsprocess som pågår i våra städer innebär också att många intressen konkurrerar om yta och att ytkrävande anpassningsåtgärder därmed är kostsamma.

Ta höjd för osäkerheter

Vid utformning av anpassningsåtgärder bör man ta höjd för rådande osäkerheter om klimatförändringarnas storlek och hastighet, vind och vågeffekter med mera, genom att tillämpa en säkerhetsmarginal till den dimensionerande händelsen. Vidare bör det övervägas om det finns skäl att utforma anpassningsåtgärder som är påbyggnadsbara.

10. ANPASSNINGSAÅTGÄRDER

Detta kapitel omfattar en kunskapsinventering av anpassningsåtgärder för att skydda byggnader och kritisk infrastruktur. Inventeringen är inriktad på åtgärder på fastighetsnivå och inte åtgärder för mer storskaligt områdesskydd som till exempel större barriärer, dammar och skyddsportar i flodmynningar. Detta eftersom entreprenören oftast endast verkar och har möjlighet att påverka på nivån av enskilda fastigheter och anläggningar. Då det finns ett stort utbud av produkter och tekniska lösningar på marknaden presenteras en kategoribaserad inventering utifrån skyddens utformning och tekniska funktion. Målsättningen med inventeringen är att beskriva övergripande egenskaper och ge exempel på olika utformningar.

I Bilaga C visas en leverantörslista för tekniska skydd. De skydd som presenteras i detta kapitel är ett urval av de skydd som återfinns på marknaden.

10.1. Anpassning av byggnadskonstruktioner

Nedan lämnas allmänna riktlinjer för översvämningsanpassade byggnadskonstruktioner (Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, 2006):

Byggnadstyp

- Utforma väggkonstruktioner för att klara vattentryck.
- Utforma byggnader med verksamhetslokaler i bottenplan och undvik bostäder i bottenplan.
- Byggnadsytor under översvämningsnivå utformas och materialanpassas för att underlätta återställning.

Grundläggning

- Beakta grundläggningsförutsättningar under vattenmättade förhållanden, risken för erosion vid strömmande vatten och dräneringsförhållanden i anslutning till byggnaden.
- Skydda utsatta delar av byggnaden och beakta vattnets inverkan, vind- och vågeffekter, uppströms- och nedströmssidor.

Golvbjälklag

- Höjdsätt underkant av golvbjälklag för att klara översvämnings effekter även av lokal ytavrinning och eventuella dämningseffekter orsakade av byggnadsdelar/byggnader.

Vägg- och dörrkonstruktioner

- Välj byggnadsmaterial för att klara vattentryck och underlätta återställning.
- Grundplattans utformning tex i form av en klack för att öka motståndskraften mot väta i utfackningsväggar.
- Vid risk för stora vattentryck, skapa öppningar för tryckutjämning.
- Om väggkonstruktion rymmer håligheter bör dessa vara åtkomliga för saneringsinsatser.
- Tillämpa horisontella skarvar i bottenvåning för att underlätta utbyte av fuktskadat material.
- Beakta åtkomstbehov och möjlighet till ventilation av väggkonstruktion vid återställningsarbete.
- Använd isolering av polystyren eller liknande som är:
 - Vattentålig och icke-absorberande.
 - Dränerar och är snabbtorkande.
 - Motståndskraftig mot inträngning av partiklar/finmaterial.
 - Behåller formen efter vattenmättnad.
 - Förankrad för att klara upplyftskrafter.
- Dörrar kan/bör utrustas med ”kattlucka” som kan öppnas åt båda håll för att kunna tryckutjämna både in- och utflödande vatten.

10.2. Särskilda utformningsöverväganden

Vind och vågeffekter

När en våg möter en kaj eller barriär uppstår risk för översköljning. Antingen sker detta genom att vågens topp når över krönet eller att den skvätter över krönet. För att uppskatta våghöjder för olika vattenstånds- och vindscenarier kan antingen numeriska modeller eller mer övergripande handberäkningar tillämpas. (Karlsson, 2018) Baserat på våghöjdsberäkningar kan översköljning vid kajkanten beräknas. I EurOtop (2018) finns empiriska formler för uppskattning av översköljningsvolym.

Risker kopplat till vågeffekter och dess konsekvenser kan generellt indelas i fyra kategorier:

- Skador på översvämningsskydd, både omedelbara skador och sådana som på sikt kan leda till att skydden försvagas och brister med översvämning som följd.
- Direkt risk för personskada eller dödsfall för personer direkt bakom skydd, såsom fotgängare, cyklister eller personer i fordon.
- Skador på fastigheter, egendom, infrastruktur och samhällsfunktioner inklusive sekundära skador såsom samhällsekonomiska eller miljömässiga förluster.
- Översvämning med begränsat vattendjup.

De risker som kan uppstå beror på lokala förhållanden såsom undervattenstopografi, översvämningsskyddens och kajens utformning. Risker kan kopplas till några generella flödesparametrar såsom medelvolymp vatten orsakad av översköljning, samt maximal översköljningsvolymp.

Den samlade riskbildningen av våg- och översköljningseffekter är komplicerad och beror på flera faktorer såsom vattenhastighet, flödestjocklek, fallhöjd och vattentryck. Medel- och maxvolymp av översköljning kan ligga till grund för övergripande riktlinjer gällande acceptabla vågeffekter. Det finns internationella riktlinjer att utgå ifrån vid tillämpning (EurOtop, 2018) (<http://www.overtopping-manual.com/>).

Sammanfattningsvis är det viktigt att beakta vind- och vågeffekter vid utformningen av högvattenskydd för att uppnå effektivt skydd mot en högre vattenyta. Vidare innebär vågornas inverkan genom översköljningseffekter stor risk för skyddens beständighet under extremväder.

Grundvatten

Vid utformning av anpassningsåtgärder med syfte att stänga ute vatten behöver risken för vattenströmning under konstruktionen beaktas. Successivt som översvämningssnivån stiger ökar det ensidiga vattentrycket och skapar förutsättningar för vattentransport genom underliggande marklager. För att undvika att översvämningseffekter transporteras via grundvatten till bakomliggande områden behöver även risker för översvämningsskyddets grundläggning beaktas. Vid utformning är det viktigt att inte ignorera grundvattenrelaterade frågeställningar och att hanteringen avgörs utifrån platsspecifika förhållanden.

Vid byggnation i högpermeabla jordarter eller vid förekomst av vattenförande lager kan det finnas behov av tätning, till exempel att tätspont installeras under fundamentet. Då det endast rör sig om kortvariga översvämningförlopp kan dock tätning under barriärer vara överflödigt eftersom flödet under barriären blir mycket begränsat. Att täta mot inströmning innebär att naturlig utströmning av grundvatten hindras vilket kan ge negativa följdkonsekvenser i form av förhöjda grundvattennivåer och fuktproblem bakom en barriär. Oavsett åtgärd är det viktigt att studera helhetsperspektivet med åtgärden då det utgör ett ingrepp i ett befintligt system som är i jämvikt. (Ogunyoye, 2011)

10.3. Barriärer

Skyddsbarriärer utgör en torr anpassningsstrategi som innebär att anläggningar och kritisk infrastruktur ska motstå en översvämning genom att avskärmas mot vattenmassor. Därmed uppstår inga direkta skador och normal verksamhet kan fortgå utan avbrott. (McBain, et al., 2010)

Förvaltningskostnaden ökar generellt med antal rörliga delar inom barriäråtgärden, såsom elektronik och styrsystem som behöver underhållas och repareras. Krävs mobilisering av personal för att upprätta barriären ökar också förvaltningskostnaden. En uppskattning av driftkostnaden görs utifrån ovanstående och är avsedd att stå i relation till varandra och är inte ett exakt mått på kostnaden. Investeringsskostnaden ges nedan som ett indikativt pris per kvadratmeter barriär:

- Låg - 1000 – 5 000 kr
- Mellan - 5 000 – 10 000 kr
- Hög - >10 000 kr

Nivåerna baseras på data från producenter av översvämningsskydd från 2019 och 2020.

Permanenta

En permanent skyddsbarriär är ett översvämningsskydd som kräver mycket begränsad insats vid driftskedet. Därav är det ur ett tekniskt perspektiv det mest pålitliga översvämningsskyddet som finns att tillgå. Det består av en barriär ovanför markytan samt ett fundament som ger barriären stabilitet. Generellt skiljer litteraturen på permanenta barriärer i två kategorier:

- Storskaliga jordvallar och dammar
- Tekniska skyddsbarriärer

Det finns en mängd olika permanenta skyddsbarriärer på marknaden och fördelen är att de utgör ett pålitligt skydd upptill skyddsnivån (Al, 2018). En permanent barriären kan inkräkta på stadsbilden. I Tabell 10-1 presenteras tre typer av permanenta barriärer. Den första utgörs av betongblock vilket skurits till för att efterlikna en naturlig sandsten och är främst avsedd att skydda kustlinjen. Den andra barriären är en plastspont vilken slås ned tillsammans med träpålar. Denna typ av barriär lämpar sig främst utmed flodbankar. Den tredje barriären är tillverkad av skyddsglas och är därmed transparent vilket gör att den inte inkräktar lika mycket på omgivningen men investeringskostnaden är troligen högre.

Permanenta barriärer kan konstrueras dolda i marken eller längs med floder. De tre som presenteras har bedömts som lämpliga skydd där tillträde premieras som till exempel vid enskilda näringsverksamhet, fastigheter, parkeringsgarage och längs med kanaler.

Semipermanent barriär

Panelbarriären eller avtagningsbar barriär är exempel på semipermanenta barriärer och utgör ett segment mellan en permanent- och en temporär barriär. Robustheten är i nivå med en permanent barriär utan att ge de stora visuella förändringarna som sker med en permanent barriär. Den gör heller inte avkall på framkomligheten till fastigheten. Därmed lämpar sig denna typ av barriär som skydd för verksamheter som till exempel föreningslokaler, restauranger och butiker i riskområden. Barriären kan också upprättas som permanent installerad runt en kraftstation eller ett ställverk som befinner sig inom riskzonen för översvämningar. Vid servicetillfällen kan panelerna lyftas av och fordon passera in. Barriären fungerar endast när den är i en stängd position innan vattennivån har stigit över den lägsta permanenta skyddsnivån. En panelbarriär innehåller generellt dessa delar:

- Temporära paneler och permanenta stolpar och eventuell grundläggning.
- Tätning mellan de temporära elementen och markytan/grundläggningen.
- Avslut mot tät konstruktion som till exempel betongelement.
- Fixeringsskruvar för att hålla paneler på plats samt stödben mot markytan.

För att uppnå ett fullgott skydd måste det finnas en handlingsplan med ett team av personer som mobiliserar och stänger barriären innan översvämningen sker. Tiden är därför en nyckelfaktor för den här typen av barriär då den måste monteras för att ge skydd. Därmed är det väsentligt att handlingsplanen inkluderar en uppdatering om lokala väderförhållanden med varningar för annalkande översvämningar. Barriären bör förvaras i närområdet för att minska risken för förseningar när väl ett

beslut om att mobilisera och upprätta barriären tagits. Barriären lämpar sig främst till riskområden där en översvämning kan förutses några dagar i förväg. (Ogunyoye, 2011; McBain, et al., 2010)

Grundläggningen är avgörande för att de permanenta delarna ska stå stabilt och för att vatten inte ska kunna tränga upp under barriären samt att avslutet av barriären sker mot en tät konstruktion. För att säkerställa att barriären fungerar måste de lokala förutsättningarna övervägas noggrant och behandlas som en del av designen för barriären. Exempel på semipermanent barriär ges i Tabell 10-1.

Temporära barriärer

Det klassiska exemplet av en temporär barriär är sandsäckar som staplas på varandra. Emellertid finns det bättre temporära barriärer som är mera lämpade att användas. Sandsäcken kan utgöra ett bra skydd exempelvis vid ingångar till individuella hus, men i större skala ger sandsäckar inte någon vattentät barriär över tid. På grund av sin tyngd krävs omfattande insats att sätta upp en temporär barriär av sandsäckar.

Temporära barriärer utgör ett bra val då varken permanenta eller semi-permanenta barriärer är möjliga till exempel av ekonomiska skäl, miljömässiga skäl eller för att hantera översvämningsrisk över den permanenta skyddsnivån. Systemet kräver en handlingsplan och tid för att mobilisera och sätta upp barriären. Vidare är det viktigt att försäkra sig om att det inte finns några sekundära flödesvägar som kan äventyra barriärens effektivitet. Dessutom ska marken inte vara genomsläpplig vilket annars skulle innebära att vatten tar sig in under barriären. Övriga hinder som kan uppkomma är till exempel parkerade fordon eller avspärrningar på den tilltänkta platsen för barriären. Det kan leda till förseningar då barriären ska upprättas. (Ogunyoye, 2011)

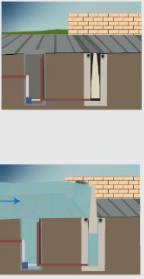
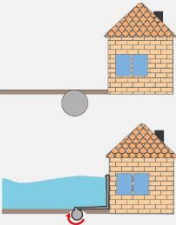
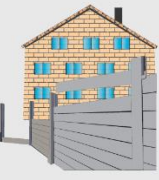

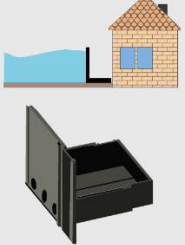
Den temporära barriären kräver förberedelser och planering för att kunna garantera ett effektivt skydd mot översvämningar. För alla typer av temporära barriärer gäller att det finns ett operationellt team med tillräcklig arbetskraft som innehar kunskap om hur och var barriären ska sättas upp. De temporära systemen förlitar sig alltså helt på förmågan att mobilisera snabbt vid en varning om en kommande översvämning. Följaktligen är det av stor vikt att barriären förvaras nära skyddsobjektet, för att minimera risken av förseningar orsakade av transporten.

Investeringskostnaden för denna typ av barriär är i jämförelse låg. Den största kostnaden är vid planering, undersökning av de lokala förutsättningar samt driftskedet där det krävs ett operationellt team som kan kopplas in på jour när ökad risk för översvämning föreligger. Teamet måste ha tillfälle att öva på att upprätta barriären och därigenom säkerställa dess funktion. En rimlig uppskattning för en barriär om 400 m är att det krävs omkring hundra övningstimmar (2 dagar för 6 - 8 personer) per år för att upprätthålla den operativa kraften. Vidare krävs att en person veckovis uppdaterar sig om kommande översvämningsrisker. Det innebär att under en 50-årsperiod kommer driftkostnaden utgöra ungefär 80% av totalkostnaden. Exempel på temporära barriärer ges i Tabell 10-1.

Tabell 10-1: Barriärer presenteras översiktligt med indikativ kostnad, exempel på tillgängliga leverantörer och kommentarer utifrån ett MKA-perspektiv.

Produkttyp	Kostnad	Tillgängliga leverantörer	Kommentarer	Illustration
Permanent barriär	Låg	Redi-rock - Amerikansk leverantör Retainingwallsolutions - Engelsk leverantör	Kan kräva markförbättrande grundläggning vilket kan vara kostsamt. + Förvaltningskostnad + Lång livslängd + Avfallsmöjligheter + Praktiskt beprövad - Resurseffektiv - Risk att inverka på kulturvärden - Riskerar att ge barriäreffekter	
Permanent barriär	Mellan - Hög	Hydra-tec - Svensk leverantör produktion sker i Tyskland IBS Engineered Products - Engelsk leverantör	Ameratglas minskar risken för eventuella barriäreffekter. Kan kräva markförbättrande grundläggning vilket kan vara kostsamt. + Lång livslängd + Avfallsmöjligheter + Praktiskt beprövad - Hög investeringskostnad	
Permanent barriär	Låg	Plastic piling company - Engelsk leverantör	Plastspons främst avsedd att användas längsmed flodbank. + Upprätt håller funktion + Avfallsmöjligheter + Praktiskt beprövad + Resurseffektiv - Risk att inverka på kulturvärden	
Automatisk permanent barriär	Hög	Dai-Chen Taiwaneseisk leverantör produktion i Taiwan Floodcontrolinternational - Engelsk leverantör	Självstängande med motor som aktiveras med sensor eller manuellt främst avsedd att användas i områden som normalt kräver tillgänglighet ex. infarter, garage och entreér. + Tillgänglighet + Avfallsmöjligheter + Praktiskt beprövad + Resurseffektiv - Hög förvaltningskostnad - Hög investeringskostnad	

Fortsättning av ovan tabell: Barriärer presenteras översiktligt med indikativ kostnad, leverantörer och kommentarer utifrån ett MKA-perspektiv.

Produkttyp	Kostnad	Tillgängliga leverantörer	Kommentarer	Illustration
Passiv permanent barriär	Mellan - Hög	M3 Floodtec - Engelsk leverantör Floodcontrolinternational - Engelsk leverantör	Självstängande, använder vattnet som lyftkraft. Avsedd att användas i områden som normalt kräver tillgänglighet ex. infarter, men även längsmed flodbankar. + Tillgänglighet + Avfallsmöjligheter + Praktiskt beprövad + Resurseffektiv - Hög investeringskostnad	
Passiv permanent barriär	Låg - Mellan	Floodframe A/S - Dansk leverantör	Flytramsbarriär aktiveras genom att sensor placerade i terrängens lågpunkt översvämmas, varefter barriären utlöses och förlitar sig på vattnets lyftkraft för att omsluta byggnaden. Tekniken är beprövad på mindre byggnader. + Resurseffektiv + Tillgänglighet + Inverkar inte på kulturvärden + Låg investeringskostnad - Kan inte återanvändas vilket kan medföra hög förvaltningskostnad	
Semi-permanent barriär	Låg - Mellan	Dai-Chen Taiwanesisisk leverantör produktion i Taiwan Floodcontrolinternational - Engelsk leverantör ANDEL - Engelsk leverantör	Panelbarriär kräver ett team med förmåga att upprätta skyddet. Finns tillgänglig i olika material. + Tillgänglighet + Lång livslängd + Låg investeringskostnad + Praktiskt beprövad - Förvaltningskostnad - Kräver förvaring - Kräver varningssystem	
Temporär barriär	Låg	NOAQ - Svensk leverantör	Tubbarriär kräver ett team med förmåga att upprätta skyddet. + Låg investeringskostnad + Praktiskt beprövad - Förvaltningskostnad - Kräver förvaring och varningssystem	
Temporär barriär	Låg	Cuirassier - Fransk leverantör Liknade produkter levereras av: NOAQ - Svensk leverantör Aquafence - Norsk leverantör	L-barriär kräver team med förmåga att upprätta skyddet. + Låg investeringskostnad + Praktiskt beprövad - Förvaltningskostnad - Kräver förvaring och varningssystem	

10.4. Skydd av teknisk försörjning

Nedan ges en sammanställning av känsliga komponenter och tekniska beroenden för olika typer av skyddsobjekt (Ciria, 2010).

Elektricitet

Översvämning av elektriska system eller komponenter innebär risk för kortslutning, elchock och skada på elektriska komponenter och utrustning, brand och i värsta fall dödsfall. I kustområden kan saltvatten orsaka allvarlig skada på elektriska komponenter genom korrosion. Övergripande är den bästa anpassningsåtgärden att förlägga el-utrustning på översvämningssäker nivå. I de fall detta inte är möjligt bör man sträva efter att prioritera särskilt vitala delar.

Elsystem utgörs av tre olika huvudkomponenter:

- Primära komponenter kopplat till huvudströmförsörjning.
 - Kablar, transformatorer, styrskåp, huvudbrytare, elmätare med mera. Denna typ av komponenter utgör de mest vitala delarna och är vanligen också de dyraste att ersätta. De utgör också gränssnittet mellan elleverantör och fastighetsägare och är särskilt viktiga att skydda.
- Sekundära komponenter kopplat till elsystem inom fastighet.
 - Belysnings- och andra el- och styrkomponenter för fastighetens funktion.
- Ledningar
 - Invändigt och utvändiga ledningssystem för fastighetens funktion. Vanligen isolerade kablar och ledare, utanpåliggande eller i kanalisering.

Elsystemet består av primära komponenter som nätleverantören ansvarar för och inkommande elektricitet till fastighet kan ske via markledning eller luftburenledning. Att det primära distributionssystemet anläggs över högsta förväntade översvämningssnivå är därför en första viktig åtgärd. I andra hand handlar det om skadebegränsande åtgärder som syftar till att minimera återställningstid. Man bör förutsätta att alla komponenter i form av uttag, kopplingsdosor med mera som påverkas av en översvämning kan behöva ersättas.

För de sekundära elinstallationerna ska ledningarna dras upp mot taket och nedåt där uttag för el kan placeras på en höjd över högsta förväntade översvämningssnivå. Placering av fast elektrisk apparatur såsom värmepumpar, ungar, kylskåp och frysar bör ske i arbetshöjd och uppåt istället för stående på golvnivå. Detta syftar till att både minimera risken för personskador, men även för att begränsa skada på egendom. Delar av elsystem som inte kan förläggas ovan dimensionerande vattennivå bör ha en tydlig separat koppling för att de enkelt kan stängas av vid översvämning. Vid utformning av elsystem är det viktigt att beakta särskilt viktiga funktioner kopplat till hälsa och säkerhet såsom brandvarnare, nödbelysning och komponenter som påverkar åtkomst/utrymning av fastighet såsom portar och grindar. Placering av el-centraler kan påverkas av krav från elleverantörer men målsättningen bör vara att placera dessa högt. Elkablar som måste förläggas under dimensionerande högvattennivå bör vara vattentåligena och förläggas i kabelrör eller liknande för att underlätta ifall de behöver ersättas. För mer information om hur byggnadens elsystem kan skyddas, se (FEMA, 2017).

Avlopp

Vid översvämningar kan det förutsättas att det inte går att använda avlopp och att möjliga anpassningsåtgärder syftar till att minimera skador och möjliggöra snabbt återställande efter översvämning.

Detta avsnitt behandlar inte enskilda avlopp utan enbart sådana anslutna till det allmänna VA-nätet.

Risker med översvämning kopplat till avloppssystem omfattar följande:

- Översvämning av avloppsvatten i fastigheten på grund av baktryck i ledningar. Detta kan bero på att vatten tränger in och fyller VA-ledningar, driftstopp i pumpstationer eller backventiler.

Denna typ av översvämningseffekt kan uppstå utanför översvämningssdrabbade områden, speciellt i områden med kombinerade ledningssystem (det vill säga där dagvatten och avloppsvatten går i samma ledning).

- Fysisk påverkan på ledningar eller andra komponenter i VA-systemet. Det vanligaste orsakerna är erosion eller underminering av mark som leder till att markförlagda ledningar skadas och den vanligaste skadan enligt erfarenheter från USA är rörbrott eller isärglidande rörfogar.
- Förorening av översvämmade vatten orsakad av avloppsvatten, vilket skapar hälsorisker via direktkontakt eller indirekt genom förorening av bostäder, allmänna utrymmen med mera.

Ovanstående innebär risker som kan göra byggnader oanvändbara, fördyra, försvåra och göra sanerings- och återställningsarbete riskfyllt. Anpassningsåtgärder kan delas in i två övergripande målsättningar:

- Förhindra översvämningar i fastigheter via baktryck i ledningssystem.
- Förhindra skada på systemkomponenter.

Generellt är det svårt att minska risker i avloppssystem via höjdsättning då de oftast är utformade utifrån självfallsprincipen. Gällande risker för fysisk skada på anläggningsdelar utanför fastighet bör de utformas robust och med beaktande av denna typ av risker.

Då en backventil stängs på grund av översvämning är det inte möjligt att använda avloppet om systemet inte har utformats med lokal lagringstank eller ejectorpump som kan trycka avloppsvatten genom eller förbi backventilen i en särskild ledning. En lokal septiktank i fastigheten kan utformas som en glasfiber- eller betongtank som kan tömmas efter att översvämningen upphört. Om den riskerar att översvämmas måste den vara vattentålig och förankrad för att klara upplyft.

Ett utförande för att pumpa ut avloppsvatten är uppsamling i en pumpgrop med nivåstyrd pumpning. Systemet bör utformas med nödförsörjning av el för att fungera under en översvämningssituation. Rör genomföringar måste utföras med tätning, till exempel med expanderande gummitätning, se Tabell 10-2.

Ytterligare en aspekt är att dagvatten vid höga vattenstånd i recipient inte kan avledas med självfall vilket skapar risk för översvämningar vid kombinerade händelser (höga nivåer i recipient med samtidigt regn). En studie har visat att detta skapar ett behov av dagvattenpumpstationer och avskärande dagvattenledningar till en kostnad om 5 mdr kr för Göteborg (Karlsson, 2020).

Dricksvatten (allmänna försörjningssystem)

Genomträngning av vatten runt rörledningar utgör en möjlig väg för vatten in i byggnaden och tätning mellan vägg och rörledning är den mest effektiva åtgärden för att minska risken för genomträngning. En tätningsplugg som ansluter runt rörledningen med elastiskt EPDM-gummi och ett utanpåliggande beslag av rostfritt stål för att motstå utanpåliggande vattentryck utgör ett mycket bra skydd mot inträngande vatten, se Tabell 10-2.

Ventilation och värme

Det finns olika typer av genomgående ventilation beroende på byggnadskonstruktion. Systemet är antingen aktivt eller passivt. Oavsett ventilationssystem är dess gemensamma faktor att det utgör en öppning in till byggnaden. De lågt liggande ventilationsöppningarna är de mest sårbara och fokus bör vara att skydda dem från inträngande vatten. Det finns kostnadseffektiva lösningar för att antingen höja upp ventilationsöppningen eller byta ut ventilationsgallret till en ventil som tillåter luft att passera igenom men stängs av utanpåliggande vattentryck, se Tabell 10-2.

10.5. Resilient byggande

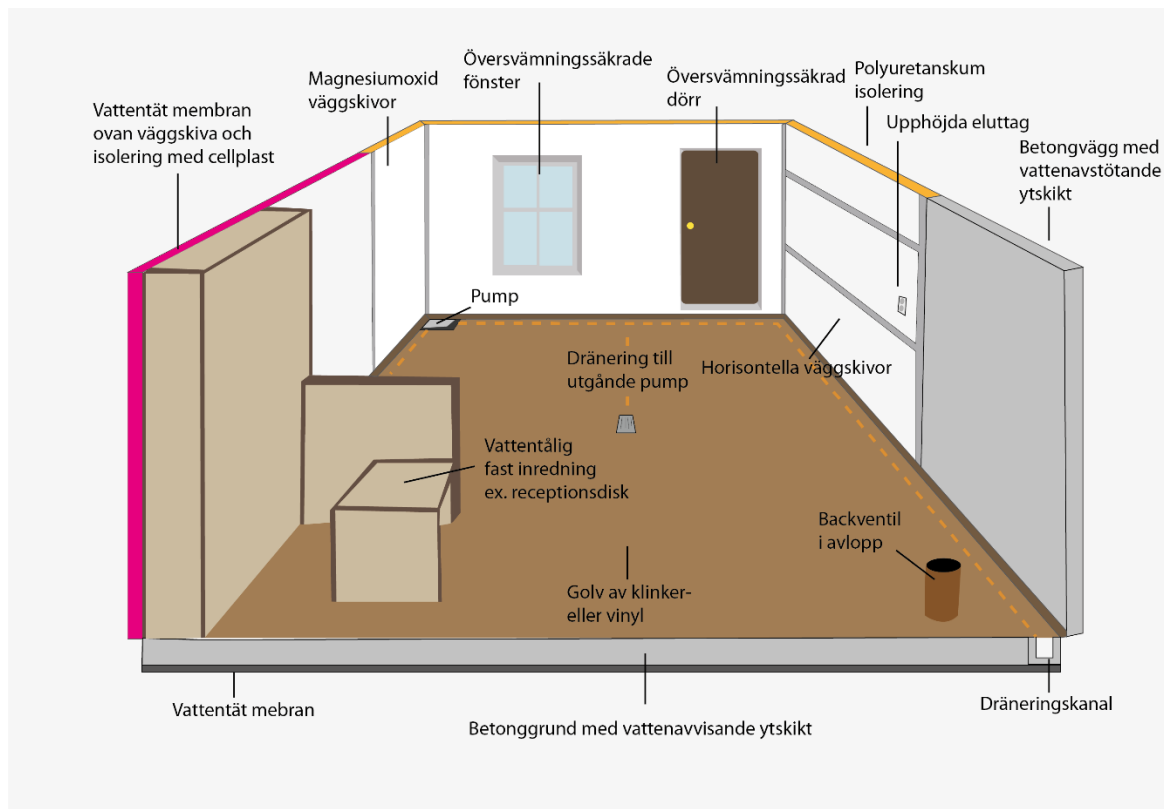
En strategi är att acceptera att byggnaden översvämmas till en viss nivå och istället inrikta anpassningsstrategin till att minimera ekonomisk skada och reducera tid för återställning till dagar istället för månader. Det kan uppnås genom att skapa ett motståndskraftigt (resilient) tekniskt skydd. Då översvämning orsakas av olika händelser, måste resilient byggande inbegripa särskild hänsyn till de lokala förutsättningarna. Det är applicerbart både som en retroaktiv anpassning och vid nybyggnation (BSI Standards Publication, 2015; McBain, et al., 2010), (FEMA, 2014).

Åtgärderna inriktas dels på att minimera håligheter i byggnaden (exempelvis via tätning med vattenavvisande sprutskumisolering), installation av översvämningssäkrade dörrar och fönster eller alternativt semi-permanenta luckor, höja upp lågt liggande genomföringar för exempelvis bergvärme, ventilation, internet och liknande. Vid nybyggnation bör grunden tätas med vattentät membran för att motverka att stigande grundvattennivåer tar sig in i byggnaden underifrån. Att tätas byggnaden görs främst i syfte att köpa tid till att höja upp och flytta föremål och inredning till en säker höjd som annars skulle ta skada av vattnet. I Figur 10-1 presenteras en generell skiss av en resilient byggnad. (Gabalda, et al., 2013)

Fast inredning bör utföras med vattentåliga material. Att anlägga en dräneringskanal längs med väggarna under golvet kopplat till en separat pumpanläggning med utflöde ovan högsta förväntade översvämningssnivån är en av de lösningarna som har störst inverkan på återställandetiden. Det eftersom vatten snabbt och effektivt kan ledas ut från fastigheten. Det minskar risken för omfattande vattenskador på lös egendom, då vattennivån inomhus kan hållas låg. Dräneringskanaler i golvet är samtidigt en åtgärd som är betydligt billigare att utföra i anläggningsskedet än att göra retroaktivt i en befintlig byggnad. Vidare bör avloppet utrustas med en backventil vilket innebär att risken minskar att fastigheten ska översvämmas från avloppet, då backventilen endast tillåter flöde i utgående riktning. (BRE Global Ltd, 2020)

Väggar och isolering står för en betydande del av kostnaden om de måste rivas och ersättas. Det finns flertalet olika lösningar på marknaden och här ges några exempel. Betong är ett relativt vattentåligt material. Dock har betongen en sugande effekt och i en översvämningssituation kommer vatten infiltreras i betongens porutrymmen vilket kräver en omfattande avfuktning under flera veckor. Genom att antingen tillsätta en vattenavstötande (hydrofob) tillsats i betongen eller behandla den med ett vattenavstötande ytskikt minskar återställningstiden. (Gabalda, et al., 2013)

Väggskivor i MDF och gips kan beläggas med ett vattentät membran vilket minskar risken att det tar skada av vattnet. Genom att anlägga väggskivorna horisontellt minskar behovet av återställning ifall väggskivorna vattenskadadas, då endast de nedre väggskivorna behöver bytas. Att välja cellplast eller polyuretanskum som isoleringsmaterial minskar återställningstiden då materialen är vattentåliga samt ger minskad risk för att behöva byta ut isoleringen. Golv av vinyl eller keramik är att föredra då de är vattentåliga. (BRE Global Ltd, 2020)



Figur 10-1: Generell skiss av en resilient byggnad. Figuren är modifierad från (BRE Global Ltd, 2020)

Skydd av dörrar

Dörrar tillverkas av en mängd olika material (PVC-U, trä och metall med flera) och kan beroende på utformning ha ett visst motstånd mot översvämningar. Utformningsaspekter gällande dörrar kan omfatta val av fukttåliga material eller möjlighet att stänga ute vatten. Det finns dörrar på marknaden där leverantören har genomfört tester av produkten för att garantera deras förmåga att stänga ute vatten. En vanlig standard för detta är BSI PAS 1188-2014:1. Förmågan att stänga ute vatten beror på flertalet faktorer. Tätning mellan dörrkarm och vägg samt mellan dörrtröskel och dörr anses vara de viktigaste delarna. Det finns också utanpåliggande luckor som kan monteras, vilka förhindrar vatten att komma i kontakt med dörröppning och skarvar mellan dörrkarm och vägg. (Dverre & Nilsson, 1986)

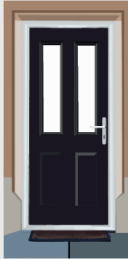

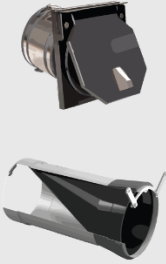
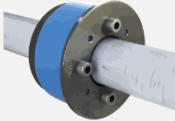
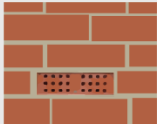

Skydd av fönster

Utformningsaspekter gällande fönster kan som för dörrar omfatta val av fukttåliga material eller möjlighet att stänga ute vatten. Fönster tillverkas vanligen i en ram av trä, metall eller PVC-U med två- eller treglasfönster och har en viss förmåga att hålla vatten utanför. I likhet med dörrar finns det specifika översvämningssäkrade fönster på marknaden där leverantören har genomfört tester av produkten för att garantera deras förmåga att stänga ute vatten. Även här är en vanlig standard BSI PAS 1188-2014:1. Förmågan att stänga ute vatten beror på ett flertal faktorer, men tätning mellan fönsterkarmen och väggen är den viktigaste. Översvämningssäkrade fönster eller luckor bör inte användas om de är placerade >900 mm över lägsta golvnivå. (Dverre & Nilsson, 1986)

Skydd av garageportar

På marknaden finns specifikt utformade översvämningssäkrade garagedörrar som främst är utvecklade för större parkeringsgarage. För mindre garage är det vanligare att installera en panelbarriär.

Tabell 10-2: Tekniska skydd presenteras översiktligt med indikativ kostnad, leverantörer och kommentarer utifrån ett MKA perspektiv.

Produkttyp	Kostnad	Tillgängliga leverantörer	Kommentarer	Illustration
Översvämnings-säkrad dörr	15 - 30 tkr	Bowaterdoors - Engelsk leverantör M3 Floodtec - Engelsk leverantör Stormguardfloodplan - Engelsk leverantör Buffalofloodsystems - Engelsk leverantör	Vanliga material är stål, PCV-U och komposit. Utförande efterliknar vanliga och industriella ytterdörrar och garageportar. Översvämningssäkrade dörrar och garageportar som är certifierade enligt: PAS 1188-1:2014 är godkänd för ett vattentryck om minst 600 mm	
Översvämningsluckor	5 - 10 tkr	Buffalofloodsystems - Engelsk leverantör M3 Floodtec - Engelsk leverantör Stormguardfloodplan - Engelsk leverantör Aquobex - Engelsk leverantör	Installeras utanpåliggande för dörrar och fönster antingen som flera paneler eller en lucka. Ger ett skydd upp till angiven nivå. Fördelen är att lösningen är billigare men nackdelen är att panelen måste installeras för att skydda mot översvämning.	
Backventiler	5 - 10 tkr	WAPRO - Amerikans leverantör Dai-Chen Taiwaneseisk leverantör Buffalofloodsystems - Engelsk leverantör	Enkel konstruktion som reagerar på själva flödessituationen i avloppsledningen och tillåter bara flöde i en riktning. Övre figur visar en mekanisk backventil med ventilklopp. Nedre figur visar med membranventil från WAPRO.	
Rörplugg	<1 tkr	Roxtec - Amerikansk leverantör	Tätning av rörledningar med EPDM gummi ger en god tätning även vid ojämnheter i vägg.	
Airbrick	<1 tkr	Buffalofloodsystems - Engelsk leverantör M3 Floodtec - Engelsk leverantör	Installeras i befintligt ventilationsintag i murverk. Certifierad enligt Kitemark PAS 1188-1:2014	
Snorkelventil	<1 tkr	Snorkelvent - Engelsk leverantör	Installeras över ventilationsintag. Tätas med silikon och kan installeras ovan på de flesta material. Certifierad enligt BSI 1188-1:2009	

10.6. Vattentåliga material

Materialval är avgörande för att uppnå resiliens och motståndskraft mot översvämning. Tre fysiska aspekter som är särskilt viktiga att beakta vid materialval (Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, 2006):

- Material som försvagas när de blir våta, till exempel gips, spånskivor bör användas med försiktighet särskilt om de används som strukturella bärande komponenter för byggnaden. Även om de inte orsakar strukturella skador på byggnaden kan materialet bli permanent skadat efter en översvämning och behöver ersättas.
- Material som är stabila när de är vattenmättade men är porösa och absorberar vatten, till exempel tegel eller lättklinker. De bör endast användas på platser där det finns goda ventilationsmöjligheter och uttorkning kan ske effektivt.
- Material som inte påverkas negativt av vatten, inte försämras eller förlorar strukturell bärande förmåga när de utsätts för vatten samt inte lätt absorberar vatten. De är därmed ideala för användning vid byggnation i riskzoner.

Materialvalet i den tredje kategorin hämmas ofta från användningen på grund av dess kostnad. För konstruktionskomponenter vid grunden och vid bärande väggar är dessa särskilt meningsfulla då det är strukturella egenskaper som stödjer laster för att undvika strukturell kollaps. Golvet kan också vara mycket svårt och kostsamt att ersätta. Omvänt kan val av skåp av spånskivor vara lämpligt och kostnadseffektivt eftersom de inte är strukturellt bärande och kan bytas till relativt låg kostnad om de blir fuktskadade. Uppmärksamhet bör först ägnas åt komponenter som utför en bärande funktion för byggnaden.

En ny typ av konstruktionsmaterial kallas Geosynthetic Cementitious Composite Mats (GCCM). Det är en flexibel och betongfylld geosyntetik som reagerar då det utsätts för vatten och bildar ett tunt vattentätt betongskikt. Denna typ av material har potential att förenkla anläggning av vattenavledande betongkonstruktion då behovet av traditionell anläggning med gjutformar och blandningsutrustning för betongen minskar.

Amfibiehus

Om byggnader uppförs i områden med översvämningsrisk som inte skyddas av vallar eller portar, kan man välja att hindra vattnet att nå byggnaderna genom att bygga på plintar eller som flytande byggnader. Det finns även amfibiebyggnader som vid översvämning flyter upp men är förankrade så att de i samband med att vatten sjunker undan hamnar i ursprungligt läge. Husen är i normalfall förlagda på mark och de exempel som finns omfattar mindre byggnader. Byggnader på plintar eller flytande byggnader kan däremot utföras även för större byggnader. (Sikander & Svennberg, 2016)

Denna typ av konstruktioner innebär ökade byggkostnader då det kräver två typer av grundläggning och är uppskattningsvis 20 – 25 % dyrare än ett normalhus. Fördelar är att byggnadsnivån kan sänkas och att byggnadsarean därmed ökar för samma ytanvändning med bibehållen byggnadshöjd. Det är en fördel om det finns restriktioner om lägsta golvnivå och högsta tillåtna byggnadshöjd, se Figur 10-2. (Baca Architects, 2014)



Figur 10-2: Amfibehus som använder vattnets lyftkraft som lyfter huset under översvämningen. Modifierad från (Baca Architects, 2014).

10.7. Förhöjd grundläggning

Översvämningssäkerhet av byggnader kan också ske genom att via pålar bygga på en översvämningssäker nivå där både högsta högvatten och vågeffekter beaktas. Denna teknik är vanlig internationellt och särskilt då det gäller översvämningssäkerhet av befintliga byggnader, så kallade "Retrofitting" (FEMA, 2014). Byggnadstekniken medför utmaningar när det gäller tillgänglighet och teknisk försörjning. Olika konstruktionsprinciper beskrivs nedan:

Förhöjd grundmur

Denna konstruktionsprincip är känslig för horisontella krafter och lämpar sig därmed i områden med låga strömningshastigheter och små/inga vågeffekter. Grundmurarna måste utformas med öppningar för att utjämna ensidiga vattentryck. Då konstruktionen innebär att grundläggningen utgör en sluten enhet måste vattentåliga material användas. I USA är det vanligt att föreskriva att materialen ska klara minst 72 timmars vattenkontakt utan att betydande skada uppstår. Med betydande skada avses återställningsåtgärder utöver återställande av ytskikt. (FEMA, 2020)

Förhöjd lägsta grundläggningsnivå

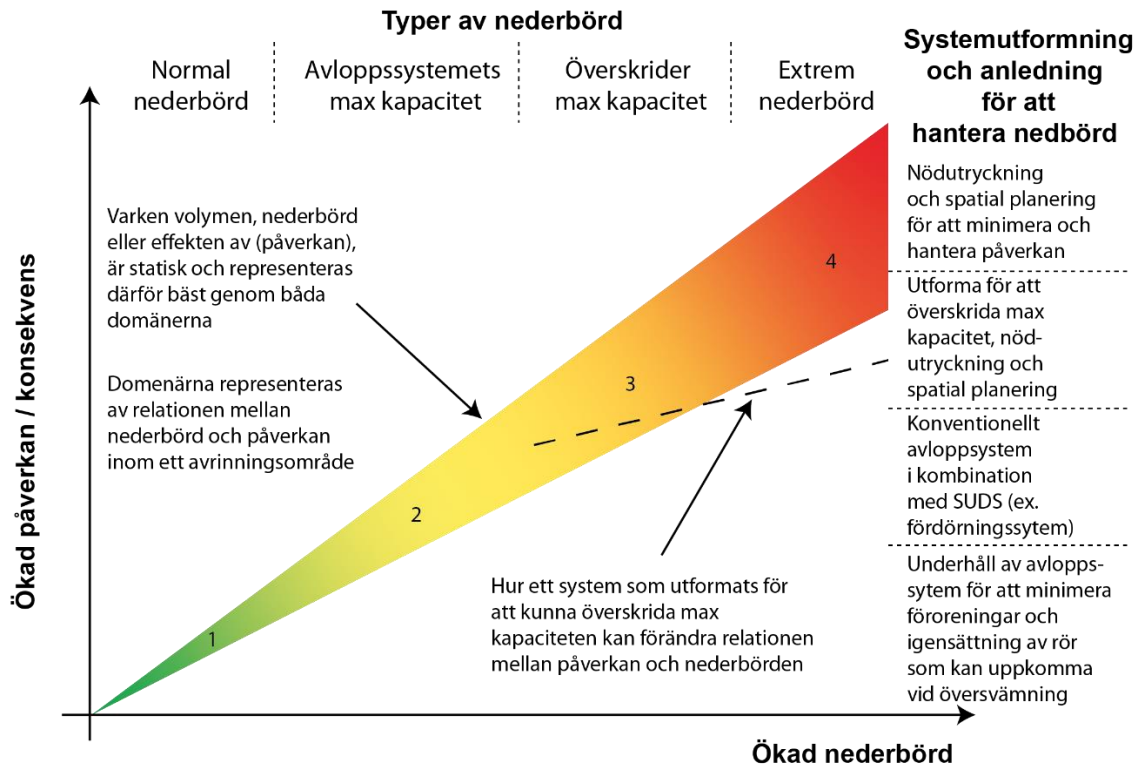
Denna metod tillämpas vanligen för befintliga hus och anläggningar och innebär att nyttjandeytan flyttas upp till ett högre våningsplan eller att grundläggningen ökas på genom nytt bjälklag eller förhöjd bottenplatta.

Förhöjd öppen grundläggning, pål- och plintgrundläggning

Denna grundläggningsmetod är vanligen utformad för vertikala laster, det vill säga att överföra husets tyngd till mark. Ur ett översvämningssperspektiv måste även horisontella krafter beaktas som uppstår på grund av strömmande vatten, vågeffekter och kollision med vattentransporterade föremål/material. Metoden tillämpas internationellt i områden där det finns risk för strömmande vatten, kraftig vind och betydande vägkrafter.

10.8. Storskalig skyfallsplanering

I en naturlig miljö sker vattenflöden inom ett avrinningsområde utifrån områdets topografi. I en bebyggd miljö påverkas vattnets naturliga flödesmönster av stadens mark och infrastruktur som innebär ett förändrat flödesmönster. Vid stora nederbörds mängder kan ytavrinningen skapa problem i den bebyggda miljön då den storskaliga avvattningsstrukturen inte beaktats i den fysiska stadsplaneringen. I Figur 10-3 illustreras systemutformning för olika typer av regnhändelser.



Figur 10-3: Hanteringsprinciper för olika typer av regnhändelser. Figuren är modifierad från (CIRIA, 2014).

Alla områden i en stad ingår i och påverkas av det storskaliga avvattningsmönstret vilket ger planeringsförutsättningar som inte går att påverka i den lokala skalan. Detta kan innebära att ett område behöver hantera effekter av vattenflöden som vore lättare och mer kostnadseffektiva att åtgärda uppströms. Detta skulle kräva åtgärder utanför planområdet vilket inte är möjligt i enskilda projekt. Det kräver istället en storskalig avrinningsområdes åtgärdsplanering (strukturplan för vattenhantering) som måste ske på kommunal eller regional nivå.

Syftet med en storskalig vattenplanering är att ge vägledning om vilka principer som ska gälla inom olika delar av avrinningsområdet. Det i form av magasinering och avledning och vilka volymer som ska hanteras. Detta kan sedan utgöra underlag för principiella åtgärdsval och översiktlig dimensionering, för att leda, fördröja och magasinera vattnet utifrån platsspecifika förutsättningar. Det är helheten av dessa olika delåtgärder som tillsammans utgör den storskaliga planen för vattenhantering där åtgärder väljs, utformas och dimensioneras för att ge acceptabel översvämningsrisk.

Beroende på var ett utbyggnadsområde är lokaliserat inom ett avrinningsområde kan vissa principer för vattenhantering vara mera lämpliga. Ur ett storskaligt perspektiv är det mer lämpligt att arbeta med magasineringsåtgärder långt upp i ett avrinningsområde följt av fördröjning och avledning längre ned. Eftersom denna typ av storskaliga planeringsinstrument i dagsläget är ovanliga måste varje enskilt projekt ta ansvar för vattenhanteringen och säkerställa att man inte skapar negativa effekter för angränsade områden. De krav som ska gälla planeringsförutsättning för en entreprenör anges av kommunen eller byggherren och innebär i de flesta fall att fördröjning av skyfallsmängder sker inom den egna fastigheten. Beroende på vilka nederbördsmängder som ska hanteras kan detta innebära betydande utmaningar då regn med större återkomsttider kräver hantering av stora vattenmängder.

10.9. Lokal skyfallsanpassning

Behov av skyfallsanpassning för en fastighet kan vara att:

- Motverka risk att skyfall ger upphov till att vatten via översvämning skadar fastigheten.
- Inte orsaka negativa effekter på intilliggande områden via ytavrinning.

Skyfall sker plötsligt och är svåra att förutse. Då det vanligen inte finns tid för tillfälliga åtgärder är det främst permanenta anpassningsåtgärder som kan hantera denna typ av översvämningsrisker.

Drivkraften för fördröjningsåtgärder utgörs idag främst av kommunala krav om att fastigheter ska ha en viss fördröjningskapacitet. Entreprenörens eller byggherrens drivkrafter är begränsat och kopplas till miljöhänsyn och att blågröna lösningar eller vattenspeglar kan bidra till att skapa attraktiva miljöer. Det finns motstående intressen då åtgärderna kräver yta, är kostsamma och medför drift- och underhållskostnader. Dagens krav på fördröjningsvolymerna får anses som blygsamma i förhållande till de volymer som krävs för att begränsa översvämningsrisker kopplat till skyfall och kraven på fördröjningskapacitet kan förväntas öka. Det är inte orimligt att det på sikt kan ställas krav på att inom fastigheten ha kapacitet att hantera upp till 100-års regn. Detta innebär betydande utmaningar då det medför hantering av mycket stora vattenvolymer.

I detta avsnitt behandlas olika typer av magasinerings-, fördröjnings- och avledningsåtgärder. Åtgärder för att klara översvämningsproblematik kopplat till skyfall omfattar permanenta och i vissa fall semi-permanenta åtgärder som redovisas i andra avsnitt. Några exempel på lösningar illustreras i Tabell 10-3.

Avledning

I områden nära en recipient med stor kapacitet är det oftast mer effektivt att avleda överskottsvatten än att magasinera och fördröja. Detta kräver dock att kapaciteten i avvattningssystemet klarlagts så att inga negativa effekter uppstår nedströms. Det kräver i princip en recipient utan kapacitetsbegränsningar då avledning annars medför att avledningspotentialen från längre uppströms belägna områden intecknas. Avledning av större nederbördsmängder sker ur kapacitets- och kostnadsperspektiv mest effektivt via öppna dagvattenlösningar.

Fördröjning

Vid skyfall eller perioder med stora regnmängder finns risk att dagvattenledningsnätets kapacitet överskrids vilket kan resultera i marköversvämningsrisker. Syftet med fördröjningsåtgärder är att minska belastningen på dagvattensystemet genom att fördröja överskottsvatten till dess att ledningsnätet återfår avledningsskapacitet. Fördröjningsåtgärder minskar framför allt risken för översvämning nedströms i avvattningssystemet. Genom avlednings- och fördröjningsåtgärder, som styr och omfördelar vattenflöden inom en fastighet, kan översvämningsriskerna även kontrolleras inom den egna fastigheten. Då skyfall innebär stora vattenvolymer är det mest lämpligt med öppna avledningssystem då det annars skulle krävas extremt stora ledningsdimensioner för att klara denna typ av flöden i motsvarande markförlagda ledningssystem. I Tabell 10-3 ges en översikt om tillgängliga fördröjningslösningar.

Öppna fördröjningsmagasin

Öppna fördröjningsmagasin är den storskaliga kontrollen av hur mycket vatten som kan fördröjas uppströms, genom lagring av vattnet i våtmarker, dammar eller fördröjningsbassänger. Öppna fördröjningsmagasin utgör en av flera dimensioner i Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) som inkluderar flera tekniker som tillsammans bildar ett robust och hållbart system för hantering av dagvatten. (Charlesworth, 2010) Hur systemet ser ut beror på de lokala förutsättningarna där bland annat nederbörd, vattendrag, topografi, infiltration, avdunstning och landhöjning är några av parametrarna att ta hänsyn till. Öppna fördröjningssystem kan kombineras med exempelvis infiltrerings- och filtreringsanläggningar vilket kan bestå av genomsläpplig jord och vegetation som kan anpassas för att avlägsna föroreningar innan utsläpp sker till vattendrag eller grundvattenmagasin.

Utformningen av SUDS omfattar många olika discipliner och multidimensionella kriterier (Fryd, et al., 2012). Specialister och yrkesverksamma inom SUDS tenderar att fokusera på och prioritera sina egna fält (Brown & Farrelly, 2009). Som ett resultat finns en risk att med för ämnesspecifika tekniker och lösningar, missas helheten och viktiga effekter från andra områden förbises (Zhou, 2014). För att minska risken behövs en integrerad och tvärvetenskaplig långsiktig strategi. En omfattande exempel-samling om öppna fördröjningssystem (SUDS) finns i (CIRIA, 2015).

Blå-gröna tak

Taktytor kan ofta betraktas som outnyttjad yta. De kan användas för att öka arean av grönområden i den urbana miljön och avlasta och fördröja dagvatten till ledningsnätet. Fördelarna är ökad grönska och biologisk mångfald, ökad isolering mot värme, kyla och buller samt värmereducering i stadsmiljö. Nackdelen är utökad underhållsbehov.

Vegetationsklädda tak har kapacitet att fördröja och reducera mängden dagvatten genom att växtligheten och underliggande jordlager tar upp nederbörd och en del avdunstar. Beroende på utformningen av taklutning, växtlighet och tjocklek kan avrinningen minska med 25 – 75 procent. Fördröjningskapaciteten varierar över året och beror på mäktigheten av jord och växtlager och kan variera mellan 5 – 20 mm nederbörd. Under ett regns inledande skeden sker ingen avrinning men när taket blir vattenmättat ökar avrinningen snabbt och flödestopparna fördröjs något (Stockholm Vatten och Avfall, 2018).

Ett annat alternativ är så kallad "Rainwater harvesting" vilket innebär att man upprättar ett system för alternativ vattenförsörjning genom uppsamling och lagring av regnvatten på tak och andra byggnadsytor. Vatten lagras vanligen i magasin och tankar för användning inom till exempel bevattning eller spolvatten för WC.

I Sverige konstrueras byggnader att tåla snölast på 1 – 5,5 kN/m² (Boverket, 2019b). Det innebär att det finns ett konstruktionsmässigt utrymme för att anlägga blå-gröna tak. För fastighetsägaren innebär blå-gröna tak en ökad driftkostnad och livslängden för byggnaden riskerar att minska vid läckage genom tätskiktet.

Underjordiska magasin

Kassetmagasin

Fördröjningsmagasin bestående av kassetter är ett relativt billigt och anpassningsbart system som kan skalas upp till en höjd om sex meter vilket innebär en teoretisk lagringsvolym på cirka 600 m³ vatten per 100 m². Dock begränsas den här typen av magasin generellt av grundvattenytans läge. Det finns möjlighet att täcka kassetterna med ett tätskikt (geomembran) och möjliggöra placering under grundvattenytan. Det är dock tekniskt svårt att installera ett tätskikt, speciellt när storleken på magasinet skalas upp. Underjordiska magasin ger förutsättningar för yteffektiv användning då de kan förläggas under parkeringsplatser, fotbollsplaner och mindre vägar men detta kan påverka tillåten markbelastning.

Rörmagasin och tankar

Rörmagasin utgör en typ av fördröjningsmagasin bestående av rör i betong, polyeten eller fiberkomposit för att magasinera och fördröja dagvatten till det befintliga dagvattennätet. Diametern på röret finns tillgänglig upp till 3 m. Plaströr kan behöva förankras i marken om rören helt ska ligga under grundvattenytan på grund av lyftkrafter.

Skelettjordar

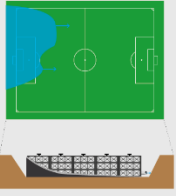
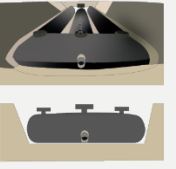
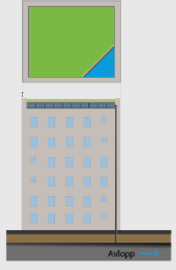


Skelettjord är ett system som utvecklats för att skapa bra villkor för träd som planteras i en hårdgjord stadsmiljö. En skelettjord fungera också som ett underjordiskt magasin för dagvatten, med ett gruslager ovan ett lager av sorterat krossmaterial (100 – 150 mm), vilket utgör skelettet. Vattnet kan lagras i

porutrymmet som finns mellan partiklarna. En viss reningen uppstår när dagvattnet filtrerar genom de olika lagren i skelettjorden, genom att partiklar sedimenterar på skelettjordens botten samt via trädens upptag av vatten och näringsämnen. Om vatten kan sjunka vidare till mark under skelettjorden bidrar det till ytterligare fastläggning av lösta föroreningar. Skelettjordar kan till exempel användas längs med gångstråk i parker, bostadskvarter för att ta hand om dagvatten från till exempel tak, gårdar, gångvägar eller parkeringsytor. (Stockholm Vatten och Avfall, 2017)

Permeabla (genomsläppliga) markbeläggningar

Städer består normalt av stora ytor hårdgjorda beläggningar i form av till exempel vägar, trottoarer och parkeringsplatser. Hårdgjorda ytor begränsar möjligheten för vatten att infiltrera ner i marken. En permeabel markbeläggning syftar till att öka markinfiltrationen. Detta innebär att asfalt produceras med öppna porer som gör att vatten kan dräneras genom materialet och att marksten utformas med öppningar eller oregelbundna kanter som gör att vatten kan dräneras i fogarna. Nackdelen är att infiltrationsförmågan minskar med tiden på grund av igensättning av smuts och finpartiklar vilket försämrar dräneringsförmågan. Denna typ av produkter kräver underhåll i form av spolning vilket medför ökad driftskostnad. För att uppnå fördröjningseffekt krävs att underliggande mark är permeabel eller att den permeabla beläggningen kombineras med underbyggnad som har magasineringskapacitet.

Tabell 10-3: Fördröjningsmagasin och permeabla lösningar presenteras översiktligt med indikativ kostnad, leverantörer och kommentarer utifrån ett MKA perspektiv.

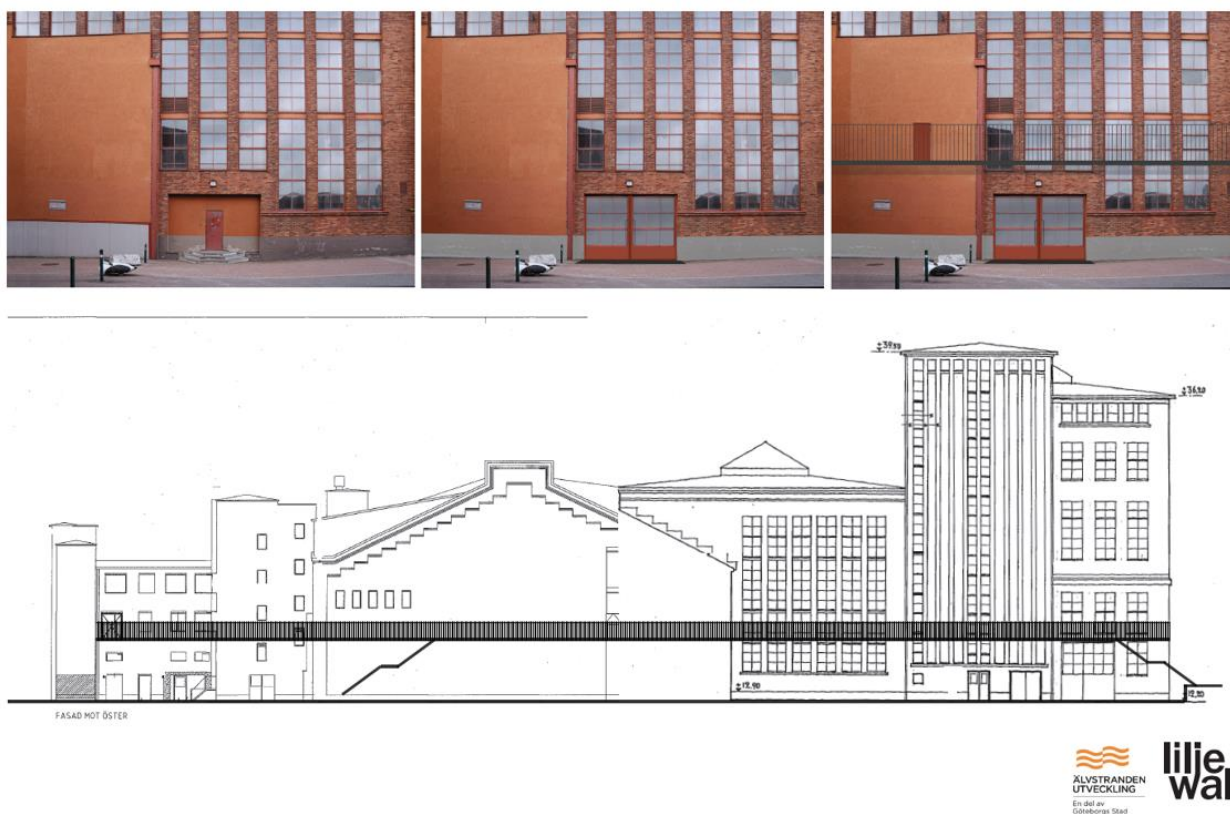
Produkttyp	Kostnad	Tillgängliga leverantörer	Kommentarer	Illustration
Fördröjningsmagasin	Låg	Wavin - Engelsk leverantör ACO - Engelsk leverantör SDS Limited - Engelsk leverantör	Kassetmagasin i polyeten med en teoretisk kapacitet upp till 582m ³ per 100m ² + Praktiskt beprövat + Investeringskostnad - Förvaltningskostnad - Tekniskt svårt att anlägga under grundvattenytan	
Fördröjningsmagasin	Mellan - Hög	SDS Limited - Engelsk leverantör MEAG - Svensk leverantör	Rörmagasin i betong eller polyeten med kapacitet upp till 212m ³ per 100m ² + Praktiskt beprövat + Kan placeras under grundvattenytan + Lång livslängd - Hög investeringskostnad - Förvaltningskostnad	
Fördröjningsmagasin	Låg- Mellan	Knaufinsulation - Slovensk leverantör	Sedumtak med underliggande kassetmagasin och tätskikt. Används för att fördröja vatten till dagvattennätet. Kapacitet upp till 5m ³ per 100m ² + Praktiskt beprövat + Resurseffektiv - Förvaltningskostnad - Låg kapacitet	
Permeabel markbeläggning	Låg	NCC Industry - Dansk leverantör	NCC Premavej® består av ett grusskikt med överliggande permeabelt asfaltstöd och ett permeabelt slitlager av asfalt. Används för lokal dränering av regnvatten på mindre vägar och parkeringsytor. + Praktiskt beprövat + Låg investeringskostnad - Förvaltningskostnad	
Permeabel markbeläggning	Låg	Redi-rock - Amerikansk leverantör	Permeabel marksten består av betong med oregelbundna fogar, vattnet infiltrerar genom fogarna till ett grussikt. Används för lokal dränering på trottoarer och parkeringsytor. + Praktiskt beprövat + Låg investeringskostnad - Förvaltningskostnad	

10.10. Framkomlighet

Vid utformning av vägar med avseende på översvämning avser man främst att säkra framkomlighet under en översvämningssituation. Detta sker till exempel genom att vägbanken höjdsätts på en översvämningssäker nivå utifrån vad som bedöms vara en dimensionerande händelse i det specifika området. En ofta förbisedd effekt är väggroppens förmåga att genom barriäreffekter påverka vattenströmning och därmed vattenmassornas utbredning. Detta kan leda till oväntade effekter och kan förvärra översvämningssituationen för vissa områden. Det kan också medföra att flöden leds till områden med sämre markförutsättningar och därigenom öka ras-, skred- och erosionsrisker.

Vägtrummor utgör en sårbar punkt då det genom kanaleffekter kan ge höga vattenhastigheter som ökar risken för erosion med risk för bortspolning av vägbanken. Vidare finns risk att trummorna sätts igen på grund av föremål i vattnet vilket också ökar risken för högre vattentryck och erosionseffekter.

För att säkra evakueringsvägar vid översvämning kan förhöjda stråk etableras som möjliggör evakuering/åtkomst till fastigheter vid översvämning. I Figur 10-4 visas ett exempel med ett förhöjt gångstråk för att säkra evakuering under en översvämningssituation från fallstudie M1:an Lindholmen, Göteborg.



Figur 10-4: Förslag till förhöjt gångstråk för att säkra evakuering av M1:an Lindholmen Göteborg. Illustration av Liljewall arkitekter 2020.

11. CERTIFIERING AV PRODUKTER OCH MATERIAL

Byggnadsspecifika skydd mot översvämning kan antingen åstadkommas i utformningsskedet eller med hjälp av eftermonterade anordningar. Detta kapitel fokuserar på olika typer av eftermonterade lösningar som alltså även kan användas för att skydda befintliga byggnader mot översvämning.

11.1. Funktionalitet och driftkritiska delar av skyddslösningar

Eftermonterade skyddslösningar kan till exempel vara backventiler som är en förhållandevis vanlig installation. Därtill finns olika system för permanenta, semipermanenta och temporära skydd för fönster och dörrar vilket är relativt ovanligt. Ännu mer sällsynt i Sverige, men något vanligare i andra länder är olika typer av skyddsmembran (det vill säga ett utanpåliggande material som ska skydda fasaden) och så kallade hydrofobiska impregneringar eller beläggningar, det vill säga vattenavvisande produkter som till exempel silikon, epoxi eller polyuretan. (Gabalda, 2012)

Skyddslösningarnas funktion är att hindra vatten från att tränga in i byggnaden men för att denna funktion ska uppnås krävs inte bara att lösningarna i sig är täta utan också att monteringen (i synnerhet när det gäller temporära och semipermanenta lösningar) kan ske på ett sådant sätt att läckage inte uppstår i kopplingarna mellan skyddslösningen och byggnaden. Eftersom montering av temporära och semipermanenta skydd sker mycket sällan ökar risken för att det inte görs på korrekt sätt, att fästpunkterna har skadats eller att man på grund av bristfällig informationshantering inte längre vet var delarna finns. En annan aspekt av de långa tidsperspektiven är risken att byggnaden byggs om eller byggs till utan beaktande av översvämningsskydden, vilket till exempel kan leda till att fästpunkter byggs bort eller att det skapas oskyddade partier. (Gabalda, 2012)

Det är viktigt att funktionaliteten hos översvämningsskydden inte har negativ påverkan på annan typ av funktionalitet. Exempelvis får inte tillgängligheten i byggnaden försämrats och det är viktigt att tillse att utrymningsvägar inte blockeras. Enligt de svenska brandnormerna ska entrédörrar öppnas utåt för att göra det lättare att ta sig ut ur en brinnande byggnad. I Tyskland, USA och England öppnas istället dörrarna inåt för att underlätta för utryckningspersonal att ta sig in genom dörröppningen. Detta är viktigt att ha i åtanke eftersom många leverantörer av översvämningsskydd kommer just från dessa länder. (Gabalda, 2012)

Fasta skydd är i allmänhet mer robusta men dessa har ofta rörliga system i vilka det alltid finns risk att bland annat rost, smuts och is kan göra att mekaniken kärvar. Det finns också risk för förslitnings-skador vid upprepad användning men eftersom skyddsanordningarna används mycket sällan kan risken anses begränsad. Sammanfattningsvis är det viktigt att planera för regelbunden tillsyn och att ansvaret för denna är tydligt fördelat. (Gabalda, 2012)

Inom det EU-finansierade forskningsprojektet SMARTeST har testmetoder för olika typer av skyddslösningar utvärderats, bland annat temporära ”skyddsluckor”. I testerna användes kriterierna (Gabalda, 2012):

- Vattentäthet: Läckagenivå före och efter stöttest (med trästock).
- Stabilitet: Okulär besiktning tillsammans med mätningar av elementens förflyttning vid hydrostatiska laster.
- Monterbarhet: Mätningar av monterings-tid.

Testerna visade att stötar och laster generellt tenderar att medföra ökat läckage och att svetsfogar, borrhål och olika typer av kopplingar är särskilt känsliga.

11.2. Standarder och verifieringsmetoder

USA, Storbritannien och Tyskland är ledande när det gäller arbetet med standardisering och kvalitets-säkring av översvämningsskydd. I USA är olika organisationer involverade i arbetet med att utarbeta

krav och vägledningar, däribland ASCE (American Association of Civil Engineers), ANSI (American National Standards Institute) och FEMA (Federal Emergency Management Agency). I Storbritannien och Tyskland sker arbetet huvudsakligen hos standardiseringsinstituten BSI respektive DIN.

Tabell 11-1 visar olika standarder som kan ge stöd för översvämningsskydd för byggnader. Standarderna behandlar såväl planering och material som produkter för eftermontering och verifieringsmetodik.

Tabell 11-1: Standarder som kan ge stöd för översvämningsskydd för byggnader

Standardbeteckning	Namn på standard	Standardiserings hemvist
CSA W204	Flood resilient design of new residential communities	Kanada
CSA Z800-18	Guideline on basement flood protection and risk reduction	Kanada
BS 8533	Assessing and managing flood risk in development. Code of practice	UK
BS 85500	Flood resistant and resilient construction. Guide to improving the flood performance of buildings	UK
BS 851188-1	Flood resistance products. Building products	UK
BS 851188-2	Flood resistance products. Perimeter barrier systems	UK
ASCE/SEI 24-14	Flood resistant design and construction	USA
ASTM E 3075	Standard Test Method for Water Immersion and Drying for Evaluation of Flood Damage Resistance	USA
ANSI / FM Approvals 2510	Flood abatement equipment test standard	USA
DIN 19712	Flood protection works on rivers	Tyskland
DIN EN 13564-1	Anti-flooding devices for buildings - Part 1: Requirements	Tyskland
DIN EN 13564-2	Anti-flooding devices for buildings - Part 2: Test methods	Tyskland
DIN EN 13564-3	Anti-flooding devices for buildings - Part 3: Quality assurance	Tyskland

Eftermonterade översvämningsskydd för byggnader kan alltså certifieras mot olika standarder och det är upp till tillverkaren att välja om och i så fall vilken standard man vill förhålla sig till. BSI och FM Approvals utför certifieringen. I Tyskland utförs certifiering mot DIN-standarder av organisationen TÜV Rheinland (Technische Überwachungsverein).

12. VAL AV ÅTGÄRD MED MULTIKRITERIEANALYS (MKA)

I detta kapitel beskrivs begreppet Multikriterieanalys (MKA), ett förslag på kriterier till MKA anpassad för översvämningsanpassat byggande ges och ett test av kriterierna görs på en fastighet på Lindholmen i Göteborg.

12.1. Om MKA

MKA är en beslutsstödsmetod som på ett systematiskt sätt utvärderar hur väl olika alternativ kan uppfylla flera önskade syften. Denna appliceras på komplicerade problem där många aspekter måste beaktas och vägas samman. Aspekterna beskrivs som kriterier och kan handla om till exempel ekonomi, hälsa och miljöpåverkan. Dessa bör vara oberoende av varandra för att undvika dubbelräkning. Efter att kriterierna valts, värderas de utifrån hur viktiga de är. Alternativens prestanda kan bedömas på ett kvantitativt, semikvantitativt eller kvalitativt sätt. Att ange poäng är ett kvantitativt sätt. Om poängsättning används bedöms kriterierna genom att poängsättas baserat på hur väl de uppfyller de olika kriterierna. Genom att kombinera poängsättningen med kriteriernas viktning kan ett sammanvägt resultat bildas där de olika alternativen kan jämföras med varandra.

Det finns flera olika sorters MKA med olika komplexitet och tillvägagångsätt, där några vanliga är (Naturvårdsverket, 2009):

- Multi-attributmetoder (multi-attribute utility methods)
- Linjära additiva metoder (linear additive methods)
- Analytisk hierarkisk process (analytical hierarchy process, AHP)
- Utsorteringsmetoder (outranking)
- Icke-kompensationsmetoder (non-compensatory methods)

I denna rapport bedöms den *linjära additiva metoden* vara lämplig att använda¹⁰. Metoden innebär att kriterier viktas och varje alternativ poängsätts efter hur väl det uppfyller kriterierna. En viktad summa beräknas därefter för varje alternativ vilket resulterar i en rangordning. Nedan ges ett schematiskt exempel på poängsättning och vikter mellan 1 och 5 (från dåligt till bra) för alternativen respektive för kriterierna. Kriterierna ansätts till säkerhet, livslängd, miljöpåverkan med alternativen A, B och C. Kriteriernas vikter ansätts till Säkerhet: 4, Pris: 3, Miljöpåverkan: 2. Alternativens poäng kan ses i Tabell 12-1.

Tabell 12-1: Exempel på poängsättning i en MKA

Alternativ	Kriterium:	Säkerhet	Pris	Miljöpåverkan
	Vikt:	4	3	2
A		2	1	5
B		4	5	1
C		2	5	4

Genom att multiplicera varje alternativs poäng med kriteriernas vikter erhålls en viktad totalpoäng för varje alternativ. Med exemplet ovan blir totalpoängen 17¹¹ för alternativ A, 33 för alternativ B poäng och 25 för alternativ C. Utifrån denna MKA kan alternativen rankas där alternativ B fått flest poäng och kan anses prestera bäst utifrån valda kriterier och viktning.

¹⁰ Viktning av kriterierna tillämpas dock ej i avsnitt 12.3.

¹¹ Exempel för alternativ A: $2 \cdot 4 + 1 \cdot 3 + 3 \cdot 2 = 17$ poäng

Det finns några utmaningar med en MKA. En av dem är vilka kriterier som ska användas då det styr vad alternativen bedöms utifrån. Aspekter som inte tagits hänsyn till kommer inte ingå i underlaget för bedömningen. Det är viktigt att kriterievalet är noga genomtänkt och att intressenter och experter på det område som undersöks får vara med och bestämma dem. En annan svårighet är hur viktningen ska ske. Den sker alltid med ett stort inslag av subjektivitet och det är även här viktigt att det görs utifrån experters och intressenters uppfattning om kriteriernas enskilda betydelse utifrån helheten och det övergripande syftet med värderingen. Ytterligare en aspekt är bedömningen av alternativen utifrån kriterierna. Det kan vara en fördel om kriterierna är kvantitativa vilket gör att alternativen enklare kan poängsättas. Flera av svårigheterna med MKA kan hanteras med känslighetsanalys dels av alternativens poängsättning och dels av experternas viktning av kriterierna. (Naturvårdsverket, 2009).

Genom att använda MKA uppnås en struktur och transparens som visar vilka aspekter som är relevanta och hur alternativen presterar utifrån de inkluderade aspekterna. Detta kan möjliggöra att mera välgrundade beslut tas. För de ekonomiska kriterierna inom MKA kan en kostnads-nyttoanalys användas (KNA). I den vägs ekonomiska kostnader av en åtgärd mot dess ekonomiska nyttor. När det görs för olika åtgärder till samma problem kan dessa jämföras och rangordnas sinsemellan.

Att utföra en kostnads-nyttoanalys kräver god kännedom om kostnaderna och nyttorna vilket innebär att de antaganden som görs kommer påverka utfallet. Eftersom kostnaderna och nyttorna är osäkra behöver en känslighetsanalys göras som väger sannolikheten och konsekvensen för händelser som orsakar kostnaderna och nyttorna. Kostnader och nyttor sker i framtiden vilket gör att de behöver räknas om till ett nuvärde. Alternativet med högst nuvärde anses vara mest ekonomiskt fördelaktigt. I denna studie bedöms dock underlaget inte vara tillräckligt för att kunna göra en kvantitativ kostnads-nyttoanalys.

12.2. Förslag på MKA

Översvämning kan ske av olika orsaker, inträffa med olika hastighet och få olika konsekvenser. Anpassningsåtgärderna behöver uppfylla olika typer av krav och verka i olika miljöer. De finns många olika aspekter att beakta utifrån frågeställningen om vilka översvämningsskydd som har den bästa funktionen för ändamålet. För att identifiera lämpliga översvämningsskydd behövs platsspecifik bedömning. I studien ges förslag till vilka aspekter som är viktiga vid val av anpassningsåtgärder vid översvämning. Detta görs genom en multikriterieanalys som på inget sätt är heltäckande men ett försök som bör revideras och förfinas i framtida arbete. I studien utformas MKA i nedan steg:

1. Ett första utkast till huvud- och delkriterier tas fram av arbetsgruppen. Detta utkast diskuteras under det andra referensgruppsmötet. Slutliga huvud- och delkriterier kan ses i Tabell 12-2. Till detta finns bedömningsgrunder för varje delkriterium.
2. I praktiken är det svårt att finna underlag för att göra rättvisa bedömningar av samtliga delkriterier. Behovet att listan över kriterier ska vara så heltäckande som möjligt kvarstår dock. En kompromiss mellan heltäckande och användbara kriterier är att för varje delkriterium i Tabell 12-2 bedöma svårighetsgraden att samla in data för anpassningsåtgärder. Detta skiljer sig åt beroende på vilka anpassningsåtgärd som avses men syftet är här enbart att göra en generell beskrivning.
3. Baserat på förutsättningarna för en fastighet har olika alternativ till anpassningsåtgärder studerats. Dessa bedöms och beskrivs kvalitativt av arbetsgruppen utifrån de olika åtgärdernas prestation i förhållande till delkriterierna. För att praktiskt kunna genomföra detta har enbart de delkriterier där underlag enkelt finns att tillgå för anpassningsåtgärderna använts. Utifrån detta samt hur de förhåller sig till varandra bedöms huvudkriterierna kvantitativt i poängskala, 1-3 (där 3 är bäst).

Tabell 12-2: Kriterier och aspekter vid bedömning av anpassningsåtgärder.

Huvud- och delkriterium	Bedömningsgrunder av anpassningsåtgärd	Bedömning av svårighet att finna underlag
Kostnader		
Investeringskostnad	Investerings- och markkostnad. Lång livslängd av åtgärden fördelaktigt för att periodisera investeringskostnad.	Investeringskostnad och beräknad livslängd fås från leverantör. Hyra eller köpa mark från kommunen.
Förvaltningskostnad	Drift-, underhåll-, övervakning och reparationskostnader.	Ofta svår att på förhand veta. Mängden rörliga delar, elektronik, styrsystem, material som potentiellt behöver underhållas och repareras kan styra.
Undviken skadekostnad	Potentialen av åtgärden för att undvika skadekostnader.	Kräver kostnad-nytt analys vilken kräver underlag i form av hydrauliska modeller kombinerat med skadekostnader för att simulera effekter av åtgärder.
Fördelningseffekter	Hur positiva och negativa effekter fördelas det vill säga vilka aktörer drar nytta av åtgärder och vilka står för kostnader (investering- respektive drift och underhåll).	En intressentanalys kan visa vilka aktörer som påverkas.
Risk och säkerhet		
Funktion upprätthålls	Om funktionen av åtgärden upprätthålls vid översvämning.	Risk för att åtgärdens funktion upphör under användning. Kräver sannolikt kvalitativ bedömning alternativt tillgång till erfarenheter.
Tid att upprätta	Tid att upprätta åtgärd i anslutning till översvämning.	Information bör kunna ges av leverantör.
Praktisk erfarenhet och certifiering	Om åtgärden är praktiskt beprövad samt om den är certifierad.	Information bör kunna ges av leverantör.
Miljömässiga livscykelaspekter		
Resurseffektivitet	Markanvändning, material- och energiresurser som används under åtgärdens livscykel.	Åtgärdens konstruktion ger uppfattning om dess resurseffektivitet. Livscykelanalys.
Avfall	Avfallshantering som möjliggör återanvändning/materialåtervinning.	Bedömning av möjligheter att demontera och särskilja konstruktionens material kan ge uppfattning om möjlighet till recirkulering. Eller om konstruktionen / åtgärden består av material som utgör farligt avfall.

(fortsättning)

Huvud- och delkriterium	Bedömningsgrunder av anpassningsåtgärd	Bedömning av svårighet att finna underlag
Direkt omgivningspåverkan		
Sekundär översvämningseffekt	Innebär åtgärden risk att närliggande områden utsätts för ökad översvämningrisk.	Detta kräver en analys av lokala avrinningsförhållanden. På enkel nivå kvalitativ bedömning, avancerad nivå hydraulisk modellering eller GIS-analys
Fördelningseffekter	Hur fördelar sig nyttor och kostnader av åtgärden. Exempelvis kan fastighetsägaren dra nytta på bekostnad av det allmänna i form av försämrade framkomlighet.	Detta behöver analyseras platsspecifikt under de förutsättningar som råder.
Buller	Bedömning av ljudnivån åtgärden ger upphov till.	Information bör kunna ges av leverantör.
Ekosystemtjänster och naturvärden	Påverkan på ekosystemtjänster och naturvärden (till exempel kyleffekt, vattenkvalitet, biodiversitet)	Svårbedömbart, sannolikt kvalitativ bedömning.
Kulturvärden	Innebär åtgärden risk för påverkan på byggnader, objekt eller områden med särskilt kulturhistoriskt skyddsvärde. Påverkas skyddade områden eller bevarandevärden.	Länsstyrelsens webb-baserade karttjänst över skyddade områden, fornlämningsregister. Kommunen kan ha identifierat bevarandevärden.
Förvaltning		
Organisation för förvaltning	Detta avser icke-ekonomiska aspekter kring organisationens omfattning och förehavanden vid förvaltning av åtgärden. Ex. om det krävs till exempel väderövervakning eller omfattande underhållsåtgärder.	Hur omfattande organisation som behövs för att förvalta åtgärden bör kunna bedömas baserat på de åtgärder som behövs för drift, underhåll, reparation och övervakning
Avbrotts / återställandetid	Avbrottstid som påverkar användningsområde för det objekt som den skyddar samt återställandetid för att återgå till normalläget.	Detta behöver analyseras för den tänkta lösningen baserat på objektet som ska skyddas samt närområdets karaktäristik.
Stadsbyggnadskvalitet		
Sammanhållen stad	Inverkar av barriäreffekter på strukturer som sammanbinder staden, möjligheten till möten, orienterbarhet.	Detta behöver analyseras platsspecifikt under de förutsättningar som råder.
Rekreation och hälsa	Påverkas rekreationen i området av åtgärden. Exempelvis kan möjlighet till mötesplatser och gröna inslag i stadsmiljön beaktas.	Detta behöver analyseras platsspecifikt under de förutsättningar som råder.

De kriterier och delkriterier som ingår i Tabell 12-2 har tagits fram dels genom brainstorming i arbetsgruppen, och vid workshop med referensgruppen samt litteraturkällor såsom (Brisvåg, 2017; Kangas, 2016; Bergqvist, 2014; Jonsson, 2017; López, 2018; Ellisa, et al., 2004; Martin, et al., 2007) används som ytterligare kvalitetskontroll av inventerade kriterier.

12.3. Tillämpning av MKA

I Bilaga B visas bedömning av de anpassningsåtgärder som inkluderats i MKA-exemplet utifrån delkriterierna i Tabell 12-2. Underlag för delkriteriet *undviken skadekostnad* och *fördelningseffekter* saknas och har därmed exkluderats.

Utifrån de kvalitativa beskrivningarna i tabellen i Bilaga B bedöms huvudkriterierna med poäng 1 – 3 utifrån hur åtgärdsförslagen presterar gentemot varandra. Detta redovisas i Tabell 12-3 där det kan utläsas att Åtgärdsförslag A, B och C erhåller 11, 13 respektive 10 poäng med motivering till varje kriteriums poängsättning.

Tabell 12-3: Kvantitativ bedömning av anpassningsåtgärder. Åtgärd A: Barriär, Åtgärd B: Resilient byggande, Åtgärd C: Temporär barriär.

Huvudkriterium	Åtgärd A	Åtgärd B	Åtgärd C	Motivering
Kostnader	1	3	2	Åtgärd B är mest kostnadseffektiv men också mest svårbedömt då det platsspecifika anpassningsbehovet inte är fullständigt klargjort. Finns en risk att kostnaden ökar ytterligare.
Risk och säkerhet	3	2	2	Åtgärd A har minst risk och högst säkerhet då en permanent barriär minskar den mänskliga felfaktorn.
Miljömässiga livscykelaspekter	1	3	1	Åtgärd B och C har minst omgivningspåverkan gällande naturvärden. För Åtgärd C kan dock sekundära översvämningseffekter uppkomma.
Direkt omgivningspåverkan	1	2	2	Beror på barriärens utformning. Åtgärd B och C kommer inte ha någon nämnvärd påverkan medan Åtgärd A skulle kunna ha både en positiv och negativ inverkan.
Förvaltning	3	1	1	Åtgärd B innefattar minst material och anpassningen är mest energieffektiv.
Stadsbyggnads-kvalitet	2	2	2	Åtgärd A är fördelaktig i ett förvaltnings perspektiv då en låg insats krävs för att upprätthålla en god skyddsnivå.
Totalt	11	13	10	

Utgångspunkten för studien var att göra en fullständig MKA där kriterierna viktats. Det visade sig vara mycket svårt att genomföra då risken är stor att resultatet skulle bli missvisande. Att framtagna kriterier inte viktats beror främst på att antalet personer i referensgruppen är för få för att erhålla ett

representativt underlag. Dessutom bedöms det att grupp sammansättningen mera noga behövt analyserats för att kunna bedöma hur det påverkar utfallet. Eftersom kriterierna är olika viktiga för olika aktörer riskerar viktningen därför bli missvisande om sammansättningen i gruppen visar sig vara ojämn. Dessutom påverkar olika typer av översvämningar kriteriernas vikter.

Ursprungstanken i studien var att inventerade anpassningsåtgärderna från kapitel 10 skulle bedömas med MKA. Det visade sig svårt att inom projektets ramar inventera all den information som behövs och ska vara till grund för en MKA. Risker finns också att variationen av anpassningsåtgärder inom en kategori är större än variationen mellan kategorierna. Det är också av begränsat värde att göra MKA på kategorinivå eftersom de platsspecifika förutsättningarna alltid avgör. Istället utvärderas olika anpassningsstrategier i form av barriär, resilient byggande och temporär barriär baserat på förutsättningar för en äldre befintlig fastighet på Lindholmen i Göteborg. Detta görs främst som ett ”övningsexempel” för att illustrera och utvärdera genomförbarheten av multikriterieanalysen.

Det är viktigt att beakta att olika bygg- och anläggningsprojekt har olika rådighet vid val av anpassningsåtgärder. Det är också viktigt att fundera på nyttan ett projekt kan ha av att utföra en MKA med syfte att välja de eller den bästa anpassningsåtgärden. Målet ska vara att erhålla beslutstöd som är välgrundat och väl övervägt oavsett hur man når dit.

Mot bakgrund till detta föreslås att kriterierna främst betraktas som en checklista över viktiga aspekter som i varierande grad är relevanta då rätt anpassningsskydd ska identifieras i projekt. Det specifika projektets ambitionsnivå avgör hur utförligt anpassningsåtgärdernas prestation i förhållande till kriterierna ska bedömas. Vidare bör det betonas att dessa kriterier kan användas i olika delar av en byggprocess.

13. INVERKAN PÅ HÅLLBARHETSBEDÖMNING AV ÖVERSVÄMNINGSANPASSAT BYGGANDE

Inom bygg- och anläggningsbranschen ökar intresset för mera hållbart och resilient byggnad. En effekt av det är ökad tillämpning av klassificeringssystem för hållbarhetsbedömningar såsom CEEQUAL (The Civil Engineering Environmental Quality Assessment Award Scheme) och BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). I dessa system bedöms bland annat hur olika typer av naturrisker hanteras. I kapitlet inventeras hur översvämningssanpassat byggnad hanteras i CEEQUAL och BREEAM. Dessa väljs då de är välkända inom bygg- och anläggningsbranschen och då de bedöms få ökad uppmärksamhet och användning framöver.

13.1. CEEQUAL

CEEQUAL är ett program för att bedöma och betygsätta hur väl anläggningsprojekt hanterar hållbarhetsfrågor. CEEQUAL är ett poängbaserat system där varje projekt kan erhålla maximalt 5000 poäng. Utgångspunkten är en manual med åtta kapitel där poäng erhålls baserat på hur väl projektet presterar utifrån de kriterier som finns i varje kapitel. Nedan visas samtliga kapitel samt andelen av poängsumman inom parentes som ges i varje kapitel (BRE Global Limited, 2019):

1. Management (11%)
2. Resilience (12%)
3. Communities and stakeholders (11%)
4. Land use and ecology (12%)
5. Landscape and historic environment (9%)
6. Pollution (8%)
7. Resources (29%)
8. Transport (8%)

Utifrån antalet poäng som erhålls får projektet en klassificering. De olika nivåerna som finns visas i Tabell 13-1.

Tabell 13-1: Klassificering av projekt med CEEQUAL utifrån poängnivå.

Klassificering	Andel av total poäng
Outstanding	> 90%
Excellent	> 75%
Very good	> 60%
Good	> 45%
Pass	> 30%
Unclassified	< 30%

Av ovan nämnda kapitel är det främst fyra som helt eller delvis har bäring på bedömningskriterier kopplade till översvämning. Dessa är *Resilience*, *Communities and stakeholders*, *Land use and ecology* och *Resources*. Tabell 13-2 visar en bedömning av vilka underkapitel som har direkt respektive delvis relevans vid översvämningssanpassning och hur många poäng som kan erhållas kopplat till detta.

Tabell 13-2: Bedömning av antal poäng som kan fås i CEEQUAL vid översvämningsanpassat byggande.

Kategori i CEEQUAL manualen	Kommentar	Poäng (procent av total inom parentes)
<i>Direkt relevans för översvämningsanpassning</i>		
2.2 Flooding and surface water run-off	Består av sju underrubriker som alla är direkt relevanta för översvämningsanpassning, se nedan underrubriker. Dess övergripande syfte är att minska negativa effekter från översvämning.	–
2.2.1 Flood risk management		18 (0,4%)
2.2.2 Flood-risk-based enhancements		56 (1,1%)
2.2.3 Sustainable drainage systems		5 (0,1%)
2.2.4 Long-term flood resilience and adaptation		56 (1,1%)
2.2.5 Implementation of flood-risk-based enhancements		56 (1,1%)
2.2.6 Implementation of sustainable drainage systems		14 (0,3%)
2.2.7 Managing run-off at source		24 (0,6%)
Totalt		229 (4,6%)
<i>Delvis relevans för översvämningsanpassning</i>		
2.1 Risk assessment and mitigation	Består av sex underrubriker som är delvis relevanta för översvämningsanpassning, se nedan underrubriker. Dess övergripande syfte är att bedöma och mildra risk för negativ påverkan kopplat till naturliga hot, avsiktliga hot och klimatförändringar över anläggningens livslängd.	–
2.1.1 Identifying resilience requirements		17 (0,3%)
2.1.2 Identifying dependencies		42 (0,8%)
2.1.3 Communicating dependencies		42 (0,8%)
2.1.4 Identifying and assessing risks		77 (1,5%)
2.1.5 Communicating risks		27 (0,5%)
2.1.6 Resilience plan		64 (1,3%)
3.2.2 Significant social benefits		28 (0,6%)
3.2.7 Enhancement beyond functional requirements		32 (0,6%)
4.1.2 Project location alternatives		27 (0,5%)
7.8.3 Capturing run-off for beneficial use		10 (0,2%)
Totalt		366 (7,3%)

I Tabell 13-2 visas att 4,6% av poängen bedöms ha direkt koppling till översvämningsanpassat byggande. Ytterligare 7,3% av poängen har delvis relevans för översvämningsanpassning. För de underkapitel som har delvis relevans för översvämningsanpassning kan enbart delar av poängsumman potentiellt erhållas om projektet arbetar aktivt med översvämningsanpassning.

I CEEQUAL manualen finns även ett avsnitt som heter *Innovation*. Dess syfte är att premiera innovationer inom anläggningsindustrin med hållbarhetstema som inte täcks i manualen. Upp till 10% av den totala poängsumman kan ytterligare erhållas om innovation verifieras. Det kan handla om ny teknologi, design, konstruktion, process med mera som kan påvisa en ökad hållbarhetsprestanda för projektet. Detta skulle potentiellt även ha relevans för åtgärder kring översvämningsanpassning.

13.2. BREEAM

En svensk version, BREEAM-SE, har funnits sedan 2013 och administreras av Sweden Green Building Council. BREEAM kommer från Storbritannien och är det mest spridda systemet för miljöcertifiering av byggnader i Europa och har använts för mer än en halv miljon byggnader. Det är ett frivilligt miljöcertifieringssystem som kan användas vid nyproducerade byggnader och vid ombyggnad. Nedan beskrivs den svenska versionen (BRE Global Limited, 2017).

BREEAM-SE är ett poängbaserat system där varje projekt kan erhålla maximalt 154 poäng (SGBC och BRE Global, 2018). Då ett av syftena med BREEAM-SE är att stödja innovationer inom byggbranschen kan ytterligare 10 innovationspoäng erhållas för hållbarhetsrelaterade fördelar som normalt inte premieras i bedömningsindikatorerna. Därmed belönas byggnader som går längre än bästa praxis i en specifik hållbarhetsaspekt. Innovationspoängen ges utöver den ordinarie poängsättningen där 154 poäng motsvarar 100%. En byggnad kan därför inte uppnå mer än 100%, det vill säga 154 poäng.

Utifrån antal poäng som erhålls får projektet en klassificering. De olika nivåerna som finns visas i Tabell 13-3.

Tabell 13-3: Klassificering av projekt med BREEAM-SE utifrån poängnivå.

Klassificering	Andel av total poäng
Outstanding	> 85%
Excellent	> 70%
Very good	> 55%
Good	> 45%
Pass	> 30%
Unclassified	< 30%

Det finns ett antal områden inom BREEAM-SE, vilka delas in i bedömningsindikatorer. Poäng samlas inom respektive område. En viktning appliceras på de poäng som samlats inom respektive område. Det finns olika viktningar inom systemet. I

Tabell 13-4 visas de områden och bedömningsindikatorer som finns, antal poäng som kan samlas samt viktning för en så kallad fullt inredd byggnad.

Tabell 13-4: Uppbyggnad av BREEAM-SE med områden, bedömningsindikatorer, poängsättning och viktning.

Område i BREEAM	Bedömningsindikator (poäng inom parentes)	Poäng per område (Viktning i parantes)
Ledning och styrning	Förstudie och projektering (4) Livscykelkostnad och livslängdsplanering (4) Ansvarsfullt byggande (6) Driftsättning och överlämning (4) Förvaltningsstöd (3) Fuktsäkerhet (2)	23 (0,11)
Hälsa och välmående	Visuell komfort (5) Luftkvalitet inomhus (5) Säker inneslutning i laboratorier (2) Termisk komfort (3) Ljudmiljö (4) Tillgänglighet (2) Utomhusområde (1) Mikrobiell förorening (1) Radon (2)	27 (0,17)
Energi	Minskad energianvändning (14) Energiövervakning (4) Energieffektiv belysning (2) Utformning för låga koldioxidutsläpp (3) Energieffektiv kylförvaring (3) Energieffektiva transportsystem (3) Energieffektiva laboratoriesystem (5) Energieffektiv utrustning (2) Torkutrymme (1)	37 (0,18)
Transport	Tillgång till kollektivtrafik (5) Närhet till bekvämligheter (2) Alternativa transportsätt (2) Maximal bilparkeringskapacitet (2) Resplan (1) Kontorsplats i hemmet (1)	13 (0,07)
Vatten	Vattenanvändning (5) Vattenmätning (1) Detektering och förebyggande av vattenläckage (3) Vatteneffektiv utrustning (1)	4 (0,04)
Material	Livscykelpåverkan (6) Ansvarsfull anskaffning av byggvaror (4) Utformning för hållbarhet och resiliens (1) Materialeffektivitet (1) Farliga ämnen (2)	14 (0,17)
Avfall	Hantering av byggavfall (3) Återvunnen ballast (1) Avfall från byggnadens driftskede (3) Ytskikt i spekulativa byggprojekt (1) Klimatanpassning (1) Funktionell anpassningsbarhet (1)	10 (0,08)
Markanvändning och ekologi	Val av plats (3) Tomtens ekologiska värde och skydd av element med ekologiskt värde (2) Förbättring av tomtens ekologiska värde (3) Långsiktig påverkan på den biologiska mångfalden (2)	10 (0,10)
Föroreningar	Köldmediers påverkan (3) NOx-utsläpp (2) Ytvattenavrinning (5) Begränsning av ljusföroreningar nattetid (1) Begränsning av ljudföroreningar (1)	12 (0,08)
Totalt		154 (1)
Innovation (tillägg)	Innovation	10 (0,1)

De bedömningsindikatorerna som bedömts ha direkt relevans för översvämningssanpassat byggande är:

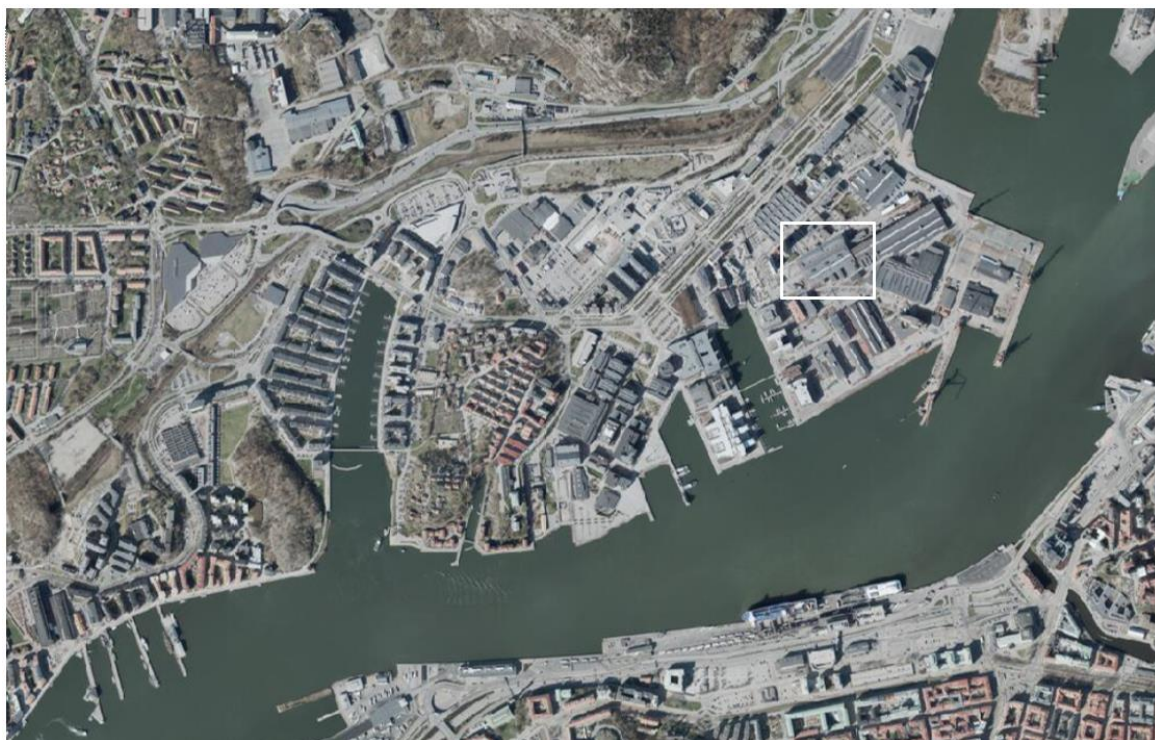
- Fuktsäkerhet (2 poäng)
- Vattenanvändning (5 poäng)
- Utformning för hållbarhet och resiliens (1 poäng)
- Klimatanpassning (1 poäng)
- Ytvattenavrinning (5 poäng)

Dessa ger totalt 14 poäng och efter att viktning görs blir andelen poäng som kan erhållas genom att arbeta aktivt med översvämningssanpassning, 5,4%.

14. FALLSTUDIE – M1:AN LINDHOLMEN GÖTEBORG

Detta kapitel beskriver en fallstudie som studerats med syfte att belysa praktiska överväganden och förutsättningar vid översvämningsanpassning av en befintlig byggnad med ogynnsamma förutsättningar i form av läge och byggnadsförutsättningar. Dessutom har den kulturhistoriska bevarandevärden. Det sätter också problemställningen i ett större sammanhang och illustrerar att anpassning innebär en kompromiss mellan många olika intressen där de tekniska utformningsaspekterna ofta är av underordnad betydelse.

Fallstudien baseras på ett uppdrag för det kommunalägda bolaget Älvstranden Utveckling AB som ansvarar för stadsutveckling inom projektet Älvstaden i Göteborg. Fastighetens lokalisering framgår av Figur 14-1 och utseende och platsförutsättningar av foton i Figur 14-2.



Figur 14-1: Lokalisering av byggnaden M1:an på Lindholmen i Göteborg

Uppdraget innebär att i samband med ny detaljplan för en befintlig byggnad, M1:an, utreda och beskriva översvämningsrisk och anpassningsbehov som underlag för detaljplanens utformning. Uppdraget utförs av Liljewall arkitekter med stöd av NCC Teknik gällande riskvärdering och anpassningsstrategier av åtgärder.



Figur 14-2: Bilder av M1:an med närområde. Foto Liljewall arkitekter

14.1. Förutsättningar

I samband med ny detaljplan för området behöver översvämningsrisken beskrivas och behovet och förutsättningarna för anpassningsåtgärder utredas. En ny detaljplan innebär att även befintliga byggnader ska lämplighetsprövas enligt PBL, det vill säga att byggnadens planerade användning kan ske med acceptabel risk avseende översvämningsrisker. Då det är en befintlig äldre byggnad bedöms det rimligt att kraven anpassas efter vad som är möjligt med hänsyn till bevarandebeståndet, kostnaden för åtgärder och risken för annan negativ omgivningspåverkan. Utöver kraven som föranleds av planprocessen så inverkar också fastighetsägarens ambitioner för att minska risken för ekonomisk skada och påverkan på befintliga verksamheter. Byggnaden är avsedd att avyttras vilket också kan påverka fastighetsägarens överväganden.

Utbyggnadsordningen för detaljplanen ”Pumpgatan” är uppdelad i olika etapper med några års mellanrum. För att hantera översvämningsrisker och säkra åtkomst för räddningstjänst behöver markens höjdförhållanden förändras vilket sin tur påverkar översvämningsituationen framför allt när det gäller skyfall. Byggnaden ligger i ett utsatt läge för översvämningsrisker orsakade av högvatten från hav, skyfall och höga flöden i vattendrag.

14.2. Anpassningskrav

I Tabell 14-1 framgår vilka skyddsmarginaler som Göteborgs Stad föreskriver för olika översvämnings typer.

Tabell 14-1: Marginaler för olika funktioner/skyddsobjekt till dimensionerande händelse.

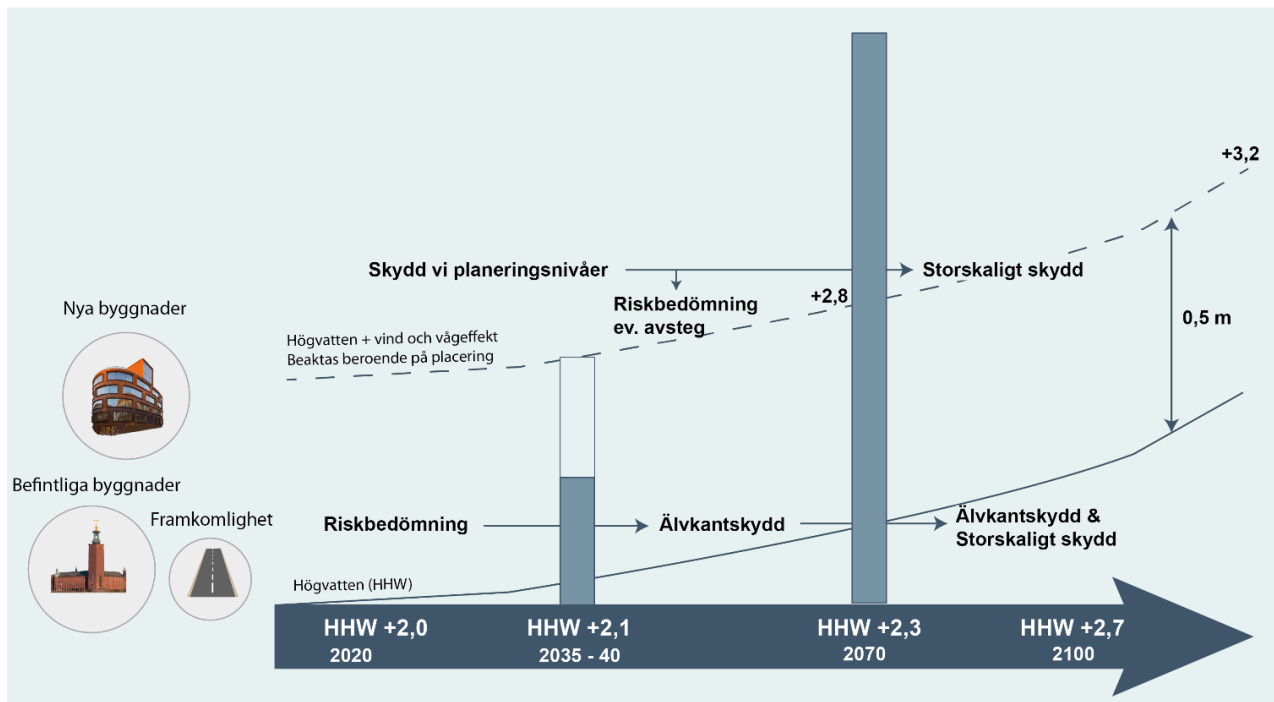
Funktion / Skyddsobjekt	Dimensionerande händelse / Planeringsnivå		
	Högvatten Återkomsttid 200 år	Höga flöden Återkomsttid 200 år	Skyfall Återkomsttid 200 år
Samhällsviktig anläggning – nyanläggning	1,5 m marginal till vital del	Övernivån för Beräknat Högsta Flöde (BHF)	0,5 m marginal till vital del
Samhällsviktig anläggning – befintlig	0,5 m marginal till vital del för funktion		
Byggnad och byggnadsfunktion – nyanläggning	0,5 m marginal till färdigt golv och vital del nödvändig för byggnadsfunktion	0,2 m marginal till färdigt golv och vital del nödvändig för byggnadsfunktion	
Framkomlighet – nyanläggning hög-prioriterat vägnät stråk och utrymningsvägar	Max djup 0,2 m		

I Tabell 14-2 framgår de översvämningarnivåer/djup som gäller vid anpassningsåtgärder i området för byggnaden. Stadens generella riktlinje för nybyggnation (planeringsnivå) är att bebyggelse i området ska höjdsättas med färdigt golv över nivå +2,8 m. I fallet med en befintlig byggnad såsom M1:an bedöms det rimligt med skyddsnivån +2,3 m, vilket innebär skydd på medellång sikt det vill säga fram till dess att hela staden är beroende av ett storskaligt tekniskt skydd som ska ge skydd till lägst +2,8 m (se Figur 14-3).

Anpassningsstrategin för M1:an avgörs om fastighetsägaren ska investera i ett fristående skydd eller avvakta till dess att staden upprättat ett storskaligt älvkantskydd på plats cirka år 2035 – 2040. Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv finns det flera fördelar att bidra till ett storskaligt skydd då större områden skyddas, drift och underhåll samordnas och risken för negativa effekter på närområdet av ett fristående översvämningsskydd undviks.

Tabell 14-2: Dimensionerande översvämningarnivåer/maximalt översvämningdjup för anpassningsåtgärder för byggnader enligt Göteborgs Stads översvämningstrategier

Översvämningstyp	Dimensionerande nivå - byggnad
Högvatten hav	+ 2,3 m
Skyfall	+ 0,2 m
Kvillbäcken	+ 1,85 m



Figur 14-3: Översikt av Göteborg Stads översvämningstrategi fram till år 2100 (Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 2016).

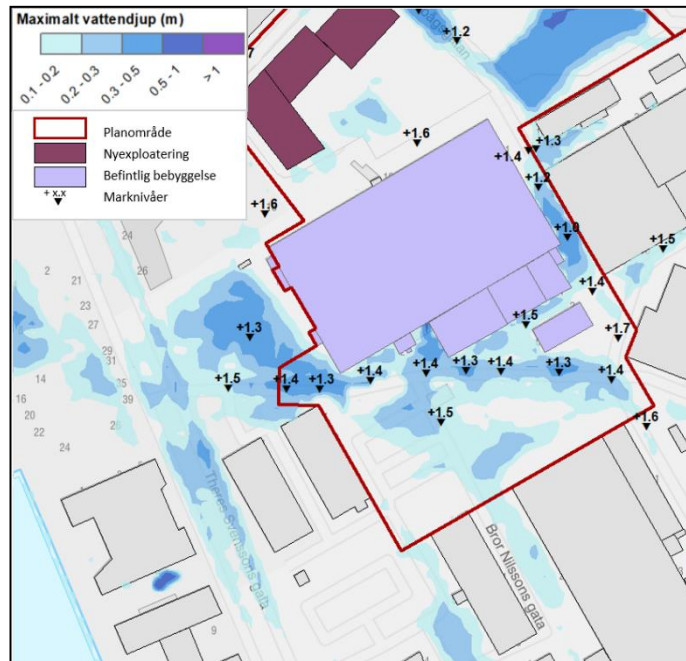
Enligt stadens rekommendationer är de övergripande målen att:

- Säkra framkomlighet till byggnad
- Upprätthålla/skydda byggnadsfunktion (teknisk försörjning)
- Begränsa ekonomisk skada
- Skydda kulturhistoriska värden
- Begränsa risk för sanitära problem (avfallshantering/renhållning)

14.3. Riskbild

Byggnaden M1:an är utsatt för betydande översvämningrisker och det bedöms nödvändigt med anpassningsåtgärder för att uppfylla stadens grundläggande riktlinjer. Byggnaden ligger lågt med höjdsättning som varierar mellan omkring +0,8 m till +1,7 m och omgivande gator på mellan +0,0 m och +1,3 m. Detta ska jämföras med stadens krav på anpassning till nivån +2,3 m.

Byggnaden har drabbats av översvämningar i källarplan vid flera tillfällen orsakat av baktryck i avloppsledningar i samband med kraftiga regn. Åtgärder har vidtagits för att säkra viktiga tekniska funktioner i källaren genom invändiga översvämningsskydd. I Figur 14-4 och Figur 14-5 visas simuleringar över framtida kraftiga regn och högvatten.



Figur 14-4: Beräknade maximala vattendjup i samband med ett framtida 100-årsregn. I kartbilden presenteras planområdet med ny och befintlig bebyggelse, samt med befintliga gatuhöjder.



Figur 14-5: Effekter vid högvatten i hav med vattennivå +2,3 m motsvarande en 200 års-händelse omkring år 2070, vilket gäller som utgångspunkt för utvärdering av skyddsbehov på medellång sikt.

14.4. Anpassningsförutsättningar

Byggnaden rymmer inga bostäder, men innehåller flera olika verksamheter såsom kontor, mekanisk verkstad, restaurang, teaterlokal, replokaler och ett radiomuseum. Den tekniska försörjningen har inte kartlagts i detalj men genomföringar av el, VA, ventilation med mera kan förväntas utgöra svaga punkter ur översvämningssynpunkt. Det kan förväntas förekomma installationer för byggnadsfunktion som är placerade under dimensionerande översvämningssnivå. Byggnaden har utrymningsvägar i alla väderstreck med återsamlingsplats i väster.

Ett höjdstråk (+2,1 m) är planerat att etableras vid utbyggnad enligt detaljplan för "Pumpgatan". Ett sådant höjdstråk är avsett att säkra framkomlighet på medellång sikt fram till dess att ett storskaligt skydd behöver vara etablerat runt år 2070. Det saknas i dagsläget anslutning till detta planerade höjdstråk från M1:an på översvämningssäkra nivåer. Hela byggnaden har tillgänglighet till en eventuell evakueringspunkt i nordöstra delen av fastigheten.

Byggnaden tillkom i två etapper år 1906 och år 1947 där den äldre lägre delen ligger i söder och den nyare, högre byggnaden ligger i norr (Kulturförvaltningen/Stadsmuseet, 1999). Byggnaden ingår i Göteborgs Stads bevarandeprogram som är antaget av Kommunfullmäktige. De byggnader och bebyggelsemiljöer som finns med i bevarandeprogrammet bedöms som särskilt värdefulla vilket påverkar förutsättningarna för val av anpassningsåtgärder.

14.5. Anpassning

Åtgärder på fastigheten som syftar till att stänga ute vatten till fullt översvämningssdjup innebär risker för konstruktion och grundläggning på grund av stora ensidiga vattentryck. Vidare rymmer denna typ av äldre byggnad många genomföringar och öppningar vilket gör det svårt att säkra vattentäthet då vatten tillåts inpå fastighet. Den enskilt viktigaste funktionen att säkra är framkomlighet till och från bygganden under en översvämningssituation. De krav som enligt PBL ställs på fastigheten i samband med ny detaljplan kan anses utgöra en lägsta ambitionsnivå av åtgärder. Fastighetsägaren kan dock ha motiv för en högre ambitionsnivå för att minimera risken för ekonomisk skada.

Även om åtgärdsbehovet är tydligt kan det givet de osäkerheter som finns kopplat till klimatförändringar finnas skäl att överväga när riskreducerande åtgärder behöver finnas på plats.

Tre huvudstrategier till anpassningsstrategier presenteras nedan:

- Åtgärder vidtas oberoende av stadens planer för etablering av ett älvkantsskydd så att effektivt skydd nås till en havsnivå motsvarande nivå +2,3 m. Detta ger riskreducering på medellång sikt vilket utifrån dagens kunskap innebär att översvämningssrisken hanteras fram till cirka år 2070 då staden kommer vara beroende av ett storskaligt tekniskt skydd. Med denna strategi säkras bygganden utan att vara beroende av stadens anpassningsåtgärder och har därmed förutsättningar att skydda byggnaden i ett längre perspektiv om sådana inte blir av. Nackdelen är att fastighetsägaren bekostar åtgärder som bli verkningslösa om ett älvkantsskydd etableras vilket innebär dålig resurshushållning ur samhällsekonomiskt perspektiv.
- Åtgärder etableras relativt omgående för att skydda fastigheten fram till ett älvkantsskydd har etablerats cirka år 2035 – 2040. Detta innebär att säkra översvämningsskydd till nivån +2,1 m. Då skyddsnivån är lägre kan det förväntas innebära lägre kostnader än alternativ 1. Vid etablering av ett älvkantsskydd kommer dock dessa åtgärder vara verkningslösa. Om ett älvkantsskydd inte etableras krävs ytterligare åtgärder (höja skydd till +2,3 m) för att ge skydd fram till ett storskaligt skydd finns på plats.
- Inga särskilda åtgärder vidtas för M1:an utan istället avvaktas stadens etablering av ett älvkantsskydd. Detta innebär att fastigheten löper ökad risk att drabbas av översvämning fram till dess att ett älvkantsskydd etableras. Detta bedöms innebära det mest samhällsekonomiskt fördelaktiga alternativet. Det vore mer kostnadseffektivt om fastighetsägaren istället för att bekosta egna åtgärder kunde bidra till etablering av ett älvkantsskydd. Den ökade riskbildningen kan dock riskera att påverka fastighetsvärdet negativt.

14.6. Anpassningsalternativ

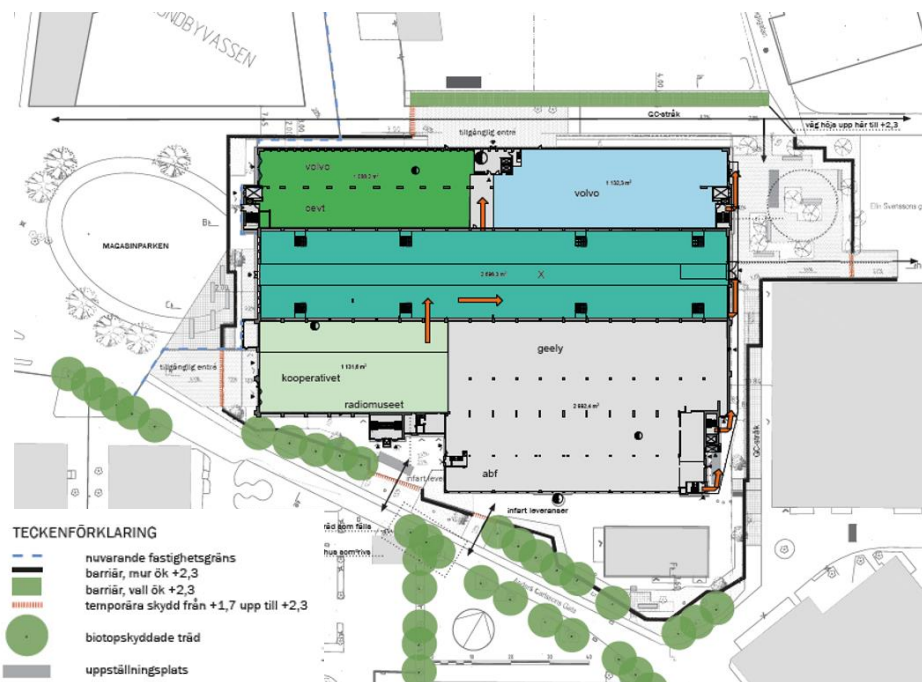
Sannolikheten för att drabbas av översvämning orsakad av skyfall är betydligt större än motsvarande för hav/vattendrag. Konsekvensen för skyfallsöversvämning är dock betydligt mindre än motsvarande

för hav/vattendrag. Skyfallsåtgärder är mindre omfattande vilket ytterligare ökar motivet att genomföra sådana.

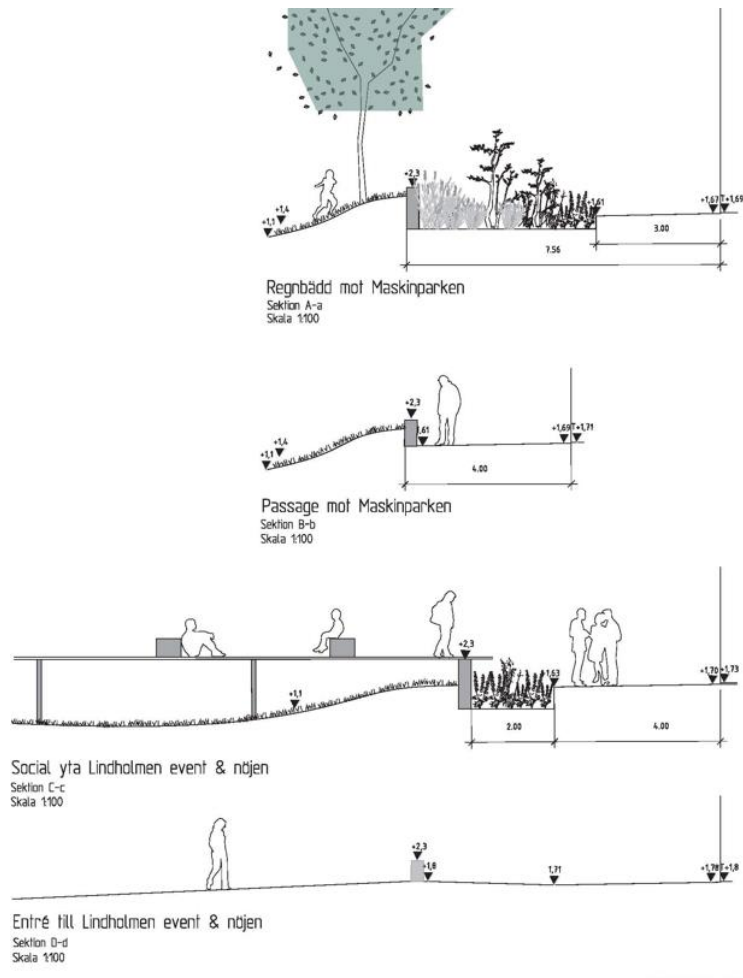
Åtgärder för de olika översvämningstyperna måste dock harmoniseras så att det inte uppstår negativa inbördes återverkningar av skydden. Nedan redovisas tre olika anpassningsalternativ baserat på den andra anpassningsstrategin ovan (det vill säga vidta åtgärder som ska klara översvämningens risk fram till dess att staden etablerat ett älvkantskydd). Alternativ 4 baseras på strategin om att inte vidta åtgärder i nuläget utan att avvakta stadens storskaliga älvkantskydd.

Alternativ 1 – Barriärlösning (Torr strategi)

Detta alternativ tillämpar en "torr strategi" vilket innebär att vatten stängs ute från byggnaden via anläggande av en barriär. Framkomlighet till och från byggnaden säkras genom att säkra anslutning till planerat evakueringsstråk norr om byggnaden (se Figur 14-6). En barriärlösning skapar utmaningar att säkra anslutningsmöjligheter till byggnaden. Detta kan ske genom öppningar i barriären som stängs med temporära skydd (automatiskt eller manuellt) vid en översvämningshändelse eller att tillfarter sker över högre nivåer, det vill säga "rampas upp" över barriär. Detta alternativ skyddar byggnaden i sin helhet och skapar förutsättningar för att nå samtliga uppsatta mål i form av framkomlighet, teknisk försörjning, byggnadsvärde och ger inga tydliga negativa konsekvenser avseende bevarandevärden. I Figur 14-7 visas möjlig utformning av olika partier av förslaget.



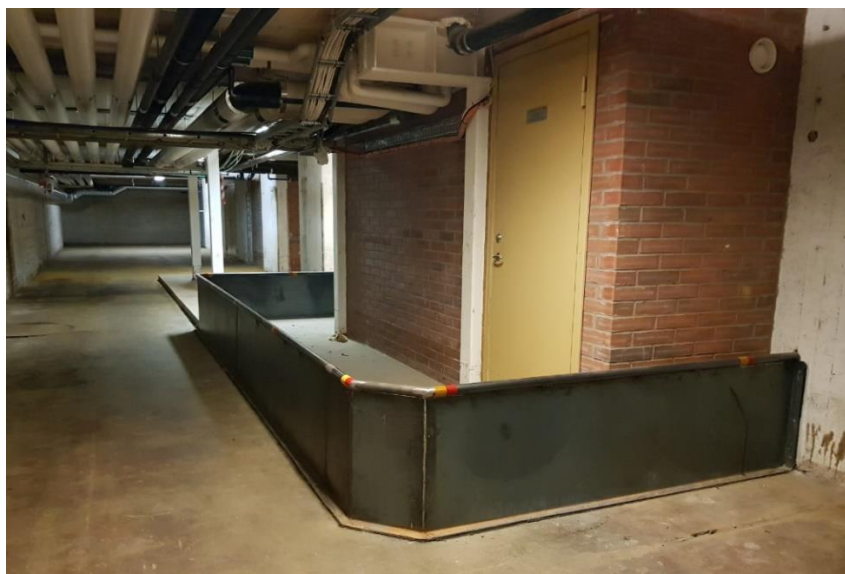
Figur 14-6: Planskiss över utformning av barriäralternativ (Arbetsmaterial Liljewall arkitekter 2020-01-24)



Figur 14-7: Skisser på möjlig utformning av olika delar ingående i barriärlösning (Arbetsmaterial Liljewall arkitekter 2020-01-24)

Principen har förutsättningar att ge betydande mervärden om åtgärder utformas för att skapa multifunktionalitet det vill säga att barriären integreras i en terrängmodellering. En barriärlösning behöver omsluta hela byggnaden då det inte finns några högre terränglägen att ansluta till. Barriären kan skapas genom markmodellering via vallar eller via konstruktionslösningar såsom panelbarriärer. I exemplet för multikriterieanalys som redovisas i rapporten antas barriären utgöras av en konstruktionslösning men i fallstudien har ett alternativ med markmodellering studerats. Detta alternativ har dock på grund av den pausade fallstudien inte detaljutformats vilket inte gör den kalkylerbar i dagsläget.

För att hantera skyfall föreslås en kombination av översvämningsytor/magasiner och avskärning av tillströmmande vatten från områden utanför fastighet. Vattenvolymen som bildas inom fastigheten uppgår till cirka 800 m³. Ett möjligt alternativ kan vara lagring av skyfallsvolymer i källaren. Det kan inte uteslutas att det även krävs åtgärder för att skydda mot översvämning som orsakas av baktryck i ledningar. Efter flera översvämningstillfällen har åtgärder vidtagits för att minska effekten genom att översvämningsbarriärer installerats i källaren för att skydda sårbar teknisk utrustning, se Figur 14-8.



Figur 14-8: Översvämningsskydd av teknikrum i källare för M1:an.

I vilken utsträckning dessa åtgärder kan skydda mot regn av olika återkomsttid är inte känt. Det kan inte heller uteslutas att de underjordiska kulvertar som ansluter till byggnaden skulle behöva åtgärdas för att förhindra spridning av översvämningseffekter för alla översvämningstyper.

Beroende på barriärens höjd påverkas livslängden och beroendet av ett älvkantskydd. Om barriären anläggs till +2,3 m säkras skydd på medellång sikt vilket innebär att byggnaden inte är beroende av ett älvkantskydd. Om barriären anläggs till nivå +2,1 säkras skydd fram till det att ett älvkantskydd etableras.

Alternativ 2 – Ökad resiliens och säkrad framkomlighet (Våt strategi)

Detta alternativ tillämpar i huvudsak en våt strategi för översvämningar som orsakas av hav och vattendrag. Anpassningsåtgärder inriktas på att säkra framkomlighet till och från byggnaden under en översvämning och i övrigt tillämpa skadebegränsning det vill säga minimera återställningstid och skadekostnader. Framkomlighet till byggnaden säkras genom att anlägga ett högstråk från anslutningspunkt i nordöstra hörnet av byggnaden som ansluter till motsvarande stråk beläget norr om fastigheten.

Då översvämning orsakat av skyfall utgör en större riskbild (mer sannolikt att det inträffar) och innebär relativt begränsade åtgärds kostnader föreslås anpassningsåtgärder som förhindrar att översvämningar orsakad av skyfall tränger in i byggnaden (torr strategi). Detta kan ske via översvämningssanpassade luckor, dörrar och vattentäta genomföringar vilket innebär att stänga ute vattnet från byggnadskroppen upp till en viss höjd ovan mark. Att säkerställa vattentäthet för äldre byggnader är utmanande då det kan förväntas finnas många flödesvägar för vatten in i byggnaden. För M1:an innebär också förekomsten av en källare att sårbarheten får anses som stor. Detta alternativ rekommenderas även omfatta en översyn av byggnadsmaterial och förslag till möjliga åtgärder för att minska materialrelaterade skador. Skadebegränsande åtgärder inom fastighet kan till exempel innebära att skydda teknisk utrustning och översyn av byggnadsmaterial.

Skyfallsåtgärder kan i likhet med alternativ 1 vara etablering av översvämningssytor/magasin eller skydd på fasad i lågpunkter för att klara de översvämningssdjup som uppstår.

En outredd fråga med denna typ av lösning är att stora ensidiga vattentryck kan innebära risk för byggnadskonstruktionen. Vidare finns risk att åtgärderna inverkar negativt på byggnadens bevarande-

värden. Det är därför oklart om denna typ av anpassning är genomförbar till de nivåer som är aktuella (+2,1 m till +2,3 m)

Alternativ 3 – Temporär barriär (Torr strategi)

För temporära barriärer krävs någon form av varningssystem för att mobilisera resurser för installation. Träning för att upprätta barriären bör ske årligen och det krävs lagringsutrymme för barriären.

För (semi)temporära barriärer föreligger det en risk att den inte kan upprättas i tid eller på korrekt sätt på grund av mänskliga fel. Exempelvis kan parkerade bilar mellan de permanenta stolparna förhindra att skyddet upprättas i tid. Risk kan minimeras om de stolparna installeras på betongtröskel 0,3 m ovan mark. Upprättas skyddet korrekt är säkerheten hög. För att minska risken att barriären inte upprättas i tid används mobila pumpar för att pumpa bort vatten under tiden barriären upprättas. Backventilen säkerställer att fastigheten inte översvämmas från avlopp.

Alternativ 4 – Avvakta storskaligt skydd

Detta alternativ innebär att tillämpa strategi 3 ovan, det vill säga att inga särskilda åtgärder vidtas för M1:an utan istället avvaktas stadens etablering av ett älvkantskydd. Detta bedöms ge den mest samhällsekonomiskt effektiva åtgärden men i dagsläget är frågan om det är möjligt att fondera medel olöst.

15. LÄRDOMAR OCH VIDARE ARBETE

Nedan följer några lärdomar som dragits och vidare arbete som föreslås.

Lärdomar

- Trots att insikten om klimatförändringarnas effekter ökar saknar frågan den ”sense of urgency” som krävs bland beslutsfattare och inblandade aktörer för att åtgärder ska vidtas i större utsträckning. Samtidigt ska det betonas att det krävs enorma investeringar där oklarheter i finansierings- och ansvarsfrågor också bidrar till att anpassningsåtgärder inte utförs trots att behovet i många fall är klarlagt.
- Översvämningsanpassat byggande är ett komplext område där Sverige idag saknar byggnadstradition och tillräcklig kunskap. Det är därför nödvändigt att inhämta internationell kunskap för att på sikt kunna utveckla detta till ett teknikområde utformat efter svenska förhållanden och byggnadsregler.
- Osäkerheter i storlek och hastighet av klimatförändringarna innebär att strategier för anpassning bör vara flexibla.
- Även om entreprenören har möjlighet att påverka lösningarna är det ofta upp till beställaren att godkänna lösningarna. Det finns en motsättning mellan låga byggkostnader och kostsamma anpassningsåtgärder. Frågan är därför till stor del ekonomiskt driven.
- Eftersom översvämningskydd är avsedda att skydda liv, egendom och miljö bör produkter inom detta område kvalitetssäkras och någon form av certifieringssystem bör införas.
- Centralt för anpassning är att den sker med helhetssyn och god systemförståelse för att minimera:
 - Risk för negativa följeffekter, det vill säga att en åtgärd motverkar en risk men ökar en annan.
 - Att sammanhängande skydd utgörs av flera enskilda delar etablerade vid olika tillfällen av olika aktörer.
- Det krävs ökat helhetsperspektiv i plan- och byggprocessen – från översiktsplan till förvaltningsskede. Många praktiska genomförandeaspekter förbises i planeringen vilket riskerar begränsa möjligheter till kostnadseffektiva lösningar för översvämningsanpassning.
- Den MKA-metod som presenteras kan vara ett stöd vid val av anpassningsalternativ och ger möjlighet till en strukturerad bedömning baserat på hållbarhetskriterierna miljö, ekonomi och sociala aspekter.

Vidare arbete

- Inom referensgruppen har önskemål framförts om att illustrera olika anpassningsåtgärder med praktiska exempel. Då det mesta referenserna inom detta kunskapsområde får hämtas internationellt innebär det en insats att säkra copyright vilket inte bedömts rymmas inom denna studie. Ett förslag på vidare arbete är en exempelsamling som kopplar praktiska exempel till de åtgärder som redovisas i denna rapport.
- Ytterligare aspekt som lyfts är kopplad till hur översvämningsanpassning kan skapa gröna lösningar för att öka och bevara ekosystemtjänster.
- Testbäddar och praktikfall för översvämningsanpassning och skydd är ett område där det finns potential att arbeta mera kring.
- Internationell utblick över hur man hanterar drift och underhåll av anpassningsåtgärder i förvaltningsskedet har också kommit upp som förslag till vidare arbete.

REFERENSER

Al, S., 2018. *Adapting Cities to Sea Level Rise: Green and Gray Strategies*. 2000 M St. NW, Suite 650, Washington, DC 20036: Island Press.

Australian Rainfall and Runoff, 2010. *Safety Design for People*, Vale: University of New South Wales.

Australian Rainfall and Runoff, 2011. *Appropriate safety criteria for vehicles*, Vale: The University of New South Wales.

Baca Architects, 2014. *What is an amphibious house?*. [Online]

Available at: <https://www.architecturalrecord.com/ext/resources/Issues/2017/April/continuing-education/Amphibious-House-What-is.pdf>

[Accessed 24 04 2020].

Bergqvist, N., 2014. *Environmental assessment and sustainable stormwater planning with regard to climate change through multi-criteria analysis (MCA) – Case study Guldheden*, Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.

Boverket, 2009a. *Bygg för morgondagens klimat, Anpassning av planering och byggande*, Karlskrona: Boverket.

Boverket, 2009b. *Bygg klimatsäkert - anpassning av planering och byggande*, Karlskrona: Boverket.

Boverket, 2014. *Kritiskt fukttillstånd*. [Online]

Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/om-fukt-i-byggnader/nyproduktion--fuktsakerhetsprojektering/kritiskt-fukttillstand/>

[Accessed 08 10 2020].

Boverket, 2016. *Miljö- och klimatanpassade byggregler - Förstudie*, Karlskrona: s.n.

Boverket, 2018. *Tillsynsvägledning avseende översvämningsrisker - Rapport 2018:8*, Karlskrona: Boverket.

Boverket, 2019a. *Att reglera hälso- och säkerhetsfrågor i detaljplan*. [Online]

Available at: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/halsa-sakerhet-och-risker/halsa-och-sakerhet-i-detaljplan/att-reglera-hal-so-och-sakerhetsfragor-i-detaljplan/>

[Accessed 20 04 2020].

Boverket, 2019b. *Karta med snölastzoner*. [Online]

Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/regler-for-byggande/om-boverkets-konstruktionsregler-eks/sa-har-anvander-du-eks/karta-med-snolastzoner/>

[Accessed 12 10 2020].

Boverket, 2020a. *PBL Kunskapsbanken - en handbok om plan och bygglagen*. [Online]

Available at: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/>

[Accessed 12 10 2020].

Boverket, 2020b. *Utgångspunkter för bedömning av översvämningsrisk*. [Online]

Available at: https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/lansstyrelsens-tillsyn/tillsynsvagledning_naturolyckor/tillsynsvagledning-oversvamnning/stod-till-lansstyrelsen-vid-riskbedomning/utgangspunkter/

[Accessed 20 Mars 2020].

- BRE Global Limited, 2017. *BREEAM-SE Nybyggnad 2017, Teknisk Manual 1.1*, Watford: BRE Global Limited.
- BRE Global Limited, 2019. *CEEQUAL Version 6, Technical manual, International Projects*, Watford: Bre Global Limited.
- BRE Global Ltd, 2020. *BRE Group*. [Online]
Available at: <https://www.bre.co.uk/floodhouse>
[Accessed 1 April 2020].
- Brisvåg, J., 2017. *Utveckling av beslutsstöd förhållbara val av dagvattenhantering*, Uppsala: Uppsala Universitet.
- Brown, R. & Farrelly, M., 2009. Delivering sustainable urban water management: A review of the hurdles we face. *Water Science and Technology*, Issue 59, pp. 839-846.
- BSI Standards Publication, 2015. *Flood resistant and resilient construction – Guide to improving the flood performance of buildings*, London: BSI Standards Publication.
- Bång, S., 2019. *The role of groundwater in the inundation of a river-connected floodplain*, Stockholm: KTH Royal Institute of Technology.
- Charlesworth, S., 2010. A review of the adaptation and mitigation of global climate change using sustainable drainage in cities. *Journal of Water and Climate Change*, Issue 3, pp. 165-180.
- Chisholm, E. I. & Matthews, J. C., 2012. *Impacts of hurricanes and flooding to underground infrastructure*, s.l.: American Society of Civil Engineering (ASCE).
- Ciria, 2010. *Flood resilience and resistance for critical infrastructure*, London: Ciria.
- CIRIA, 2014. *Managing urban flooding from heavy rainfall - encouraging the uptake of designing for exceedence*, London: CIRIA.
- CIRIA, 2015. *The SuDS Manual - Ciria C753*, London: CIRIA.
- COWI, 2015. *Risikhänsyn vid hantering av översvämningsrisker*, Göteborg: Stadsbyggnadskontoret Göteborg.
- COWI, 2016. *Guide för hantering av översvämningsrisker*, Göteborg: COWI.
- DEFRA/Environment Agency, n.d. *Flood risks to people*, s.l.: s.n.
- Dverre, U. & Nilsson, O., 1986. *Fönster, utformning och typutveckling*, Arkitektursektionen: Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg..
- Ellisa, J. et al., 2004. Multicriteria decision approaches to support sustainable drainage options for the treatment of highway and urban runoff. *Science of The Total Environment*, 01 12, pp. 251-260.
- Europaparlamentet, 2007. *Europaparlamentet och rådets direktiv 2007/60/EG av den 23 oktober 2007 om bedömning och hantering av översvämningsrisker*, Strasbourg: Europeiska Unionen - Europa Parlamentet.
- EurOtop, 2018. *Manual on wave overtopping of sea defences and related structures. An overtopping manual largely based on European research, but for worldwide application*, s.l.: EurOtop.
- Fagerberg, S., 2020. *Personlig kommunikation [Interview] (17 06 2020)*.

- FEMA, 2014. *Homeowners guide to retrofitting*, s.l.: US Federal Emergency Agency (FEMA).
- FEMA, 2017. *Protecting Building Utility Systems From Flood Damage*, s.l.: s.n.
- FEMA, 2020. *Requirements for Flood Openings in Foundation Walls and Walls of Enclosures*, s.l.: NFIP Technical Bulletin 1 / March 2020.
- Fryd, O., Dam, T. & Jensen, M., 2012. A planning framework for sustainable urban drainage systems. *Water Policy*, Issue 14, pp. 865-886.
- Gabalda, L. e. a., 2012. *Test of flood resilient products*, Glasgow: SMARTeST project.
- Gabalda, V. et al., 2013. *Flood Resilience Technologies*, s.l.: The SMARTeST project (Smart Resilient Technologies, Systems and Tools).
- Gillesén, D., 2020. *Möte om Räddningstjänstaspekter gällande detaljplan M1:an* [Interview] (14 01 2020).
- Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee, 2006. *Reducing vulnerability of buildings to flood damage: guidance on building in flood prone areas. Hawkesbury-Nepean Floodplain Management Steering Committee.*, Australia: s.n.
- Hurricane Katrina External Review Panel, 2007. *The New Orleans Hurricane Protection system - What Went Wrong and Why*, Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers.
- IPCC, 2015. *Climate change 2014 - Synthesis Report*, Geneva: s.n.
- IPCC, 2019. *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. s.l.:IPCC.
- ISO, 2019. *ISO 14090:2019, Adaptation to climate change — Principles, requirements and guidelines*, Geneva: ISO.
- IVL Svenska Miljöinstitutet, 2019. *Klimatanpassning 2019 – så långt har Sveriges kommuner kommit*, Stockholm: IVL.
- Jonsson, M., 2017. *A performance investigation of stormwater accommodations in Stockholm: A multi-criteria decision analysis*, Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan.
- Kangas, D., 2016. *Evaluating Stormwater Management Techniques for Dense Urban Areas using Multi-Criteria Decision Analysis*, Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Karlsson, A., 2018. *Fördjupad utredning – Våghöjder och översköljning Pumpgatan/Lundbyhamnen*, Göteborg: Tyréns.
- Karlsson, D., 2020. *Personlig kommunikation med Dick Karlsson, Förvaltningen för Kretslopp och Vatten, Göteborg stad*. Göteborg: s.n.
- Klimatanpassning.se, 2019. *Försäkring*. [Online]
Available at: <https://www.klimatanpassning.se/hur-samhallet-paverkas/forsakring-och-finans/forsakringsbranschen-1.107420>
[Accessed 23 06 2020].
- Kulturförvaltningen/Stadsmuseet, S. o., 1999. *KULTURHISTORISKT VÄRDEFULL BEBYGGELSE I GÖTEBORG*, Göteborg: s.n.

- Lagerqvist, O. & Olofsson, T., 2010. *Inverkan av klimatförändringar på byggnadsverk och byggande*, Luleå: SBUF.
- Liljegren, E., 2018. *Regeringsuppdrag om Trafikverkets klimatanpassningsarbete*, Borlänge: Trafikverket.
- López, H., 2018. *Performance Examination of Sustainable Urban Drainage Systems - A Multi-Criteria Analysis for the city of Gothenburg*, Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Länsstyrelserna, 2012. *Klimatanpassning i fysisk planering – Vägledning från länsstyrelserna*, s.l.: Länsstyrelserna.
- Martin, C., Ruperd, Y. & Legret, M., 2007. Urban stormwater drainage management: The development of a multicriteria decision aid approach for best management practices. *European Journal of Operational Research*, 16 08, pp. 338-349.
- McBain, W., Wilkes, D. & Retter, M., 2010. *Flood resilience and resistance for critical infrastructure*, London: CIRIA.
- MSB, 2012a. *Förordningen om översvämningsrisker - Sveriges genomförande av EU:s översvämningsdirektiv*, Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- MSB, 2012b. *Konsekvenser av en översvämning i Mälaren - Redovisning av regeringsuppdrag Fö2010/560/SSK*, Karlstad: MSB.
- MSB, 2012c. *Översvämnningar i Sverige 1901-2010*, Karlstad: Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB).
- MSB, 2017. *Vägledning för skyfallskartering - Tips för genomförande och exempel på användning*, Karlstad: Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB).
- MSB, 2019. *Översvämningskarteringar*. [Online]
Available at: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/naturolyckor-och-klimat/oversvamning/oversvamningskarteringar-och-samordning/>
[Accessed 12 10 2020].
- MSB, 2020. *Översvämningsdirektivet*. [Online]
Available at: <https://www.msb.se/oversvamningsdirektivet>
[Accessed 03 03 2029].
- Naturvårdsverket, 2008. *Vattenverksamheter - Handbok för tillämpning av 11 kapitlet i miljöbalken*, Stockholm: Naturvårdsverket .
- Naturvårdsverket, 2009. *Multikriterieanalys för hållbar efterbehandling – Metodutveckling och exempel på tillämpning*, Stockholm: Naturvårdsverket.
- Ogunyoye, F. S. R. & U. S., 2011. *Delevering benefits through evidence: Temporary and demountable flood protection guide.*, s.l.: Defra-EA report by Royal Haskoning.
- Pickles, D., 2015. *Flooding and historic buildings*. s.l.:Historic England.
- Property Care Organisation, 2013. *Code of practice for flood damaged buildings*. UK: Property Care Organisation (PCA).

Rankka W., L. H. D. B. J. Å., 2019. *Markunderbyggnaders egenskaps-förändringar med klimatlast*-BIG A2017-28, Linköping: Statens geotekniska institut, SGI.

Regeringen, 2017. *Regeringens proposition 2017/18:163 - Nationell strategi för klimatanpassning*, Stockholm: Regeringen.

Regeringskansliet, 2010. *Plan- och bygglag (2010:900)*. [Online]

Available at: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/plan-och-bygglag-2010900_sfs-2010-900

[Accessed 12 10 2020].

Regeringskansliet, 2012. *SOU 2012:46 Dammsäkerhet - tydliga regler och effektiv tillsyn*, Stockholm: Regeringskansliet.

Regeringskansliet, 2017. *Vem har ansvaret?*, Stockholm: Regeringskansliet.

Rosén, L., 2020. *Ekonomisk analys av strukturplaneåtgärder mot översvämning från nederbörd*, Göteborg: Göteborg Stad-Sweco Environment.

SCALGO, 2020. *SCALGO Live Flood Risk*. [Online]

Available at: <https://scalgo.com/en-US/live-flood-risk>

[Accessed 12 10 2020].

SGBC och BRE Global, 2018. *BREEAM-SE Nybyggnad 2017 - Teknisk manual*, s.l.: s.n.

Sikander, E. & Svennberg, K., 2016. *Byggnad för ett framtida ändrat klimat - fokus fuktsäkerhet*, Borås: Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

SMHI, 2016. *Framtidsklimat i Sveriges län – enligt RCP-scenarier*. [Online]

Available at: <https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/framtidsklimat-i-sveriges-lan-enligt-rcp-scenarier-1.95384>

[Accessed 12 10 2020].

SMHI, 2017. *Översvämningar*. [Online]

Available at: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/oversvamningar-1.5949>

[Accessed 20 04 2020].

Smith, G. & McLuckie, D., 2015. *Delineating hazardous floods conditions to people and property*, s.l.: s.n.

Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 2008. *Extrema väderhändelser fas 2 - Gullbergsvass*. Göteborg: Stadsbyggnadskontoret Göteborg.

Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 2016. *Förslag till översiktsplan för Göteborg - Tillägg för översvämningssrisker*, Göteborg: Göteborg Stad.

Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 2020. *Rapporter och statistik om extremt värder*. [Online]

Available at: <https://goteborg.se/wps/portal/start/byggnad--lantmaterioch-planarbete/kommunens-planarbete/verktyg-for-stadsplanering-2/miljo-och-klimat-i-stadsplaneringen/klimatforandringar-och-extremt-vader/rapporter-och-statistik-om-extremt-vader!/ut/p/z1/hY4xC8IwF>

[Accessed 05 10 2020].

Stockholm Vatten och Avfall, 2017. *Skelettjord*, Stockholm: s.n.

Stockholm Vatten och Avfall, 2018. *Gröna tak*. [Online]

Available at: <https://www.stockholmvattenochavfall.se/vatten-och-avlopp/avloppsvatten/dagvatten/tips-for-fastighetsagare/ditt-bidrag/#!/grona-tak>

[Accessed 28 08 2020].

Svensk Försäkring, 2015. *Vem tar ansvar för klimatanpassningen? – klimatanpassning ur ett försäkringsperspektiv*, s.l.: Svensk Försäkring.

Svenska Kraftnät, 2013. *Dammsäkerhet - Handbok för egenkontroll och tillsyn*, Sundbyberg: Svenska Kraftnät.

Svenskt Trä, 2018. *Träguiden - Mikroorganismer*. [Online]

Available at: <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/bestandighet1/mikroorganismer1/>

[Accessed 09 2020].

Svenskt Vatten, 2019. *P110 - Avledning av dag-, drän- och spillvatten*, Stockholm: Svenskt Vatten.

Sveriges riksdag, 2020. *Plan- och bygglag (2010:900)*. [Online]

Available at: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/plan--och-bygglag-2010900_sfs-2010-900

[Accessed 03 04 2020].

Zhou, Q., 2014. A Review of Sustainable Urban Drainage Systems Considering. *Water*, Issue 6, pp. 976-992.

BILAGA A – REFERENSGRUPPSMÖTEN

Nedan kan mötesanteckningar ses från de två mötena med referensgruppen.

Mötesanteckningar från Referensgruppsmöte 1 den 17 januari 2020.

Ärende: Referensgruppsmöte, SBUF projekt. Översvämningsanpassat byggande

Mötesdatum: 2020-01-17, 13.30-15.00

Plats: Göteborg

Närvarande: Per Mårtensson, Peab
Faiz Mawlayi, Skanska
Kerstin Konitzer, Statens geotekniska institut.
Ulf Moback, Göteborgs Stad - Stadsbyggnadskontoret
Emma Larsson, Göteborgs Stad - Stadsbyggnadskontoret
Anna Uhrbom, Göteborgs Stad - Älvstranden Utveckling
Dick Karlsson, Göteborgs Stad - Kretslopp och vatten
Nils Ekström, Liljewall arkitekter
Eva Sikander, RISE
Anders Selström, NCC Infrastructure
Martin Sandberg, NCC Property Development
Arshad Aboosh, NCC Building
Niklas Blomqvist, NCC Teknik
Robin Jansson, NCC Teknik
Malin Norin, NCC Teknik
Jacob Lindberg, NCC Teknik

Delges: Närvarande enl. ovan samt:
Susanne Fagerberg, Länsförsäkringar
Jeanette Sveder Lundin, Skanska
Lisa Ekström, Göteborgs Stad – Stadsbyggnadskontoret
Staffan Hintze - NCC

Några kommentarer som diskuterades under mötet:

- Viktigt att belysa driftsskedet för att få med förvaltningsperspektivet.
Svar: Det kommer att belysas genomgående i rapporten
- Ingår även planskedet (viktigt att förtydliga i studien)? Om det inte ingår är det svårt att få in tekniska lösningar i byggande. Förutsättningarna för vilka åtgärder som är möjliga för entreprenören sätts i planprocessen. Därmed riskerar entreprenörens handlingsutrymme begränsas gällande vilka anpassningsåtgärder som kan användas. Även risk att omoderna anpassningsåtgärder implementeras eftersom det är stor eftersläpning i och med planprocessen. Alltså, hur kan lösningarna implementeras i redan planerad miljö.
- En kommentar på detta tema inkom att det är viktigt att framtidssäkra funktionskrav i planprocessen. Därmed öppnar man upp för alternativa lösningar som fungerar i framtiden.
- Dessutom kommenterades det kring hur stora avsteg man kan göra från en antagen plan.
Svar: Problemet med övergripande frågor kring lagstiftning, ansvar och regelverk kommer inte vara fokus för studien. Detta finns beskrivet i andra sammanhang och förväntas också kunna förändras. Däremot kommer denna aspekt tas med i kunskapssammanställningen för att belysa problematiken. Troligen skulle en iterativ process (som inte tillås idag) behövas, dvs att man i byggskedet har möjlighet att ifrågasätta delar av planprocessen eftersom kunskap kring översvämningsanpassning ständigt ökar. Studien fokuserar på att ge vägledning kring val av anpassningsåtgärder ur tekniska och hållbarhetsmässiga perspektiv. Målsättningen är att undvika att kunskapssammanställningen blir daterad då regelverket uppdateras.
- På vilket sätt hanteras finansieringsfrågan av lösningarna? Kostnaderna för byggande har ökat kraftigt och kommer i och med detta öka kostnaderna.

Svar: Det kommer att belysas i kunskapssammanställningen och är viktigt. Detta kommer även kopplas ihop med försäkringsperspektivet. Även kommer det kopplas ihop med skadekostnader som kommer med översvämning. En allmän fundering skulle där bli: vad är dyrast, att bygga översvämningssäkrat eller ta skadekostnader för översvämning. Troligen krävs någon form av juridisk modell då det är svårt att ge incitament till enskilda fastighetsägare. Det har tyvärr visat sig att en stor händelse med stora ekonomiska skador eller dödsoffer endast kan ge incitament, jmf händelser i Malmö och Köpenhamn. Finns modell för samfällighetslösningar, men dessa är troligen svåra att implementera.

- Ofta många funktionskrav, jmf Masthuggskajen. Krav att jämka mellan olika intressen. Vad ska vara styrande. Översvämningssanpassning är ett av kraven.
Svar: Viktig aspekt att belysa i rapporten
- Annan byggnorm/brandnormer i Sverige jmf med många andra länder. Viktigt att ha med den aspekten i vilka anpassningsåtgärder som inventeras ska vara styrande. En viktig aspekt är där kring utrymnings-säkring.
Svar: Noterat. Det tar vi med oss i inventeringen.
- Regeringsuppdrag till SGI och MSB för kartläggning av särskilt känsliga skred-, erosion och översvämningsskänsliga områdena samt ge åtgärdsförslag. Önskan om att använda info från detta projektet.
Svar: Bra förslag.
- Hur kommer grundläggningen att hanteras för åtgärdsförslagen?
Svar: Troligen kommer vi behöva avgränsa oss där då den helt är beroende av platsspecifika förhållanden.
- Viktigt att avgränsningarna anges tydligt i rapporten för detta ämne är väldigt stort.
Svar: Noterat, det gör vi.
- Behövs ytterligare kompetens i projektet?
Svar: Inget som vi förutser men kan behöva tas med efterhand eller till rapportgranskning. Ev. geotekniker.

Mötesanteckningar från Referensgruppsmöte 2 den 14 april 2020.

Ärende: Referensgruppsmöte, SBUF projekt. Översvämningsanpassat byggande

Mötesdatum: 2020-04-14, 13.00-15.00

Plats: Skype

Närvarande: Per Mårtensson, Peab
Faiz Mawlayi, Skanska
Kerstin Konitzer, Statens geotekniska institut.
Ulf Moback, Göteborgs Stad - Stadsbyggnadskontoret
Emma Larsson, Göteborgs Stad - Stadsbyggnadskontoret
Lisa Ekström, Göteborgs Stad – Stadsbyggnadskontoret
Anna Uhrbom, Göteborgs Stad - Älvstranden Utveckling
Nils Ekström, Liljewall arkitekter
Mårten Västerdal, RISE
Niklas Blomqvist, NCC Teknik
Robin Jansson, NCC Teknik
Malin Norin, NCC Teknik
Jacob Lindberg, NCC Teknik

Delges: Närvarande enl. ovan samt:
Susanne Fagerberg, Länsförsäkringar
Dick Karlsson, Göteborgs Stad - Kretslopp och vatten
Jeanette Sveder Lundin, Skanska
Staffan Hintze – NCC
Martin Sandberg, NCC Property Development
Arshad Abosh, NCC Building

Nedan anges några av de kommentarer som kom upp under diskussionerna för mötet.

Bild 10 från presentation:

- I kapitel 5 och 6 är det viktigt att belysa Räddningstjänstens roll och kravställning för framkomlighet av fordon för blåljuspersonal.
- SGI sammanställer i sitt regeringsuppdrag bl.a. delar som ingår i kap 7 och 8. Där kan projekten samarbeta.
- En ISO-standard 14091 med fokus på riskanalyser för klimatförändringarna kommer att publiceras under året.
- Markfrågan (skador på den samt att se den som en resurs för att ta hand om skyfall) kring översvämning kan betonas.
- Klimatförändringarnas effekter på mark och grundläggning är oklar och är föremål för forskning
- Betona samarbeten kring ansvarsfrågan.
- Belysa risker kopplat till om- och tillbyggnad, förändringar under förvaltningsskede, tex rör genomföringar som kan innebära svaga punkter i en från början översvämningssäker konstruktion
- I planeringsskede är det frågan om hälsa-säkerhet som är avgörande vilken till stor del är kopplat till framkomlighet. I rättsfall kring detaljplaner är det framkomlighetsfrågan som varit avgörande.
- Belys att det i framtiden kan förväntas bli aktuellt att i större utsträckning söka gemensamhetslösningar för att nå kostnadseffektiva lösningar.

Bild 12 från presentation:

- Generellt tycker referensgruppen att det fungerar att beskriva "en ideal arbetsgång" för hantering av översvämningsrisk men att man belyser de hinder som finns för att arbetsgången ska kunna vara just ideal.

Bild 15 från presentation

- Ibland jobbar man med en samling olika åtgärder för att hitta ett system som blir till rätt kostnad. Vet man kraven, så kan det vara lätt att hitta rätt lösning, tex höja marken och skapa magasin under - om det magasinet kan användas för ta hand om skyfallsvatten.
- Beskrivning av tid och organisation som behövs för att få åtgärder på plats när de väl behövs göras.

Bild 25 från presentation

- MKA anses vara en bra metod för att använda till detta syfte.
- Nivån på kriterierna är bra, men det bör betonas i detta är en del av en hållbarhetsvärdering. Detta kan göras tydligare genom att visa på hur man kan gruppera in kriterierna i olika dimensioner av hållbarhet.
- Man kan också använda MKAn iterativt i olika delar av ett byggprojekt.
- Viktigt att belysa för vem MKA:n utförs då detta kan påverka

Bild 26 från presentation

- Kolla ev. också hållbarhetssystemet City-lab.

BILAGA B – BEDÖMNING AV ANPASSNINGSAÅTGÄRDER FÖR MKA

Tabell Bilaga B: Bedömning av anpassningsåtgärder för exempelfall Lindholmen.

Huvud- och del kriterium	Åtgärd A* Barriär	Åtgärd B Ökad resiliens	Åtgärd C Semi-temporär barriär
Kostnader	16 - 21 Mkr exkl. mark	2 - 5 Mkr	5 - 6,5 Mkr exkl. mark
Investeringskostnad	<p>Barriär i form av teknisk konstruktion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Glasbarriär (1,5x450 m), 15 Mkr. • 4 - 5 manuella portar (1,5x6,5 m), 800 Tkr alternativt panel-barriär eller automatisk flip-barriär för in- och utfart, 4 - 5 Mkr. • 3 - 4 översvämningssäkra dörrar i barriär, 60 Tkr. • Backventil, 50 - 100 Tkr. <p>Barriär kan även upprättas genom markmodellering kombinerat med tätkäarna.</p>	<p>Resilient skydd genom olika skyddsåtgärder:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Översvämningssäkra luckor till dörrar och låga fönster till 0,6 m över mark, 500 Tkr. • Ytbehandling av inomhusvägg och tätning av genomgående hål för rörledningar, 200 Tkr. • Ytbehandling av yttervägg och fogar, 200 Tkr. • Backventil, 50 - 100 Tkr. • Modifiering av elektrisk försörjning av markplan & källare, 500 Tkr. • Dräneringskanal i källare och pumpstation, 1 Mkr. • Översyn av golv på markplan och källare (laminat och/ eller klinker som material), 200 Tkr • Översyn av isolering, 50 Tkr. • Översyn av fasta installationer såsom kök, reception etc. skapa förmåga att höja upp känslig inredning, 50 - 100 Tkr. • Översyn av ventilationssystem, 100 Tkr. 	<p>Barriär som kräver mobilisering av personal för att uppnå skydd:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Panel-barriär (1,5x475 m), 5 Mkr. • Fyra pumpar, 200 Tkr. • Backventil, 50 - 100 Tkr.
Förvaltningskostnad	<p>50 - 100 Tkr/år</p> <p>Tvätt, klottersanering och underhåll av glasspartier, smörjning av dörrar. Rörliga delar och motor finns i flip-barriären vilket behöver service årligen.</p>	<p>50 - 100 Tkr/år</p> <p>Träning att upprätta översvämningssluckor. Service av pumpar, utvändigt ytbehandlingen rekommenderas att upprepas vart 10e år.</p>	<p>200 Tkr/år</p> <p>Varningssystem för att mobilisera resurser för att upprätta barriären. Träning för att upprätta barriären rekommenderas årligen. Lagerutrymme för barriären. Service av pumpar.</p>

(Fortsättning)

Risk och säkerhet	Låg / Hög	Mellan / Mellan	Mellan / Mellan
Funktion upprätthålls	Permanenta barriärer är den mest pålitliga barriärlösningen. Stängningsbara öppningar i barriären säkerställer utrymningsvägar. Backventilen säkerställer att fastigheten inte översvämmas från avlopp. Inget skydd mot ev. uppsträngande grundvatten.	Åtgärden innebär att bygganden tillåts översvämmas 0,6 m över markytan. Via materialval minimera återställningstid och kostnader.	För (semi)temporära barriärer föreligger risk gällande installation. Risk kan minimeras genom val av konstruktionslösningar. Upprättas skyddet korrekt är säkerheten hög. För att minska risken att barriären inte upprättas i tid används mobila pumpar för att pumpa bort vatten under tiden barriären upprättas. Backventilen säkerställer att fastigheten inte översvämmas från avlopp. Inget skydd mot ev. uppsträngande grundvatten.
Tid att upprätta	Några minuter för att stänga ingångsvägar.	0,5 - 1 h för att stänga översvämningsluckor även om vatten tillåts översvämma byggnaden i ett senare skede.	Visst skydd efter 1 h, fullständigt skydd efter 4 - 8 h men är beroende av arbetsstyrkans storlek och mobiliseringstid av material. Kräver beredskap och planering.
Praktisk erfarenhet och certifiering	Beprovd, certifiering beror på tillverkare.	Praktisk erfarenhet finns, lösningen är retroaktivt anpassad till fastigheten och kan certifieras via BRE Group, komponenter innehar ofta en certifiering från BSI eller Kitemark.	Välbeprövd barriär, certifiering beror på tillverkare
Miljömässiga livscykelaspekter			
Resurseffektivitet	Barriären tar upp landområde om ca 240 m ² och består uppskattningsvis av 65 ton stål, 150 ton betong och 8 ton glas. Barriären är robust och kan förväntas ha lång livslängd.	Skyddet är resurseffektivt då inga större anläggningar av barriärer behövs.	Barriären tar ingen yta då den inte används. Vissa permanenta installationer krävs. Om de permanenta stolparna installeras ovan betongtröskel (ca 105 ton) vid detta förfarande kommer barriären ta upp markyta om ca 150 m ² . Ytbeläggning består av 6 ton aluminium och kärna av polyeten ca 12 ton, permanenta stolpar i rostfritt stål ca 22 ton. I och med att panelerna lagras inomhus är slitage från väder och vind minimalt.

(Fortsättning)

Avfall	Återanvändning är möjlig då materialen kan skiljas från varandra.	Svår att bedöma. Materialåtervinning är sannolikt inte möjlig i någon större utsträckning av det inbyggda materialet.	Materialåteranvändning är möjlig då materialen kan skiljas från varandra.
Direkt omgivningspåverkan			
Buller	Potentiellt positiv effekt då barriären kan minska buller från verksamheten till omgivningen.	Åtgärden inverkar inte på buller till omgivningen.	Svårbedömd. Vid mobilisering och upprättande av barriären kan buller uppstå.
Ekosystemtjänster och naturvärden	Då anläggande av barriären sker nära fastigheten av utrymmeskäl måste en del av dagens vegetation tas bort. Då konstruktionen är permanent skulle t.ex. en anläggning vertikal vegetation på barriären kunna vara ett sätt att öka naturvärdet.	Åtgärderna påverkar inte dagens naturvärden.	Anläggande av barriären kan antas ske nära fastigheten av utrymmeskäl. Om dagens vegetation behöver tas bort har detta en negativ påverkan på naturvärden.
Kulturvärden	Barriären kommer att påverka bevarandevärdet men består till största del av glas och därmed bevaras kulturvärdet delvis.	Påverkar inte kulturvärdet.	Barriären kommer inte påverka bevarandevärdet i någon större utsträckning.
Sekundär översvämningseffekt	Vid skyfall finns risk att närliggande områden påverkas.	Ingen.	Att vatten inte tränger in i fastigheten gör att den relativa vattennivån i närliggande område ökar.
Fördelningseffekter	Försämrar framkomligheten till fastigheten.	Ingen.	Åtgärden försämrar framkomligheten om den anläggs på en betongtröskel. Anläggs den direkt på hårdgjordyta minskar inte framkomligheten.
Förvaltning			
Organisation för förvaltning	Kräver inget varningssystem. Sedvanligt DoU av fastighetsägare.	Krävs aktiv väderövervakning och ett team som kan mobilisera för att höja upp känslig inredning etc..	Kräver varningssystem och organisation för att mobilisera och upprätta barriären. DoU av utrustning samt övning.
Avbrotts/ återställandetid	Ingen, verksamheten bör kunna pågå normalt direkt efter att vattnet dragit tillbaka.	Några dagar - vecka beroende på översvämningens omfattning.	Beroende på utformning timmar-dygn för att mobilisering och de-mobilisering vilket kan påverka verksamheter.

(Fortsättning)

Stadsbyggnadskvalitet

Sammanhållen stad

Svårbedömd

Ingen påverkan

Ingen påverkan

Rekreation och hälsa

Det finns potential att skapa mötesplatser och ökat inslag av grönska.

Ingen påverkan

Ingen påverkan

BILAGA C – LEVERANTÖRSLISTA ÖVER TEKNISKA SKYDD OCH FÖRDRÖJNINGSMAGASIN

Leverantörslista

Leverantörer	Produkt	Webbplats
SDS	Magasinering, regnvattenhantering, SUDS	www.sdslimited.com
ACO	Magasinering (öppna system)	www.aco.co.uk
M3 Floodtec	Barriär, dörrar och portar etc.	www.m3floodtec.com
GreenBlue	Magasinering integrerat med träd	www.greenblue.com
Dai Chen	Barriärer semi temporära, dörrar och portar	www.daichen.com.tw/
FloodFrame	Flytramsbarriär	www.floodframe.com
Marshalls	Barriärer permanenta, dränerande marksten	www.marshalls.co.uk/wm
Cuirassier	Barriärer temporära	www.cuirassier-technology.com
NOAQ	Barriärer temporära	www.noaq.com
Plasticpiling company	Barriärer permanenta	www.plasticpiling.co.uk
Knaufinsulation	Grönatak / takmagasinering och fördröjning	www.urbanscape-architecture.com
Deeprout	Magasinering integrerat med träd	www.deeprout.com
The Forest Group	Dränerings lösningar	www.forestgroupuk.co.uk
Concretcanvas	Betong på rulle, avrinning	www.concretcanvas.com
Andel	Semi-temporär barriär, pumpar	www.andel.co.uk
Wavin	Magasinering (öppna system)	www.wavin.co.uk
WAPRO	Backventiler	www.wapro.com
Gravitas International	Sandsäckar växtbaserade erosions skydd	www.gravitasint.com
Floodsheild	Vattentätta dörrar	www.floodshield.com/
RE Spencer Ltd	Sanering av vattenskadade fastigheter	www.restecsolutions.co.uk/
ACE	Ventiler	www.aquariccontrol.co.uk
Hydro International	Varningssystem	www.hydro-logic.co.uk
IMH	Hydrualiska lyftsysten	www.imh-uk.com
The floodcompany	Fönster	www.thefloodcompany.co.uk/
NCC Industry	Permavej	www.ncc.dk/vi-tilbyder/asfalt/asfaltproduktinfo/ncc-permavej/
IBS	Glassbarriär	www.ibsengineeredproducts.co.uk/