

Jordbruksmark och kontrollerade översvämningssytor



- Kontrollerade översvämningssytor tar stora jordbruksarealer i anspråk. Vår bedömning är att det generellt behövs mer jordbruksmark än vad som finns att tillgå i praktiken.
- I enskilda fall och under specifika tekniska och ekonomiska förutsättningar kan det finnas en potential. I sådant fall behöver man göra en djupare analys och då kan man följa den arbetsgång som vi redovisar.
- Den som ansvarar för skyddet mot översvämningar i det tätbebyggda området ansvarar också för att utreda förutsättningarna på lokal nivå.

Denna utredning är Jordbruksverkets rapportering av regeringsuppdraget om kontrollerade översvämningsytor på jordbruksmark.

Rapporten är också en vägledning för andra aktörer, exempelvis kommunala funktioner inom VA och samhällsplanering eller tekniska konsulter på uppdrag av kommuner och länsstyrelser, som vill räkna på förutsättningarna för kontrollerade översvämningsytor i ett enskilt fall.

Utredningen har gjorts av en arbetsgrupp bestående av Jennie Wallentin, Albin Noreen och Tomas Johansson, miljöanalysenheten. Else-Marie Mejersjö, Olof Johansson och Martin Sjödahl har utgjort styrgrupp.

Författare:

Jennie Wallentin

Albin Noreen

Tomas Johansson

Foto framsida:

Jennie Wallentin/Jordbruksverket

Sammanfattning

Frågan som besvaras i denna utredning är om uppströms jordbruksmark kan användas för kontrollerade översvämningssytor för att skydda nedströms belägna tätbebyggda områden. Med begreppet ”kontrollerade översvämningssytor” menar vi här att vi, genom att göra en fysisk anläggning eller genom att ändra manövrering av befintliga anläggningar, kan kontrollera *att* och *hur* avrinningen påverkas så att belastningen längre ner i avrinningsområdet minskar.

Hur kan man beräkna den tekniska potentialen?

Vattenvolymen i en flödeshändelse är avgörande för möjligheterna att använda kontrollerade översvämningssytor. Volymen varierar stort beroende på områdets storlek, geografi och nederbördshändelse. Storleksförhållandena är den mest avgörande faktorn och vår bedömning är att volymerna som behövs vid de mest omfattande flödena kräver mer jordbruksmark än vad som finns att tillgå i praktiken.

För att utnyttja magasinvolymen effektivt krävs att magasinet från början är tomt samt att det finns en fast eller aktiv reglering av flöden. Åtgärder som till exempel svämplan fylls och töms i takt med att vattennivån i vattendraget varierar vilket innebär att det inte finns något magasin ”kvar” för att dämpa en flödestopp.

Vilka övriga förutsättningar måste råda utöver de tekniska?

Konsekvenserna av de kontrollerade översvämningarna måste vara förutsägbara såväl i sin fysiska omfattning som ur ett ekonomiskt och juridiskt perspektiv.

Nyttorna i form av minskade kostnader i tätbebyggda områden måste vara större än kostnaderna för skadorna på jordbruksmarken som uppstår vid översvämningen.

Vilka risker finns?

Översvämningens varaktighet påverkar risken för skada på jordbruksmarken och verksamheten. Marker som står under vatten under lång tid riskerar flera år med försämrad markstruktur, packningsskador och förlust av gynnsamma markecosystem. Risk för urlakning av näringsämnen beror till störst del på hur marken används.

Vilka praktiska erfarenheter finns nationellt och internationellt?

I Sverige finns begränsat med erfarenheter av kontrollerade översvämningssytor. I Holland, Tyskland och Finland finns flera exempel på få och stora åtgärder där invallad jordbruksmark används för aktiv flödesreglering medan det från England och Danmark finns flera exempel på många och små åtgärder högt upp i avrinningsområdet.

Vilken potential finns i Sverige?

Vi menar att potentialen finns under specifika och snäva förutsättningar. För att bedöma potentialen i det enskilda fallet behöver den som ansvarar för skydd mot översvämningar utreda och beräkna förutsättningarna och då kan man följa den arbetsgång som vi redovisar.

Bedömningen är att det i mindre avrinningsområden och mindre vattendrag finns större potential för dämpning på jordbruksmark då det borde vara lättare att hitta mark vars area i förhållande till arean uppströms är rimligt stor jämfört med i större avrinningsområden och större vattendrag. För mindre avrinningsområde kan åtgärden således vara en lösning men åtgärden är ingen generell lösning på översvämningsproblem.

Innehåll

1	Inledning.....	9
1.1	Bakgrund - principiell beskrivning av frågan	9
1.2	Uppdraget	10
1.3	Syfte	11
1.4	Avgränsningar	11
1.5	Metod	12
1.6	Samråd med myndigheter och näringen	12
2	Hur kan man beräkna den tekniska potentialen?	13
2.1	Grundläggande hydraulik för uppgiften	13
2.2	Vid vilken vattennivå uppstår skadliga översvämningar?	15
2.3	Vid vilka flödeshändelser överskrids den vattennivån?	13
2.4	Vilken vattenvolym finns i de flödeshändelserna?	17
2.5	Finns den volymen på uppströms belägen jordbruksmark?	18
2.6	Hur skyddar vi det som ska skyddas – vilken fysisk åtgärd krävs?	19
2.6.1	Passiv reglering – naturlig reglering	19
2.6.2	Fast eller aktiv reglering – av människan anlagd reglering	20
3	Ett beräkningsexempel	21
3.1	Förutsättningarna för vårt exempel	21
3.2	Vid vilken vattennivå uppstår skadliga översvämningar?	21
3.3	Vid vilka flödeshändelser överskrids den vattennivån?	22
3.4	Vilken vattenvolym finns i de flödeshändelserna?	23
3.5	Finns den volymen på uppströms belägen jordbruksmark?	25
3.6	Vilken fysisk åtgärd behövs?	25
3.6.1	Reglering under ideala förhållanden	25
3.6.2	Passiv reglering av magasinet	26
3.6.3	Fast reglering av invallat område	27
3.6.4	Aktiv reglering av invallat område	28
3.6.5	Passiv, fast eller aktiv reglering	30
3.6.6	Förändrat klimat och utjämningsmagasin	32
3.7	Slutsatser från detta exempel	32
4	Vilka övriga förutsättningar måste också råda?	34
4.1	Ekonomiska förutsättningar	34
4.1.1	Finns det alternativa åtgärder till en lägre kostnad?	34
4.1.2	Är nyttan större än kostnaden?	34
4.1.3	Finns det förutsättningar att komma överens?	36
4.2	Juridik	37
5	Vilka risker finns?	39
5.1	Konsekvenser för jordbruksmarken och jordbrukets infrastruktur	39
5.2	Konsekvenser för miljön	42
5.3	Andra konsekvenser	42

Forts »

6	Vilka praktiska erfarenheter finns?	43
6.1	Hur ser det ut i Sverige?	43
6.2	Handlingsplaner för klimatanpassning	44
6.3	Holland – Room for the River och Overdiepse Polder	44
6.4	Danmark	45
6.5	Tyskland - Elbe	46
6.6	Finland - Kyrö älvs avrinningsområde	46
6.7	England	47
6.8	Sammanfattning praktiska erfarenheter	48
7	Diskussion och slutsatser	49
7.1	Avslutande diskussion	49
7.1.1	Markanvändning och värdet på jordbruksmarken	49
7.1.2	Alternativa åtgärder	49
7.1.3	Höga förväntningar på översvämningståtgärder	50
7.2	Slutsatser	51
7.3	Förslag på vidare arbete	52
	Referenser	53
	Bilaga 1 Olika data och beräkningsverktyg	55
1.	Nationella höjdmodellen, NH	55
2.	Hydrologiska och hydrauliska modeller	55
3.	Flödesdata	56
4.	Översvämningsskarteringar	56
5.	Skyfallsskarteringar	56
6.	Regleringsstrategi och prognoser	57
7.	God hydrografi i nätverk	57
	Referenser	58
	Bilaga 2 Omvärldsspaning	59
	Referenser	62

1 Inledning

1.1 Bakgrund - principiell beskrivning av frågan

Synen på hur översvämningar bör hanteras har förändrats över tid, både i Sverige och internationellt. Fram till 1990-talet präglades arbetet av tanken att vatten skulle ledas bort så snabbt som möjligt.

Genom att bygga vallar och barriärer mot vattnet skyddades de områden som låg bakom. Ett exempel är Storbritannien, som har en lång historia av att hantera översvämningsrisker. Tidigare beskrevs arbetet där med att skydda sig mot översvämningar som en kamp mot vattnet. Begrepp som *flood fighting* och *flood defence* var vanliga, och senare även *flood protection* (Nyberg, 2008).

Från början på 1990-talet och framåt har hanteringen av översvämningsrisker svängt från lokala tekniska lösningar till att bli mer förvaltningsorienterad. Istället för den tidigare kampen mot vattnet talas det internationellt om *flood risk management*. Tanken är att se systemet ur ett helhetsperspektiv och att "göra plats för vattnet". Genom att fördröja vattnet högt upp i avrinningsområdet är syftet att förhindra översvämningar längre nedströms. I Sverige syns detta till exempel inom dagvattenhanteringen där öppna dagvattenlösningar och kedjor av åtgärder rekommenderats för att fördröja vattnet och efterlikna naturliga system (Svenskt Vatten, 2011).

Hanteringen av översvämningsrisker har i dag fått en bredare betydelse än lokala tekniska lösningar. Inom EU-projektet STAR-FLOOD, som jämförde arbetet med översvämningshantering inom sex europeiska länder, bland annat Sverige, identifierades fem olika typer av strategier (Hegger m. fl. 2016).

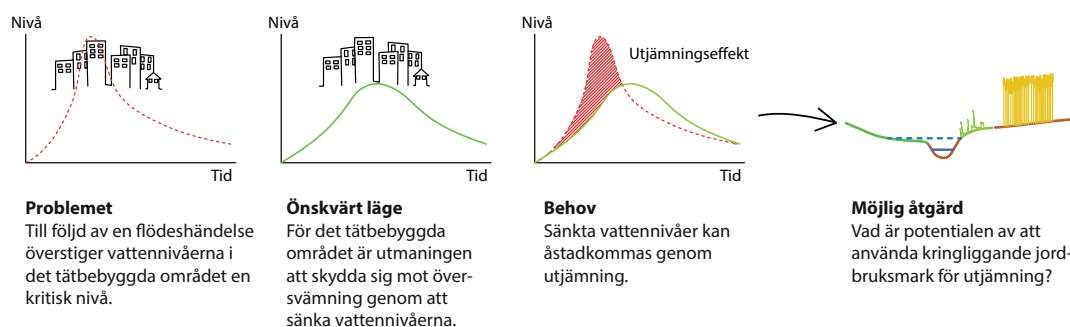
- *Förebyggande* – planering och resursfördelning för att förebygga risker.
- *Försvar* – arbete med skyddsåtgärder som vallar och barriärer.
- *Anpassning* – förebyggande åtgärder för att hålla kvar vatten i avrinningsområdet.
- *Förberedelse* – arbete med varningssystem och evakueringsplaner.
- *Återställning* – planer för återuppbyggnad av drabbade områden och finansieringslösningar som försäkringar.

Dessa strategier bygger vidare på strategierna om förebyggande, skydd och förberedelse från EU:s översvämningsdirektiv (2007/60/EG).

Det finns i dag stora förväntningar på våtmarker, översvämningsområden och översvämmade jordbruksmarker som en lösning på våra översvämningsproblem. Från Danmark, Polen, Tyskland och Finland finns exempel där åtgärder på jordbruksmark, så som kontrollerade översvämningsytor, används för utjämning vid höga flöden. I linje med detta har EU genom kommissionens Miljödirektorat lanserat ett projekt för så kallade Natural Water Retention Measures, NWRM. Det vill säga naturliga åtgärder för att hålla kvar vattnet längre i landskapet.

Frågan är om det också i Sverige finns en potential att på ett kostnadseffektivt och uthålligt sätt utnyttja jordbruksmark på detta sätt? Kan dessa anpassningsåtgärder hålla mer vatten på uppströms marker för att inte ytterligare anstränga situationen av mer värdefull mark, infrastruktur och bebyggelse? Med utjämnande åtgärder menas åtgärder som fördelar flödet över längre tid och att flödet blir lägre.

Denna principiella beskrivning av frågeställningen illustreras i Figur 1.



Figur 1. Principiell beskrivning av utredningens frågeställning.

Frågeställningen har delvis berörts i ett antal utredningar de senaste åren, exempelvis Viskan (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2012), Smedjeån (Länsstyrelsen Hallands län, 2011) och Suseån (WSP, 2014). Gemensamt för dessa är att de analyserar en inträffad händelse som lett till stora översvämningar. På så sätt tittar de i backspegeln på en särskild flödeshändelse mer än på den principiella frågeställningen. Det är också gemensamt för dessa utredningar att flödet och volymen vatten är mest intressant, man har dock inte analyserat olika möjligheter att reglera magasinet vilket föreliggande utredning gör.

1.2 Uppdraget

Jordbruksverket har fått i uppdrag av regeringen att undersöka potentialen och möjliga risker med att använda uppströms jordbruksmark till kontrollerade översvämningssytor för att skydda nedströms tätbebyggda områden. Uppdraget har sitt ursprung i Miljömålsberedningens betänkande, *Med miljömålen i fokus – hållbar användning av mark och vatten*, SOU 2014:50 tillsammans med utredningsförslag i SMHI:s rapport *Underlag till kontrollstation 2015*.

Uppdragets formulering i 2016 års regleringsbrev:

Kontrollerade översvämningssytor

Jordbruksverket ska i samarbete med Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) och andra berörda myndigheter samt lantbruksnäringen undersöka potentialen och möjliga risker med att använda uppströms jordbruksmark till kontrollerade översvämningssytor för att skydda nedströms tätbebyggda områden. Uppdraget ska rapporteras till Regeringskansliet (Näringsdepartementet) senast den 15 mars 2017.

1.3 Syfte

För att undersöka potentialen och möjliga risker med att använda uppströms jordbruksmark till kontrollerade översvämningssytor redogör vi i denna rapport för viktiga förutsättningar, tankesätt och verktyg.

Utöver att rapporten utgör ett underlag riktat till regeringen kan den användas som en vägledning för andra aktörer, exempelvis kommunala funktioner inom VA och samhällsplanering eller tekniska konsulter på uppdrag av kommuner och länsstyrelser, som vill räkna på förutsättningarna i ett enskilt område. Vi har sett ett särskilt behov av denna grundläggande del av utredningen då vi uppfattar att frågan om översvämningsskydd och beräkningar kopplat till detta kräver en principiell genomgång för att kunna leda vidare till en diskussion om potential för denna åtgärd.

Med begreppet ”kontrollerade översvämningssytor” menar vi i denna utredning att vi, genom att göra en fysisk anläggning eller genom att ändra manövreringen av befintliga anläggningar, kan kontrollera *att* och *hur* flödet påverkas så att belastningen längre ner i avrinningsområdet minskar. Vi har kontroll på var översvämningen sker och vi accepterar att dessa ytor kan översvämmas.

I rapporten besvaras följande frågor:

- Hur kan man beräkna den tekniska potentialen?
- Vilka övriga förutsättningar måste råda utöver de tekniska?
- Vilka risker finns?
- Vilka praktiska erfarenheter finns nationellt och internationellt?
- Vilken potential finns i Sverige?

1.4 Avgränsningar

Möjligen kan ordet potential i detta sammanhang tolkas som en förväntan att beräkna en siffra eller redovisa en karta. Detta skulle kräva ett omfattande beräkningsarbete och en kartläggning som vi menar inte står i proportion till nyttan. Uppdraget är därför avgränsat till att utreda den tekniska potentialen. Vi har således gjort en *kvalitativ bedömning*, inte någon *kvantitativ beräkning*.

Utredningen avgränsas till att undersöka potentialen på jordbruksmark. Det kan vara både jordbruksmark som tas ur produktion och jordbruksmark som fortsatt brukas. I huvudsak utgår vi från att marken ska fortsätta brukas och ska fungera *både* som översvämningsskydd *och* för produktion.

Ansvars-, försäkrings- och styrmedelsaspekter ingår inte. I samband med avsnittet om ekonomiska förutsättningar och i vår diskussion för vi ett kort resonemang om alternativa åtgärder, i uppdraget ingår annars inte att utreda alternativa åtgärder för att skydda det tätbebyggda området.

Vi beskriver hur konsekvenserna för jordbruket bör beaktas vid en kostnads/nytto-analys, vi går däremot inte in på några specifika ekonomiska analyser.

Möjliga risker avgränsas till att hantera risken för smittspridning till och från betesdjur, möjliga risker kopplade till markanvändningen (gödande ämnen, miljögifter, småbiotoper) och markstrukturens påverkan (dräneringspåverkan, markpackning) samt ekonomiska risker.

1.5 Metod

För att utreda frågeställningen har vi:

- utgått från slutsatserna i de tidigare utredningar som Jordbruksverket har gjort inom området (Jordbruksverket 2016).
- utgått från det underlag och de slutsatser som finns i Miljömålsberedningens arbete *Med miljömålen i fokus – hållbar användning av mark och vatten*, SOU 2014:50 liksom i SMHI:s rapport *Underlag till kontrollstation 2015*.
- samtalat med personer som är särskilt insatta i frågan för att skaffa en överblick över frågeställningen. I huvudsak är dessa personer nationella, länsvisa eller kommunala planhandläggare, beredskapshandläggare eller vattensamordnare.
- genomfört litteraturstudier och omvärldsspaning av nationella och internationella relevanta studier att jämföra med.
- genomfört enklare beräkningar i ett exempel som visar de olika stegen för att bedöma potentialen och redogöra för principiella resonemang.

1.6 Samråd med myndigheter och näringen

Samråd har genomförts i två olika skeden. Inledningsvis fick representanter från berörda myndigheter samt lantbruksnäringen ge sin syn på vårt uppdrag vid en hearing. Därefter har utredningen skickats på remiss till samma grupp. De som fått möjlighet att lämna synpunkter är:

- Boverket
- Sveriges kommuner och Landsting, SKL
- Havs- och Vattenmyndigheten, HaV
- Länsstyrelserna
- Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, MSB
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, SMHI
- Lantbrukarnas Riksförbund, LRF

2 Hur kan man beräkna den tekniska potentialen?

I detta kapitel beskriver vi teoretiskt hur kontrollerade översvämningssytor kan lösa översvämningsproblemet och vad som krävs för att det praktiskt ska fungera. Sammanfattningsvis behöver man, i tur och ordning, svara på följande frågor:

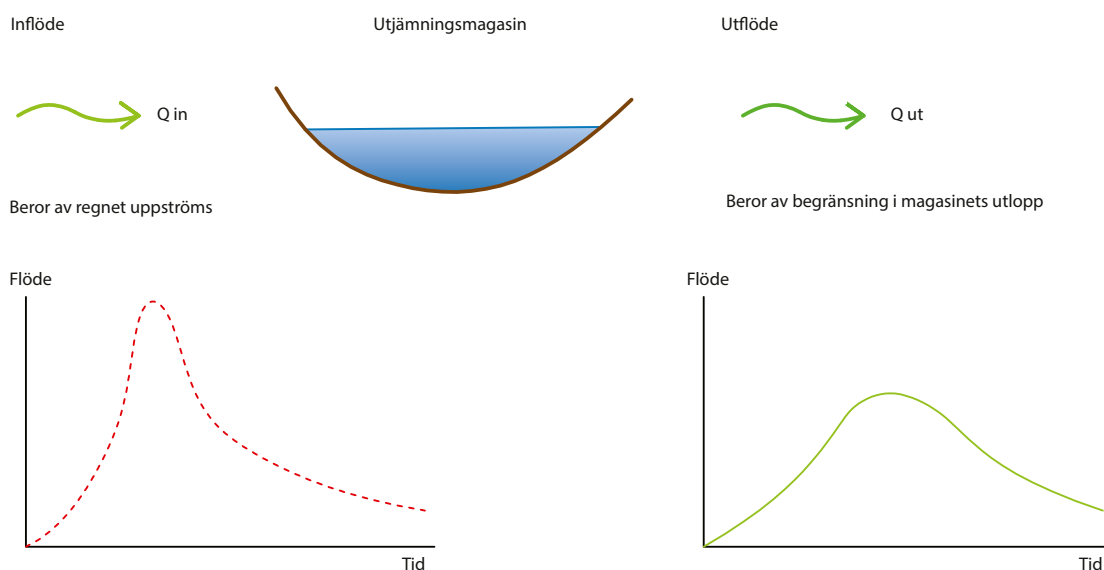
1. Vid vilken vattennivå uppstår skadliga översvämningar?
2. Vid vilka flödeshändelser överskrider den vattennivån?
3. Vilken vattenvolym finns i de flödeshändelserna?
4. Finns den volymen tillgänglig på uppströms belägen jordbruksmark?
5. Hur reglerar vi flödet till och från magasinet?

I Bilaga 1 redogör vi för några av de underlag och verktyg som finns till hjälp att svara på de olika frågorna. I texten nedan refererar vi kort till dessa för att sätta in dem i sitt sammanhang, i övrigt hänvisas till bilagan.

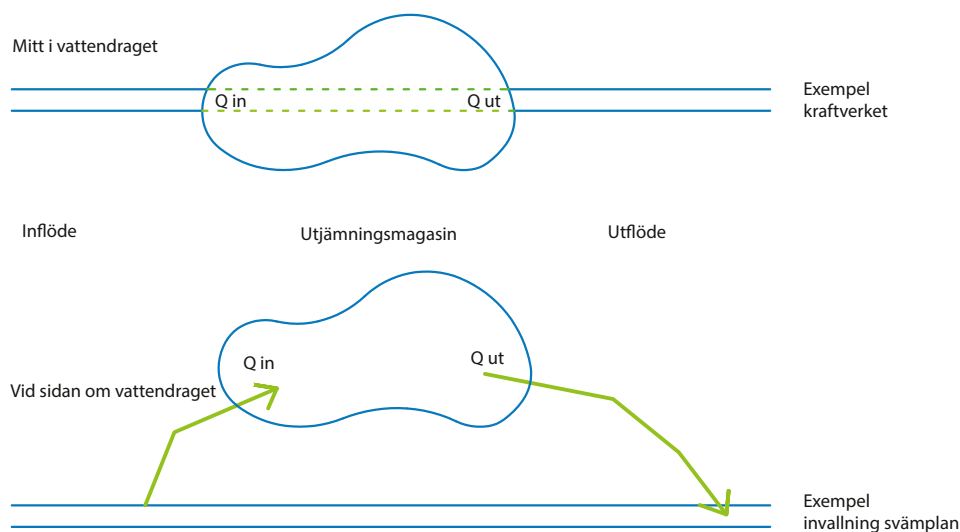
2.1 Grundläggande hydraulik för uppgiften

För att ta oss an problemet börjar vi här med att ge grunderna för de principer och begrepp vi använder i fortsatta resonemang.

Vi börjar med en enkel dagvattendamm, ett utjämningsmagasin i ett mindre avrinningsområde. Vatten rinner in och vatten rinner ut. Hur mycket som rinner in beror på snösmältning eller en nederbördshändelse uppströms. Hur mycket som rinner ut beror på dammens utformning och begränsningar i utloppet. Utjämningsmagasinet kan antingen ligga direkt i ett vattendrag med tydliga in- och utflöden, exempelvis ett vattenkraftverk, eller vid sidan om ett vattendrag med mer diffusa in- och utflöden, exempelvis ett svämplan. I det fall inflödet är större än utflödet fylls magasinet på. I det fall utflödet är större än inflödet tappas magasinet ur, se Figur 2 och Figur 3.



Figur 2. Flöden in i och ut ur utjämningsmagasin. I detta fall är inflödet större än utflödet vilket betyder att magasinet fylls på och en viss utjämning av flödet sker.



Figur 3. Flödesvägar in och ut ur damm. I första fallet rinner vattendraget direkt genom ett magasin för kraftutvinning med tydligt in- och utflöde. I andra fallet avleds vatten från vattendraget till ett intilliggande magasin, exempelvis en invallning eller ett svämplan.

I nästa steg skalar vi upp betraktelsen till ett större avrinningsområde. Här finns en rad olika utjämningsmagasin som samverkar, vart och ett reagerar på den lokala nederbörden, avdunstningen, infiltrationen och uppströms befintliga regleringar. Det flöde som rinner ut längst nedströms är resultatet av flödet genom alla dessa utjämningsmagasin. I fallet med det mindre avrinningsområdet till dagvattendammen och det större avrinningsområdet till ett vattendrag är det olika skalor och olika flöden vi har att hantera. För dagvattendammen är det en specifik nederbördssituation som är dimensionerade och för vattendraget är det en sammansatt flödessituation som är dimensionerande.

I översvämningssammanhang används ofta begrepp som återkomsttid. I rutan nedan redogör vi för hur återkomsttid hänger ihop med nederbörd, flöde och vattennivåer.

Återkomsttid, nederbörd, flöde och vattennivå

När vi pratar om översvämningar och andra vattenrelaterade frågor finns behov att hålla isär nederbörd, flöde och vattennivå – speciellt när vi kommer till begrepp som återkomsttid. Med återkomsttid menas att en specifik händelse i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under den angivna tidsperioden. Sannolikheten för att ett 100-årsflöde, HQ_{100} , ska inträffa eller överträffas ett visst år är 1/100 (1 %). Över tid är den sammanlagda sannolikheten 63 % för att en sådan händelse inträffar eller överträffas en gång per 100 år och 10 % sammanlagd sannolikhet för att händelsen inträffar eller överträffas en gång per 10 år (MSB, 2014).

Att nederbörden exempelvis är ett 100-årsregn innebär däremot inte per automatik att det blir ett 100-årsflöde eller en 100-årsnivå. På samma sätt innebär inte heller ett 100-årsflöde per automatik att det blir en 100-årsnivå. Flödet som genereras av 100-årsregnet beror på det väder som föregått regnet och hur torr eller fuktig marken är och därmed hur mycket nederbörd den kan hålla eller leda vidare som avrinning. Det beror också på om regnet faller i hela eller bara delar av avrinningsområdet. På samma sätt beror vattennivån på hur mycket växtlighet eller sediment som redan finns i ett vattendrag eller ledning vid det aktuella tillfället. På vintern ryms vanligtvis ett större flöde än på sommaren då vegetationen tar större plats.

För att kunna avgöra återkomsttiden för nederbörd, flöde eller nivå är det nödvändigt att göra en statistisk analys för respektive parameter.

2.2 Vid vilken vattennivå uppstår skadliga översvämningar?

Utgångspunkten i denna utredning är att skydda det tätbebyggda området från översvämningens risker utifrån samma risknivå som övriga risker för bebyggelsen, det vill säga att samhällets olika system för infrastruktur bör dimensioneras för samma tidsperspektiv.

Som utgångspunkt för att i praktiken resonera om rimlig skyddsnivå bör olika återkomsttider sättas i relation till olika funktioner i samhället – olika samhällsviktiga verksamheter¹. Vilka blir konsekvenserna vid de olika nivåerna? Vilka är de kritiska vattennivåerna på platsen? I VA-sammanhang rekommenderar Svenskt Vatten att nya avvattningsystem dimensioneras så att återkomsttiden för marköversvämning med skador på byggnader sätts till minst 100 år (Svenskt vatten, 2015).

Den dimensionerande händelsen motsvarar en kritisk nivå i det tätbebyggda området som i det enklaste fallet motsvarar ett kritiskt flöde. Den kritiska nivån kan vara känd från redan inträffade översvämningar, redan gjorda översvämningsskarteringar eller behöver i andra fall räknas fram. Den som har ansvar för översvämningsskyddet av bebyggelsen har möjlighet att beräkna vad som är en acceptabel nivå – allt över denna nivå utgör behovet för vår utjämning.

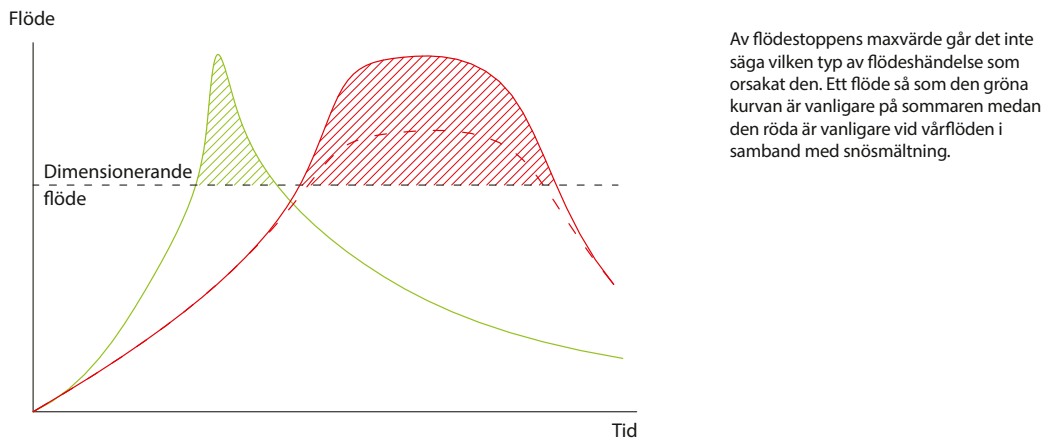
De översvämningsskarteringar som Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB) tagit fram kan utgöra underlag för att identifiera kritiska nivåer. Om dessa inte finns eller resultaten är för grova så kan en hydraulisk modellering, baserad på nationella höjdmodellen och pålitliga flödesdata från SMHI vara ett sätt att räkna fram nivån. I Bilaga 1 går det att läsa mer om dessa data och verktyg.

2.3 Vid vilka flödeshändelser överskrids den vattennivån?

Största utmaning för det tätbebyggda området är det korta högintensiva regnet – skyfallet. Jordbruksmarkens största utmaning är vanligtvis det längre och mindre intensiva regnet eller ett kraftigt vårflöde. De korta intensiva regnen genererar överlag mindre vattenvolymer än det långvariga regnet. Ledningssystemet i tätorten klarar vanligtvis att transportera bort flödena från det långvariga regnet medan det intensiva regnet ger upphov till en snabb avrinning som vid extrema situationer kan leda till överfulla ledningssystem och översvämning. Oavsett om regnet är lång- eller kortvarigt behöver det tätbebyggda området skyddas från för höga vattennivåer men det innebär olika utmaningar beroende på regnets varaktighet och intensitet.

De extrema flödena tenderar att se olika ut varje gång, det är olika förlopp som leder fram till en liknande situation. Figur 4 illustrerar skillnaderna mellan ett skyfall och ett långvarigare regn. I båda fallen nås samma maximala flödesnivå.

¹ Muntlig referens Erica Storckenfeldt, Räddningstjänsten Jönköpings kommun.

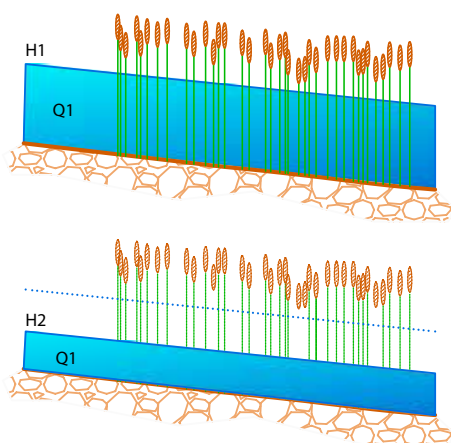


Figur 4. Grafer över olika typer av flödeshändelser.

Med flödesdata från SMHI kan en analys göras av olika flödeshändelser som leder till att den kritiska nivån överstigs. För att omsätta nivån till ett flöde behövs antingen en hydraulisk modellering eller att geometrin är känd på en plats med ett unikt förhållande mellan flöde och nivå, det vill säga ett känt avbördningsförhållande för platsen.

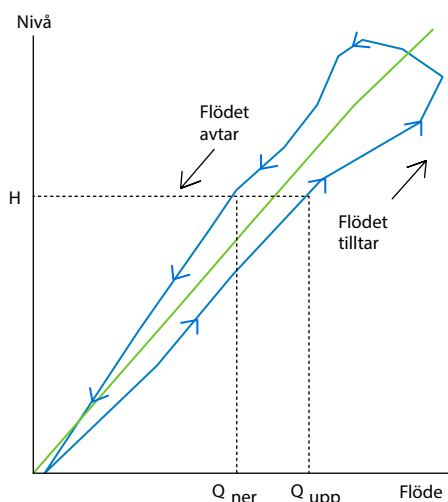
Vad betyder det att flöde och vattennivåer inte har ett unikt samband?

Vi säger ovan att det i det enkla fallet finns en vattennivå för ett bestämt flöde. Detta gäller under förutsättning att det är en bestämmande sektion vi menar. I en bestämmande sektion råder ett entydigt förhållande mellan flöde och vattennivå, det är ett känt avbördningsförhållande. I andra situationer kan dämmande effekter från nedströmssidan medföra att ett bestämt flöde motsvarar ett intervall av nivåer. Detta betyder också omvänt att en och samma vattennivå motsvarar ett intervall av flöden. Vi illustrerar detta i Figur 4a och 4b.



Figur 4a

Vattennivån i ett vattendrag beror på hur friktionsmotståndet ser ut. Ökad växtlighet innebär ökad vattennivå med konstant flöde. Samma sak om det dämmer nedströms ifrån.



Figur 4b

Beroende på hur en flödeshändelse utvecklas kan en och samma vattennivå förekomma vid olika flöden – när flödet tilltar och när det avtar. Figuren visar ett typiskt beteende i ett vattendrag där naturliga magasineringen ger olika flöden för en konstant vattennivå.

Konsekvensen av att det inte finns ett entydigt samband blir att den kritiska nivån motsvarar ett spann av flöden. I dessa fall kan en hydraulisk modell vara nödvändig för att analysera de olika flödeshändelserna och på så sätt räkna fram ett kritiskt flödesintervall.

Mot slutet av detta sekel innebär klimatförändringarna varmare temperaturer, högre årsmedelnederbörd och förändrade nederbördsmönster under året. I ett framtida klimat beräknas tillrinningen både öka och minska i olika delar av landet. De högsta flödena förväntas generellt minska i norra Sverige, där vårfloden förväntas minska. I södra Sverige förväntas de högsta flödena öka men resultaten är inte entydiga. Generellt förväntas höglöden vars främsta orsak är snösmältning minska medan höglöden vars orsak är kraftiga regn förväntas öka (Sjökvist m.fl., 2015).

2.4 Vilken vattenvolym finns i de flödeshändelserna?

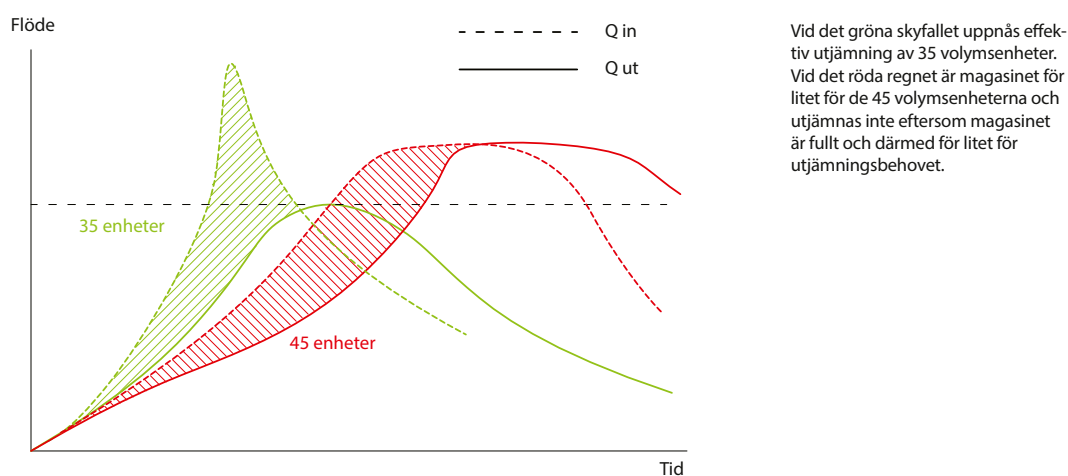
Eftersom tätortens behov av översvämningsskydd inte på samma sätt som jordbruksmarken beror av årstider och säsong gäller att behovet av utjämning gäller över hela året. Olika typer av flödeshändelser kan däremot vara mer eller mindre säsongsbetonade vilket i sin tur kan medföra olika utjämningsbehov över året. Nyckeln i detta är att förstå att flödesmängden (m^3) och varaktigheten är viktigare för beräkning av volymen än flödets maximala värde (m^3/s). Det intensiva sommarregnet har vanligen en mindre volym än det långvariga regnet eller vårfloden.

Självklart är flödets maximala värde också relevant men för behovet av utjämningsvolym är det sekundärt. En översvämningss maximala utbredning kan till ytan bli lika omfattande om den utvecklas från 0 till 100 under ett dygn eller om det går från 0 till 100 på 10 dagar. Däremot kommer flödesmängden variera stort i de båda fallen vilket innebär att det är två olika extrema behov. I vårt fall är dimensionerande volymen den maximala volym som krävs för att klara den kritiska nivån.

Översvämningssområdet utgör en magasinvolym där både påfyllning och avtappning påverkar flödet i vattendraget. Beräkningsmässigt beskrivs tillflödet (Q_{in}) och utflödet (Q_{ut}) ur ett magasin enligt följande formel där förändringen av magasinet kan räknas om till flöde:

$$Q_{in} = Q_{ut} \pm \text{magasinsförändringen}$$

Figur 5 illustrerar två flödeshändelser i samma vattendrag, med och utan magasin. Beroende på magasinets storlek kan två förlopp följa – antingen räcker magasinet eller så blir det fullt.

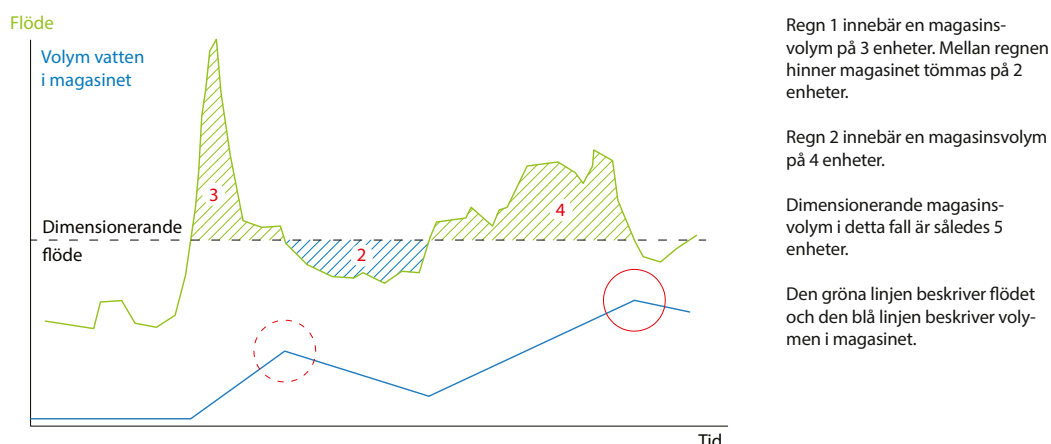


Figur 5. Vattenvolymen och magasinets utjämnande effekt i två olika flödeshändelser.

Den gröna kurvan visar ett relativt högt flöde men med kort varaktighet, exempelvis ett intensivt sommarregn. I detta fall räcker utjämningsvolymen för att utjämna flödet. Den gröna streckade ytan illustrerar utjämningsvolymen som möjliggör att flödestoppen blir betydligt lägre jämfört med fallet utan magasinering. Den röda kurvan visar ett lägre flöde men med betydligt längre varaktighet, exempelvis snösmältning. I detta fall räcker inte utjämningsvolymen för att utjämna flödet. När utjämningsvolymen är full innebär det att lika mycket vatten flödar ut ur magasinet som in i och flödestoppen blir i detta fall lika hög som fallet utan magasinering.

Den streckade ytan är större i det röda fallet än i det gröna. Omsatt till volym vatten är behovet av utjämningsvolym större i det röda fallet än det gröna. Eventuell översvämningad yta är dock större i det gröna fallet än det röda eftersom flödets maximala värde är större. För att beräkna vilken volym det faktiskt är behövs flödesdata med sådan upplösning i tid att flöden på ett pålitligt sätt kan summeras för en viss flödeshändelse. En enklare sådan analys går att göra med hjälp av Excel.

Det är således avgörande hur stor den totala magasinvolymen är vid de olika flödeshändelserna. Därtill är det avgörande hur en serie av flödeshändelser påverkar det totala utjämningsbehovet. I Figur 6 inträffar först ett kort och intensivt regn som överstiger den dimensionerande nivån varför en del av flödet magasineras. Därefter hinner magasinet inte tömmas helt innan nästa regn kommer, som är lite mindre intensivt men varar längre. Förutom att volymen i det andra regnet är större än volymen i det första fallet blir totala volymen än större då volym 2 läggs till del av volym 1.



Figur 6. Graf över magasinvolym då flera flödeshändelser följer tätt på varandra.

2.5 Finns den volymen på uppströms belägen jordbruksmark?

Jordbruksmarken måste ha några tekniska förutsättningar för att det ska vara möjligt att använda den till kontrollerade översvämningssytor. I punkterna nedan har vi listat de fysiska förutsättningar som är avgörande – viktigast av dessa är platsen och höjden.

- Markerna måste ligga på en sådan plats i avrinningsområdet att magasineringsvolymen kan användas effektivt samt matchar utjämningsbehovet.
- Marken måste ligga rätt i höjdförhållande mot vattendraget för att ge tillräcklig volym samt för att möjliggöra avledning av vatten genom självfall.
- Typiskt sett måste det, av ekonomiska skäl, gå att skapa magasineringsvolym utan att schakta eller gräva allt för mycket.
- Det måste vara marker med rätt jordart för att inte få problem med genomsläpplighet, bärighet eller sättningar.

Det är inte ovanligt att låglänta områden nära sjöar och vattendrag översvämmas. I Sverige har vi sedan tidigare dikat ut och dränerat stora arealer låglänt jordbruksmark och på det sättet sänkt grundvattennivån. Detta har gjort det möjligt att odla på låglänta marker och minskat tillfällena som dessa marker översvämmas. Viss jordbruksmark är invallad, med det menas att vallar har byggts mot intilliggande vattendrag eller sjö och att vattennivån innanför vallarna hålls lägre genom att vattnet pumpas ut, utanför vallarna.

På lågt belägen jordbruksmark, som kanske därtill är invallad, kan förutsättningarna finnas att skapa erforderlig magasineringsvolym. De översvämningskarteringar som MSB tagit fram kan ge en indikation på låglänta marker i närheten av sjöar och vattendrag som kan vara aktuella. Vidare kan en analys av topografin, baserad på nationella höjdmodellen inom avrinningsområdet, ge underlag för annan jordbruksmark som kan vara aktuell.

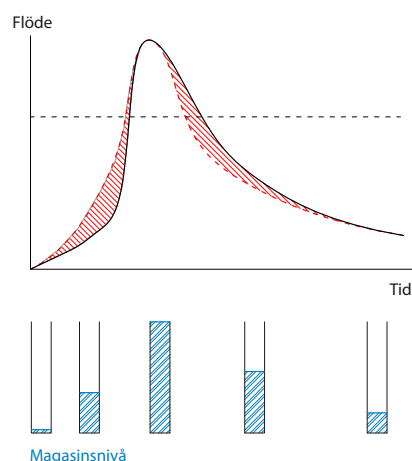
2.6 Hur skyddar vi det som ska skyddas - vilken fysisk åtgärd krävs?

Om det finns tillräckligt stor volym så är nästa fråga - hur gör vi för att fylla på och tömma den på vatten? Vi delar upp de flödesutjämnande åtgärderna i passiv respektive fast och aktiv reglering. Syftet med regleringen är att använda en tillgänglig volym effektivt och med så hög nyttjandegrad som möjligt.

2.6.1 Passiv reglering – naturlig reglering

Passiv reglering handlar om att efterlikna naturens egen reglering och mer naturliga processer. De fysiska anläggningarna utformas på ett sådant sätt och på en sådan plats att de inte kräver något direkt handhavande. Exempel är anläggning eller återställning av svämplan eller översilningsområden. Svämplan och översilningsytor är det område längs ett vattendrag eller sjö som återkommande översvämmas på grund av markens höjdläge och vattenförlingar i vattendraget. När vattnet svämmar över markerna kring vattendraget bromsas flödet upp och vattnet hålls kvar längre tid, därmed skapas utjämning.

Vattennivåerna i anläggningen varierar och beror på tillflöde till och utflöde ut från anläggningen. De fylls och töms i takt med att vattennivån varierar i vattendraget de står i förbindelse med eller i takt med variationen av den nederbörd som fyller på från ovan, se Figur 7.



I figuren visas hur vattennivån utvecklas på ett svämplan samt svämplanets utjämnande effekt på flödet. Nivån i de blå staplarna beskriver vattennivån på svämplanet och grafen beskriver en flödeshändelse med och utan svämplanets utjämning.

När flödet når sitt maxvärde har samtidigt nivån på svämplanet nått sitt högsta värde och svämplanet är "fullt", det finns ingen vidare plats för utjämning. Det blir därför ingen utjämning av flödestoppen.

Figur 7. Schematisk bild av flöden och vattennivåerna på ett svämplan.

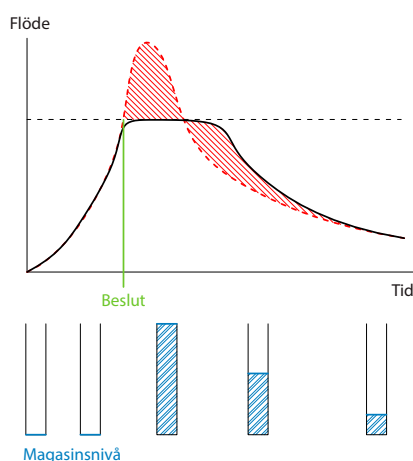
2.6.2 Fast eller aktiv reglering – av människan anlagd reglering

Fast eller aktiv reglering är anläggningar som utformats på ett sådant sätt och på en sådan plats att de kräver en teknisk konstruktion eller ett direkt handhavande för att fungera.

Den fasta regleringen är tänkt som en fast konstruktion som i detta fall påverkar våra flöden och nivåer på ett bestämt. Exempel är en invallning som vi låter överströmmas vid en bestämd nivå. Det finns inga anordningar som gör att vi kan låta vallen överströmmas vid andra nivåer – regleringen är fast.

Den aktiva regleringen är också en anläggning som påverkar flöden och nivåer på ett bestämt sätt. I detta fall finns rörliga anordningar som gör att vi kan justera regleringen för att anpassa regleringsnivån efter olika flödeshändelser och optimera nyttan. Exempel är reglerbara dämmen eller luckor till vattenkraftmagasin som vi kan justera för att släppa in och ut vatten efter behov – regleringen görs aktivt beroende på förutsättningarna vid ett givet tillfälle.

Syftet med anläggningen är att på bästa sätt skapa och ta tillvara en magasineringsvolym som kan användas för reglering av flödet vid rätt tillfälle för att dämpa en flödestopp. Till skillnad från passiva åtgärder där vattennivån så att säga ”blir vad den blir” vid varje givet flöde, så möjliggör dessa åtgärder att flödesnivån kan påverkas i större utsträckning. Invallningar på jordbruksmark kan dimensioneras på ett sätt så att de kan användas som ett slags utjämningsmagasin. När vattenståndet i vattendraget blir så högt att delar av flödet strömmar över vallarna (överströmning) så avleds en del av vattenflödet till invallningsområdet istället för att belasta områden nedströms. Så länge överströmningen pågår och det finns magasineringsvolym kvar inom invallningen, reduceras flödet i vattendraget och därmed risken för översvämning nedströms, se Figur 8.



I figuren visas hur vattennivån utvecklas i ett reglerat magasin samt magasinets utjämnande effekt på flödet. Nivån i de blå staplarna beskriver vattennivån i magasinet och grafen beskriver en flödeshändelse med och utan magasinets utjämning.

När flödet når en kritisk nivå släpps vatten in i magasinet – fram till dess har magasinet varit tomt. Hela volymen i magasinet kan därför utnyttjas för att utjämna flödestoppen.

Figur 8. Schematisk bild av flöden och vattennivåerna i ett reglerat magasin.

3 Ett beräkningsexempel

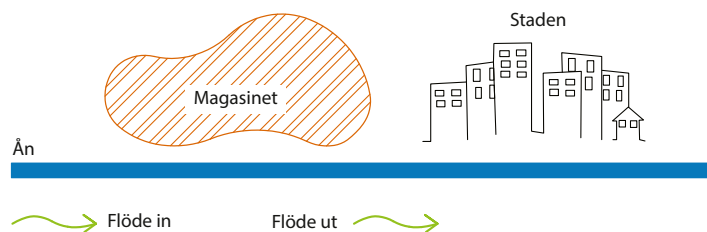
För att ge ett svar på vilken potential som finns och vilka åtgärder som verkligen behövs kommer vi i detta kapitel med ett beräkningsexempel att illustrera de olika stegen vi introducerade i kapitel 2:

1. Vid vilken vattennivå uppstår skadliga översvämningar?
2. Vid vilka flödeshändelser överskrids den vattennivån?
3. Vilken vattenvolym finns i den flödeshändelsen?
4. Finns den volymen på uppströms belägen jordbruksmark?
5. Hur reglerar vi flödet till och från magasinet?

3.1 Förutsättningarna för vårt exempel

Detta exempel är delvis hämtat från verkligheten men för vårt syfte har vi varit tvungna att göra ett antal förenklingar. All flödesdata är verkliga uppgifter som vi använder vid en påhittad plats. Platsen är påhittad så till vida att vi ”hittat på” en geometri som skulle passa våra flöden i storlek och som vi kan räkna på. Däremot bortser vi helt från egentliga höjdförhållanden.

Vi förutsätter att det tätbebyggda området ”staden” ligger vid vattendraget ”ån” och att våra kontrollerade översvämningssytor ”magasinet” ligger på jordbruksmarken ”marken” strax uppströms staden, så som illustrerat i Figur 9. Vi förenklar bort eventuella utjämnningseffekter eller tillflöden som kan tillkomma mellan staden och magasinet.

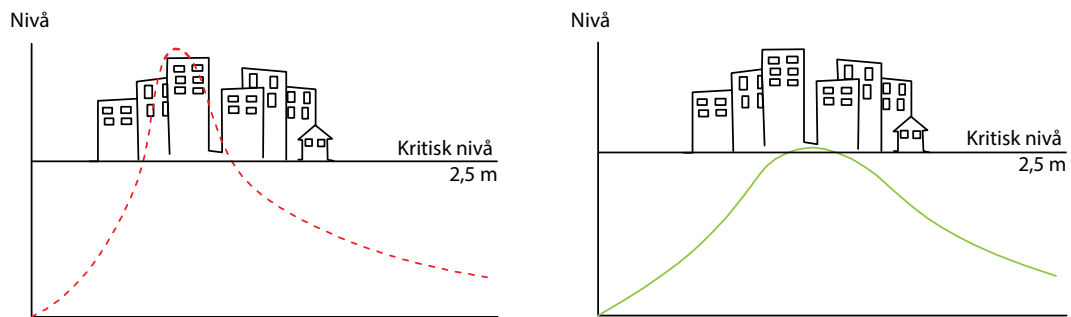


Figur 9. Schematisk illustration av vårt exempel.

Vi utgår från att höjdförhållandena mellan magasinet och ån är sådana att vatten kan strömma in i och ut ur magasinet utan vidare och med självfall. Vi tar på något sätt hänsyn till in- och utströmningsbegränsningar till magasinet men oberoende av eventuella uppdämningseffekter längre nedströms ifrån.

3.2 Vid vilken vattennivå uppstår skadliga översvämningar?

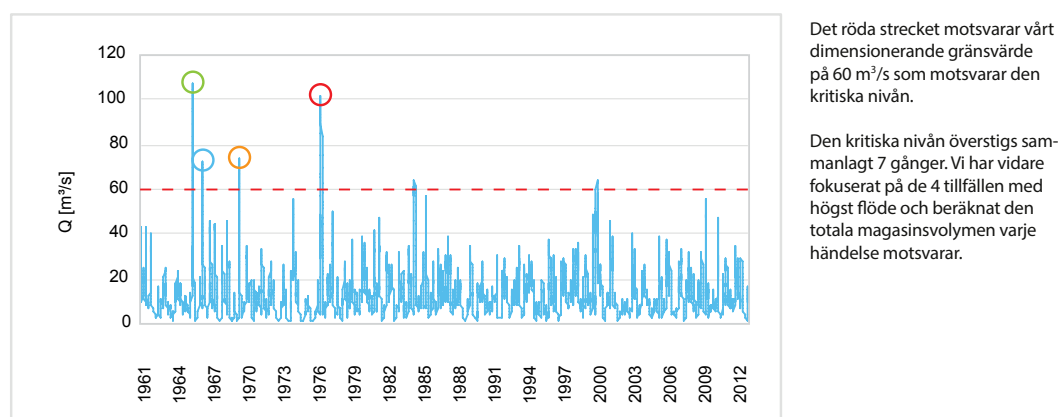
Denna nivå kan vi antingen få från historiska händelser eller beräkna exempelvis utifrån bebyggelsens nivå eller kunskap om VA-systemet. Från tidigare översvämningshändelser vet vi i vårt exempel att då vattennivån i staden överstiger 2,5 meter får vi problem med skadliga översvämningar, Figur 10.



Figur 10. Den kritiska nivån i staden. Då vattennivån överstiger 2,5 m är det känt att staden får problem med översvämningar (röd linje). Målet är att åstadkomma en utjämnande åtgärd som sänker vattennivån genom staden till under 2,5 m (grön linje).

3.3 Vid vilka flödeshändelser överskrids den vattennivån?

I vårt förenklade exempel finns ett unikt samband i ån mellan flöde och vattennivå, det vill säga att varje flöde motsvarar en bestämd vattennivå. Vid flöden högre än 10-årsflödet (HQ10) överskrids den kritiska nivån på 2,5 meter i staden. 10-årsflödet uppgår här till 60 kubikmeter per sekund (m^3/s). Vi kan då med våra flödesdata från SMHI analysera samtliga flödeshändelser där den kritiska vattennivån överskrids. Vår dataserie är relativt lång och sträcker sig över 52 år, från 1961 till 2013. I denna så kallade hydrograf ser vi i Figur 11 att vårt gränsvärde på 60 m^3/s överstigs vid sammanlagt 7 tillfällen under de 52 åren.



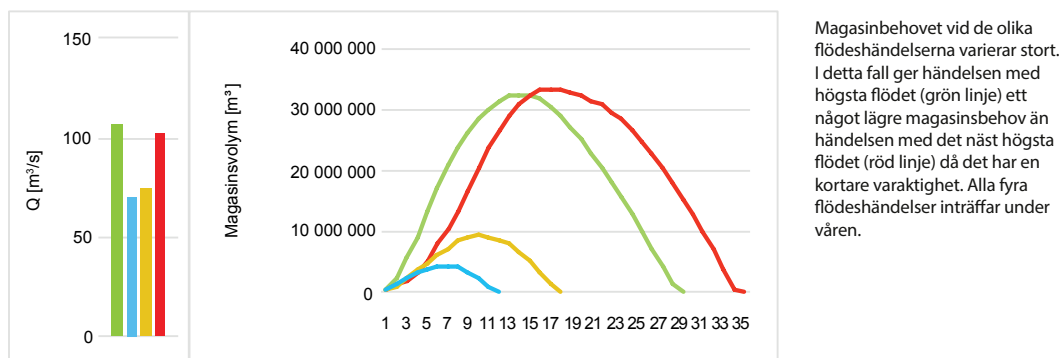
Figur 11. Flödeshydrograf mellan november 1961 och december 2013. De fyra högsta flödeshändelserna är inringade.

6 av de 7 översvämningstillfällena inträffar under våren. Den hydrologiska processen som orsakar dessa flöden är kopplade till vårfloden möjligen beroende av snösmältning. Det sjunde översvämningstillfället infaller under november månad möjligen till följd av ett långt och ihållande regn.

3.4 Vilken vattenvolym finns i de flödeshändelserna?

För att ta reda på hur mycket vatten som varje flödestopp innehåller, som överstiger vårt gränsvärde, måste vi göra en enklare magasinsberäkning. Vi formulerar en ekvation för vårt exempel på hur snabbt in- och utflödet är för att få de totala magasinsvolymerna som behövs. Ekvationerna är enkla avbörningssamband som används i Excel.

Av denna analys ser vi i Figur 12 att behovet av magasinsvolym varierar mellan 4 och 33 miljoner kubikmeter för de fyra största flödeshändelserna. För att klara av den största flödeshändelsen är den teoretiska volym vi behöver hitta på marken 33 miljoner kubikmeter.



Figur 12. Maxflöden för de fyra största flödeshändelserna samt magasinsvolym och varaktighet i magasinet.

Med ett vattendjup på 1 meter innebär 33 miljoner kubikmeter en motsvarande yta på 33 kvadratkilometer eller 3 300 hektar.

Figur 12 tydliggör skillnaderna i magasinsvolym för de olika flödeshändelserna samt översvämningens varaktighet, uttryckt i dagar på x-axeln. Att fylla och tömma magasinet vid de största flödeshändelserna tar ungefär en månad. För att få en bild av hur magasinvolymen varierar med storleken på avrinningsområdet har vi i rutan nedan gjort samma analys på 5 olika avrinningsområden.

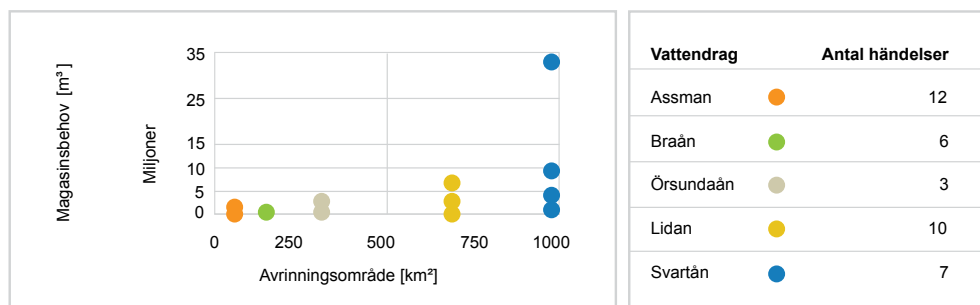
Hur ser det ut i andra avrinningsområden?

Totalt har vi undersökt 5 olika avrinningsområden i södra delen av Sverige. Områdena valdes för att få en bra spridning av geografi, storlek på området och mätstationer med långa tidsserier. De utvalda områdena framgår av Tabell 1.

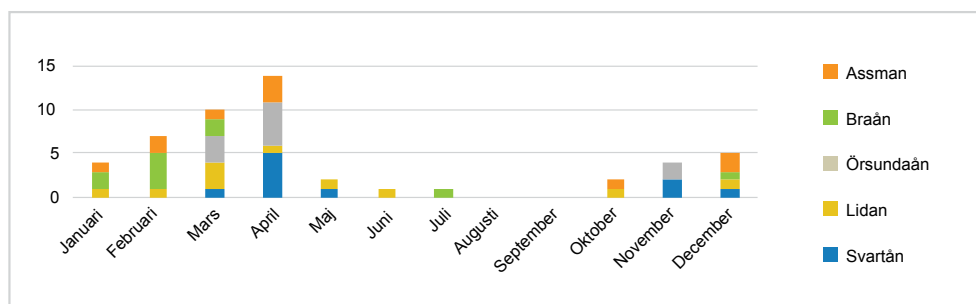
Tabell 1. Information om utvalda avrinningsområden (ARO).

Vattendrag (län)	ARO storlek [km ²]	Sjöprocent	HQ10 vid mätstation [m ³ /s]	Längd på dataserie	Max. magasinsbehov [m ³]	Min. magasinsbehov [m ³]
Assman (Halland)	55	1,4%	11	1928-2016	1 261 400	8 600
Braån (Skåne)	151	0,1%	24	1974-2015	216 000	8 600
Örsundaån (Uppsala)	312	1,0%	36	1980-2016	2 695 700	311 000
Lidan (Västra Götaland)	687	0,2%	62	1954-2016	6 868 800	25 900
Svartån (Örebro)	978	8,1%	60	1962-2013	33 393 600	622 100

Vi antar att den dimensionerande nivån motsvarar flödet med 10 års återkomsttid, HQ₁₀. Det maximala magasinsbehovet varierar då stort inom respektive avrinningsområde, se Figur 13. Det är viktigt att komma ihåg att längden på mätserierna är olika, vilket gör att vi inte vill dra några generella slutsatser om storleken utan visa variationen.



Figur 13. Variation av magasinsvolym mot avrinningsområdets storlek för de flödesändelser som är större än HQ₁₀.



Figur 14. Antal flödesändelser som inträffar under respektive månad.

Sammanfattningsvis är uppfattningen att vårflödet är klart den vanligaste flödesändelsen och spannet av magasinsbehov är stort inom respektive avrinningsområde.

3.5 Finns den volymen på uppströms belägen jordbruksmark?

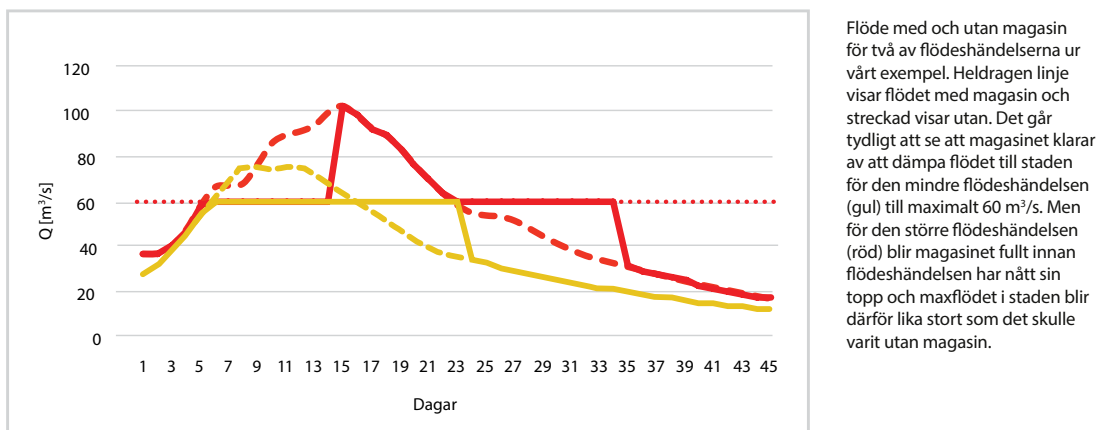
Vidare är frågan om denna volym finns tillgänglig på uppströms belägen jordbruksmark och om det på ett realistiskt sätt går att tillgodogöra sig av den. Med den nationella höjdmodellen som nu finns tillgängliga för allmänheten går denna analys att göra relativt enkelt med hjälp av GIS-program. I vårt exempel har vi gjort det ännu enklare för oss och antar, utan att ha räknat på det, att 33 miljoner kubikmeter inte finns tillgängligt utan att vi har tillgång till ett begränsat magasin på 15 miljoner kubikmeter. I vårt exempel finns således förutsättning att hantera 5 av de 7 översvämningstillfällen som uppstår med den givna flödeshistoriken. De två mest extrema flödeshändelserna, som båda överstiger en återkomsttid på 100 år, råar vi inte på.

3.6 Vilken fysisk åtgärd behövs?

För att svara på frågan - hur reglerar vi flödet till och från magasinet? - går vi nu in på olika typer av åtgärder och regleringar. Med en förfinad magasinsberäkning räknar och resonerar vi om de olika regleringarna beskrivna i kapitel 2.6.

3.6.1 Reglering under ideala förhållanden

I vårt ideala fall kan in- och utflödet ske momentant, det vill säga med omedelbar verkan och utan begränsning. Det innebär att magasinet börjar fyllas så fort flödet överstiger det kritiska flödet $60 \text{ m}^3/\text{s}$. Därför kan denna åtgärd effektivt utnyttja den teoretiska magasinsvolymen på 15 miljoner kubikmeter och på så sätt dämpa flödet i staden till $60 \text{ m}^3/\text{s}$. Emellertid uppnås denna dämpning endast när magasinet fylls på, så fort magasinet är fullt ger det ingen effekt på flödet i staden, som illustreras i Figur 15.



Figur 15. Det ideala magasinets effekt på flödet till staden under ideala förhållanden med ett extremt flöde och ett medelhögt flöde.

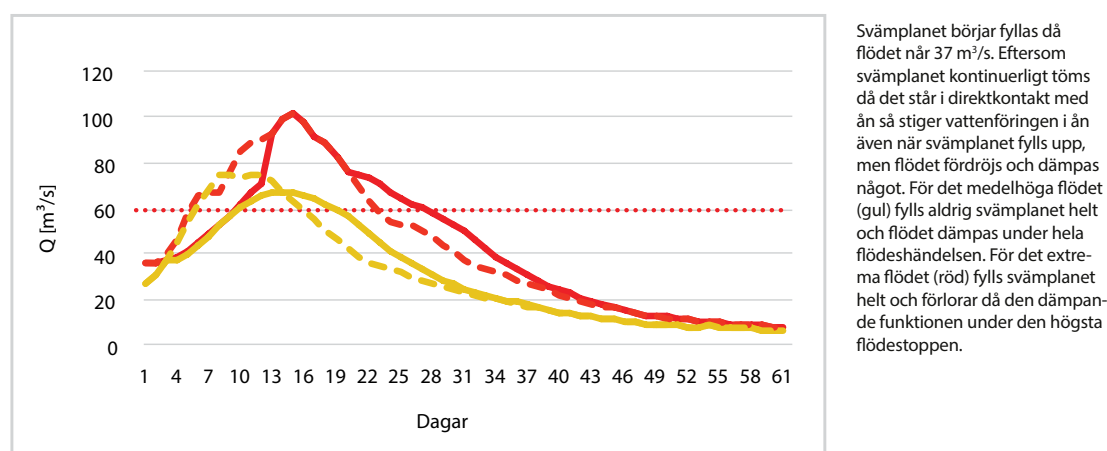
För flödeshändelser med ett utjämningsbehov mindre än 15 miljoner kubikmeter klarar magasinet av att dämpa flödestoppen genom staden till $60 \text{ m}^3/\text{s}$. Men om behovet är större blir magasinet fullt innan flödeshändelsen är över, vilket gör att flödet i staden överstiger $60 \text{ m}^3/\text{s}$. I värsta fall, som röda fallet i Figur 15, blir magasinet fullt innan flödestoppen har nått sitt maximala värde och magasinet har då ingen effekt alls på den högsta flödestoppen.

Med vår flödesserie lyckas vi i detta fall dämpa bort 5 av de 7 översvämningstillfällena. De två värsta händelserna råar vi inte på eftersom vi har en begränsad magasinsvolym.

3.6.2 Passiv reglering av magasinet

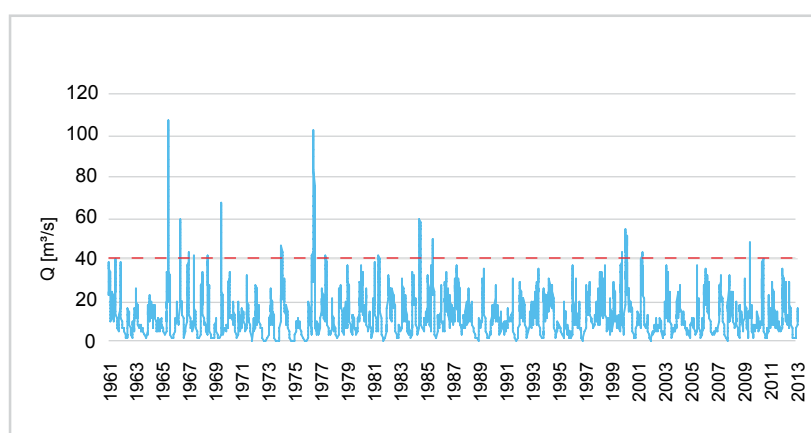
Vi hanterar magasinet som ett stort svämplan längs med vilket ån flyter. Magasinet eller svämplanet har en maximal volym på 15 miljoner kubikmeter vatten.

Åns geometri innebär att tvärsektionen rymmer 37 kubikmeter vilket är ett medelhögt flöde (MHQ). Vid alla flödeshändelser över 37 m³/s översvämmas svämplanet, det vill säga börjar ”fyllas på” i samma stund som flödet stiger över åkanten. I Figur 16 ser vi att flödet inledningsvis dämpas tack vare svämplanet. Då svämplanet fyllts strömmar istället lika mycket vatten ut från svämplanet som in och den dämpande effekten uteblir. Vi ser också att då flödet avtar får vi högre flöden ut från svämplanet än utan svämplanet eftersom det tar tid att tömma det magasinerade vattnet. Svämplanet klarar inte av att begränsa flödet till under 60 m³/s i staden för någon av de två flödeshändelserna i exemplet.



Figur 16. Svämplanets effekt på ett extremt flöde och ett medelhögt flöde.

I hydrografen i Figur 17 räknar vi att vårt gränsvärde på 37 m³/s överstigs vid 29 tillfällen under de 52 åren.

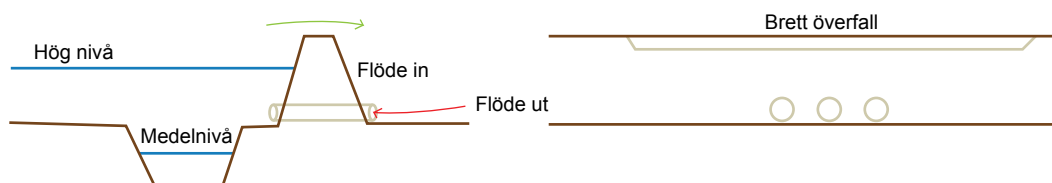


Figur 17. Antal flödeshändelser då svämplanet översvämmas.

De 29 tillfällena inträffar mestadels under vår och sen höst, i något enstaka fall under högsommaren. När det gäller vårt gränsvärde för staden på 60 m³/s så överstigs det 5 gånger, att jämföra med 7 gånger utan åtgärd. Dock så dämpas det maximala flödet något i de flesta fall.

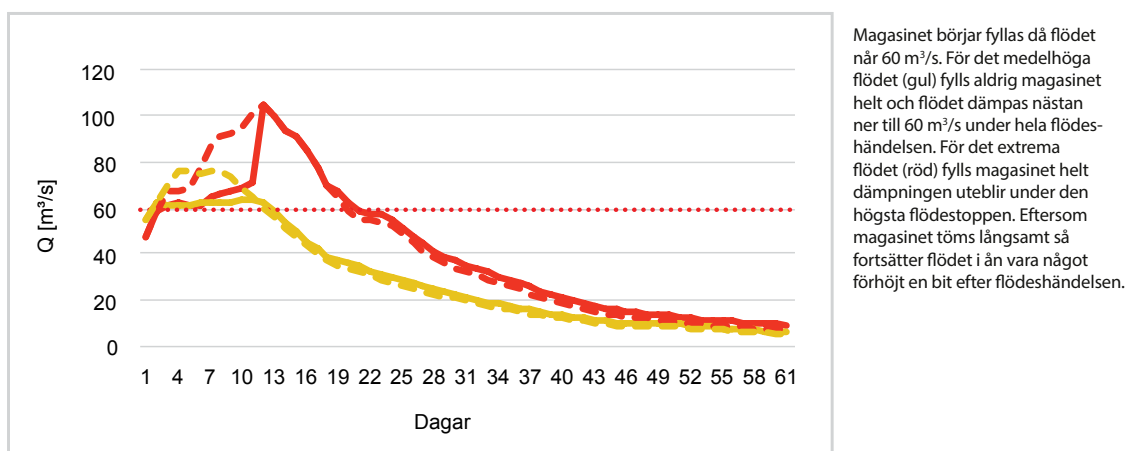
3.6.3 Fast reglering av invallat område

Vi hanterar magasinet som ett stort invallat område intill ån. Vi tittar på en fast reglering genom överströmning av en vall på en begränsad sträcka så som visas i Figur 18. Utströmningen antas kunna ske som begränsad bottenutströmning utan hinder från nedströmssidan. På detta sätt beror fyllningshastigheten på flödet vilket ges av nivån i ån och tömningen beror på nivån i magasinet.



Figur 18. Sektioner av en vall med överströmning och genomströmning för reglering av in- och utströmning.

Magasinet har en maximal volym på 15 miljoner kubikmeter vatten och en maximal vattennivå på 1 meter. Det innebär att det invallade området har en area på 15 miljoner kvadratmeter, eller 1 500 hektar. Insläppet av vatten sker över en 20 meter bred öppning och börjar när flödet överstiger $60 \text{ m}^3/\text{s}$. Utströmningen sker genom tre rör med en diameter på 70 centimeter. Flödet med och utan magasin redovisas i Figur 19.



Figur 19. Effekten av en fast reglering på ett extremt flöde och ett medelhögt flöde.

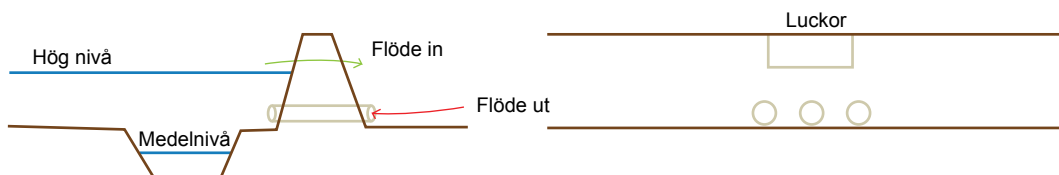
Hela flödeshändelsen dämpas för det medelhöga flödet men det överstiger ändå $60 \text{ m}^3/\text{s}$. Detta beror på att vi har ett konstant men ändå begränsat utflöde från magasinet. Maximalt blir flödet i staden $62 \text{ m}^3/\text{s}$ under den medelhöga flödeshändelsen.

Det tar relativt lång tid innan magasinet är helt tomt. Med våra uppsatta villkor tar det strax över 100 dagar för magasinet att tömmas helt från att det är fullt vid 15 miljoner kubikmeter. Tömningshastigheten beror i enskilda fall av de lokala höjdförutsättningarna.

Med vår flödesserie lyckas vi i detta fall dämpa bort 5 av de 7 översvämningstillfällena ner till 60 eller strax över $60 \text{ m}^3/\text{s}$. De två värsta händelserna råar vi inte på eftersom vi har en begränsad magasinvolym.

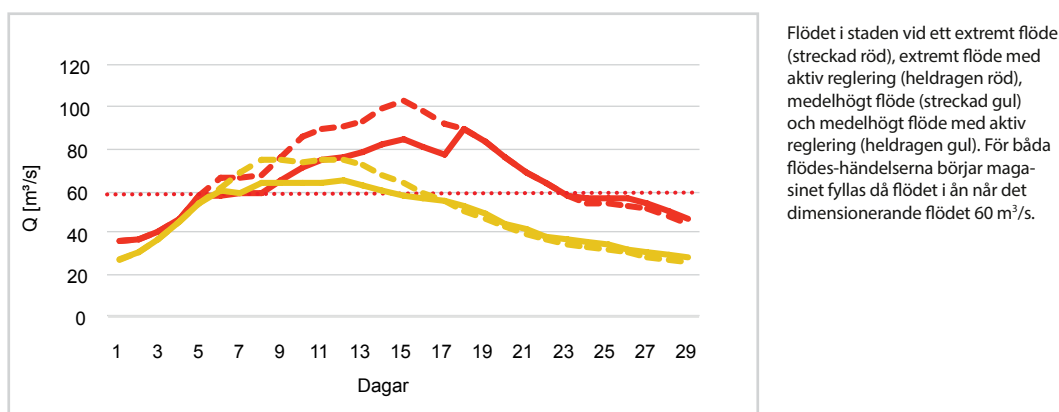
3.6.4 Aktiv reglering av invallat område

Vi hanterar magasinet som ett stort invallat område intill ån. Vi tittar på en aktiv reglering med luckor genom en vall så som visas i Figur 20. Insläppet sker i det här fallet över en cirka 10 meter bred öppning för att göra luckorna hanterbara. Utströmningen antas kunna ske som begränsad bottenutströmning genom tre rör utan hinder från nedströmssidan. På detta sätt beror fyllningshastigheten på hur vi väljer att hantera luckorna och flödet ges av nivån i ån. Tömningen beror på nivån i magasinet.



Figur 20. Sektion av en vall med luckor och genomströmning för reglering av in- och utströmning.

Som tidigare har magasinet en maxvolym på 15 miljoner kubikmeter. Magasinets effekt på ett extremt och ett medelhögt flöde redovisas i Figur 21.



Flödet i staden vid ett extremt flöde (streckad rött), extremt flöde med aktiv reglering (heldragen rött), medelhögt flöde (streckad gul) och medelhögt flöde med aktiv reglering (heldragen gul). För båda flödes-händelserna börjar magasinet fyllas då flödet i ån når det dimensionerande flödet $60 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figur 21. Effekten av en aktiv reglering på ett extremt flöde och ett medelhögt flöde.

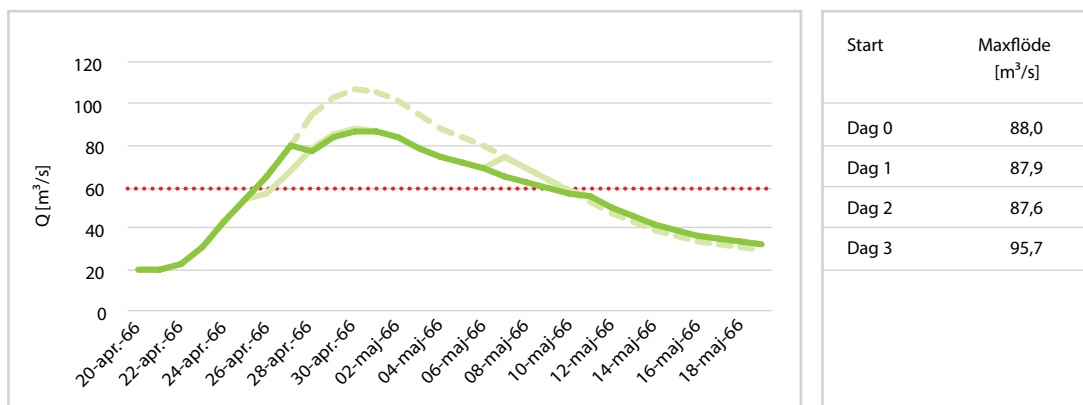
För det medelhöga flödet är effekten på flödestoppen jämförbar med den fasta regleringen. Maxvolymen i magasinet uppnås aldrig under flödeshändelsen och åtgärden dämpar därför hela händelsen ner till strax över $60 \text{ m}^3/\text{s}$. För det extrema flödet dämpas flödestoppen fram till dess att magasinet är fullt. Efter det ger åtgärden ingen dämpande effekt. Magasinet är inte helt fullt förrän efter den maximala flödestoppen inträffat vilket gör att maxvärdet dämpas från $102,5 \text{ m}^3/\text{s}$ till $89,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

För de fall där det inte finns ett unikt förhållande mellan vattennivå och flöde behövs en aktiv reglering för att anpassa regleringen efter situationen. Med exempelvis luckor finns möjlighet att ”i höjdled följa” vattennivån och på så sätt ta magasinet i anspråk vid rätt tillfälle inom det kritiska flödesintervallet, så som beskrivet i faktarutan under avsnitt 2.3.

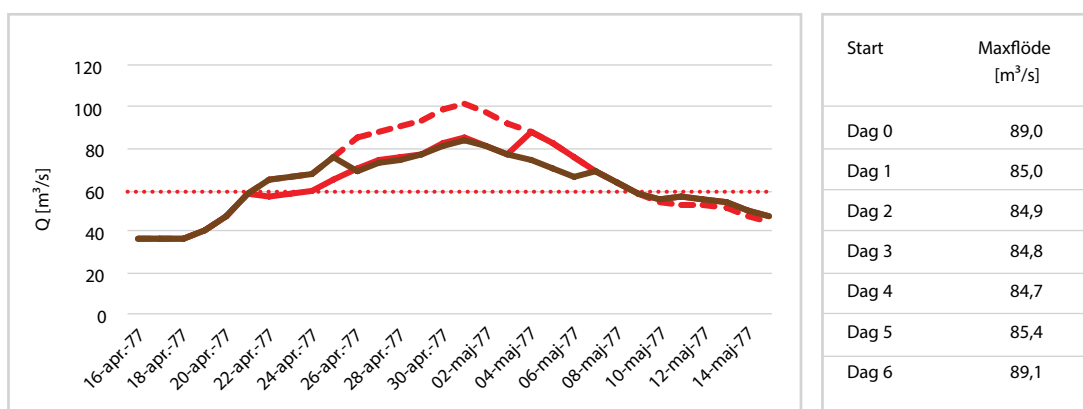
I vårt exempel har vi valt att utjämna flöden av en viss volym. Vi vet att det troligtvis kommer ett flöde som är större ändå. Frågan är då om vi med prognoser över flödet kan hålla tillbaka beslutet att släppa in vatten i magasinet för att kapa den högsta delen av flödestoppen. Det vill säga – vi utsätter staden för *lite för höga* flöden mot att vi skyddar den mot *alldeles för höga* flöden. Tanken är att vi offrar en liten del av staden för att trots allt hindra större delar av staden att drabbas.

Det kommer ställa krav på att vi ”startar” regleringen vid rätt tillfälle för att hinna få in vattnet i magasinet. Men inte för fort för då fyller vi det och går miste om nyttan, som vi sett tidigare.

I Figur 12 finns det två extrema flödeshändelser i vår tidsserie där vi behöver mer än dubbelt så mycket som 15 miljoner kubikmeter i magasinvolym för att hålla maxflödet till $60 \text{ m}^3/\text{s}$ i staden. Därför har vi valt att titta specifikt på dessa händelser och vad som händer om vi väntar med att öppna insläppet till magasinet, vilket visas i Figur 22.



Flöde utan magasin (streckad), flöde om magasinet börjar fyllas vid dag 0 (heldragen ljus) och vid dag 2 (heldragen mörk). Genom att vänta två dagar med att öppna insläppet till magasinet kan den flödes-dämpande effekten maximeras. Skillnaden i detta exempel är marginell mot alternativet att släppa in vatten vid den dimensionerande nivån.



Flöde utan magasin (streckad), flöde om magasinet börjar fyllas vid dag 0 (heldragen ljus) och vid dag 4 (heldragen mörk). Vid denna flödes-händelse ger en fördröjning på fyra dagar det lägsta flödet genom staden. Att optimera vilken dag vatten släpps till magasinet ger i detta exempel en större effekt på maxflödet än för det tidigare exemplet.

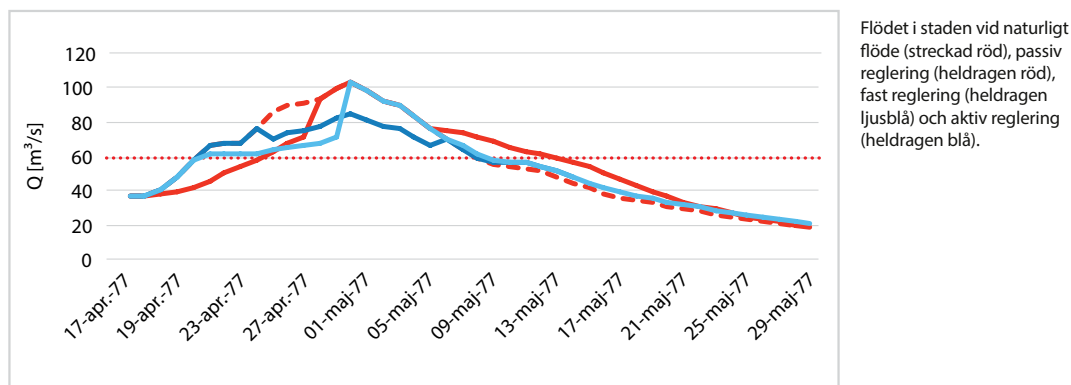
Figur 22. Optimal användning av ett begränsat magasin vid två extrema flödeshändelser.

Vi lyckas inte dämpa något av de extrema flödena ner till $60 \text{ m}^3/\text{s}$ men vi lyckas ändå sänka flödestoppen avsevärt. I det första exemplet dämpar vi flödes maxvärde från 107,1 till $87,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Effekten av att vänta någon eller några dagar med att öppna luckorna till magasinet är marginell. I det andra exemplet har optimeringen större effekt och vi lyckas sänka maxflödet från 102,5 till $84,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Beslutet att vänta i fyra dagar med att släppa in vatten i magasinet gjorde det möjligt att sänka maxflödet ytterligare från 89,0 till $84,7 \text{ m}^3/\text{s}$.

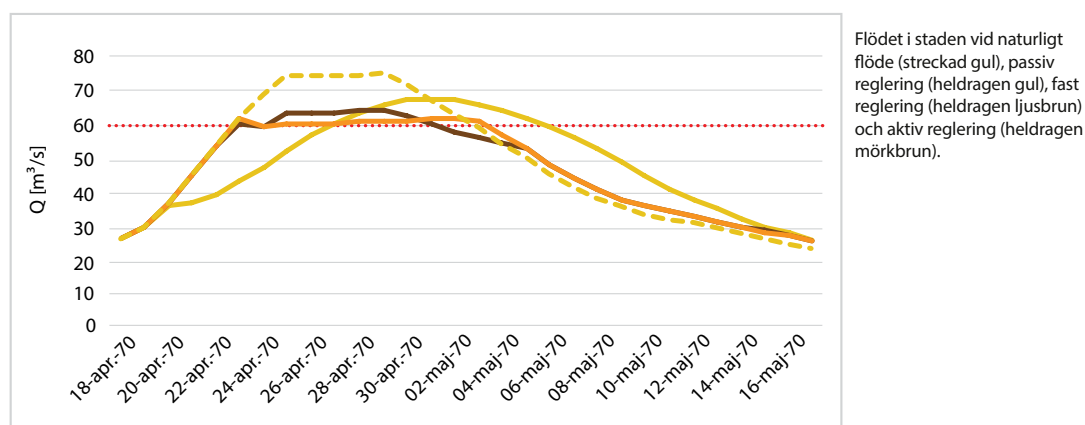
Med vår flödesserie lyckas vi i detta fall dämpa bort den värsta flödestoppen på de 2 värsta flödeshändelserna, vi råar dock inte på dem helt och hållet.

3.6.5 Passiv, fast eller aktiv reglering

Nu när vi har beräknat tre olika varianter av utformningar och strategier för magasinet kan vi jämföra dem och se vilken vattennivå varje regleringstyp ger i staden. I Figur 23 och Figur 24 visas de tre olika strategierna passiv, fast eller aktiv reglering för samma två flödeshändelser: ett extremflöde och ett medelhögt flöde. Magasinsvolymen är i alla varianter begränsad till 15 miljoner kubikmeter.



Figur 23. Flödet vid passiv, fast och aktiv reglering jämfört med det naturliga flödet vid ett extremflöde.



Figur 24. Flödet vid passiv, fast och aktiv reglering jämfört med det naturliga flödet vid ett medelhögt flöde.

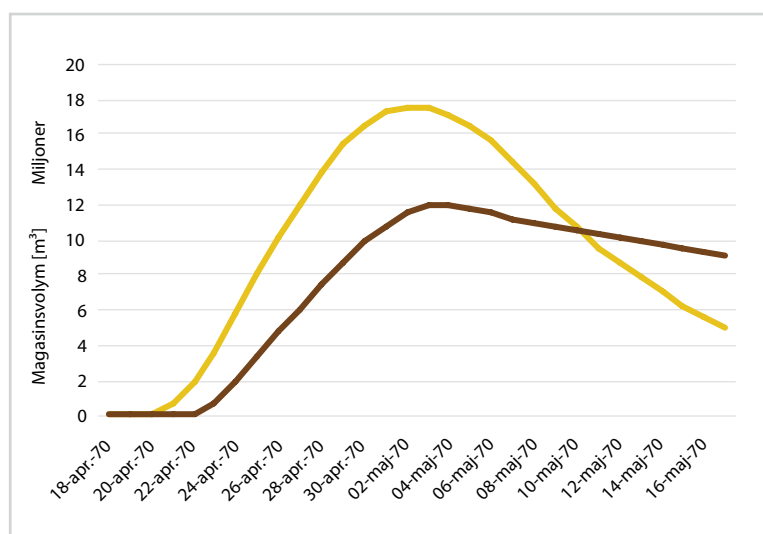
För extremflödet är den aktiva regleringen den som sänker nivån mest, då de båda andra regleringsstrategierna inte påverkar den maximala nivån. Vid det medelhöga flödet är den fasta regleringen något bättre än den aktiva, vilket främst beror på att insläppet av vatten i magasinet går långsammare. Detta är inte en generell slutsats utan beror på den antagna utformningen och begränsningen av inflödet. Den passiva regleringen sänker maxflödet något men inte lika mycket som för någon av de andra två regleringsstrategierna. Vid den aktiva regleringen har tiden för insläppet optimerats för att få störst effekt för båda flödeshändelserna.

Flöden omräknade till nivåer redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Maxflöden från Figur 23 och Figur 24 omräknade till nivåer för staden.

Extremflöde			Medelhögt flöde		
	Maxnivå [m]	Sänkning [m]		Maxnivå [m]	Sänkning [m]
Naturligt	3,49	-	Naturligt	2,88	-
Passiv	3,49	0,00	Passiv	2,69	0,19
Fast	3,49	0,00	Fast	2,54	0,34
Aktiv	3,11	0,38	Aktiv	2,60	0,27

Då vi jämför effekten av de olika regleringsstrategierna vill vi också vända på frågan – hur påverkar de olika regleringsstrategierna magasinvolymen? Vi har tidigare räknat med att vi har ett begränsat magasin på 15 miljoner kubikmeter men inte lyckats hålla flödet nedströms helt under $60 \text{ m}^3/\text{s}$. Nu vill vi istället begränsa flödet nedströms så att det inte någon gång överstiger $60 \text{ m}^3/\text{s}$ men vi har istället ingen begränsning för magasinvolymen. Vi tittar då på det medelhöga flödet från Figur 24. För att klara av att begränsa flödet nedströms behövs vissa justeringar av vårt antagna utseende av regleringen. Den fasta regleringen ger ett liknande resultat som den aktiva och har därför utelämnats från figuren. Magasinvolymerna för de två strategierna redovisas i Figur 25.



Figur 25. Magasinvolym under ett medelhögt flöde vid passiv reglering (ljus) och aktiv reglering (mörk).

Vi kan se att det behövs en större magasinvolym, knappt 18 miljoner kubikmeter, vid passiv reglering än aktiv reglering där det behövs knappt 12 miljoner kubikmeter för att klara av att dämpa flödestoppen i staden till under $60 \text{ m}^3/\text{s}$. Dessutom krävs att utflödet från magasinet begränsas betydligt för att uppnå den önskade effekten.

3.6.6 Förändrat klimat och utjämningsmagasin

I kapitel 2.3 har vi kort redogjort för hur framtida klimatförändringar kan komma att påverka nederbörds- och flödesmönster. För vårt exempel betyder detta att sannolikheten för höga vårflöden antagligen kommer att minska till följd av en jämnare snösmältning och ett mindre snömagasin. Med andra ord borde behovet av utjämningsvolym för att hantera vårflöden också minska. Flöden orsakade av skyfall och kraftiga regn bedöms dock öka i ett förändrat klimat. Även de högsta flödestopparna bedöms bli högre i ett framtida klimat, särskilt i södra delarna av landet, just på grund av kraftiga regn. Detta behöver inte öka behovet av en större utjämningsvolym då den typen av händelser generellt innehåller en mindre volym vatten än vårflödena.

För de 5 hydrografer vi jämfört under avsnitt 3.1 inträffar majoriteten av de stora flödeshändelserna under våren och kan antas vara relaterade till snösmältningen. Det är dock viktigt att komma ihåg att vi har tittat på ett begränsat antal avrinningsområden och använt historiska dataserier från 1950-talet fram till idag till skillnad från att modellera framtida klimat med hjälp av klimatscenarier.

3.7 Slutsatser från detta exempel

Erforderliga magasinsvolymer varierar inom stora spann, i vårt exempel mellan 0,6 och 33 miljoner kubikmeter. De riktigt stora flödeshändelserna bedömer vi vara svåra att hitta erforderliga volymer till på jordbruksmarken. Svårt för att det är stora arealer som också förutsätter rätt höjdförhållanden för att kunna användas på rätt sätt. Vi kan öka ett magasinets nyttjandegrad genom att bättre optimera magasinets storlek och reglering mot flödet med hjälp av bra väder- och flödesprognoser. Vi kan avsiktligt göra ett mindre magasin som vi använder ”bättre” men vi går miste om det uppsatta målet att hantera de värsta översvämningarna.

En fast eller aktiv reglering ger större möjligheter att nå avsedd effekt vid höga flöden än en passiv reglering. Med fast eller aktiv reglering kan toppflödet kapas vid situationer när det verkligen behövs. Den passiva regleringen översvämmar jordbruksmarken också vid tillfällen då det inte behövs vilket innebär ”onödiga” översvämningar. Samtidigt riskerar nyttan för utjämning vara utnyttjad när den verkligen behövs. Den passiva åtgärden ger utjämning av mindre flöden men släpper förbi de stora eftersom magasinet då är fullt.

I magasin där det finns en möjlighet till aktiv reglering finns också möjlighet att dämpa flödestopparna för flöden som är ännu större än de som magasinet är dimensionerat för. Detta förutsätter pålitliga prognoser som underlag för att våga fatta ett beslut som innebär en fara för nedströms liggande tätbebyggda områden med chansen att rädda området från något som skulle blivit ännu värre. Hur detta faller ut är i hög grad beroende av hur flödeshändelsen utvecklas och att det finns en genomtänkt strategi för hur händelsen ska hanteras.

De fasta och aktiva regleringar som vi använder förutsätter att det finns ett tomt magasin. Markerna bakom en invallning är ett potentiellt magasin om vi med reglering kan göra detta tillgängligt vid rätt tillfälle. Att valla in områden är en känslig fråga där det finns olika uppfattning hur de påverkar flödet. Så som vi använt invallningen i vårt exempel så dämpas flöden vid en viss nivå. Lägre flöden, som inte når upp till dimensionerande nivå, dämpas inte och högre flöden, som överfyller magasinet, påverkas inte alls.

Vi menar att det är en allmän missuppfattning att invallningar per automatik förvärrar en översvämning nedströms, det som händer är en förskjutning av flödet i tiden. Konsekvenserna för den mark som ligger bakom vallen, uttryckt som frekvensen då den översvämmas, förvärras inte av invallningen.

Marken inom magasinsområdet kommer vid en översvämning vara indisponibel under lång tid innan magasinet är tomt, kanske längre än så beroende på hur markerna påverkas av översvämningen. Även under ideala förhållanden handlar det om över en månad och under mer realistiska förhållanden kan det handla om flera månader. Hur lång tid det tar innan marken är disponibel beror på magasinets storlek och hur det töms. Längden på översvämningen kommer att ha stor betydelse för konsekvenserna på jordbruket

Att dimensionera skyddsåtgärder för en nivå med en viss återkomsttid innebär att säkerheten förändras om nederbörden förändras eller om åtgärder görs. Säkerheten *minskar* om ökad nederbörd leder till mer frekvent höga nivåer. Säkerheten *ökar* om åtgärder görs som leder till mindre frekvent höga nivåer. I vårt exempel har vi potential att minska antalet händelser i staden då den kritiska nivån överstigs. Vi har förbättrat säkerheten men vi kan inte uttrycka förbättringen i termer av ändrade återkomsttider så detta kräver andra statistiska analyser än vad vi räknat på.

På hearingen ställdes tätbebyggda områden mot annan typ av infrastruktur och frågan hur risken ser ut för infrastrukturen. Uppdraget har fokus på tätbebyggd miljö, men de resonemang och slutsatser vi kommer till går att tillämpa egentligen på vilket skyddsvärt objekt som helst – så också infrastruktur. På samma sätt har vi inte specifikt studerat skyfall men också där går våra resonemang, arbetsgång och slutsatser att tillämpa på samma sätt.

4 Vilka övriga förutsättningar måste också råda?

I de föregående kapitlen har vi gått igenom vilka tekniska förutsättningar som krävs för att minska risken för översvämning av bebyggelse genom kontrollerad översvämning av jordbruksmark. I det här kapitlet ger vi en översiktlig bild av de ekonomiska och juridiska förutsättningarna som krävs för att tillämpa kontrollerade översvämningar. Om kontrollerade översvämningar ska tillämpas i större omfattning finns det behov av en djupare analys av ekonomiska och juridiska aspekter, frågor om organisation, ansvar, försäkringar, styrmedel, affärsmodeller med mera, men det ligger utanför avgränsningen av det här uppdraget.

4.1 Ekonomiska förutsättningar

Ett sätt att klargöra de ekonomiska förutsättningarna är att ställa följande frågor:

1. Finns det alternativa åtgärder till en lägre kostnad?
2. Är nyttan större än kostnaden?
3. Finns det förutsättningar för att komma överens? Kan den part som är ansvarig för att staden inte översvämmas och den part som äger jordbruksmarken komma överens om eller på annat sätt reglera förhållandena sinsemellan?

4.1.1 Finns det alternativa åtgärder till en lägre kostnad?

För att ekonomiskt utvärdera en åtgärd behöver den ställas mot möjliga alternativa åtgärder som ger samma skydd mot översvämning. Det ligger utanför vårt uppdrag att utreda alternativ så vi förutsätter i detta kapitel att kontrollerad översvämning är den åtgärd som ger bäst skydd till lägst kostnad. Vi återkommer till en kort diskussion om alternativa åtgärder i avsnitt 7.1.2

4.1.2 Är nyttan större än kostnaden?

Nyttan av den kontrollerade översvämningsytan är att staden skyddas från översvämning. Nyttan motsvarar kostnaden för att återställa de skador som uppstår vid de översvämningar som undviks med åtgärden, kostnaden för den beredskap som behövs utan åtgärden och värdet av den ökade trygghet som skyddet innebär. Kostnaden för en översvämning kan uppskattas genom erfarenheter från tidigare översvämningar i det aktuella området eller liknande områden. Kalkylen bör omfatta kostnader både för den enskilde och för samhället samt ta hänsyn till skador på miljön.

En alternativ metod skulle kunna vara att försöka uppskatta hur fastighetspriserna påverkas av risken för översvämning. Metoden är dock vanskelig eftersom fastighetspriserna påverkas av många faktorer och det är svårt att särskilja hur stor del som beror på översvämningsrisken. Metoden tar inte heller hänsyn till samhällets nytta och nyttan av uteblivna miljöskador.

Utöver nyttan av uteblivna översvämningar kan anläggningen även tillföra miljönytta genom nya landskapselement som skapar ökad mångfald.

Kostnaderna för den kontrollerade översvämningen kan delas upp i följande delar:

- **Kostnaden för de anläggningar som behövs för att kontrollera översvämningen**
Förutom anläggningskostnad ingår kostnaden för det intrång som anläggningen innebär och värdet av den mark som tas i anspråk samt kostnader för utredning, projektering, tillståndsansökan med mera.

I sammanhanget är det viktigt att förstå att det inte finns något givet samband mellan anläggningskostnaden och kostnader för utredning och projektering. Om förutsättningarna är gynnsamma så kan det gå att åstadkomma stora magasinvolymerna med relativt små investeringar. I sådana fall kan kostnaderna för utredningar, tillstånd med mera bli större än investeringskostnaden. Poängen är att procentuella påslag för utredningar är vanskliga då investeringskostnaden kan variera väldigt beroende på de lokala förutsättningarna.

- **Kostnader för underhåll, tillsyn och eventuell manövrering av anläggningen**

- **Kostnader för skador som uppkommer vid tillfällena då jordbruksmarken översvämmas**

Dessa kan omfatta både skador på produktionen och miljöskador. Konsekvenserna för jordbruksmarken beskrivs utförligare i kapitel 5.

Kostnad och nytta jämförs under samma kalkylperiod som bör omfatta åtminstone 50 år. En svårighet med att beräkna nyttan av uteblivna översvämningar respektive skadan av att marken översvämmas ligger i att vi i förväg inte vet när och hur många gånger under kalkylperioden som översvämningen kommer att ske. Ett sätt att hantera detta är att bedöma kostnaden för en skada och multiplicera med sannolikheten för att skadan inträffar ett visst år.

Särskilt för jordbruksmarken har det stor betydelse vid vilken årstid översvämningen sker och vilken gröda som drabbas. En översvämning strax före skörd ger större skador än en översvämning strax efter skörd. I en växtföljd med vall och spannmål blir skadan troligen större om översvämningen inträffar ett år med spannmål än ett år med vall. Ett sätt att hantera detta är att göra en kalkyl över hela växtföljden och ta ett medelvärde av förväntad produktion. Den här typen av beräkningar har gjorts i samband med invallning av jordbruksmark, exempelvis invallningar vid Emån. Metoden beskrivs i Jordbruksverket (2016).

4.1.3 Finns det förutsättningar att komma överens?

I det fortsatta resonemanget förutsätter vi att det finns två parter. En part ansvarar för översvämningsskyddet i staden. En annan part äger jordbruksmarken. Eftersom översvämningssytan kan beröra flera fastigheter kan det i praktiken handla om flera parter. Vi kallar dem för enkelhetens skull jordbrukarna och staden.

Ett alternativ är att staden löser in jordbruksmarken och antingen arrenderar ut den eller bedriver jordbruk i egen regi. Även i det alternativet finns det behov av en motsvarande överenskommelse om ansvar och ersättning mellan staden och arrendatorn, respektive mellan olika verksamhetsgrenar inom stadens förvaltning.

Följande frågor behöver jordbrukaren och staden komma överens om:

- **Ansvar att utföra de åtgärder som krävs för att nyttja området för kontrollerad översvämning**

Det mest naturliga är att anläggningen byggs och ägs av staden. Därmed ligger ansvaret för anläggningen och dess funktion på staden som har nytta av anläggningen och dessutom ett ansvar mot sina invånare. I synnerhet gäller detta om anläggningen berör flera fastigheter. Att lägga ägande och ansvaret på jordbrukarna innebär en risk som kan vara svår att hantera.

- **Ansvar för tillsyn och underhåll av anläggningen**

Här gäller motsvarande resonemang som i föregående punkt. Ansvaret för funktionen bör ligga på staden men det hindrar inte att jordbrukarna som är på plats, har en del i arbetet med tillsyn och underhåll.

- **Ansvar för eventuell manövrering av anläggningen**

Om anläggningen på något sätt ska manövreras är det särskilt viktigt att reda ut ansvarsfrågan eftersom felaktig manövrering kan medföra stora skador. Om båda parter är inblandade i manövreringen behöver de klara ut hur kommunikationen mellan parterna ska gå till, vilken beredskap parterna ska ha och så vidare.

- **Ersättning vid anläggning och underhåll**

Parterna behöver komma överens om jordbrukarens ersättning för mark som tas i anspråk, försämrade brukningsmöjligheter, skador och eventuella olägenheter.

- **Ersättning för skador när marken översvämmas**

Ersättningen för skador som uppstår när marken översvämmas kan regleras enligt två principer:

1) jordbrukaren får en fast engångsersättning eller årlig ersättning som motsvarar den förväntade skadan. Denna princip säkerställer att jordbrukaren får ersättning men kan innebära en stor påfrestning när översvämningen sker.

2) jordbrukaren ersätts för de faktiska skador som uppkommer. Denna princip kan innebära att jordbrukaren inte får någon ersättning alls – om ingen översvämning inträffar.

Med hänsyn tagen till begränsningarna för respektive princip är det rimligaste tillvägagångssättet att de båda kombineras för att minska risktagandet och för att öka förutsägbarheten.

- **Reglering av ersättning**

Parterna behöver vara överens om principerna för hur skador ska värderas. Ett alternativ kan vara att parterna gemensamt utser en värderingsman när en skada har uppstått.

- **Hantering av förändringar, ändrade villkor, hävning**

Anläggningen ska fungera under lång tid och mycket kan hända. Anläggningen kanske inte fungerar som avsett, antingen beroende på att klimatet utvecklas på ett oväntat sätt eller helt enkelt beroende på slumpen. Staden och jordbruket förändras. Parterna bör reglera hur detta ska hanteras.

- **Twistelösning**

Om inte annat överenskommits får tvister hanteras i allmän domstol men även andra lösningar är möjliga.

För att bli intressant för staden bör avtalet vara kopplat till jordbrukarens fastighet genom ett servitut eller annan fastighetsrättslig konstruktion så att avtalet inte upphör om fastigheten byter ägare.

För att ett avtal ska komma till stånd krävs att båda parter har något att vinna. Det innebär att det inte är tillräckligt att staden ersätter jordbrukaren för dennes faktiska kostnader. Jordbrukaren bör också få del av den nytta som staden har av anläggningen. Om jordbrukaren ska ta ansvar för anläggningens funktion, manövrering med mera så krävs dessutom en ersättning för risktagande.

Ovan har vi förutsatt att marken fortsatt brukas som jordbruksmark. Delar av resonemanget gäller även om marken tas ur produktion men då finns inte längre något behov att ersätta skador då marken översvämmas.

4.2 Juridik

Åtgärder som innebär att man gräver och bygger i vattenområden eller andra åtgärder med syftet att ändra vattnets djup eller läge sammanfattas i begreppet vattenverksamhet². Byggnad av anläggningar för att åstadkomma en kontrollerad översvämning är därmed en vattenverksamhet. Detta gäller i normalfallet även om befintliga anläggningar, exempelvis jordbruksinvallningar, dammluckor eller liknande tas i anspråk eftersom syftet med regleringen är ett annat än det ursprungliga.

Enligt huvudregeln i miljöbalken kräver vattenverksamhet tillstånd som provas av mark- och miljödomstolen. Ett viktigt skäl till samhällets relativt stränga krav på provning av vattenverksamhet är att en felaktig hantering av vatten kan få stora och plötsliga konsekvenser både för liv, egendom och miljö. Genom att dämna upp vatten i ett magasin kan vi begränsa skadan på bebyggelse nedströms, men om dammen brister kan skadorna bli betydligt större.

Utöver att säkerställa anläggningens säkerhet syftar provningen till att pröva att anläggningen inte strider mot miljöbalkens syften och att reglera skador och intrång med mera.

Sakägarkretsen kan bli stor och omfattar ägarna till de fastigheter och ägarna till de vattenanläggningar som berörs av flödesförändringarna. Exempel på vattenanläggningar är dammanläggningar, enskilda och samfälliga diken samt andra markavvattningsanläggningar.

² Bestämmelser vattenverksamhet finns i miljöbalken, framförallt 11kap. samt i lagen (1998:812) med särskilda bestämmelser om vattenverksamhet och förordningen (1998:1388) om vattenverksamhet.

Prövningen omfattar bland annat:

- **Hushållningsbestämmelserna**

Mark- och vattenområden ska användas för det eller de ändamål som de är mest lämpliga för. Brukningsvärd jordbruksmark får tas i anspråk endast om det behövs för att tillgodose väsentliga samhällsintressen och detta behov inte kan tillgodoses på ett, från allmän synpunkt, tillfredsställande sätt genom att annan mark tas i anspråk.

- **Samhällsekonomisk prövning**

Den sökande ska visa att nyttan av verksamheten är större än kostnader och skador. Jämför resonemanget ovan under 4.1

- **Områdesskydd**

Verksamheten måste ta hänsyn till eventuella områdesskydd, exempelvis strand-skydd, Natura 2000 och naturreservat.

- **Miljökvalitetsnormer**

Verksamheten får inte medföra att en miljökvalitetsnorm riskerar att brytas, exempelvis miljökvalitetsnormer enligt vattendirektivet.

- **Planbestämmelser**

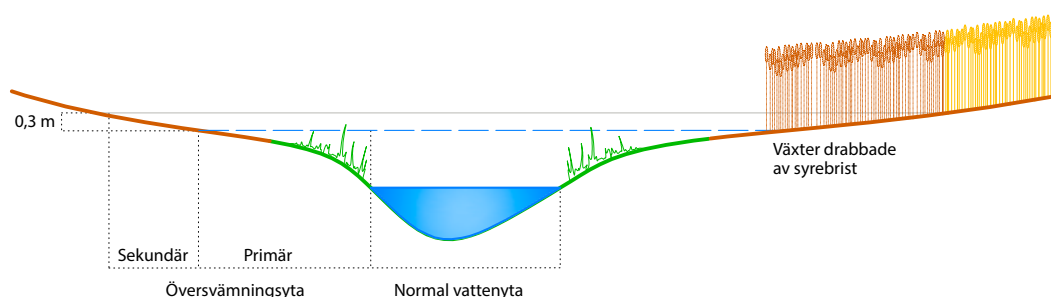
Verksamheten får inte strida mot plan.

5 Vilka risker finns?

Primärproduktion av livsmedel definieras av MSB som samhällsviktig verksamhet (MSB, 2013a). Detta kapitel beskriver möjliga konsekvenser på produktion, markstruktur och miljö av att använda jordbruksmark för översvämning.

5.1 Konsekvenser för jordbruksmarken och jordbrukets infrastruktur

En översvämning påverkar jordbruksmarken i det primära översvämningsområdet, vilket är den mark som blir översvämmad av strömmande eller stående ytvatten. Det finns även ett sekundärt översvämningsområde som blir påverkat av översvämningen. Det sekundära området är den del av marken där det höga vattenståndet dämmer upp och försvårar dräneringen vilket leder till vattenmättnad i de ytliga jordlagren. Jordbruksverket har tidigare definierat det sekundära översvämningsområdet att vara mark som ligger under 0,3 meters höjd över det primära översvämningsområdets vattenyta så som illustrerat i Figur 26 (Jordbruksverket, 2016).



Figur 26. Primär och sekundär översvämmad mark. 0,3 m motsvarar höjden av det sekundära översvämningssområdet – över det primära – det vill säga inom vilket motsvarande område de ytligare jordlagren är helt eller delvis vattenmättade. Vattenmättad jord under längre tid än enstaka dygn leder till syrebrist och orsakar betydande skador på grödan.

Översvämningens varaktighet påverkar hur stor skadan blir på jordbruksmarken och verksamheten. Hur stora de ekonomiska konsekvenserna av en översvämning på jordbruksmark blir beror till stor del på vilken tid på året som översvämningen sker och inriktningen på produktionen. Särskilt utsatta är sannolikt djurföretag som kan tvingas ersätta egenproducerat foder med inköpt foder samt växtodlingsföretag som odlar kapitalintensiva grödor som grönsaker, potatis och sockerbetor. En översvämning på våren kan senarelägga sådd eller allvarligt skada en nysådd gröda. Under vintern riskerar översvämmade åkrar att frysa vilket kan drabba övervintrande grödor hårt. Översvämningar sent på växtodlingssäsongen gör störst ekonomisk skada för växtodlingen eftersom alla insatser som gjorts under säsongen går om intet vid total skördeförlust. Vissa skador kan få långtgående konsekvenser och påverka produktionen på den översvämmade marken flera år efter översvämningen. Exempel på skador är försämrad markstruktur och markpackningsskador, omläggning i planering och växtföljder samt förlust av ett gynnsamt mark ekosystem.

Jordbruksverket har tidigare sammanfattat konsekvenserna av kortvariga och långvariga översvämningar för växtodling och djurhållning (Jordbruksverket, 2016). I tabellerna nedan har vi utgått från tidigare arbete och listat konsekvenser som är relevanta för kontrollerade översvämningar. Konsekvenserna har grupperats efter sannolikhet i sådana som troligtvis inträffar om en jordbruksmark tas i anspråk och sådana som kan inträffa i de mest extrema fallen. Utgångspunkten är kontrollerade översvämningssytor - de mest

extrema fallen bör motsvara nivån för negativa överraskningar eller oförutsedda skador och är rimligen inte resultatet av en kontrollerad åtgärd, snarare en okontrollerad händelse. Risk är vidare en funktion av sannolikheten att en viss händelse inträffar och konsekvensen av det inträffade. Vi har inga värden för att beräkna riskerna utan nöjer oss med denna gruppering.

Tabell 3. Konsekvenser av översvämningar för växtodling som bedöms relevanta vid en kontrollerad översvämning. Från Jordbruksverket (2016).

Sannolikhet	Effekter på kort sikt	Effekter på längre sikt
Konsekvenser som troligtvis inträffar om jordbruksmark tas i anspråk för kontrollerade översvämningar. Sannolikheten är hög att en eller flera av dessa konsekvenser uppstår.	Försenade arbetsmoment kan leda till nedsatt skörd och sämre kvalitet. Vissa moment kan behöva göras om (till exempel sådd, gödsling). Översvämning kan göra det svårt att komma ut på fälten för att skörda i rätt tid. Ytavrinning leder till förluster av växtnäring som behöver kompenseras med mer gödsling. Försämrade dränering på grund av försämrade markstruktur. Otillfredsställande dränering och markavvattnning. Känsliga grödor som ärtor och klöver dör redan efter något dygns översvämning. Kvalitetsproblem särskilt i potatis och specialgrödor, men även kvaliteten i spannmål och vall kan bli sämre än normalt. Liggsäd försvårar skörden och gynnar svampangrepp. Kan leda till skorpbildning och påverkan på strukturen i struktursvaga jordar (flytjordar). Mykorrhiza och andra markorganismer dör vilket påverkar mineralisering och växtnäringsupptag negativt.	Om körning sker på blöt mark, till exempel i samband med skörd, kan det bli markpackningsskador som minskar skörden under flera år. Eventuellt ändras planering av grödor inför nästa år. Fodervärdet i kommande års skördar på vallarna försämras om klöver dör, vilket leder till att företaget måste kompensera med ökade proteinfoderinköp samt lägga högre givor mineralgödsel. Sämre näringsupptag, ojämn uppkomst, ojämn mognad och ökad ogräsförekomst leder till ökad näringsanvändning per kilo produkt och behov av extra ogräsbekämpning. Det tar tid innan mark ekosystemet med mykorrhiza och andra markorganismer hämtar sig.
Konsekvenser som kan inträffa i extrema fall om jordbruksmark tas i anspråk för kontrollerade översvämningar.	Stora förluster av växtnäring och jordmaterial. Jorden lakas ur kraftigt både på kväve och fosfor. Ras, skredrisker och vallbrott som beror på snabba och kraftiga flöden.	Skördarna påverkas negativt under de närmaste åren vilket behöver kompenseras med inköp av foder. Försämrade markstruktur kräver extra insatser för återställning av marken som struktursvaga jordar (flytjord) och extra bearbetning.
Sannolikheten är låg att en eller flera av dessa konsekvenser uppstår.		

Jordbruksmarkens vattenanläggningar kan skadas av översvämningar, särskilt långvariga översvämningar kan medföra betydande skador. Höga vattenhastigheter medför en större erosion i slänter och diken med förhöjd skredrisk som följd. Vattnet kan föra med sig slam och bråte som kan täppa igen diken och rörledningar vilket försämrar dräneringskapaciteten och ökar underhållsbehovet. Igenslamning av våtmarker, dammar och utjämningsmagasin minskar magasineringens volym.

Om området är invallat finns det risk för erosionsskador på vallen, och i värsta fall vallbrott vilket kan få mycket snabba och allvarliga konsekvenser för det som skyddas av vallen eller finns nedströms det invallade området. Efter en översvämning är det viktigt att inspektera och undersöka vattenanläggningar för att säkerställa funktionen (Jordbruksverket, 2016).

Kortvariga översvämningar kan leda till igenslamning av porer och försämra markstrukturen, särskilt hos friktions- och flytjordar (sand- och siltjordar) med svag strukturstabilitet. Detta kan leda till att marken hårdnar, med sämre rottillväxt och sämre flöde av luft och vatten genom jorden som följd. Vid långvariga eller återkommande översvämningar kan det bli syrebrist i marken, särskilt i kohesionsjordar (lerjordar). Makroorganismer, där rötter ingår, är beroende av syre och hämmas eller dör om syrebristen varar tillräckligt länge. Mikroorganismer påverkas inte nämnvärt av kortvariga översvämningar men vid längre perioder med syrebrist gynnas anaeroba bakterier. Vid långvarig syrebrist där grödorna dör försvinner även mykorrhiza-bildande svampar som hjälper växterna ta upp näringsämnen. När mykorrhiza försvunnit från marken är den förlorad från systemet och det kan ta lång tid innan den återhämtat sig (Wesström m. fl., 2016).

Konsekvenserna för djurhållningen har att göra med mark som används för bete eller odling av foder. Konsekvenser som evakuering av djur menar vi är en åtgärd som kan vara konsekvensen vid okontrollerade händelser – inte kontrollerade.

Tabell 4. Konsekvenser av översvämningar för djurhållning som bedöms relevanta vid en kontrollerad översvämning. Från Jordbruksverket (2016)

Sannolikhet	Effekter på kort sikt	Effekter på längre sikt
Konsekvenser som troligtvis inträffar om jordbruksmark tas i anspråk för kontrollerade översvämningar. Sannolikheten är hög att en eller flera av dessa konsekvenser uppstår.	Betesmarker inte tillgängliga under en översvämning.	
Konsekvenser som kan inträffa i extrema fall om jordbruksmark tas i anspråk för kontrollerade översvämningar.	Smitta kan spridas mellan djur och mellan djur och människa. Det kan uppstå akut foderbrist.	Om vatten tagit med sig smittämnen från djuren kan det kontaminera den egna brunnen och på så sätt smitta både djur och människor.
Sannolikheten är låg att en eller flera av dessa konsekvenser uppstår.	Djur kan inte utfodras och skötas normalt och de kan bli sjuka av att dricka vattnet. Smitta kan spridas mellan djur och mellan djur och människa.	Om reningsverk vid vattentäkter bräddats kan smitta hamna i råvattnet och genom ökad grumlighet undkomma normal dricksvattenrening. Om det växande fodret skadas beror på årstiden och en mängd andra faktorer. Tänkbart är att foderväxter förstörts för längre tid genom markpackning. Om fodret måste köpas in kan det påverka gårdens möjlighet att uppfylla kvalitetsprogram som till exempel KRAV. Det finns en viss risk för spridning av mjältbrand särskilt om man gjort grävarbeten vid vattnet.

5.2 Konsekvenser för miljön

Översvämning av jordbruksmark innebär att syreförbrukande organiskt material och jordpartiklar spolas iväg. Syreförbrukande material kan leda till syrebrist och bottendöd i recipienten. Partiklar i vattnet ökar grumlingen och kan missgynna vissa arter när de sedimenterar. Lätta partiklar som lerpartiklar kan färdas långt innan vattenhastigheten blir så låg att de sedimenterar. Rensning av sedimenterat material kan leda till ytterligare grumling. Växtskyddsmedel och andra föroreningar kan följa med partiklarna eller infiltrera grundvattnet vid översvämningar (Jordbruksverket, 2016).

Näringsämnen kan antingen spolas bort med partiklarna eller lakas ur marken vid översvämningen. Förlust av växtnäring betyder att lantbrukaren måste tillföra mer, och det kan vara svårt att veta hur mycket växtnäring som behöver kompletteras efter en översvämning. Kväveförlusterna från jordbruksmark sker till största del genom nitratläckage vilket ökar om flödet av vatten genom marken är stort. Fosforförluster sker till största del genom erosion av partiklar då fosfor är bundet till dessa. Generellt är kväveförlusterna störst för grovkorniga jordar och fosforförlusterna störst för finkorniga jordar (Jordbruksverket, 2016 & Wesström m. fl., 2016).

Hur mycket kväve och fosfor som förloras från marken under en översvämning beror på flera faktorer. Under reducerande (syrefria) förhållanden, som kan bildas då vatten blir stående på fältet, omvandlas nitrat till kvävgas som avgår till atmosfären och därmed minskar kväveinnehållet i marken. Kvävgas har däremot ingen påverkan på övergödning och är inte heller någon växthusgas. Kväveläcket är störst från intensivt jordbruk, lätta jordar, hög djurtäthet och hög nederbörd.

Fosforförluster kan variera kraftigt, även inom varje enskilt fält. 90 % av fosforförlusterna från ett avrinningsområde kan ske från 10 % av arealen under 1 % av tiden. Kritiska källområden för fosforförluster är där fosfor ackumulerats (marker med hög djurtäthet eller hög fosforstatus), där jorden har risk för att mobiliseras och transporteras. Det är därför viktigt att identifiera områden som är känsliga för fosforförluster som lerjordar med mycket finlera, marker som översvämmas ofta och områden med sämre infiltration (Wesström m. fl., 2016).

5.3 Andra konsekvenser

Översvämningarna kan föra med sig vattenburna smittor från gödsel inom översvämningens område. Detta skulle kunna förorena dricksvattenbrunnar och -intag nedströms. Studier har visat att sannolikheten är liten för att dricksvatten blir förorenat av smittämnen från gödsel då de flesta utbrott av smitta orsakas av en förorening av avloppsvatten. Men Livsmedelsverket rekommenderar att prover tas på dricksvattnet efter en översvämning av jordbruksmark. (Wesström m. fl., 2016).

6 Vilka praktiska erfarenheter finns?

Det finns några internationella exempel, som ofta tas upp i detta sammanhang, där kontrollerade översvämningssytor används på det sätt som avses. Vi ger en kort sammanställning nedan för att göra klart vilka förutsättningar som är lika eller olika samt vad det betyder i vårt fall.

6.1 Hur ser det ut i Sverige?

Från olika källor blir slutsatsen att man inte vet om kontrollerade översvämningssytor kan vara en möjlig åtgärd för minskade översvämningar eller inte.

”Vi har inte problembilden klar för oss – vi är på nivån att vi diskuterar om man kan göra något längre upp i avrinningsområdet.” Klimatanpassningssamordnare Länsstyrelsen Västra Götaland.

”Som ett led i att minska risken för översvämningar bör mark reserveras för dammar, och andra tekniska anläggningar som bidrar till att minska riskerna. Markområden lämpliga som tillfälliga översvämningssytor måste säkras i kommunen.” Lomma översiktsplan 2010.

”Det är en allmän ambition att använda kontrollerade översvämningssytor, men vi har ingen samlad bild av vilka marker som skulle vara aktuella eller vilka marker som kan vara till vårt förfogande.” Planstrateg Halmstads kommun.

”Vi har inte jobbat särskilt med detta fokus och vi har inte gjort några djupa studier på området. Vi bygger istället vallar och pumpar för att skydda staden.” Kristianstads kommun.

Lomma kommun har försökt få möjlighet till att översvämma både jordbruksmark och en golfbana för att minska översvämningar inom tätbebyggt område, men det har visat sig svårt att räkna hem effekten och det har varit svårt att få till sådana avtal i praktiken. De har även haft problem med samarbetet mellan kommuner i dessa frågor (Länsstyrelsen Skåne, 2014). Länsstyrelsen i Västra Götaland har arbetat mycket med rådgivning gentemot lantbrukare inom KLOKA-projektet (Klimatanpassning och kompetenshöjning inom areella näringar) om bland annat vattenförvaltning inom jordbruket, men där fokus framför allt har varit markvård och dränering (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2016a). De vill även få till pilotprojekt där svämplan återställs uppströms i avrinningsområdet för att minska översvämningar och hoppas att detta ska tjäna som ett bra exempel i framtiden (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2016b).

Staten anslår årligen medel för förebyggande åtgärder mot naturolyckor, specifikt skred och översvämningar. Kommuner kan söka bidrag från anslaget hos MSB och bidrag kan lämnas med upp till 60 % av de bidragsberättigade kostnaderna eller maximalt 60 % av de hotade objektens värde. I ansökan ska hotbilden vara utredd och åtgärderna ska vara tydligt beskrivna med kartor, ritningar och beräkningar. För budgetåret 2017 har staten anvisat knappt 75 miljoner kronor för förebyggande åtgärder. Bidragsgrundande kostnader kan till exempel vara kostnader som är direkt förknippade med översvämningsskydd och åtgärder för att kunna utföra dessa, fördjupade utredningar för åtgärdsanalys och kostnader för att eventuell juridisk hantering i domstol.

Exempel på åtgärder som utförts med hjälp av bidraget är översvämningsskydd så som vallar, dammar och olika typer av regleringsanordningar, men även mätutrustning, olika analyser och upprätthållande av olika mättnings- och kontrollprogram har fått bidrag.

Mellan 1997 och 2015 hade 591 ansökningar, fördelat på 106 kommuner, sökt bidrag ur anslaget varav 181 ansökningar från 51 kommuner berörde förebyggande åtgärder mot översvämningar (MSB, 2013b & 2016). Av detta underlag går inte att få någon klar bild att kontrollerade översvänningsytor är en åtgärd som beviljats medel i någon vidare omfattning.

Vi har inte hittat något svar, varken på regional eller nationell nivå, på hur stor andel av förekommande översvämningar som kunde avhjälpas genom kontrollerade översvänningsytor.

6.2 Handlingsplaner för klimatanpassning

Sveriges 21 länsstyrelser har tagit fram handlingsplaner för klimatanpassning, ofta baserat på SMHI:s regionala klimatanalyser. Översvämningar nämns i alla handlingsplaner som en av de största utmaningarna i ett framtida klimat och som någonting de vill jobba förebyggande med. Det handlar främst om översvämningar i tätorter från kraftiga regn vilka överbelastar dagvattensystemet men de allra flesta nämner även översvämningar från vattendrag på grund av höga flöden som ett problem som förväntas öka i framtiden.

När det gäller förebyggande åtgärder mot översvämningar har länsstyrelserna kommit olika långt, och för flera av dem handlar det om att kartlägga problemet tillsammans med kommunerna genom att uppdatera riskanalyser och översvänningskartor samt att identifiera lågpunkter, oftast i urbana områden. De flesta länsstyrelser ser anläggning av dammar, våtmarker och andra vattenmagasin samt restaurering av svämplan högre upp i avrinningsområdet som en möjlig lösning för att minska översvämningar i mer skyddsvärda områden. Översvämning eller anläggning av magasin inom jordbruksmark som flödeskontrollerande åtgärd nämns av länsstyrelserna i Halland, Jämtland, Jönköping, Kalmar, Kronoberg, Skåne och Västra Götaland³ som ett alternativ och de diskuterar även hur detta ska finansieras gentemot markägaren. Flera nämner stöd för anläggning av våtmarker och dammar i klimatanpassningssyfte, både för översvämningsskydd och bevattning, som ett alternativ med dagens stöd för anläggning av våtmarker för biologisk mångfald och näringsretention som förebild (SMHI, 2015).

6.3 Holland – Room for the River och Overdiepse Polder

Holland ligger inom ett stort deltaområde där tre stora floder mynnar ut i Nordsjön, där den största är Rhen, och har en lång historia av invallningar för att skydda och i vissa fall ta tillbaka översvämmade landområden från havet eller floderna.

Under mitten på 1990-talet hotades delar av landet av översvämningar på grund av kraftiga regn uppströms de stora floderna vilket medförde evakueringar av 250 000 personer och över en miljon boskap. Efter detta hamnade fokus på att göra plats för vattnet för att undvika liknande situationer. Programmet ”Room for the River”⁴, som initierades av den holländska staten, pågick under 2007-2016. Under programmet vidtogs åtgärder på över 30 platser, särskilt längs floden Rhens förgreningar. De åtgärder som föreslagits inom programmet är främst olika tekniska lösningar för att ge plats åt vattnet i flodfåran, öka magasineringens volymen samt att öka kapaciteten i floderna där det behövs.

En av platserna i projektet är Overdiepse Polder vilket är ett invallat landområde med jordbruk där det innan projektet fanns 18 gårdar. Projektet gick ut på att sänka vallarna mot floden Bergsche Maas för att skapa ett översvänningsområde av det invallade området. De sänkta vallarna är beräknade att översvämmas i genomsnitt en gång per 25 år. Kapaciteten är 9 miljoner kubikmeter vatten vilket beräknas sänka vattenståndet i floden

³ Alla länsstyrelsernas respektive handlingsplaner finns samlade i klimatanpassningsportalen: <http://klimatanpassning.se/roller-och-ansvar/vem-har-ansvaret/regionala-handlingsplaner-for-klimatanpassning-1.77455>.

⁴ <http://www.roomfortheriver.com>

med 27 centimeter vid 25-årshändelsen och på så vis skydda samhällen i närheten, särskilt staden 's-Hertogenbosch några mil uppströms. Av de 18 gårdarna tilläts åtta vara kvar i nya byggnader placerade på skapade höjder som inte översvämmas. Alla lantbrukare blev ersatta för sina gamla hus och de som tvingades flytta blev ersatta för sin mark samt erbjudna mark i andra delar av landet. De som bor kvar på de upphöjda områdena kan fortsätta sin verksamhet på samma plats. Samtidigt som lantbrukarna i de nya gårdarna kunde investera i nya, bättre byggnader byggdes även infrastrukturen ut. Projektet hade en budget på 111 miljoner euro och slutfördes under 2015 (Rijkswaterstaat, 2015).

6.4 Danmark

Inom det danska inspirationsprojektet *"Landmanden som vandforvalter"* har konkreta åtgärder studerats för hur stad och land kan samverka i klimatanpassning av landskapet med speciellt fokus att skydda tätorten från översvämningar. Många av åtgärderna används redan i liten lokal skala men för att införa detta på bred front för att översvämningssäkra tätorterna kommer vidare arbete behövas med olika styrmedel.

I tabell 5 redovisas de elva olika åtgärder som identifierats i anslutning till jordbruksmark för att fördröja vatten. Åtgärderna kan delas upp inom tre områden: tekniska lösningar, naturliga lösningar, åtgärder inom pågående jordbruksverksamheten.

Tabell 5. Åtgärder för utjämning identifierade inom det danska projektet *Landmanden som vandforvalter*.

Modifiera existerande dammar och reservoarar med aktiv reglering	Teknisk
Passiva fördämningar för utnyttjande av svämplan	Teknisk
Fördämningar med aktiv reglering	Teknisk
Tvåstegsdiken	Teknisk
Förändrat underhåll av diken	Naturlig
Restaurering av vattendrag	Naturlig
Våtmarker	Naturlig
Retentionsdammars i lågpunkter i terrängen	Naturlig
Smart placerade randzoner	Pågående jordbruksverksamhet
Kontrollerad dränering	Pågående jordbruksverksamhet
Förändrad markanvändning/jordbearbetning	Pågående jordbruksverksamhet

Målet är att genomföra åtgärder tillsammans med lantbrukarna. Om lantbrukarna ska vara med i projektet och medverka som vattenförvaltare måste det finnas någon vinning för lantbrukaren själv. Exempel kan vara win-win situationer då lantbrukaren får hjälp med sin dränering eller något annat värde på grund av projektet eller betalning av lantbrukets tjänster som vattenförvaltare. De identifierar exempel på möjliga ersättningar till lantbrukare som ersättning för arealer som helt tagits ur drift, ersättning för arealer som blivit mindre lämpade för odling, ersättning för arealer som beräknas bli översvämmade med en viss frekvens samt ersättning för att lantbrukaren tar på sig förpliktelser, till exempel att säkra att arealer betas, att vatten kvarhålls vid bestämda tidpunkter samt underhåll och hantering av vissa tekniska installationer. Det är viktigt att vid dialog med intressenter ha tagit fram exempel på vilka åtgärder och verktyg som kan genomföras och var de skulle kunna placeras samt en kostnads-nyttö analys av de olika åtgärderna var för sig. Projektet har dessutom omfattat att utveckla exempel på två olika ersättningsmodeller (Wiborg m. fl., 2014).

6.5 Tyskland - Elbe

Under sommaren 2002 orsakade översvämningar i Elbe och dess biflöden stora ekonomiska förluster i Centraleuropa. Bara i Tyskland kostade översvämningarna över 10 miljarder euro. Detta var också första gången den största invallningen längs Elbe användes för fördröjning av flodvattnet och avrinningen. Invallningarna, som konstruerades under 50-talet, har kapaciteten att fördröja upp till 250 miljoner kubikmeter vatten och under översvämningarna 2002 sänktes nivåerna i den nedströms närliggande staden Wittenberge med 40 centimeter vilket bidrog till minskade översvämningar.

De sex invallningarna ligger på varsin sida av biflödet Havel, strax uppströms från Havels mynning i Elbe, och utgör en area av 100 kvadratkilometer med en total volym av cirka 110 miljoner kubikmeter. Tillsammans med svämplanen i området är den totala retentionskapaciteten 250 miljoner kubikmeter. Området har historiskt fungerat som ett naturligt svämplan fram till att det dikats ur och invallats till förmån för jordbruk och bosättningar. Markanvändningen i dag är odling av främst spannmål och majs på ungefär hälften av ytan och den andra hälften är gräs- och betesmarker. Ett fåtal boende finns inom det invallade området. Vid höga nivåer i Elbe kan utflödet från Havel stängas av med portar för att förhindra okontrollerade flöden från Elbe upp i Havel. Vid extrema flöden öppnas istället portarna så vatten kan flöda in inom invallningarna.

För att beräkna en kostnads-nyttos analys för användandet av invallningarna använde sig författarna av två scenarion; (1) ett scenario enligt översvämningarna 2002 som beräknats till en återkomsttid på 180 år, samt (2) ett scenario enligt 2002 med en pålagd faktor 1,05 som beräknats ha en återkomsttid på cirka 300 år. Först räknades skadornas kostnader inom översvämningsområdet ut. Skadorna för jordbruket enligt scenario 1 beräknades variera mellan 1,47 till 3,08 miljoner euro och för scenario 2 varierade skadorna mellan 2,26 till 4,73 miljoner euro, beroende på när under säsongen översvämningen inträffade. Skadorna var störst strax innan skörd och minst innan sådd. Skadorna på vägar och infrastruktur uppgick till 8,42 miljoner euro för scenario 1 och 9,25 miljoner euro för scenario 2. Övriga skador, till exempel byggnader och fiske, uppskattades vara relativt låga och värderades totalt till lägre än 1 miljon euro.

Delar av staden Wittenberge riskerade att översvämmas om invallningarna inte hade använts för flödesfördröjning. Enligt författarnas beräkningar skulle skadorna i staden uppgå till 17 miljoner euro för scenario 1 och 31 miljoner euro för scenario 2. Det betyder att nytto-kostnadskvoten mellan att använda invallningarna eller att låta Wittenberge översvämmas varierar mellan 1,5 - 4,0 för scenario 1 och 2,2 - 5,8 för scenario 2 med ett medeltal på 2,75 respektive 4,0 (Förster, Kneis, Gocht & Bronstert, 2005).

6.6 Finland - Kyro älvs avrinningsområde

Översvämningsskyddet i Kyro älv har utvecklats sedan 1700-talet. I första hand har det gjorts för att skydda jordbruksmark och det har innefattat anläggning av konstgjorda sjöar, kraftverksdammar, uträtning av älvfåran, rensning och invallning. Särskilt skyddsvallarna har varit viktiga för jordbruket då de skyddar översvämningsskänslig jordbruksmark. Vallarna är tänkta att skydda jordbruksmarken upp till ett 20-års flöde. Vid högre flöden än 20-årsflödet släpps vatten innanför de invallade områdena genom portar. Den invallade jordbruksmarken blir då en kontrollerad översvämningssyta för att kvarhålla vatten och skydda nedströms bebyggelse mot översvämningar. Total kvarhållningskapacitet inom de invallade områdena är uppskattat till cirka 40 miljoner kubikmeter vatten.

De senaste åren har de invallade områdena behövt användas allt oftare vilket har lett till missnöje hos verksamhetsutövarna som brukar marken och frågor kring näringsläckage ut till Kyro älv och Östersjön. Åtgärdsförslag är därför att höja nivån på invallningarna så att jordbruksmarken inte översvämmas lika ofta, upp till en nivå som motsvarar ungefär 50-årsflödet. Alternativt att inte ha en fast gräns då vatten släpps in på åkermarken

utan att göra en bedömning när vattnet når 20-årsflödet. Främst odlas spannmål bakom invallningarna och en översvämning på sommaren eller hösten innan skörd skulle orsaka skador för cirka 2 miljoner euro om totalt 3000 hektar översvämmas.

Mark som används för torvproduktion diskuteras att delvis användas för kvarhållande av vatten via våtmarker eller bassänger där också den största potentialen för kvarhållande av vatten inom avrinningsområdet bedöms finnas. Detta ska göras i samarbete med markägarna och genom att göra det attraktivt för markägarna att upprätta och underhålla våtmarker. Skogsdiken ska också användas genom att de återställs till att hålla kvar vatten istället för snabb avledning. På jordbruksmark kan investerings- och underhållsbidrag erhållas av markägarna genom ett miljöersättningssystem. Målet är att totalt 800 hektar mark ska tas i anspråk för olika fördröjningsmagasin (Närings-, trafik och miljöcentralen i Södra Österbotten, 2015).

6.7 England

Många exempel från England handlar om mindre åtgärder längre upp i avrinningsområdet istället för större magasin i anslutning till vattendraget. Ett exempel är från Belford Burn som är en å med ett mindre avrinningsområde på 5,7 kvadratkilometer. Uppströms består avrinningsområdet till största delen av betesmark samt en mindre del hedmark och skogsområden. Den sista biten nedströms mot samhället Belford är intensivt brukad jordbruksmark. Det har skett flera översvämningar i Belford och dess omgivningar på grund av kraftiga regn som fått Belford Burn att svämma över. Det uppskattas att ett trettiotal fastigheter samt en viktig motorväg och en järnväg hotas av översvämningarna. Att utföra åtgärder inom Belfords samhälle är svårt eller omöjligt på grund av brist på tillgängliga ytor och de potentiella skadorna är inte tillräckligt stora för att traditionella översvämningsskydd skulle vara tillräckligt kostnadseffektiva. Därför söktes billigare alternativa åtgärder (Wilkinson, Quinn & Welton 2008; Wilkinson, Quinn, Benson & Welton 2010).

Projektet planerades enligt ”FIRM plans” (Farm Integrated Runoff Management) vilka är åtgärder för att fördröja, filtrera och magasinera ytavrinnande vatten vid källan. Inom Belford Burns avrinningsområde finns många kilometer diken som vid tidpunkten inte var anpassade till flödesutjämning eller retention. Om ett vanligt jordbruksföretag i området kunde avsätta 2-10 % av marken till fördröjning av regnvatten kunde det ha stor effekt på flödesregimen. Åtgärder som föreslogs inom avrinningsområdet var:

- en mindre fördröjningsdamm på varje fält för att fördröja flödet samt fånga sediment och fosfor
- strukturer inom befintliga diken för att kontrollera flödet
- våtmarker och sedimentfällor inom diken
- kant- och skyddszoner med t.ex. salix
- vallar eller förhöjningar och sänkor för att kontrollera och minska ytavrinningen från jordbruksmarken

Idén var att i samråd med jordbrukarna hindra, fördröja, sakta ner och filtrera avrinningen så nära källan som möjligt. Ett första steg var att installera peglar och väderstationer i området för att förstå den lokala hydrologin och få ett standardvärde att jämföra mot. Sedan anlades en första damm för att visa hur planen var tänkt att fungera och under följande år anlades flera typer av flödes- och avrinningsfördröjande åtgärder. Dessa åtgärder utfördes på olika marker, både jordbruksmark och skogsmark, och innefattade även utgrävning och uppdämning av befintliga dammar. En målsättning var att placera åtgärder där de gör som minst skada för markägaren eller brukaren och där de orsakade översvämningarna minst påverkar verksamheten - där det redan är blött i marken eller där åtgärder kan ge mervärden som till exempel körbara vallar. Därför var en av de viktigaste aspekterna att inkludera intressenterna i projektet. Diskussioner med lantbrukare och närboende behandlade bland annat storleken på åtgärder, materialval, genomförande och

underhåll, hur mycket land som kan tas i anspråk, svämplan, kompensation och beslutsverktyg (Wilkinson, Quinn & Welton 2008; Wilkinson, Quinn, Benson & Wenton 2010; Nicholson, Wilkinson, O'Donnell & Quinn 2012).

År 2012 var ett tjugotal åtgärder anlagda med en total magasineringskapacitet på cirka 10 000 kubikmeter. Målet för avrinningsområdet var att nå en kapacitet på 20 000 kubikmeter vilket innebär att det då var uppnått till hälften. Beräkningen av magasineringskapaciteten räknar inte med den effekt på flödet genom trög avledning som åtgärderna ger upphov till. Denna effekt bidrar till att hålla ner flödestopparna ytterligare (Nicholson, Wilkinson, O'Donnell & Quinn 2012). I stort bedömdes projektet som lyckat och fördröjningseffekten för flödestopparna var tydligt mätbar på flera ställen. Övriga tjänster som fördröjningsåtgärderna kan medföra som vattenrenande effekter och ökad biodiversitet måste utredas vidare innan slutsatser kan dras. Dessa faktorer skulle kunna göra det attraktivare att anlägga och underhålla likande åtgärder. Frågan om ägandet och underhåll av åtgärderna måste också utredas vidare för att lösas. Det önskvärda utfallet av liknande projekt måste bestämmas i ett tidigt stadie av projektet om det ska bli lyckat (Wilkinson, Quinn, Benson & Wenton 2010; Nicholson, Wilkinson, O'Donnell & Quinn 2012).

Fler liknande projekt som i Belford Burn har planerats och/eller utförts i England, till exempel inom River Trents avrinningsområde⁵. Gemensamt för projekten är att de fokuserar på flera åtgärder inom ett mindre delavrinningsområde och att de strävar efter god lokal förankring och samarbete med markägarna. Varje åtgärd har en liten magasineringsvolym men summan av åtgärderna kan ge en tillräcklig retentionskapacitet och fördröja flödet.

6.8 Sammanfattning praktiska erfarenheter

Generellt kan åtgärderna i exemplen ovan delas in i två grupper; få, stora och omfattande åtgärder (Holland, Tyskland, Finland) eller många, små åtgärder (England, Danmark). De stora åtgärderna handlar om att fördröja hundratusentals eller miljontals kubikmeter vatten inom samma område. Avrinningsområdet uppströms mäts i tusentals eller hundratusentals kvadratkilometer och åtgärderna är placerade längs huvudfåran, relativt långt ner i avrinningsområdet. Gemensamt för exemplen i Holland, Tyskland och Finland är att översvämningssområdena är redan invallade markområden, där vallarna skyddar den bakomliggande marken mot översvämningar upp till en viss vattennivå. Vid extrema nivåer översvämmas istället det invallade området, antingen via fast reglering (vattennivån överstiger vallkrönet) eller via ett aktivt beslut (öppning av portar eller luckor).

Med många små åtgärder, som i exemplet från England (finns fler exempel i Bilaga 2), har varje åtgärd en mycket mindre kapacitet. Magasinsvolymen är maximalt några hundratal kubikmeter per åtgärd och avrinningsområdets storlek är från en handfull upp till några hundratal kvadratkilometer. Åtgärderna är ofta kombinerade i en längre kedja av fördröjningsåtgärder som börjar så högt upp i avrinningsområdet som möjligt. För att nå en tillräcklig utjämningskapacitet behövs många åtgärder i stora delar av avrinningsområdet. Det finns flera olika åtgärder som kan användas och kombineras beroende på de lokala förhållandena på platsen och de behöver inte endast ha som syfte att hålla kvar vatten för att förhindra översvämningar utan kan också ha andra syften, som att gynna biologisk mångfald, retention av näringsämnen eller samla vatten för bevattning.

För de exempel som har tagits upp här har en viktig aspekt som nämnts i de flesta fall varit att inkludera markägare, verksamhetsutövare och andra intressenter tidigt i projektet för att uppnå det önskade resultatet, särskilt när det gäller utformning av åtgärd och kompensation. Hur kompensationen till markägarna ska utformas finns flera förslag och exempel på beroende exempelvis på åtgärdens storlek, möjlig skada samt åtaganden för verksamheten och för markägaren.

⁵ Se till exempel Farming and Water for the Future. <http://www.trentriverstrust.org/site/projects/farming-and-water-future>

7 Diskussion och slutsatser

Nu har vi beskrivit förutsättningarna för att kontrollerade översvämningar ska kunna vara en åtgärd för minskad översvämningssrisk, vi har beskrivit vilka risker som finns och vi har pekat på några internationella exempel. Frågan är då – vilka är våra slutsatser och vad menar vi är vidare arbete utifrån detta?

7.1 Avslutande diskussion

Nedan vill vi föra in en diskussion för att peka på några perspektiv av frågeställningen som vi inte tidigare hanterat.

7.1.1 Markanvändning och värdet på jordbruksmarken

Holland nämns i flera sammanhang som exempel där kontrollerade översvämningssytor används med framgång. Holland är med sina 17 miljoner invånare, på en yta något större än Småland, det mest tätbefolkade landet i Europa. Mer än 400 invånare per kvadratkilometer gör att tillgången på mark är väldigt olik våra svenska förhållanden. Den svenska befolkningstätheten är i dag drygt 22 invånare per kvadratkilometer. Utöver befolkningstätheten har Holland stora landarealer som ligger knappt över havsnivån och ytterligare stora områden ligger under havsnivån. Slutsatsen är att det i Holland finns betydligt mindre mark att bo på, mark som därtill löper större risk att drabbas av översvämningar. Detta menar vi är en viktig anledning till att det är ”lättare” att få lönsamhet i översvämningssåtgärder under holländska förutsättningar än svenska.

I de olika internationella exempel som vi har tagit upp varierar både värdet på jordbruksmarken och värdet på marken i det tätbebyggda området beroende på tillgång och efterfrågan. Med detta varierar också potentialen att använda kontrollerade översvämningssytor.

Med ökat fokus på svensk livsmedelsproduktion är det angeläget att fortsätta lyfta värdet av jordbruksmarken i olika sammanhang. I den första cykeln av arbetet med översvämningssåtgärder var fokus på tätorter och jordbruksmarken tillmättes ett relativt lågt värde jämfört med andra samhällsintressen (MSB, 2011). Konsekvensen av det var att översvämmad jordbruksmark inte var en parameter som låg till grund för översvämningsskarteringen eller som togs hänsyn till i de riskhanteringsplaner som upprättats. Inför den andra cykeln har värdet av jordbruket och jordbruksmarken lyfts fram bland övriga samhällsviktiga verksamheter. Jordbruksverket har i flera sammanhang lyft fram att jordbruksmarken har ett nationellt värde som bör tas hänsyn till i arbetet med översvämningar och påtalat behovet av att dokumentera skador på jordbruksmark vid översvämningar för att bättre kunna följas upp.

7.1.2 Alternativa åtgärder

I uppdraget ingår inte att titta på alternativa åtgärder för att skydda det tätbebyggda området. Det finns dock skäl att säga något om detta då frågan dyker upp i många diskussioner som handlar om avvägningar mellan kostnader och nyttor.

Marker som riskerar att översvämmas bör inte bebyggas. Trots det finns det bebyggelse på marker som riskerar att översvämmas. Ett förändrat klimat och andra förändringar i infrastruktur och samhällsutvecklingen gör att risken för översvämning ökar. Kostnaden för att avveckla befintlig bebyggelse är betydande och omfattar inte bara värdet av de enskilda husen utan också värdet tillhörande infrastruktur. Det kan därför vara motiverat att överväga olika former av översvämningsskydd. Till att börja med bör bebyggelsen inom dessa områden användas på ett sätt som minskar skaderisken, exempelvis inga ömtåliga saker i källare eller andra utsatta utrymmen.

Översvämningsskydd för bebyggelsen kan principiellt uppnås på tre olika sätt:

- 1) utjämning - kontrollerade översvämningssytor, dagvattendammar
- 2) barriärer - invallning av skyddsvärda objekt
- 3) ökad kapacitet - bredare eller djupare diken och vattendrag, snabbare borttransport

Vår bedömning är att det vid alternativen två och tre är lättare att förstå samspelet mellan flöde och vattennivåer och därmed lättare att få kontroll på helhetsbilden. Det är lättare att räkna på effekten, lättare att effektivt och säkert dimensionera åtgärden och lättare att ställa kostnader mot nyttor. Åtgärder för utjämning bedöms som mest osäkra då de beror på ett antal osäkra faktorer som vi inte kan påverka – konstruktion och begränsningar för utjämning, föregående flödeshändelse och osäkerheter i nedströms begränsningar med mera. Dessa osäkerheter gör att kontrollerade översvämningssytor är en åtgärd som bedöms hamna en bit ner på listan över prioriterade åtgärder.

Skälet att beskriva alternativa åtgärder är att poängtera att nyttor och kostnader för dessa olika åtgärder måste beräknas innan beslut fattas om lämplig åtgärd, så som är beskrivet i avsnitt 4.1.

7.1.3 Höga förväntningar på översvämningssåtgärder

Mycket av arbetet med översvämningar grundar sig på EU:s översvämningsdirektiv från 2007 (2007/60/EG). Syftet är att EU:s medlemsländer ska arbeta för att minska de negativa konsekvenserna och värna om människors hälsa, miljö, kulturarv och ekonomisk verksamhet. För arbetet i Sverige är MSB, ansvarig myndighet (SFS 2009:956).

Enligt direktivet ska en bedömning av översvämningssrisker göras där, så långt som möjligt, effekten av svämplanet som naturliga fördröjningsytor och effektiviteten hos befintlig infrastruktur för att förhindra översvämningar ska beaktas. Förbättrad vattenhållningsförmåga och kontrollerade översvämningssytor ska främjas enligt direktivets formuleringar om riskhanteringsplaner.

I linje med detta har EU genom kommissionens Miljödirektorat lanserat ett projekt för så kallade Natural Water Retention Measures, NWRM. Det vill säga naturliga åtgärder för att hålla kvar vattnet längre i landskapet. Syftet var dels att skapa en europeisk kunskapsbank om typen av åtgärder (miljöeffekter, socio-ekonomiska effekter, hydrauliska effekter, kostnader, villkor för genomförande med mera), dels att ta fram en praktisk handledning för hur denna kunskap kan användas i arbetet med översvämningssdirektivet. 2014 kom policyriktlinjer för hur dessa NWRM-åtgärder kan implementeras i Europa (Europeiska Kommissionen, 2014).

Vi lyfter detta arbete därför att begreppet NWRM blir mer och mer vanligt och dessa åtgärder ofta lyfts fram både som en åtgärd för bättre vattenkvalitet enligt ramdirektivet för vatten (2000/60/EG) och en åtgärd för minskade översvämningar enligt översvämningssdirektivet. En åtgärd ska eller kan således både förbättra vattenkvaliteten och påverka mängden vatten. Så är det också för många av åtgärderna men vi menar att det är viktigt att förstå effekten av de olika åtgärderna för att använda dem för rätt syfte. I vårt exempel har vi visat att naturliga åtgärder som svämplan, våtmarker och återmeandering har en begränsad effekt vid extrema flöden eftersom det krävs åtgärder som gör att magasinet inte tas i anspråk förrän flödet är relativt högt. Möjligheten att använda dessa typer av åtgärder för minskade översvämningar är därmed begränsad.

Arbetet med denna typer av åtgärder bedöms dock vara i sin linda och använda på rätt sätt kan dessa åtgärder bidra med flera olika nyttor – som att förstärka naturliga processer och ekosystemtjänster. Att kombinera dessa naturliga åtgärder med mer traditionella skyddsåtgärder bedöms vara en trolig utveckling för att minska översvämningssriskerna (EEA, 2015).

7.2 Slutsatser

Vi menar att potentialen finns under väldigt specifika och snäva förutsättningar. Vi har inte möjlighet, eller haft som mål, att för hela landet ta fram uppgiften om hur vanligt eller ovanligt det är att förutsättningarna finns och hur ofta kontrollerade översvämningssytor är en relevant åtgärd för minskade översvämningar. Vi menar att det inte är värt att lägga resurser på att skatta en potential på nationell nivå då en sådan kartläggning skulle bli allt för omfattande eftersom de lokala förutsättningarna är helt avgörande. Att göra en kartläggning av all mark som skulle kunna tas i anspråk skulle bli omfattande men bör i så fall utgå från kända behov och omfatta all mark – jordbruksmark som tas ur bruk, skogsmark och naturmark.

För att bedöma potentialen i det enskilda fallet behöver man utreda och beräkna förutsättningarna på lokal nivå och då kan man följa den arbetsgång som vi redovisar i kapitel 2. Med några enkla överslagsberäkningar kan den som är intresserad komma underfund med om det är värt att gå vidare med detaljerade beräkningar. För en slutlig utformning krävs relativt omfattande beräkningar inklusive analys av kostnader och alternativa åtgärder.

Vår slutsats är att en fast eller aktiv reglering behövs för att kunna dämpa flöden på ett effektivt sätt. Regleringsanordningar måste möjliggöra att ett tomt magasinet kan tas i anspråk vid rätt tillfälle samt att magasinet kan fyllas och tömmas tillräckligt snabbt. En aktiv reglering är dessutom nödvändig i situationer då det inte finns ett unikt samband mellan flöde och vattennivå, det vill säga då behovet av variation i regleringen behövs för att få full effekt.

Magasinsvolymen är starkt beroende av avrinningsområdets storlek vilket medför att förutsättningarna är bättre i mindre avrinningsområden än i större områden att hitta arealer med jordbruksmark som står i proportion till behovet av magasinvolymen.

Hur effektiv en flödesreglerande åtgärd visar sig vara är nära knutet till hur bra den dimensionerande flödeshändelsen kan förutspås. I de fall det inte finns ett unikt samband mellan flöde och vattennivå kan väder- och flödesprognoser behövas för att regleringen ska fungera. Prognoser av tillräcklig längd samt med god kvalitet ökar därtill chansen att situationsanpassa regleringen i händelse av flödessituationer som är värre än den dimensionerande.

Att använda många små flödesutjämnande åtgärder, placerade långt upp i avrinningsområdet, är på många sätt en intressant åtgärd. Det är en komplex fråga med andra teoretiska och praktiska förutsättningar än vi kunnat utreda här. Det är därför svårt att säga något om den potentialen. Rent principiellt borde potentialen öka om vi kan utnyttja också andra marker än jordbruksmarken, exempelvis skogsmark.

För att kunna utföra kontrollerade översvämningssytor krävs att den som ansvarar för skyddet av det tätbebyggda området kommer överens med ägarna till de fastigheter som är aktuella att göra åtgärder på. För det behövs kunskap om förutsägbara och trovärdiga effekter och nyttor samt tillåtlighet. En prövning av tillåtligheten måste visa att nyttorna överstiger kostnaderna samt att åtgärden inte står i konflikt med andra bestämmelser eller skydd.

Konsekvenserna för jordbruksmarken beror på hur länge jordbruksmarken är översvämmad och på markanvändningen. I gynnsamma fall är konsekvenserna för jordbruksmark som översvämmas begränsad till att marken inte är tillgänglig under själva översvämningen men som regel blir skadorna större. Det finns risk för minskad tillväxt redan vid förhöjda vattennivåer, skador på grödan, försenad sådd, försenad eller utebliven skörd, näringsläckage. Packningsskador och andra strukturskador kan påverka markens bördighet under längre tidsperiod eller i värsta fall permanent.

Kontrollerade översvämningssytor är ingen generell lösning på problemet med översvämningar i tätbebyggda områden. Vår slutsats är att flertalet kommunala aktörer inom VA, samhällsplanering och klimatanpassning pratar om denna åtgärd men det är svårt att hitta faktaunderlag och verkliga exempel. Vi har inte hittat några exempel i Sverige medan det utomlands finns några exempel av olika karaktär. Vår bedömning är att förväntningarna på kontrollerade översvämningssytor som åtgärd för minskade översvämningar är högre än vad vi kan hitta belägg för – vi menar att effekten allmänt överskattas. I relation till andra åtgärder för att minska översvämningar bedöms kontrollerade översvämningssytor komma långt ner i listan över möjliga skyddsåtgärder.

Slutligen anser vi att potentialen för kontrollerade översvämningssytor på jordbruksmark inte är tillräckligt stor för att motivera en fortsatt utveckling av generella ersättningar eller affärsmodeller för detta ändamål. Snarare bör sådana modeller utvecklas i samband med ett konkret fall. Eftersom utgångspunkten är behovet av översvämningsskydd i det tätbebyggda området bör initiativ till en sådan modell komma från den som ansvarar för översvämningsskyddet av det tätbebyggda området.

7.3 Förslag på vidare arbete

Arbetet med fysiska åtgärder för klimatanpassning och bättre vattenkvalitet är på många håll i sin linda. Dessa åtgärder kan bidra med flera olika nyttor om de används på rätt sätt – ökad vattenhållande förmåga i landskapet, bättre vattenkvalitet och ökad biologisk mångfald. I ett förändrat klimat som innebär både mer och mindre vatten är det därför relevant att Jordbruksverket tillsammans med andra myndigheter och aktörer som rådgivare och konsulter vidareutvecklar vår egen och andras kunskap om hur kostnads/nyttanalyser kan göras för att hantera påverkan och skador på jordbruksmark som kan uppstå vid vattenhållande åtgärder i landskapet. Ett sådant arbete bedöms vara värdefullt både för jordbruket och för samhället i stort.

Referenser

EEA. (2015). *Exploring nature-based solutions - the role of green infrastructure in mitigating the impacts of weather- and climate change-related natural hazards*. EEA Technical report. No 12/2015.

Europaparlamentet och rådets direktiv 2000/60/EG. *Om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område*. EGT L 327/1.

Europaparlamentet och rådets direktiv 2007/60/EG. *Om bedömning och hantering av översvämningsrisker*. EUT L 288/27.

Europeiska Kommissionen. (2014). *EU policy document on Natural Water Retention Measures*. Technical Report – 2014 – 082.

Förster, S., Kneis, D., Gocht, M. & Bronstert, A. (2005). Flood risk reduction by the use of retention areas at the Elbe River. *International Journal of River Basin Management*, 3(1), 21-29. doi: 10.1080/15715124.2005.9635242

Hegger, D., Driessen, P. & Bakker, M. (2016). *A view on more resilient flood risk governance: key conclusions of the STAR-FLOOD project*. STAR-FLOOD final report.

Jordbruksverket. (2016). *Översvämning! Samhällets krisberedskap och förebyggande arbete när det gäller översvämningar som drabbar jordbrukssektorn*. Rapport 2016:01.

Länsstyrelsen Hallands län. (2011). *Översvämningar i jordbrukslandskapet orsak, verkan och lösningar Exempel från Smedjeåns avrinningsområde*. Rapport 2011:7.

Länsstyrelsen i Västra Götalands län. (2012). *Klimatanpassning Viskan – konsekvenser av höga och låga flöden i Viskans avrinningsområde samt möjliga åtgärder*. Rapport 2012:55.

Länsstyrelsen i Västra Götalands län. (2016a). *Klimatanpassning och kompetenshöjning inom areella näringar; KLOKA*. Hämtad den 2 november 2016 från: <http://www.lansstyrelsen.se/VastraGotaland/Sv/miljo-och-klimat/klimat-och-energi/Klimatanpassning/Pages/klimatanpassning-och-kompetenshojning-inom-areella-naringar-kloka.aspx>

Länsstyrelsen i Västra Götaland. (2016b). *Åtgärder mot höga flöden i Skee Strömstad kommun – Att fördröja vattnets uppehållstid i landskapet*. Rapport 2016:34

Länsstyrelsen Skåne. (2014). *Regional handlingsplan för klimatanpassning för Skåne 2014 – Insatser för att stärka Skånes väg mot ett robust samhälle*. Rapport 2014:7.

MSB. (2011). *Identifiering av områden med betydande översvämningsrisk – Steg 1 i förordningen (2009:956) om översvämningsrisker - preliminär riskbedömning*. Slutrapport 2011-12-19

MSB. (2013a). *Handlingsplan för skydd av samhällsviktig verksamhet*. Publ. Nr MSB597 – december 2013

MSB. (2013b). *Statsbidrag till förebyggande åtgärder mot naturolyckor – Regler och riktlinjer för ansökan*. Version 2013-06-01.

- MSB. (2014). Vägledning för översvämningskartering av vattendrag Fakta, inspirerande exempel och tips för en bra beställning. Publ.nr: MSB631 - augusti 2014MSB.
- (2016). *Statsbidrag för förebyggande åtgärder mot naturolyckor*. Hämtad den 17 oktober 2016 från <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Statsbidrag/>
- Nicholson, A.R., Wilkinson, M.E., O'Donnell, G.M. & Quinn, P.F. (2012). *Runoff attenuation features: a sustainable flood mitigation strategy in the Belford catchment, UK*. Royal Geographic Society (with the Institute of British Geographers): London, UK.
- Nyberg, L. (2008). *Översvämningsrisker och riskhantering – en forskningsöversikt*. MSB: Karlstad.
- Närings-, trafik och miljöcentralen i Södra Österbotten. (2015) *Plan för hantering av översvämningsriskerna i Kyrö älvs vattendragsområde för år 2016 – 2021*. Rapporter 111/2015.
- Rijkswaterstaat. (2015). *Rijkswaterstaat Annual report 2015*. Ministry of infrastructure and the environment.
- SFS 2009:956. *Förordning om översvämningsrisker*. Stockholm: Justitiedepartementet.
- Sjökvist, E., Axén Mårtensson, J., Dahné, J., Köplin, N., Björck, E., Nylén, L., Berglöv, G., Tengdelius Brunell, J., Nordborg, D., Hallberg, K., Södling, J. & Berggreen Clausen, S. (2015). *Klimatscenarier för Sverige - Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier*. SMHI Rapport nr 2015/3
- SMHI. (2015). *Identifierade behov av åtgärder för klimatanpassning – en syntes av förslag i länsstyrelsernas handlingsplaner för klimatanpassning*. Version 2015-02-10.
- Svenskt Vatten. (2011). *Hållbar dag- och dränvattenhantering – Råd vid planering och utformning*. Publikation P105.
- Svenskt Vatten. (2015). *Avledning av dag-, drän- och spillvatten*. Publikation P110.
- Wesström, I., Geranmayeh, P., Joel, A. & Ullén, B. (2016). *Översvämningsrisker på jordbruksmark – utredning av konsekvenser på mark och produktion*. Rapport 16. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Wiborg, I., Kronvang, B., Poulsen, J.B., Børgesen, C.D., Henriksen, H.J., Sonnenborg, T., Refsgaard, J.C., Sørensen, H.V., Jensen, K.M. & Jacobsen, T.V. (2014). Landmanden som vandforvalter. *Løsningsmodeller for klimatilpasning - kommunale inspirationsværktøjer og nyt forretningsområde for landbruget*. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. <http://dce2.au.dk/pub/TR42.pdf>
- Wilkinson, M.E., Quinn, P.F. & Welton, P. (2008). *Belford catchment proactive flood solutions: storing and attenuating runoff on farms*. BHS 10th National Hydrology Symposium: Exeter, UK.
- Wilkinson, M.E., Quinn, P.F., Benson, I. & Welton, P. (2010). *Runoff management: Mitigation measures for disconnecting flow pathways in the Belford Burn Catchment to reduce flood risk*. BSH Third International Symposium, Managing Consequences of a Changing Global Environment: Newcastle, UK.
- WSP. (2014). *Suseån - Förstudie utredning av flödesbegränsade åtgärder*. Rapport. WSP Samhällsbyggnad.

Bilaga 1

Olika data och beräkningsverktyg

För att fatta beslut behövs det underlag att bygga sin analys kring. Det finns i dag en rad underlag som tagits fram med hjälp av hydrauliska modellverktyg samt GIS-verktyg. Nedan presenteras kort de underlag och verktyg som vi identifierat som de mest relevanta förutsättningarna för frågeställningen.

1. Nationella höjdmodellen, NH

Lantmäteriet har sedan 2009 framställt en nationell höjdmodell (NH) med bättre upplösning än tidigare. Modellen täcker hela Sverige och i dag är nästan hela landet täckt förutom vissa områden i fjällkedjan. Modellen är skapad genom laserskanning från flygplan där det som finns på markytan registreras som laserpunkter. Detta ger ett ”punktmoln” med en punkttäthet på 0,5 – 1 punkt per kvadratmeter och ett medelfel i höjdled på maximalt $\pm 0,5$ meter, men oftast betydligt lägre.

Inom tät vegetation eller mycket brant terräng, där punkttätheten kan vara lägre än 0,5 punkter per kvadratmeter, har modellen begränsningar men den är ändå mycket väl lämpad som indata till en hydraulisk modell (se avsnitt 2 i denna bilaga) och översvämningskarteringar vilket flera kommuner, länsstyrelser och andra myndigheter använt den till (Lantmäteriet, 2011). I urbana miljöer används i dag höjdmodellen frekvent för att ta fram riskkartor över lågpunkter och stående vatten. På samma sätt kan modellen också användas för att göra analyser av lågpunkter och möjliga magasineringsvolymen i landskapet. Till exempel har Länsstyrelsen i Västra Götaland (2016) använt sig av ett GIS-skikt med modellerade svämplan som underlag för att hitta områden som kan vara möjliga att använda som översvämningsytor. Att använda data från våtmarksinventeringar tillsammans med NH kan också vara ett sätt att identifiera potentiella områden.

2. Hydrologiska och hydrauliska modeller

För att beskriva flöden och vattenstånd används hydrologiska respektive hydrauliska modeller. Det finns många olika hydrologiska modeller från olika utvecklare men vanligast i Sverige är den äldre HBV-modellen och den lite nyare HYPE-modellen (HYdrological Predictions for the Environment) som är under aktiv utveckling. Modellerna beräknar vattenbalansen för varje del av ett avrinningsområde, kopplat till markanvändningen, vilket sedan kan översättas till flöden och vattenstånd för vattendragen i eller nedströms området (SMHI, 2014).

En hydraulisk modell används för att vid olika flöden beräkna motsvarande vattennivåer för exempelvis översvämningskarteringar. Endimensionella modeller beskriver vattennivån vid tvärsektioner vinkelrätt mot flödesriktningen. Tvärsektionerna tas då vid strategiska platser längs vattendraget för att beskriva nivån i kritiska områden och lokalisera eventuella nya flödesvägar som vattnet kan ta i en översvämningsituation. Tvådimensionella modeller beskriver vattnets väg och utbredning över ett rutnät istället för tvärsektioner. Rutnätet består då av en topografisk modell, till exempel NH. En tvådimensionell modell kräver mer beräkningar och kan därför vara väldigt tidskrävande men kan beskriva en översvämnings utbredning på ett mer korrekt sätt än en endimensionell, särskilt i flack terräng. Ofta kan en kombination av endimensionella och tvådimensionella modeller användas. Vanliga hydrauliska modeller som används i Sverige är till exempel de olika MIKE modellerna, utvecklade av DHI, och HEC-RAS som utvecklats utav US Army Corps of Engineers (MSB, 2014).

3. Flödesdata

Dataserier för flödesdata finns tillgängliga fritt på SMHI:s vattenwebb⁶. Mätdata finns att tillgå för mer än 200 mätstationer över hela landet. Flödet i dataserierna är i huvudsak beräknat från mätningar av vattenstånd vilka översatts till flöde med hjälp av en avbördningskurva. Längden på de olika dataserierna varierar. En serie har sitt startår redan 1774 och det finns en handfull från slutet av 1800- och början av 1900-talet, men de flesta mätserierna täcker in drygt 50 år (SMHI, 2015a). Utöver mätdata finns på vattenwebb modelldata för alla avrinnings- och delavrinningsområden i hela Sverige sedan 1999. Modelldata är beräknad med hjälp av modellen S-HYPE vilket är en applicering av HYPE-modellen (se avsnitt ovan). Förutom vattenföring finns även en del annan miljöinformation om till exempel näringsbelastning och markanvändning i modelldata från vattenwebb. Upplösningen i tid är dygnsvärden för både mätningar och modelldata. Högflöden med 2, 10 och 50 års återkomsttid har beräknats för alla vattendrag i modellen, baserat på 30 års modelldataserier (SMHI, 2017).

Självklart finns det andra dataserier än de som SMHI har på sin webbplats. Till exempel har flera kommuner, universitet och privatpersoner fört egna mätningar av vattennivå och vattenflöde som kan användas på liknande sätt, men SMHI:s databas är lättillgänglig och kvalitetskontrollerad vilket gör att den passar bra för övergripande analyser. Det finns vissa osäkerheter i dataserierna, särskilt i de som modellberäknats. Därför ska resultatet från beräkningar med den typen av data endast betraktas som vägledande (SMHI, 2017).

Med hjälp av mätdata och modelldata för flödet är det möjligt att översiktligt beräkna magasinsbehovet för ett visst flöde, analysera trender och om serierna är tillräckligt långa går det att göra frekvensanalyser av flöden med olika återkomsttider.

4. Översvämningskarteringar

MSB har utfört översiktliga översvämningskarteringar för ett 80-tal av landets vattendrag och sjöar sedan 1998. De visar 100-årsflödet och det beräknade högsta flödet (BHF). Sedan 2013 har MSB uppdaterat översvämningskarteringarna med data från NH och nya beräknade flöden, vilket ger mycket bättre upplösning av resultatet. Dessutom visar de nya karteringarna även ett 200-årsflöde. Både 100- och 200-årsflödena är klimatanpassade utifrån situationen för 2098. Även randvillkoren som används vid beräkningarna för dessa två flöden har klimatanpassats. I samband med arbetet med förordningen (SFS 2009:956) om översvämningsrisker har MSB identifierat områden med betydande översvämningsrisk där konsekvenserna av en översvämmning kan bli omfattande. För dessa 18 områden har en detaljerad översvämningskartering tagits fram.

Dessutom har flera kommuner låtit göra mer detaljerade översvämningskarteringar för mindre delar av vattendrag eller avrinningsområden. Dessa är främst gjorda för tätbebyggda områden eller områden som ofta drabbas av översvämmningar.

5. Skyfallskarteringar

Skyfallskarteringar handlar om att kartera var i landskapet vatten kan bli stående efter ett kraftigt regn och inte, som namnet antyder, var i landskapet det är störst risk för att skyfall inträffar. Med hjälp av NH går det i ett GIS-program att göra detaljerade karteringar av översvämningsutbredning, vattendjup, ytvattenflöden och flödesvägar i landskapet, information som kallas skyfallskartering. Det finns flera exempel på hur detta kan göras. MSB:s vägledning för kartering och konsekvensanalyser av skyfall beskriver ett antal karteringsmetoder (MSB, 2017).

⁶<http://vattenwebb.smhi.se>

Inom projektet Jordbruk och vattenmiljöer i ett förändrat klimat (JoVaK) användes NH tillsammans med ortofoto för att identifiera översvämningssområden inom jordbruksmark, till exempel genom att identifiera svämplan, se var i landskapet vatten teoretiskt ligger kvar efter ett regn, identifiera flödesackumulationslinjer i landskapet och identifiera ytor med en stor tillrinnande yta (Länsstyrelsen i Östergötland, 2015). Liknande analyser har också länsstyrelsen i Skåne använt sig av (Länsstyrelsen i Skåne, 2012). Till skillnad från översvämningsskarteringar med hydrauliska modeller som görs i anslutning till vattendrag kan skyfallsskarteringar göras i hela landskapet, oberoende av var vattendragen är. Detta gör att områden som riskerar att drabbas av översvämningar orsakade av kraftig nederbörd (pluviala översvämningar) kan identifieras. Dessa typer av analyser kan förutom för skyfallsskarteringar användas för att identifiera områden som är lämpliga för anläggning av våtmarker, magasin eller andra åtgärder för att hålla kvar vatten i landskapet.

Begränsningar i NH och övriga data gör att det finns ett visst mått av osäkerhet i analyserna. En annan begränsning är att beräkningarna görs i rastermiljö, vilket kräver mycket datorkraft. Det gör att skarteringarna måste avgränsas till mindre områden för att inte bli ohanterliga (Länsstyrelsen i Jönköpings län, 2014).

6. Regleringsstrategi och prognoser

Den Europeiska mellanstatliga organisationen ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts), där SMHI ingår som medlem, har i sin strategi ett mål om att under de kommande 10 åren vidareutveckla arbetet med prognoser för extremväder för att kunna göra tillförlitliga prognoser upp till två veckor i förväg. Prognoserna utvecklas konstant, med hjälp av bättre modeller, starkare datorer, bättre observationer och nya satelliter. En storm som Gudrun, som drabbade Sverige 2005, hade idag kunnat förutsägas med mycket högre precision, flera dagar i förväg, än vad som var möjligt för 10 år sedan (ECMWF, 2016). När det gäller hydrologiska prognoser i Sverige har SMHI beslutsstödsystemet HYFO som är ett presentationsverktyg för de hydrologiska modellerna HYPE och HBV. HYFO använder SMHI:s data, men kan kompletteras med andra datamängder. Med hjälp av HYFO kan prognoser presenteras för nederbörd, temperatur, snömagasin, markvattenunderskott och vattenföring/tillrinning med mera. Prognoserna kan göras upp till 10 dygn framåt (SMHI, 2015b). Till det går det göra långtidsprognoser över till exempel vårflodsvolymer, vilket i vissa specialfall kan vara av intresse för flödesdämpning. Med ett system som HYFO skulle det vara möjligt att avgöra i förväg, med ett visst mått av säkerhet, när en översvämningssyta kan behöva tas i bruk.

MSB arbetar för närvarande med ett projekt för att ta fram ett aktivt prognossystem för att kunna ge snabba flödesprognoser i en översvämningssituation, med god rumslig och temporal upplösning. Ett långsiktigt mål är att ha ett nationellt system som uppdateras kontinuerligt vid höga flöden. Detta skulle kunna fånga upp snabba förlopp efter både nederbördsrika perioder samt perioder med kraftiga skyfall.

7. God hydrografi i nätverk

Lantmäteriet och SMHI påbörjade ett samverkansprojekt 2013 kallat God hydrografi i nätverk. Nätverket som ska tas fram är i skala 1:10 000 och kommer bestå av ett rikstäckande geometriskt nätverk och ett topologiskt (schematiskt) nätverk. Genom projektet ökar möjligheterna att följa vattnets väg genom landskapet och genomföra analyser i GIS-programvaror. Detta gör det enklare att till exempel följa hur vattennivåer stiger vid översvämningar. Arbetet beräknas vara klart under 2017 och för tillfället finns 46 av 119 områden tillgängliga (Lantmäteriet, 2016).

Referenser

- ECMWF. (2016). *A Roadmap to 2025*. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts: Reading, UK.
- Lantmäteriet. (2011). *Kartografisk information ur laserdata*. PM 2011-11-07.
- Lantmäteriet. (2016) *Hydrografi i nätverk*. Hämtad den 3 mars 2017 från <https://www.lantmateriet.se/sv/Om-Lantmateriet/Samverkan-med-andra/Hydrografi-i-natverk/>
- Länsstyrelsen i Jönköpings län. (2014). *Skyfallskartering i GIS – arbetssätt och metod*. Meddelande nr 2014:28.
- Länsstyrelsen Skåne. (2012). *Höjddata och planering av våtmarker*. PM november 2012.
- Länsstyrelsen i Västra Götaland. (2016). *Åtgärder mot höga flöden i Skee Strömstad kommun – Att fördröja vattnets uppehållstid i landskapet*. Rapport 2016:34
- Länsstyrelsen Östergötland. (2015). *Jordbruk och vattenmiljöer i ett förändrat klimat (JoVaK)*. Rapport 2015:22.
- MSB. (2014). *Vägledning för översvämningskartering av vattendrag Fakta, inspirerande exempel och tips för en bra beställning*. Publ.nr: MSB631 - augusti 2014
- MSB. (2017). *Vägledning för kartering och konsekvensanalyser av skyfall*. [ännu ej publicerad]
- SFS 2009:956. *Förordning om översvämningsrisker*. Stockholm: Justitiedepartementet.
- SMHI. (2014). *Vad är hydrologiska modeller?* Hämtad den 18 januari 2017 från <http://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/vagledning-klimatscenarier/vad-ar-hydrologiska-modeller-1.80293>
- SMHI. (2015a). *SMHIs vattenföringsmätningar*. Hämtad den 21 februari 2017 från <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/smhis-vattenforingsmatningar-1.80833>
- SMHI. (2015b). *HYFO – beslutsunderlag vid planering av vattenresurser*. Hämtad den 16 november 2016 från <http://www.smhi.se/2.153/professionella-tjanster/energi/hyfo-beslutsunderlag-vid-planering-av-vattenresurser-1.2486>
- SMHI. (2017). *Flödesstatistik från S-HYPE i VattenWebb*. Hämtad den 21 februari 2017 från <http://www.smhi.se/professionella-tjanster/professionella-tjanster/vattenmiljo/indata-for-markanvandning-i-vattenwebben-1.26063>

Bilaga 2

Omvärldsspaning

Syfte (problem, skyddsvärd, mål)	Avrinningsområde (storlek, markanvändning)	Åtgärd (översvämningsskartering, vad, storlek, när används den)	Konsekvenser för jordbruket (markanvändning, anpassning, ersättning)	Resultat
-------------------------------------	---	---	--	----------

Belford Burn⁷

Fluviala översvämningar på grund av kraftiga regn som hotar ett trettiotal fastigheter, en motorväg och en järnväg. Målet var att utföra åtgärder med en retentionskapacitet på ca 20 000 m ³ .	5,7 km ² med främst jordbruksmark med betesmarker högre upp i avrinningsområdet och odlingsmark längre ner.	Pilotdamm på betesmark med en volym på 800 m ³ , samt ett 20-tal liknande åtgärder inom avrinningsområdet på blandade marker. De flesta åtgärder används kontinuerlig eller att vatten leds in vid en viss nivå. Platser identifierades med hjälp av GIS-verktyg och i samråd med brukarna och markägarna.	Målet är att 2-10 % av marken (både jordbruksmark och annan mark) ska användas för olika typer av flödesutjämning åtgärder. Skötsel av åtgärderna diskuteras med markägarna. Förhoppningen var att ianspråktagen mark ska kunna användas som vanligt, eller att skadan ska vara så liten som möjligt.	År 2012 hade de utförda åtgärderna en retentionsvolym på ca 10 000 m ³ , vilket var hälften av målet. Fördrojningseffekten av flödestopparna var tydligt mätbara på flera ställen. Frågan om ägande och underhåll av åtgärderna måste lösas vidare.
--	--	---	---	--

Stafford – River Sow och River Penk⁸

Fluviala översvämningar på grund av kraftiga regn som bebyggelse, främst i staden Stafford, men även längre ner i avrinningsområdet. Det beräknades att det krävdes fördröjning av 436 000 m ³ vatten för River Sow och 409 000 m ³ vatten för River Penk för att minska nivån vid ett 100-års flöde till den nuvarande 75-års nivån.	251 km ² för River Sow och 350 km ² för River Penk som domineras av jordbruksområden med djurhållning, betesmarker och växtodling.	9 stycken fallstudier under projektets gång som innefattade restaurering av 66,5 ha invallad betesmark, 12 anlagda dammar, 1 ha planterad skog och skapande av 5,3 ha ängsmarker.	Delvis förändrad markanvändning och nya bruksmetoder. Markägarna och brukarna var involverade i processen.	Resultatet av fallstudierna var att 8 950 m ³ och 13 140 m ³ vatten kunde fördröjas för River Sow respektive River Penk samt att flera viktiga biotoper kunde återställas. Projektet beräknades vara mycket kostnadseffektivt ur översvämningssynpunkt. Lokal förankring i projektet och dess genomförare lyftes fram som viktigt för att projektet skulle lyckas. Fler incitament för markägare måste tas fram för att utöka åtgärderna.
---	--	---	--	---

⁷ (Wilkinson, Quinn & Welton 2008; Wilkinson, Quinn, Benson & Wenton 2010; Nicholson, Wilkinson, O'Donnell & Quinn 2012)

⁸ (Jones, 2010)

Syfte (problem, skyddsvärt, mål)	Avrinningsområde (storlek, markanvändning)	Åtgärd (översvämningsskartering, vad, storlek, när används den)	Konsekvenser för jordbruket (markanvändning, anpassning, ersättning)	Resultat
-------------------------------------	---	---	--	----------

River Trent – Delavrinningsområde Broughton Astley Brook⁹

Fluviala översvämningar på grund av kraftiga regn. Målet var att fördröja 56 000 m ³ vatten för att minska nivån vid ett 100-års flöde till den nuvarande 75-års nivån vilket berörde 18 fastigheter.	16 km ² med till största del jordbruksmark.	6 åtgärder inom avrinningsområdet. 5 dammar, både restaurerade och nyanlagda, samt barriärer i ett djupare dike och en mindre trädplantering.	I ett område övergavs en mindre produktiv del av ett kornfält för kantonsåtgärder och trädplantering. I övrigt anlades åtgärderna i skogsmark och/ eller vid sidan av jordbruksmarken och har även förbättrat dräneringen för jordbruket. Ersättning kunde delvis ges genom biotopstöd.	Totalt ledde åtgärderna till en fördröjning av 2 752 m ³ vatten, vilket motsvarar ca 5 % av målet. Nyttokostnads kvoten för hela projektet beräknades till ca 4 men då användes en mycket lägre siffra för kostnaden per m ³ än vad utfallet i projektet blev.
--	--	---	---	--

Beckingham Marshes¹⁰

Fluviala översvämningar från River Trent som hotar samhällena Gainsborough och Beckingham. Målet var att återställa 94 ha av ett ca 1 000 ha stort invallat område till betade svämplan utan att öka översvämningsskatten.	Inte nämnt hur stort avrinningsområdet för River Trent är. Åtgärdsområdet ligger i direkt anslutning till floden och bestod av främst odlingsmark.	Det 1 000 ha stora invallade området översvämmas vid extrema flöden (en bestämd nivå) men är annars dränerat för att möjliggöra effektiv växtodling. Efter översvämning förs vatten tillbaka till floden via självfall och pumpning.	94 ha ska återställas till betade svämplan vilket innebär förändrad markanvändning.
--	--	--	---

⁹ (Jones 2010; OnTrent Initiative 2010; Jones 2011; Trent Rivers Trust 2014)

¹⁰ (Environment Agency, 2010)

Syfte (problem, skyddsvärt, mål)	Avrinningsområde (storlek, markanvändning)	Åtgärd (översvämningsskartering, vad, storlek, när används den)	Konsekvenser för jordbruket (markanvändning, anpassning, ersättning)	Resultat
-------------------------------------	---	---	--	----------

Kyro Älvs avrinningsområde¹¹

Fluviala översvämningar från Kyro Älv som hotar flera samhällen och verksamheter längs älven. De existerande invallningarna är på ca 3 000 ha och skapades för att skydda jordbruksmark men kan även översvämmas vid en bestämd nivå. Det finns planer på att skapa 800 ha fördröjningsmagasin genom mindre åtgärder i avrinningsområdet.	Hela avrinningsområdet är på 4 923 km ² med blandad markanvändning; jordbruk, skogsmarker, samhällen och torvproduktion.	Detaljerade översvämningsskarteringar av området finns. Ett flertal åtgärder föreslogs i planen: att höja nivån för översvämning av invallade områden från 20-årsnivån till 50-årsnivån för att minska frekvensen av översvämningarna av marken innanför, att anlägga våtmarker uppströms, främst i redan brutna torvtäcker, för att minska översvämningarna nedströms.	Vid en översvämning av de invallade områdena uppskattas att kostnaden för utebliven skörd uppgår till max 2 miljoner euro. De planerade våtmarkerna ska anläggas i främst uttjänta torvtäcker. Det finns försäkringar som täcker lantbrukares skador vid översvämningar, men oftast endast vid 50-års översvämningar eller högre.	
---	---	---	---	--

Elbe – Wittenberge¹²

Fluviala översvämningar från höga flöden i Elbe hotar flera olika områden längs floden. I det studerade området är det främst staden Wittenberge som hotas.	Invallningarna, som konstruerades på 50-talet, utgör en area av ca 100 km ² har kapacitet att, tillsammans med svämplan, fördröja 250 miljoner m ³ vatten. Inom invallningarna är markanvändningen främst odling av spannmål och majs samt gräsmarker.	Invallningarna skyddar området från översvämningar men kan översvämmas vid extrema flöden. Detta har bara skett en gång (2002) då vattennivån i Wittenberge sänktes med ca 40 cm på grund av att invallningarna översvämmades.	Skador vid översvämning innanför vallarna beräknades till ca 1,5 – 4,7 miljoner euro för jordbruket, 8,4 – 9,3 miljoner euro för vägar och infrastruktur och knappt 1 miljon euro för övriga skador beroende på scenario och tidpunkt på året.	Nytto-kostnads kvoten har beräknats till mellan 1,5 – 4 för 180-års flöde (2002) och till mellan 2,2 – 5,8 för ett beräknat 300-års flöde.
---	--	--	--	--

¹¹ (Närings-, trafik och miljöcentralen i Södra Österbotten, 2015)

¹² (Förster, Kneis, Gocht & Bronstert, 2005)

Referenser

- Environment Agency. (2010). *Working with Natural Processes to Manage Flood and Coastal Erosion Risk*. Environment Agency: Bristol
- Förster, S., Kneis, D., Gocht, M. & Bronstert, A. (2005). *Flood risk reduction by the use of retention areas at the Elbe River*. *International Journal of River Basin Management*, 3(1), 21-29. doi: 10.1080/15715124.2005.963524
- Jones, M. (2010). *Farming Floodplains for the Future – Final Report 2007-2010*. Staffordshire Wildlife Trust: Stafford, UK.
- Jones, M. (2011). *Quantification of Flood Risk and Prioritisation of Work*. OnTrent: Woseley Bridge, UK.
- Nicholson, A.R., Wilkinson, M.E., O'Donnell, G.M. & Quinn, P.F. (2012). *Runoff attenuation features: a sustainable flood mitigation strategy in the Belford catchment, UK*. Royal Geographic Society (with the Institute of British Geographers): London, UK.
- Närings-, trafik och miljöcentralen i Södra Österbotten. (2015). *Plan för hantering av översvämningsriskerna i Kyrö älvs vattendragsområde för år 2016 – 2021*. Rapporter 111/2015.
- OnTrent Initiative. (2010). *Farming and Water for the Future: Innovative Solutions for the Local Flood Risk Management Programme Report August 2010*. OnTrent: Woseley Bridge, UK.
- Trent Rivers Trust. (2014). *Farming and Water for the Future in the Upper Soar: Evaluation Report*. Trent Rivers Trust: Derbyshire, UK.
- Wilkinson, M.E., Quinn, P.F. & Welton, P. (2008). *Belford catchment proactive flood solutions: storing and attenuating runoff on farms*. BHS 10th National Hydrology Symposium: Exeter, UK.
- Wilkinson, M.E., Quinn, P.F., Benson, I. & Welton, P. (2010). *Runoff management: Mitigation measures for disconnecting flow pathways in the Belford Burn Catchment to reduce flood risk*. BSH Third International Symposium, Managing Consequences of a Changing Global Environment: Newcastle, UK.

Publikationer inom samma område

1. Översvämning!
Samhällets krisberedskap och förebyggande arbete när det gäller översvämningar som drabbar jordbrukssektorn. Rapport 2016:01
2. Kartläggning av åtgärder för att klara avvattningen av jordbruksmark i ett förändrat klimat – *delredovisning av regeringsuppdrag 2016-09-30.*
3. Handlingsplan för klimatanpassning
Jordbruksverkets arbete med klimatanpassning inom jordbruks- och trädgårdssektorn.

Rapporten kan beställas från

Jordbruksverket • 551 82 Jönköping • Tfn 036-15 50 00 (vx) • Fax 036 34 04 14

E-post: jordbruksverket@jordbruksverket.se

Internet: www.jordbruksverket.se

ISSN 1102-3007 • ISRN SJV-R/-SE