

# ÖVERSVÄMNINGS- SKYDDSPLAN



**för Stigs gård**

## Förord

En översvämningsskyddsplan (ÖSP) visar hur ett område eller ett objekt aktivt kan försvaras mot översvämningar. För detta försvar finns olika vapen att tillgå, men tyngdpunkten ligger på de mobila skyddsvallar som utvecklats på senare tid. Detta utesluter inte permanenta skyddsvallar. Tvärtom kan en kombination av dessa två ofta vara en optimal lösning. En parkväg längs vattnet kan exempelvis fungera som en permanent skyddsvall för måttliga vattennivåer, men kan i extrema situationer byggas på med en mobil skyddsvall för högre nivåer.

För att detta ska fungera måste man i förväg veta exakt var den mobila skyddsvallen ska byggas upp, att det inte finns några hinder i vägen för den, och att andra vägar som vattnet kan ta är blockerade.

Ett första steg i arbetet med att ta fram en ÖSP är att i detalj kartlägga vattnets utbredning vid olika översvämningsscenarion, och vilka objekt som hotas. Detta kräver en mycket noggrann höjdkartering, företrädesvis genom laserscanning från luften, men naturligtvis även en hydraulisk utredning som visar vilka flöden och vattennivåer som kan påräknas, och sannolikheten för dessa.

När ”hotbilden” är klarlagd bestämmer man vilka objekt som ska skyddas mot vilka vattennivåer, och lägger ut prelimära försvarslinjer. Normalt rekognosceras dessa i fält och resultatet ligger till grund för ett konkret förslag. Förslaget visar då både hur försvarslinjen exakt bör dras och hur skyddet ska utformas. Dessutom visas vilka förberedande åtgärder som måste vidtas. Det kan handla om att höja en bit av en väg, flytta en belysningsstolpe, ta upp en öppning i en mur, förbereda för att kunna blockera en vägtrumma eller installera backventiler i lågt liggande brunnar och golvbrunnar.

**För denna ÖSP har dock beställaren angett att man vill ha en något översiktligare plan, för att kunna se vilka objekt och områden som är hotade, och i grova drag hur dessa skulle kunna skyddas. Därför är åtgärdsförslagen i denna utredning att betrakta just som preliminära förslag, inte som slutgiltiga rekommendationer. Innan man går vidare bör därför dessa undersökas närmare i dialog med fastighetsägare och andra berörda.**

Denna översvämningsskyddsplan för Stigs gård är framtagen av Terra Firma på uppdrag av Gävle kommun, i samarbete med naturgeograf Anders Brandt, GeoVega. I arbetet har också deltagit Louise Tränk och Hans Rickberg. Jag vill här också passa på att tacka de övriga som bidragit till arbetet, ingen nämnd och ingen glömd.

Sigurd Melin

## Terra Firma

Adress: Box 98, 820 64 Näsviken  
Tel. 0650 - 30140  
Mejl: sigurd.melin@terrafirma.se  
Web: www.terrafirma.se

## Innehåll

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Förord</b>                                              | <b>2</b>  |
| <b>Innehåll</b>                                            | <b>3</b>  |
| <b>Planens innehåll och omfattning</b>                     | <b>4</b>  |
| <b>Översvämningshotet</b>                                  | <b>4</b>  |
| <b>Flöden, sannolikheter och vattennivåer</b>              | <b>4</b>  |
| <b>Rekognoscering samt inventering av kritiska punkter</b> | <b>8</b>  |
| <b>Kritiska punkter</b>                                    | <b>8</b>  |
| <b>Vattendjup vid olika nivåer</b>                         | <b>10</b> |
| <b>Förberedande åtgärder - allmänna</b>                    | <b>14</b> |
| <b>Referenser</b>                                          | <b>15</b> |

## Planens innehåll och omfattning

Översvämningsskyddsplanen för Stigs gård behandlar risken för översvämning från Testeboån, och vad man kan göra för att skydda sig mot en sådan händelse.

## Översvämningsshotet

Stigs gård är ett radhusområde i norra delen av Gävle, alldeles intill Testeboån. Det byggdes på 80-talet på mark där tidigare ett tegelbruk legat. Området begränsas i väster av Ostkustbanan och i öster av Testeboån. För att skydda området från höga flöden i ån är anlagd en skyddsvall av jord. I den övre delen handlar det om en distinkt uppbyggd vall, medan den längre ner, ovanför den bevarade Stigslunds gamla kvarn, har utformats som en relativt flack långsträckt höjdsträckning. Genom området rinner en bäck, en gammal åfåra som behållits även om dess ursprungliga inlopp från Testeboån numera blockerats med ovannämnda skyddsvall. Bäckens leder till en brunn och fortsätter sedan kulverterad under den södra delen av området.

Förbi Stigs gård faller Testeboån ca 15 meter, vilket antyder att vattnet forsar undan rätt bra även vid höga flöden och inte leder till översvämning av omgivningen. Ändå har en tidigare modellering antytt att området skulle kunna översvämmas redan vid ett hundraårsflöde, och vid det s.k. beräknade högsta flödet (BHF) skulle i princip hela området stå under vatten.

Eftersom sannolikheten för att det beräknade högsta flödet ska inträffa ens någon gång under de närmaste 100 åren är mindre än 1% är det bättre att lägga energin på att utreda mer sannolika händelser och förbereda sig för att klara dem. I det följande har vi visserligen tagit med BHF men ändå i samförstånd med beställaren valt att fokusera på flöden med betydligt kortare återkomsttider.

## Flöden, sannolikheter och vattennivåer

### Modellerad sträcka

För att möjliggöra en detaljerad översvämningsskartering har hela sträckan från strax norr om forsen vid Gråtnäsudden ned till havet modellerats. Detta har gjorts för att säkerställa att inte felaktiga vattennivåer erhålls i och runt Stigs gård och att de inte påverkas av modellens randvillkor. På så vis kommer vattennivåerna i modellen att hinna ställa in sig i god tid innan flödet når Stigs gård.

Översvämningssmodelleringen har utförts i den endimensionella hydrauliska programvaran HEC-RAS 4.1.0 (Hydrologic Engineering Center, 2010). Detta innebär att flödet i egentlig mening endast kan färdas i nedströms riktning. Eventuellt flöde i sidled simuleras genom att vattennivåerna som erhålls tillåts sprida ut sig över en underliggande höjdmodell. Trots denna uppenbara brist i att inte kunna simulera sanna 2D- och 3D-flöden, anses endimensionella programvaror ge resultat väl i paritet med mer sofistikerade programvaror (t.ex. Hunter m.fl., 2007). Samtliga höjder anges i höjdsystem RH 2000

### Vattenföringar och flödesstatistik

Sex olika vattenföringar har simulerats för Testeboån, motsvarande 50-, 100-, 200-, 500-, och 1000-årsflödet samt det beräknade högsta flödet BHF. BHF har framräknats av SMHI (2002), som kört sina hydrologiska modeller med avsikt att få en så stor avrinning som är möjlig. Övriga flöden har framräknats utifrån tillgänglig

statistik från både Testeboån (Konstdalsströmmen) och Gavleån (Tolvfors kraftverk) med data tillgängliga via <http://vattenweb.smhi.se/>). Dessa två vattendrag är av ungefär samma storlek och har till stor del också gemensam dräneringsområdesgräns och kan därför anses ha någorlunda samma klimat och flödesregim i och med att deras maxflöden korrelerar starkt. Eftersom mätningar i Testeboån endast har utförts mellan 1980 och 2011 och det är känt att flera av de allra högsta vattenföringarna inträffade före 1980 gjordes en regressionsanalys där Testeboåns årsmax plottades mot Gavleåns årsmax för motsvarande år från 1980 till och med 2011. Dessutom inkluderades åren 1916 (uppskattat flöde 177 m<sup>3</sup>/s), 1937 (127 m<sup>3</sup>/s), 1966 (180 m<sup>3</sup>/s) och 1977 (160 m<sup>3</sup>/s) (GD, 2009). Regressionen uppvisade en förklaringsgrad på  $r^2=0,80$ . Med hjälp av detta samband beräknades övriga årsmax under tiden tillbaka till 1905 för vilka det finns uppmätta värden i Gavleån.

Resultaten på extremvärdesstatistiken ses i nedanstående tabell. Värdet på 100-årsflödet blev identiskt med det av SMHI (2002) beräknade. Dock ska det påpekas att hade inte flöden från tiden innan 1980 använts skulle nuvarande 100-årsflöde vara lägre än det av SMHI beräknade eftersom det under de senaste 10 åren inte har inträffat några större översvämningar (högsta flödet inträffade innevarande år med 81 m<sup>3</sup>/s 2011). De flöden som har framräknats för Konstdalsströmmen har använts i modellen även om det enligt SMHI (2002) är ca 5 m<sup>3</sup>/s högre vattenföring vid Testeboåns utlopp i havet.

| Återkomsttid<br>(år) | Flöde<br>(m <sup>3</sup> /s) | Vattennivåer |             | Sannolikhet<br>(under en 100-årsperiod) |
|----------------------|------------------------------|--------------|-------------|-----------------------------------------|
|                      |                              | (uppströms)  | (nedströms) |                                         |
| 10                   | 99                           |              |             | > 99 %                                  |
| 50                   | 140                          | 14,38        | 3,18        | 87 %                                    |
| 100                  | 158                          | 14,51        | 3,33        | 63 %                                    |
| 200                  | 175                          | 14,62        | 3,46        | 39 %                                    |
| 500                  | 199                          | 14,74        | 3,62        | 18 %                                    |
| 1.000                | 216                          | 14,83        | 3,73        | 10 %                                    |
| 5.000                | 257                          |              |             | 2 %                                     |
| 10.000               | 274                          |              |             | 1 %                                     |
| BHF                  | 386                          | 15,53        | 5,56        | < 1 %                                   |

Med ”uppströms” menas en punkt ovanför den översta dammen, med ”nedströms” menas en punkt ca 100 meter nedanför gångbron.

### Hydraulisk modellering

Vattenflödet simulerades som stationär strömning med mixad flödesregim. Detta innebär att endast en vattennivå erhålls, dvs. endast högsta vattennivån och inte en egentlig flodvåg simuleras, och att vattennivåer längre nedströms tillåts att påverka uppströms vattennivåer. Denna typ av modell kräver två randvillkor. Som nedre randvillkor har använts Bottenhavets högsta vattennivå på 1,6 m.ö.h (RH2000), enligt SMHI (2002). Det övre randvillkoret sattes till 18,4 m.ö.h. i enlighet med Lims (2009) resultat. Eftersom det finns en fors nedströms platsen för det övre randvillkoret blir en felaktigt uppskattad vattennivå inte kritisk för resten av beräkningarna.



I den hydrauliska modellen har broar och dammar lagts in. Broarnas och dammarnas lägen, höjder, längder och bredder såväl som dammluckornas lägen och storlekar har uppskattats från laserskannade data, mätningar i fält samt bro- och dammritningar. I analysen leds inget vatten genom turbinerna utan allt vatten förväntas rinna genom dammluckorna (eftersom turbinerna ej skulle fungera vid eventuellt strömbortfall vilket är fullt tänkbart vid en större översvämning). I modellen ingår även huskroppar och övriga ytor som inte kommer att innehålla ett aktivt flöde i nedströms riktning.

För att kalibrera den hydrauliska modellen användes en karta tillhandahållen av Gävle kommun som visade översvämningsgränser från 1977 års översvämning. Det är dock uppenbart att denna karta inte är helt tillförlitlig när det gäller enskilda detaljer och platser, men den gav ändå ett värdefullt underlag för att uppskatta hur stort 100-årsflödet är. Kalibreringen resulterade i att friktionskoefficienten Mannings  $n$  sattes till 0.033 för normalt vattentäckt område och 0.05 för översvämningsytor.

### **Höjdmodell**

Som underlag för översvämningsanalysen används en höjdmodell som konstruerats från punkter insamlade både genom flygburen laserskanning och ekolodning under 2008 (Se Lim, 2009 för detaljer). Tyvärr är inte ekolodningen heltäckande, utan för forsar och vid broar har interpolerade djupvärden använts, baserade på närliggande ekolodning, vilket naturligtvis i viss utsträckning påverkar resultaten i dessa områden.

För att kunna modellera ett vattendrag delas detta in i ett antal delsträckor där varje delsträcka representeras av en uppströms- och en nedströmsliggande sektion lagda tvärs över vattendraget. Tvärsektionerna tilldelas höjdvärden från den underliggande höjdmodellen samt koordinater på eventuella hus, ineffektiva flödesareor etc. På motsvarande sätt läggs sedan broar och dammar in med mått på konstruktionernas bredder, höjder, lucköppningar etc. Vid Stigs gård och Strömsbro har dessutom Testeboån delats upp i fem parallella vattendrag med separata tvärsektioner för varje vattendrag eftersom ån och översvämningsflöden delar på sig. HEC-RAS flödesoptimeringsfunktion har använts för att simulera flödesfördelningen där ån delar sig.

### **Resultat**

Området kring Stigs gård är mycket komplicerat. Det innehåller flera broar och dammar och terrängen bildar terrasser där övergångarna från en terrass till en annan är svårmodellerade. Dessutom rinner vattnet normalt i två fåror och vid större översvämning delas flödet upp i fem ”vattendrag” där vattnet tar helt nya vägar in i omgivande bebyggelse.

Redan vid 50-årsflödet riskerar vattnet stiga så högt att Storgatan i Strömsbro sätts under vatten. Detta vatten följer sedan Storgatan fram till sydost om kraftverket där det åter rinner ned i Testeboån. I övrigt sker inga större översvämnningar i området upp till 1000-årsflödet, så tillvida inte de konstgjorda vallar som finns mellan Stigs gård och Testeboån brister. Då översvämmas Stigs gård även av mycket måttliga översvämnningar.

Vid BHF översvämmas även vallarna och nästan hela Stigs gård drabbas. Det finns även en risk att vattnet tränger vidare in över Storgatan och att de inre delarna av Strömsbro läggs under vatten. Flödet är då så pass kraftigt att även de södra delarna av Storgatan översvämmas och att vattnet följer Strömsbrovägen och översvämmar kringliggande bebyggelse innan det åter rinner ned i Testeboåns huvudfåra.

För broarna kring Stigs gård gäller följande. Oskarsbron norr om Stigs gård och den lilla bron över kanalen norr om turbinintaget klarar sig troligen för alla modellerade flöden utom BHF. Broarna mellan Stigsgård och kraftverket, liksom Strömsbrovägen och Hamnleden söder om Stigs gård klarar samtliga flöden, medan den lilla bron i kanalen väster om turbinintaget inte klarar några modellerade flöden. De tre dammarna

mellan Stigsgård och Strömsbro ser ut att klara samtliga modellerade flöden utom BHF, då de alla översvämmas.

### **Felkällor**

Som underlag för översvämningsanalysen används en av Gävle kommun tillhandahållen höjdmodell som konstruerats från punkter insamlade genom flygburen laserskanning. Studier har visat att höjdmodeller skapade av laserskannat material kan uppvisa relativt stora fel och osäkerheter, även om dessa är långt mindre än för tidigare höjdmodeller. Det finns tre typer av fel; tillfälliga fel, systematiska fel samt grova fel. Storleken på de tillfälliga felen beror bland annat på marktyp och instrumentkvalitet och är ofta av storleksordningen 10-20 cm. Därutöver tillkommer systematiska fel som beror t.ex. på konsekventa felberäkningar (t.ex. att det inte tas hänsyn till att flygplanet lutar något under skanningen eller problem med data insamlade i olika referenssystem) och grova fel som beror på operatörernas egna misstag. Tillsammans kan dessa fel göra att osäkerheten i höjd uppgår till flera decimeter (se Klang & Klang, 2009, för en djupare diskussion över detta). Sammanfattningsvis bör därför en säkerhetsmarginal på ett par dm tillämpas för att vara på den säkra sidan när skyddsnivå väl har bestämts.

En tidigare studie av Eskilstunaån (Brandt, 2009) visar även att vattennivåerna förändras linjärt med förändrad grad av friktion, men att det för just Eskilstunaån troligen rör sig om endast ett fåtal centimetrar vid felaktigt uppskattad friktion. Dock, eftersom kalibreringsdata för Testeboån varit tillgängliga för endast ett stort flöde och att karteringen av detta enda flöde är bristfällig, är också uppskattningen av friktionskoefficienten osäker. Dessutom visar både den tidigare studien över Eskilstunaån (Brandt, 2009) liksom studien över Testeboån (Lim, 2009) att vid mycket flacka ytor kommer avvikelserna i översvämningsutbredning att vara större än vid mer kuperad terräng. Just detta är fallet vid Stigs gård där terrängen bitvis är relativt flack. Därför ska användaren av kartorna hellre titta på de vattennivåer som har modellerats än att enbart se på översvämningsgränserna på kartorna.

Karteringen kompliceras ytterligare av de många terrasserna och av att flödet delas upp i flera grenar. Sammantaget gör detta karteringen över Stigs gårdsområdet mer osäker än vad som är normalt.

Normalt är det en fördel att området har modellerats av olika personer oberoende av varandra (för Testeboån se tidigare studier av SMHI, 2002, och Lim, 2009) och att skillnaderna i resultat mellan dessa studier då kan ge ett mått på den osäkerhet som gäller. För Stigs gårdområdet gäller dock att SMHIs kartering är baserad på alltför undermåliga höjddata samt att de stora nivåskillnader som inträffar i och med de många terrasserna och att Testeboåns fallhöjd inom området är stor gör att dessutom nivåerna får anses vara alltför osäkra. Vad gäller Lims (2009) kartering, som dock generellt verkar hålla hög kvalitet, framgår att även den inte är korrekt i det specifika området vid Stigs gård. Detta beror på att Lims modell inte har flödet uppdelat i flera parallella vattendrag och att översvämningszonen därför har ett abrupt avslut mot söder. Sammanfattningsvis bör därför en säkerhetsmarginal på flera decimeter tillämpas för att vara på den säkra sidan när skyddsnivå väl har bestämts.

## Rekognoscering samt inventering av kritiska punkter

För att identifiera vilka byggnader och installationer som skulle kunna hotas av en översvämning genomfördes en rekognoscering i fält. Ett antal hotade objekt identifierades, och för varje objekt noterades vilken punkt som kan vara kritisk vid ett översvämningstillfälle. En sådan kritisk punkt kan exempelvis vara en dörrtröskel, en öppning i en husfot, en elektrisk installation etc. Höjden på dessa punkter har sedan mätts in av kommunen.

Vid det fortsatta arbetet visade det sig emellertid att inget av objekten i Stigs gård skulle översvämmas vid höga flöden i ån, med undantag för BHF. Det fanns därför ingen anledning att gå vidare med att ta fram den ”hotbild” som normalt finns med i en ÖSP.

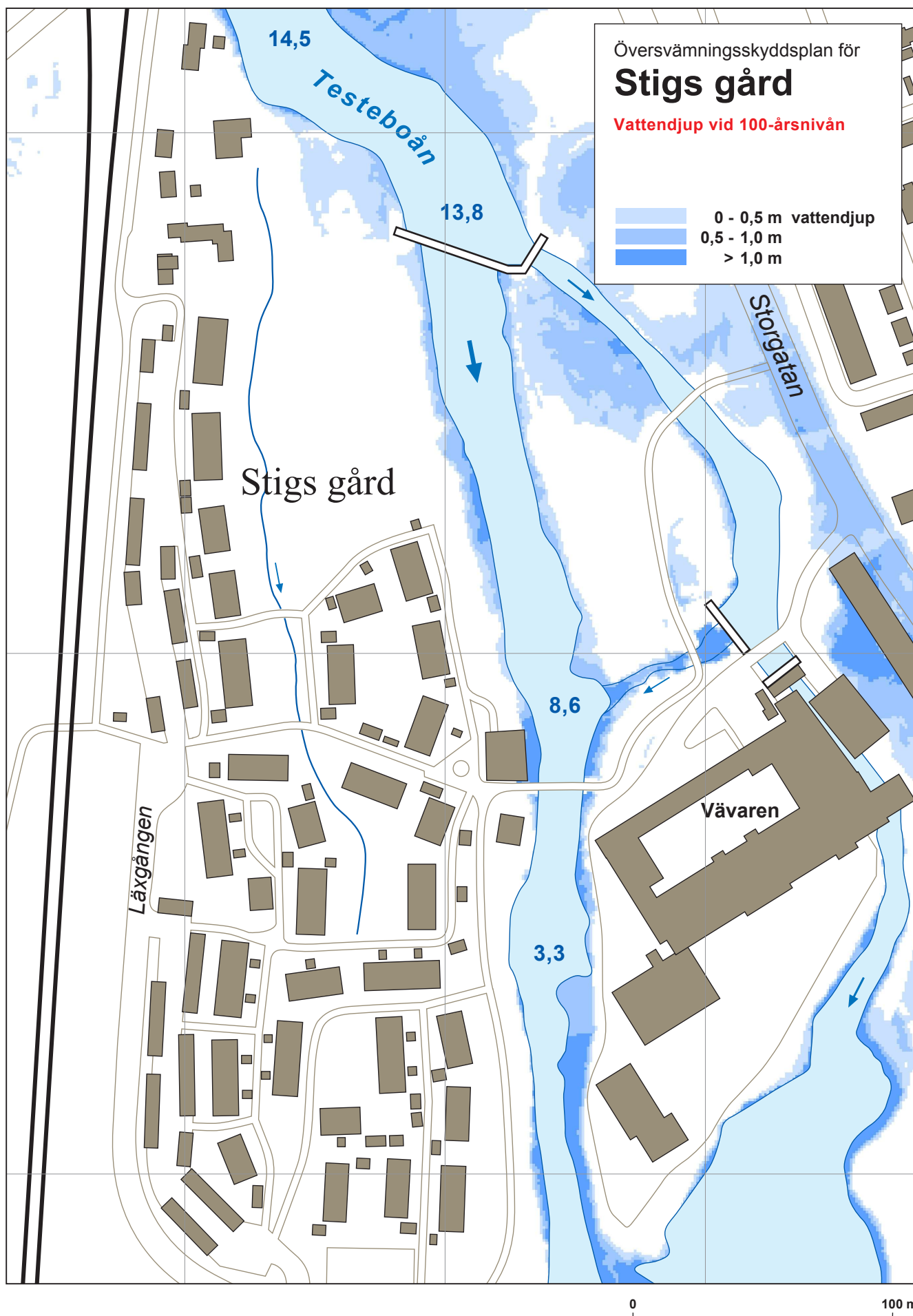
På följande sidor visas effekten av olika vattennivåer i ån. Se dock avsnittet **”Förberedande åtgärder - allmänna”** i slutet av rapporten.

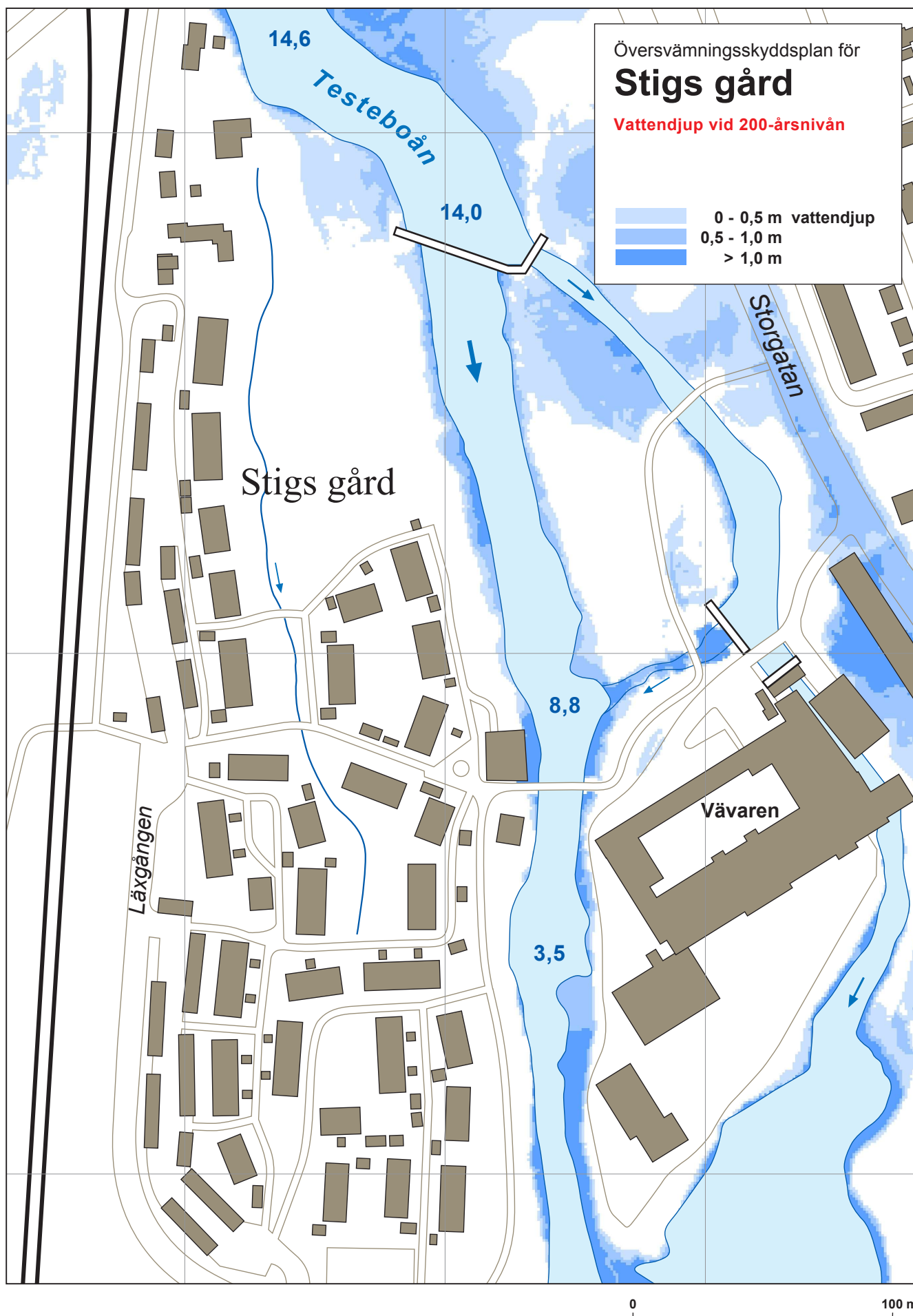
### Kritiska punkter

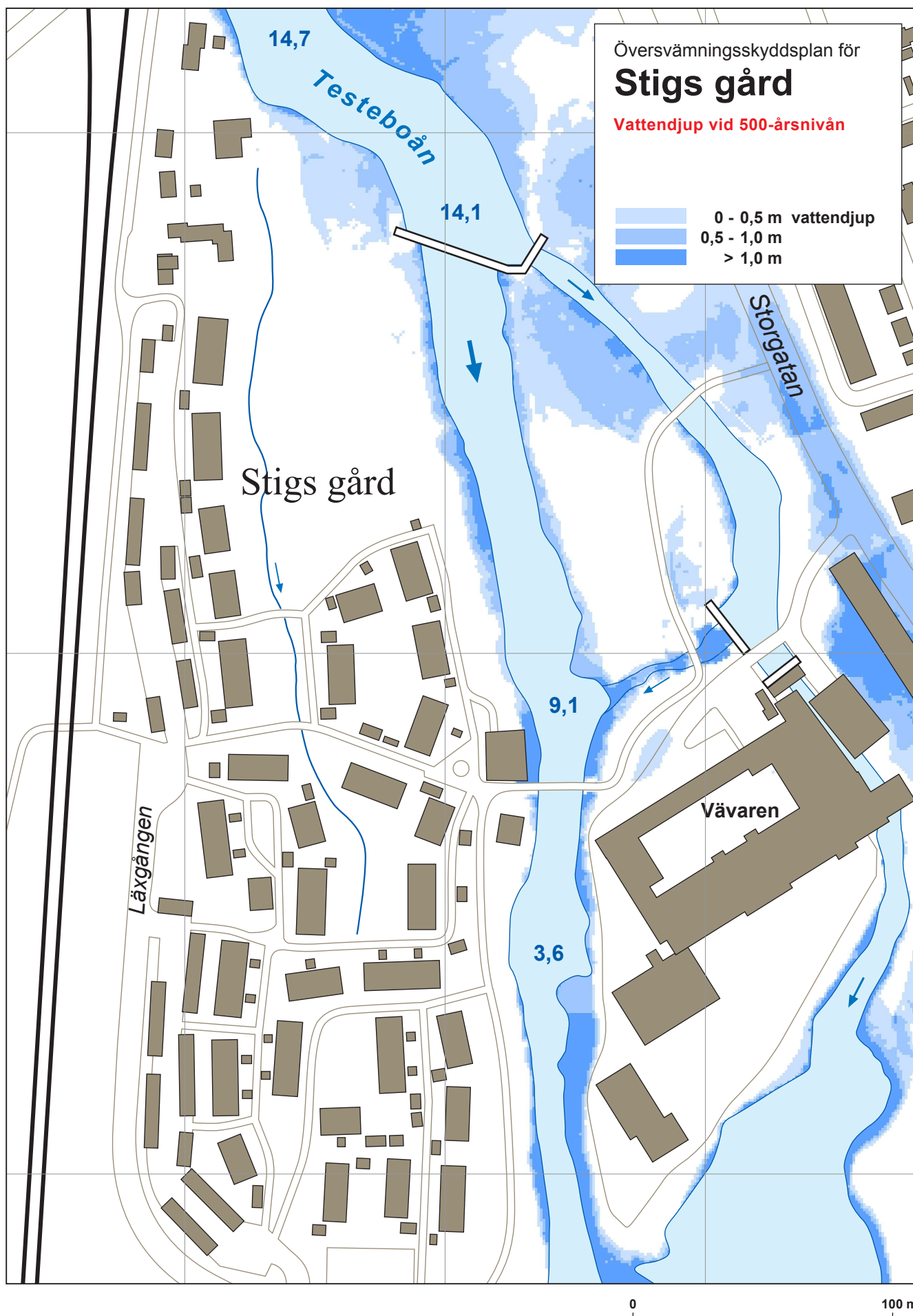
| Nr | Objekt                                             | Kritiska höjder | RH 2000 |
|----|----------------------------------------------------|-----------------|---------|
| 1. | <b>Bostadshus</b><br>Markyta intill                |                 | 11,05   |
| 2. | <b>Kvarnbyggnaden</b><br>Markyta under uppfartsbro |                 | 9,42    |
| 3. | <b>Bostadshus</b><br>Markyta intill                |                 | 5,69    |
| 4. | <b>Bostadshus</b><br>Markyta intill                |                 | 5,56    |
| 5. | <b>Bostadshus</b><br>Markyta intill                |                 | 5,38    |
| 6. | <b>Bostadshus</b><br>Markyta intill                |                 | 5,09    |
| 7. | <b>Byggnad</b><br>Markyta vid entredörr            |                 | 4,28    |



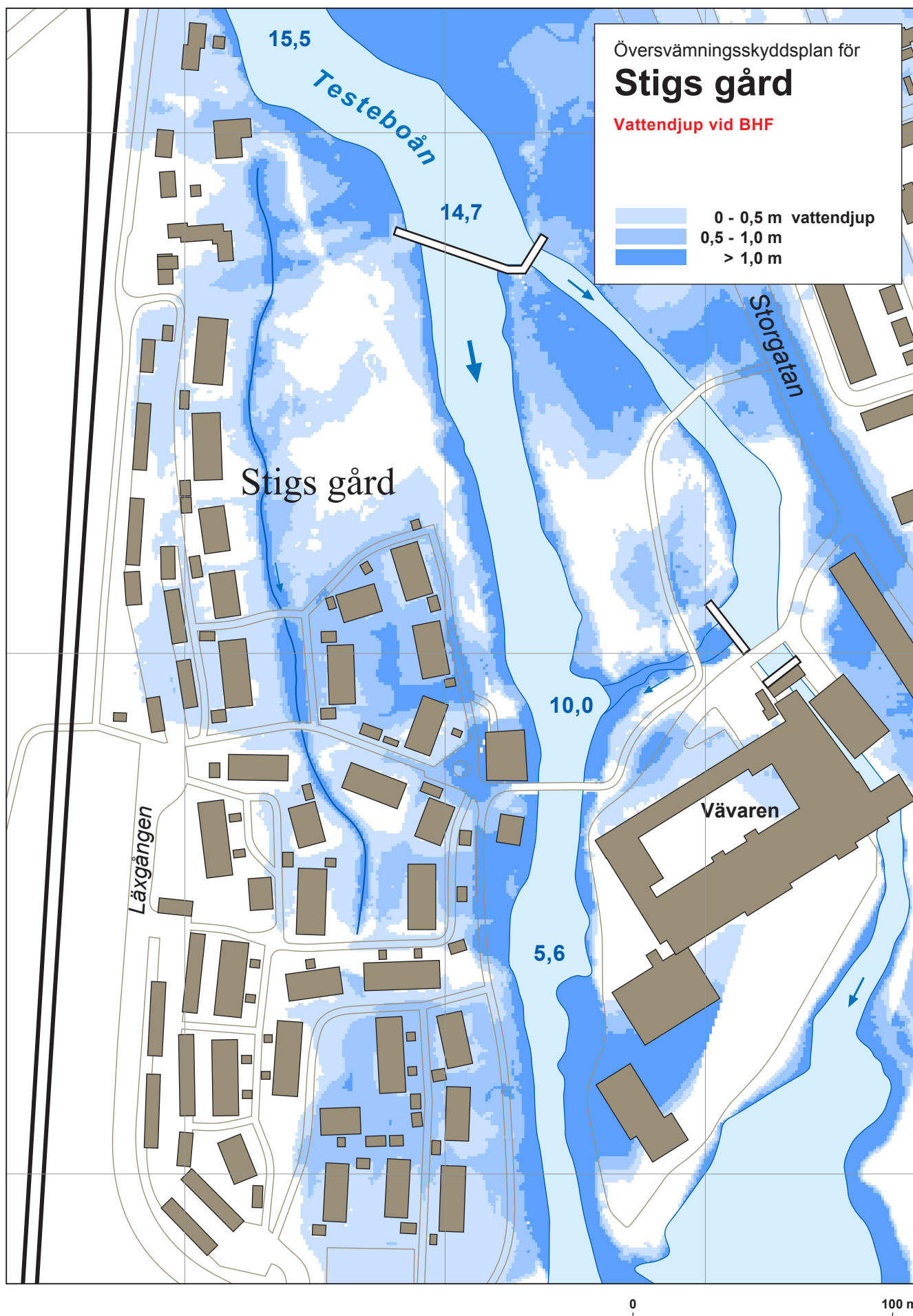












## Förberedande åtgärder - allmänna

**Jordvallarna** som anlagts mellan Stigs gård och ån är viktiga för att skydda området vid extrema flöden. De bör därför inte glömmas bort utan med jämna mellanrum ses över så att de är i gott skick.

**Bäcken** som rinner genom området leder till en brunn och fortsätter sedan under den södra delen av området genom en 300 mm dagvattenledning. Vid höga flöden i Testeboån skulle vatten kunna läcka över till bäcken, och denna få en väsentligt högre vattenföring, om det i marken skulle finnas håligheter eller porösa delar sen den tid då här bedrevs industriell verksamhet. I så fall skulle brunnen kunna visa sig vara underdimensionerad, och en lokal översvämning uppstå.

**Ett par brunnar** som hör till områdets dag- och spillvattennät finns intill gångbrons landfäste. Dessa kommer att ligga under vatten vid 500-årsnivån. Åvatten kan då rinna ner i systemet genom brunnslocken, och på grund av ledningarnas begränsade kapacitet finns det en risk att det kan tränga upp i de fastigheter som ligger längre ner i området.



## Referenser

Brandt, S.A., 2009. Betydelse av höjdmodellers kvalitet vid endimensionell översvämningsmodellering. FoU-rapport Nr 35, Högskolan i Gävle.

Hunter, N.M., Bates, P.D., Horritt, M.S., Wilson, M.D., 2007. Simple spatially-distributed models for predicting flood inundation: A review. *Geomorphology*, vol. 90 (3-4), s. 208- 225. .

Hydrologic Engineering Center, 2010. HEC-RAS: River Analysis System. User's Manual, version 4.1 US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Davis.

GD, 2009, Fyra översvämnningar under 1900-talet.

Klang, D., Klang, K., 2009. Analys av höjdmodeller för översvämningsmodellering.

Lim, N.J., 2009, Topographic data and roughness parameterisation effects on 1D flood inundation models. B.Sc. thesis, University of Gävle.

SMHI, 2002, Översiktlig översvämningskartering längs Testeboån: sträckan från Åmot till utloppet i Bottenhavet. Räddningsverket Rapport nr 30.