

Skapat av H. Helling	Dokumentdatum 2024-09-20	Teknikområde Geoteknik
Projekt Slussar i Trollhätte kanal	Objektnummer XVA300	Uppdragsnummer 10362412

## Slussar i Trollhätte kanal Lilla Edet

### PM Riskbedömning sättningar befintliga byggnader

### Programhandling

S.14+TK.T.A00-UGA.T.006

Ändringsbeteckning	Ändring avser	Ändring godkänd av	Ändringsdatum
Godkänd av J. Moberg	Datum 2024-09-20	Uppdragsansvarig A. Lager	Företag WSP Sverige AB

[https://agnesadvokat.sharepoint.com/Delade dokument/Ärenden/Sjöfartsverket \(1003\)/Trollhätte kanal \(WSP\)/4. Lilla Edet/Ansökan/Bilaga C MKB/Bilagor/Bilaga C13 PM riskbedömningar sättningar befintliga byggnader.docx](https://agnesadvokat.sharepoint.com/Delade dokument/Ärenden/Sjöfartsverket (1003)/Trollhätte kanal (WSP)/4. Lilla Edet/Ansökan/Bilaga C MKB/Bilagor/Bilaga C13 PM riskbedömningar sättningar befintliga byggnader.docx)  
(Utskriven 2025-01-15)

## Innehåll

<b>1</b>	<b>BAKGRUND</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OMFATTNING, SYFTE OCH METOD</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>BERÄKNADE SÄTTNINGAR</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>RISK FÖR SKADOR PÅ BYGGNADER PÅ GRUND AV SÄTTNINGAR, UNDERLAG FÖR RISKBEDÖMNING</b>	<b>6</b>
4.1.	KLASSIFICERING AV BYGGNADER UTIFRÅN RISK FÖR SKADLIGA SÄTTNINGAR	6
4.2.	BYGGNADSKONSTRUKTION	7
<b>5</b>	<b>SLUTSATS</b>	<b>10</b>
5.1.	BEDÖMNING AV BYGGNADER	10
<b>6</b>	<b>FÖRSLAG TILL KONTROLLÅTGÄRDER</b>	<b>11</b>
6.1.	INNAN BYGGSTART	11
6.2.	UPPFÖLJNING UNDER BYGGTID	11
6.3.	EFTER FÄRDIGSTÄLLANDE AV SLUSS	12

## Bilagor

Benämning	Beskrivning	Sidor	Rev
Bilaga 1	Byggnader inom område för sättningsanalys	36	
Bilaga 2	Avvägningspunkter	1	

## Hänvisningar dokument

Benämning	Dokumentnummer
Rapport arkivinventering Geoteknik	S.14+TK.T.A00-UGD.T.001
Markteknisk undersökningsrapport (MUR) Geoteknik	S.14+TK.T.A00-UGD.T.002
MUR Hydrogeologi	S.14+TK.T.A00-UHA.T.104
PM [Hydrogeologi]	S.14+TK.T.A00-UHA.T.101
Beräknings-PM Sättningar inom påverkansområde grundvatten	S.14+TK.T.A00-UGB.T.006
PM Kulturarvsanalys	S.14+TK.T.A00-VFC.T.001

Kommenterad [JM1]: Bytt namn till PM Hydrogeologi Systemhandling?

Kommenterad [JM2R1]: Ändra ordning på dessa

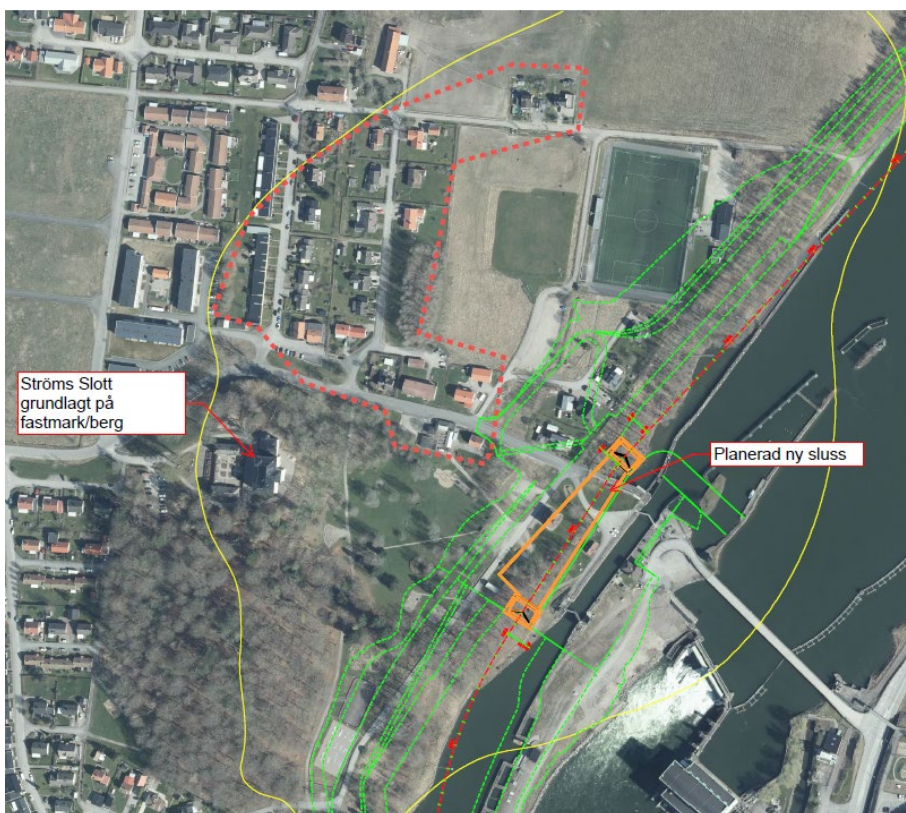
Kommenterad [HH3R1]: åtgärdat

## 1 Bakgrund

I Lilla Edet skall en ny sluss byggas nordväst om befintlig sluss. Byggnationen kommer medföra en temporär grundvattensänkning under anläggningskedet vilken ger till följd att sättningar i marken kommer utbildas.

Slussbyggnationen och de medföljande sättningarna kan komma att påverka de byggnader som ligger inom påverkansområdet för grundvattensänkning.

Påverkansområde och berörda byggnader framgår i Figur 1 nedan.



Figur 1: Urklipp ur dokument S.14+TK.T.A00-UGB.T.006, "Beräknings-PM sättningar inom påverkansområde grundvatten". Påverkansområde för grundvattensänkning under anläggningskedet redovisas med gul linje vilken motsvarar en grundvattensänkning i undre grundvattenmagasin på 0,3 meter. Aktuellt område för sättningsanalys markeras med röstreckad linje. Byggnad som genomkorsas av gränslinje för sättningsanalys tas med i nedanstående riskanalys.

## 2 Omfattning, syfte och metod

Riskbedömningen omfattar byggnader inom påverkansområdet för grundvattensänkningen. Några ytterligare byggnader bedöms inte påverkas, byggnader nära och utmed älven som påverkas av sluss- och schaktarbeten är inlösta.

Syftet med riskbedömningen är att utarbeta ett för projektet anpassat kontrollprogram. Övervakning och kontroll av sättningar ska utföras med syftet att utvärdera och minimera risken för sättningsskador i den påverkade bebyggelsen.

I dokumentet ges en översiktlig sammanfattning av respektive byggnads konstruktiva uppbyggnad, grundläggning och bedömd känslighet för eventuella framtida sättningar utifrån okulär syn.

Förekommande byggnader klassas som "Känslig byggnad" respektive "Normalkänslig byggnad", se vidare beskrivning under avsnitt 4.1.

## 3 Beräknade sättningar

Grundvattentrycksänkningen under anläggningsskedet förväntas endast medföra små marksättningar, i storleksordningen 0 cm till ca 3 cm i tillägg till de mycket små sättningar som är pågående.

Sättningsanalyser har främst utförts vid fastigheterna längs Ljungskilevägen eftersom avsänkning av grundvattnet i undre magasin förväntas bli som störst i detta område. I detta område har även kompletterande provtagningar och sonderingar utförts vilka ger ytterligare indata till sättningsanalyserna av området.

Vid fastigheterna kring Inlandsvägen, Strömsvägen och Roddvägen är jorddjupen samt trycksänkningen i undre magasin mindre än vid Ljungskilevägen. Sättningarna bedöms vid fastigheterna kring Inlandsvägen, Strömsvägen och Roddvägen maximalt uppgå till ca 1 cm, se figur 2.

Att sättningarna blir relativt små trots stora avsänkningar av trycknivån i moränen under leran förklaras av att porvattentrycket i leran sänks från befintligt låga nivåer samt att leran på djupet är något överkonsoliderad. Förutsättningar avseende lerdjup, portryck, förkonsolideringstryck samt storlek på trycksänkning i undre magasin varierar stort inom området, vilket innebär att även de beräknade sättningarna varierar mellan relativt närliggande beräkningspunkter.



Figur 2: Beräknade och bedömda sättningsrörelser efter grundvattensänkning. Riskanalyserade och littererade byggnader inom röd streckad markering. Byggnad e ingår i sin helhet i riskanalysen.

## 4 Risk för skador på byggnader på grund av sättningar, underlag för riskbedömning

### 4.1. Klassificering av byggnader utifrån risk för skadliga sättningar

Förslag visas nedan på "känslighetsklassificering" av byggnader utifrån hur känslig byggnaden bedöms vara för att kosmetiska, funktionella eller strukturella skador ska uppkomma av sättningar.

Indelningen i "Känslig byggnad" och "Normalkänslig byggnad" är gjord enligt följande resonemang:

- Till gruppen känsliga byggnader räknas byggnader med känsliga interiörer eller exteriörer som är svåra eller omöjliga att reparera och återskapa efter att en eventuell skada uppkommit, exempelvis vissa kulturhistoriska byggnader. Även byggnader som av någon anledning är strukturellt känsliga för sättningar hamnar i denna klassning, exempelvis höga byggnader eller byggnader med känsliga konstruktioner som kupoler, valv, torn, etcetera eller byggnader som idag har stora snedställningar, oönskade excentriciteter, mm. Trägrundlagda byggnader bedöms som känsliga på grund av risken för skador av grundvattensänkningar. I detta fall är det avsänkningar i övre akvifer som kan påverka.
- Till gruppen normalkänsliga byggnader hör alla byggnader som inte faller inom gruppen känsliga byggnader såsom normala bostadshus, kontor, hotell, köpcentra, parkeringshus, villor, etc. Ett hus med exempelvis en standard putsad fasad eller putsade invändiga ytor faller inom denna grupp trots risken att sprickor uppstår vid sättningar eftersom eventuella skador normalt kan åtgärdas på ett relativt enkelt sätt. På samma sätt kan exempelvis byggnader med stora glasfasader vara känsliga för sättningar men eventuella skador från rörelser i grunden kan oftast repareras relativt enkelt. Stödpålade byggnader är normalt inte känsliga för sättningar i underliggande mark men betraktas som normalkänsliga för sättningar i underliggande berg.

<b>A</b>	<b>Känslig byggnad.</b> Ingen risk att kosmetiska, funktionella eller strukturella skador uppkommer om lokal sättning är mindre än 15 mm eller om differenssättningen till intilliggande mätpunkt är mindre än 1/1000. Byggnader grundlagda på trägrundläggning bedöms som känslig byggnad för grundvattensänkningar.
<b>B</b>	<b>Normalkänslig byggnad.</b> Liten risk att kosmetiska, funktionella eller strukturella skador uppkommer om lokal sättning är mindre än 25 mm eller om differenssättningen till intilliggande mätpunkt är mindre än 1/500.

Figur 3: Förslag på "känslighetsklassificering" av byggnader med tillhörande riktvärde för sättningar.

## 4.2. Byggnadskonstruktion

### 4.2.1. Skador i byggnader på grund av sättningar

Skadliga sättningar kan uppkomma i fastigheter på grund av stödkonstruktions- och schaktarbete, bergmekaniska rörelser, grundvattennivåsänkningar, omlagring i jord på grund av vibrationer, massundanträngning vid spontning, jordstabilitetsproblem i anslutning till schakt samt rörelser i berg.

Det finns ingen enhetlig standard för bedömning av påverkan på byggnader kopplat till planerade grundvattensänkningar eller förväntade sättningar av omlagringar i jord. Sättningarna i jord kan beräknas utifrån verifierade beräkningsmodeller men de uppkomna sättningarnas påverkan på byggnader är svårare att beräkna eller uppskatta.

Nedan behandlas sättningsskador i byggnader på samma sätt oavsett hur de uppkommit, av grundvattensänkningar, av omlagringar i jord eller om de uppkommit på annat sätt. Fokus ligger på vilka rörelser en byggnad kan förväntas tåla oavsett hur sättningarna uppkommit. Eftersom det inte finns någon enhetlig standard för sättet att bedöma risken för skador så blir kravställningen på deformationer och sprickor relativt grov och baserad på erfarenhet och empiriska "tumregler" som finns i litteraturen.

Alla byggnader har olika förutsättningar för att klara sättningar, längd, bredd, höjd, material, spännvidder, ålder, grundläggning, undergrund, etc. Parametrarna är till stor del mjuka och svåra att värdera vilket gör att riktvärden för sättningars påverkan på byggnaden inte kan beräknas exakt utan bestäms utifrån empiri på säker sida.

Skador av sättningar kan översiktligt indelas i:

- Kosmetiska skador som exempelvis mindre sprickor i ytskikt inomhus och utomhus som inte på något sätt påverkar byggnadens funktion.
- Funktionella skador vilka påverkar husets funktion. Exempelvis lutande bjälklag, dörrar och fönster som blir svåra att öppna/stänga, sprickor som påverkar husets täthet, etc.
- Strukturella skador vilka är skador som direkt eller på längre sikt påverkar byggnadens bärförmåga, stadga och beständighet.

Strukturella skador får aldrig uppkomma eftersom de kan äventyra människors liv och hälsa tillsammans med byggnadens funktion och beständighet.

Funktionella skador får inte heller uppkomma, möjligtvis att dörrar och fönster behöver justeras i liten omfattning på grund av mindre rörelser i huset.

Kosmetiska skador kan tillåtas uppkomma i liten omfattning och är normalt relativt enkla att åtgärda.

Riktvärden för sättningar som påverkar byggnader bör sättas med utgångspunkten att risken för skador på grund av sättningar ska vara liten. Även i nya hus kan rörelser i stommen på grund av uttorkning, lastomfördelningar, mm ge upphov till sprickor i ytskikt och även anledning till att justera dörrar och fönster. Det är inget ovanligt men utgångspunkten är att huset ska stå still och justeringar ska inte behöva utföras.

Jämna sättningar under en byggnad ger normalt inte upphov till allvarliga skador.

Ledningsanslutningar, installationer i mark såsom vatten, avlopp, el, etc. kan påverkas negativt med stopp och läckage som följd.

Ojämna sättningar under en byggnad ger upphov till differenssättningar mellan olika punkter i byggnaden. Om hela byggnaden sätter sig ojämnt men linjärt så blir resultatet att byggnaden lutar. I

många fall såsom i ett stadskvarter med intilliggande byggnader kan lutningen inte utvecklas utan byggnaden utsätts för tvångskrafter som i sin tur ger skjuvkrafter som byggnaderna normalt inte är dimensionerade för. Detta gör att skjuvsprickor kan uppstå. Ofta i svaga snitt såsom i portöppningar, fönsteröppningar eller liknande.

Stora differenssättningar som i plan ligger nära varandra ger större lutningar eller alternativt större skjuvkrafter som i sin tur kan ge upphov till deformationer och skador.

I litteraturen finns uppskattningar av förväntad skada gjorda utifrån riktvärden för maximal sättning och lutning. Tabellen nedan kan användas som tumregel för bostadshus och kontor som anses var känsliga för rörelser på grund av sin ålder och konstruktion. Tabellen visar både sättning och lutning. I vårt fall är det sannolikt differenssättningen/lutningen som är dimensionerande.

Riskkategori	Maximal sättning	Lutning	Förväntad omfattning av skada
Försumbar	< 10 mm	< 1/500	Osannolikt att ytlig skada uppstår
Lindrig	10 – 50 mm	1/500 – 1/200	Troligt att ytlig skada uppstår, osannolikt med strukturell skada
Måttlig	50 – 75 mm	1/200 – 1/50	Ytlig skada förväntad och troligt med strukturell skada.
Allvarlig	75 mm	>1/50	Strukturell skada förväntad

Figur 4: Uppskattningar av förväntad skada utifrån sättning och lutning.

Ett annat förslag i litteraturen kopplar riktvärden för lutning/differenssättning till omfattning av troliga skador vilket är mer relevant. Lutning på 1/100 anses ge omfattande skador medan en lutning 1/800 bedöms ge försumbara skador.

Gränsvärden	Omfattning av troliga skador
<b>lutning</b>	
1/800	Generellt försumbar påverkan
1/750	Påverkan på maskiner som är känsliga för sättningar
1/500	Säker gräns för byggnader där sprickor ej är tillåtet
1/300	
1/250	Synlig lutning av höga, styva byggnader
1/150	Förväntad strukturell skada. Omfattande sprickor i väggar av trä och tegel
1/100	Omfattande skador

Figur 5: Koppling av riktvärden för lutning/differenssättning till omfattning av troliga skador.

I alla byggnader förekommer rörelser och deformationer som normalt inte observeras mer än när skador uppkommer. Rörelser av nyttiga laster och rörelser i träbyggnader på grund av årstidsbundna variationer i temperatur och relativ fuktighet kan i vissa fall ge tillfälliga differentialrörelser avsevärt större än 1/1000. På samma sätt fungerar betong- och tegelkonstruktioner även om rörelserna är mindre.

Sammanfattningsvis så uppkommer normala rörelser i byggnader i samma storleksordning som det föreslagna riktvärdet för differentialsättningar för ”Känsliga byggnader”

#### 4.2.2. När uppstår skador i byggnader på grund av sättningar

Det beror primärt på byggnadens status, konstruktion och sättningens storlek. Eftersom vanliga byggnader normalt inte dimensioneras för laster av större ojämnheter i undergrunden eller av större differenssättningar så är de flesta hus känsliga för detta oberoende byggnadssätt och ålder.



Resultatet av differenssättningar i en gammal tegelbyggnad blir naturligtvis inte samma som i ett kontorshus i betong med utfackningsväggar. Gemensamt blir ändå att bjälklag kommer att luta och sprickor kommer att uppstå i båda byggnaderna men på olika sätt.

En byggnad som redan har sättningsskador är konstruktivt känsligare än en som inte har sättningsskador eftersom en del av byggnadens förmåga att tåla sättningar då redan är in-tecknad. Å andra sidan är acceptansen hos brukaren för en något större, ökande befintlig spricka, mycket större än när nya sprickor bildas. Byggnader i Lilla Edet uppvisar varierande små tecken på sättningsskador vid okulär syn utifrån.

Skador på byggnader uppstår inte om differenssättningar/lutningar är mindre än 1/500 enligt det empiriskt framtagna tabellerna ovan. Absoluta beloppet på sättningen är alltså mindre intressant om sättningarna är relativt jämna över ett större område. En 10 mm differenssättning på längden 5 meter ger lutningen 1/500.

Det är möjligt att tillåta större absoluta sättningar om differenssättningarna är små.

#### 4.2.3. Förslag på riktvärden för sättningar

Beräknade sättningar varierar från noll till drygt tre centimeter över tidsperioden fem år. Sättningarna efter grundvattensänkningen start utvecklas till absolut största delen, omkring 80 %, under det första året efter grundvattensänkningen.

I och med att man kan konstatera att sättningar kommer uppstå blir den absoluta sättningens storlek relativt ointressant utifrån ett skadeperspektiv på byggnaden. Den dimensionerande faktorn är därför differenssättningarna och den lutning som dessa ger upphov till.

Ett generellt riktvärde för **normalkänsliga byggnader** föreslås vara att differenssättningar tillåts ge upphov till en lutning mindre än 1/500.

Ett generellt riktvärde för **känsliga byggnader** föreslås vara att differenssättningar tillåts ge upphov till en lutning mindre än 1/1000.

Med dessa värden har vi erfarenhetsmässigt en 2-faldig säkerhet mot kosmetiska skador för "Känsliga byggnader" och en god säkerhet för "Normalkänsliga byggnader" samtidigt som de absoluta sättningarna inte kommer att påverka byggnaderna negativt varken kosmetiskt, funktionellt eller strukturellt.

#### 4.2.4. Kulturbyggnader

Kulturbyggnader med känsliga interiörer och exteriörer kan klassas som "Känsliga byggnader" vad gäller sättningar även om byggnaden i sig kan hänföras till gruppen "Normalkänsliga byggnader" på grund av sin konstruktion.

## 5 Slutsats

Generellt bedöms de synade byggnaderna med avseende på skador som påverkar bärighet, stadga och beständighet vara i gott skick utifrån sin ålder, normala tidsberoende mindre skador kan observeras. Byggnaderna har ett varierande behov av yttre underhåll.

Utförlig skadeinventering av samtliga hus/byggnader inom påverkansområdet ska utföras och dokumenteras innan byggstart.

Övervakning och uppföljning av sättningar ska ske före, under och efter färdigställande.

Med utgångspunkt i de beräknade och förväntade sättningarna bedöms risken för att skador i byggnaderna ska uppkomma som små.

I den norra delen av påverkansområdet är de förväntade sättningarna <10 mm varför endast de absoluta sättningarna för respektive hus mäts.

I den sydöstra delen av påverkansområdet kan sättningar som tangerar de teoretiska tröskelvärdena för skada uppstå. I detta område placeras fler dubb i byggnader för att kunna påvisa differenssättningar.

Förslag på placering av avvägningdubb framgår i Bilaga 2.

### 5.1. Bedömning av byggnader

Översiktliga bedömningar av hus och byggnader framgår i bilaga 1.

**Byggnad 70**, Ströms slott, bedöms som kulturhistoriskt värdefull byggnad och ses därmed som "känslig byggnad". Dock är denna grundlagd på berg och påverkas därför inte av sättningar som utbildas i leran.

**Del av byggnaderna 79**, se bilaga 1, bedöms som kulturhistoriskt värdefull och klassificeras därför som "känslig byggnad".

**Byggnad 80** ägs av kommunen och kommer rivas, denna byggnad behöver inte följas upp med avseende på sättningar.

Samtliga övriga byggnader bedöms som "normalkänslig byggnad".

## 6 Förslag till kontrollåtgärder

Kontroll och uppföljning indelas i tre faser:

### 6.1. Innan byggstart

Skadeinventering av samtliga hus och byggnader inom påverkansområdet ska utföras och dokumenteras. Skadeinventering ska i tid ske nära byggstart.

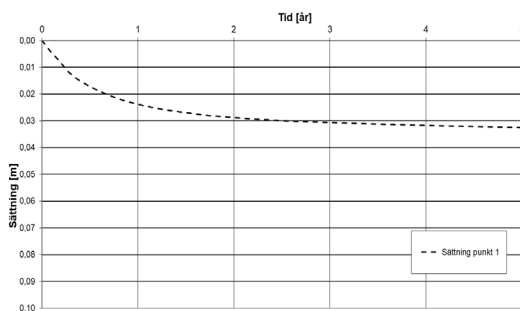
Avvägningsdubbar installeras och avväges så snart som möjligt. Resultat protokollförs.

Förslag på mängd och placering av avvägningsdubb framgår i Bilaga 2.

I närtid till byggstart utförs nollavvägning som utgör bas för uppföljningen. Resultat protokollförs.

### 6.2. Uppföljning under byggtid

De beräknade sättningarna utvecklas till största delen under det första året. Kontrollavvägningar utförs därför med tätare frekvens i början av byggnationen. Mätningar föreslås utföras enligt Tabell 1 nedan så länge grundvattnet är avsänkt.



Figur 6: Beräknad sättning i beräkningspunkt 1, läge se figur 2, utveckling över tid.

Tabell 1: Avvägningsintervall för uppföljning av sättningar. Observera att byggtiden kan vara kortare än 5 år.

År	Mätfrekvens
1	1 gång per månad
2	Varannan månad
3	Var 3:e månad
4, 5, →	Var 4:e månad

Föreslagen mätfrekvens i tabell 1 baseras på den teoretiska beräknade sättningshastigheten i figur 6. I anläggningsskedet anpassas mätningarna efter entreprenadtidplan med högst frekvens under perioden då de huvudsakliga sättningarna förväntas utbildas. Mätintervallet kan justeras då sättningstakten avtar enligt utförda mätningar.

Mätningarna följs upp och analyseras med avseende på absoluta sättningar, lutningar och differenssättningar.

#### **Signalvärden**

Om differenssättningarna för någon byggnad närmar sig 75 % av riktvärdena, motsvarande 1/650 för normalkänslig och 1/1300 för känslig byggnad, skall den aktuella byggnaden inspekteras och ny riskanalys och bedömning utföras.

Avseende absoluta sättningar ska normalkänsliga byggnader inspekteras och ny riskanalys och bedömning utföras om den absoluta sättningen uppgår till 15 mm.

### **6.3. Efter färdigställande av sluss**

Med ”efter färdigställande av sluss” menas här då slussanläggningen är färdigställd och grundvattentrycknivån ställt in sig mot de förhållanden som bedöms råda i driftskedet.

Efter färdigställandet av slussen ska slutavvägning ske efter 6 respektive 12 månader. Resultatet av hela mätserien ska sammanställas i en utvärderande rapport.