

V259 Tvärförbindelse Södertörn

TSK01

Tillståndsansökan Vattenverksamhet

PM Yt- och grundvatten

Bilaga D1.4

Sättningsrisk och inventering av känslig grundläggning

Väg 259

2022-06-22

0G141034.doc

Rev	Ant	Ändring avser	Godkänd	Datum

Granskare	Godkänd av	Ort	Datum
Elisabet Hammarlund	Eva Öberg	Stockholm	2022-06-22

Objektnamn	V259 Tvärförbindelse Södertörn
Entreprenadnummer	TSK01
Entreprenadnamn	Tillståndsansökan Vattenverksamhet
Beskrivning 1	PM Yt- och grundvatten
Beskrivning 2	Bilaga D1.4
Beskrivning 3	Sättningsrisk och inventering av känslig grundläggning
Beskrivning 4	Väg 259
Granskningsstatus	
Diarienummer	TRV 2021/54284
Konstruktionsnummer	
Objektnummer	145326
Plantyp	
Handlingstyp	
Företag	Tyréns AB
Författare/Konstruktör	Emelie Johansson
Externnummer	260805



Innehåll

1	Inledning	4
1.1	Syfte	4
1.2	Omfattning och avgränsning	4
2	Förutsättningar och krav	5
2.1	Marksättningsars utbildande	5
2.2	Branschkrav, riktlinjer och bestämmelser	5
3	Områdesspecifika förutsättningar	6
3.1	Geotekniska förutsättningar	6
3.2	Pågående sättningar	6
4	Metodik.....	6
4.1	Sättningsbenägna jordar	6
4.1.1	Egenskaper hos sättningsbenägna jordar	7
4.1.2	Sättningsberäkningar	8
4.2	Inventering av potentiellt sättningskänsliga objekt	10
4.2.1	Sättningskänslig husgrundläggning	10
4.2.2	Sättningskänsliga ledningar.....	11
4.2.3	Övriga sättningskänsliga objekt.....	11
5	Resultat.....	11
5.1	Lerdjupsmodell.....	11
5.2	Potentiellt sättningskänsliga objekt	11
5.2.1	Sättningskänslig husgrundläggning	11
5.2.2	Sättningskänsliga ledningar.....	13
5.2.3	Övriga sättningskänsliga objekt.....	13
5.3	Sättningsberäkningar	13
5.3.1	Lerområde 1, västra Glömstadalen	14
5.3.2	Lerområde 2, centrala Glömstadalen	17
5.3.3	Lerområde 3, östra Glömstadalen	21
5.3.4	Lerområde 4, Flemingsberg.....	25
5.3.5	Lerområde 5, Ekedal	28
5.3.6	Lerområde 6, Lissma	31
6	Bedömning av sårbarhet för sättningar	35
6.1	Metodik och klassificering	35
6.2	Sårbarhet för sättningar	35
6.2.1	Masmotunneln.....	35
6.2.2	Lerområde 1, västra Glömstadalen	36
6.2.3	Lerområde 2, centrala Glömstadalen	36
6.2.4	Lerområde 3, östra Glömstadalen	36
6.2.5	Lerområde 4, Flemingsberg.....	37
6.2.6	Flemingsbergstunneln och Tpl Gladö	37
6.2.7	Lerområde 5, Ekedal	37

6.2.8	Lerområde 6, Lissma.....	38
6.2.9	Sträckan Trafikplats Rudan och Trafikplats Slätmosse	38
6.3	Sammanfattning av sättningsberäkningar och bedömning av sårbarhet	38
Referenser.....		40
Bilagor.....		40
	Bilaga 1 Lerdjupsmodell	40
	Bilaga 2 Sättningskänsliga byggnader	40
	Bilaga 3 Sättningskänsliga ledningar.....	40

1 Inledning

Denna PM utgör bilaga till PM yt- och grundvatten som är en del av tillståndsansökan för vattenverksamhet längs väg 259 i Trafikverkets projekt Tvärförbindelse Södertörn.

1.1 Syfte

Föreliggande rapport syftar till att identifiera riskobjekt med avseende på sättningar genom att:

- redovisa förekomsten av och egenskaperna hos sättningsbenägna jordar längs Tvärförbindelse Södertörn
- inventera potentiellt sättningskänsliga objekt och deras grundläggning inom identifierade områden med sättningsbenägen jord
- sammanfatta resultat av utförda sättningsberäkningar

De resultat som presenteras i denna PM utgör underlag för bedömning av sättningsrisk i samband med den grundvattenbortledning som erfordras för anläggandet av Tvärförbindelse Södertörn samt för bedömning av skydds- och kontrollåtgärder i tillståndsansökan för vattenverksamhet.

1.2 Omfattning och avgränsning

Denna PM omfattar frågeställningar relaterade till sättningsrisk, såsom utbredning och egenskaper hos lerjordar, klassning av grundläggning och beräkning av sättningsförlopp. Detaljeringsgraden hos utredningen har varierat längs tvärförbindelsens sträckning utifrån vetskap om var grundvattenbortledning kommer att bli aktuell, den förväntade storleken på grundvattenbortledningen och förekomsten av riskobjekt. Störst bortledning av grundvatten förväntas för de planerade vägtunnlarna där framförallt Glömstatunneln och Solgårdstunneln som båda är belägna nära Glömstadalen kan komma att påverka grundvattennivåer i områden med lera och tät bebyggelse. Glömstadalen och området kring Solgård har därför identifierats som områden med störst risk avseende sättningar och större vikt har lagts på att utreda förhållandena i detta område.

Sättningsbenägen jord omfattar i denna PM lera, organisk jord och växellagrad ler- och siltjord. Kartläggningen av områden med sättningsbenägna jordar har utförts inom ett konservativt antaget område kring tvärförbindelsen vilket avgränsats på geologiska och hydrogeologiska grunder och med hänsyn till planerad grundvattenbortledning.

De geotekniska undersökningar som utförts för systemhandlingsprojekteringen har främst gjorts längs planerad vägsträckning för Tvärförbindelse Södertörn. För projekteringen har data också inhämtats från tidigare projekt i närheten av planerad väganläggning. Ett antal riktade undersökningar har utförts i syfte för denna PM, vilka lokaliserats till identifierade riskområden för sättningar. Utöver detta har data från SGU:s brunnsarkiv, Huddinge kommuns bygglovsarkiv och SGU:s jordartskarta utgjort underlag för bedömning av de sättningsbenägna jordarnas utbredning och mäktighet.

Inventeringen av potentiellt sättningskänsliga objekt har begränsats till att innefatta byggnader, ledningar, järnväg och större vägar som är belägna inom de avgränsade områdena med sättningsbenägna jordar.

Sättningsberäkningar har utförts inom sex delområden som avgränsats beroende på principiell lagerföljd och liknande egenskaper hos leran. Inom varje delområde har representativa värden ansats för lerans materialegenskaper och grundvattennivå relativt markytan. Beräkningar av sättning som funktion av tiden har sedan genomförts för olika lagertjocklek för leran i kombination med olika omfattning av grundvattensänkning. Resultaten av sättningsberäkningarna är generella för respektive

delområde. I praktiken innebär det att det kan finnas lokala områden med högre eller lägre värden än de generella. För specifika resultat gällande enskilda objekt behövs beräkningar med platsspecifika parametrar. Underlaget för sättningsberäkningarna och mera detaljerad beskrivning av beräkningsmetoden finns redovisad i en beräkningsPM (Trafikverket, 2020).

Den sårbarhetsanalys som utförs inom denna PM utgör inte en bedömning av förväntad sättningsrisk i samband med anläggandet av Tvärförbindelse Södertörn. Syftet med den sårbarhetsanalys som presenteras är att identifiera särskilda riskområden och riskobjekt med större sannolikhet för sättningsproblematik. Resultatet utgör underlag för vidare bedömning av sättningsrisk där hänsyn också tas till storleken på den förväntade grundvattensänkning i samband med anläggandet av väg 259 Tvärförbindelse Södertörn.

2 Förutsättningar och krav

2.1 Marksättningsars utbildande

En marksättning innebär en sänkning av markytans nivå till följd av deformation i underliggande lager i form av volym- och/eller formändring. Deformationer i jord uppkommer som resultat av spänningsändringar i jordelementet. De kan bero på tillskottslaster på markytan, grundvattensänkningar i området eller bildning av hålrum i mark från exempelvis nedbrutet organiskt material.

Ett jordelement består i sitt mättade tillstånd av både jordkorn och porvatten, bägge delar bär upp jordskelettet samt eventuellt överliggande last. Vid en eventuell lastökning kommer i första hand porvattnet att agera som det bärande mediet, vilket kommer att skapa ett övertryck och därmed bortledning av vattnet. Efterhand som vattnet dränerar kommer jordskelettet överta belastningen, och en volymförändring sker då jorden packas samman.

Detta deformationsförlopp brukar benämnas primär konsolidering och innefattar alltså den deformation som sker av att effektivspänningen ökar till följd av att porövertrycket jämnas ut. Primära konsolideringens tidsförlopp är förenklat beskrivet en funktion av jordens permeabilitet, kompressionsmodul och dräneringsmöjlighet.

Sekundär konsolidering, även känd som krypsättning, är en deformation som fortgår även efter det att porövertrycket jämnas ut. Deformationen brukar förklaras med att lermineralen reorienteras med den nya spänningsökningen. Den sekundära konsolideringen pågår samtidigt som den primära, men försätter även då konstant spänning råder.

Flertal faktorer påverkar ett lerområdes sättningsbenägenhet, en av de mer tydliga är lerans spänningshistoria. Har leran tidigare varit utsatt för en spänningsändring är den anpassad efter den ändringen även om spänningen senare återgått. Det tidigare högst belastade trycket benämns förkonsolideringstrycket. Om leran åter belastats lägre eller upp till förkonsolideringstrycket kommer enbart marginell ny sättning uppstå, det är först då förkonsolideringstrycket överskrids som en större deformation kommer att ske.

2.2 Branschkrav, riktlinjer och bestämmelser

Generella riktlinjer avseende sättningskrav är svåra att upprätta då många faktorer spelar in när en byggnads eller lednings sättningskänslighet ska bedömas. Till exempel kan en byggnad, som är grundlagd med hel källare i lera (så kallad "kompensationsgrundläggning", där vikten hos jorden som schaktats bort motsvarar ungefär vikten av byggnaden som byggs där) vara mycket känslig för små förändringar till följd av en grundvattensänkning genom att byggnaden redan kan vara utsatt för sättningar som orsakat spänningar i byggnaden. Enbart en liten förändring kan i detta fall ge upphov till sprickor i byggnaden.

Ett annat exempel kan vara att en komplementbyggnad i trä (garage, carport eller förrådsbyggnad) som är plattgrundlagd kan tåla stora sättningar utan att ta nämnvärd skada.

Även när det kommer till ledningar som grundlagts i lera finns en stor skillnad i sättningskänslighet. Det beror dels på vilken ledningstyp (vatten-/ spillvatten-/ dagvatten eller fjärrvärmeledning) som avses, dels på vilket material som ledningen består av (exempelvis är vissa ledningar känsligare än andra gällande om skarvarna kan glida isär eller ifall spillvatten blir stående i betongrör så kan svavelväte bildas och betongen löses upp).

Gemensamt för dessa generella riktlinjer/branschkrav är att ge en ungefärlig fingervisning på totalsättningar i olika förhållanden och förutsättningar. Ett annat scenario är ifall marken sätter sig ojämnt som gör att man får sättningskillnader – s k differentialsättningar. Några generella krav på differentialsättningar finns inte, utan nedan angivna tumregler kan sägas gälla i anläggningsbranschen;

Byggnader (putsade eller tegelbeklädda fasader)	cirka 1-2 cm
Byggnader (trä)	cirka 3-5 cm
Självfallsledning	cirka 2-4 cm
Pålade byggnader med omgivande oförstärkt mark	cirka 10-20 cm

3 Områdesspecifika förutsättningar

3.1 Geotekniska förutsättningar

Tvärförbindelsen Södertörns planerade sträckning ligger inom ett för Södertörn vanligt förekommande sprickdalslandskap. Höjddpartier utgörs av hållmark eller tunt jordtäckte medan de mellanliggande lerfyllda dalarna har större jorddjup. Lerans mäktighet i dalgångarna är typiskt mellan 5 och 15 m innan gradvis övergång med större inslag av silt sker nedåt innan friktionsjorden nås. Leran är i stor utsträckning sättningsbenägen om last tillförs i form av vägbank eller om grundvattensänkning (trycksänkning) utförs i underliggande slutna grundvattenmagasin.

3.2 Pågående sättningar

Mätning av sättningar har utförts i peglar vid västra stambanan vid planerad trafikplats Solgård. Resultaten visar att det pågår sättningar. Peglarna uppvisar totalsättning på 1-4 mm som har utbildats under de cirka 16 månader som mätningen har pågått.

4 Metodik

4.1 Sättningsbenägna jordar

Kartläggningen av områden med sättningsbenägna jordar utgör en förutsättning för resterande utredningar i denna rapport. Bedömningen av lerjordarnas utbredning och mäktighet har baserats på utförda geotekniska undersökningar, inhämtade geotekniska data från närliggande projekt, SGU:s jordartskarta samt topografi.

För att bättre förstå sättningsriskerna i Glömstadalen och kring Solgård har en översiktlig modell över lerjordarnas mäktighet tagits fram. Indata till modellen har varit utförda geotekniska undersökningar i närheten av planerad väganläggning (CPT, viktsonderingar, provtagningar och hejarsonderingar) och i mindre omfattning jordlagerföljder från SGU:s brunnsarkiv samt geotekniska undersökningar från Huddinge kommuns bygglovsarkiv. Lerdjupsmodellen baseras på en geologisk bedömning utifrån provtagningar och uppmätta motstånd vid olika sonderingsmetoder, samt de korrelationer som förekommer lokalt där både provtagning och sondering utförts. För begränsning av utbredning i plan har förekommande lermäktigheter, jordartskartan och variationer i terrängen använts.

Lerdjupsmodellen syftar till att ge en översiktlig beskrivning av lerlagrets mäktighet vilket innebär att geotekniska tolkningar inte gjorts för samtliga indatapunkter. Lagret har i överkant avgränsats mot markytan, innebärande att eventuell torrskorpa eller fyllning inte beaktats. Lermäktigheten i varje datapunkt har utgjort djupet från markytan till övergång mellan lera och silt. Där denna övergång sker gradvis har lermäktigheten tolkats konservativt.

Modellens noggrannhet varierar på grund av de ojämnt fördelade undersökningspunkterna, som framförallt varit lokaliserade till tvärförbindelsens planerade sträckning. Redovisade modellerade mäktigheter skall ses som indikativa och ej absoluta. För absolut information krävs kompletterande undersökningar med just detta syfte.

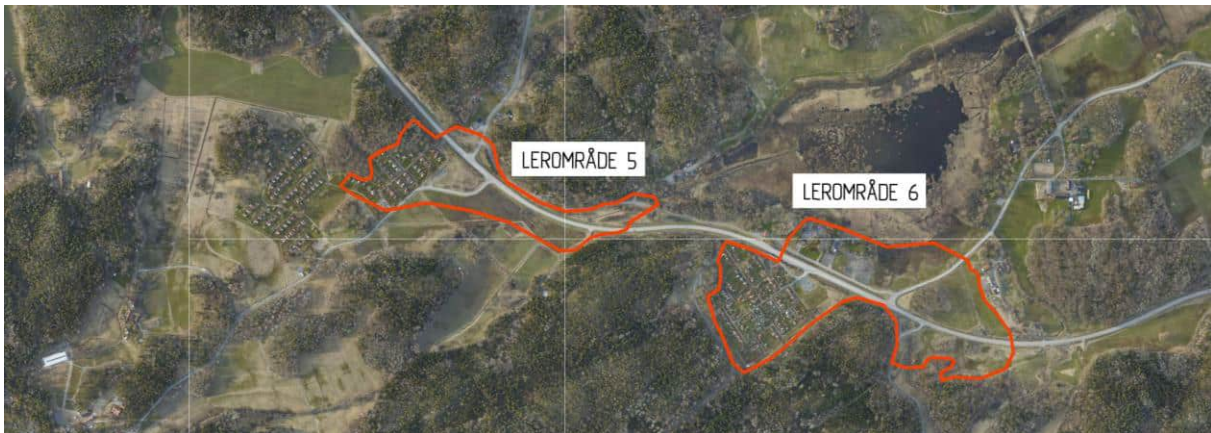
4.1.1 Egenskaper hos sättningsbenägna jordar

Lerjordens egenskaper har undersökts genom störd och ostörd provtagning samt CPT-sondering (CPT=Cone Penetration Test är en provtagningsmetod som innebär att man trycker ner en konformad spets och mäter jordens motstånd i form av tryckmotstånd mot spetsen och vattentrycket mot djupet). Jordprover har analyserats i laboratorium genom rutinanalyser för utvärdering av indexegenskaper så som konflytgräns, naturlig vattenkvot och densitet. CRS-försök (CRS=Constant Rate of Strain som innebär att mäta jordens deformationsegenskaper med hjälp av stegvis eller med en konstant last i en laboratorieuppställning) har utförts på ostörd provtagning för utvärdering av deformations-egenskaper. CPT-sonderingar har utvärderats med hjälp av Statens Geotekniska Institutets redovisningsprogram CONRAD.

För att utföra beräkningar har identifierade riskområden delats in i mindre lerområden. Ett lerområde består av vad som identifierats som en sammanhängande lerjord med liknande egenskaper avseende sättningsbenägenhet. I Figur 1 och Figur 2 är dessa lerområden markerade. Inom varje lerområde finns en variation vad gäller lerdjup som beaktas i sättningsberäkningarna.



Figur 1 Lerområde 1 till 4 är markerade. Områdena är belägna i Glömstadalen och nordväst om Flemingsberg.



Figur 2. Lerområde 5 och 6 är markerade. Områdena är belägna vid Ekedal och Lissma, väster om Jordbro.

4.1.2 Sättningsberäkningar

En detaljerad beskrivning av beräkningsmetodik samt tolkning och utvärdering av undersökningsresultat som ligger till grund för beräkningarna finns redovisad i en underlagsrapport; PM beräkningar Geoteknik (dokument OG140070). Nedan sammanfattas metodiken.

Sättningsberäkningar har utförts i påverkansområden där eventuella sättningskänsliga objekt identifierats. För varje delområde har en konceptuell jordprofil tagits fram som grund för beräkning. Beräkningar har utförts med hjälp av programmet Geosuite Settlements. Beräkningen omfattar primär och sekundär konsolidering (krypning).

Värden för indata hämtas dels från CRS-försök på lerprover från området och dels från empiriska tabeller och samband. För varje lerområde har resultat från samtliga laboratorieundersökningar sammanställts i diagram som visar de geotekniska parametrarnas variation.

Med utgångspunkt från diagrammen samt erfarenhetsbaserat geotekniskt kunnande har valda värden för sättningsparametrar fastställts. Parametrarna har valts konservativt för att inte underskatta sättningsarnas storlek, dock ska de inte tolkas som värsta tänkbara utfall.

Av programtekniska skäl har grundvattenavsänkningen modellerats med dubbelsidiga dräneringsförhållanden. För sättningar som följd av grundvattenavsänkning skulle en enkelsidig dränering nedåt mer efterlikna det faktiska förloppet då det övre grundvattenmagasinet förblir orört. En modellering med dubbelsidig dränering anses ändå acceptabelt då områdets jordprofiler innefattar flertal silt- och sandlager vilka bidrar till ökad dränering. Dräneringsvägar påverkar inte totalsättningen utan enbart tidsförloppet av sättningarna. En mer effektiv dränering skapar ett snabbare tidsförlopp.

Beräkningarna har modellerats med antagande av en fullständig grundvattenavsänkning som sker linjärt inom ett dygn. Beroende på grundvattenförhållande och avstånd till platsen för avledning kan en avsänkning ske mer eller mindre snabbt. Generellt är förloppet snabbast initialt och i närområdet och långsammare när trycksänkningen motverkas av pågående grundvattenbildning eller tillrinning från randzoner. Tidsrymden för grundvattenavsänkning kan i praktiken därför variera från momentan till flera månader. Antagandet att avsänkningen sker på ett dygn innebär ett konservativt antagande i relation till sättningsförloppens tidshorisont som omfattar en beräkningsperiod om 100 år.

Rådande grundvattennivå vid beräkningsstart har ansatts utifrån tillgängliga grundvattennivåmätningar i området samt med hänsyn till eventuell förekomst av torrskorpelera i jordprofilen. Grundvattennivåerna fluktuerar naturligt med årstiden, med en hög grundvattenbildning i början av året och sjunkande nivåer vid tidig höst. Nivåerna har ansatts som medelnivåer. Porttrycket antas vid beräkningsstart vara hydrostatiskt genom hela lermäktigheten.

Samtliga områden har beräknats för eventuella grundvattensänkningar på 0,5, 1, 2, 3 samt 5 meter. För de profiler där lerlagren är mindre än 5 meter har maximal grundvattenavsänkning varit 4 meter. Sättningsberäkningar har utförts på jordprofiler som avtar stegvis i mäktighet från de olika lerområdenas maxdjup till en lägsta mäktighet på 5 meter under markytan. Beräkningar har utförts för tidsperspektiven 0,5, 1, 2, 3, 5, 10, 50 och 100 år, där 100 år antas motsvara en teoretisk totalsättning.

Beräkningarna som utförts är generella. Samtliga laborationsdata har sammanställts och en form av lägre medelvärde har ansatts för områdena. I praktiken innebär det att det kan finnas lokala områden med högre eller lägre värden än det generella, vilket då kan ge andra sättningsresultat. För lokala resultat gällande enskilda objekt bör beräkningar utföras med platsspecifika parametrar.

Beräknade tidsförlopp för sättningarna är osäkra. Felkällor infettar bland annat att beräkningarna utgått från en total grundvattensänkning sker inom 1 dygn, att dränerande skikt av grövre material inte modellerats i profilerna samt att en dubbelsidig dränering ansatts. Vid den typ av generella beräkningar över större områden som gjorts i föreliggande beräkningsrapport, är det svårt att nå en högre noggrannhet. Beräknade värden bör ses som indikativa för området, och resultaten bör utläsas med vetenskap att tidsförloppen kan vara avvikande mot resultaten.

De sättningsresultat som här kan utläsas efter en kortare tidsperiod kan ge indikationer kring de sättningar som uppstår av en temporär avsänkning, men de motsvarar inte en totalsättning beräknad för temporär avsänkning. Detta beror på att sättningar för de temporära fallen kan fortgå efter att grundvattenytan återställts, vilket innebär att resultat som utläses efter en viss tid i ovanstående resultat riskerar att vara för låga.

Hur stor grundvattensänkning som kan uppkomma på olika platser beräknas med olika beräkningsmetoder enligt redovisning i PM hydrogeologiska och hydrotekniska beräkningar (dokument OG141016) och behandlas inte i denna PM.

4.2 Inventering av potentiellt sättningskänsliga objekt

Inventering av potentiellt sättningskänsliga objekt har utförts inom identifierade områden med lerjordar. Speciellt beaktande har tagits till övergångszonen mellan lera och morän eller berg på grund av risken för differentialsättning i dessa områden. Inventeringen har omfattat husgrundläggning, ledningar, järnväg och större vägar.

4.2.1 Sättningskänslig husgrundläggning

Inventeringen av husgrundläggning har omfattat alla typer av byggnader, inklusive komplementbyggnader (garage, carport, uthus m fl), som är belägna i identifierade lerområden. Information om byggnaders geografiska placering har hämtats från lantmäteriets dataskikt för byggnader (BY) i GSD-Fastighetskartan (daterad 2019-12-10). Uppgifter om husgrundläggning har inhämtats från Huddinge och Botkyrka kommuns bygglovsarkiv. I Haninge kommun har inga byggnader identifierats i de utpekade områdena med sättningsbenägen jord, och uppgifter om husgrundläggning har därför inte inhämtats. Detaljerad information om grundläggningstyp har i övervägande del saknats bland de arkiverade handlingarna och en kvalificerad ingenjörsmässig bedömning utifrån tillgängliga ritningar har därför varit nödvändig. Även uppgifter om grundläggningsdjup och eventuella bortschaktade massor har generellt saknats bland handlingarna. Det har i de flesta fall därför inte gått att fastställa vilka byggnader, belägna i lerområden, som grundlagts på fast botten.

Inventerad husgrundläggning har fördelats mellan fem kategorier, se Tabell 1. Byggnader som klassats till grundläggningstypen murar och/eller plintar har bedömts som potentiellt sättningskänsliga då information saknats gällande om de grundlagts på fast mark eller inte. I de fall där det kunnat fastställas att grundläggning gjorts på fast botten har byggnaden istället kategoriserats enligt detta, och då inte bedömts vara sättningskänslig. Byggnader som tillhör kategorin grundlagda med platta på mark har alla bedömts vara sättningskänsliga då inventering utförts inom områden med lermark. För de byggnader där en kvalificerad bedömning inte kunnat göras eller då handlingar helt saknats har beteckningen "grundläggningsuppgift saknas" använts och grundläggningen bedömts vara potentiellt sättningskänslig. Byggnader som grundlagts med betong och/eller stålplåtar har inte bedömts vara sättningskänsliga, däremot kan en problematik istället uppstå genom att omgivande mark vanligen är oförstärkt.

Tabell 1. Kategorier för husgrundläggning och bedömd sättningskänslighet.

Grundläggningstyp	Bedömd sättningskänslighet	Kommentar
Grundlagd på murar och/eller plintar	potentiellt sättningskänslig	Här ingår också byggnader med källare.
Grundlagd med platta på mark	sättningskänslig	
Grundlagd med betong- och/eller stålplåtar	ej sättningskänslig	Omgivande mark är vanligen oförstärkt
Grundläggningsuppgift saknas	potentiellt sättningskänslig	Här ingår byggnader som helt eller delvis (för tillbyggnader) saknar handlingar.
Grundlagd på fast mark	ej sättningskänslig	

4.2.2 Sättningskänsliga ledningar

De ledningar som bedömts vara sättningskänsliga och därmed ingått i inventeringen har definierats som ledningar belägna på/i lerjord och av följande typ och dimension:

- Vattenledning ≥ 200 mm
- Spillvattenledning ≥ 400 mm
- Dagvattenledning ≥ 400 mm
- Fjärrvärme, alla dimensioner
- Gasledning, alla dimensioner

Uppgifter om dessa ledningar har inhämtats från respektive ledningsägare (Botkyrka, Haninge och Huddinge kommun, Stockholm Vatten och Avfall, Södertörns Fjärrvärme samt Vattenfall Värme).

Förutom dessa större ledningar föreligger även risk för sättningskada hos ledningar som ansluter till byggnader i de fall där sättningen inte är den samma för byggnad och ledning. Detta gäller speciellt pålade byggnader med omkringliggande oförstärkt mark.

4.2.3 Övriga sättningskänsliga objekt

Övriga sättningskänsliga objekt som inventerats är järnväg och större vägar.

5 Resultat

5.1 Lerdjupsmodell

Lerdjupsmodellen visar att lerjordens mäktighet varierar kraftigt i området, se Bilaga 1. Lermäktigheten bedöms vara som störst i området mellan Glömsta och Kästa, mellan Kästa och Solgård samt vid Flemingsbergs våtmarksanläggning. Från dessa områden och mot högre terräng avtar lerdjupet. I bilaga 1 ses även den geografiska fördelningen av indatapunkter till modellen. Ur denna information kan utläsas att speciellt lermäktigheten i området kring Vistaskolan norr om Glömstavägen baseras modellen på få indata och är därmed mera osäker.

5.2 Potentiellt sättningskänsliga objekt

5.2.1 Sättningskänslig husgrundläggning

Resultatet från inventeringen av sättningskänslig husgrundläggning har sammanställts i Tabell 2 nedan. Redovisning på plankartor ses i Bilaga 2. I tabellen redovisas inventerad husgrundläggning för bostadshus, industribyggnader och byggnader med samhällsfunktion uppdelat per område och totalt för hela tvärförbindelsen. Komplementbyggnader har sorterats ut och redovisas endast till antalet då grundläggningsuppgift i övervägande del inte gått att finna i arkiven, sannolikt på grund av att de inte alltid är bygglovspliktiga, samt då risken för att sättningskador ska uppstå är lägre. Grundläggningen kan dock antas vara av enklare slag med platta eller plintar. Eventuell inhämtad grundläggningsuppgift för komplementbyggnaderna ses i plankartorna i Bilaga 2.

I kategorin "grundläggningsuppgift saknas" ingår flertalet byggnader som i en eller flera omgångar byggts till och där grundläggningsuppgift saknas för minst ett av dessa tillfällen. För delar av byggnaden kan därmed grundläggningstypen vara känd.

I området kring Masmotunneln har inga byggnader identifierats på lerområden som riskerar att påverkas av grundvattensänkning. Kring trafikplats Flottsbro och Glömstatunneln har ett större antal byggnader inventerats. Framförallt rör det sig om villabebyggelse i bostadsområdet Glömsta, ett område med kedjehus i Kästa och ett fåtal villor i Tullinge. Flera av de inventerade bostadshusen i Glömsta som kategoriserats som "grundlagd på murar och/eller plintar" är byggda på 30/40-talet och har källare. Även nyare bebyggelse med plattgrundläggning förekommer dock. Ett fåtal hus intill Glömstavägen är pålade.

I området kring trafikplats Kästa förekommer villabebyggelse, skola och industri. Flertalet av bostadshusen som är lokaliserade vid utkanten av lerområdena är från 30/40-talet och byggda med källare. Till Vistaskolan hör flertalet byggnader där de nyare är pålgrundlagda. Huvudbyggnaden har byggts till i flera omgångar varav vissa delar saknar grundläggningsuppgift och vissa delar har grundförstärkts. En temporär barack på plintar som används som förskola är belägen just söder om Vistaskolan. Kring Vistaskolan förekommer nyare bostadsområden som till stor del är pålade. Söder om befintliga väg 259 har ett antal industribyggnader uppförts mellan 2016–2019 vilka samtliga är pålade.

Omkring trafikplats Solgård har villabebyggelse i Vårdkasen och Solgård samt industrifastigheter i Flemingsbergs industriområde inventerats. En majoritet av bostadshusen tillhör kategorin "grundlagd på murar och/eller plintar" där de flesta är byggda på 30/40-talet och med källare. I industriområdet förekommer flera pålade byggnader. Den största industribyggnaden (se bilaga 2), vilken klassats som plintgrundlagd, är både grundlagd med pålar och plintar utifrån djup till berg. Detta gäller även för ytterligare två industribyggnader i området som klassats som plintgrundlagda. Även den L-formade byggnaden, belägen intill tvärförbindelsen vid km 9/000, är pålad men uppgift saknas för en tillbyggd del.

För området kring Flemingsbergstunneln förekommer endast ett fåtal byggnader på lera, som är belägna i Visättra och Stensättra. I Visättra ligger en sporthall som är plattgrundlagd och ett mindre bostadsområde som är pålat. Byggnader som saknar grundläggningsuppgift är bland annat temporära baracker, en mindre sporthall och längst i väster några byggnader som mest troligt grundlagts på fast botten då de tillhör samma bostadsprojekt som de pålade husen. I Stensättra saknas uppgifter för de flesta av byggnaderna. Majoriteten av husen är belägna inom samma fastighet som är en lantbruksfastighet.

Kring trafikplats Gladö har inga byggnader identifierats på lerområden som riskerar att påverkas av grundvattensänkning. Vid Ekedal och Granby finns två områden med kolonistugor och ett fåtal andra byggnader som inventerats. För kolonistugorna saknas handlingar i bygglovsarkivet men grundläggningen har dock bedömts vara av enklare slag, mest troligt med plintar och/eller murar.

Omkring trafikplats Rudan och trafikplats Slätmosen har inga byggnader identifierats på ler- eller torvområden som riskerar att påverkas av grundvattensänkning.

Tabell 2. Sammanställning av inventerad husgrundläggning uppdelat per område. Komplementbyggnader redovisas i separat kolumn utan grundläggningsuppgift.

Område	Grundlagd på murar och/ eller plintar	Grundlagd med platta på mark	Grundlagd med betong- och/eller stältpålar	Grundläggningsuppgift saknas	Komplementbyggnader
Masmotunneln	0	0	0	0	0
Trafikplats Flottsbro och Glömstatunneln	61	38	7	83	203
Trafikplats Kästa	22	9	50	64	87
Trafikplats Solgård	56	14	20	27	106
Flemingsbergs-tunneln	1	1	6	14	32
Sträckan Tpl Gladö och Tpl Lissma	203	1	0	13	139
Sträckan Tpl Rudan och Tpl Slätmosse	0	0	0	0	0
Totalt	343	63	83	201	567

5.2.2 Sättningskänsliga ledningar

Identifierade områden med potentiellt sättningskänsliga ledningar har sammanställts i Bilaga 3. Inga gasledningar har identifierats i områden med lera och förväntad grundvattenbortledning.

I Glömstadalen har fjärrvärmeledningar identifierats längs södra sidan av dalgången och VA-ledningar längs norra sidan. Även i området kring trafikplats Solgård och i Visättra förekommer båda ledningstyperna. I övrigt har VA-ledning identifierats söder om trafikplats Gladö och fjärrvärmeledning vid trafikplats Slätmosse.

5.2.3 Övriga sättningskänsliga objekt

Övriga potentiellt sättningskänsliga objekt som identifierats i inventeringen är Västra stambanan och Huddingevägen vilka korsas av tvärförbindelsen vid Solgård, samt Glömstavägen som löper parallellt med tvärförbindelsen i Glömstadalen. Västra stambanan är i aktuellt område grundlagd på lera utan grundförstärkning eller rustbädd.

5.3 Sättningsberäkningar

Resultat för genomförda sättningsberäkningar ska ses som indikationer för områdets sättningsbenägenhet och ej som fastställda sättningsnivåer. De generella beräkningar som utförts kan kompletteras med platsspecifika beräkningar för att fastställa sättningsnivåer för enskilda objekt baserat på platsspecifika förhållanden om fortsatt utredning och riskbedömning indikerar stor risk.

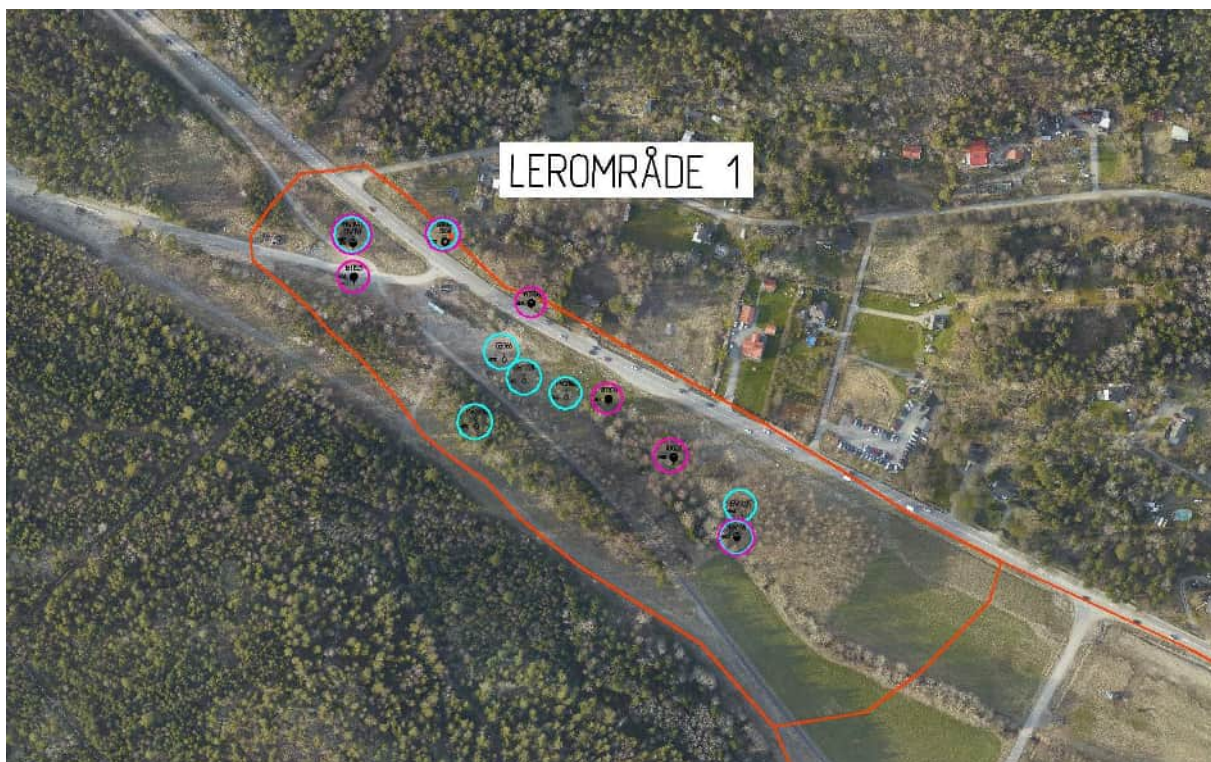
Resultat av sättningsberäkningen redovisas i tre diagram per lerområde. De första två visar avsänkning som funktion av tiden. Uppdelning i två diagram är för att öka läsbarheten. Första diagrammet visar avsänkning för 0,5 och 1 meter och andra diagrammet avsänkning för 2, 3 och 5 meter. I diagrammen har sättnings som funktion av tid ritats och varje jorddjup redovisas med en enhetlig färg. För varje jorddjup ritas en serie med kurvor som motsvarar olika stor avsänkning. Dessa ritats med olika linjetyp. Redovisad tidsperiod löper från 0 till 50 år, där 50 år i de flesta fall anses utgöra värde för totalsättning.

I ett tredje diagram för respektive lerområde redovisas beräknad totalsättningen som en funktion av grundvattensänkningens storlek för olika lermäktighet. Detta diagram har relevans för områden där grundvattensänkning kommer att fortsätta under vägens driftskede.

5.3.1 Lerområde 1, västra Glömstadalen

5.3.1.1 Geologiska förhållanden

Västra delen av Glömstadalen karakteriseras av sin närhet till Tullingestråket som utgörs av en serie olika isälvsavlagringar mellan Sunnerby i sydost och Ekerö i nordväst. Lerområde 1 avgränsas av moränklädda höjdparter i tre riktningar (Figur 3). Kvarstående gräns mot lerområde 2 har valts då lerområde 1 bedöms ha lägre lermäktighet, mer inslag av silt- och sandlager samt ett övre lager av svallsediment.

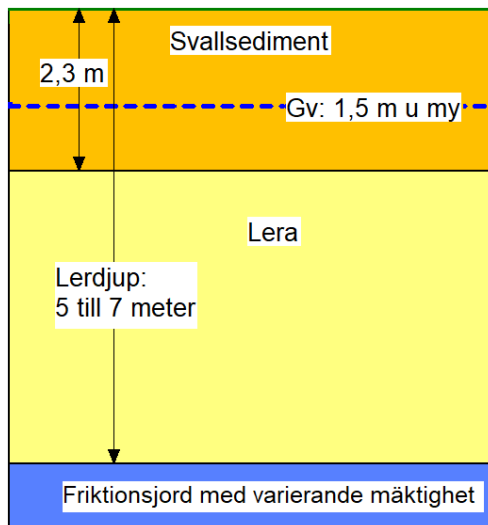


Figur 3. Lerområde 1: rosa cirklar markerar CRS-undersökningar och blå cirklar markerar grundvattenrör.

Lerområde 1 har ett markant övre lager som utgörs av svallsediment bestående av växellagrad sand och silt. Mäktigheten varierar generellt från cirka 3,5 meter i väst till cirka 2,5 meter i öst. I enstaka punkter uppgår mäktigheten till så mycket som fem meter svallsediment. Svallsedimenten överlagrar lera som varierar i mäktighet från 1,5 meter i väst till 5,5 meter i öst.

Leran utgörs till största del av postglacial lera, men det finns även stråk av glacial lera i området. Den postglaciala lera har genomgående inslag av silt och sand, medan den glaciala lera är varvig. Lerlagren underlagras av friktionsjord ovan berg.

Vid beräkningar har tre jordprofiler modellerats. Profilerna har genomgående 2,3 meter svallsediment som underlagras av lera med djup till underkant på 7, 6 och 5 meter. I Figur 4 presenteras en schematisk skiss av jordprofilerna för lerområde 1.



Figur 4. Schematisk skiss av lerprofil i lerområde 1. Redovisad grundvattennivå avser trycknivå i undre grundvattenmagasin (friktionsjord).

5.3.1.2 Sättningsparametrar

Inom lerområde 1 visar undersökningar att lera är något överkonsoliderad. Förkonsolideringstrycket är cirka 50 kPa i lerprofilens övre lager, mellan 3,5 och 5 meter under markytan är förkonsolideringstrycket relativt homogent för att därefter åter öka med djupet till cirka 85 kPa vid 7 meter under markytan. Tillväxten av förkonsolideringstrycket med djupet är relativt lågt i jämförelse med övriga undersökta lerområden.

Initial permeabilitet och densitet ökar med djupet av profilen, vilket skulle kunna bero på en högre halt av finkorning friktionsjord i lera's undre lager. Samtliga parametrar uppvisar avvikande värden kring 3,5 till cirka 5 meter under markytan. Denna del av profilen utgörs av ett mer homogent lerlager med mindre inslag av silt och sand.

Modultalet M_L , det vill säga kompressionsmodulen efter förkonsolideringstrycket, avtar med djupet. En trend som inte är helt vanligt förekommande. Troligtvis beror det på ökad permeabilitet i de lägre lerlagren.

5.3.1.3 Grundvatten och porttrycksförhållanden

Inom lerområde 1 finns 7 stycken grundvattenrör, varav 3 stycken är i bruk och mäts varje månad. Medeldjupet för områdets grundvattenyta är 1,8 meter under markytan med en spridning från 0,5 till 2,5 meter under markytan. Beräkningar har utgått från en initial trycknivå i undre grundvattenmagasin på 1,5 meter under markytan.

5.3.1.4 Beräknade sättningar

För lerområde 1 har tre lerprofiler beräknats; 7, 6 och 5 meter under markytan. Samtliga lerprofilers resultat presenteras i diagram med sättning över tid. För tydlighet har grundvattenavsänkning delats i två olika diagram; avsänkning för 0,5 och 1 meter i Diagram 1 och avsänkning för 2, 3 och 5 meter i Diagram 2. Resultat för totalsättningar för samtliga profiler presenteras i Diagram 3.

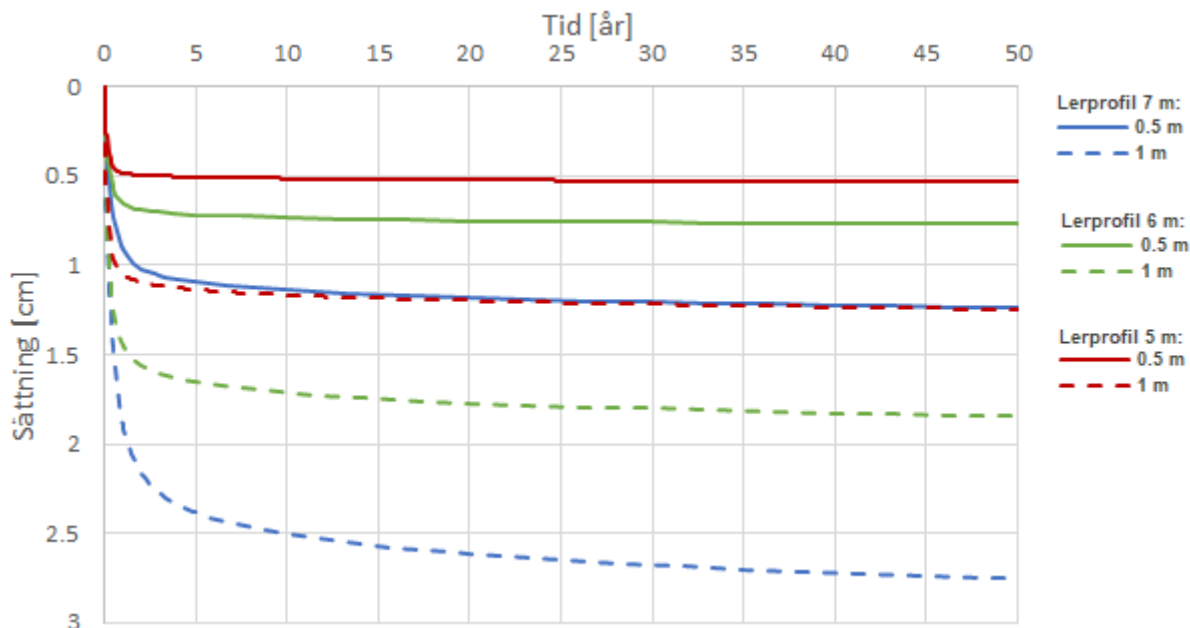


Diagram 1. Resultat för lerprofiler (7, 6 och 5 m mäktig) med sättning över tid. Resultaten gäller för grundvattenavsänkning på 0,5 och 1 meter.

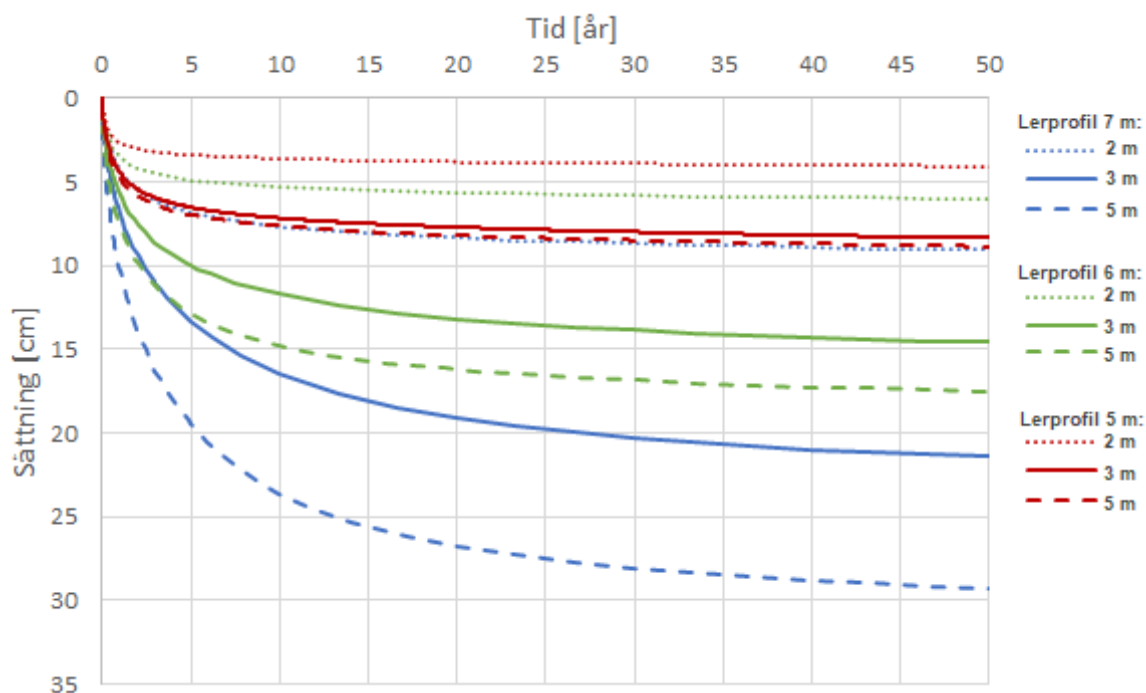


Diagram 2. Resultat för lerprofiler (7, 6 och 5 m mäktig) med sättning över tid. Resultaten gäller för grundvattenavsänkning på 2, 3 och 5 meter.

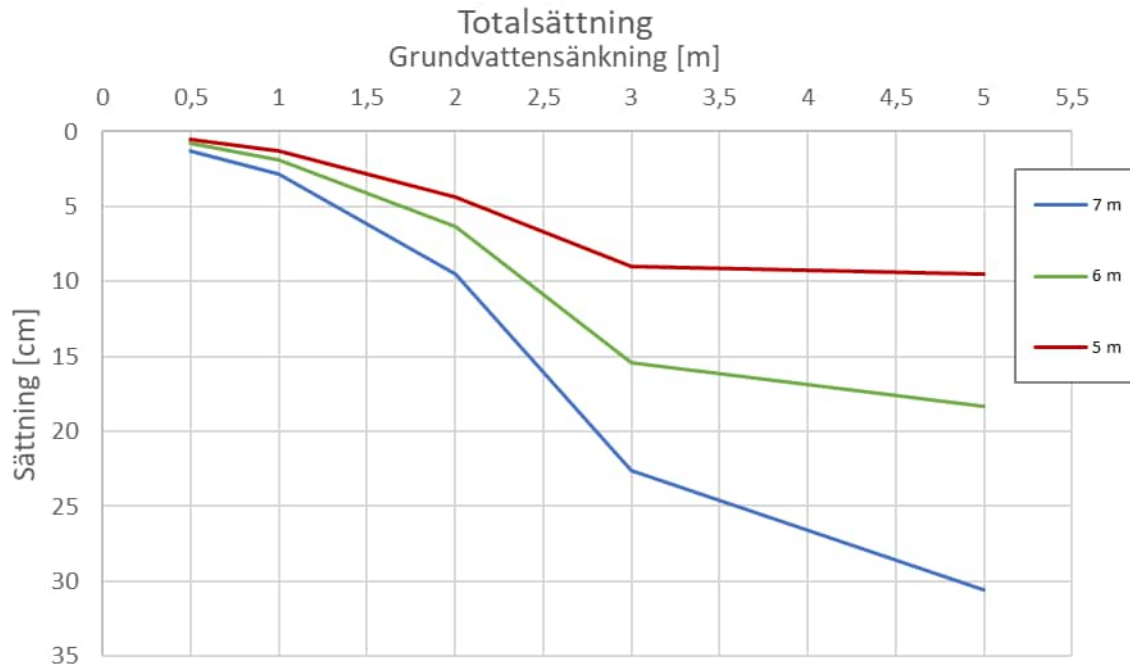


Diagram 3. Resultat för samtliga lerprofiler i lerområde 1, redovisar totalsättning mot grundvattenavsänkning.

5.3.2 Lerområde 2, centrala Glömstadalen

5.3.2.1 Geologiska förhållanden

Öster om lerområde 1 får Glömstadalen en tydligare utformning och lerdjupen ökar. Lerområde 2 avgränsas i den sydvästra delen av moränklädda höjder och i öst av lerområde 3 (se Figur 5). Gränsen mellan lerområde 2 och lerområde 3 har valts baserat på djupare lermäktighet i lerområde 3 samt mer homogena lerlager i lerområde 3, medan lerområde 2 har en tydligare påverkan av silt och sand från närliggande Tullinge stråket.

Vid lerområdets norra avgränsning saknas utförda undersökningar och bedömning har skett med hjälp av SGU:s jordartskarta samt okulär bedömning av marken. Norr om avgränsningen blir avståndet till planerade grundvattensänkningar större och området blir därmed mindre intressant att undersöka vidare.

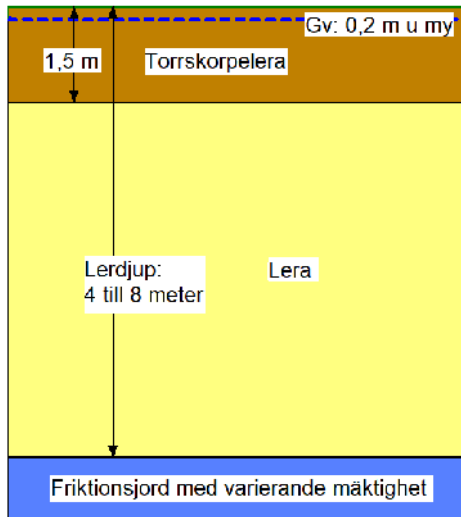


Figur 5. Lerområde 2: rosa cirklar markerar CRS-undersökningar och blå cirklar markerar grundvattenrör.

Lerområde 2 har ett övre lager på cirka 1,5 meter som består av växellagrad finsand och grovsilt med inlagrade skikt av lera med torrskorpekaraktär. I östlig riktning ökar mängden torrskorpelera i förhållanden till friktionsjorden. Översta lagret underlagras av lera med en varierande mäktighet från 4 meter i väst till 8 meter i öst.

Leran utgörs till största del av postglacial lera, men det finns även stråk av glacial lera i området. Den postglaciala leran har genomgående inslag av silt och sand, medan den glaciala leran är varvig. Lerlagren underlagras av friktionsjord ovan berg.

Vid beräkningar har tre jordprofiler modellerats. Profilerna har genomgående 1,5 meter torrskorpa som underlagras av lera med djup till underkant på 8, 6 och 4 meter. I figur 6 presenteras en schematisk skiss av jordprofilerna för lerområde 2.



Figur 6. Schematisk skiss av lerprofil i lerområde 2. Redovisad grundvattennivå avser trycknivå i undre grundvattenmagasin (friktionsjord).

5.3.2.2 Sättningsparametrar

I lerområde 2 bedöms leran vara normalkonsoliderad till något överkonsoliderad i området. Översta lerlagret har ett förkonsolideringstryck på cirka 60 kPa, vilket sedan avtar till cirka 50 kPa mellan 2 till 4 meter under markytan. Därefter ökar trycket med djupet och vid 8 meters djup är förkonsolideringstrycket 120 kPa. Profilen är klassisk för stockholmsregionen och värdena stämmer väl överens med de andra lerområdena.

Samtliga parametrar uppvisar samma kurva som förkonsolideringstrycket, något högre nivåer i det översta lagret för att sedan avta och stagnera vid 2 till 4 meter under markytan och därefter åter öka med djupet. Troligtvis utgörs mellersta delen av profilen av ett mer homogent lerlager som inte utsatts för samma tryck som de lägre.

5.3.2.3 Grundvatten och porttrycksförhållanden

Inom lerområde 2 finns 19 stycken grundvattenrör, varav 6 stycken är i bruk mäts varje månad. Medeldjupet för området är 0,3 meter under markytan med en spridning från 1,6 meter under markytan till artesiskt vatten på 1 meter ovan markytan. Beräkningar har utgått från en initial trycknivå i undre grundvattenmagasin på 0,3 meter under markytan.

5.3.2.4 Beräknade sättningar

För lerområde 2 har tre lerprofiler beräknats; 8, 6 och 4 meter under markytan. Samtliga lerprofilers resultat presenteras i diagram med sättning över tid; avsänkning för 0,5 och 1 meter i Diagram 4 och avsänkning för 2, 3 och 5 meter i Diagram 5. Resultat för totalsättningar för samtliga profiler presenteras i Diagram 6.

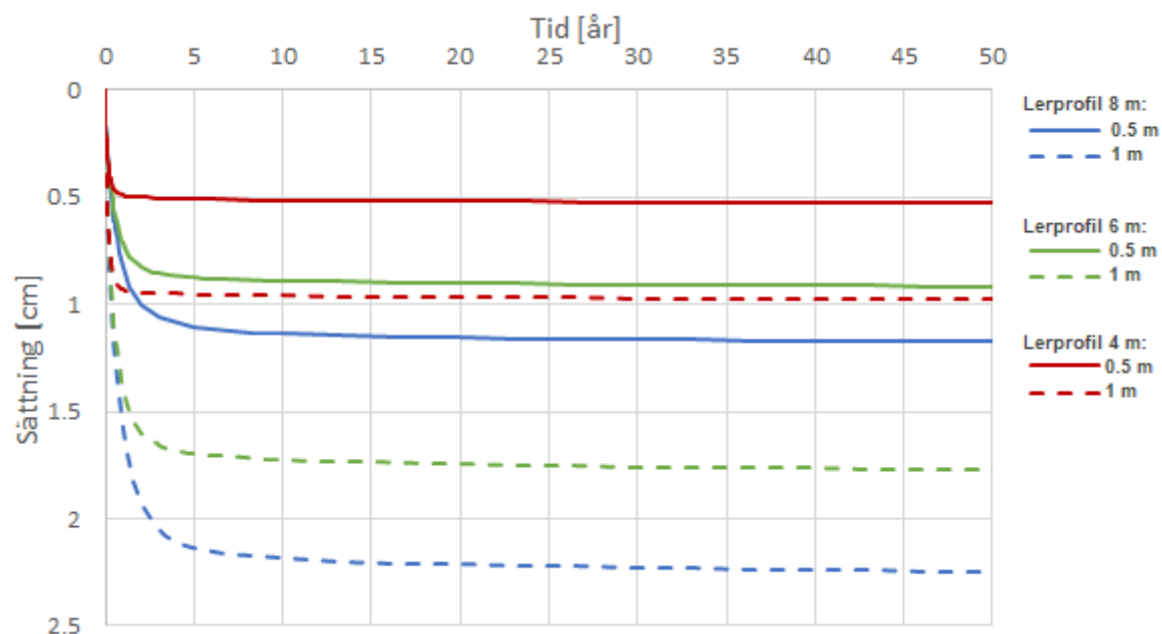


Diagram 4. Resultat för lerprofiler (8, 6 och 4 meter lera) med sättning över tid. Resultaten gäller för grundvattenavsänkning på 0,5 och 1 meter.

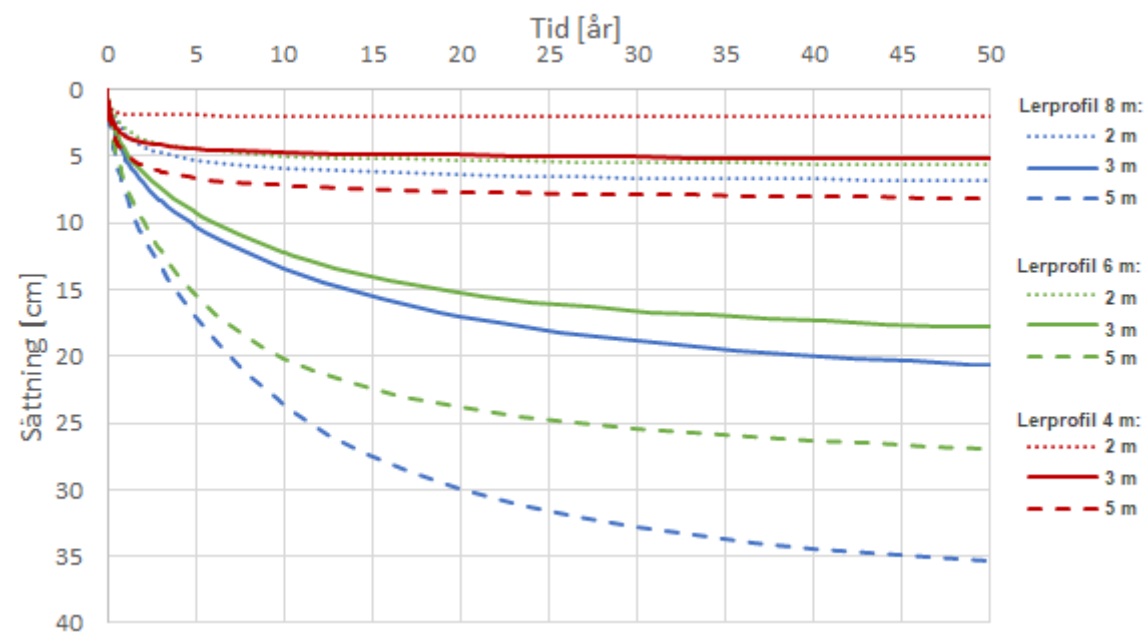


Diagram 5. Resultat för lerprofiler (8, 6 och 4 meter lera) med sättning över tid. Resultaten gäller för grundvattenavsänkning på 2, 3 och 5 meter.

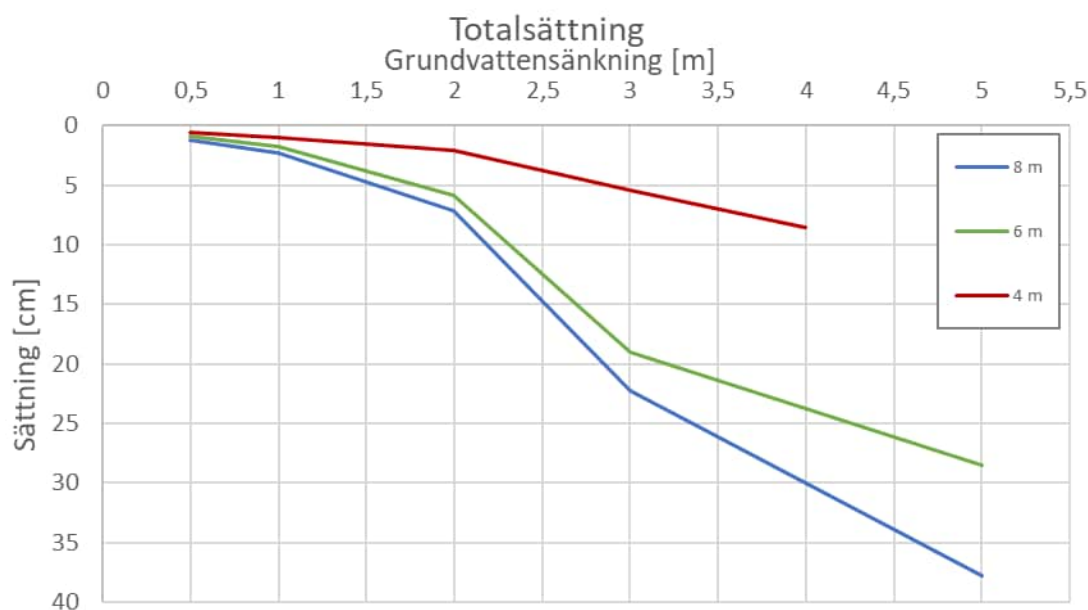


Diagram 6. Resultat för samtliga lerprofiler i lerområde 2, redovisar totalsättning mot grundvattenavsänkning.

5.3.3 Lerområde 3, östra Glömstadalen

5.3.3.1 Geologiska förhållanden

Glömstadalens centrala del utgörs av ett sammanhängande lerområde (se Figur 7). Gränserna utgörs främst av moränklädda höjdparter som ramar in lerdalen. Området har i första hand identifierats med hjälp av utförda undersökningar och sonderingar. Vid dalens norra gräns saknas undersökningar och bedömning har skett med hjälp av SGU:s jordartskarta samt okulär bedömning av marken.

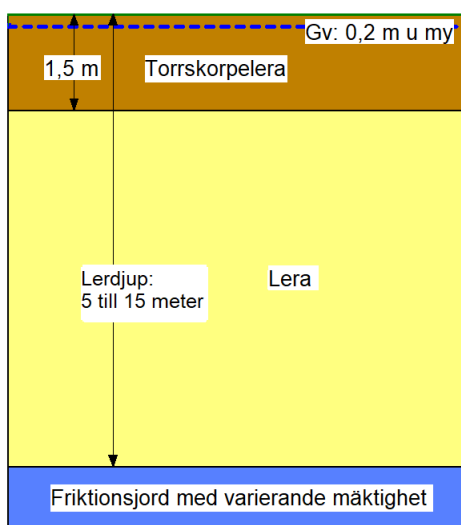


Figur 7. Lerområde 3: rosa cirklar markerar CRS-undersökningar och blå cirklar markerar grundvattenrör.

Jordprofilen består generellt av en torrskorpelera som underlagras av lera ovan morän på berg. Torrskorpeleran har en mäktighet av cirka 1,5 meter, och återkommande inslag av växtdelar. Underlagrad lera varierar i djup från 5 till 15 meter. I randzonerna där lerområdet övergår till fastmark avtar lerans mäktighet succesivt för att till slut övergå helt till friktionsjord ovan berg.

Leran är varvig med inslag av silt och sandskikt. Mot djupet återkommer allt tätare siltskikt, och till slut övergår jorden helt till silt eller sandig silt ovanpå den tätare moränen som överlagrar berget.

Vid beräkningar har sex jordprofiler modellerats. Profilerna har genomgående 1,5 meter torrskorpelera som underlagras av lera med djup till underkant på 15, 13, 11, 9, 7 och 5 meter. I Figur 8 presenteras en schematisk skiss av jordprofilerna för lerområde 3.



Figur 8. Schematisk skiss av lerprofil i lerområde 3. Redovisad grundvattennivå avser trycknivå i undre grundvattenmagasin (friktionsjord).

5.3.3.2 Sättningsparametrar

Leran i området är normalkonsoliderad till något överkonsoliderad. Första lermeteren har ett förkonsolideringstryck på cirka 80 kPa som sedan avtar till cirka 45 kPa vid 2,5 meter under markytan. Därefter sker en gradvis ökning med lerdjupet och vid 15 meters djup är förkonsolideringstrycket 140 kPa. Förkonsolideringstrycket är något lägre i förhållande till de andra områdena, men stämmer väl överens med förväntningar för ett troligtvis ej tidigare belastat område.

Övriga värden är överensstämmande med profilen, ökande modultal och relativt jämn densitet. Det som utmärker sig något är att den initiala permeabiliteten tydligt minskar med djupet. Detta kan bero på färre sand- och siltskikt med djupet eller en mer kompakt lera.

5.3.3.3 Grundvatten och porttrycksförhållanden

Inom lerområde 3 finns 24 stycken grundvattenrör, varav 16 stycken är i bruk och mäts varje månad. Medeldjupet för områdets grundvattenyta är 0,2 meter under markytan med en spridning från 1,6 meter under markytan till artesiskt vatten på 0,9 meter ovan markytan. Beräkningar har utgått från en initial trycknivå i undre grundvattenmagasin på 0,2 meter under markytan.

5.3.3.4 Beräknade sättningar

För lerområde 3 har sex lerprofiler beräknats; 15, 13, 11, 9, 7 och 5 meter under markytan. Resultat för 15, 11, 9 och 5 meter presenteras i diagram med sättning över tid. För tydlighet har grundvattenavsänkning delats i två olika diagram; avsänkning för 0,5 och 1 meter i Diagram 7 och avsänkning för 3 och 5 meter i Diagram 8. Resultat för totalsättningar för samtliga profiler presenteras i Diagram 9.

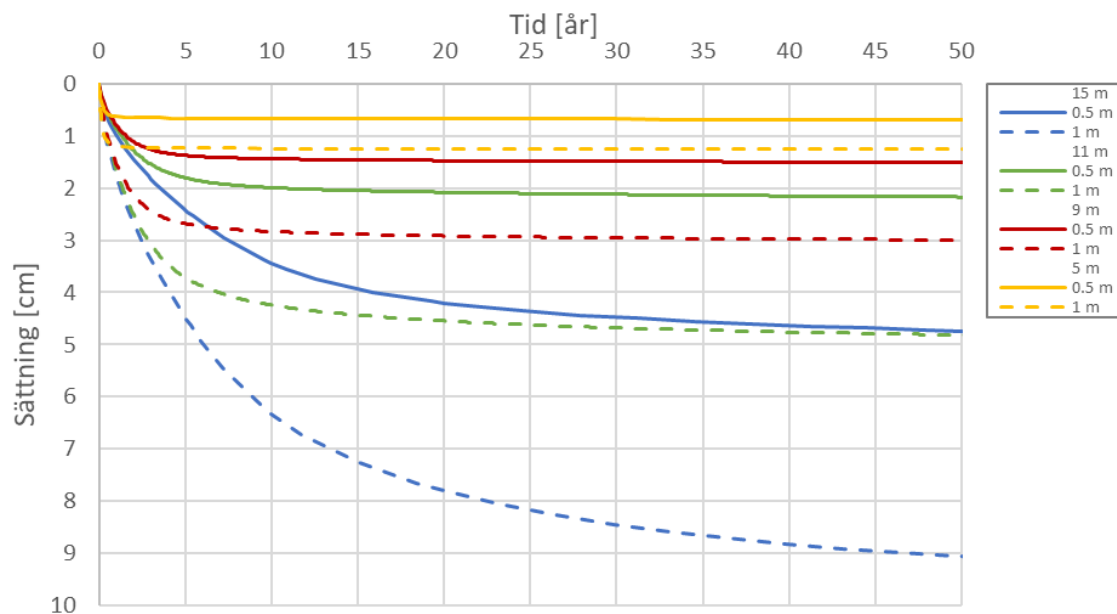


Diagram 7. Resultat för lerprofiler (15, 11, 9 och 5 meter lera) med sättning över tid. Resultaten gäller för grundvattenavsänkning på 0,5 och 1 meter.

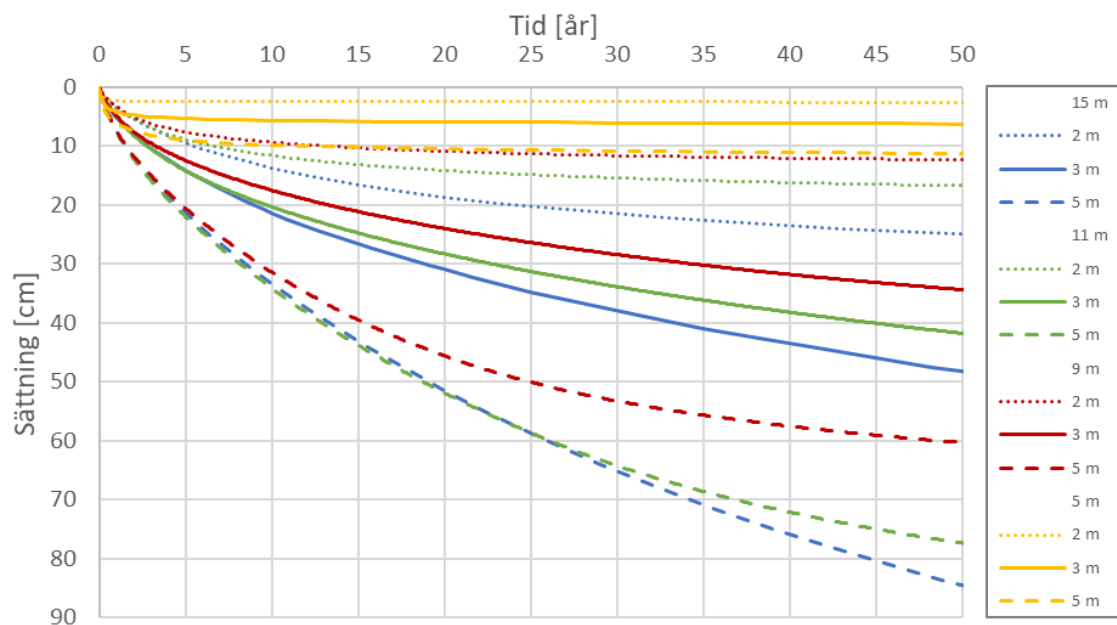


Diagram 8. Resultat för lerprofiler (15, 11, 9 och 5 meter lera) med sättning över tid. Resultaten gäller för grundvattenavsänkning på 3 och 5 meter.

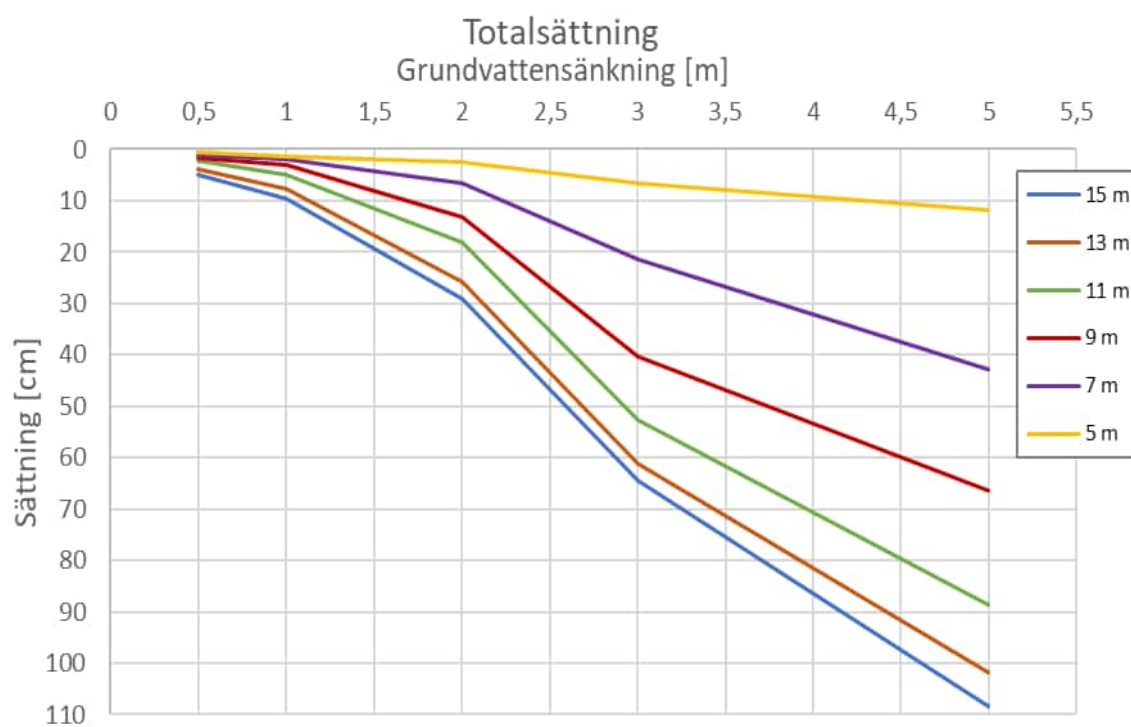
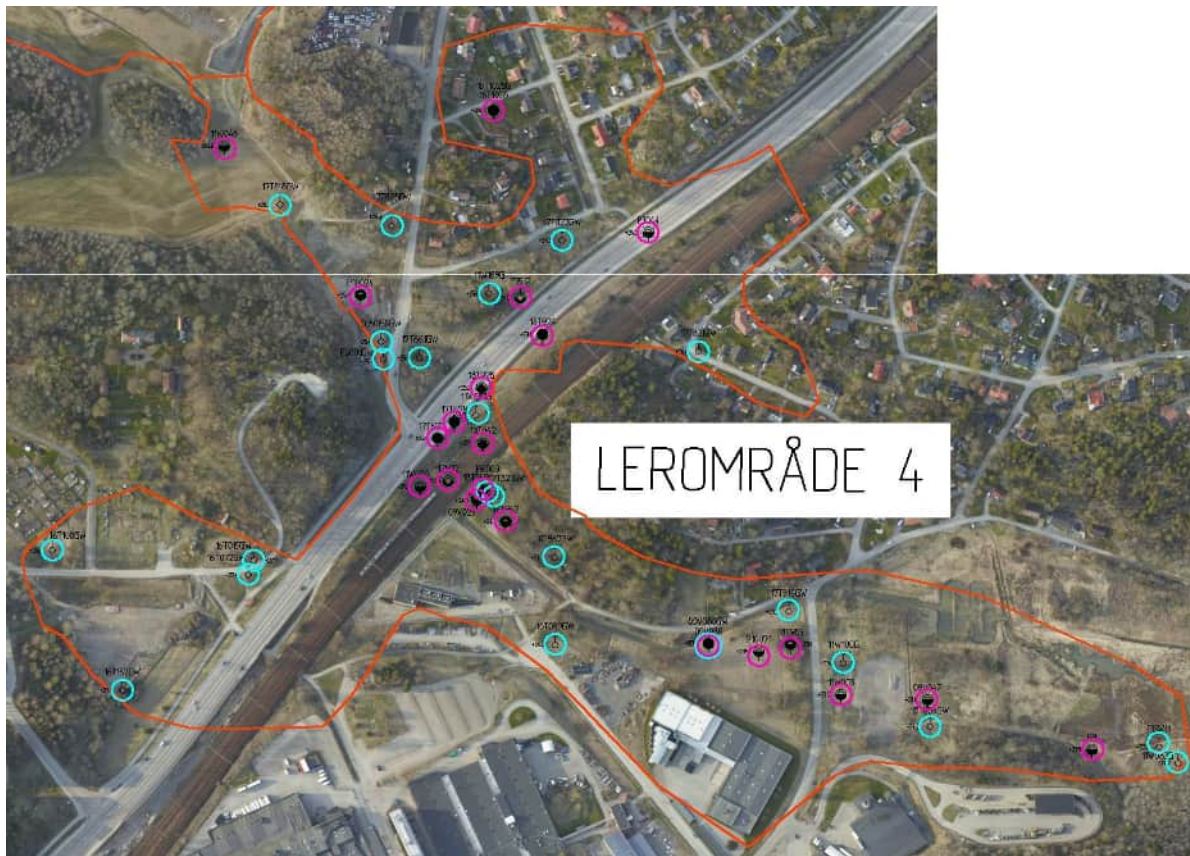


Diagram 9. Resultat för samtliga lerprofiler i lerområde 3, redovisar totalsättning mot grundvattenavsänkning.

5.3.4 Lerområde 4, Flemingsberg

5.3.4.1 Geologiska förhållanden

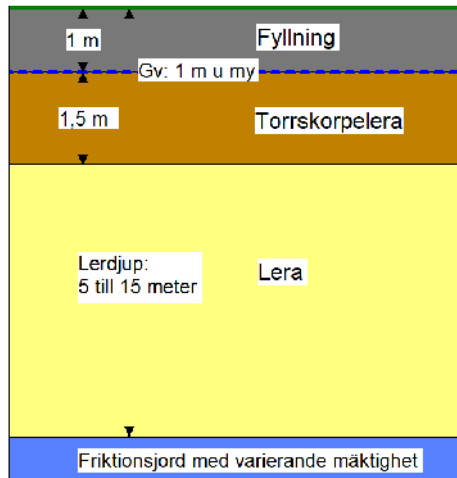
Det fjärde lerområdet har identifierats sydöst om lerområde 3, där Glömstadalen övergår mot Flemingsbergsviken (se Figur 9). Dalen har en mindre framträdande karaktär och bryts upp av små höjder med fastmark och bebyggelse. I öster avgränsas lerområde 4 av Flemingsbergsvikens våtmarksområde.



Figur 9. Lerområde 4: rosa cirklar markerar CRS-undersökningar och blå cirklar markerar grundvattenrör.

Jordprofilen består generellt av fyllning och torrskorpelera som underlagras av lera ovan morän på berg. Fyllningen varierar mellan 0,5 till 1 meter i mäktighet och består av siltig lera samt sten, grus och sand. Torrskorpan varierar mellan 0,5 och 2 meter i mäktighet. Underlagrad lera varierar i djup från 5 till 15 meter. I randzonerna där lerområdet övergår till fastmark avtar lerans mäktighet succesivt för att till slut övergå helt till friktionsjord ovan berg.

Leran är varvig med inslag av silt och sandskikt. Mot djupet återkommer allt tätare siltskikt, och till slut övergår jorden helt till silt eller sandig silt ovan den tätare moränen som överlagrar berget. Vid beräkningar har sex jordprofiler modellerats. Profilerna har genomgående 1 meter fyllning följt av 1,5 meter torrskorpelera som underlagras av lera med djup till underkant på 15, 13, 11, 9, 7 och 5 meter. I figur 10 presenteras en schematisk skiss av jordprofilerna för lerområde 4.



Figur 10. Schematisk skiss av lerprofil i lerområde 4. Redovisad grundvattennivå avser trycknivå i undre grundvattenmagasin (friktionsjord).

5.3.4.2 Sättningsparametrar

Leran i området bedöms vara något överkonsoliderad, och överkonsolideringsgraden ökar med djupet. De första 1,5 meterna av lerprofilen har ett förkonsolideringstryck på cirka 50 kPa för att därefter öka med djupet och vid 15 meter under markytan mäter förkonsolideringstrycket 170 kPa. Lerområdets förkonsolideringstryck är i övre delen av profilen på ungefär samma nivå som övriga lerområden, men med djupet blir ökningen betydligt mer markant och nivåerna högre än för övriga områden.

Övriga parametrar, liksom förkonsolideringstrycket, ökar med djupet. Vad gäller den initiala permeabiliteten är den högre i första och understa lagret, men på en konstant nivå i mitten av profilen.

5.3.4.3 Grundvatten och portrycksförhållanden

Inom lerområde 4 finns 24 stycken grundvattenrör, varav 15 stycken är i bruk och mäts varje månad. Medeldjupet för områdets grundvattenyta är 1,3 meter under markytan med en spridning från 4,1 meter under markytan till artesiskt grundvatten vid markytans nivå. Beräkningar har utgått från en initial trycknivå i undre grundvattenmagasin på 1 meter under markytan.

5.3.4.4 Beräknade sättningar

För lerområde 4 har sex lerprofiler beräknats; 15, 13, 11, 9, 7 och 5 meter under markytan. Resultat för 15, 11, 9 och 5 meter presenteras i diagram med sättning över tid; avsänkning för 0,5 och 1 meter i Diagram 10 och avsänkning för 3 och 5 meter i Diagram 11. Resultat för totalsättningar för samtliga profiler presenteras i Diagram 12.

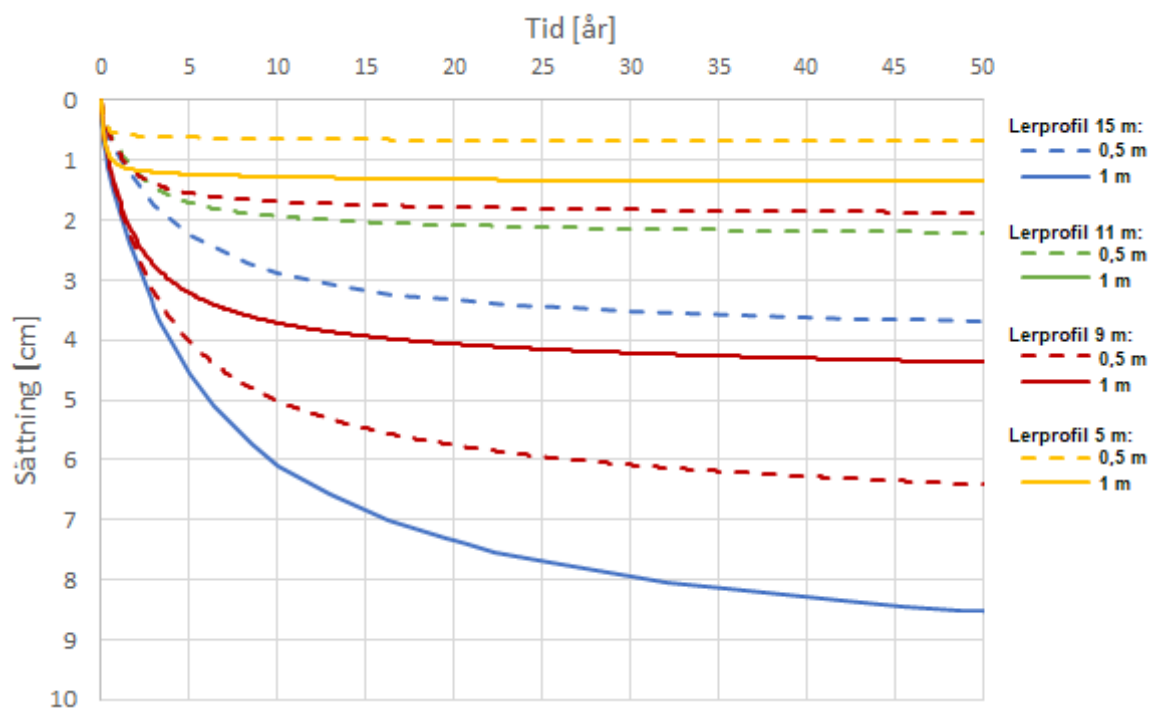


Diagram 10. Resultat för lerprofiler (15, 11, 9 och 5 meter lera) med sättning över tid. Resultaten gäller för grundvattenavsänkning på 0,5 och 1 meter.

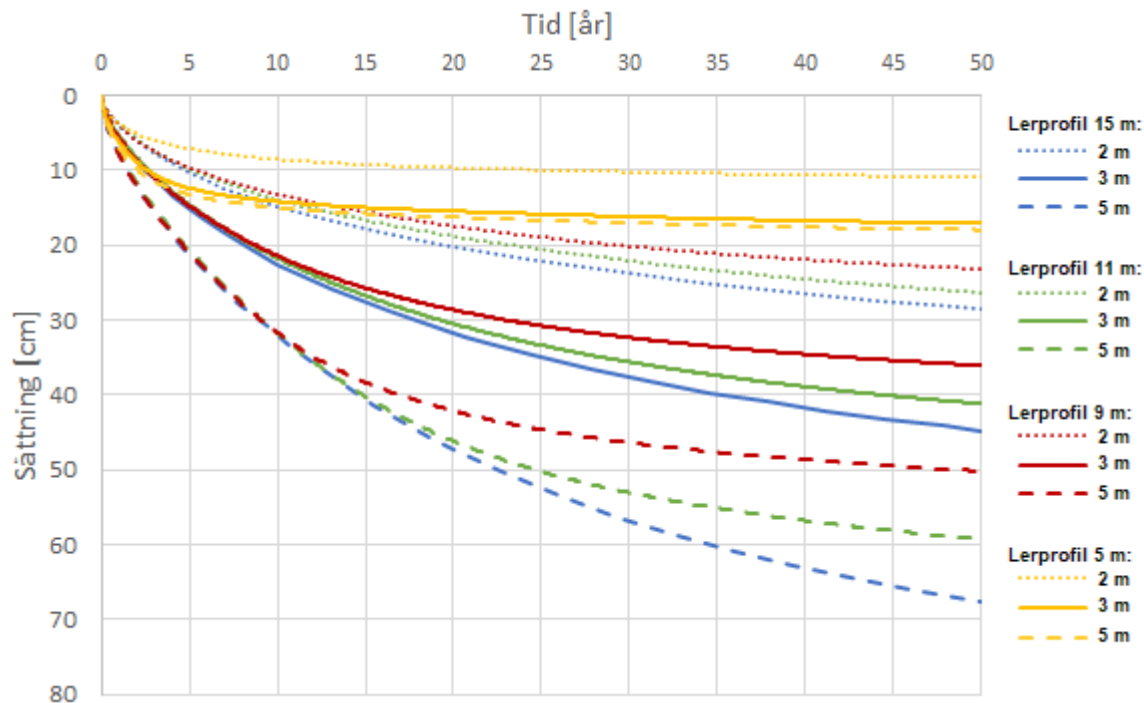


Diagram 11. Resultat för lerprofiler (15, 11, 9 och 5 meter lera) med sättning över tid. Resultaten gäller för grundvattenavsänkning på 3 och 5 meter.

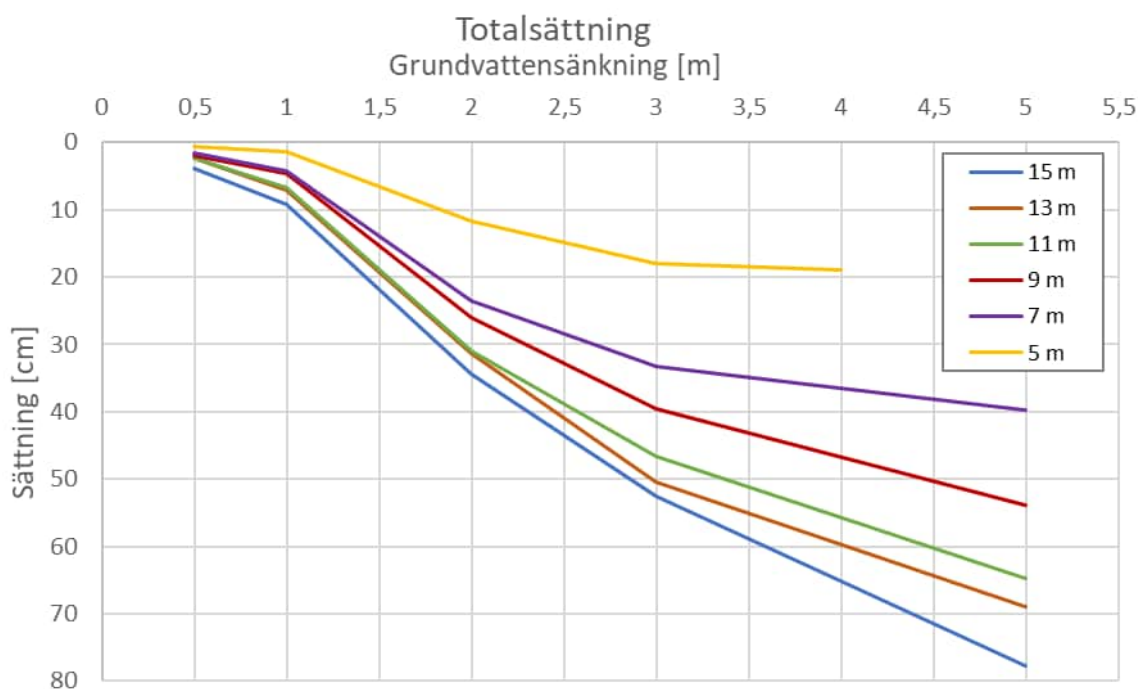


Diagram 12. Resultat för samtliga lerprofiler i lerområde 4, redovisar totalsättning mot grundvattenavsänkning.

5.3.5 Lerområde 5, Ekedal

5.3.5.1 Geologiska förhållanden

Lerområde 5 är beläget vid Ekedal (se Figur 11). Området avgränsas av höjdparter i nord och öst. Den södra och västra gränsen är vald för att avgränsa lerområdet efter relevans för grundvattenavsänkning. Vid bostadsområdet i öst har inga undersökningar utförts och avgränsning av lerområdet har där skett med hjälp av SGU:s jordartskarta samt okulär bedömning av marken.

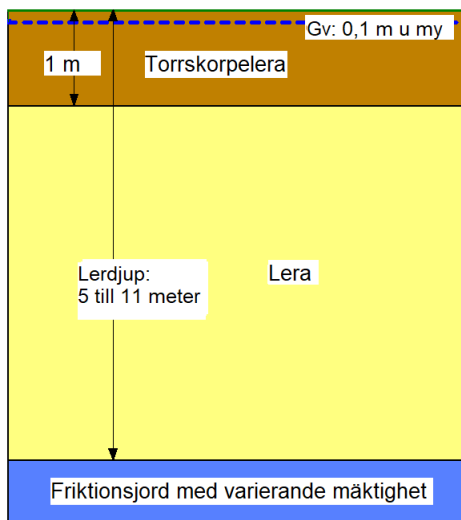


Figur 11. Lerområde 5: rosa cirklar markerar CRS-undersökningar och blå cirklar markerar grundvattenrör.

Området består av lermäktigheter som varierar i djup mellan 5 och 11 meter. Lerprofilen består överst av cirka 0,5 meter lera med torrskorpekaraktär som följs av cirka 2 till 4 meter gyttjelera därefter av en glacial lera med varvig karaktär. Leran har återkommande tunna siltskikt genom profilen.

Leran underlagras av finkornig friktionsjord som övergå till grövre friktionsjord med djupet. Jordbergsonderingar utförda inom området anger djup till berg mellan 9 och 13 meter under markytan.

Vid beräkningar har fyra jordprofiler modellerats. Profilerna har genomgående 1 meter torrskorpelera som underlagras av lera med djup till underkant på 11, 9, 7 och 5 meter. I Figur 12 presenteras en schematisk skiss av jordprofilerna för lerområde 5.



Figur 12. Schematisk skiss av lerprofil i lerområde 5. Redovisad grundvattennivå avser trycknivå i undre grundvattenmagasin (friktionsjord).

5.3.5.2 Sättningsparametrar

Utförd provtagning visar en normalkonsoliderad till lätt överkonsoliderad lera, med värden på förkonsolideringstrycket som varierar från 20 kPa vid 2 meter till cirka 90 kPa vid 11 meter. Lerområde 5 är det område med lägst förkonsolideringstryck av de undersökta områdena.

Lerprofilen utmärks tydligt av det översta lagret med gyttjelera, med låga värden på densitet och moduler samt höga värden för vattenkvoten.

5.3.5.3 Grundvatten och porttrycksförhållanden

Inom lerområde 5 finns 6 stycken grundvattenrör, samtliga är i bruk och mäts varje månad. Medeldjupet för områdets grundvattenyta är 0,5 meter under markytan med en variation mellan 1,7 meter under markytan till artesiskt grundvatten på 0,2 meter ovan markytan. Beräkningar har utgått från en initial trycknivå i undre grundvattenmagasin på 0,1 meter under markytan.

5.3.5.4 Beräknade sättningar

För lerområde 5 har fyra lerprofiler beräknats; 11, 9, 7 och 5 meter under markytan. Resultat presenteras i diagram med sättning över tid; avsänkning för 0,5 och 1 meter i Diagram 13 och avsänkning för 2, 3 och 5 meter i Diagram 14. Resultat för totalsättningar för samtliga profiler presenteras i Diagram 15.

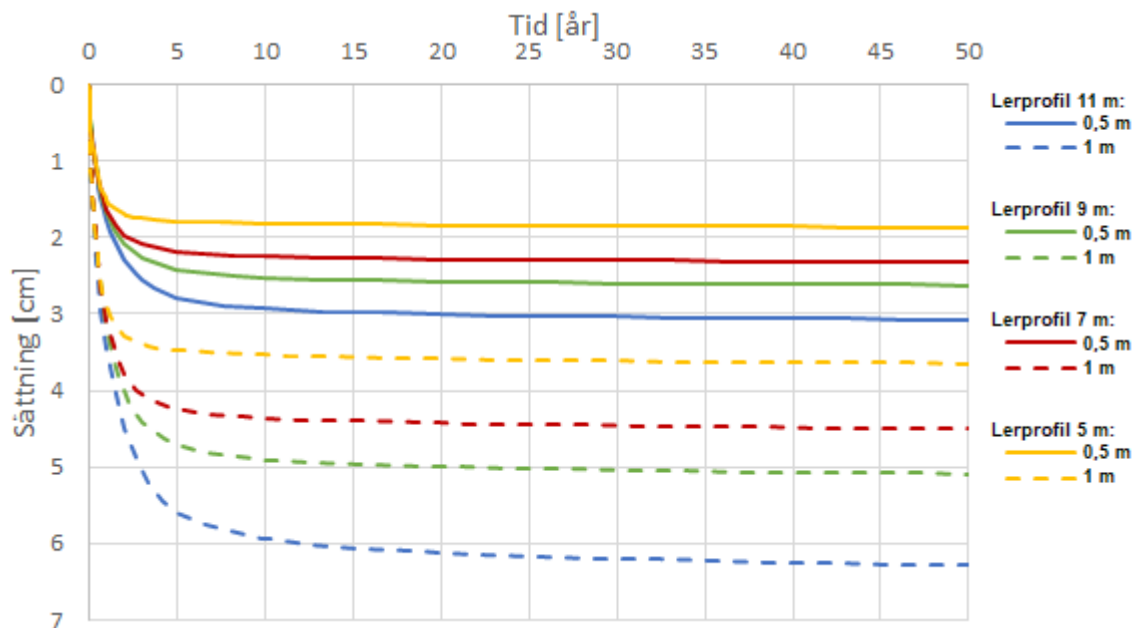


Diagram 13. Resultat för lerprofiler (11, 9, 7 och 5 meter lera) med sättning över tid. Resultaten gäller för grundvattenavsänkning på 0,5 och 1 meter.

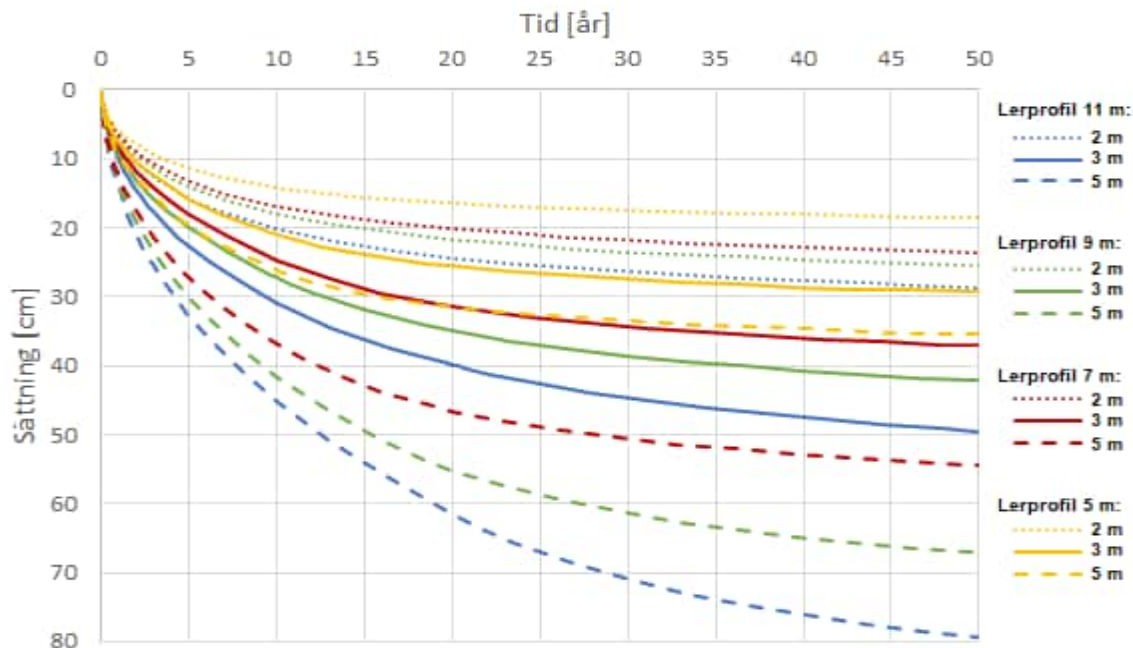


Diagram 14. Resultat för lerprofiler (11, 9, 7 och 5 meter lera) med sättning över tid. Resultaten gäller för grundvattenavsänkning på 2, 3 och 5 meter.

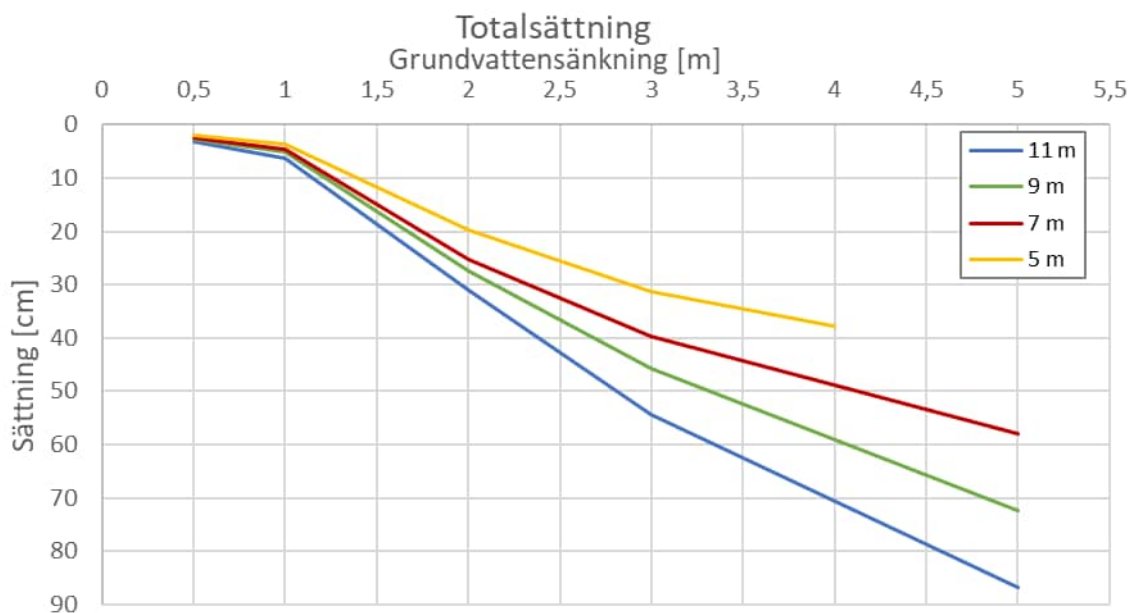


Diagram 15. Resultat för samtliga lerprofiler i lerområde 5, redovisar totalsättning mot grundvattenavsänkning.

5.3.6 Lerområde 6, Lissma

5.3.6.1 Geologiska förhållanden

Lerområde 6 är beläget vid koloniområdet Granby, strax söder om Lissmasjön (se Figur 13). Lerområdet avgränsas i väst, syd och öst av åkerholmar och moränklädda höjder, medan den norra gränsen utgörs av Lissmasjöns våtmarker. Vid koloniområdet har inga undersökningar utförts och avgränsning av lerområdet har skett med hjälp av SGU:s jordartskarta samt okulär bedömning av marken.

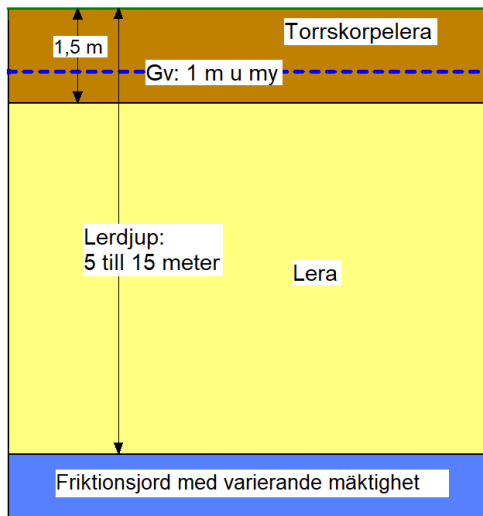


Figur 13. Lerområde 6: rosa cirklar markerar CRS-undersökningar och blå cirklar markerar grundvattenrör.

Lerområde 6 karakteriseras av en lerprofil med ett översta lager av lera med torrskorpekaraktär som följs av en lermäktighet mellan 15 till 5 meter under markytan. Leran består till största delen av varvig lera, ställvis med inslag av silt- och finsandskikt. Förekomst av sulfidjord har observerats i del undersökningspunkter. I lerans ytligaste delar förekommer gyttja i varierande omfattning.

Leran underlagras av finkornig friktionsjord som övergå till grövre friktionsjord med djupet. Jordbergsonderingar utförda inom området anger djup till berg mellan 10 och 20 meter under markytan.

Vid beräkningar har sex jordprofiler modellerats. Profilerna har genomgående 1,5 meter torrskorpelera som underlagras av lera med djup till underkant på 15, 13, 11, 9, 7 och 5 meter. I Figur 14 presenteras en schematisk skiss av jordprofilerna för lerområde 6.



Figur 14. Schematisk skiss av lerprofil i lerområde 6. Redovisad grundvattennivå avser trycknivå i undre grundvattenmagasin (friktionsjord).

5.3.6.2 Sättningsparametrar

Inom lerområde 6 bedöms leran vara överkonsoliderad. Förkonsolideringstrycket är cirka 50 kPa i lerprofilens övre lager och ökar därefter med djupet, vid 15 meter under markytan är förkonsolideringstrycket cirka 135 kPa. Konsolideringsprofilen stämmer väl överens med övriga lerområden och områdets karaktär. Även modultalen stämmer väl överens med tilltagande värden med djupet.

Initial permeabilitet och permeabilitets förändringen varierar kraftigt genom profilen. Troligtvis beror det på inverkan av siltlager vilka har högre permeabilitet än homogena lerlager.

5.3.6.3 Grundvatten och porttrycksförhållanden

Inom lerområde 6 finns 8 stycken grundvattenrör, samtliga är i bruk och mäts varje månad. Medeldjupet för områdets grundvatten är 1,1 meter under markytan med en variation mellan 2,1 meter under markytan till grundvatten vid markytans nivå. Beräkningar har utgått från en initial trycknivå i undre grundvattenmagasin på 1,1 meter under markytan.

5.3.6.4 Beräknade sättningar

För lerområde 6 har sex lerprofiler beräknats; 15, 13, 11, 9, 7 och 5 meter under markytan. Resultat för 15, 11, 9 och 5 meter presenteras i diagram med sättning över tid; avsänkning för 0,5 och 1 meter i Diagram 16 och avsänkning för 3 och 5 meter i Diagram 17. Resultat för totalsättningar för samtliga profiler presenteras i Diagram 18.

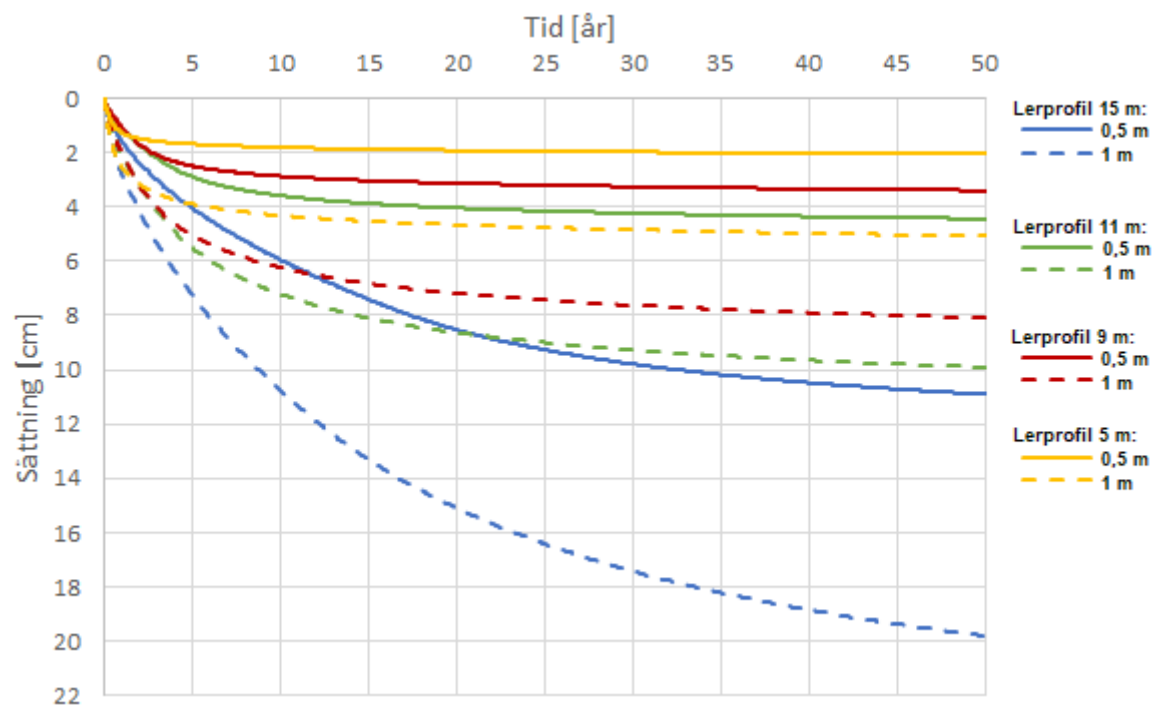


Diagram 16. Resultat för lerprofiler 15, 11, 9 och 5 meter med sättning över tid. Resultaten gäller för grundvattenavsänkning på 0,5 och 1 meter.

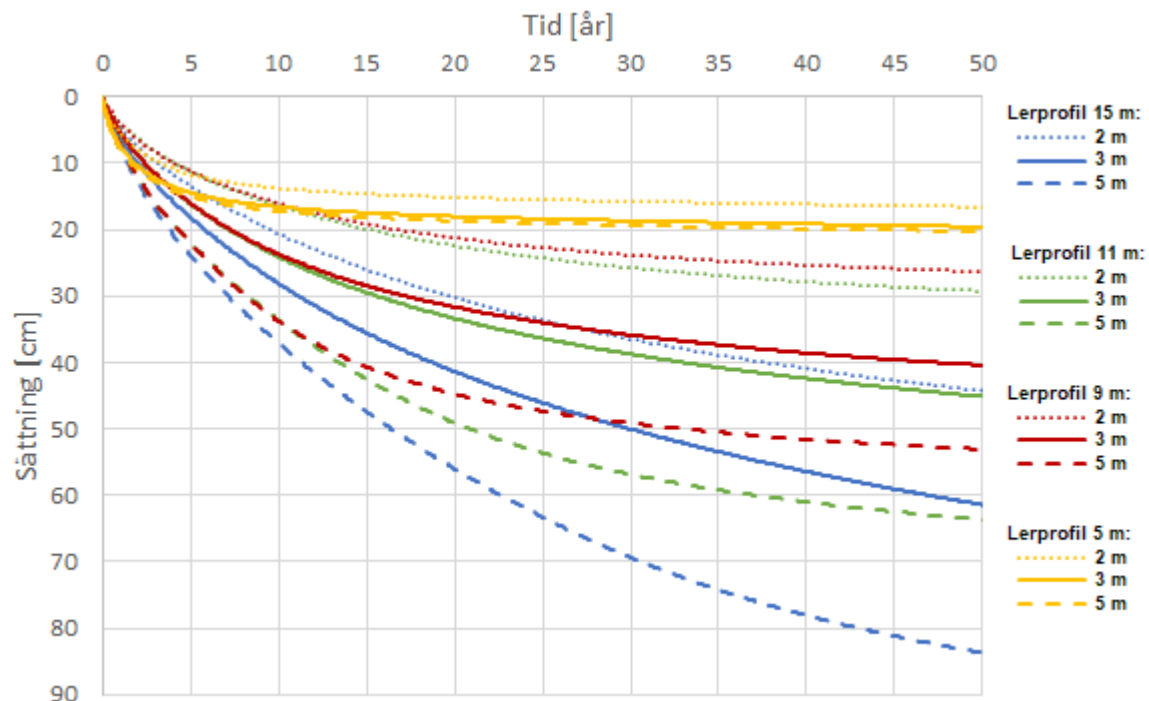


Diagram 17. Resultat för lerprofiler 15, 11, 9 och 5 meter med sättning över tid. Resultaten gäller för grundvattenavsänkning på 3 och 5 meter.

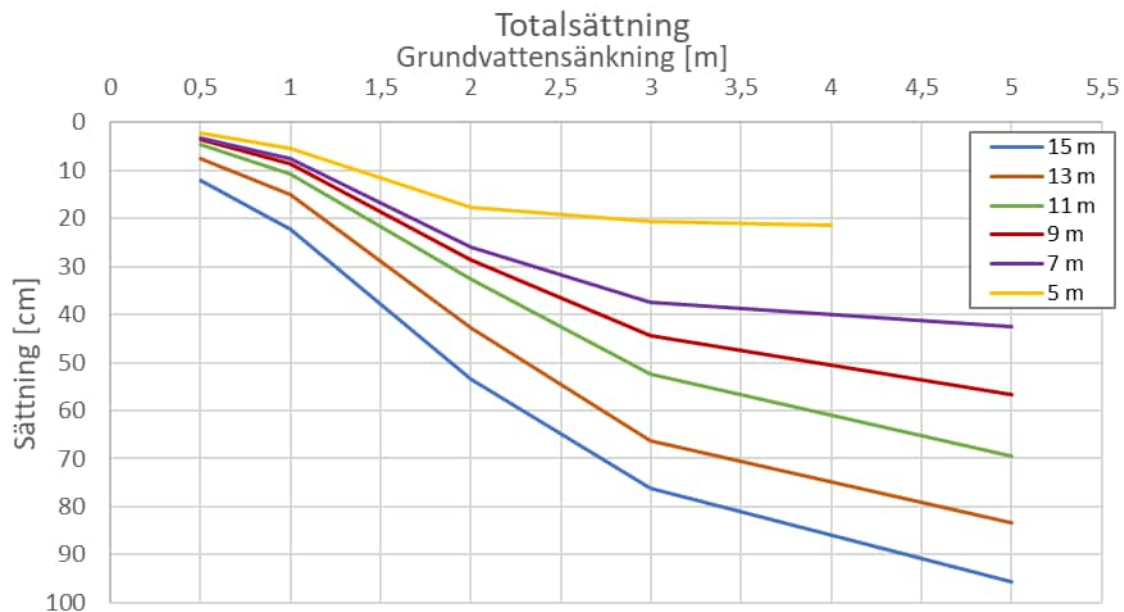


Diagram 18. Resultat för samtliga lerprofiler i lerområde 6, redovisar totalsättning mot grundvattenavsänkning.

6 Bedömning av sårbarhet för sättningar

6.1 Metodik och klassificering

Områden som bedöms vara sårbara för sättningar har identifierat genom att väga samman lermäktighet, lerans egenskaper och förekomst av känsliga eller potentiellt känsliga objekt. Risk för snedsättning beaktas också för områden med känsliga objekt i randzoner dvs gränser mellan fastmark och lera eller med stora variationer i lermäktighet inom korta avstånd.

Byggnader och ledningar bedöms vara känsliga enligt kriterierna i avsnitt 4.2. Utförda beräkningar av sättningar klassificeras så att beräknad totalsättning sättning i intervallet 0-5 cm är liten sättning, 5-10 är medelstor sättning och mer än 10 cm är stor sättning. Inom huvuddelen av områdena som kommer att påverkas av grundvattensänkning kommer avsänkningen i de flesta fall att understiga 2 meter därför har sårbarheten bedömts för grundvattensänkning i intervallet 0,5-2 meter.

Sårbarheten bedöms på en övergripande nivå för respektive område i en femgradig skala; ingen, liten, medelhög, hög och mycket hög. Men det är först när resultaten i denna PM vägs samman med beräknad grundvattenpåverkan som sättningsrisken kan bedömas.

6.2 Sårbarhet för sättningar

6.2.1 Masmotunneln

I området som kan komma att påverkas av grundvattenbortledning i tunneln finns inte några områden med lera. Det finns några områden med torv men på torven finns inga sättningskänsliga objekt (se bilaga 2:1 och 3:1). Området är inte sårbart för sättningar till följd av Tvärförbindelse Södertörn.

6.2.2 Lerområde 1, västra Glömstadalen

I området förekommer sättningsbenägen lera inom den västra delen av Glömstadalen med jorddjup i intervallet 0-7 meter. Leran i området är något överkonsoliderad. Totalsättning för lerdjup 7 meter är beräknad till mindre än 5 cm för grundvattensänkning på 1 m och cirka 10 cm för 2 m grundvattensänkning.

På lerområdet förekommer bebyggelse norr om Glömstavägen mestadels i form av villor som är grundlagda med murar/plintar eller platta på mark samt komplementbyggnader med okänd grundläggning (bilaga 2:2). Dessa bedöms vara potentiellt sättningskänsliga. Längs Glömstadalens södra kant förekommer känsliga fjärrvärmeledningar och längs dalens norra sida finns känsliga VA ledningar (bilaga 3:2).

Sårbarheten bedöms vara låg till medelhög i området. Risken för sättningssskador bedöms vara relativt låg för byggnaderna och VA-ledningarna men medelhög för fjärrvärmeledningarna beroende på risk för snedsättning när jorddjup och jordfasthet kan varieras på korta avstånd längs randzonen mot fastmark. Sättningsförloppet är relativt sett snabbare beroende på att dränering av leran går snabbare på grund av mindre lermäktighet och fler och mäktigare silt- och sandskikt än områdena 3-6.

6.2.3 Lerområde 2, centrala Glömstadalen

I området förekommer sättningsbenägen lera inom den centrala delen av Glömstadalen med jorddjup i intervallet 0-8 meter. Lermäktigheten i lerområde 2 är generellt något större än i lerområde 1 men det gäller främst inom jordbruksmarken. För bebyggelsen är mäktigheten ungefär som i lerområde 1. Leran i området är normal- till något överkonsoliderad. Liksom i lerområde 1 innehåller leran lager av silt och sand. Totalsättning för lerdjup 8 meter är beräknad till mindre än 5 cm för grundvattensänkning på 1 m och mindre än 10 cm för 2 m grundvattensänkning.

I lerområde förekommer bebyggelse norr om Glömstavägen mestadels i form av villor som är grundlagda med murar/plintar eller platta på mark samt komplementbyggnader med okänd grundläggning (bilaga 2:2). Dessa bedöms som känsliga eller potentiellt känsliga. Några byggnader med pålgrundläggning är mindre sårbara. Längs Glömstadalens södra kant förekommer känsliga fjärrvärmeledningar och längs dalens norra sida finns känsliga VA ledningar (bilaga 3:2). Eftersom båda ledningsstråken ligger i randszonen mellan fast mark och sättningsbenägen mark så bedöms sårbarheten för snedsättningar vara hög.

Sårbarheten bedöms vara låg till medelhög i området. Risken för sättningssskador bedöms vara relativt låg för byggnaderna men medelhög för fjärrvärmeledningarna och VA-ledningar beroende på risk för snedsättning när jorddjup och jordfasthet kan varieras på korta avstånd längs randzonen mot fastmark. Sättningsförloppet är relativt sett snabbare beroende på att dränering av leran går snabbare på grund av mindre lermäktighet och fler och mäktigare silt- och sandskikt än områdena 3-6.

6.2.4 Lerområde 3, östra Glömstadalen

I området förekommer sättningsbenägen lera med lermäktighet i intervallet 5-10 meter som lokalt även kan överstiga 15 m (se bilaga 1:3). Leran i området är varvig och har inslag av silt- och sandskikt. Leran i området är normalkonsoliderad till något överkonsoliderad. Förkonsolideringstrycket är något lägre jämfört med områdena 1 och 2. Totalsättning för lerdjup 9 meter är beräknad till mindre än 5 cm för grundvattensänkning på 1 m och cirka 10 cm för 2 m grundvattensänkning.

På lerområden förekommer enstaka hus norr om Glömstavägen vid trafikplats Kästa. Längre österut finns ett större bostadsområde med radhus, villor, flerbostadshus och en skola. De flesta byggnaderna är grundlagda på pålar men murar/plintar eller platta på mark förekommer också. För många byggnader saknas information om grundläggning (se bilaga 2:3). Många av husen är därmed potentiellt sättningskänsliga. Längs Glömstadalens södra kant förekommer känsliga

fjärrvärmeledningar och längs dalens norra sida och tvärs dalgången finns känsliga VA ledningar (se bilaga 3:3). Eftersom båda ledningsstråken delvis ligger i randszonen mellan fast mark och sättningsbenägen mark så bedöms sårbarheten för snedsättningar vara hög.

Sårbarheten bedöms vara medelhög till hög i området. Risken för sättningskador bedöms vara medelhög runt trafikplats Kästa och lokalt hög i området norr om tvärförbindelsen vid km 8/000 där lerdjupet är större. Stråket för fjärrvärmeledningar ligger nästan uteslutande på fast mark men VA-ledningar går över områden med varierande lerdjup som kan leda till snedsättning.

6.2.5 Lerområde 4, Flemingsberg

I området förekommer sättningsbenägen lera i dalgången mellan Glömstadalen och Flemingsbergsdalen som benämns kvarteret Vårdkasen och under fyllning i Flemingsbergs industriområde. Även öster om stambanan finns lera i två smala dalgångar inom bostadsområdet Solgård. Lermäktigheten ligger i intervallet 0-10 meter med undantag för ett parti längst i öster vid Flemingsbergsvikens våtmarksområde där lermäktigheten överstiger 20 meter. Totalsättning för lerdjup 9 meter är beräknad till cirka 5 cm för grundvattensänkning på 1 m och cirka 25 cm för 2 m grundvattensänkning.

Västra stambanan är ett sättningskänsligt objekt i området med mycket stort värde för transporter nationellt och regionalt. Norr om trafikplats Solgård finns villabebyggelse som är grundlagd på pålar, med murar/plintar eller platta på mark (se bilaga 2:4). Inom industriområdet finns flera pågrundlagda byggnader, några med plintar samt några med okänd grundläggning. Ledningsstråk för VA och fjärrvärme förekommer i stora delar med undantag för området med störst lermäktighet (se bilaga 3:4).

Sårbarheten bedöms vara hög till mycket hög i området. Områdena med villabebyggelse och ledningsstråk är sårbarheten hög på grund av snedsättning i randzoner mellan lera och fastmark och i de centrala delarna där lermäktigheten är stor är den mycket hög på grund av stora totalsättningar.

6.2.6 Flemingsbergstunneln och Tpl Gladö

Flemingsbergstunneln kommer att medföra grundvattenbortledning under bygg- och driftskede. I området förekommer sättningsbenägen lera främst i de två dalgångarna Visättradal och Stensättradal. Lerdjupsmodellen täcker inte dessa delar men lermäktigheten runt idrottsplatsen i Visättra enligt utförda sonderingar uppgår till 1-2 m under torrskorpelera.

För de flesta byggnaderna i Visättradal saknas uppgift om grundläggning men idrottshallen är grundlagd med platta på mark (se bilaga 2:5). I Stensättradal finns inga byggnader men åkerdräneringen kan vara känslig för snedsättning om lutningen på ledningarna är liten. Ingen beräkning har gjorts för området. Eftersom lermäktigheten är begränsad bedöms känsligheten för sättningar som låg.

Söder om Flemingsbergstunneln kommer broar att anläggas om innebär grundvattenbortledning men det finns inte några sättningskänsliga objekt (se bilaga 2:6 och 3:6) som kan påverkas i området. Längs Ebbadalsdiken finns ett ledningsstråk men där planeras ingen grundvattenbortledning.

Området är inte sårbart för sättningar till följd av Tvärförbindelse Södertörn.

6.2.7 Lerområde 5, Ekedal

Norr om planerad väg är lerdjupen små och består till största del av torrskorpelera som inte är känslig för grundvattensänkning. Söder om planerad väg saknas undersökningar i koloniområdet men lerdjupen bedöms variera och som mest uppgå till cirka 10 m lera. Leran i området har lägst förkonsolideringstryck av de undersökta områdena och leran har också inslag av gytta, lägre densitet

och högre vattenkvot. Totalsättning för lerdjup 7 meter är beräknad till cirka 5 cm för grundvattensänkning på 1 m och cirka 25 cm för 2 m grundvattensänkning.

I området finns kolonistugor som mestadels är grundlagda på plintar eller platta på mark (se bilaga 2:7).

Sårbarheten bedöms vara låg norr om tvärförbindelsen på grund av mindre lermäktighet. Sårbarheten bedöms vara medelhög för stugområdet söder om tvärförbindelsen eftersom stugorna är grundlagda på murar eller plintar och lermäktighet bedöms vara mera osäker.

6.2.8 Lerområde 6, Lissma

I området förekommer sättningsbenägen lera med en mäktighet upp till cirka 15 m i undersökta punkter. I området har lerans egenskaper undersökts framför allt vid planerad trafikplats Lissma som är lokaliserad till den östra delen av området men lerans egenskaper bedöms vara likartade i hela området. Leran är något överkonsoliderad men på grund av större mäktighet blir beräknade sättningar större jämfört med lerområde 5. Totalsättning för lerdjup 9 meter är beräknad till cirka 10 cm för grundvattensänkning på 1 m och cirka 25 cm för 2 m grundvattensänkning.

Norr om Lissma skolväg finns två hus med grundläggning på murar eller plintar samt flera byggnader och en liten stugby med okänd grundläggning (bilaga 2:7). Stugorna i Granby koloniområde är grundlagda på plintar eller murar. Husen är potentiellt känsliga vid större sättningar. Gårdsbebyggelsen vid planerad trafikplats Lissma är grundlagd på fast mark och är inte sårbar för sättningar.

Sårbarheten bedöms som hög för byggnader i Granby och vid Lissma skolväg.

6.2.9 Sträckan Trafikplats Rudan och Trafikplats Slätmosse

Vid trafikplats Slätmosse finns lösa jordarter bestående av cirka 2 m torv ovan 0,5 m gytta ovan upp till 15 m siltig lera. Leran bedöms vara sättningsbenägen.

Längs sträckan planeras flera broar med grundvattenbortledning i byggskede men förekommande byggnader i närområdet är nästan uteslutande grundlagda på berg eller isälvsavlagring och är därför inte sårbara för sättningar. En byggnad vid km 21/550 (på fastigheten Jordbromalm 4:13) som ligger på siltområde och saknar uppgift om grundläggning är potentiellt känslig för sättningar (se bilaga 2:8). Dock indikerar höjdmodellen att marken har sänkts i samband med exploatering och i så fall innebär det inte någon sårbarhet för sättningskador. I området finns en fjärrvärmeledning som bedöms vara måttligt sättningskänslig (se bilaga 3:8).

Sårbarheten bedöms vara liten.

6.3 Sammanfattning av sättningsberäkningar och bedömning av sårbarhet

Beräknade sättningar stämmer väl överens med förväntade resultat utifrån områdenas geotekniska parametrar. De minsta sättningarna uppskattas kunna ske i lerområde 1 och lerområde 2 (västra och centrala Glömstadalen), sättningarna där beräknas dock kunna utvecklas relativt fort. Resultaten är förväntade då områdena dels har mindre lermäktighet, dels består av fler och mäktigare silt- och sandskikt än övriga områden.

Beräkningarna visar att störst sättningarna kan uppkomma i lerområde 3 (östra Glömstadalen) samt lerområde 6 (Lissma). Även lerområde 5 (Ekedal) har större möjliga sättningar med tanke på att lerprofilen där enbart är 11 meter, jämfört de 15 meter som återfinns i lerområde 3 och 6. Resultaten är förväntade då de områdena har ungefär likvärdiga geotekniska parametrar, och beräkningsresultaten är rimliga i förhållande till dessa parametrar.

Lerområde 4 (Flemingsberg) förväntas kunna utveckla större sättningar än lerområde 1 och 2 men något mindre än övriga. Området har något högre konsolideringsgrader än övriga djupa profiler, vilket troligtvis påverka sättningsförloppet. Området har större påverkan i form av byggnation sen tidigare, vilket troligtvis är det som märks i resultatet.

När resultatet från sättningsberäkningarna väg samman med resultat från inventering av känsliga objekt framträder bilden av sårbarheten för sättningar till följd av grundvattensänkning. Det sammanvägda resultatet redovisas i Tabell 3.

Tabell 3. Sammanställning av bedömd sårbarhet för sättningar

Delområde		Sårbarhet för sättningar
	Masmotunneln	Området är inte sårbart
Lerområde 1	Västra Glömstadalen	Sårbarheten bedöms vara låg byggnaderna och VA-ledningarna och medelhög för fjärrvärmeledningarna i området.
Lerområde 2	Centrala Glömstadalen	Sårbarheten bedöms vara låg byggnaderna och medelhög för fjärrvärmeledningarna och VA-ledningar beroende på risk för snedsättning i området.
Lerområde 3	Östra Glömstadalen	Sårbarheten bedöms vara medelhög runt trafikplats Kästa och lokalt hög där jorrdjupet är större. Sårbarheten är låg för fjärrvärmeledningar som ligger på fast mark och medelhög för VA-ledningar som går i områden med varierande lerdjup.
Lerområde 4	Flemingsberg	Sårbarheten bedöms vara hög på grund av snedsättning i randzoner till mycket hög i området de centrala delarna där lermäktigheten är stor.
	Flemingsbergstunneln	Området är inte sårbart
Lerområde 5	Ekedal	Sårbarheten bedöms vara låg norr om tvärförbindelsen och medelhög för stugområdet söder om tvärförbindelsen
Lerområde 6	Lissma	Sårbarheten bedöms som hög för byggnader i Granby och vid Lissma skolväg
	Sträckan Trafikplats Rudan till Trafikplats Slätmosen	Sårbarheten bedöms vara liten

Referenser

Underlag framtaget i program Tvärförbindelse Södertörn

Trafikverket, 2020, PM Beräkningar geoteknik Sättningsberäkningar för områden med grundvattensänkning, oG140070

Trafikverket, 2019, Markundersökningsrapport MUR Geoteknik, oG140030

Kartor

SGU, Jordarter 1:25 000 – 1:100 000, hämtad 2018-04-26

Lantmäteriet, Byggnader (BY) i GSD-Fastighetskartan, hämtad 2019-12-10

Övriga källor

Huddinge kommun, digitalt bygglovsarkiv

Botkyrka kommun, bygglovsarkiv

Bilagor

Bilaga 1	Lerdjupsmodell
Bilaga 2	Sättningskänsliga byggnader
Bilaga 3	Sättningskänsliga ledningar