

Rapporttitel

**ANALYS AV PÅVERKAN PÅ SÖDRA LÄNKEN FRÅN  
PLANERADE HUSBYGGNATIONER**

Författare

Jessa Vatcher, Itasca Consultants AB  
Fredrik Perman, Itasca Consultants AB  
Sebastian Hortberg, Itasca Consultants AB

Granskare

Ulf Lindfors, Itasca Consultants AB  
Jonny Sjöberg, Itasca Consultants AB

Beställare

Göran Lundgren  
Structor Bygg Stockholm AB

Datum

2017-12-19

Version	Kommentar	Datum
1.0	Första version till kund	2017-12-19

## **SAMMANFATTNING**

Analys av påverkan från planerade husbyggnationer intill och ovanför befintliga tunnlar i Södra Länken utfördes av Itasca Consultants AB för beställaren Structor Bygg. Den tredimensionella analysen genomfördes i följande sekvenser: 1) initiala spänningsfältet initierades i 3D-modellen, 2) tunnarna i Södra Länken skapades (berguttag), och 3) husbyggnationen lades till i modellen genom uttag jord och berg och lasten från huskropparna lades till. Inducerade spänningar, plasticering, samt förskjutningar orsakade i bergmassan av husbyggnationen analyserades. Analysen visade att lasterna från planerade husbyggnationer inte påverkar tunnarna i Södra Länken.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING .....	2
INNEHÅLLSFÖRTECKNING .....	3
1 INLEDNING .....	4
2 BERÄKNINGSMODELL .....	4
2.1 Modellgeometri .....	4
2.2 Initialspänningar och randvillkor .....	6
2.3 Geomekaniska miljö och modellens materialegenskaper .....	7
2.4 Modell sekvens .....	8
3 UTVÄRDERING OCH RESULTAT .....	8
3.1 Utvärderingskriterier .....	8
3.2 Resultat .....	9
4 SLUTSATSER .....	14
REFERENSER .....	14
BILAGA I .....	15

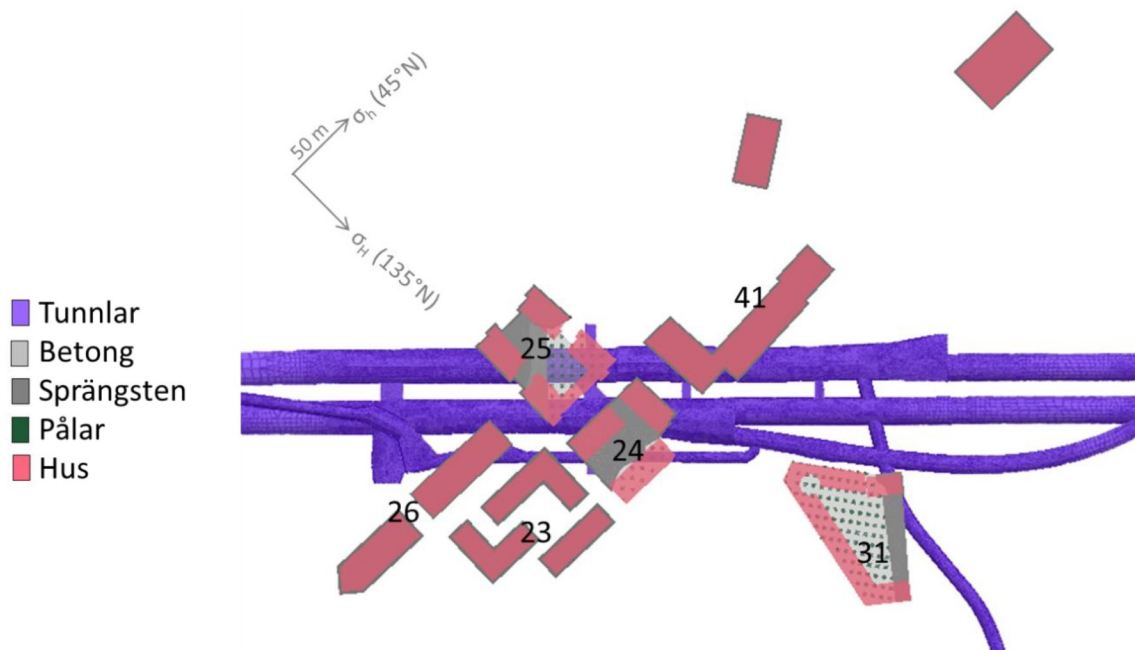
## 1 INLEDNING

Som en del av analyser av kommande byggnationer intill och över Södra Länken, Stockholm, har en analys av eventuell påverkan på befintliga tunnlar utförts. Byggnationerna kommer förändra rådande lastförutsättningar. En tredimensionell numerisk modellanalys har genomförts för att studera eventuell påverkan av byggnationerna på nuvarande tunnelsystem. Arbetet har utförts av Itasca Consultants AB med Structor Bygg Stockholm AB som beställare.

## 2 BERÄKNINGSMODELL

### 2.1 Modellgeometri

En tredimensionell numerisk modell togs fram i vilken befintliga tunnlar, last från planerade hus samt deras grundläggning inkluderades. Befintliga tunnlar, planerade hus samt deras grundläggning illustreras Figur 1. Hus 23, 26, och 41 ligger på sprängsten direkt på bergöverytan. Hus 24, 25, och 31 ligger på varsin betongplatta och betongplattorna grundläggs via pålar ner till bergöverytan om jordtjocklek är större än 2 m, eller på sprängsten ner till bergöverytan om jordtjocklek är mindre än 2 m.



Figur 1 Planvy av analysområdet med befintliga tunnlar, planerade hus, samt grundläggning.

Tunnlarna representeras i modellen som uttagen bergmassa men ingen bergförstärkning installerad i tunnarna. Detta kan ses som ett värsta fall, d.v.s. ett konservativt antagande.

Husens laster är representerade i modellen som en ändring i densitet av grundläggningar baserade på husens tyngd och arean (bjälklag). Från brottgränstillståndet för bjälklagen är den maximala lasten antagen till  $18 \text{ kN/m}^2/\text{bjälklag}$ . Beskrivning av husens bjälklag levererades av beställaren och presenteras i Figur 2. Gårdsbjälklag (Hus 24, 25, och 31) räknade som två bjälklag enligt beställaren, och visas i Figur 2 som skuggade områden.

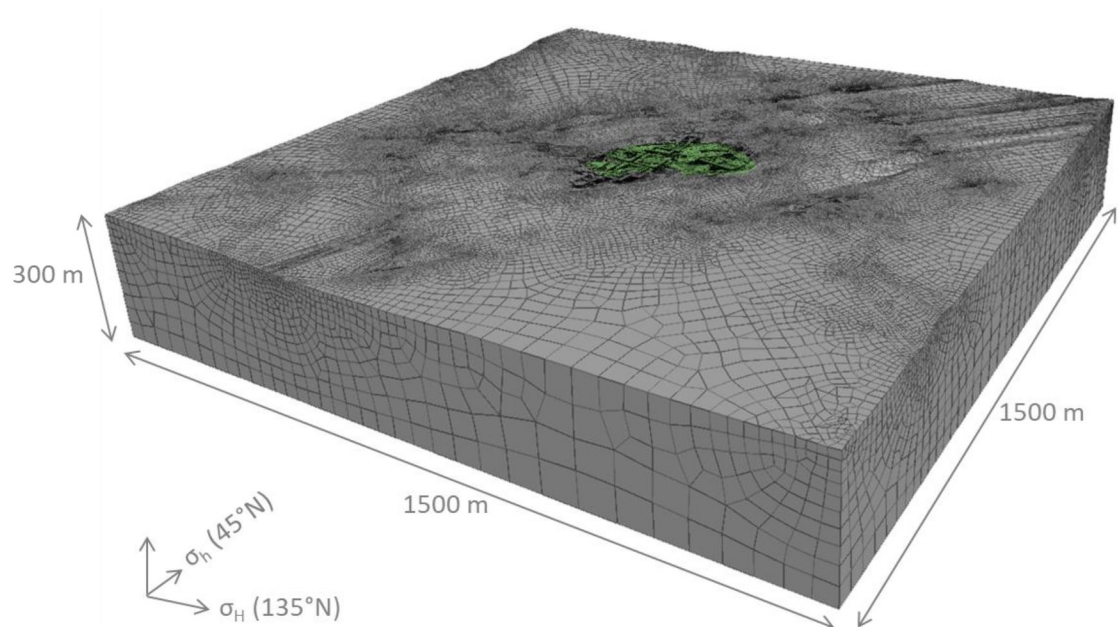


Figur 2 Husens bjälklag, med antal bjälklag angivna med romerska siffror.

Jord- och bergmodeller som levererades till Itasca Consultants AB täckte analysområdet, men inte hela modellen. Jorden simulerades inte utanför jordmodellen eftersom det inte påverkar resultaten. Bergmodellen förlängdes till att täcka hela modellen ut till modellränderna men dessa antaganden påverkar inte resultaten.

Den tredimensionella numeriska modellen byggdes med hjälp av programvaran *FLAC3D* (Itasca, 2017). Modellen visas i Figur 3 där den maximala elementstorleken

(zonstorleken) inom analysområdet är 1 m. På ränderna av modellen är största elementstorleken 100 m.



Figur 3 Perspektivvy av 3D-modellen.

## 2.2 Initialspänningar och randvillkor

Initialspänningar som användes i modellen baserades på data som presenterades i Perman & Sjöberg (2007). Resultat från tidigare bergspänningsmätningar i de mätpunkter som var närmast analysområdet (två mätpunkter i håll KBH05) utvärderades och bedömdes som rimliga för denna analys. Dessa mätningar hade magnituder som stämde överens med en av de globala spänningsrelationerna i området som beräknas av Perman & Sjöberg (2007) och nyttjades därför i modellen enligt följande:

$$\sigma_H = 5.8 + 0.125z,$$

$$\sigma_h = 2.0 + 0.100z,$$

där  $\sigma_H$  är den största horisontalspänningen,  $\sigma_h$  är den minsta horisontalspänningen, och  $z$  är djuphet under bergytan (från Perman & Sjöberg (2007) spänningsdomän Södermalm, maximal uppskattning).

Riktningarna av de horisontella spänningarna för modellen beräknades från dessa två lokala mätpunkter att vara 135°N (största horisontalspänning) samt 45°N (minsta horisontalspänning).



## 2.3 Materialegenskaper

Bergmassan analyserades med en idealplastisk materialmodell för att kunna studera eventuell plasticering av bergmassan. Bergmassan representeras som ett kontinuum (utan sprickor) eftersom det inte finns indikationer på att sprickorna är av stor betydelse för detta specifika fall.

Kateringsdata levererades av beställaren. Bergmassans egenskaper beräknades från viktade data från karteringar. Levererade data var *Q*-kartering (Rock Quality Tunneling Index) i området av tunnlarna. Egenskaperna för bergmassan räknades ut ifrån *GSI*, som i sin tur kan relateras till *Q* enligt följande ekvation.

$$GSI = 9 * \ln(Q) + 44 - 5$$

Bergmassans elastiska och plastiska egenskaper som används i modellen presenteras i Tabell 1 tillsammans med egenskaperna för jord och grundläggning som representeras som elastiska material.

Tabell 1 Materialegenskaper för bergmassa, jord och grundläggning.

	Egenskap	Värde
<b>Bergmassa</b>	Elasticitetsmodul, <i>E</i> , GPa	29
	Poissons tal, <i>v</i>	0.25
	Densitet, <i>ρ</i> , kg/m <sup>3</sup>	2.7
	Kohesion, <i>c</i> , MPa	33
	Draghållfasthet, <i>T</i> , MPa	0.65
	Friktionsvinkel, <i>φ</i> , grader	45
<b>Jord</b>	Elasticitetsmodul, <i>E</i> , GPa	0.030
	Poissons tal, <i>v</i>	0.30
	Densitet, <i>ρ</i> , kg/m <sup>3</sup>	1.6
<b>Grundläggning (sprängsten/pålar)</b>	Elasticitetsmodul, <i>E</i> , GPa	29 (samma som berg)
	Poissons tal, <i>v</i>	0.50
	Densitet, <i>ρ</i> , kg/m <sup>3</sup>	2.4

## 2.4 Modellsekvens

Simuleringen gjordes enligt följande steg:

1. Initiala spänningsfältet appliceras i modellen.
2. Befintliga tunnlar tas ut.
3. Uttag för grundläggningarna för husen, grundläggningarna, samt last från varje hus appliceras i modellen.

Eftersom både tunnlar och husen byggdes i ett steg (dock inte samtidigt) utgör denna analyssekvens ett värsta fall. I verkligheten sker inte tunnel- eller husbyggnationerna på en gång och spänningsomfördelningen och lasttillskott från husen kommer inte på en gång som den gör i modellen. Det är därför sannolikt att effekten på berget av tunnelbyggnationen samt planerade husbyggnationer överskattades i modellen.

## 3 UTVÄRDERING OCH RESULTAT

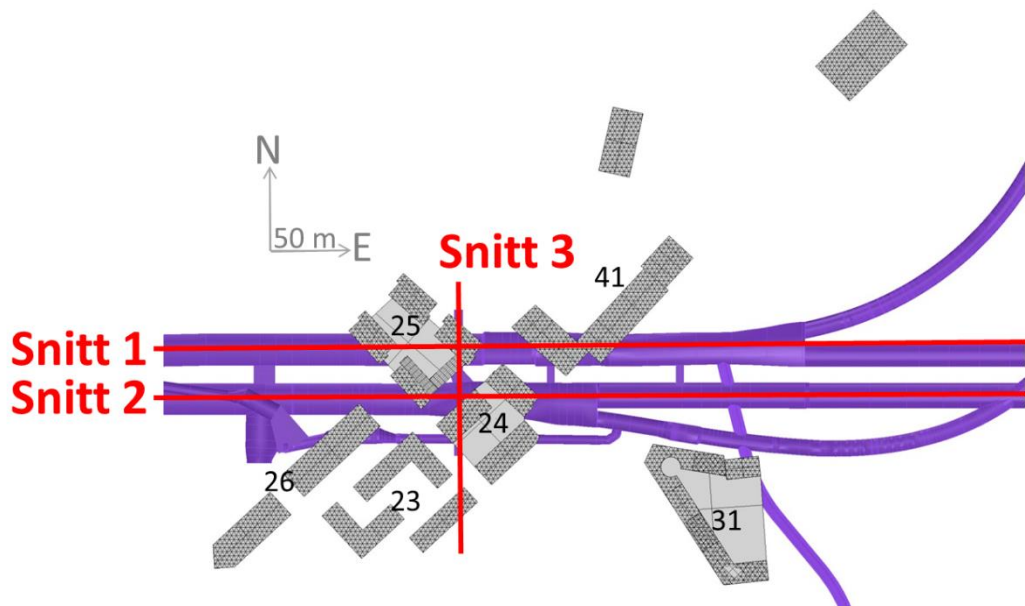
### 3.1 Utvärderingskriterier

Modellen utvärderades med avseende på:

- Spänningar – största huvudspänning  $\sigma_1$ , minsta huvudspänning  $\sigma_3$  och differentialspänning,  $\sigma_1 - \sigma_3$ .
- Plasticering.
- Förskjutningar orsakad av husbyggnationen (grundläggningslast).

Tre vertikala utvärderingssnitt valdes med två snitt placerade längs de två huvudtunnlarna samt ett snitt placerat tvärs över tunnlar i ett område med mycket last från husbyggnationen (Figur 4).





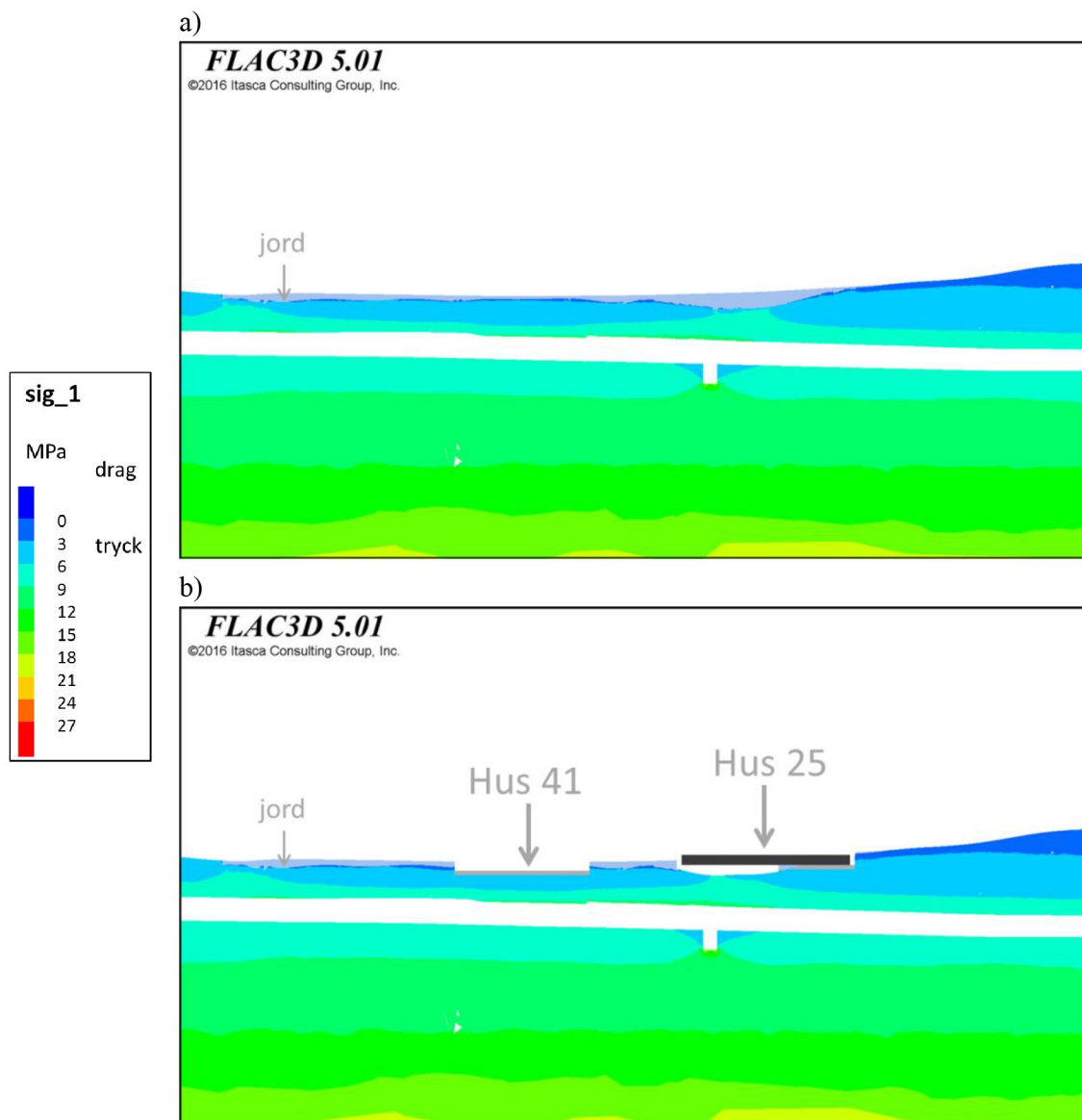
Figur 4 Planvy av området visande vertikala utvärderingssnitt.

### 3.2 Resultat

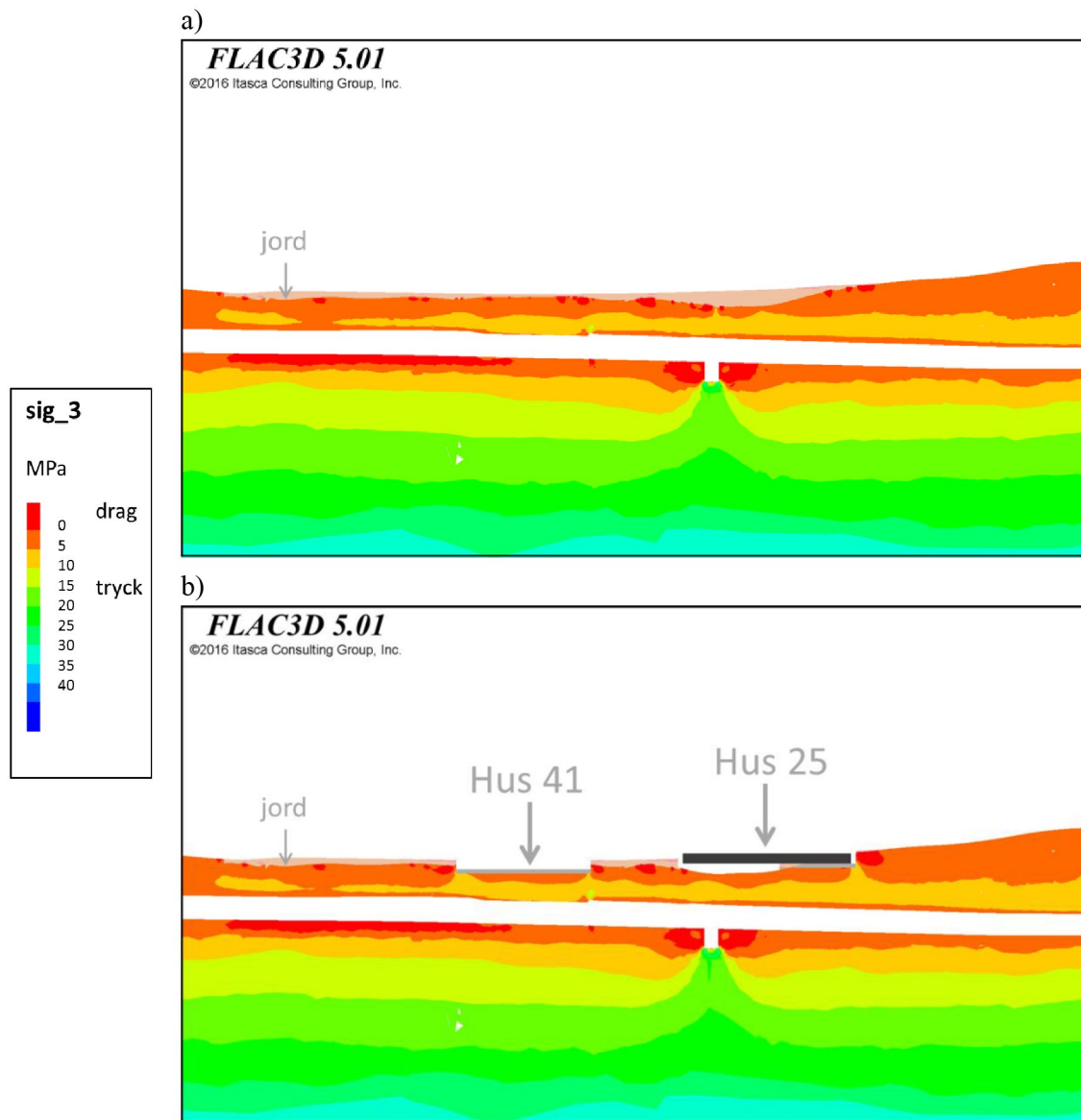
Resultaten visade att planerade byggnader och grundläggning har liten och i praktiken försumbar inverkan på bergmassan och befintliga tunnlar. Spänningar, plasticering, och förskjutningar var inte påverkade av husbyggnationen. Resultat för alla snitt samt utvärderingskriterier presenteras i Bilaga 1.

Resultat före samt efter husbyggnationen visas i Figur 5 till Figur 7. Uttag för husen och lasterna från husen påverkar inte resultaten märkbart. Små ändringar i största huvudspänning (Figur 5), minsta huvudspänning (Figur 6) samt differentialspänning uppkommer efter husbyggnationen, framförallt nära markytan. Ingen plasticering från husbyggnationen syns (Figur 7).

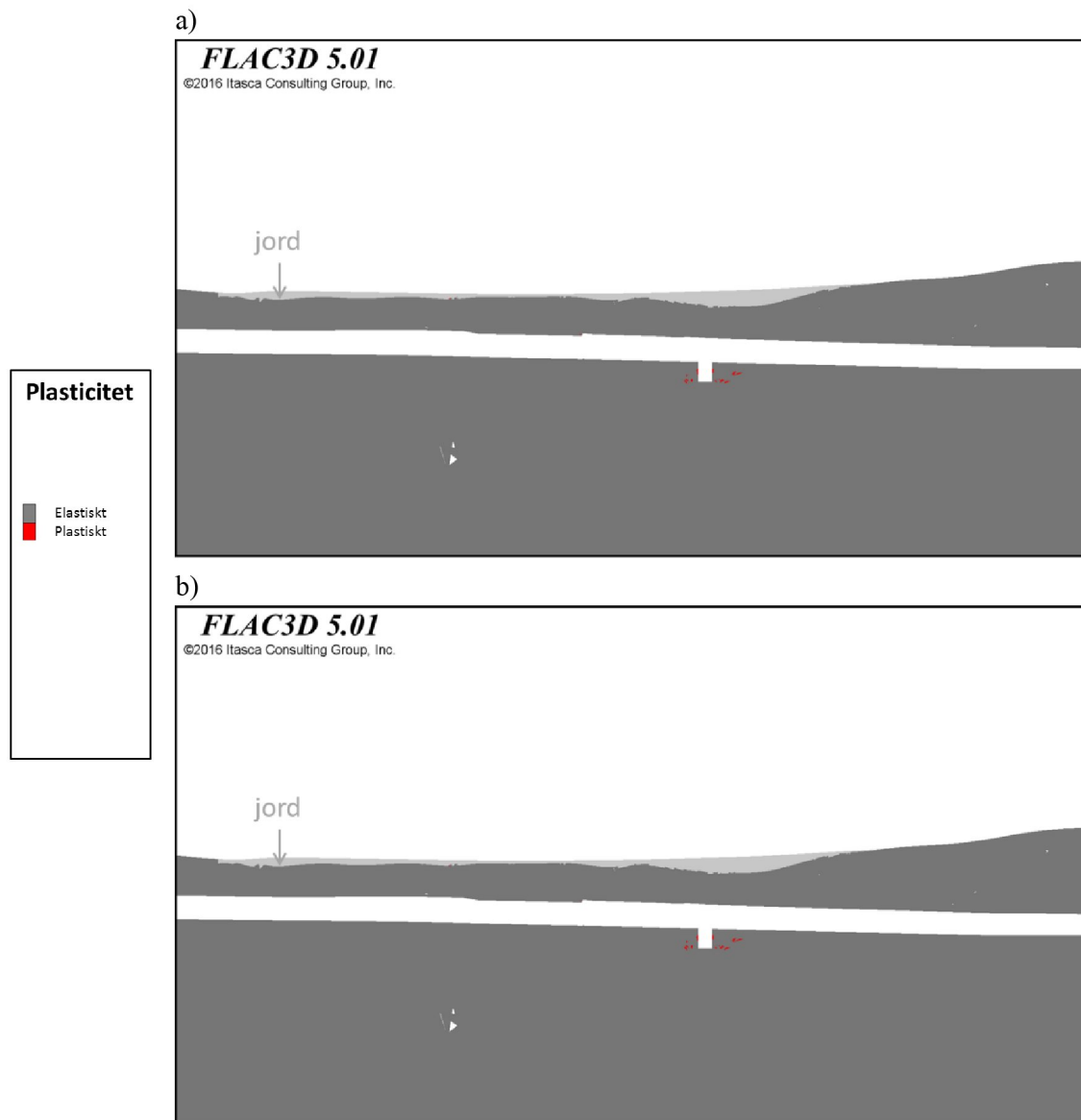
Beräkning deformationer i berg till följd av husbyggnationen visas i Figur 8.. Den maximala totala deformationen i berget i de utvärderade snitten var mindre än 0.06 mm. Oftast är den totala förskjutningen mindre än dessa värden, speciellt med avseende på tunnelytan. Modellerna byggdes att utvärdera deformationer i berg, och inte i ovanliggande jordmaterial, i vilken större deformationer kan uppkomma till följd av grundläggningen.



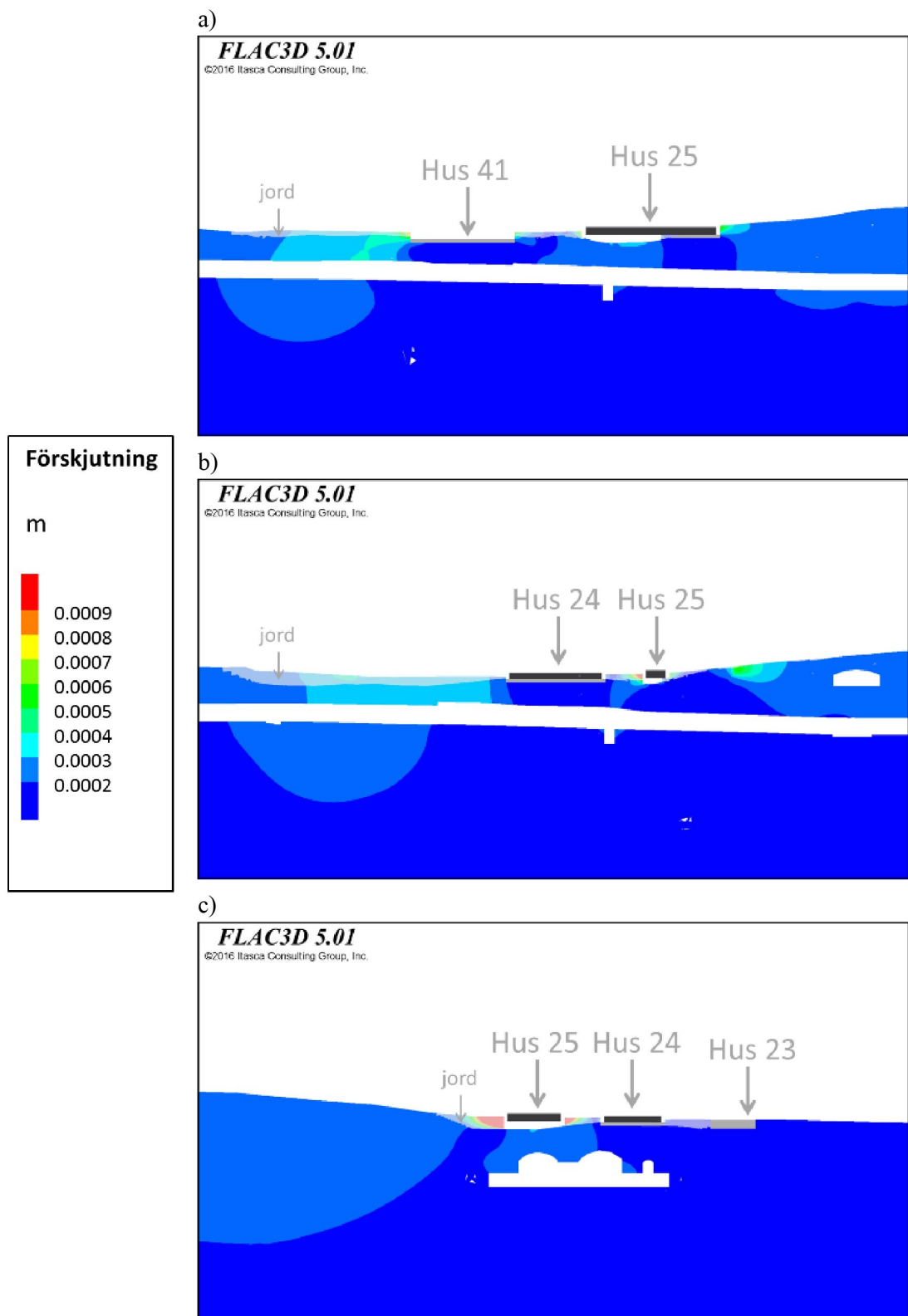
Figur 5 Största huvudspänning längs Snitt 1 a) före och b) efter pålagd last från hus.



Figur 6 Minsta huvudspänning längs Snitt 1 a) före och b) efter pålagd last från hus.



Figur 7 Plasticering längs Snitt 1 a) före och b) efter pålagd last från hus.



Figur 8 Beräknad deformation efter pålagd last från hus längs a) Snitt 1, b) Snitt 2, och c) Snitt 3.

#### 4 SLUTSATSER

Resultaten visade att planerade byggnader och grundläggning har liten och i praktiken försumbar inverkan på bergmassan och befintliga tunnlar. Om planen för grundläggning signifikant ändras bör dock analysen uppdateras för att verifiera ovan slutsatser.

#### REFERENSER

Itasca. 2017. *FLAC3D*. Version 5.01.146. Minneapolis: Itasca Consulting Group, Inc.

Perman, F. & Sjöberg, J. 2007. *Initiala bergspänningar i Stockholmsområdet – Underlag för projektering av Citybanan*. Vattenfall Rapport 2318900, 122 sid.

## **BILAGA I**

Resultat.pdf