

Program TRV Fyra spår Uppsala		Dokumentnummer FSUK003-50GT-025-1110-56_67-0005	
Uppdragsnummer TRV 168592	Uppdragsnummer (projektör) 30020886	Datum 2025-02-19	
Skapad av (projektör) Hamsa Taufik Richard Paakkonen Prashansha Sharma	Granskad av (projektör) Gunnar Larsson	Godkänd av (projektör) Stefan Eidissen	
Stråk 5, Ostkustbanan Söder Bergsbrunna-Uppsala C Norra bron Bandel 429 Systemhandling, Godkänd Geoteknik och hydrogeologi (undersökningar och mätningar) PM Geoteknik bro			

Ändr.	Ändringen avser	Godkänd av	Ändr. datum

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	3
1.1 BAKGRUND	3
1.2 SYFTE MED DOKUMENTET	3
1.3 STYRANDE OCH STÖDJANDE DOKUMENT	3
1.3.1. <i>Styrande dokument</i>	3
1.3.2. <i>Rådgivande dokument</i>	3
1.4 UNDERLAG	4
2. GEOTEKNISK KATEGORI OCH SÄKERHETSKLASS	4
3. BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN	4
3.1 BEFINTLIGA ANLÄGGNINGAR	4
3.2 PLANERADE KONSTRUKTIONER	4
4. GEOTEKNISKA OCH HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN	5
4.1 JORDLAGER	5
4.2 VALDA VÄRDEN	5
4.3 MATERIALTYP OCH TJÄLFARFARLIGHETSKLASS	7
4.4 HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN	7
5. GEOTEKNISKA REKOMMENDATIONER OCH GRUNDLÄGGNINGSFÖRSLAG	8
6. DIMENSIONERANDE VÄRDEN	8
6.1 DIMENSIONERING AV PÅLNING	8

1. Inledning

1.1 Bakgrund

En systemhandling (daterad 2025-02-10) har tagits fram för utbyggnad av järnväg på sträckan mellan Uppsala Centralstation och Söder Bergsbrunna inom Uppsala kommun. Järnvägsutbyggnaden syftar som helhet till att öka tillgängligheten, kapaciteten och robustheten på sträckan. Detta PM, tillhörande systemhandling avseende Norra bron, beskriver den nya plattformsförbindelsen kallad Norra bron och är ett komplement till systemhandlingen för utbyggnaden av järnvägen. Ytterligare beskrivning av anläggningen finns i PM Systemhandling för Norra bron.

1.2 Syfte med dokumentet

Detta PM utgör ett komplement till "Systemhandling avseende Fyra spår Uppsala, Söder Bergsbrunna – Uppsala Centralstation" (daterad 2025-02-10). Syftet med dokumentet är att beskriva de åtgärder och tekniker som blir aktuella med anledning av Norra bron.

Syftet med detta dokument är att redovisa de geotekniska förutsättningarna och åtgärderna för den planerade bron, samt beskriva motiven till de valda geotekniska förstärkningsåtgärderna längs med planerad sträckning.

1.3 Styrande och stödjande dokument

1.3.1. Styrande dokument

- SS-EN 1997–1 med tillhörande nationell bilaga
- TK Geo 13 ver.2, Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner
- TDOK 2016:0204, ver.3, Krav brobyggande
- TDOK 2016:0203, ver.3, Råd brobyggande
- Anvisningar för projektering och byggande av skogsbilvägar klass 3 och 4, version 2011-01-01
- Typsektioner för banan, TDOK BVS-1585.005, ver2 2015

1.3.2. Rådgivande dokument

- TR Geo 13, version 2.0, TDOK 2013:0668
- Skredkommissionen R3:95, Anvisningar för släntstabilitetsutredningar
- SD Rapport 15. Provbankar, Riksväg 45/Nordlänken, Bankar på kalkcementpelarförstärkt jord, Beräkningsmodell för sättningar.
- SD Rapport 17. Djupstabilisering med bindemedelstabiliserande pelare och masstabilisering
- IEG Rapport 6: 2008 rev 1. Tillämpningsdokument Slänter och bankar
- IEG Rapport 4:2010 Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar - Vägledning för tillämpning av Skredkommissionens rapporter 3:95 och 2:96 (delar av)

1.4 Underlag

- MUR/Geo, FSUK003-50GT-017-0000-56_67-0002.
- FSUK003-01-N1-0000-56_67-0001.
- PM Byggbeskrivning, FSUK003-01-025-0000-56_67-0012.
- Arkivhandlingar, ritningar samt modellfiler (huvudsakligen Uppsala Centralstation) hämtade från Trafikverkets arkivdatabas samt Batman
- Arkivunderlag tillhörande projektet Ostkustbanan erhållet från Ramböll
- PM Byggnadsverk Förstudie Norra och Södra bron, Uppsala C inkl. bilagor skapad av WSP daterad 2024-01-31.
- PM Gångflöden Förstudie broar Uppsala C, skapad av WSP daterad 2023-12-22.
- Förstudie broar Uppsala C, skapad av C.F. Møller Architects & Studio Land daterad 2023-12-20.
- Grundläggningsnivåer och utformning av broar är hämtade från respektive modellfil.

2. Geoteknisk kategori och säkerhetsklass

Planerade arbeten bedöms kunna hänföras till geoteknisk kategori 2 (GK2) och säkerhetsklass 2 (SK2).

3. Befintliga förhållanden

3.1 Befintliga anläggningar

Det planerade läget för Norra bron sträcker sig från väster, över spårområdet, österut för att ansluta mot Stationsgatan.

På den västra sidan ska bron ansluta till den nya stationsbyggnaden som ännu inte är byggd. I det planerade stationsbyggnaden finns för närvarande ett cykelparkeringshus som ägs av Uppsala Parkerings AB, vilket det planeras för att demonteras och flyttas för att ge plats åt den nya stationsbyggnaden.

Vid den östra änden av Norra bron finns huvudledningar för kommunalt nät som kan komma i konflikt med den planerade gångbron och måste hanteras. Befintliga byggnader på östra sidan av Stationsgatan är grundlagda med pålar. Området kan även innehålla kvarlämnade konstruktioner under markytan som inte är synliga.

3.2 Planerade konstruktioner

Norra bron är en central del av Uppsalas infrastrukturutveckling och utgör en viktig förbindelse över spårområdet vid Uppsala C. Brons utformning och konstruktion är noga planerad för att möta både nuvarande och framtida behov. Norra bron kommer att utgöra en huvudförbindelse till det planerade stationshuset och stationens plattformar, samt att fungera som en länk mellan stadens östra och västra sidor. Över spårområdet är bron utformad med mellanstöd som placeras i linje med lyftpaket från plattformarna.

Grundläggningsnivån (underkant bottenplatta) för stöden vid Norra bron kommer att vara ca +6,0 (RH2000). Det är 1,3 meter under plattformens höjd, men eftersom höjden på plattformarna varierar något, kommer det också att vara en mindre variation (30–50 mm) för stöden.

För mer information kring brons planerade utformning hänvisas till PM Byggnadsverk, FSUK003-14-025-1110-56_67-0002.

4. Geotekniska och hydrogeologiska förhållanden

4.1 Jordlager

På platsen består jordlagerföljden huvudsakligen överst av fyllning på torrskorpelera ovan lera på friktionsjord på berg.

Marknivån varierar mellan +6 och +9.

Inom det aktuella området utgörs de översta jordlagren av ca 1 till 3 m fyllning på lera på friktionsjord.

Fyllningens sammansättning och mäktighet varierar i området, huvudsakligen utgörs fyllningen vid järnvägen av friktionsjordsmassor såsom stenig grusig sand och makadam. Även fyllning med lera och tegel har påträffats i området.

Leran under fyllningen är 5 – 22,5 m mäktig. Leran har överst utbildad torrskorpa i 1 m. Lerans odränerade skjuvhållfasthet varierar mellan 10 och 40 kPa. Leran är i delar sulfidhaltig. Lerans vattenkvot varierar generellt mellan 40 och 60 % och även dess konflytgräns mellan 40 och 60 %.

Lerans deformationsegenskaper har undersökts i flertal punkter. Utifrån dessa bedöms leran vara normal- till något överkonsoliderad.

Friktionsjordens tjocklek under leran varierar från 2–4 m. Friktionsjorden har endast undersökts med sonderingar vilka visar att både fasta och lösa partier förekommer.

Den naturligt lagrade friktionsjorden utgörs av morän och består av grusig sand eller sandigt grus. Friktionsjordens mäktighet varierar mellan 2 och 4 m. Friktionsjorden innehåller mindre block och samt sten.

Bergnivån varierar mellan -20 och -4 motsvarande 11 – 27 m från markytan.

Utifrån mätningar ligger grundvattentrycksnivån i det undre magasinet runt +3,2 (RH2000).

4.2 Valda värden

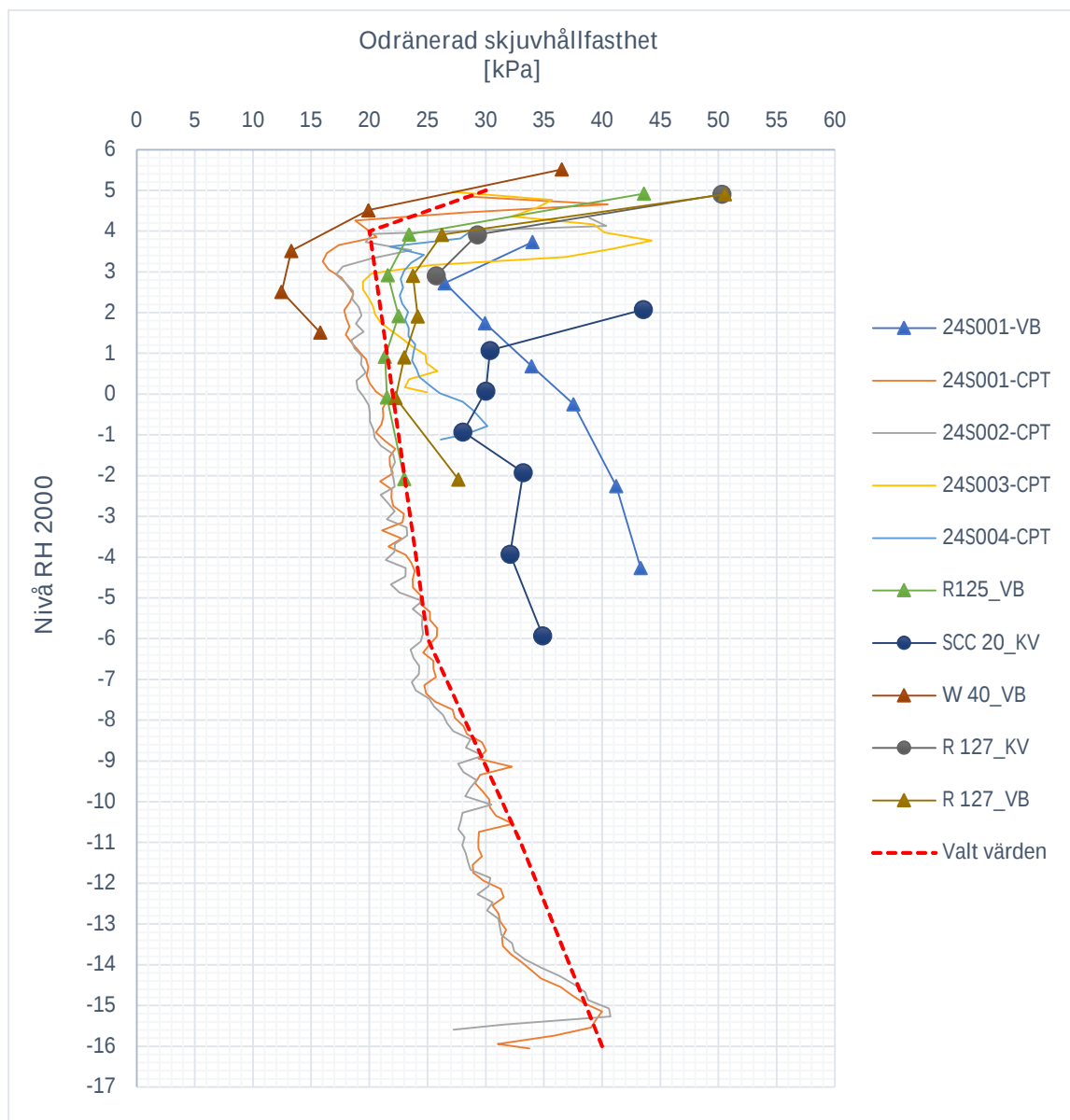
Värden för jordens materialparametrar har valt utifrån härledda värden, för detaljer kring härledning av jordens materialparametrar hänvisas till Markteknisk undersökningsrapport (MUR) för objektet, upprättad av Sweco Sverige AB, daterad 2024-12-17. En sammanställning av valda värden redovisas i Tabell 1.

Tabell 1. Valda värden

Djup [m]	Jordart	Tunghet [kN/m ³]	Odränerad skjuvhållfasthet [kPa]	Friktionsvinkel [°]	Elasticitetsmodul [MPa]
0–1,5	Fyllning	17	-	33	-
1,5–2,5	Torrskorpelera	17*	30	-	-
2,5–3,5	Lera 1	16	30-10kPa/m	-	-
3,5–13	Lera 2	16	20+0,5kPa/m	-	-
13–17,5	Lera 3	16	25+1,8kPa/m	-	-
17,5-23	Lera 4	16	33+1,3kPa/m	-	-
23-	Friktionsjord	20*	-	40	50

*karaktäristiska värden hämtade från tabell i TRVINFRA-00230.

För lerans odränerade skjuvhållfasthet redovisas valda värden tillsammans med härledda värden i Figur 1. Valda värden har utvärderats från CPTu-sonderingar, vingförsök och fallkonförsök.



Figur 1 Valt värde

4.3 Materialtyp och tjälfarfarlighetsklass

För jord varierar materialtyp mellan 2-4B och tjälfarfarlighetsklass mellan 1–3.

4.4 Hydrogeologiska förhållanden

Grundvatten förekommer i jordlager i marken längs i anslutning till aktuellt område. Markens översta jordlager utgörs av fyllning, i vilket grundvatten förekommer i ett öppet (övre) grundvattenmagasin. Under fyllning förekommer lera, under vilket ett relativt stort slutet (undre) grundvattenmagasin återfinns i friktionsjord. Det slutna grundvattenmagasinet utgör stor grundvattentäkt som förser stadens invånare med dricksvatten, täkten omfattas av ett vattenskyddsområde som kommer att kräva en dispensansökan vid planerad anläggning.

Utifrån mätningar från grundvattenrör ligger grundvattnets trycknivå för det undre magasinet mellan nivå +2,9 och +3,4 motsvarande ca 3,7 respektive 4,1 meter under befintlig markyta.

I det övre grundvattenmagasinet finns inga grundvattenrör installerade planerat läge för Norra bron och uppmätta grundvattennivåer saknas således. Grundvattennivån i det övre magasinet har hittills bedömts utifrån uppmätta grundvattennivåer i grundvattenrör i anslutning till järnvägens korsning med Strandbodgatan, beläget ca 350 m sydväst om planerad bro. I dessa grundvattenrör har grundvattennivån uppmätts ligga mellan 1,8 och 2,6 meter under markytan, vilket för markytan som gäller vid Norra bron ger en uppskattad grundvattennivå på omkring +4 - +6 i övre magasin. Grundvattennivåer i övre magasin kan därtill vara påverkade av järnvägens dränering som ligger på nivån +5,1, vilket i normal drift borde begränsa grundvattennivån i läge för järnvägen. Förekomst av torrskorpa i leran översta delar kan även indikera att det övre grundvattenmagasinet tidvis är torrt.

5. Geotekniska rekommendationer och grundläggningsförslag

Med aktuella förhållanden rekommenderas att bron grundläggs med pålar till fast botten eller berg. På grund av närhet till befintliga pålar rekommenderas borrarade stålörspålar. Vid borrar av grova stålörspålar krävs med tanke på områdets känslighet varsamt utförande för att minimera risken för omgivningspåverkan.

Pålstopp bedöms från 11 m till 27 m under befintlig mark. Jorddjupet varierar från väster till öster sida. Naturliga variationer av jorddjup till berg medför att pållängder kan komma att bli både längre och kortare än ovan beskrivet.

Pålar dimensioneras för påhängslaster från negativ mantelkohesion.

Grundläggningsnivån (uk bottenplatta) för stöden vid Norra bron kommer att vara cirka +6,0. Marken varierar från +6 till +7,8 från väster till öster sida, vilket innebär att det kommer att krävas schaktning på cirka 1–1,8 m på öster sida.

Huvuddelen av planerad schaktning kommer att utföras i fyllningsjord. Schakt bedöms kunna utföras med öppen schakt, förutsatt att utrymme finns för schaktslänter. Schaktning i fyllnadsjorden kan medföra inläckage av ytligt grundvatten i fyllningen. Länshållning kan utföras ur pumpgropar.

Under nästa skede bör en fördjupad inventering av befintliga konstruktioner och ledningar som kan komma att påverka schaktarbeten utföras.

6. Dimensionerande värden

6.1 Dimensionering av pålning

Grundläggning dimensioneras enligt EKS, BFS 2011:10 med ändringar till och med BFS 2022:4 (EKS 12), geoteknisk kategori 2. Pålgrundläggning innebär DA3 för konstruktiv bärförmåga, där partialkoefficienter läggs på materialparametrar och laster. Geoteknisk bärförmåga verifieras i DA2 där partialkoefficienterna i stället läggs på laster och bärförmåga. På härledda värden appliceras även en omräkningsfaktor η som beaktar den geotekniska undersökningens omfattning och kvalitet.

Dimensionerande värden för pålgrundläggning redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Dimensionerande värden på grundläggning

Djup [m]	Jordart	Tunghet [kN/m ³]	DA2		DA3		Elasticitetsmodul [MPa]
			Odränerad skjuvhållfasthet [kPa] $\eta_{cu} = 0,95$ $\gamma_{cu} = 1$	Friktionsvinkel [°] $\eta_{tan\phi} = 0,97$ $\gamma_{tan\phi} = 1,0$	Odränerad skjuvhållfasthet [kPa] $\eta_{cu} = 0,95$ $\gamma_{cu} = 1,5$	Friktionsvinkel [°] $\eta_{tan\phi} = 0,97$ $\gamma_{tan\phi} = 1,3$	
0–1,5	Fyllning	17		32,2		25,9	
1,5–2,5	Torrskorpelera	17	28,5	-	19	-	-
2,5–3,5	Lera 1	16	28,5-9,5kPa/m	-	19-6,3kPa/m	-	-
3,5–13	Lera 2	16	19+0,5kPa/m	-	12,7+0,3kPa/m	-	-
13–17,5	Lera 3	16	23,8+1,7kPa/m	-	15,8+1,1kPa/m	-	-
17,5-23	Lera 4	16	31,4+1,2kPa/m	-	20,9+0,8kPa/m	-	-
23-	Friktionsjord	20*		39,1		32,1	50

*Tabellvärden från TRVINFRA-00230.