



Geokalkyl Pro

Manual

Åke Magnusson, Dan Degerman, David Rudebeck, Jonas Nordén, Christel Carlsson

Uppdragsgivare: Statens geotekniska institut

2026-09-03

Innehållsförteckning

1	Introduktion.....	3
1.1	Om Manualen	3
1.2	Om verktyget	3
1.2.1	Nyheter i Geokalkyl Pro	4
1.3	Begränsningar och tolkning av resultat	5
2	Förberedelser	5
2.1	Indata och mallfiler	5
2.2	Programvara	6
2.3	Nödvändiga inställningar i ArcGIS Pro.....	6
2.4	Koordinatsystem.....	6
2.5	Kompetens.....	7
2.6	Licensvillkor	7
3	Mappstruktur, verktygslådor och modeller	7
3.1	Översikt.....	7
4	Arbetsblock 1 – Förarbete och import av data	8
4.1	Översikt.....	8
5	Arbetsblock 2 – Beräkningar Beräkning av kostnader	18
5.1	Översikt.....	18
6	Redovisning	24
6.1	Utdata – grafik	24
	Utdata – tabeller	29
7	Tolka och utvärdera resultatet.....	33

1 Introduktion

1.1 Om Manualen

Denna manual avser Geokalkyl Pro version 3.5 och senare. Den är utformad som en praktisk vägledning som steg för steg visar hur verktyget används.

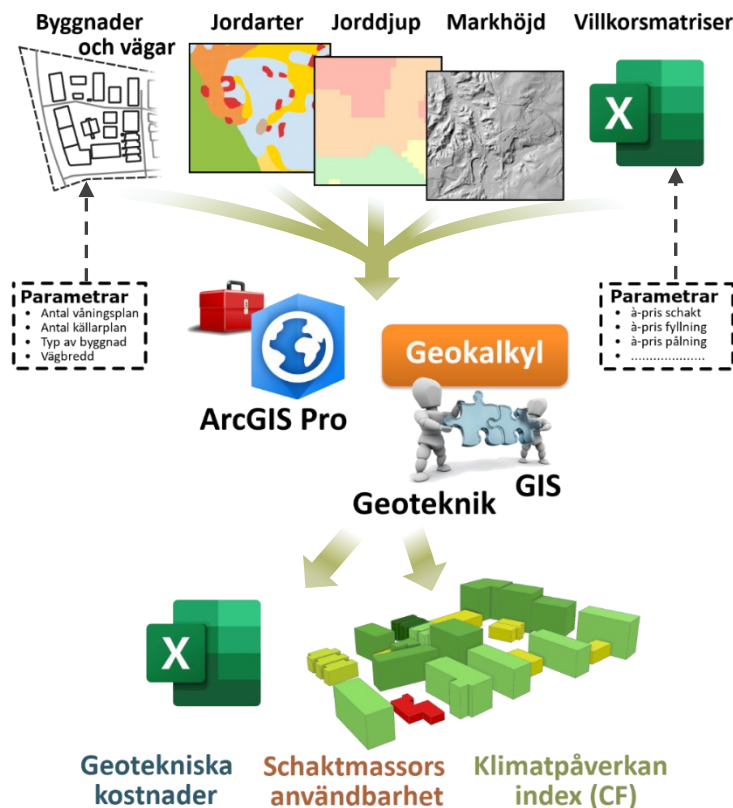
För information om verktygets bakgrund och metodbeskrivning för tidigare versioner av Geokalkyl hänvisas till följande publikationer:

- SGI Publikation 16 (2015) *Geokalkyl för planering av bebyggelse i tidiga skeden*
 - Prototyp för ArcGIS 10.2
- SGI Publikation 33 (2016) *Geokalkyl 2.0 - Metodbeskrivning och implementering*
 - Implementerad produkt för ArcGIS 10.7
- SGI Publikation 39 (2017) *Geokalkylsystem med hållbarhetskriterier – komplettering och implementering av Geokalkyl enligt regeringsuppdrag*
 - Utveckling av metoder för beräkning av masshantering och klimatavtryck

Samtliga publikationer kan laddas ner fritt via DiVA (Digitala Vetenskapliga Arkivet).

1.2 Om verktyget

Geokalkyl Pro är ett GIS-baserat beräkningsverktyg som uppskattar geotekniska kostnader för olika bebyggelsealternativ. Beräkningarna baseras bland annat på markens egenskaper, planinformation och schablonkostnader för geotekniska åtgärder (Figur 1).



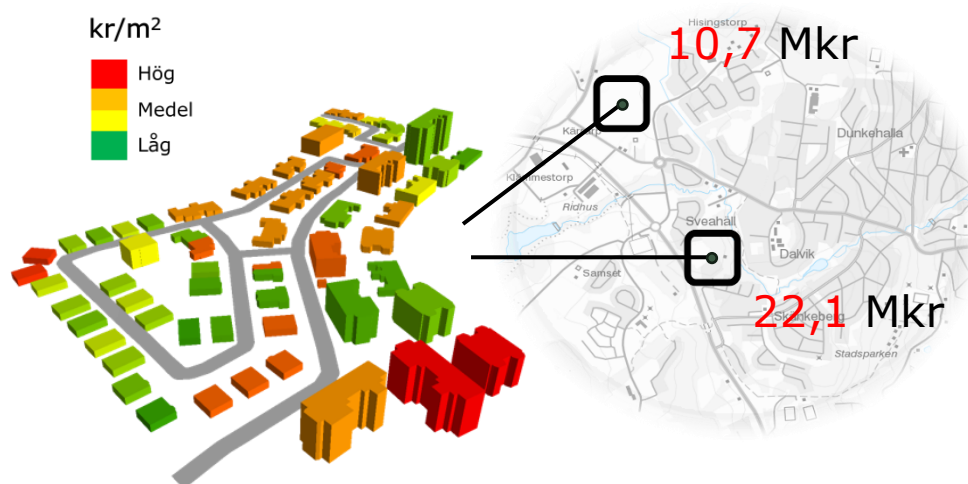
Figur 1. Schematisk bild över Geokalkyl.

Beräkningarna omfattar tre typer av markanvändning: grönytor, hårdgjorda ytor och byggnader. För grönytor beräknas mängd och kostnad för schakt och fyllning. För byggnader och hårdgjorda ytor beräknas även kostnader för eventuell grundförstärkning. Vid behov kan även kostnader för klimatanpassningsåtgärder och sanering av förorenade områden inkluderas, om sådana uppgifter finns tillgängliga.

Verktöget kan även beräkna klimatpåverkan (CO_2e) från geotekniska åtgärder samt bedöma uppkomna schaktmassors användbarhet.

Resultaten presenteras grafiskt i form av kartbilder i 2D och 3D, samt i tabellform som Excelrapporter.

Geokalkyl Pro har utvecklats av Statens geotekniska institut (SGI) och är avsett att ge ett översiktligt beslutsunderlag vid jämförelse av olika bebyggelsealternativ **i tidiga planeringsskeden**.



Figur 2. Figuren visar skillnaden i kostnad för geotekniska åtgärder då samma kvarter placeras på två olika platser.

1.2.1 Nyheter i Geokalkyl Pro

Geokalkyl Pro baseras på ESRI:s GIS-programvara ArcGIS Pro, till skillnad från tidigare versioner av Geokalkyl som utvecklats för ArcMap. Geokalkyl Pro innehåller flera förbättringar:

- en massbalansmodul som klassificerar schaktmassor och beräknar kostnader för dess transport, återanvändning och deponering
- förbättrad hantering av jorddjupsdata, inklusive möjlighet att kombinera SGU:s modeller med egna undersökningspunkter
- moderniserad modellstruktur i ArcGIS Pro med förbättrad prestanda
- uppdaterade mallfiler och tydligare arbetsflöde

1.3 Begränsningar och tolkning av resultat

Beräkningarna av kostnader i Geokalkyl är översiktliga och bygger på schablonvärden och standardiserade geotekniska metoder och ska därför tolkas som indikativa snarare än exakta. Verktöget ersätter inte geotekniska undersökningar, detaljerade kostnadskalkyler eller projektering av grundläggning. Geokalkyl Pro kan däremot komplettera sådana utredningar genom att ge en tidig bild av geotekniska kostnadsnivåer, masshantering och klimatavtryck.

2 Förberedelser

Detta kapitel beskriver de förutsättningar som krävs för att kunna genomföra en beräkning i Geokalkyl Pro. Avsnittet omfattar indata, mallfiler, programvara, nödvändiga inställningar, rekommenderat koordinatsystem, kompetenskrav och licensvillkor.

2.1 Indata och mallfiler

För att Geokalkyl Pro ska kunna köras krävs ett antal obligatoriska indata som beskriver analysområdet och dess geotekniska förutsättningar. Dessa lager ska finnas i GIS-format och vara anpassade till de mallfiler som ingår i verktöget.

Obligatoriska indata är:

- Analysområde (polygon)
- Byggnader (polygon)
- Vägar (linje)
- Höjdmodell (raster)
- Jorddjupsmodell (raster)
- Jordartskarta JG2 (polygon)

Därutöver kan ytterligare lager användas för att förbättra beräkningarnas kvalitet. Dessa är frivilliga och behöver inte täcka in hela analysområdet.

Frivilliga indata är:

- Jordartskarta JD3 (polygon)
- Förorenade ytor (polygon)
- Klimatanpassningsytor (polygon)
- Geotekniska undersökningspunkter (punkt)

För samtliga vektor-lager finns tomma mallfiler i databasen *Underlag.gdb*. Mallfilerna innehåller rätt attributstruktur och datatyper för att verktöget ska fungera korrekt. Det rekommenderas att dessa mallfiler används och fylls på med projektets data, eftersom modellerna i Geokalkyl Pro förutsätter att attributen följer denna struktur.

2.2 Programvara

Följande programvaror behövs för att kunna genomföra beräkningen:

Tabell 1. Programvaror

Program
ArcGIS Pro 3.5 (eller senare version)
ArcGIS 3D Analyst , ett tillägg för ArcGIS Pro
Microsoft Excel 2010 (eller senare version)

2.3 Nödvändiga inställningar i ArcGIS Pro

För att Geokalkyl Pro ska fungera korrekt behöver inställningar göras i ArcGIS Pro:

- Tillåt att Geobearbetningsverktyg kan skriva över existerande data. Gå till *Project > Options > Geoprocessing* och se till att "Allow geoprocessing tools to overwrite existing datasets" är ikryssad.
- Ändra sökvägen till Default geodatabase så att den pekar på *Resultat.gdb* som finns i mappen Data. Det görs under *Project > Options > Current Settings*.
- Se också till att övriga sökvägar, till Default toolbox och hem-mapp (home folder), som står under "Current Settings" stämmer. Det finns under *Project > Options > Current Settings*. Dessa sökvägar är relativa, till skillnad från sökvägen till Default geodatabase, och ska automatiskt ändras så att det stämmer.

2.4 Koordinatsystem

Samtliga lager i Geokalkyl Pro ska använda samma koordinatsystem. Verktöget mallfiler är skapade i koordinatsystemet SWEREF99 TM, vilket också är ett nationellt koordinatsystem som Lantmäteriets höjddata och SGU:s jordartsdata normalt levereras i. Det rekommenderas därför att detta system används.

NOTERA: Data i lokala SWEREF99-zoner (t.ex. primärkartor och detaljplaner) kan normalt samprojiceras med data i SWEREF99 TM utan problem. Om data från lokala eller äldre koordinatssystem (t.ex. RT90) skulle behöva användas, bör dessa initialt transformeras om till SWEREF99 TM innan beräkningsarbetet påbörjas.

Avses det att jobba i ett annat koordinatsystem är det möjligt men då är det viktigt att tänka på att alla indatalager, samt att de lager som kommer med verktöget, måste vara i samma koordinatsystem. Det är också nödvändigt att det koordinatsystem som används är i enheten meter.

2.5 Kompetens

Geokalkyl Pro är ett expertsystem som kräver särskild kompetens för att resultaten ska kunna tolkas och användas på ett korrekt sätt. Två roller är centrala:

- Geotekniker för tolkning av markförhållanden och kalkylresultat.
- Person med erfarenhet av geodatahantering och bearbetning av information i GIS-miljö och programmet ArcGIS Pro.

2.6 Licensvillkor

Nyttjande av verktyget Geokalkyl Pro innebär att användaren, som licenstagare, accepterar att följa villkoren i en öppen licens som är tillgänglig på SGI:s webbplats <https://www.sgi.se/geokalkyl>.

3 Mappstruktur, verktygslådor och modeller

Detta kapitel beskriver den mappstruktur och de verktygslådor som ingår i Geokalkyl Pro.

3.1 Översikt

Verktygets mappstruktur består av huvudmappen *GeokalkylPro* samt ett antal undermappar, bland annat mappen *Project* som innehåller ArcGIS Pro-filen *GeokalkylPro.aprx* vars modeller ska exekveras, och mappen *Data* som innehåller geodatabaser och mallfiler som fylls på allteftersom respektive modell körs.

När *GeokalkylPro.aprx* öppnats går det att hitta verktygslådan *Verktygslåda Geokalkyl.atbx* under mappen *Toolbox* i *Catalog*-fönstret. Där finns två tool sets: 1) *Verktyg för att preparera underlag* samt 2) *Beräkna kostnader för grundförstärkning*, som innehåller de modeller som ska köras för att genomföra kalkylen.

4 Arbetsblock 1 – Förarbete och import av data

Arbetsblock 1 omfattar import och förberedelse av allt underlag som krävs för beräkningarna i Geokalkyl Pro. Syftet är att säkerställa att samtliga indata är korrekt strukturerade, höjdsatta och anpassade till verktygets modellflöde innan beräkningarna påbörjas i Arbetsblock 2.

Arbetsblock 1 motsvarar ”toolset” *Verktyg för att preparera underlag* i verktygslådan *Verktygslåda Geokalkyl.atbx*. Varje steg är en separat modell i ArcGIS Pro och ska köras i angiven ordning.

4.1 Översikt

Arbetsblock 1 består av följande steg:

- **Steg 0** – Återställ verktyget
- **Steg 1a** – Importera definierat område från Topografi 10
- **Steg 1b** – Importera egen situationsplan
- **Steg 2** – Importera höjddata, jorddjup och jordarter
- **Steg 3** – Generera TIN för marknivå
- **Steg 4a/4b** – Generera TIN för jorddjup
- **Steg 5** – Beräkna höjder och defaultvärden

För vissa steg går det att välja mellan två olika metoder beroende på vilka indata som används i kalkylen. Det gäller Steg 1a och 1b som är olika metoder för att skapa byggnader, vägar och analysområde, samt Steg 4a och 4b som är olika metoder för att skapa TIN-modellen för jorddjup.

Steg 0 – Återställ verktyget

Denna modul är till för att du ska kunna starta om körningen av Geokalkyl utan att behöva manuellt ta bort de data som skapats eller utan att behöva öppna en ny instans av Geokalkyl.

Modulen tar bort alla rasterlager samt återställer vektorlager och databaser i mappen *Data* till samma stadie de har initialt. Mer specifikt innebär det att alla vektorlager i *Underlag.gdb* trunkeras (dvs. endast tabellstruktur finns kvar, men inga data eller geometrier) och *Resultat.gdb* samt *Temp.gdb* töms helt på sitt innehåll.

Återställningen kan göras när som helst oavsett vilka steg som körts.

Steg 1a – Importera definierat område från Topografi 10

Om det är så att du har egen situationsplan eller annan egen geodata för byggnader och vägar kan du hoppa ned till nästa avsnitt, **1b: Importera egen situationsplan**.

Genom att använda Byggnadslager från Lantmäteriet går det att importera ett redan befintligt villaområde eller industriområde till *Underlag.gdb* och sedan flytta det till den plats man vill beräkna grundförstärkningskostnaden för. Denna metod är att föredra om man inte har någon planskiss för beräkningen utan behöver färdiga byggnadspolygoner att experimentera med.

Förberedelse

För att kunna göra importen behöver man ha lagret *byggnadsverk_sverige* som finns i Lantmäteriets produkter *Byggnad Nedladdning* eller *Topografi 10 Nedladdning, vektor*. Lagret kan ha ett annat namn i tidigare (eller senare) versioner, det viktiga är att fältet *andamal1* finns med. Det attributet innehåller information om vilken typ av byggnad det är, till exempel bostad eller industri. Då antalet möjliga typer av byggnader är ganska stort så finns en tabell i *Villkormatriser.xlsx* som generaliserar antalet möjliga byggnadstyper till ett mindre antal för användande i Geokalkyl.

Det behövs också ett lager med vägar, samt en polygon som täcker de byggnader och vägar som ska läsas in i *Underlag.gdb/Analysområde*. Det kommer bland annat att användas till att klippa ut byggnader och vägar, samt efter flytt (som beskrivs nedan) utgöra ytan för det tänkta analysområdet.

Steg 1a.1 – Importera definierat område till Underlag.gdb

Nästa steg är att öppna ArcGIS Pro-filen *GeokalkylPro.aprx* som finns i mappen *project*. Sedan, för att öppna den första modellen som ska köras, gå till *Catalog>GeokalkylPro>Toolbox>Verktygslåda Geokalkyl>Verktyg för att preparera underlag* och dubbelklicka (eller högerklicka och tryck på Open) på *1a. Importera definierat område från Topografi 10 (LM) till Underlag.gdb*. När modellens geoprocessing-panel öppnats kan lager för byggnader, vägnät och analysområde läggas till. För vägnätet ska det också anges en önskad vägbredd, default är 6 meter vilket innebär att väglinjen kommer att buffras 3 meter åt varje håll.

Geoprocessing

1a. Importera definierat område från Topografi 10 (LM) till Underlag.gdb

Parameters Environments

☒ Innan du utför detta steg, se till att markera byggnader och vägar inom analysområdet samt själva analysområdet, och aktivera redigeringsläget för att skapa en avgränsning av ett befintligt kvarter i Lantmäteriets Topografi 10.

Analysområde (polygon, nu placerat över område som ska kopieras)

Byggnader (polygon):

Vägnät (linje):

Vägbredd (m)

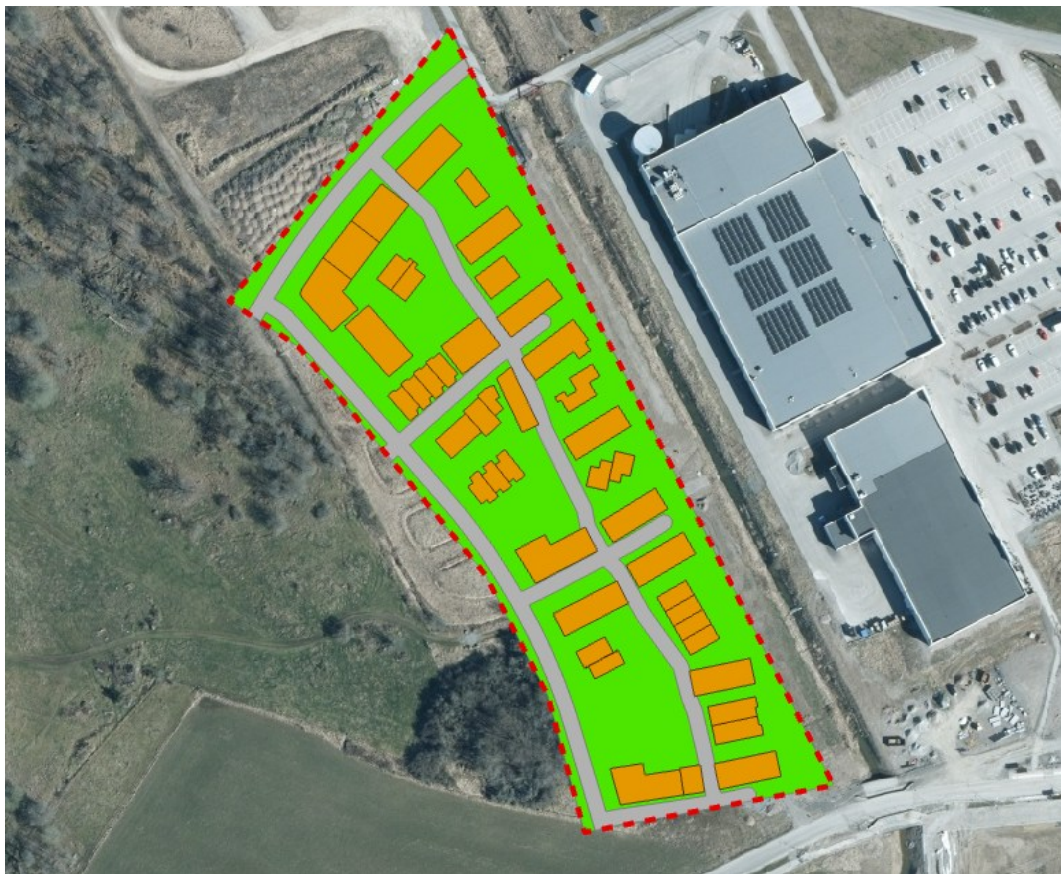
Figur 3. Importera definierat område från Topografi 10 (LM) till Underlag.gdb



Figur 4. Analysområde där byggnader, hårdgjorda ytor och grönytor skapats utifrån ett byggnadslager samt ett väglager.

Steg 1a.2 – Manuellt flytta området

Nästa moment är att manuellt flytta området till den nya platsen. Det görs genom att se till att bara ha lagren ovan (Figur 8) valbara och redigerbara, sedan väljer man alla objekt och flyttar till den nya platsen (Figur 9). Det går även bra att rotera hela området så länge allt är selekterat. Här görs även de ändringar som önskas i geometrin hos de enskilda objekten.



Figur 5. Data som lades in och bearbetades i steg 1a flyttat till ny plats.

Steg 1a.3 – redigera antal vånings- och källarplan

Byggnader från Lantmäteriet innehåller inte några uppgifter om vånings- och källarplan. De förinställda värdena som ansätts i Geokalkyl är ett våningsplan och noll källarplan. Önskas andra värden är det lämpligt att i detta skede, då byggnader importerats, manuellt ändra värdena i attributtabellen.

Steg 1b - Importera egen situationsplan till Underlag.gdb

Då planskisser finns i form av geodata eller ska upprättas i samband med Geokalkylen, är det enklast att ladda in dessa geometrier till den befintliga förberedda geodatabasen (*Underlag.gdb*). Det görs genom att öppna *GeokalkylPro.aprx* som finns i mappen *project*, och därefter, i *Catalog>GeokalkylPro>Toolbox>Verktyslåda Geokalkyl>Verktyg för att preparera underlag*, öppna (dubbeltklicka eller högerklicka och tryck på Open) modellen 1b. Importera egen situationsplan till Underlag.gdb. De data som behövs är:

- Analysområde: Detta är avgränsningsytan för beräkningarna. Detta område kommer att klippa höjddata, jordartskarta och de triangelmodeller som genereras. Det behöver dock inte vara i 3D och inga attribut behöver fyllas i (gäller även skiktet jordarter).
- Byggnader: För dessa kan fält väljas för antalet källarplan respektive antalet våningsplan. Finns det inget sådant fält i indata går det att välja ett värde för våningsplan och källarplan som sätts för alla byggnader. Default-värdena är tre våningsplan och ett källarplan. Det går även att välja fält för byggnadsnamn om sådant attribut finns.
- Vägar: För vägnätet, som ska vara i linjeformat anges en önskad vägbredd. Default är 6 meter vilket innebär att väglinjen kommer att buffras 3 meter åt vardera håll.

Figur 6. Geoprocessing-panelen för steg 1b Importera egen situationsplan till Underlag.gdb

Steg 2 – Importera Höjddata, Jorddjupsmodell, Jordartskarta samt ytor för sanering och klimatanpassning

I detta steg ska resterande underlag importeras, vilket utförs i modellen *2. Importera Höjddata, Jorddjupsmodell, Jordartskarta (JG2 och JD3) samt eventuella ytor för sanering och klimatanpassning*. Tre av lagren är obligatoriska och bör täcka en yta som sträcker sig minst 50 meter utanför analysområdet, dessa är: Höjddata i rasterformat, Jorddjupsmodell i rasterformat, och jordartskarta i vektorformat (SGU:s Jordartskartan 1:25 000-100 00, JG2, eller egen data i samma format och attributuppsättning som JG2).

Utöver ovanstående kan även dessa indata läggas till: Jordarter i djupare lager (SGU:s Jordartskartan 1:25 000-100 00, JD3, eller egen data i samma format och attributuppsättning som JD3), vektorlager för klimatanpassning, samt vektorlager för förorenade ytor. Import av lagren för klimatanpassning och förorenade ytor kräver att det antingen väljs fält med kostnader i SEK/m² eller att ett schablonbelopp (SEK/m²) anges för respektive lager. Observera dock att Geokalkyl inte är ett verktyg för analys av

georisker eller saneringsalternativ. Däremot kan resultaten från sådana analyser som redan har genomförts kopplas till en specifik yta inom analysområdet för att inkludera dessa i markbyggnadskostnaderna.

Geoprocessing [v] [p] [x]

← 2. Importera Höjddata, Jorddjupsmodell, Jordartskarta (JG2 och JD3) sa... [p]

Parameters Environments [?]

☒ Hovra med musen över informationsikonen för ytterligare detaljer.

Höjdmodell:
[hojdmodell.tif] [p]

Jorddjupsmodell:
[jorddjup_10x10m.tif] [p]

Jordartsdata - JG2:
[main.jordarter_25_100k_jg2] [p]

Jordartsdata - JD3 (valfritt):
[] [p]

Klimatanpassning (valfritt):
[Klimatanpassning.shp] [p]

Kostnader för klimatanpassning (valfritt):
[-- Välj fält] [v] [g]

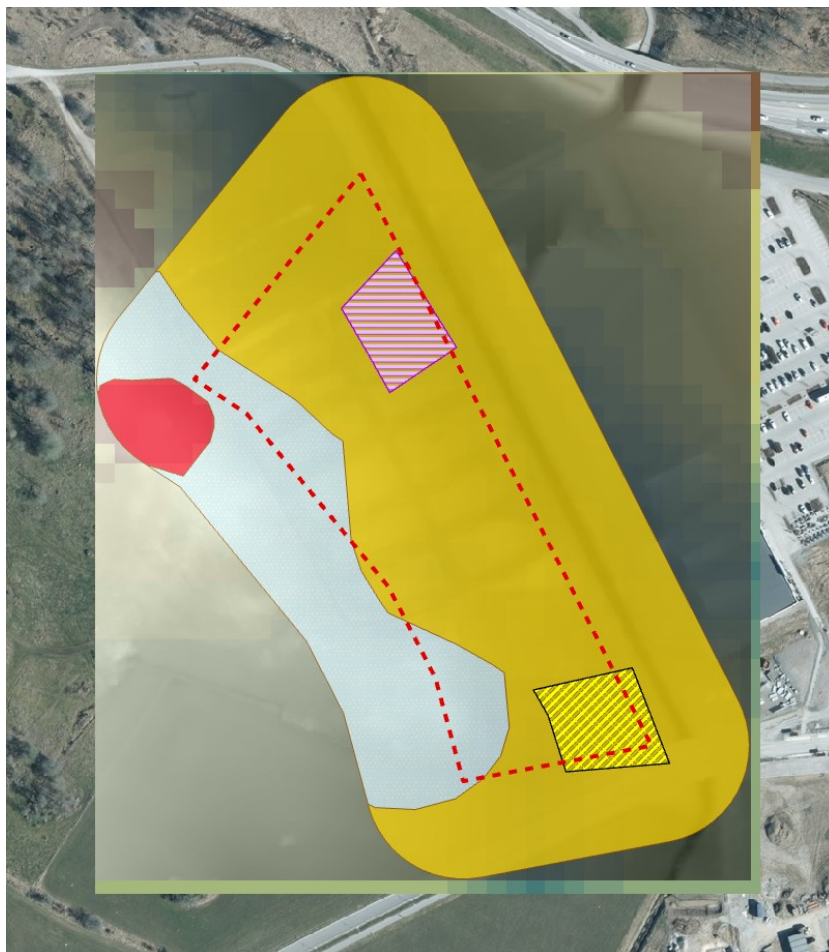
Eller ange en estimerad kostnad i SEK/m² för klimatanpassningsåtgärder(valfritt): [] 900

Förorenade ytor (valfritt):
[Förorenadyta.shp] [p]

Kostnader för sanering av förorenade ytor (valfritt):
[-- Välj fält] [v] [g]

Eller ange en estimerad kostnad i SEK/m² för sanering (valfritt): [] 1000

Figur 7. Geoprocessing-panelen för steg 2 Importera Höjddata, Jorddjupsmodell, Jordartskarta, samt ytor för sanering och klimatanpassning



Figur 8. Jordartskarta, ytor för sanering och klimatanpassning, samt höjdmodell med transparens och underst jorddjupsmodellen.

Steg 3 – Generera TIN för ny marknivå

Nu ska höjddata som importerats i geodatabasen användas till att skapa en så kallad TIN (Triangulated Irregular Network) för marknivån som i kommande steg används för att beräkna volymer för schakt eller fyllning. Alla in- och utdata är redan definierade så det enda som behöver göras är att köra verktyget.

Steg 4a – Generera TIN för jorddjup (Bara SGU)

Det här steget gör om jorddjupsmodellen som importerades i steg 2, som är i rasterformat, till en TIN. Om egna data från geotekniska undersökningar ska användas i analysen kan detta steg hoppas över och istället kan Steg **4b** köras. Alla in- och utdata är redan definierade så det enda som behöver göras är att köra verktyget.

Steg 4b – Generera TIN för jorddjup (Eget data)

SGU:s jorddjupsmodell är grovt generaliserad. I de fall det finns data från geotekniska undersökningar inom analysområdet kan detta steg med fördel utföras. För att verktyget

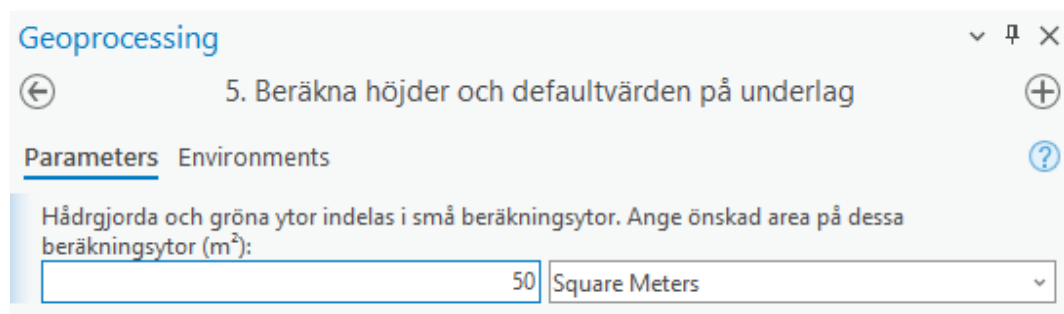
ska gå att köra måste lagret med undersökningspunkter innehålla ett attribut med jorddjup som heter "Jorddjup", och om stoppkoder ska användas måste det finnas ett attribut som heter "Stoppkod". Som default används bara punkter med stoppkod 93, 94 och 95 men det går även att välja att andra stoppkoder ska användas. Det görs genom att lägga till eller ta bort stoppkoder från SQL-uttrycket "Stoppkod IN (93, 94, 95)".

Utöver att lägga till vektorlagret med undersökningspunkter och eventuellt välja stoppkod, måste även ett buffertavstånd anges. Det värdet används då verktyget skapar en polygon kring undersökningspunkten inom vilken punktens jorddjup gäller. Om det uppstår ett tomrum mellan de buffrade undersökningspunkterna kommer jorddjupet där att tas från jorddjupsmodellen som lästes in i steg 1.2.

Utifrån de buffrade undersökningspunkterna, samt eventuellt jorddjupsmodellen, skapar verktyget ett TIN-lager för jorddjup.

Steg 5 – Beräkna höjder och defaultvärden på underlag

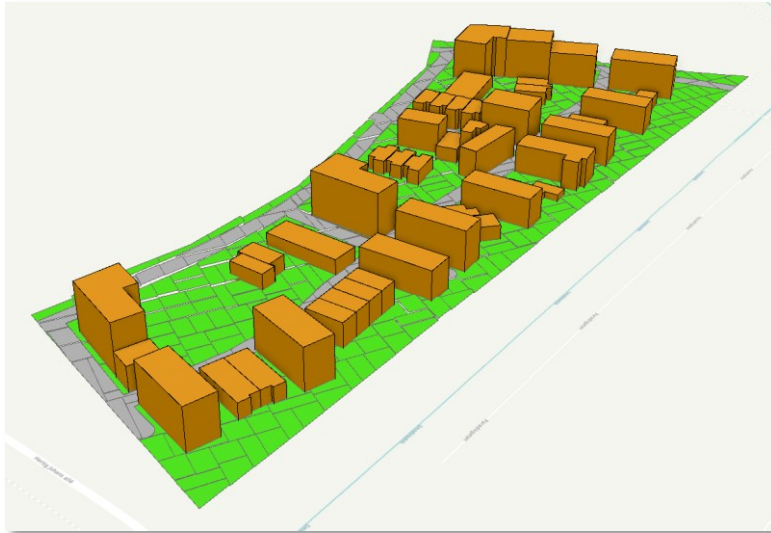
I detta steg ska en projekterad höjd för byggnader, hårdgjorda ytor och grönytor tas fram. Verktyget delar upp lagren "Grönyta" och "Hårdgjordyta" i polygoner vars storlek kan justeras då verktyget körs, defaultvärdet är 50 m² (se figur XX). Polygonens storlek bör vara en kompromiss mellan en beräkningsmässigt hanterbar storlek på ytorna och en storlek som gör ytans höjd (dvs. medelhöjden) tillräckligt representativ. För byggnader görs ingen indelning utan polygonerna behålls som de är.



Figur 9. Geoprocessing-panelen för steg 5. Beräkna höjder och defaultvärden på underlag

Dessa polygoner får sedan en höjd som är ytans medelhöjd vilken räknas ut från lagret "TIN_Marknivå". För lagret "Byggnader" används den lägsta höjden inom byggnadens utbredning för att ansätta höjdvärdet. Värt att tänka på här är att om byggnaden täcker ett stort område, med relativt stor variation i jorddjup och GTK, kan det ge ett resultat som stämmer dåligt med verkligheten. Det kan i sådana fall vara en bra idé att dela in byggnaden i flera delar.

Höjdsättning av byggnader utgår ifrån en vald färdig golvnivå. En schablonmässig sänkning av denna nivå med 0,5 m tillkommer för att erhålla en schaktbottennivå för en byggnad med bottenplatta. Finns det källare sänks höjdvärdet med 3 meter per källarplan.



Figur 10. 3D-grafik som visar resultatet av uppdelningen av grönytor och hårdgjord ytor i mindre ytor vars storlek definieras av användaren.

5 Arbetsblock 2 – Beräkningar Beräkning av kostnader

5.1 Översikt

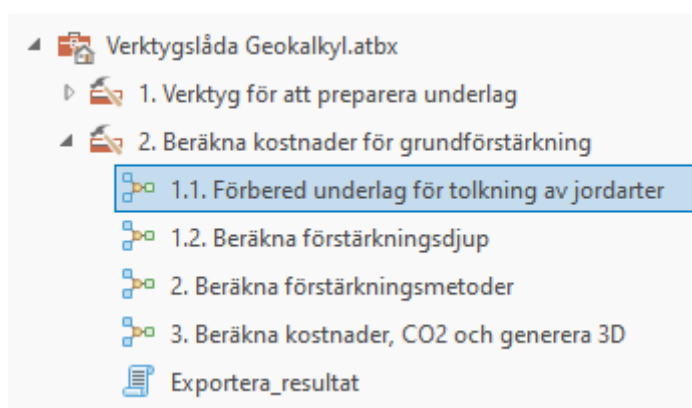
Arbetsblock 1 består av följande steg:

- **Steg 1.1** – Förbered underlag för tolkning av jordarter
- **Steg 1.2** – Beräkna förstärkningsdjup
- **Steg 2** – Beräkna förstärkningsmetoder
- **Steg 3** – Beräkna kostnader, CO2 och massbalans

Innan beräkningarna i Arbetsblock 2 påbörjas kan ingående konstanter kontrolleras och justeras under fliken "Inparametrar" i filen *Vilkorsmatriser.xlsx* i mappen *Data* (se Bilaga 1. Ingående poster för kostnadsberäkning). Stegen i Arbetsblock 2 motsvarar "toolsetet" 2. *Beräkna kostnader för grundförstärkning*.

Steg 1.1 – Förbered underlag för tolkning av jordarter

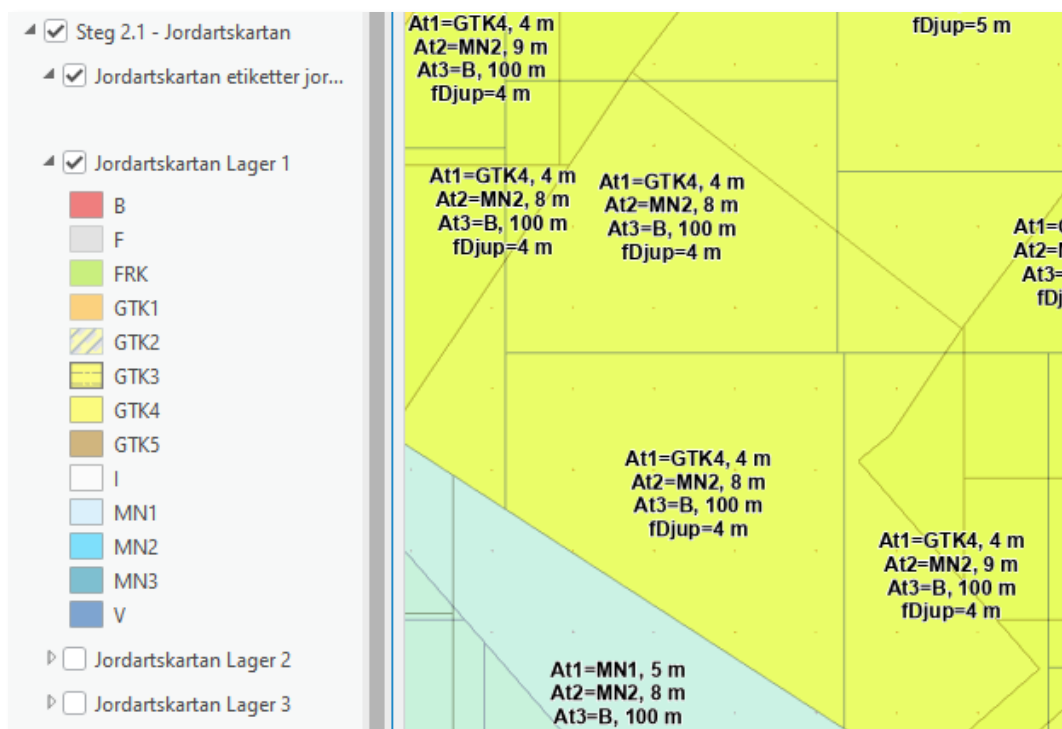
I detta steg förbereds underlaget för tolkning av jordartskartan, och det framställs även ett antal TIN-modeller för olika syften. Till exempel en TIN som visar den nya projekterade marknivån, samt en TIN-modell som visar marknivån vid eventuell förbelastning. Öppna och kör verktyget 2:1.1. Förbered underlag.



Figur 11. Steg 1.1 Förbered underlag för tolkning av jordarter är första modellen i verktygsset 2 – Beräkna kostnader för grundförstärkning.

Med hjälp av tabellen "*Jordklassificeringstabell*", som finns i databasen *underlag.gdb*, ansätts en GTK baserat på jordart. I kalkylen ingår det upp till tre jordlager där det översta lagret, eller Jordlager 1, utgörs av den tilldelade GTK. Om Jordlager 1 består av en GTK som kräver förstärkning (dvs. GTK 1 - 5) klassas jordlager 2 som GTK MN2 (vilket innebär morän, sandig eller siltig sandig morän), annars blir Jordlager 2 Berg (B) eller, om Jordlager 1 utgörs av berg, ingen klass. Varje jordlager tilldelas också ett djup som, utöver jorddjupsmodellen, beror på jordart. Djupet räknas som avståndet från ytan till jordlagrets underkant.

Tolka jordlagerföljder och kontrollera default-valda GTK: Den automatiska tolkning som beskrivs i stycket ovan är ej allmängiltig, och med ytterligare information tillgänglig kan det finnas anledning att göra en annan bedömning. Därför är det i detta steg viktigt att en geotekniker göra en tolkning av geoteknisk terrängklass och djup för varje jordlager.



Figur 12. At1, At2 och At3 som syns som etiketter i kartan är en förkortning för Jordlager 1–3. Etiketterna visar även djup för varje jordlager.

Lyrx-filen *Steg 2.1 – Jordartskartan* innehåller fyra olika lager (Jordartskartan etiketter jorddjup, Jordartskartan Lager 1, Jordartskartan Lager 2, Jordartskartan Lager 3) som pekar på samma källa. Det är endast olika attribut från källan som visas.

Attribut som listas i Tabell 4 kan redigeras för varje yta i Jordartskartan.

Tabell 2. Attribut som manuellt kan redigeras vid behov om annan tolkning görs än det som beräknats i steg 1.1.

Attribut	Beskrivning
JG2_LEGEND	Benämning av översta lagret från jordartskartan (Ska ej redigeras)
Jordlager 1	Ska tolkas
Djup jordlager 1 (m)	Antal meter ner till lager 2 från befintlig markyta
Jordlager2	Ska tolkas
Djup Jordlager 2 (m)	Antal meter ner till lager 3 från befintlig markyta.
Jordlager 3	Ska tolkas
Djup Jordlager 3 (m)	Antal meter ner som lager 3 sträcker sig (Sätt 100 m om det är berg)

För de ytor som delades in i steg 5. *Beräkna höjder och defaultvärden på underlag* kan ändringar göras direkt i attributtabeln. För att ändra flera ytor som ska tilldelas samma

värde på en gång används med fördel Select-verktyget och sedan Calculate field. **OBS!** Tänk på att Djup jordlager 2 måste vara större än Djup jordlager 1 och Djup jordlager 3 måste vara större än Djup jordlager 2. Inget jordlager skall heller anges under Berg.

Det är även möjligt att göra ändringar i Jordklassificeringstabellen.

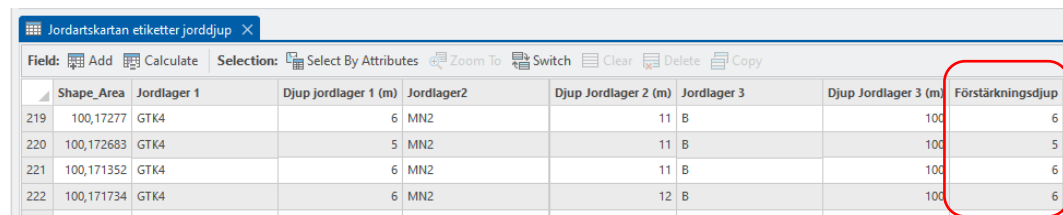
OBS!

Valet av geotekniska terrängklasser är ett mycket viktigt moment då behovet och utformningen av geotekniska förstärkningsåtgärder är baserat på detta. Notera att:

- Alla lager av fast mark, till exempel friktionsjord FRK och fyllning F, i lager tjockare eller lika med 5,0 meter innebär "ingen förstärkningsåtgärd". Tunnare (än 5,0 m) fasta lager på lös jord innebär markförstärkning.
- För klasserna GTK1 – GTK5 blir förstärkningsdjupet den samlade mäktigheten av alla lager tillsammans, om inga nya förval för åtgärder görs i villkorsmatrisen.
- Maximal pållängd är 30 m (för friktionspålar)
- Stödpålar räknas med pållängd 3 m ned i underliggande fast jord.

Steg 1.2 – Beräkna förstärkningsdjup

Här beräknas förstärkningsdjupet vilket är en funktion av jordlagrens djup och GTK.



	Shape_Area	Jordlager 1	Djup jordlager 1 (m)	Jordlager2	Djup Jordlager 2 (m)	Jordlager 3	Djup Jordlager 3 (m)	Förstärkningsdjup
219	100,17277	GTK4	6	MN2	11	B	100	6
220	100,172683	GTK4	5	MN2	11	B	100	5
221	100,171352	GTK4	6	MN2	11	B	100	6
222	100,171734	GTK4	6	MN2	12	B	100	6

Figur 13. Kolumnen för förstärkningsdjup är inringat med rött i bilden.

Verifiera i kartan att förstärkningsdjupen är rimliga. Om inte bör jordlagren tolkas på nytt och steg 1.2. Beräkna förstärkningsdjup köras om, tills du är nöjd. Gå sedan vidare till Steg 2.

Steg 2 – Beräkna förstärkningsmetoder

Nästa steg är att Geokalkyl genererar förstärkningsmetoder. Verktöget kommer då att använda sig av villkorsmatriserna som finns för byggnader och hårdgjorda ytor i Excelarket *Villkormatriser.xlsx* som ligger i katalogen Data. Om man vill kan man redigera dessa innan verktöget för Steg 2:2 körs.

När verktöget körts klart kan man se resultatet genom att lägga till lyrxfilen Steg 2.2 - Förstärknings-metod.lyrx i kartdokumentet (se bild på nästa sida för hur kartan kan se ut).



Figur 14. Resultatet från steg 2. Beräkna förstärkningsmetoder. Stilsättningen finns färdig i Lyrx-filen Steg 2.2 - Förstärkningsmetod.lyrx.

Steg 3 – Beräkna kostnader, CO2 och massbalans

I steg 2:3 beräknas kostnaderna för schakt/fyllning och grundförstärkning, vilket skrivs till *Resultat_Geokalkyl.xlsx* som finns i mappen *Resultat*. Filen innehåller därutöver bland annat en flik med sammanställning av summorna för kostnader, CO₂e-utsläpp och massor, samt en flik med balansuträkning för masshantering. Det görs även i detta steg en förberedelse av datat för presentation i 3D.

De å-priser för schakt/fyllning och förstärkningsmetoder som ingår i beräkningen hämtas från fliken Inparametrar i kalkylbladet *Villkorsmatriser.xlsx* som finns i katalogen Data. Bedöms det att de defaultvärden som finns i inparametrarna inte stämmer kan dessa justeras direkt i *Villkorsmatriser.xlsx* innan verktyget körs. Om ytor för åtgärd av förorenade områden eller klimatanpassningsåtgärder matades in i underlagsdatabasen kommer kostnaderna, i detta steg, att fördelas ut på de byggnader och områden som överlappas av ytorna.

När verktyget körts klart kan lyrxfilen Steg 2.3 – 2D Kostnad SEK_m2.lyrx läggas till i kartdokumentet. Den visar kostnad SEK/m2 för alla ytor med en färgskala (grön-gul-röd) där grönt är en låg och rött är en hög kostnad.



Figur 15. Resultatet från steg 3. Beräkna förstärkningsmetoder. Stilsättningen finns färdig i Lyrx-filen Steg 2.3 - 2D Kostnad SEK_m2.lyrx.

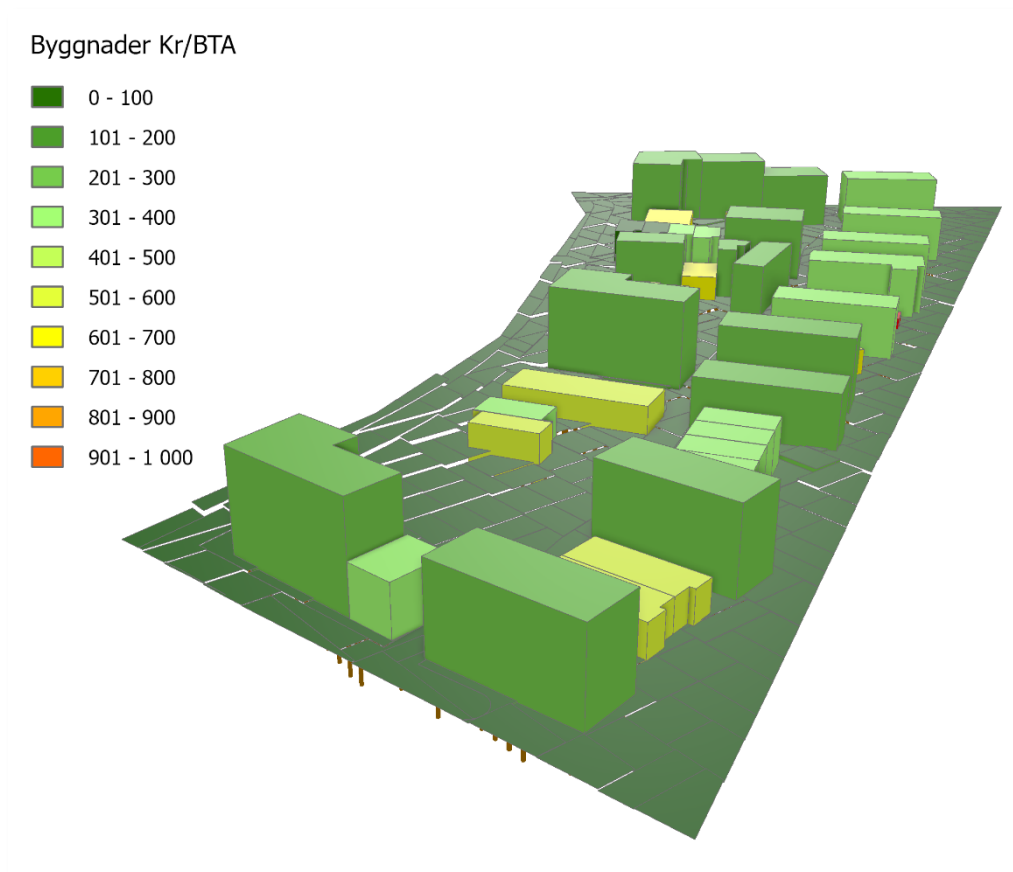
6 Redovisning

Resultatet presenteras överskådligt i både kartform (2D eller 3D) och som Excel-rapport. I följande stycken illustreras exempel på utdata, både som grafik och text (exempel från Linköping).

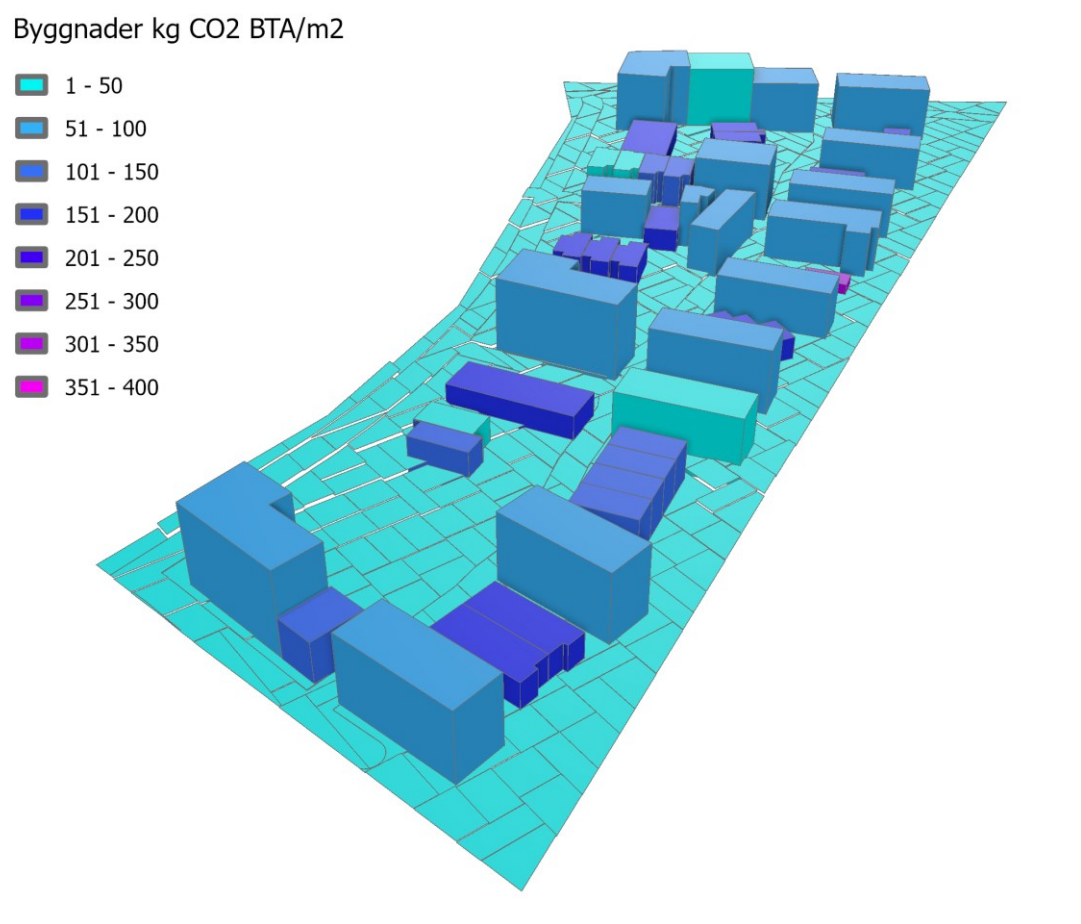
6.1 Utdata – grafik

När steg 3 i arbetsblock 2 körts klart är det även möjligt att titta på resultatet i 3D. I mappen *Lyrxfiler* finns lyrx-filer som går att dra in i ett eget dokument, men det finns även ett förberett kartdokument som heter Geokalkyl Pro 3D. I bilden nedan går det att i Contents-panelen till vänster se vilka lager som ingår. På följande sidor ges ytterligare exempel på grafisk presentation av resultatet.

Notera att illustrationen av pålar är schabloniserad och inte stämmer med pålkonstruktionens verkliga utförande.

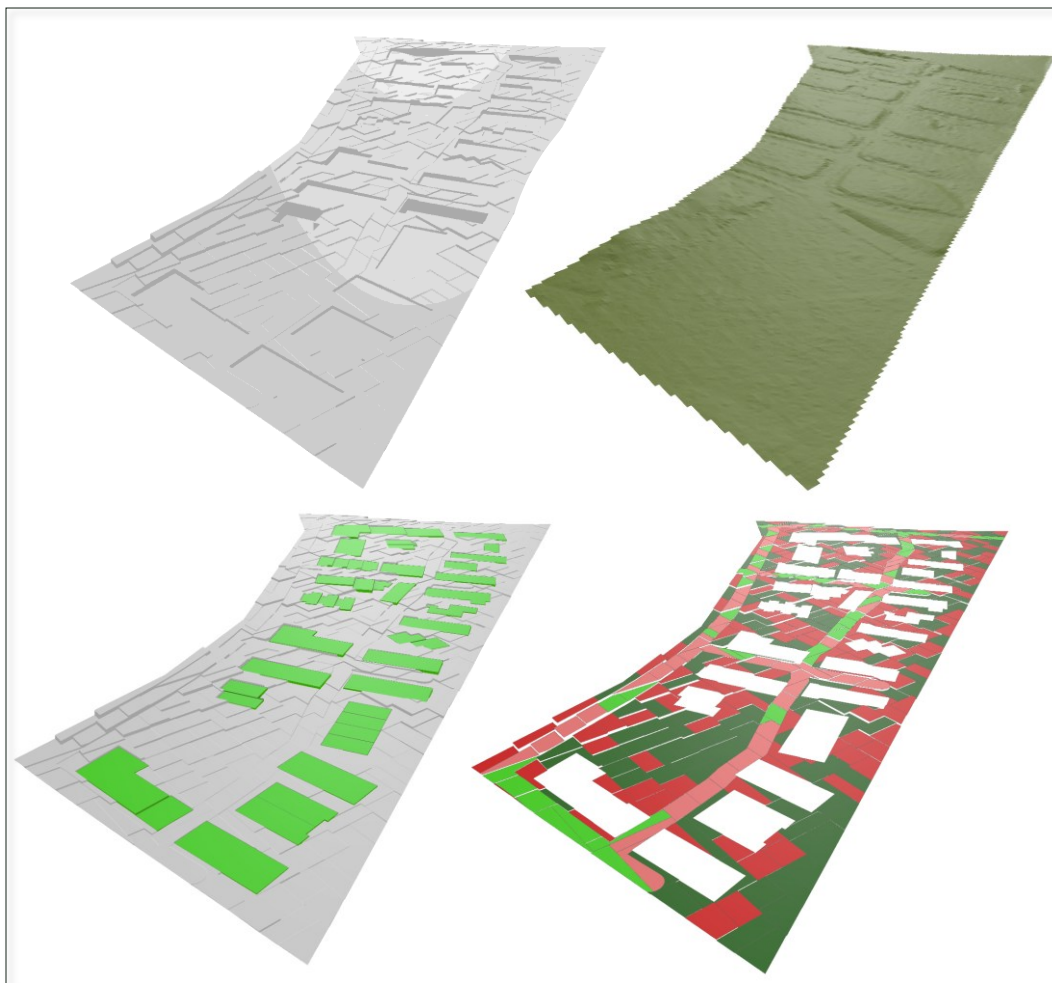


Figur 16. Figuren visar Kr/BTA (BTA innebär den totala mätbara ytan på alla våningsplan, inklusive källare)

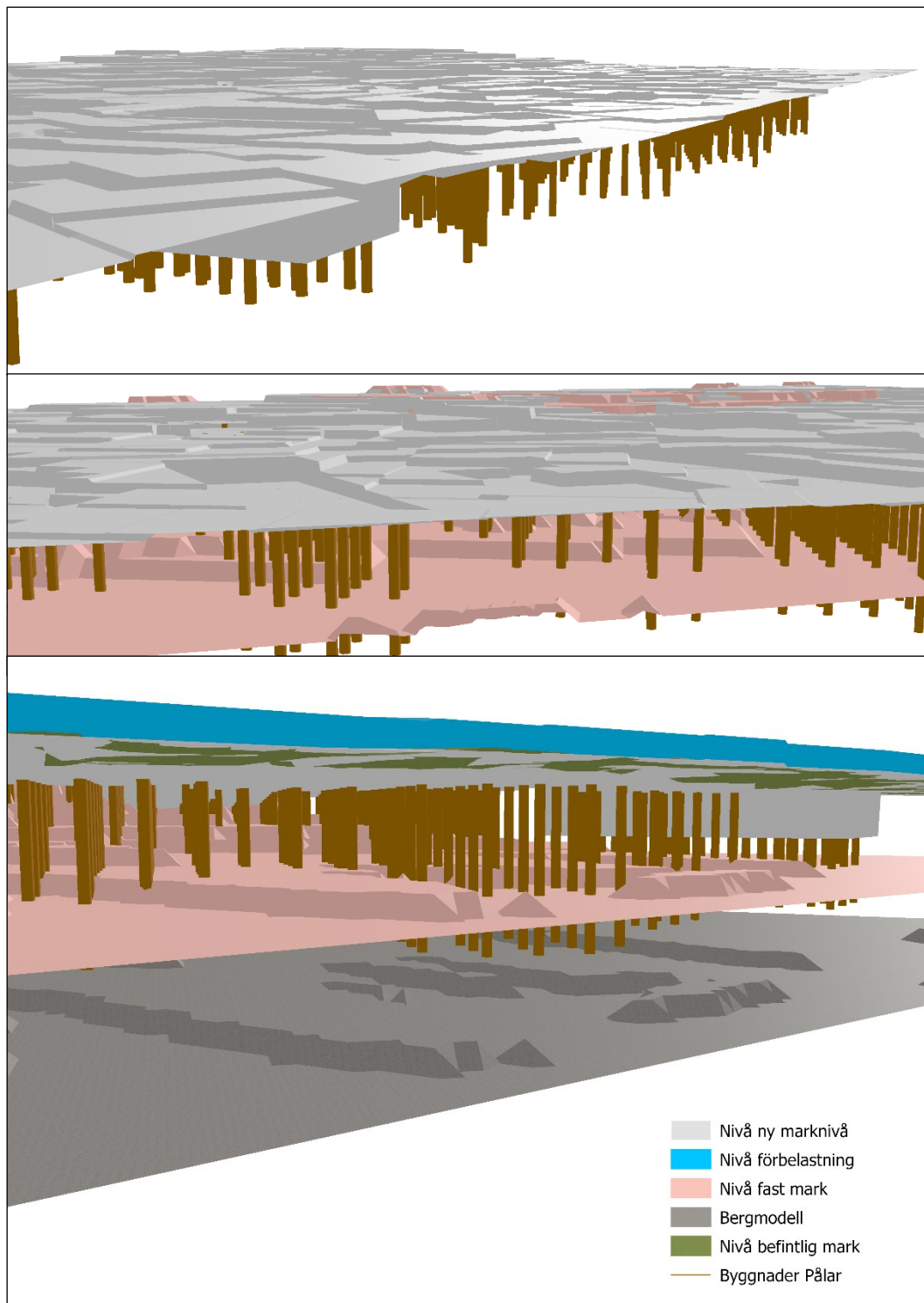


Figur 17. Figuren visar antal kilo koldioxidekvivalenter per BTA.

I figur nedan visas exempel på detaljerad grafik över TIN-modeller som tas. fram i Geokalkyl.



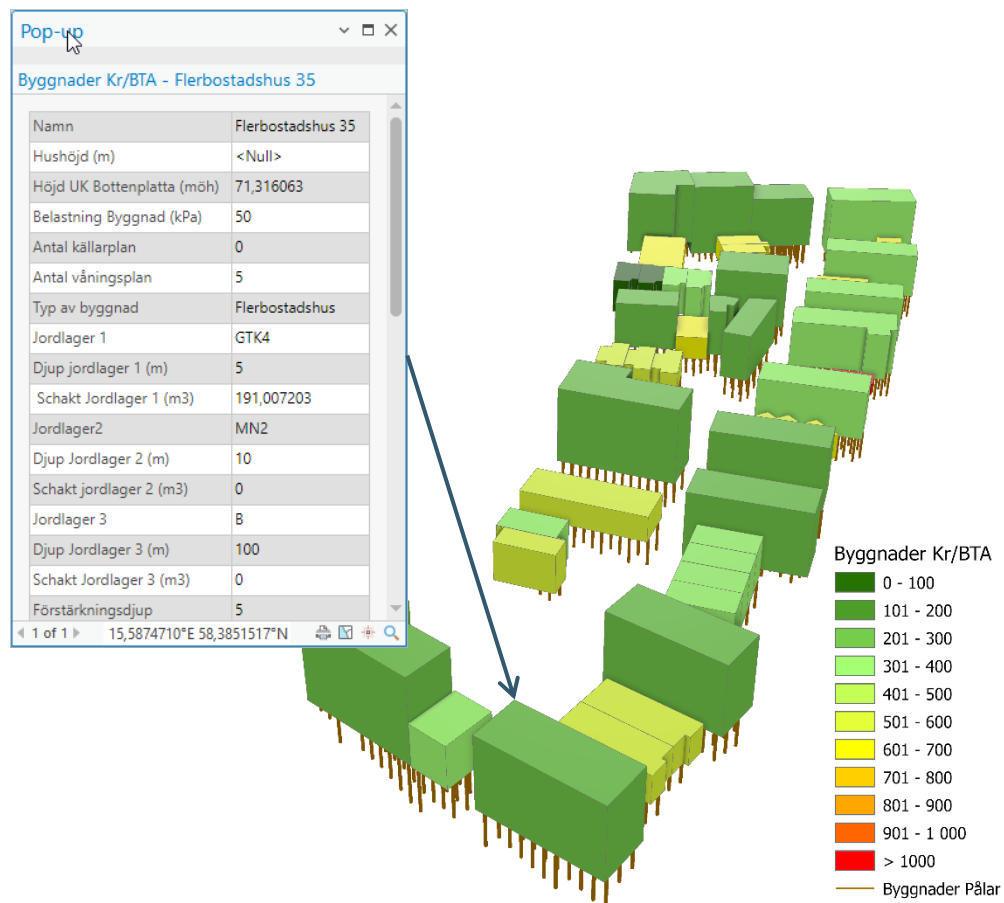
Figur 18. Medurs från övre vänstra hörnet visas följande lager medurs: Projekterad nivå – schaktbotten; Ursprunglig nivå; Projekterad nivå samt schakt för byggnader; Schakt och fyllning för övriga ytor.



Figur 19. Figuren visar tre olika kombinationer av lager som kan visas i 3D. Notera att det i mittersta och undre bilden framgår hur pålarna sträcker sig en bit ned i det fasta jordlagret.

Med identifieringsverktyget (Explore) kan man direkt klicka på ett objekt och få fram information, bl.a. objekttyp, eventuellt namn, om grundläggning kräver schakt eller

fyllning, uppdelade kostnader och totalkostnad. Här ser man även om objektet är föremål för eventuella klimatanpassnings- eller saneringsåtgärder.



Figur 20. Klicka med identifieringsverktyget på ett objekt för att få information om t.ex. schaktvolymen eller kostnader för pålning.

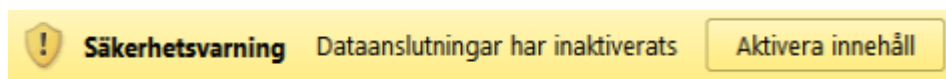
Utdata – tabeller

I mappen Resultat finns Excelfilen *Resultat_Geokalkyl.xlsx* som innehåller flikarna *Byggnader*, *Hårdgjorda_ytor* och *Grönytor*, vilka innehåller attributtabellerna från motsvarande lager i *Underlag.gdb*. Det finns dessutom för dessa tre flikar en flik vardera med pivottabeller som sammanställer och plockar ut viktig information som sedan används i flikarna Sammanställning och Masshantering för att ta fram resultatsiffror.

	A	B	C	D	E	F	
1		Antal källarplan	Antal våningsplan	Schakt (tf)(m3)	Fyll (ta)(m3)	Schakt förstärkning (tf)(m3)	Fyll först
5	Pålning	0	2	164	0	0	
6	Enfamiljshus 33						
7	Pålning	0	1	114	0	0	
8	Enfamiljshus 44						
9	Pålning	0	2	79	0	0	
10	(tom)						
11	(tom)						
12	Flerbostadshus 1						
13	Ingen åtgärd	0	3	65	0	0	
14	Flerbostadshus 2						
15	Pålning	0	4	303	0	0	
16	Flerbostadshus 3						
17	Pålning	0	4	286	0	0	
18	Flerbostadshus 8						
19	Pålning	1	6	1 026	0	0	

Figur 21. Bilden visar tabellen Byggnader_Pivot i Resultat_Geokalkyl.xlsx.

När *Resultat.xlsx* har öppnats kan det i vissa fall behövas klicka på "Aktivera innehåll" (se figur XX) för att Excel-arbetsboken ska fungera.



Figur 22. Ibland visas denna ruta i Excel och då behöver det tryckas på Aktivera innehåll för att arbetsboken ska fungera.

Fliken Sammanställning summerar totalkostnader för schakt/fyllning, grundförstärkning, klimatanpassning, sanering, massbalans samt total kostnad. Dessutom summeras CO₂e-utsläpp och volymer för massor.

GOKALKYL SAMMANSTÄLLNING

Summering kostnader (MSEK)

Kostnad Schakt/Fyll (MSEK)	2,7
Kostnad Grundförstärkning (MSEK)	6,4
Kostnad Klimatanpassning (MSEK)	-
Kostnad Sanering (MSEK)	-
Kostnad kompensation Massbalans (MSEK)	1,7
Total kostnad (MSEK)	10,7

Summering CO2e (ton)

CO2e Schakt/Fyll (ton)	25,5
CO2e Grundförstärkning (ton)	2 194,3
Total CO2e (ton)	2 219,8

Summering massor (m3)

Summa Schakt (m3) (tf)	10 600
Summa Fyll Byggnader (m3)	0
Summa Fyll Hårdgjorda ytor (m3)	0
Summa Fyll Grönytor (m3)	0
Summa Schakt förstärkning (m3) (tf)	0
Summa Fyll förstärkning (m3)	0

Figur 23. Fliken Sammanställning visar kostnader uppdelat på schakt/fyllning, grundförstärkning, klimatanpassning, sanering, massbalans, samt en totalkostnad. Det innehåller även summering av CO₂e och en summering av volym av massor.

Under fliken Masshantering visas tillgängliga volymer från schakt summerat per GTK, samt behovet av fyllnadsmaterial summerat per objektklass (Förbelastning, Byggnader, Grönytor och Hårdgjorda ytor). Dessa data används tillsammans med ett antal parametrar relaterade till transport och deponi för att räkna ut områdets totala massbalans.

B	C	D	E
Tillgänglig volym schakt per GTK		Innehav	Kvalitet
		m3	klass
GTK3	Lera--silt	0	1
GTK4	Lera--silt, lös inkl. sulfidjord	10 329	1
GTK5	Torv, organisk jord	0	1
GTK1	Älvsediment, silt	0	2
GTK2	Moränlera, lera, mycket fast	0	2
FRK	Friktionsjord, sand--block, isälvsediment mm	0	3
MN1	Morän, siltig morän	140	3
MN2	Morän, sandig eller siltig sandig morän	133	3
F	Fyllning	0	3
MN3	Morän, sandig/ospecificerad, blockjord mm	0	4
B	Urberg, ospecificerat berg (ta)	0	5

Behov av fyll per objektklass		Behov	Kvalitetskrav
		m3	klass
Förbelastning		0	lägst 3
Byggnader		0	lägst 3
Hårdgjorda ytor		2	lägst 3
Grönytor		4	lägst 2

Massbalans		Innehav	Behov
		m3	m3
Kvalitet 1	GTK3, GTK4, GTK5	10 329	0
Kvalitet 2	GTK1, GTK2	0	4
Kvalitet 3-5	FRK, MN1, MN2, F, MN3, B	273	2

Balans masshantering (kr)		-1 652 329		
Balans innan återanvändning	Justering för möjlig återanvändning	Balans efter återanvändning	Värde	Transport
	m3	m3	kr	kr
10 329	0	10 329	-1 032 930	-630 087
-4	4	0	0	0
271	-4	267	10 688	0

Figur 24. Tabeller som ingår i Masshanteringsfliken.

Den schaktade mängden jord delas in i kvalitetsklasser som baseras på dess lämplighet för återanvändning som fyllnadsmaterial. (se figur 23). Kvalitetsklass 1, som innefattar GTK3, GTK4 och GTK5, räknas inte som lämplig för återanvändning i något syfte. Kvalitetsklass 2, som innefattar GTK1 och GTK2, kan användas till fyll för grönytor. Kvalitetsklasserna 3 till 5 är lämplig som material till förbelastning eller fyllnadsmaterial för grönytor, hårdgjorda ytor och byggnader.

I tabellen *Värden och transportkostnader* visas intäkter och kostnader för de olika kvalitetsklasserna. Kostnaderna för kvalitetsklass 1 utgörs av transport- och deponiavgift.

Kvalitetsklass 2 och 3-5 kan antingen vara en vinst, kostnad eller summera till noll, eftersom underskott innebär ett behov av att köpa in material medan ett överskott kan säljas.

Kostnad för transport tillkommer då det finns ett överskott av Kvalitetsklass 1 eller då det finns ett behov av att köpa in massor av kvalitetsklass 2 eller 3-5. Transportkostnaden beror av ett valt avstånd till deponi eller täkt. En svällfaktor läggs på den uppschaktade volymen berg respektive jord som beaktar den volymökning som uppstår mellan fast berg och sprängsten samt mellan naturligt lagrad och uppschaktad, löst lagrad jord som lagts på flak (även kallat anbringat tillstånd). Exempelvis: 1 m³ fast berg genererar 1,45 m³ sprängsten och 1 m³ naturligt lagrad jord tar upp volymen 1,22 m³ i löst lagrat tillstånd på lastbilsflaket.

Kostnader, avstånd och svällfaktorer kan justeras för att bättre passa ett visst prisläge eller vissa lokala förutsättningar, se gula fält i 24.

Värden och transportkostnader	Värde	Transport-kostnad
Kvalitetsklass	Kr m-3	Kr m-3 km-1
1	-100	5
2	20	5
3-5	40	5
Avstånd deponi/täkt	Avstånd	
	km	
Deponi	10	
Täkt	10	
Korrektionsparametrar	Svällfaktor	
Bergschakt, (tf) direkt till (ta)	1,45	
Jordschakt, (ta) direkt till (vl)	1,22	

Figur 25. Tabeller som ingår i Masshanteringsfliken.

I tabellen *Massbalans* utförs själva balansräkningen av volymer och kostnader. Massor av kvalitetsklass 1 kommer alltid att vara en kostnad eftersom dessa bedöms att inte vara av tillräckligt god kvalitet för att vara till någon användning. Kvalitetsklass 2 och 3-5 däremot kan återanvändas inom området vid eventuella behov, jord av kvalitetsklass 2 kan dock inte användas då det finns behov kvalitetsklass 3-5 medan det omvända fungerar. Finns inget behov av fyllnads- eller förbelastningsmaterial inom området kan överskott säljas vilket innebär en intäkt.

Slutligen sammanställs kolumnerna *Värde* och *Transport* längst ned i Excelarket där ett negativt tal innebär en nettokostnad och ett positivt tal innebär en nettovinst.

7 Tolka och utvärdera resultatet

Geokalkyl kan användas för att jämföra geotekniska kostnader för olika planeringsalternativ. Vid utvärdering av resultaten bör både den totala kostnaden och de enskilda kostnadsposterna analyseras, såsom schakt, fyllning och grundförstärkningsåtgärder. Genom att jämföra flera alternativ kan områden med särskilt höga geotekniska kostnader identifieras. Resultaten bör även värderas utifrån underlagets kvalitet och osäkerheter i indata. Detta kan ge vägledning om var kompletterande geotekniska undersökningar behövs.

Geokalkyl beräknar kostnader utifrån markförhållanden, jorddjup, jordarter, geoteknisk terrängklass (GTK), belastning från byggnader och fyllningar samt behov av schakt, fyllning och grundförstärkning. Det är dessa faktorer som primärt styr verktygets resultat.

Utöver de faktorer som beräknas i Geokalkyl kan även andra förhållanden påverka den faktiska kostnadsbilden. Exempel är förorenad mark, klimatanpassningsåtgärder, stabilitetsproblem, grundvattenförhållanden, kultur- och miljöhistoriska värden, naturvärden samt andra platsspecifika restriktioner eller krav. Sådana förhållanden bör identifieras och beaktas vid tolkningen av resultaten och kan vid behov hanteras som kompletterande kostnadsposter.



**STATENS
GEOTEKNISKA
INSTITUT**

Statens geotekniska institut

581 93 Linköping

www.sgi.se

E post: sgi@sgi.se

Växeln: 013-20 18 00