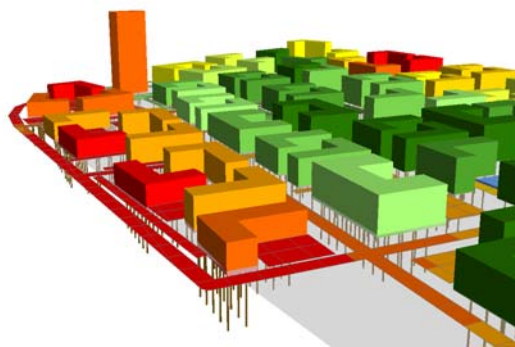




**SGI Statens geotekniska institut**

## **Geokalkylsystem med hållbarhetskriterier**

Komplettering och implementering av Geokalkyl  
enligt regeringsuppdrag



**SGI Publikation 39**

**Linköping 2017**

SGI Publikation 39

Hänvisa till detta dokument på följande sätt:  
SGI 2017, *Geokalkylsystem med hållbarhetskriterier –  
Komplettering och implementering av Geokalkyl enligt  
regeringsuppdrag*, SGI Publikation 39,  
Statens geotekniska institut, Linköping.  
Diarienum: 1.1-1601-0080

Uppdragsnr: 17096

Beställning:

Statens geotekniska institut  
Informationstjänsten  
581 93 Linköping  
Tel: 013-20 18 04  
E-post: [info@swedgeo.se](mailto:info@swedgeo.se)

Ladda ner publikationen som PDF  
[www.swedgeo.se](http://www.swedgeo.se)

Bilder på omslaget: SGI



**SGI Statens geotekniska institut**

## **Geokalkylsystem med hållbarhetskriterier**

Komplettering och implementering av Geokalkyl  
enligt regeringsuppdrag

**SGI Publikation 39**

Linköping 2017

## Förord

Statens geotekniska institut (SGI) har fått i uppdrag av regeringen att komplettera och implementera systemet Geokalkyl som används för att planera bebyggelse i tidiga skeden.

Kalkylsystemet har utvecklats av SGI i tidigare regeringsuppdrag och är ett GIS-verktyg för kostnadsbedömning av mark- och grundläggningsarbeten i tidiga planeringsskeden, t.ex. vid översiktsplanering i kommuner. Det tar hänsyn till geotekniska förutsättningar på platsen och beräknar och visualiserar översiktliga kostnader för schaktarbeten, grundläggning och eventuella förstärkningsåtgärder. Det kan även visualisera kostnader för klimat-anpassning, sanering av förorenade områden m.m.

I detta nya regeringsuppdrag vidareutvecklar SGI systemet vad gäller olika grundläggningsåtgärders klimatpåverkan samt schaktmassors kvalitet och användbarhet. Geokalkylsystemet kompletteras därmed med verktyg och kriterier som stödjer ett mer klimatsmart markbyggande och en cirkulär ekonomi. Dessutom gör SGI en riktad utbildningsinsats för att öka användningen av kalkylsystemet vid fysisk planering.

Arbetet har genomförts av en arbetsgrupp på SGI bestående av Maria Arm (uppdragsledare), Jim Hedfors, Mats Öberg, Samir Ezziyani och Kerstin Carlsson. Övriga medarbetare har varit Elias Jörholt från SWECO Position AB och Ola Wik från ÅF-Infrastructure AB. Rapporten har sakgranskats av Bo Lind och Helene Kennedy (SGI). Uppdraget har utförts i samverkan med Trafikverket, Lantmäteriet, Sveriges geologiska undersökning (SGU) och berörda testkommuner.

SGI överlämnar härmed denna slutrapport för uppdraget ”Komplettera och implementera systemet Geokalkyl” (N2017/05378/PBB; N2017/05592/PBB). Till redovisningen hör ett utbildningspaket, med kursbeskrivning och kursdokumentation, som är tillgängligt på SGI:s webbplats: [www.swedgeo.se/geokalkyl](http://www.swedgeo.se/geokalkyl).

Linköping 2017-12-19



Åsa-Britt Karlsson  
Generaldirektör

# Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b> .....	<b>2</b>
<b>Summary</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Beskrivning av uppdraget</b> .....	<b>4</b>
1.1 Bakgrund .....	4
1.2 Mål och utfört arbete.....	5
1.3 Samverkan .....	5
<b>2. Geokalkyl i korthet</b> .....	<b>6</b>
2.1 Kalkylunderlag och resultatredovisning .....	7
2.2 Nyttan och användning.....	8
<b>3. Hänsyn till klimatpåverkan från grundläggningsåtgärder</b> .....	<b>10</b>
3.1 Klimatpåverkansindex för åtgärder .....	10
3.2 Resultatredovisning .....	11
<b>4. Hänsyn till schaktmassors användbarhet</b> .....	<b>13</b>
4.1 Återvinningspotential för schaktmassor .....	13
4.2 Beräkning av massbalans .....	15
<b>5. Utbildningspaket</b> .....	<b>18</b>
5.1 Introduktionskurs i Geokalkyl 2.0.....	18
5.2 Metodbeskrivning .....	20
5.3 Steg för steg-instruktion – filmer och körschema .....	20
<b>6. Utvecklingsbehov och möjligheter</b> .....	<b>21</b>
6.1 Pågående utvecklingsarbete .....	21
6.2 Framtida utvecklingsmöjligheter .....	21
<b>Referenser</b> .....	<b>23</b>

# Sammanfattning

SGI har i tidigare regeringsuppdrag utvecklat GIS-verktyget Geokalkyl, som översiktligt beräknar och visualiserar kostnaden för grundläggningsåtgärder i områden med skilda geotekniska förutsättningar. Kalkylsystemet är avsett att användas i tidiga planeringsskeden, t.ex. i samband med kommunernas översiktsplanering, för att värdera och jämföra kostnaderna för planläggning av olika geografiska lägen ur geoteknisk synpunkt. Därmed kan Geokalkyl bidra till att minska kostnaderna vid byggande av t.ex. bostäder och infrastruktur.

Här redovisas resultatet av ett nytt regeringsuppdrag där SGI har utvecklat nya delar som kompletterar det befintliga Geokalkylsystemet med hållbarhetskriterier. De nya delarna är: a) En modul som beräknar och visualiserar klimatpåverkan från de masshanterings- och grundläggningsåtgärder som ingår i Geokalkyl, och b) En modul som beräknar och redovisar kostnader för masshantering med hänsyn tagen till massornas kvalitet. De kommer att under våren 2018 inkluderas som toolboxar i Geokalkylsystemet.

Dessutom har ett utbildningspaket tagits fram. Det beskriver Geokalkyl version 2.0, dvs. utan de nya delarna, och är i första hand riktat till kommuner. Utbildningspaketet består av en introduktionskurs, en metodbeskrivning samt steg för steg-instruktioner i form av videofilmer och en detaljerad körinstruktion för programmet. Instruktionsfilmerna och all dokumentation finns tillgängliga på SGI:s webbplats. Utvärderingen av det första kurstillfället visade att samtliga deltagare kunde rekommendera kursen till andra personer, framför allt till GIS-ingenjörer och geotekniker, kollegor som arbetar med översiktsplanering och kollegor på exploateringsenheter. Introduktionskursen ingår numera i SGI:s ordinarie kursutbud och kommer att inkludera även de nya kalkyldelarna när den nya programversionen lanseras.

De nya delarna ökar Geokalkyls användbarhet som ett beslutsstöd som effektiviserar och utvecklar plan- och byggprocessen. Med hjälp av Geokalkyl kombineras bebyggelseplaner med GIS-data, 3D-visualisering och faktaunderlag, och konsekvenser av olika förslag analyseras. Det gör att Geokalkyl

- underlättar dialoger om markbyggande vid prioritering av byggnation
- ökar förståelsen för att förutsättningarna för grundläggning skiljer inom olika områden
- kan minska de geotekniskt relaterade skadekostnaderna, genom att rätt bild av förutsättningarna för grundläggning finns med tidigt i planeringsprocessen
- ger beslutsunderlag för en hållbar masshantering och understödjer en cirkulär ekonomi
- underlättar livscykelbaserad analys av miljöpåverkan från olika grundläggningsalternativ.

## Summary

Geokalkyl (i.e. Geo-calculation) was developed by SGI in 2015 in a previous governmental commission. Geokalkyl is a decision support tool for land use planning, which calculates and visualizes the approximate costs of foundation constructions in areas with different geotechnical preconditions. The calculation system is aimed for early planning stages, e.g. for the municipal comprehensive planning, to assess and compare the costs of planning alternative settlement areas, from a geotechnical point of view. Thus, Geokalkyl can contribute to decreased costs for construction of houses and infrastructure etc.

This report presents the results of a new governmental commission, in which SGI has developed new parts supplementing the geo-calculation system with sustainability criteria. The new parts are: a) A module for calculation and visualization of climate impact from excavation, backfilling and foundation measures that are included in Geokalkyl, and b) A module for calculation and presentation of costs for excavation and backfilling, considering the quality of the soil. The new parts will be included in the next version of Geokalkyl, in spring 2018.

In addition, a training package has been developed. It introduces Geokalkyl version 2.0, that is without the new parts, and it is mainly aimed for municipal staff. The training package consists of an introductory course, a manual and step by step instructions (video films and detailed instructions for executing the program). The video films and all documents are available on the SGI website. An evaluation of the first introductory course event showed that all participants would recommend the course to other persons, especially to GIS engineers and soil mechanical engineers, colleagues working with comprehensive planning and colleagues at exploiting offices. The introductory course is currently included in the SGI course list and it will also contain the new parts when the next programme version will be released.

The new modules strengthen the geo-calculation system (Geokalkyl) as a decision support tool leading to an efficient and well-developed planning and construction process. By means of Geokalkyl, land use plans are combined with GIS data, 3D visualization and facts, and the consequences of various alternatives are analysed. This means that Geokalkyl

- facilitates dialogues about ground construction in connection with the land development
- increases the understanding of different foundation preconditions in different areas
- can decrease the geotechnical related damage costs because the preconditions for foundations are presented at an early state in the land use planning process
- gives decision support towards sustainable management of soils and a circular economy
- facilitates life cycle based analyses of environmental impact of various foundation alternatives.

# 1. Beskrivning av uppdraget

I september 2017 gav regeringen i uppdrag åt Statens geotekniska institut (SGI) att komplettera och implementera systemet Geokalkyl, som används för planering av bebyggelse i tidiga skeden. Uppdraget innebar att:

*"SGI ska utveckla och införliva tre nya delar/moduler i systemet Geokalkyl. Den första är en s.k. LCA-modul för beräkning och visualisering av klimatpåverkansindex för grundläggningsåtgärder som ingår i Geokalkyl; masshantering och konstruktioner.*

*Den andra delen/modulen är en modul för kostnadsberäkningar och miljöbedömningar för masshantering av både rena och förorenade massor. Avsikten är att kunna kvalitetsklassa massor för att få underlag till att styra användningen och hanteringen mot en cirkulär ekonomi.*

*Den tredje delen är en utbildningssatsning, i första hand riktad till kommuner, för att ytterligare implementera användningen av systemet. SGI ska därför ta fram ett särskilt utbildningspaket som innefattar kursmaterial och en kurs för kommuner om användningen av Geokalkyl i pågående och aktuella planärenden.*

*Uppdraget ska utföras i samverkan med Trafikverket, Lantmäteriet, Sveriges geologiska undersökning och andra berörda aktörer.*

*Användningen av Lantmäteriets grundläggande geodata och tjänster ska vara förenlig med bestämmelserna i Samverkansavtal om geodata som SGI har ingått med Lantmäteriet."*

## 1.1 Bakgrund

SGI har på uppdrag av regeringen utvecklat verktyget Geokalkyl, med vilket en översiktlig bedömning av kostnaden för grundläggningsåtgärder i områden med skilda geotekniska förutsättningar kan göras. Systemet är avsett att användas i tidiga planeringsskeden, t.ex. i samband med kommunernas översiktsplanering, för att värdera kostnaderna för det valda geografiska läget från geoteknisk synpunkt. Därmed kan systemet bidra till att minska kostnaderna vid byggande av t. ex. bostäder och infrastruktur. Uppdraget redovisades till regeringen i juni 2015 (dnr N2015/04735/PBB) i rapporten *Geokalkyl för planering av bebyggelse i tidiga skeden* (Rogbeck m.fl., 2015).

I oktober 2015 fick SGI ett nytt uppdrag att komplettera och implementera Geokalkyl för att ytterligare förenkla användarvänligheten och datahanteringen. Uppdraget redovisades till regeringen i december 2016 (dnr N2016/04339/PBB) i rapporten *Geokalkyl 2.0* (SGI, 2016).

Det uppdrag som redovisas här kompletterar det befintliga Geokalkylsystemet med hållbarhetskriterier och en introduktionskurs inklusive kursmaterial.



## 1.2 Mål och utfört arbete

Uppdragets mål är en utökning av Geokalkylsystemet med följande nya delar:

1. En modul som beräknar och visualiserar klimatpåverkan från de masshanterings- och grundläggningsåtgärder som ingår i Geokalkyl.
2. En modul som beräknar och redovisar kostnader för masshantering med hänsyn taget till massornas kvalitet.
3. Ett särskilt utbildningspaket som innefattar kursmaterial och en kurs, riktad till kommuner, om användningen av Geokalkyl vid fysisk planering.

Resultatet beskrivs i Kapitel 3 *Hänsyn till klimatpåverkan från grundläggningsåtgärder*, Kapitel 4 *Hänsyn till schaktmassors användbarhet* och Kapitel 5 *Utbildningspaket*.

När de nya programmodulerna har testkörts kommer de att inkluderas som toolboxar i nästa version av Geokalkyl.

Arbetet har genomförts av en arbetsgrupp på SGI bestående av Jim Hedfors och Mats Öberg (GIS-utveckling, testkörning, kursutveckling och dokumentation), Samir Ezziyani (geoteknik och kursutveckling), Kerstin Carlsson (kursadministration) och Maria Arm (uppdragsledning, dokumentation m.m.). Övriga medverkande har varit Elias Jörholt från SWECO Position AB (programmering) och Ola Wik från ÅF-Infrastructure AB (datainsamling, bearbetning och dokumentation). Rapporten har sakgranskats av Bo Lind och Helene Kennedy (SGI).

Uppdraget har utförts i samverkan med Trafikverket (Åsa Lindgren), Lantmäteriet (Stigbjörn Olofsson), Sveriges geologiska undersökning (SGU) (Lars Rohde) samt berörda testkommuner.

## 1.3 Samverkan

I samband med uppdraget har SGI:s samverkan med Trafikverket, Lantmäteriet och SGU intensifierats inom de områden som berörs av Geokalkyl. Det gäller framför allt datakällor och dataanvändning.

Med Trafikverket har diskuterats tillgängliga källor för LCA- och kostnadsdata samt möjligheter att samla och harmonisera data i framtiden. De klimatpåverkansindex som används i SGI:s Geokalkylmodul för klimatpåverkan utgår från Trafikverkets index för transportinfrastrukturens klimatbelastning, men har uppdaterats för vissa grundläggningsåtgärder.

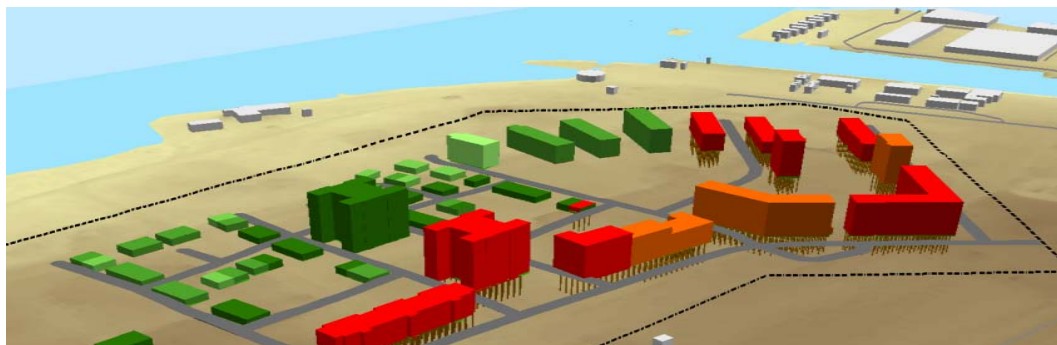
I dialog med SGU har möjligheten till direktåtkomst till digitala jordartskartan via WCS-tjänst (Web Coverage Service) diskuterats. Så även möjligheten att i Geokalkyl direkt använda jord-djupsmodellen och 3D-jordartsdata. Potentialen i tekniken för distribution och användning av dessa grundläggande underlag till Geokalkyl är stor och är fortfarande föremål för utveckling.

Samverkan med Lantmäteriet har möjliggjort direktåtkomst till Nationella Höjdmodellen som tidigare implementerats i Geokalkyl med instruktion för datahämtning. I framtida versioner av Geokalkyl ser vi att detta kan ske automatiskt via WCS och geodatasamverkan.

Dessutom har samverkan fortsatt med de testkommuner som deltagit i den tidigare utvecklingen av Geokalkyl, framför allt Nyköpings och Jönköpings kommuner.

## 2. Geokalkyl i korthet

Geokalkyl för planering av bebyggelse är ett ArcGIS-baserat verktyg för att beräkna och visualisera markbyggnadskostnaden i tidiga planeringsskeden (Figur 2.1). Det är framtaget av SGI, som äger, förvaltar och vidareutvecklar verktyget.



Figur 2.1 Illustration från Geokalkyl.

Tankarna om att visa markens byggbarhet med kartor har funnits länge. Ett system med geotekniska terrängklasser beskrevs redan på 1980-talet (Viberg & Adestam, 1979; Viberg, 1984). Syftet var att sätta markens egenskaper i relation till erforderlig grundläggning. Geokononomiska kalkyler lades till i början på 2000-talet och därefter har systemet kombinerats med kartor i GIS-miljö och utvecklats vidare.

Med verktygets hjälp beräknas och visualiseras översiktligt kostnaderna för grundläggning samt schaktnings- och fyllningsarbeten, med hänsyn tagen till de geotekniska förutsättningarna. Geokalkyl vänder sig i första hand till kommuner som i tidiga planeringsskeden behöver jämföra kostnaden för byggnation i olika områden eller för alternativa placeringar av byggnader inom ett och samma planområde.

Genom att studera olika alternativ ser man var stora kostnader för grundläggning och masshantering uppkommer. I verktyget finns också möjlighet att komplettera med kostnader som inte beräknas automatiskt av systemet. Det kan gälla kostnader för att förbättra stabiliteten inom området, anpassa bebyggelsen till klimatförändringen, sanera förorenade områden, utföra arkeologisk undersökning m.m.

Geokalkyl utgår från schablonkostnader i sina beräkningar. De representerar generella kostnader för material och kompletta arbetsmoment inklusive omkostnader och entreprenörsarvode för markarbeten. Kalkylen ger kostnadsskattningar, som är användbara för att jämföra olika exploaterings- och lokaliseringalternativ, men är inte ett underlag för projektering av byggherrekostnader. Inmatning av platsspecifika schablonkostnader kan öka precisionen i kalkylen, men innebär fortfarande bara en skattning av markbyggnadskostnaden. För att ta fram ett finansieringsunderlag krävs en detaljerad projektering av byggnader och gator samt projektering av grundläggningsmetod och byggmetod.

SGI:s Geokalkyl för planering av bebyggelse har utvecklats parallellt med Trafikverkets geokalkylsystem för väg- och järnvägsprojekt och de båda systemen är harmoniserade så att kalkylerna görs på ett liknande sätt.

## 2.1 Kalkylunderlag och resultatredovisning

Geokalkyl för planering av bebyggelse är ett expertsystem, dvs. för att använda verktyget krävs särskild kompetens:

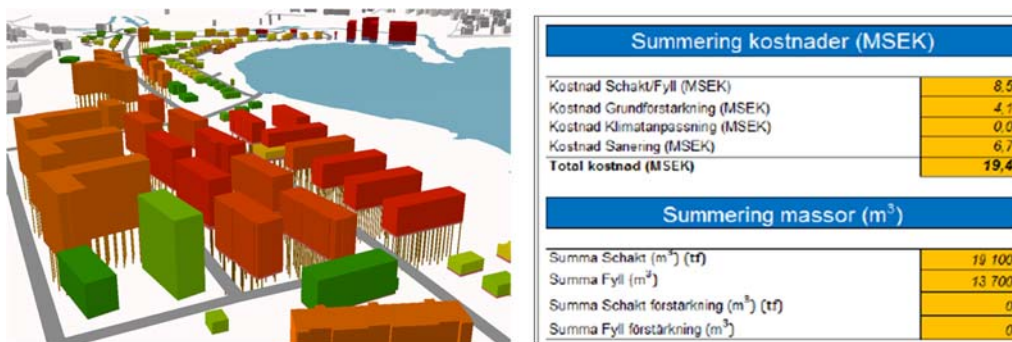
- En geotekniker för tolkning av markförhållanden och kalkylresultat.
- En person med erfarenhet av Esri:s program ArcGIS Desktop för hantering och bearbetning av informationen i GIS-miljön.

De programvaror som krävs är ArcGIS Desktop version 10.2 eller senare (med de båda tilläggen 3D-analyst och Spatial Analyst) samt MS Excel 2010 eller nyare.

För att genomföra kalkylen krävs dessutom ett kartunderlag för analysområdet. Det ska innehålla uppgifter om marktopografi och jordarter samt koordinater för områdets gränser, byggnader, hårdgjorda ytor och grönytor. Höjddata och jordarter laddas vanligen ner från Lantmäteriet respektive SGU. All annan data tas fram inom det aktuella planeringsprojektet.

För att kunna göra en rimlig tolkning av jordlagerföljden samt en bedömning av geotekniska egenskaper krävs att det finns ett geotekniskt underlag från den aktuella platsen. Data från geotekniska undersökningar, t.ex. jorddjup och risker för skred och ras, bör läggas in som underlag i kartmiljön. Även risker för erosion samt data om översvämningar och förorenade områden bör läggas in.

Resultatet redovisas grafiskt som kartbilder och i tabellform som Excelrapport (Figur 2.2). Grafiken presenteras i form av 2D-kartor och 3D-kartor över bebyggelseområdet. I dessa visas kostnaden för grundförstärkning och masshantering för byggnader, gator och andra hårdgjorda ytor. Även schakt- och fyllvolymerna redovisas.



Figur 2.2 Exempel på resultatredovisning från Geokalkyl.

Informationen på kartorna kan delas upp i olika skikt med geoteknisk information, markanvändning, typ av byggnader och grundläggning samt kostnader. I Exceltabeller ges information om varje objekt eller information summerad över större ytor.

Geokalkylsystemet kan laddas ner från SGI:s webbplats [www.swedgeo.se](http://www.swedgeo.se). Vid presentation av kalkylresultat bör det framgå vilken version av Geokalkyl som använts och det är också lämpligt att hänvisa till SGI:s webbplats för information om verktyget.

## 2.2 Nyttan och användning

En hållbar markanvändning förutsätter att kommunerna har rätt underlag i varje planerings- och beslutsfas. Dessutom måste beslutsunderlag och resultat kunna förmedlas på ett begripligt sätt till beslutsfattare och andra berörda. Mot den bakgrunden pågår en teknisk omställning mot digitala verktyg i planeringsprocessen, t.ex. med hjälp av Lantmäteriets regeringsuppdrag *Digitalt först – för en smartare samhällsbyggnadsprocess* (Lantmäteriet, 2017a) och projektet *DigSam – Digital Samhällsbyggnadsprocess* inom Smart Built Environment (IQ Samhällsbyggnad, 2017). Ett annat exempel är geodata som är tillgängliga via *Geodatasamverkan* där 254 av Sveriges kommuner har tecknat användaravtal (Lantmäteriet, 2017b). Utvecklingen av Geokalkyl är ett led i strävan att tillgängliggöra och visualisera planeringsförutsättningar.

Kalkylsystemet har hittills utvecklats och använts i samarbete med ett flertal kommuner, t.ex. Nyköping, Jönköping, Helsingborg, Malmö och Västerås. I Nyköping har Geokalkyl använts i flera planområden: Marieberg och Arnö (bostadsområden), Kungshagen (förtätning av innerstaden) samt Hemgården (industriområde). Dessutom initierade kommunens planerare användning av s.k. typkvarter som kan kombineras för att bygga stadslandskap i kartunderlaget och illustrera kostnaden för olika typer av exploatering. I Jönköping användes Geokalkyl bl.a. för jämförelse av två alternativa lägen för en ny arena. Inför användningen i Helsingborg, i de båda planområdena Drottninghög och Kyrkoherden, gjordes en specialstudie av vilken kvalitet på dataunderlaget som krävdes (Gustavsson, 2017). I Malmö och Västerås används Geokalkyl för att värdera planområden med avseende på infiltrationskapacitet och grönytor.

Geokalkyl beräknar och visualiserar översiktliga kostnader för grundläggning och masshantering för olika grundläggningsalternativ. Med de nya modulerna kan beräkningen göras med hänsyn tagen till användbarheten hos olika massor, och klimatpåverkan från olika grundläggningsalternativ kan beräknas och visualiseras. Detta blir värdefulla delar som effektiviserar och utvecklar plan- och byggprocessen genom att man tidigt i planeringsprocessen får en bild över vilka delar som är klimat- och kostnadsdrivande.

Med hjälp av Geokalkyl kombineras bebyggelseplaner med GIS-data, 3D-visualisering och faktaunderlag, och effekter av olika förslag analyseras. Man kan göra samlade bedömningar, visa hållbarhetsaspekter samt visualisera och analysera eventuella målkonflikter. Redovisningen med 2D- och 3D-kartor ger goda möjligheter till kommunikation av förutsättningar för grundläggning inom olika områden.

Markens uppbyggnad och geotekniska egenskaper påverkar dess byggbarhet och kostnaderna för grundläggning av byggnader m.m. Mark- och grundläggningskostnader kan bedömas uppgå till omkring 20 % av den totala bygg- och anläggningskostnaden. Okunskap och bristande förståelse för geologiska och geotekniska förhållanden är i många fall orsak till underskattning av kostnader med ibland även geotekniska skadekostnader som följd. Genom att Geokalkyl bidrar till att förutsättningarna för grundläggning finns med tidigt i planeringsprocessen kan det också bidra till att minska de geotekniskt relaterade skadekostnaderna.

Grundläggning och masshantering i samband med byggande påverkar miljön och klimatet. Hur stor påverkan blir beror på vilka alternativ som väljs, både vad gäller grundläggningsplats, grundläggningsmetod och hantering av schaktmassor. De nya modulerna i Geokalkyl visualiserar klimatpåverkansindex för olika grundläggningsalternativ och gör även kostnadsberäkningar för hantering och användning av de schaktmassor som uppstår med hänsyn taget till kvalitet och användbarhet.

Sammanfattningsvis är Geokalkyl ett verktyg som

- underlättar dialoger om markbyggande vid prioritering av byggnation
- ökar förståelsen för att förutsättningarna för grundläggning skiljer inom olika områden
- kan minska de geotekniskt relaterade skadekostnaderna, genom att rätt bild av förutsättningarna för grundläggning finns med tidigt i planeringsprocessen
- ger beslutsunderlag för en hållbar masshantering och understödjer en cirkulär ekonomi
- underlättar livscykelbaserad analys av miljöpåverkan från olika grundläggningsalternativ.

## 3. Hänsyn till klimatpåverkan från grundläggningsåtgärder

I arbetet med denna modul har följande utförts: Inventering och sammanställning av grunddata, bestämning av klimatpåverkansindex för olika grundläggningsåtgärder samt GIS-utveckling och testkörning. Modulen är färdig att läggas in som en ny toolbox i Geokalkyl.

Syftet med Geokalkyls nya modul är att skatta den miljöpåverkan som följer av de grundläggningsåtgärder som krävs på en specifik plats, med hänsyn taget till information om de geotekniska förutsättningarna.

Livscykelanalyser (LCA) är en väletablerad metodik för att belysa miljöpåverkan (SS-EN ISO 14004, SS-EN ISO 14044). En LCA ger numeriska resultat och jämförbara värden, men standarderna är inte entydiga utan olika val av metod kan göras beroende på syftet med analysen. För byggsektorn finns standarder som ska styra utformandet av LCA så att miljövarudeklarationer för byggprodukter och byggnadsverk blir likvärdiga och transparenta (SS-EN ISO 14025, SS-EN 15804).

Idag råder enighet om hur en livscykelbaserad analys av miljöpåverkan kan utföras för ett stort antal enskilda miljöpåverkanskategorier, inklusive ekvivalensfaktorer för att beräkna den sammanlagda påverkan från flera olika parametrar. En av de kategorier där dataunderlaget är mest utvecklat är s.k. koldioxidavtryck ("carbon footprint") eller klimatpåverkan. Det är också den miljöpåverkanskategori som har valts att inkluderas i Geokalkyl. Det är dock tekniskt okomplicerat att efterhand komplettera kalkylverktyget med ytterligare miljöpåverkanskategorier.

En LCA ska i princip omfatta hela livscykeln för en konstruktion, inklusive kostnader för drift/underhåll och slutligt omhändertagande. För grundläggning gäller dock att konstruktionen i sig knappast berörs av några underhållsåtgärder eller åtgärder för slutgiltigt omhändertagande. Beräkningarna här omfattar därför bara själva anläggningsarbetet.

Geokalkyls nya modul ger möjlighet att jämföra klimatpåverkan för byggnation i olika exploateringsområden och att identifiera platser med högt klimatpåverkansindex kopplat till grundläggningsåtgärder, s.k. "hot spots". Geokalkyl skapar därigenom förutsättningar för en konsekvens-LCA. Med en sådan kan man analysera vad som händer vid en ändrad exploatering och planering och vilka konsekvenser detta har på ett sammansatt system (IVL, 2014).

### 3.1 Klimatpåverkansindex för åtgärder

Klimatkalkylen i den utvecklade modulen bygger helt på den datainsamling och beräkningsmetodik som redan används i Geokalkyl och de funktionella åtgärder, både grundläggning och massförflyttningar, som definieras där (Rogbeck m.fl., 2015). Klimatpåverkansindex har tagits fram för alla åtgärder i Geokalkyl som har en kostnadspost. De anges som mängd koldioxidekvivalenter per respektive funktionell enhet (Tabell 3.1).

Angivna klimatpåverkansindex grundar sig på de index som har tagits fram av Trafikverket för att beräkna transportinfrastrukturens klimatbelastning och energianvändning i ett livscykelerspektiv (Trafikverket, 2014). De har uppdaterats för betongpålar (Johansson & Wallett, 2014) och KC<sup>1</sup>-pelare (Granqvist, 2017). För KC-pelare har dessutom en justering gjorts, där det antagits att bränd kalk i första hand har sitt ursprung i nordiska produktionsorter där roterugnar används. För roterugnar är energianvändningen och klimatpåverkan betydligt högre än för schaktugnar (Erlandsson, 2016; Ecofys, 2014).

Tabell 3.1 Klimatpåverkansindex för grundläggningsåtgärder i Geokalkyl. Index anges som kg koldioxidkvivalenter (CO<sub>2</sub>e) per respektive funktionell enhet (m<sup>3</sup>, platta, meter påle eller pelare).

Åtgärd	Klimatpåverkansindex
Schakt jord (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> )	2,4
Schakt berg (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> )	5,1
Fyllning jord (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> )	2,4
Fyllning bergkross (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> )	9
Betongpålning (kg CO <sub>2</sub> e/m påle)	25
Fribärande betongplatta (kg CO <sub>2</sub> e/platta)	5,5
KC-pelare (kg CO <sub>2</sub> e/m pelare)	35
Förbelastning (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> )	4,7
Schakt urgrävning (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> )	2,4
Fyllning bergkross efter urgrävning (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> )	9
Fyllning jordmaterial efter urgrävning (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> )	2,4

För åtgärderna "Schakt" samt "Schakt urgrävning" antas att schaktmassorna inte kan hanteras eller nyttiggöras inom arbetsområdet utan måste transporteras till en extern tipp. För åtgärderna "Fyllning" samt "Fyllning ... efter urgrävning" antas att fyllningsmassorna måste anskaffas från ett externt upplag. Det är dock möjligt att i indata ange platsspecifika klimatpåverkansindex, som tar bättre hänsyn till specifika förhållanden på platsen och de massor som hanteras.

## 3.2 Resultatredovisning

Resultatet av en beräkning redovisas som ett kostnadslandskap med olika färger, som visar var grundläggnings- och masshanteringsåtgärderna ger upphov till störst klimatpåverkan. Färgskalan visar koldioxidavtrycket från olika objekt inom det aktuella området, t.ex. byggnader eller hårdgjorda ytor, angivet i enheten kg koldioxidkvivalenter (CO<sub>2</sub>e) per m<sup>2</sup>.

I samma redovisning kan mängden CO<sub>2</sub>e per bruttototalarea (BTA) redovisas, t.ex. med hjälp av olika hushöjder (Figur 3.1). Det blir då ett sätt att visualisera klimatpåverkan i förhållande till exploateringsgrad.

<sup>1</sup> Kalkcement, som tillverkas av bränd kalk och cement.





Figur 3.1 Exempel på resultatredovisning från Geokalkyl: Klimatpåverkan från grundläggning och masshantering i ett exploateringsområde. Färgskalan anger koldioxidavtryck i kg koldioxidekvivalenter (CO<sub>2</sub>e) per m<sup>2</sup> för olika objekt, t.ex. byggnader eller hårdgjorda ytor. Hushöjden visar koldioxidavtryck i kg CO<sub>2</sub>e/BTA (bruttototalarea, dvs. den summerade ytan av alla våningsplan i byggnaden).

I exemplet i Figur 3.1 visar den röda färgen att nödvändig grundförstärkning i den västra delen av analysområdet ger upphov till stora koldioxidavtryck per m<sup>2</sup>. Figuren visar även att klimatpåverkan i förhållande till tänkt exploateringsgrad är mindre i den östra delen än i den västra, vilket avspeglas i de lägre hushöjderna.



## 4. Hänsyn till schaktmassors användbarhet

I arbetet med denna modul har följande utförts: Inventering och sammanställning av grunddata kring schaktmassors egenskaper och krav på fyllningar, klassificering av massor vad gäller återvinningspotential, beräkning av massbalans samt GIS-utveckling. Efter testkörning kommer modulen att läggas in som en ny toolbox i Geokalkyl.

Hantering av rena och förorenade schaktmassor från byggverksamhet utgör samhällets enskilt största avfallsström för både icke-farligt och farligt avfall, om man undantar avfall från gruvindustrin (SMED, 2016). En miljöeffektiv och rationell hantering av schaktmassor är därför en viktig åtgärd i en cirkulär ekonomi.

I nuvarande version av Geokalkyl (2.0) förutsätts att alla schaktmassor transporteras bort och ersätts med nyproducerad ballast och jordmassor. Kalkylen tar ingen hänsyn till om, eller hur, de schaktmassor som uppstår kan nyttiggöras.

I den nya modulen har en procedur utvecklats för att kvalitetsklassa jordmassor vad gäller deras användbarhet inom (och utanför) det aktuella planområdet. Proceduren utgår från Geokalkyls klassning av jordar i geotekniska terrängklasser (GTK) samt de materialkrav på fyllningar som anges i AMA Anläggning 17 (Svensk Byggtjänst, 2017a). Kvalitetsklassningen görs på olika sätt beroende på om markens användningsområde ska vara byggnader och hårdgjorda ytor eller grönytor.

När det gäller förorenade schaktmassor är det svårt att göra en generell klassning av återvinningspotentialen grundat på föroreningsinnehållet. Vid återvinning i byggnader/hårdgjorda ytor eller grönområden måste föroreningsnivån och därmed återvinningspotentialen bedömas från fall till fall. Förutsättningar, som anges i Naturvårdsverkets riktvärden för användning av avfall för anläggningsändamål (Naturvårdsverket, 2010) och Naturvårdsverkets riktvärden för förorenad mark (Naturvårdsverket, 2009), kommer att vara styrande (Svensk Byggtjänst, 2017b).

Kriterierna innebär i praktiken att schaktmassor från förorenade områden inte kan återvinnas utan föregående behandling, med hänsyn taget till föroreningstyp och innehåll. När schaktmassornas föroreningsinnehåll överskrider de generella kriterierna för användning måste en platsspecifik prövning av återvinningen göras. Även behandling av förorenade massor förutsätter en platsspecifik prövning av verksamheten och godkännande av behörig miljömyndighet. Det är därför svårt att ange schablonvärden för den kostnad och den klimatpåverkan som är förknippad med hantering av förorenade massor. Sådana data, inklusive förutsättningar för återvinning, beräknas därför separat och importeras sedan i Geokalkyl och visualiseras som tidigare beskrivits (Rogbeck m.fl., 2015).

### 4.1 Återvinningspotential för schaktmassor

Den nya beräkningsmodulen klassificerar schaktmassors återvinningspotential grundat på bedömd byggbarhet och geoteknisk användbarhet inom det aktuella analysområdet. Klassificeringen görs automatiskt av programmet, genom översättning av Geokalkyls terrängklasser till en materialtyp beskriven i AMA Anläggning 17 samt gruppering av terrängklasserna/materialtyperna i återvinningsklasser som beskrivs i Geokalkyl.

Fyllningsmassornas tekniska funktion, och därmed de tekniska kraven på dem, beror på markanvändningen. För återvinningspotential under byggnader och hårdgjorda ytor använder Geokalkyl klasserna K1 till K 5 (Tabell 4.1) och för återvinningspotential under grönytor används klasserna G1 till G4 (Tabell 4.2). Klasserna K1 och G1 innebär att massorna generellt sett är olämpliga för den tänkta markanvändningen. Klasserna K2 och G2 innebär att massornas återvinningspotential är osäker och måste bedömas i förhållande till platsspecifika förutsättningar, medan K5 och G4 innebär att massorna har mycket hög återvinningspotential, ett ekonomiskt värde och en klimatbesparingspotential.

Tabell 4.1 Geokalkyls klassificering av schaktmassors återvinningspotential som fyllning under byggnader och hårdgjorda ytor. Röd, gul och grön färg illustrerar låg, osäker respektive hög/mycket hög återvinningspotential. Jämförelse med data från AMA Anläggning 17 (Svensk Byggtjänst, 2017a).

Återvinningsklass	Geokalkyls terrängklasser, med exempel		AMA Tabell CE/1 Fyllningsmaterial för väg, bro, byggnad m.m.	
	Geokalkyl	Exempel	AMA	Material
K1	GTK5	Torv, annan organisk jord	6A/6B	Organiska, mineraliska jordarter: Lerig gyttja, siltig dy, sandig mulljord. Organiska jordarter: Gyttja, dy, torv, mulljord.
K1	GTK4	Lera--silt, lös inkl. sulfidjord	4B/5A	Finkorniga jordarter: Lera, lermorän silt, lerig silt, siltig lera, siltmorän.
K1	GTK3	Lera--silt (post-glacial eller glacial)	4B/5A	Finkorniga jordarter: Lera, lermorän silt, lerig silt, siltig lera, siltmorän.
K2	GTK2	Moränlera, lera, mycket fast	4B	Finkorniga jordarter: Lera, lermorän.
K2	GTK1	Älvsediment, silt	5A	Finkorniga jordarter: Silt, lerig silt, siltig lera, siltmorän, lermorän.
K3	MN1	Siltig morän	4A	Blandkorniga jordarter: Siltig morän.
K3	MN2	Sandig eller siltig sandig morän	3B	Blandkorniga jordarter: Siltig sand, siltigt grus, siltig sandmorän, siltig grusmorän.
K3	F	Fyllning	7	Restprodukter, återvunna material: Slaggmaterial, riven asfalt, krossad betong.
K3	FRK	Sand--block, isälvsediment	2	Block- och stenjordarter: Block, sten, grus, sand, sandigt grus, grusig sand, grusmorän, sandmorän.
K4	MN3	Sandig morän, blockjord	2	Grovjord oberoende av fraktion – krossat/okrossat Block- och stenjordarter: Block, sten Grovkorniga jordarter: Grus, sand, sandigt grus, grusig sand, grusmorän, sandmorän.
K5	B	Urberg	1	Bergschakt – krossat eller okrossat. Bergtyp 1 = hårda hållfasta bergarter, Bergtyp 2 = bergarter med måttlig hållfasthet och dålig slitstyrka.
K3	B	Urberg	3A	Bergschakt – krossat eller okrossat. Bergtyp 3 = höga glimmerhalter, lerskiffer, kritkalksten, oklassificerat berg.

Tabell 4.2 Geokalkyls klassificering av schaktmassors återvinningspotential som fyllning under grönytor. Röd, gul och grön färg illustrerar låg/obefintlig, osäker respektive hög/mycket hög återvinningspotential. Jämförelse med data från AMA Anläggning 17 (Svensk Byggtjänst, 2017a).

Återvinningsklass	Geokalkyls terrängklasser, med exempel		AMA Tabell CE/2 Fyllningsmaterial för vegetationsytor	
	Geokalkyls terrängklasser, med exempel			
G2	GTK5	Torv, annan organisk jord	16a	Diverse fyllningsmaterial: Dy, torv, gyttja.
G1	GTK4	Lera--silt, lös inkl. sulfidjord	15	Finjord utan torrskorpekaraktär: Mellanlera, styv lera och mycket styv lera.
G1	GTK3	Lera--silt (postglacial eller glacial)	15	Finjord utan torrskorpekaraktär: Mellanlera, styv lera och mycket styv lera.
G2	GTK2	Moränlera, lera, mycket fast	14a/b	Finkorniga moräner, finjord med torrskorpekaraktär: Styv lera och mycket styv lera, lermorän.
G3	GTK1	Älvsediment, silt	13a	Fin- och blandkornig morän, finjord: Grusig eller sandig siltjord, lerig grus- eller sandjord, siltig eller lerig sandmorän.
G3	MN1	Siltig morän	13b	Fin och blandkornig morän, finjord: Lerig siltjord, lättlera, lerig siltmorän.
G4	MN2	Sandig eller siltig sandig morän	13a	Fin- och blandkornig morän, finjord: Grusig eller sandig siltjord, lerig grus- eller sandjord, siltig eller lerig sandmorän.
G2	F	Fyllning	16b	Diverse fyllningsmaterial.
G1	FRK	Sand--block, isälvs sediment	12a/b	Stenmorän, grov- och blandkornig morän, grovjord: Lerfri eller lerfattig sand-/grusjord, grusig sandmorän/ sandig grusmorän.
G1	MN3	Sandig morän, blockjord	11	Bergmaterial: Sprängsten, grus.
G1	B	Urberg	11	Bergmaterial: Sprängsten, grus.

## 4.2 Beräkning av massbalans

Följande kvalitetskrav används i massbalansberäkningen:

- För återvinning av schaktmassor under byggnader och hårdgjorda ytor ska fyllningsmassorna ha minst kvalitetsklass K3 enligt Tabell 4.1.
- För återvinning av schaktmassor under grönområden ska fyllningsmassorna ha minst kvalitetsklass G2 enligt Tabell 4.2. De schaktmassor som ingår i återvinningsklass G1, krossat berg, är olämpliga för användning i växtbäddar enligt AMA Anläggning 17 Råd och Anvisningar (Svensk Byggtjänst, 2017b). De bedöms även som "överkvalificerade" under grönytor eftersom de har hög bärförmåga, vilket inte är högprioriterat vid sådan markanvändning.

Massbalansen för analysområdet utgår från den av Geokalkyl beräknade mängden schaktmassor av olika kvalitet samt behovet av fyllningsmassor inom ytor med olika markanvändningar (Figur 4.1).

Tillgänglig volym schakt per GTK		volym	kvalitet
		m <sup>3</sup>	klass
GTK3	Lera--silt (postglacial eller glacial)	1 000	1
GTK4	Lera--silt, lös inkl. sulfidjord	0	1
GTK5	Torv, annan org. jord	2 000	1
GTK1	Älvsediment, silt	2 000	2
GTK2	Moränlera, lera, mycket fast	1 000	2
FRK	Sand--block, isälvsediment, flygsand	800	3
MN1	Morän, siltig morän	500	3
MN2	Morän, sandig eller siltig sandig morän	500	3
F	Fyllning	400	3
MN3	Morän, sandig, blockjord	1 000	4
B	Urberg	2 000	5
Summa		8 200	
Behov av fyll per markanvändning		volym	kvalitetskrav
		m <sup>3</sup>	klass
Byggnader		1 500	lägst 3
Hårdgjorda ytor		1 500	lägst 3
delsumma		3 000	
Grönytor		3 000	lägst 2

Figur 4.1 Exempel på delredovisning från Geokalkyl: Tillgänglig volym schaktmassor av olika kvalitet samt behov av fyllningsmassor inom ytor med olika markanvändningar.

Överskott respektive underskott av massor med avseende på olika kvalitetsklasser redovisas i tabellform. Förutom massbalansen med avseende på volymer av olika kvalitet beräknas och redovisas kostnader för den planerade masshanteringen (Figur 4.2). Det görs med hänsyn taget till antingen schablonmässiga eller platsspecifika transportbehov och transportkostnader för överskotts- och underskottsmassor.

Massbalans		tillg. vol	värde	efter återanv.	trpt-kostnad	v - "Pilar" som visar användningsordning
		m <sup>3</sup>	kr	m <sup>3</sup>	kr	
Kvalitet 1	GTK3, GTK4, GTK5	3 000	-300 000	0	-150 000	v Alltid borttransport.
Kvalitet 2	GTK1, GTK2	3 000	0	0	0	v Återanvänd för grönytor.
Kvalitet 3	FRK, MN1, MN2, F	2 200	44 000	-800	-800	v Återanvänd för byggnader och hårdgjorda ytor.
Kvalitet 4	MN3	1 000	30 000	200	200	v Återanvänd för byggnader och hårdgjorda ytor.
Kvalitet 5	B	2 000	100 000	2 200		v Återanvänd för byggnader och hårdgjorda ytor.
Balans	Masshantering	11 200	110 000	2 200		Om negativt, välj värde och trpt-kostnad för klass 3.
Balans	SEK		-40 000			v Om positivt, välj värde och trpt-kostnad för klass 5*.
						* Negativt = <b>UNDERSKOTT</b> , Positivt = <b>ÖVERSKOTT</b>

Figur 4.2 Exempel på delredovisning från Geokalkyl: Massbalans och kostnader med hänsyn till återvinningspotential och transporter. Tillgänglig volym av schaktmassor samt behov av fyllningsmassor hämtas från Figur 4.1. Antaget transportavstånd till deponi respektive täkt är 10 km.

I Figur 4.2 anger volymerna i kolumnen "efter återanv." om det råder ackumulerat underskott eller överskott när massorna av kvalitetsklassen på den aktuella raden har använts. Principen för användningsordning ges av "pilarna" i figuren: Massor av kvalitet 1 transporteras bort till deponi. Massor av kvalitet 2 återanvänds som fyllning under grönytor. Massor av kvalitet 3 återanvänds för fyllning under byggnader och hårdgjorda ytor så långt massorna räcker, därefter saknas 800 m<sup>3</sup>. Massor av kvalitet 4 återanvänds för fyllning under byggnader och hårdgjorda ytor tills behovet är fyllt, därefter återstår 200 m<sup>3</sup>. Massor av kvalitet 5 behöver inte användas i detta exempel. De bildar ett överskott om

2200 m<sup>3</sup> tillsammans med återstående massor av kvalitet 4. Överskottets marknadsvärde bidrar till att väga upp kostnaderna för att transportera massor av kvalitet 1 till deponi.

När Geokalkyl beräknar massbalansen med hänsyn till massornas återvinningspotential (byggbarhet och användbarhet) används samma kvalitetskrav oavsett på vilket djup massorna ska användas. En utvecklingsmöjlighet är att dela in marken i två lager, där det översta är 0,5 m tjockt och har andra kvalitetskrav än underliggande markskikt, vilket skulle motsvara tekniska materialkrav bättre.

## 5. Utbildningspaket

För att sprida användningen av Geokalkyl har SGI tagit fram ett utbildningspaket om verktyget och dess användningsmöjligheter. Utbildningspaketet beskriver Geokalkyl 2.0, dvs. den version av Geokalkylsystemet som stod färdig under våren 2017. Regeringsuppdragets tidplan tillät inte att de nya delarna med klimatpåverkansindex och masshantlingskalkyl, som beskrivs i föregående två kapitel, kunde inkluderas.

Utbildningspaketet består av en introduktionskurs, en skriftlig metodbeskrivning samt steg för steg-instruktioner i form av videofilmer och en detaljerad körinstruktion för programmet. Dessutom har ett informationsblad och en 3D-demo av ett färdigt resultat tagits fram. Instruktionsfilmerna och all dokumentation finns tillgängliga på SGI:s webbplats: [www.swedgeo.se/geokalkyl](http://www.swedgeo.se/geokalkyl) och introduktionskursen ingår numera i SGI:s kursutbud.

### 5.1 Introduktionskurs i Geokalkyl 2.0

Geokalkyl är avsett för planering av bebyggelse i tidiga skeden och introduktionskursen vänder sig i första hand till handläggare på kommuner. Kursens olika moment följer i stort sett verktygets metodbeskrivning och instruktionsfilmer. Kursdagen inleds med information om användningsområde, möjligheter och begränsningar, nödvändiga programvaror/kompetenser/kartunderlag samt information om grunddata från SGU och Lantmäteriet. Sedan följer en genomgång av de olika momenten i en Geokalkylkörning, med användning av verkliga exempel som demonstrationsobjekt:

- Inställningar av mjukvaran och import av data. Analysområde, byggnader, hårdgjorda ytor, grönytor och höjdzoner.
- Förberedelse för tolkning av jordartskartan. Geotekniska terrängklasser.
- Beräkning av nödvändigt förstärkningsdjup.
- Beräkning av förstärkningsmetoder. Villkorsmatriser.
- Beräkning av kostnader.
- Redovisning i grafik och tabeller. Tolkning och utvärdering av resultatet.

I kursmaterialet ingår all dokumentation som nämnts tidigare: ett informationsblad, en metodbeskrivning, en 3D-demo av ett färdigt resultat samt steg för steg-instruktioner i form av videofilmer och en detaljerad körinstruktion för programmet. Dessutom ges en länk till de presentationer som visas på kursen.

Hittills har en kurs genomförts och den blev snabbt fulltecknad. Därför finns nu möjlighet att på SGI:s webbplats göra intresseanmälan för nya kurstillfällen som kommer att genomföras beroende på efterfrågan.

### 5.1.1 Genomförd kurs 6 december 2017

Inför det första kurstillfället gjordes en riktad inbjudan till de kommuner som anmält intresse vid en förfrågan i december 2016. Därefter utvidgades inbjudan till att omfatta alla svenska kommuner. Kursen blev fullteknad och genomfördes i Linköping den 6 december 2017.

De 19 deltagarna representerade tio kommuner, från Örkelljunga i syd till Krokoms i norr. Två av deltagarna var geoteknikkonsulter. Den utpekade målgruppen var GIS-personal, planeringspersonal och geotekniker. Den representerades ganska väl av deltagarna som bestod av sju mättnings- eller GIS-ingenjörer, fem mark- och exploateringsingenjörer, fyra planerare och två geotekniker.

För att ge återkoppling och hjälp inför planeringen av framtida kurstillfällen ombads deltagarna fylla i en blankett för kursutvärdering. Resultatet från de 18 deltagare som svarade visade att:

- Kursen fick medelbetyget 4,6 av 6.
- 14 deltagare av 18 uppgav att de kommer att ha nytta av kursen i sin fortsatta yrkesverksamhet. 3 deltagare har eventuellt nytta av den i framtiden.
- 12 deltagare av 18 fick sina förväntningar på kursen uppfyllda. Övriga svarade "delvis" och hade förväntat sig mer "hands-on", mer diskussion, lättare kunskap, mer samhällsplanering och mindre GIS. Någon föreslog uppdelning i två kurser, en för GIS-ingenjörer och geotekniker och en för samhällsplanerare och mark- och exploateringsingenjörer.
- Samtliga deltagare kunde rekommendera kursen till andra personer, framför allt till GIS-ingenjörer och geotekniker, kollegor som arbetar med översiktsplanering och kollegor på exploateringsenheten. På frågan Varför? svarade någon: "Alla kommuner bör ha kartingenjörer som behärskar verktyget." och någon annan svarade: "Absolut, övergripande uppfattning av geo är viktigt."
- Verktyget beskrevs som användbart, nyttigt och intressant.
- Någon såg fram emot fortsatt påbyggnad/tillbyggnad av programmet. Den pågående utvecklingen av nya moduler (klimatpåverkansindex, masshantering med hänsyn till masskvalitet samt ekosystemtjänster) beskrevs kortfattat under kursen och möttes av stort intresse.

Följande konkreta förbättringsförslag för verktyget framfördes av kursdeltagarna: Gör det enklare att ändra den förvalda belastningen från byggnader för att kunna jämföra olika stomval. Gör det möjligt att beräkna kostnad per fastighet. Ta med lättfyllning bland grundläggningsåtgärderna. Lägg till beräkning av LCA (livscykelanalys) på hela projektet inkl. byggnader. Ha med gator, ledningar och infrastruktur i kalkylen.

För kursarrangemanget föreslogs bl.a. följande: Visa fler exempel med "körningar". Ge möjlighet att sitta med egen dator. Spela in kursen och lägg som länk på webben.

Kursutvärderingens resultat kommer att ligga till grund för utformning av kommande introduktionskurser.

## 5.2 Metodbeskrivning

Till Geokalkyl 2.0 finns en metodbeskrivning som utgör en del av den senaste Geokalkyl-rapporten, SGI publikation 33 (SGI, 2016), och är tillgänglig på SGI:s webbplats [www.swedgeo.se/geokalkyl](http://www.swedgeo.se/geokalkyl). Metodbeskrivningen kommer att uppdateras när de nya modulerna har testkörts och inkluderats som toolboxar i Geokalkyl under våren 2018.

## 5.3 Steg för steg-instruktion – filmer och körschema

På SGI:s webbplats finns nio videofilmer som steg för steg beskriver hur verktyget Geokalkyl laddas med data och hur kalkylerna genomförs. Filmerna är indelade enligt följande:

1. Hämta verktyget. Etablera mappstruktur. Kontrollera inställningar i ArcGIS (6 min)
2. Importera SGU jordarter och LM höjddata (8 min)
3. Importera/skapa analysområde för byggnader, grönytor och hårdgjorda ytor – exempel Marieberg, Nyköping (11 min)
4. Definiera höjdzoner, beräkna medelhöjder i höjdzoner samt beräkna höjder och defaultvärden på byggnader, grönytor och hårdgjorda ytor (6 min)
5. Förbereda underlag för tolkning av jordartskartan. Tolka jordlagerföljd=GTK Geotekniska TerrängKlasser. Beräkna förstärkningsdjup (8 min)
6. Beräkna förstärkningsmetoder. Studera resultatet/grafiken i 2D. Kort om villkorsmatriser (5 min)
7. Beräkna kostnader. Studera resultatet/grafiken i 2D (3 min)
8. Studera resultatet/grafiken i 3D ArcScene (4 min)
9. Studera resultatet/utdatatexten i Excel (5 min)

Som komplement till filmerna finns även ett Excelark med en detaljerad Steg för steg-instruktion som ger kommentarer och tips till användaren.



## 6. Utvecklingsbehov och möjligheter

Det finns ett stort behov av att samhällsutbyggnad genomförs med hållbarhet i fokus. Byggsektorn svarar för en stor del av samhällets energianvändning där speciellt byggprocessen ger en stor klimatpåverkan (IVA, 2014). Det innebär att det är en stor utmaning för byggbranschen att bidra till ett mer resurssnålt och koldioxid neutralt samhälle.

Geokalkyl är ett viktigt och användbart verktyg i den fysiska planeringen och kan bidra till ett mer hållbart byggande. Det är därför angeläget att fortsätta förbättra kalkylsystemet och även att utveckla nya funktioner och moduler till systemet.

### 6.1 Pågående utvecklingsarbete

Följande pågående utvecklingsarbete kan nämnas:

- Komplettering av Geokalkyl för att knyta samman geoteknisk markkvalitet med olika ekosystemtjänster. Detta arbete utförs inom ramen för det Vinnova-stödda forskningsprojektet Eko-geokalkyl som pågår till och med 2018. Det är i första hand två ekosystemtjänster som kommer att ingå i den nya modul som utvecklas. De är *markens genomsläpplighet* och *markens lämplighet för vegetation*. Uppdraget leds av Christel Carlsson SGI och utförs i samarbete med Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) samt Malmö stad och Västerås kommun (Eko-geokalkyl, 2017). Denna utveckling av Geokalkyl är även ett av de gemensamma intresseområden som diskuterats med Trafikverket.
- Uppdatering av Geokalkyls metodbeskrivning och manual. Detta är en följd av att Geokalkyl har kompletterats med hållbarhetskriterier. Den nya versionen av metodbeskrivningen och manualen kommer att ges ut som en separat rapport.
- Fler introduktionskurser för att nå fler kommuner, samt fortsatt stöd till de kommuner som redan har börjat använda Geokalkyl. Den första introduktionskursen blev snabbt fulltecknad och fick goda omdömen. Deltagarna visade även stort intresse för att börja använda verktyget i aktuella projekt.

### 6.2 Framtida utvecklingsmöjligheter

Utvecklingen mot digitalt samhällsbyggande kräver förfinade verktyg. Vi har identifierat följande utvecklingsmöjligheter för Geokalkyl:

- Integrera Geokalkyl med andra initiativ inom området, t.ex. Boverkets regeringsuppdrag om metoder och regler för att redovisa byggnaders klimatpåverkan (Boverket, 2017) och regeringens uppdrag för att samordna större samlade exploateringar med hållbart byggande (Regeringen, 2017). Det sistnämnda initiativet diskuterades med Nynäshamns kommun på introduktionskursen för kommuner som hölls 6 december.
- Implementera SGU:s jorddjupsmodell som grundunderlag i Geokalkyl och arbeta vidare med SGU för att utveckla 3D-jordartsdata samt ta fram Jordart 1:25 000 – 1:100 000 i WCS-format.

- Automatisera höjdsättning i Geokalkyl via geodatasamverkan och Lantmäteriets Web Coverage Service (WCS) för Nationella Höjddatamodellen (NH).
- Utöka med fler grundläggningsmöjligheter, t.ex. lätt fyllning. Detta är ett förslag som kom fram vid introduktionskursen för kommuner som hölls 6 december.
- Förfina masshanteringsmodulen genom att i massbalansberäkningen differentiera kvalitetskraven på fyllningsmassor ytterligare, t.ex. vad gäller djup under markytan.
- Utveckla modul för datainsamling och klassificering av förorenad jord som medger att aktuella kostnader och miljöpåverkan kan beräknas direkt av kalkylsystemet. Detta är en fortsättning på den nyutvecklade Geokalkylmodulen för schaktmassors användbarhet. I den kan användbarhet vad gäller teknisk kvalitet beräknas av verktyget, men kostnader som är förknippade med förorenade massor, eller förutsättningarna för deras återvinning, måste beräknas separat och sedan importeras i Geokalkyl.
- Förbättra visualiseringen och användarvänligheten ytterligare genom tydligare gränssnitt samt öka tillgängligheten via ny 3D-teknik (WebGL) för resultatredovisning i online-tjänster.

# Referenser

- Boverket (2017). Uppdrag att föreslå metod och regler för redovisning av byggnaders klimatpåverkan. <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/boverkets-uppdrag/aktuella-uppdrag/uppdrag-att-foresla-metoder-och-regler/>
- Ecofys (2014). A Competitive and Efficient Lime Industry – Cornerstone for a Sustainable Europe. European Lime Association. <http://www.eula.eu>
- Eko-geokalkyl (2017). Eko-geokalkyl – för byggbarhet och ekosystemtjänster. Ett forskningsprojekt som drivs av SGI. Statens geotekniska institut, SGI. <http://projects.swedgeo.se/geoekokalkyl/>
- Erlandson, M (2016). Personlig kommunikation. IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Granqvist, D (2017). Klimatberäkningar för grundförstärkningsmetoden KC-pelare hos programmet Geokalkyl. Examensarbete vid Institutionen för tillämpad fysik och elektronik, Umeå universitet.
- Gustavsson, N (2017). Geokalkyl test Helsingborgs stad. Examensarbete vid Utbildningen för kart- och mätningstekniker, Yrkehögskolan Helsingborg.
- IQ Samhällsbyggnad (2017). DigSam – Digital Samhällsbyggnadsprocess. <http://www.smartbuilt.se/projekt/standardisering/digsam/>
- IVA (2014). Klimatpåverkan från byggprocessen – En rapport från IVA och Sveriges Byggindustrier, Kungliga Ingenjörssakademien.
- IVL (2014). Behov av robusta verktyg för miljöbedömning inom byggsektorn – en projektsammanfattning. Rapport B2192, IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Johansson, J & Wallett, M (2014). Betongpålars miljöpåverkan. Examensarbete, Institutionen för teknik och samhälle, Miljö och energiavdelningen, Lunds tekniska högskola.
- Lantmäteriet (2017a). Digitalt först. <https://www.lantmateriet.se/sv/Om-Lantmateriet/Samverkan-med-andra/digitalt-forst/bakgrund-och-rapportering/>
- Lantmäteriet (2017b). Geodatasamverkan. <https://www.geodata.se/>
- Naturvårdsverket (2009). Riktvärden för förorenad mark. Rapport 5976. Naturvårdsverket. <http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/5900/978-91-620-5976-7/>
- Naturvårdsverket (2010). Återvinning av avfall i anläggningsarbeten – Handbok 2010:1. Utgåva 1. Naturvårdsverket. <http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Avfall/Handbok---atervinning-av-avfall-anlaggning/>
- Regeringen (2017). Delredovisning av uppdrag att samordna större samlade exploateringar med hållbart byggande. <http://www.regeringen.se/rapporter/2017/09/rapport-delredovisning-av-uppdrag-att-samordna-storre-samlade-exploateringar-med-hallbart-byggande/>
- Rogbeck, Y, Bertilsson, R, Hedfors, J, Hågeryd, A-C, Helgesson, H, Kiilsgaard, R & Lind, B (2015). Geokalkyl för planering av bebyggelse i tidiga skeden. Metodbeskrivning. SGI Publikation 16, Statens geotekniska institut, Linköping.
- SGI (2016). Geokalkyl 2.0. Metodbeskrivning och implementering. SGI Publikation 33, Statens geotekniska institut, Linköping.

- SMED (2016). Avfall i Sverige 2014. Naturvårdsverket, Rapport 6727, Stockholm.  
<http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/6700/978-91-620-6727-4/>
- SS-EN 15804. Hållbarhet hos byggnadsverk – Miljödeklarationer – Produktspecifika regler. Svensk Standard, SIS, Swedish Standards Institute, Stockholm.
- SS-EN ISO 14004. Miljöledningssystem – Allmän vägledning för tillämpning. Svensk Standard, SIS, Swedish Standards Institute, Stockholm.
- SS-EN ISO 14025. Miljömärkning och miljödeklarationer – Typ III miljödeklarationer – Principer och procedurer. Svensk Standard, SIS, Swedish Standards Institute, Stockholm.
- SS-EN ISO 14044. Miljöledning – Livscykelanalys – Krav och vägledning. Svensk Standard, SIS, Swedish Standards Institute, Stockholm.
- Svensk Byggtjänst (2017a). AMA Anläggning 17. Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten. Svensk Byggtjänst, Stockholm.  
<https://byggtjanst.se/bokhandel/kategorier/projektering-upphandling/program-projektering-beskrivning/ama-anlaggning-17/>
- Svensk Byggtjänst (2017b). RA Anläggning 17. Råd och anvisningar till AMA Anläggning 17. Svensk Byggtjänst, Stockholm.  
<https://byggtjanst.se/bokhandel/kategorier/projektering-upphandling/program-projektering-beskrivning/ra-anlaggning-17/>
- Trafikverket (2014). Klimatkalkyl – Infrastrukturens klimatpåverkan och energianvändning i ett livscykelperspektiv. Trafikverket.  
<https://www.trafikverket.se/klimatkalkyl>
- Viberg, L (1984). Geoteknisk terrängklassificering för fysisk planering, Statens geotekniska institut. SGI, Rapport 25, Linköping.
- Viberg, L & Adestam, L (1979). Geoteknisk terrängklassificering för fysisk planering, Nordiska geoteknikermötet, 8, Esbo, maj 1979, Föredrag och artiklar.





**Statens geotekniska institut**  
Postadress: 581 93 Linköping  
Tel: 013-20 18 00  
E-post: [sgi@swedgeo.se](mailto:sgi@swedgeo.se)

[www.swedgeo.se](http://www.swedgeo.se)

---