



Statens geotekniska institut

ekoGeokalkyl 1.0

Manual och exempel



Förord

EkoGeokalkyl är ett GIS-baserat verktyg för identifiering av värdefulla markfunktioner, och därtill kopplade ekosystemtjänster, inom ett specifikt planområde så att dessa kan tas hänsyn till i tidigt skede av planprocessen. I en första version av verktyget *ekoGeokalkyl 1.0* inkluderas två markfunktioner; markens förmåga att understödja vegetation (vegetationspotential) och markens förmåga att infiltrera vatten (genomsläpplighet). Verktöget klassar marken med avseende på de båda markfunktionerna i tre kategorier (*bra, måttlig, dålig*) så att de kan dokumenteras och visualiseras integrerat med byggnadsteknisk utformning.

EkoGeokalkyl kan betraktas som ett komplement till ett befintligt verktyg Geokalkyl (SGI 2016, 2017) som bedömer kostnader för mark- och grundläggningsarbeten i tidiga planeringsskeden. En analys av markfunktioner med *ekoGeokalkyl* kan utföras separat, men kan också med fördel kombineras med en bedömning av geotekniska kostnader i ett och samma GIS-projekt. Resultatet kan presenteras i 2D- eller 3D-kartor och kan användas som diskussions- och beslutsunderlag vid planläggning och samråd.

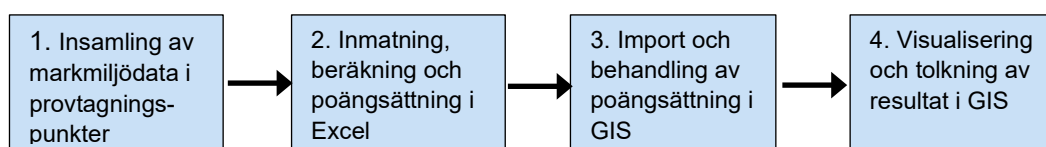
Verktöget *ekoGeokalkyl 1.0* har utvecklats av Statens geotekniska institut (SGI) i samverkan med Malmö stad, Västerås stad, Sveriges Lantbruksuniversitet, Chalmers Tekniska Högskola och Boverket med finansiering från Smart Built Environment. Den primära målgruppen för *ekoGeokalkyl* är kommunernas enheter för miljö, planering och exploatering. Utvecklingen av verktyget har därför genomförts i nära samverkan med kommunerna för att säkerställa att deras behov tillgodoses. Det framtagna verktyget har testats i två pilotstudier: (i) Smörkajen i Malmö och (ii) Vallby hage i Västerås. Projektets slutrapport finns att ladda ner från Smart Built Environments webbplats (SBE, 2020).

Innehållsförteckning

1. Arbetsprocessen.....	4
2. Instruktion	5
2.1 Förberedelser.....	5
2.2 Klassning av markens genomsläpplighet	8
2.3 Klassning av markens vegetationspotential.....	9
2.4 Genomförande	11
3. Tolkning av resultat	13
3.1 Jämförelse med planerad bebyggelse.....	13
3.2 Exemplet Smörkajen, Malmö	13
Referenser	19
A. Översättning av jordarter till genomsläpplighet	22

1. Arbetsprocessen

Figur 1.1 beskriver kortfattat arbetsprocessen för analys med ekoGeokalkyl i fyra steg. Arbetsprocessen startar (steg 1) med insamling av nödvändiga markmiljödata som består av särskilda jordparametrar i valda geografiska punkter. Med utgångspunkt i ett kalkylblad (Excel) som innehåller fält för indata, beräkning och poängsättning, görs en samlad poängsättning utifrån markens *vegetationspotential*, V_p , och markens *genomsläpplighet*, G_s (steg 2). Poängen för respektive markfunktion i punkterna interpoleras med lämplig metod beroende på provpunkternas geografiska distribution (steg 3). Därefter visualiseras marken i klasserna ”bra”, ”måttlig”, ”dålig” på en karta via ArcGIS (steg 4), för vidare tolkning i relation till planerad bebyggelse, andra förutsättningar, eller tillsammans med en utförd beräkning av geotekniska kostnader i Geokalkyl.



Figur 1.1. Ingående steg för att analysera markfunktioner med ekoGeokalkyl.

Kortfattat steg-för-steg (Figur 1.1):

1. Insamling av data till de jordparametrar som ingår i algoritmerna för att beskriva de båda ekosystemtjänsterna. Se avsnitt 2.1 för förberedelser och nödvändigt underlag.
2. Inmatning av jordparametrar och beräkning av genomsläpplighet, G_s , samt vegetationspotential, V_p , i Excel.
 - a) Bestämning av genomsläpplighet sker genom översättning av jordart (via typisk partikelstorleksfördelning för specifik jordart) till motsvarande uppskattad hydraulisk konduktivitet (genomsläpplighet). Se avsnitt 2.2.
 - b) Vegetationspotential beräknas genom en algoritm som inkluderar uppgifter om markens näringsinnehåll och vattenhållande förmåga. Se avsnitt 2.3. Poängsättning sker automatiskt.
3. Verktöget EST körs i ArcGIS för import av data och vidare behandling av poängsättning i GIS-miljö. Se avsnitt 2.4.
4. Visualisering och tolkning av resultat i GIS, se avsnitt 3.

En beräkning av geotekniska kostnader och koldioxidavtryck med verktöget Geokalkyl kan stödja tolkningen av resultatet från klassningen av ekosystemtjänster, men är inte obligatorisk för att använda ekoGeokalkyl. I avsnitt 3.2 exemplifieras hur ekoGeokalkyl kan kombineras med en Geokalkyl.

2. Instruktion

2.1 Förberedelser

EkoGeokalkyl förutsätter att kriterierna för *kompetens*, *mjukvaror* och *underlag* är uppfyllda och att själva *verktyget*, *mappstrukturen* och *data* finns på plats hos användaren.

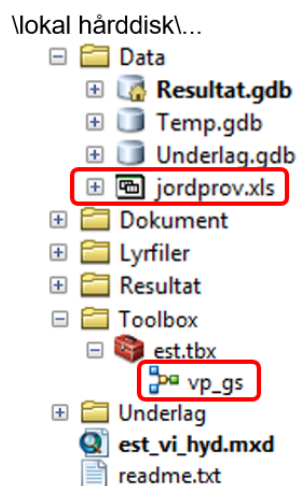
2.1.1 Kompetens och mjukvara

Följande kompetens och mjukvara är nödvändig för att utföra kalkylen:

- En person med erfarenhet av ESRI:s program ArcGIS Desktop för hantering och bearbetning av informationen i GIS-miljö.
- En person med kunskaper i markkemi eller motsvarande som kan bistå i förberedande delar av arbetet.
- ArcGIS Desktop, version 10.5.1 eller senare, samt ArcGIS tillägg 3D-analyst och Spatial Analyst, version 10.5.1 eller senare.
- Microsoft Excel, version 2010 eller senare.

2.1.2 Hämta verktyget

EkoGeokalkyl liksom hela Geokalkylsystemet med tillhörande dokumentation kan laddas ner från SGI:s webbplats <http://gis.swedgeo.se/>. Ladda ner, packa upp zip-filen *ekogeo-kalkyl.zip* och använd inkluderad filstruktur lokalt på lämplig plats (Figur 2.1).



Figur 2.1. Grundläggande mappstruktur för verktyget *ekoGeokalkyl*.

Det finns inga särskilda krav på rotmappen, men korta sökvägar är att föredra (pga ArcGIS begränsningar). Notera nyckelfilen **jordprov.xls** och modellen **vp_gs** (markerade

i Figur 2.1) som utgör indata respektive script för generering av utdata. Observera att ArcGIS kräver att indataarkets format bibehålls, dvs Office 97-version (.xls).

De nödvändiga underlagen är av karaktären geografiska varför det är viktigt att bestämma sig för (och konsekvent hålla sig till) ett och samma koordinatsystem genom hela analysen. Oftast är det självklara valet SWEREF 99 TM, RH2000, men även lokala plan- och höjdsystem kan användas (t.ex. SWEREF 99 12:00, RH 00 och RH70).

2.1.3 Underlag - jordparametrar

Indata till de jordparametrar som ingår i algoritmerna för att beskriva de båda ekosystemtjänsterna *genomsläpplighet*, G_s och *vegetationspotential*, V_p , hämtas från fältmätningar och kemiska laboratorieanalyser. Om inte nödvändiga uppgifter kan hämtas från befintliga arkiverade miljöundersökningar behöver sådana tas fram. Det kan innebära fältprovtagning av jord med efterföljande kemisk och geologisk karaktärisering. Det finns vägledningar framtagna av Svenska geotekniska föreningen (SGF) som kan utgöra ett stöd vid fältprovtagning och efterföljande jordartsbestämningar samt kemiska analyser (SGF, 2011, 2014a, 2014b, 2016).

Generellt gäller att ju bättre kvalitet på indata (tätare provtagningspunkter och högre upplösning i bestämning av jordparametrarna), desto högre precision kan erhållas i bestämningen av markfunktionerna. Tänk också på att sätta provpunkter utanför analysområdet för att få tillfredsställande interpoleringsresultat i hela analysområdet. Följande tabulerade uppgifter är nödvändiga för att bedöma de båda markfunktionerna:

- Provpunktsnamn (kort textsträng)
- Provpunktskoordinater (x, y, z (m) i valt referenssystem)
- Jorddjup (för provtagning)
- Jordart/textur (textsträng)
- Organisk halt, OC (vikt%)
- pH (-)
- Lättlöslig fosfor, P-AL (mg/kg)
- Lättlösligt kalium, K-AL (mg/kg)
- Ammonium, NH_4^+ -N (mg/kg)
- Nitrat, NO_3^- -N (mg/kg)

Provpunktnamn, provpunktskoordinater, jorddjup och jordart behövs för uppskattning av båda ekosystemtjänsterna. Övriga parametrar endast för vegetationspotential. Rekommenderat jorddjup för bedömning av genomsläpplighet är 1-3 m. Jorddjup för att bestämma markens vegetationspotential ska motsvara växtlighetens rotdjup (typiskt ca. 0,5-1 m för buskar och perenner och >1 m för träd). SGU's jordartskarta anger jordarten på ca 0,5-1,0 m djup. Ibland finns även jordartskarta på djupare nivå att tillgå hos SGU.

De inhämtade uppgifterna överförs till beräkningsarket, **jordprover.xls** (se mappstrukturen i Figur 2.1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	INDATA	INDATA	INDATA	INDATA	INDATA	INDATA		INDATA	INDATA
3	Provpunkt	X	Y	Z	Jordart	Hydraulisk	Score (Gs)	Hmax	Ler innehåll
4		SR99TM	SR99TM	RH2000	Indata från fältprotokoll	konduktivitet			
5					(-)	(m/s)		(-)	vikts%
6	RA01	6165634,5	118350,4	1,92	sandig Grus	0,001	2	0,12	25
7	RA02	6165629,6	118414,1	2,66	grusig Sand	0,01	3	0,10	25
8	RA03	6165605,6	118449,8	2,85	Mulljord	0,0001	2	0,30	25
9	RA04	6165595,0	118464,2	2,78	Mulljord	0,0001	2	0,30	25
10	RA05	6165562,7	118499,6	2,77	lerig, sandig Mulljord	1E-10	1	0,30	25
11	RB02	6165753,1	118240,2	2,45	sandig Grus	0,001	2	0,11	25
12	RB03	6165725,3	118244,5	2,38	grusig Sand	0,01	3	0,10	25

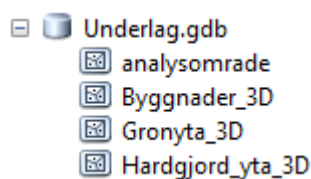
Figur 2.3. Utsnitt ur ekoGeokalkyls beräkningsark "jordprover.xls" som innehåller fält för inmatning av data samt resultat i form av poängkolumner.

De kolumner i beräkningsarket som ska fyllas i av användaren har rubriken INDATA, övriga beräknas (Figur 2.3). För att beräkningen ska bli korrekt måste arkets enhetsval beaktas. Beräkningsfälten är inte dolda eller låsta för att man ska kunna modifiera efter eget behov.

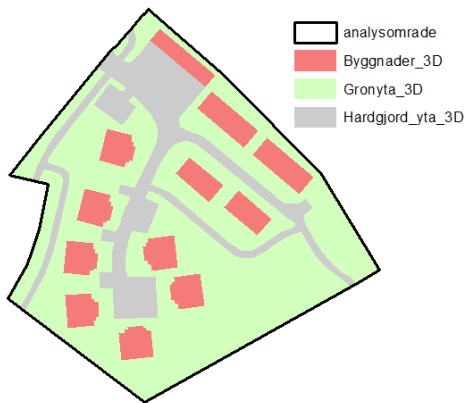
2.1.4 Underlag - planskiss

Utöver jordparametrar krävs kartunderlag för planerad bebyggelse i ArcGIS polygon shape-format (Figur 2.5). Företrädesvis arbetar man då med 4 förallokerade filer i *Underlag.gdb*:

- *Analysområde*: laddas av användaren med områdesbegränsning för analysen
- *Byggnader_3D*: laddas av användaren med planerade byggnader (footprint)
- *Gronyta_3D*: laddas av användaren med tänkta grönytor (ofta allt mellan byggnader och hårdgjorda ytor)
- *Hardgjord_yta_3D*: laddas med planerade hårda ytor såsom vägar, parkeringar, torg etc.



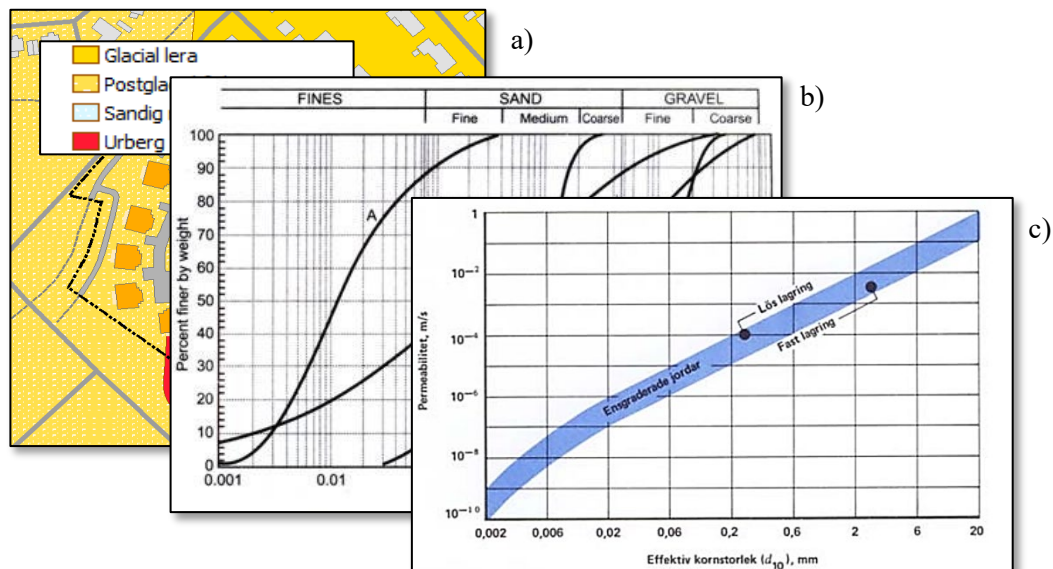
Figur 2.4. Förallokerade filer för planerad bebyggelse i mappstrukturen.



Figur 2.5. Exempel på en enkel digital planskiss med analysområde, byggnader, grönytor och hårdgjorda ytor.

2.2 Klassning av markens genomsläpplighet

Beräkning av markens *genomsläpplighet*, G_s (hydraulisk konduktivitet), sker genom översättning av jordart (textur) via motsvarande partikelstorleksfördelning till empiriskt uppskattad hydraulisk konduktivitet (Figur 2.6).



Figur 2.6. Jordartens effektiva kornstorlek bestämmer genomsläppligheten enligt empiriska studier (Larsson, 2008). a) Jordart in situ, b) förhållandet jordartsbenämning och kornstorlek, och c) kornstorlekens genomsläpplighet.

G_s bedöms genom att använda översättningstabellen i arket jordprov.xls (Figur 2.7). Egen uppskattning av genomsläpplighet kan krävas då värden för genomsläpplighet saknas för en del av jordarterna. Här kan man ta hjälp av de redovisade värdena för genomsläpplighet i Bilaga A.

I verktyget har en klassindelning valts så att marken anses ha *dålig* genomsläpplighet mellan 1×10^{-11} till 1×10^{-8} m/s, *bra* genomsläpplighet mellan 1×10^{-3} till 1×10^0 m/s och däremellan *måttlig* genomsläpplighet (Tabell 2.1).

Tabell för bestämning av Hydraulisk konduktivitet

31	Isälvsediment, grus	57	1,00E-02
32	Svåmsediment, grus (postglacialt, yngre)	62	1,00E-02
33	Grovsilt--finsand	78	1,00E-05
34	Postglacial grovsilt--finsand	79	1,00E-05
35	Postglacial sand, grus	84	1,00E-02

Indata, fältprotokoll

INDATA	INDATA
Jordart	Hydraulisk
Indata från fältprotokoll	konduktivitet
(-)	(m/s)
sandig Grus	0,001
grusig Sand	0,01
Mulljord	0,0001

Figur 2.7. Översättning från jordart till genomsläpplighet görs med utgångspunkt i filen "Översättningstabeller" i arket *jordprov.xls*.

Tabell 2.1. Klassningsintervall för markens genomsläpplighet (G_s)

Parameter	Dålig	Måttlig	Bra
G_s (m/s)	$1 \times 10^{-11} - 1 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-8} - 1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^0$

2.3 Klassning av markens vegetationspotential

Markens *vegetationspotential*, V_p , beror framförallt på markens näringsinnehåll och vattenhållande förmåga. Vegetationspotentialen bestäms genom att de ingående parametrarna i formel 1 analyseras enligt rekommenderad metod (Tabell 2.2) och poängsätts (eng. scoring) enligt Tabell 2.3. Se Bilaga B i slutrapporten (SBE, 2020) för beskrivning av de ingående parametrarna och motivering av vald poängsättning. Tabell 2.4 visar jordartsberoende värden på H_{max} , som är en ingående parameter i formel 3.

Vegetationspotentialen, V_p , bestäms av markparametrarna i Tabell 2.2 och beräknas enligt ekvation 1.

$$V_p = (L + pH + P-AL + N_{tot} + K-AL + OC + (2 * vH_{max})) \quad (1)$$

där N_{tot} respektive vH_{max} kan beräknas enligt formel 2 respektive 3:

$$N_{tot} = NH_4^+ + NO_3^- + (OC * 0,03) \quad (2)$$

$$vH_{max} = H_{max} * (100 - OC) + H_{max} (OC * 0,3) \quad (3)$$

Tabell 2.2 Ingående parametrar för bestämning av markens vegetationspotential

Beteckning	Enhet	Beskrivning	Rekommenderad analysmetod
Jordart	(-)	jordart	ISO 14668 alt SGU jordartskarta
H _{max}	(-)	volymetrisk vattenhållande förmåga (VHF) vid fältkapacitet	Jordartsberoende värden enligt Tabell 2
vH _{max}	(-)	maximalt tillgängligt vatten vid omättade förhållanden	Beräknas som viktat H _{max} enligt formel 3
L	(vikt%)	lerinnehåll	SS-EN ISO 17892-4:2016
OC	(vikt%)	organisk halt	SS EN 13039
pH	(-)	pH	SS-ISO 10390:20
P-AL	mg/kg	tillgänglig fosfor	SS 28310 + T1
K-AL	mg/kg	tillgängligt kalium	SS 28310 + T1
NH ₄ ⁺	mg/kg	ammonium	ADAS metod 59
NO ₃ ⁻	mg/kg	nitrat	ADAS metod 53
N _{tot}	mg/kg	Kväve- total	Beräknas enligt formel 2

Tabell 2.3. Poängsättning för ingående parametrar i formel 1

Parameter	Enhet	Dålig	Måttlig	Bra	Mycket bra
pH ¹	(-)	<4,2 och >9	4,2-5 och 8,5-9	5-6 och 7-8,5	6-7
OC ¹	(vikt%)	<3	3-5	5-10	>10
vH _{max} ¹	(-)	<5	5-15	15-30	>30
L ²	(vikt%)	>20	5-20	(tom ruta)	0-5
P-AL ³	mg/kg	<20	20-80	80-160	>160
K-AL ³	mg/kg	<40	40-160	160-320	>320
N _{tot} ¹	mg/kg	<1	1	10-40	>40
Poäng		1	2	3	4

¹Stöd för klassindelning har hämtats ur Brady and Weil, 2002

²Stöd för klassindelning har hämtats ur Dexter, 2004 och Eriksson et al., 2005

³Klassindelning enligt Egner et al, 1960

Tabell 2.4. Översättning till H_{max} beroende på jordart enligt Sitch et al (2003)

Beteckning	Beskrivning	Beskrivning Eng.	Hmax
sa Gr/F	sandig Grus	Medium-coarse	0,130
(gr) Sa, tegel, slagg/F	Fyllning	Coarse	0,110
gr Sa/F	grusig Sand	Medium-coarse	0,100
le Sa/F	lerig Sand	Fine-Medium	0,130
le sa Mu/F	lerig, sandig Mulljord	Fine-Medium	0,135
LeMn/F	Lermorän	Fine-medium-course	0,127
Mu/F	Mulljord	Medium	0,150
Sa/F	sandig Grus	Medium-coarse	0,130
sa mu/F	sandig mulljord	Medium	0,150
Mu	Torv o dyl	Organic	0,300

I verktyget klassas markens vegetationspotential enligt Tabell 2.5. Med en poängsättning mellan 1 och 4 för de ingående parametrarna i formel 1, kan V_p maximalt bli 32 och som

minst 8. Klassningsintervallen i Tabell 2.5 är har valts utifrån en bedömning av de olika parametrarnas betydelse för markens kvalitet (Bilaga B i slutrapporten¹). Klassindelningen i Tabell 2.5 kan eventuellt komma att justeras i takt med att verktyget valideras med hjälp av ytterligare objekt.

Tabell 2.5. Klassningsintervall för markens vegetationspotential (V_p)

Parameter	Dålig	Måttlig	Bra
V _p (antal poäng)	8-16	17-23	23-32

2.4 Genomförande

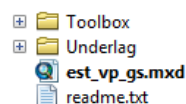
Steg 1 För in samtliga jordparametrar från miljöundersökning (eller annan källa) i beräkningsarket, *jordprov.xls*. Verifiera att alla värden gett en giltig klassning i de båda (sista) utdatakolumnerna **AD** och **AE**.

AB	AC	AD	AE
SUMMA Score	Klass	SUMMA Score	Klass
V _p	G _s		
(-)	(-)	(-)	(-)
15,00 Dålig		2 Måttlig	
14,00 Dålig		3 Bra	
21,00 Måttlig		2 Måttlig	
21,00 Måttlig		2 Måttlig	
20,00 Måttlig		1 Dålig	

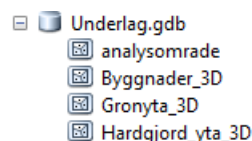
Steg 2 Kontrollera under fliken **GIS_import** att värdena från Indata-fliken förts över korrekt.

A	B	C	D	E	F	G
FID	A	B	C	D	AB	AD
0	RA01	6165634,53	118350,4	1,92	15,00	2
1	RA02	6165629,6	118414,07	2,66	14,00	3
2	RA03	6165605,63	118449,84	2,85	21,00	2
3	RA04	6165594,99	118461,15	2,78	21,00	2

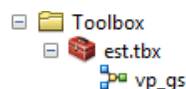
Steg 3 Starta ArcGIS genom att dubbelklicka på *est_vp_gs.mxd*



Steg 4 Ladda *Underlag.gdb* med analysområde och planskiss (byggnader, grönytor och hårdgjorda ytor).

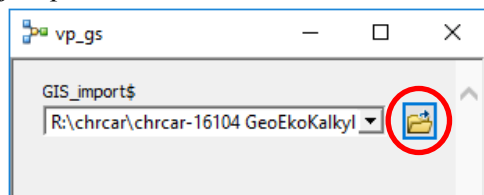


Steg 5 Kör scriptet **vp_gs** under Toolbox\est.tbx\ och kontrollera att indatafilen pekar på



¹ Smart Built Environment, <https://www.smartbuilt.se/projekt/innovationer-och-nya-tillaempningar/ge-oekekalkyl-steg-2/>

jordprover.xls



- | | | |
|--------|---|-----------------|
| Steg 6 | Efter generering av utdata (när scriptet är klart), dra in lyrfilen EST.lyr i kartfönstret. | ◆ 2. EST.lyr |
| Steg 7 | För att ev. jämföra med planerad bebyggelse, dra in lyrfilen Planskiss.lyr | ◆ Planskiss.lyr |
| Steg 8 | Tolka resultat | |

3. Tolkning av resultat

3.1 Jämförelse med planerad bebyggelse

Med stöd i planskissen bedöms om markfunktionerna och därtill kopplade ekosystem-tjänster tillåts stödja en hållbar utveckling av exploateringsområdet eller om de hindras på grund av bebyggelsens tänkta utformning. Resultatet redovisas grafiskt som kartbilder. Grafiken kan presenteras i form av 2D-kartor och/eller 3D-kartor över bebyggelseområdet.

Resultatet ger en **översiktlig** bild av markförhållandenas förmåga att stödja vegetationspotential och genomsläpplighet. Det innebär att resultatet inte är exakt, utan ska användas som **indikation** på *var* och *vad* man kan justera för att optimera utformningen.

Följande avsnitt (3.2) illustrerar ett exempel från planeringen av Smörkajen i Malmö stad.

3.2 Exemplet Smörkajen, Malmö

För Smörkajen erhöles markmiljödata från 21 punkter distribuerade över aktuellt område (Figur 3.1)



Figur 3.1. Översikt av jordprovspunkter för insamlade markmiljödata, Smörkajen, Malmö. Bilden hämtad från Ramböll, rapport 2018, uppdragsnummer 1320029835-002.

Efter sammanställning av punktinformationen från miljörapporten beräknas alla ingående parametrar, V_p samt G_s för att automatiskt klassas i 3 kategorier; Dålig, Måttlig, Bra. Ett utdrag ur jordprov.xls illustreras i Figur 3.2.

D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1	INDATA	INDATA	INDATA	INDATA	INDATA	INDATA	INDATA	1,5	INDATA	INDATA	INDATA	INDATA	INDATA	INDATA		
2	Z	Jordart	Hydraulisk	Score (Gs)	Hmax	Lerinnnehåll	Score (Iera)	Organisk halt	Score (OC)	pH	Score (pH)	P	Score (P)	NH4-N	NO3-N	f(N)
3	RH2000	Indata från fältprotokoll	konduktivitet													(NH4+NO3-org halt*0.03)
4		(-)	(m/s)		(-)	vikts%	(-)	vikts%	(-)	(-)	(-)	tillgängligt	(-)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
5																
6	1,92	sandig Grus	0,001	2	0,12	25	1	1,50	1,0	8,70	2,0	70	2,0	6,01	3,68	10,14
7	2,68	grusig Sand	0,01	3	0,10	25	1	1,80	1,0	9,00	2,0	58	2,0	4,80	1,05	6,39
8	2,85	Mulljord	0,0001	2	0,30	25	1	4,00	2,0	8,20	3,0	290	4,0	4,94	10,20	16,34
9	2,78	Mulljord	0,0001	2	0,30	25	1	4,00	2,0	8,20	3,0	160	4,0	5,45	8,17	14,82
10	2,77	lerig, sandig Mulljord	1E-10	1	0,30	25	1	3,20	2,0	8,20	3,0	100	3,0	4,80	11,80	17,56
11	2,45	sandig Grus	0,001	2	0,11	25	1	0,60	1,0	9,00	2,0	31	2,0	4,79	1,16	6,13
12	2,38	grusig Sand	0,01	3	0,10	25	1	1,60	1,0	9,00	2,0	52	2,0	5,34	1,32	7,14
13	2,46	grusig Sand	0,01	3	0,11	25	1	1,50	1,0	9,00	2,0	160	4,0	5,26	3,40	9,11
14	2,38	grusig Sand	0,01	3	0,11	25	1	0,87	1,0	8,30	3,0	32	2,0	6,06	1,37	7,69
15	2,45	grusig Sand	0,01	3	0,11	25	1	1,00	1,0	9,00	2,0	31	2,0	5,34	2,58	8,22
16	2,42	stenig grusig Sand	0,01	3	0,10	25	1	0,56	1,0	9,00	2,0	25	2,0	6,69	1,23	8,09
17	2,57	stenig grusig Sand	0,01	3	0,10	25	1	1,40	1,0	8,90	2,0	53	2,0	7,82	1,25	9,49
18	2,41	grusig Sand	0,01	3	0,11	25	1	1,20	1,0	9,00	2,0	34	2,0	7,20	1,37	8,93
19	2,69	grusig Sand	0,01	3	0,11	25	1	1,00	1,0	9,00	2,0	50	2,0	7,14	1,54	8,96
20	2,60	grusig Sand	0,01	3	0,11	25	1	0,85	1,0	9,00	2,0	47	2,0	5,72	1,00	6,98
21	2,73	Fyllning	0,001	2	0,10	25	1	4,20	2,0	8,30	3,0	390	4,0	10,20	13,50	24,96
22	2,70	sandig mulljord	1E-10	1	0,30	25	1	4,10	2,0	8,50	2,0	92	3,0	5,66	11,90	18,79
23	2,40	grusig Sand	0,01	3	0,11	25	1	1,80	1,0	9,00	2,0	69	2,0	4,99	6,67	12,20
24	2,47	grusig Sand	0,01	3	0,11	25	1	3,30	2,0	9,00	2,0	51	2,0	2,31	5,91	9,21
25	2,79	Mulljord	0,0001	2	0,30	25	1	4,60	2,0	8,10	3,0	150	3,0	7,07	10,20	18,05

T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
Score(f(N))	KAL	Score (K)	Minerogen halt	1. Viksat Hmax för minerogen innehåll	2. Viksat Hmax för organiskt innehåll	Maximalt tillgängligt vatten vid omräddade förhållanden	Score (Vatteninnehåll)	SUMMA Score	Klass	SUMMA Score	Klass
(-)	(mg/kg)		vikts% (-)	(Himax*Minerogen halt)	(organisk halt*0,3)	(+1+2)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
3,0	73	2,0	98,5	11,33	0,45	11,78	2,0	15,00	Dålig	2	Måttlig
2,0	92	2,0	98,2	9,82	0,54	10,36	2,0	14,00	Dålig	3	Bra
3,0	87	2,0	96,0	28,80	1,20	30,00	3,0	21,00	Måttlig	2	Måttlig
3,0	110	2,0	96,0	28,80	1,20	30,00	3,0	21,00	Måttlig	2	Måttlig
3,0	69	2,0	96,8	29,04	0,96	30,00	3,0	20,00	Måttlig	1	Dålig
2,0	55	2,0	99,4	10,93	0,18	11,11	2,0	14,00	Dålig	2	Måttlig
2,0	76	2,0	98,4	9,84	0,48	10,32	2,0	14,00	Dålig	3	Bra
2,0	59	2,0	98,5	10,94	0,45	11,29	2,0	15,00	Dålig	3	Bra
2,0	85	2,0	99,1	10,90	0,26	11,17	2,0	15,00	Dålig	3	Bra
2,0	120	2,0	99,0	10,89	0,30	11,19	2,0	14,00	Dålig	3	Bra
2,0	33	1,0	99,4	9,94	0,17	10,11	2,0	13,00	Dålig	3	Bra
2,0	130	2,0	98,6	9,86	0,42	10,28	2,0	14,00	Dålig	3	Bra
2,0	40	2,0	98,8	10,87	0,36	11,23	2,0	14,00	Dålig	3	Bra
2,0	49	2,0	99,0	10,89	0,30	11,19	2,0	14,00	Dålig	3	Bra
2,0	34	1,0	99,2	10,91	0,26	11,16	2,0	13,00	Dålig	3	Bra
3,0	110	2,0	95,8	9,58	1,29	10,84	2,0	19,00	Måttlig	2	Måttlig
3,0	110	2,0	95,9	28,77	1,23	30,00	3,0	19,00	Måttlig	1	Dålig
3,0	110	2,0	98,2	10,80	0,54	11,34	2,0	15,00	Dålig	3	Bra
2,0	210	3,0	96,7	10,64	0,99	11,63	2,0	16,00	Dålig	3	Bra
3,0	110	2,0	99,4	28,62	1,38	30,00	3,0	20,00	Måttlig	2	Måttlig

Figur 3.2. Utdrag ur mallen, jordprov.xls, för beräkning av vegetationspotential, V_p , och genomsläpplighet, G_s . Överst är markmiljödata direkt överförda från markmiljörapport och nederst de värden som beräknats enligt formeln för V_p och översättningstabellen för G_s .

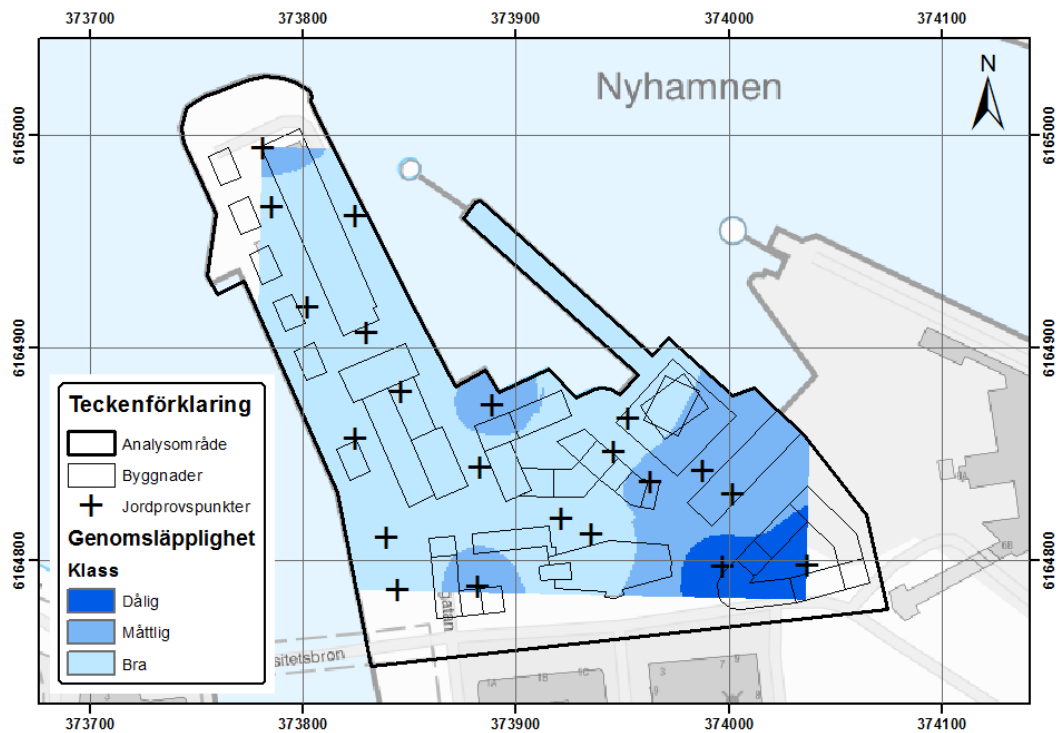
3.2.1 Genomsläpplighet

Markens genomsläpplighet beräknas utifrån den etablerade översättningstabellen som knyter jordartstyp (textur) till specifik hydraulisk konduktivitet (genomsläpplighet, G_s). Vid Smörkajen indikerade markmiljöundersökningen förekomsten av 8 olika unika jordarter på jorddjup 0-2 m (Tabell 3.1). Översättningstabellen för jordarter och G_s redovisas i sin helhet i Bilaga A.

Tabell 3.1 Smörkajens 8 olika påträffade jordarter med tillhörande värden för genomsläpplighet, G_s .

Beteckning	G_s
Fyllning	1,00E-03
grusig Sand	1,00E-02
lerig, sandig Mulljord	1,00E-10
Mulljord	1,00E-04
sandig Grus	1,00E-03
sandig mulljord	1,00E-10
siltig lermorän	1,00E-10
stenig grusig Sand	1,00E-02

Interpolering av poängsättningen mellan provpunkterna resulterar i kartan för genomsläpplighet, G_s (Figur 3.3)

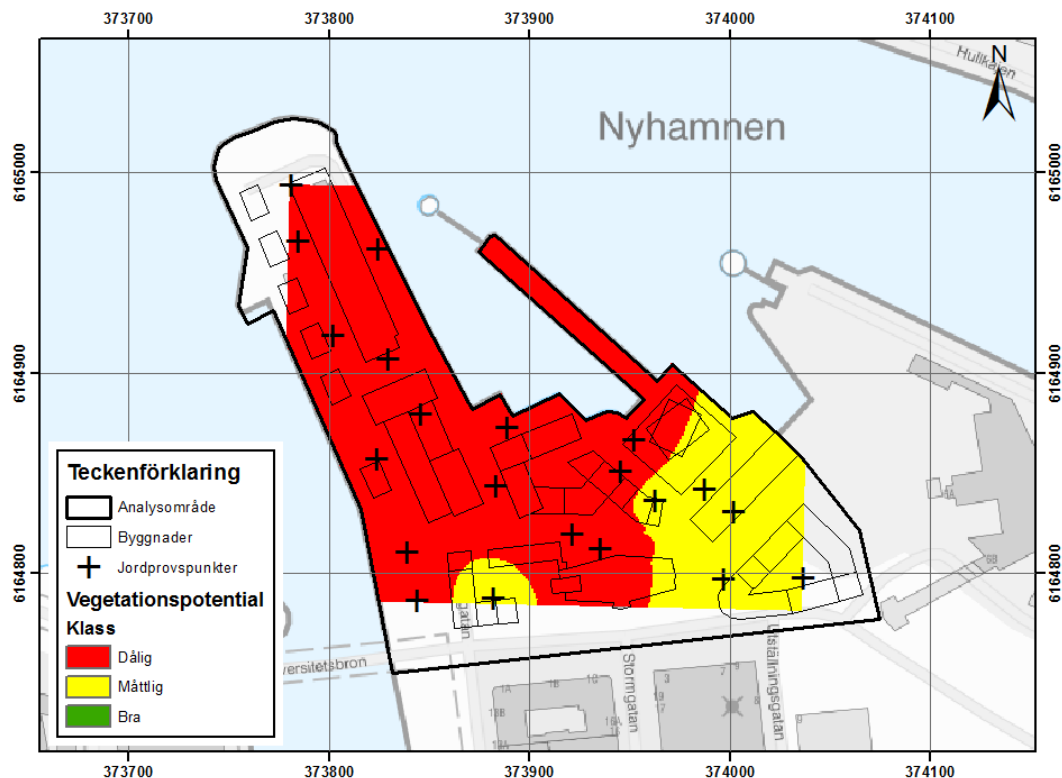


Figur 3.3. Resultatkarta för genomsläpplighet baserat på hydrauliska konduktiviteten för jordartstyperna vid Smörkajen, Malmö.

3.2.2 Vegetationspotential

För att beräkna vegetationspotentialen, V_p , användes för Smörkajen värden på H_{max} enligt Tabell 2.4.

Beräkningen av V_p interpoleras samt klassas i 3 kategorier; Dålig, Måttlig och Bra, och plottas över området som en heltäckande bild (Figur 3.4).



Figur 3.4. Resultatkarta för vegetationspotential baserat på miljöundersökning av jordparametrar vid Smörkajen, Malmö.

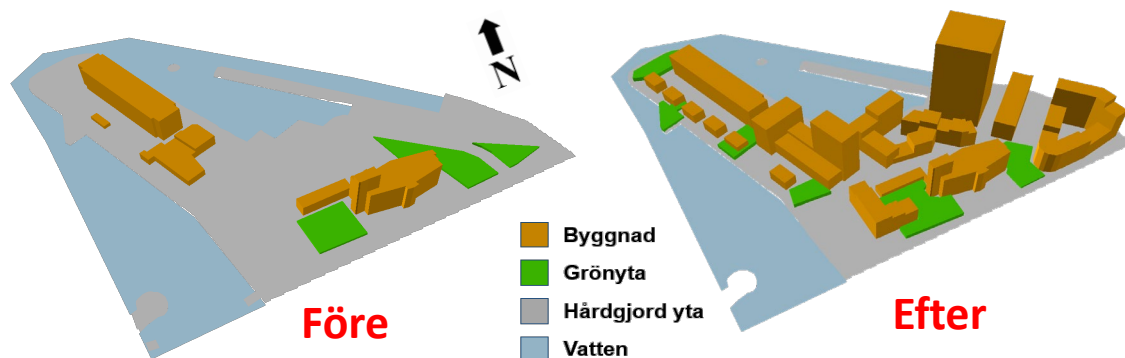
Scriptet i ekoGeokalkyl använder sig av interpoleringsmetod IDW (inverse distance weighted). I ArcGIS får man överväga vilken interpolationsmetod som passar datamängden bäst beroende på geografisk distribution av provtagningarna. *IDW*, *Kriging* och *Natural Neighbor* är några vanliga metoder i ArcGIS. Ändra i Model Builder (eller direkt i Python-scriptet) till metod som passar provtagningen bäst.

3.2.3 Vidare visualisering av resultat och diskussion

I kombination med utplacerad befintlig och/eller planerad bebyggelse (framtagen med verktyget Geokalkyl) för exploatering av Smörkajen framgår nyttan med nya informationen om markfunktionerna *vegetationspotential*, *Vp*, och *genomsläpplighet*, *Gs*. En analys kan svara på frågorna:

1. Bygger man anläggningar optimalt placerat för att nyttja markens potential att stödja växtlighet?
2. Bygger man anläggningar optimalt placerat för att nyttja markens genomsläpplighet vid exempelvis skyfall och översvämningar?

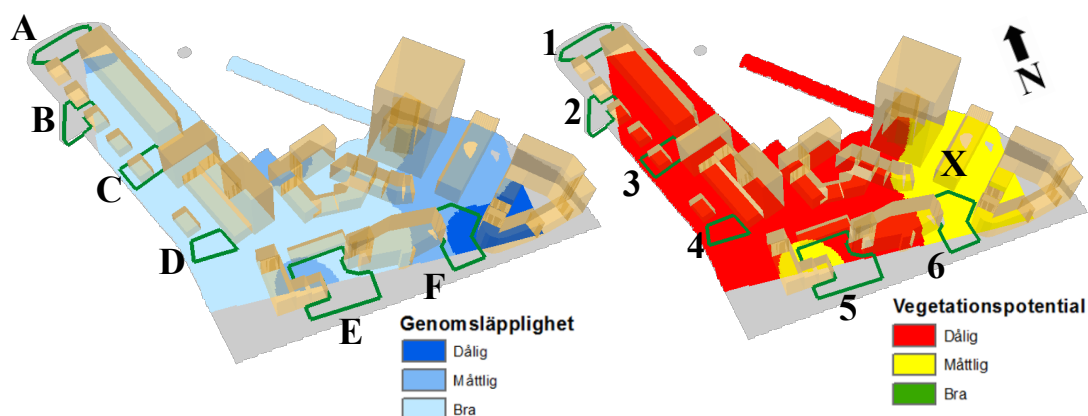
Figur 3.5 illustrerar Smörkajen *före* och *efter* exploateringen i termer av byggnader, grönytor, och hårdgjorda ytor (vägar räknas till hårdgjorda ytor).



Figur 3.5. Förenkling av Smörkajens utseende idag (före) och imorgon (efter). Skissen baseras på tidiga planeringsunderlag men fungerar vidare för att illustrera EkoGeokalyls funktion och styrka.

Med vegetationspotential och genomsläpplighet draperat över planeringsunderlaget för exploateringen (Figur 3.6) framträder för planerade grönytor (mörkgröna polygoner) att:

1. Två planerade grönytor sammanfaller med områden med *dålig* genomsläpplighet (E och F)
2. Två planerade grönytor sammanfaller med områden med *bra* genomsläpplighet (C och D)
3. Två planerade grönytor sammanfaller med områden med *måttlig* vegetationspotential (5 och 6)
4. Två planerade grönytor sammanfaller med områden med *dålig* vegetationspotential (3 och 4).



Figur 3.6. Markfunktionerna tillsammans med planerad bebyggelse. Bokstäverna A-F till vänster motsvarar samma planerade grönytor som 1-6 i figuren till höger.

Man kan tänka sig följande scenario:

1. Marken i område C/3 och D/4 skulle passa för dränering av dagvatten då den har *bra* genomsläpplighet och *dålig* vegetationspotential.
2. Marken i område E/5 och F/6 passar för anläggning av grönområden då den har *måttlig* vegetationspotential och *dålig* genomsläpplighet.
3. Stora ytor med måttlig vegetationspotential (X) som upptas av planerade byggnader och planerade hårdgjorda ytor kommer förhindra infiltration i områden med annars *måttlig* till *dålig* genomsläpplighet.

Beräkningar i Geokalkyl pekar ut ett par områden med relativt höga grundläggningskostnader (A och B, Figur 3.7). I ett av dessa områden (B) kan man tänka sig att ompröva lokalen för byggnaden till förmån för grönytor då platsen har både måttlig vegetationspotential och måttlig genomsläpplighet?



Figur 3.7. Jämförelse av geotekniska grundläggningskostnader och utnyttjande av markens vegetationspotential och genomsläpplighet. Lokal B erbjuder måttlig vegetationspotential som inte utnyttjas, samtidigt som man riskerar dålig dränering pga måttlig genomsläpplighet.

En enkel översiktlig statistisk analys av nyttjade ytor *före* och *efter* visar att av Smörkajens totala yta på 40 340 m² ökar man andelen grönytor från 8% till 11%. Men man utnyttjar vegetationspotentialen sämre så att andelen grönytor i områden med hög vegetationspotential minskar från 27% till 22%. De nya grönytorna placeras alltså i högre utsträckning på områden klassade som dålig växtmiljö (Figur 3.8).

Smörkajens totalyta:		40340 m ²				
		Område med växtpotential;				
		Stress	Låg	Måttlig	Hög	totalt
varav och		46%	17%	14%	23%	100%
Andel utnyttjad av grönytor		10%	2%	2%	22%	11% (ny skiss)
		0%	1%	8%	27%	8% (befintligt)

Figur 3.8. Procentuell fördelning av områden med olika vegetationspotential i relation till befintliga och planerade (ny skiss) grönytor. Klassindelningen i detta exempel skiljer sig från klassningen i ekoGeokalkyl 1.0.

Referenser

- Brady and Weil (2002). *The nature and properties of soils*. Prentice Hall, USA.
- Dexter (2004). *Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth*. *Geoderma* 120(3-4):201-214.
- Egnér H., Riehm H., Domingo W. (1960). *Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung*. Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler, 26: 199–215.
- Eriksson. J. Nilsson, I., Simonsson, M. (2005) *Wiklanders Marklära*. Lund. Studentlitteratur AB
- Larsson, R. (2008). *Jords egenskaper*. Information 1. Statens geotekniska institut. <https://www.swedgeo.se/globalassets/publikationer/info/pdf/sgi-i1.pdf>
- SBE (2020). *Geokokalkyl- för byggbarhet och ekosystemtjänster*. <https://www.smart-built.se/projekt/innovationer-och-nya-tillaempningar/geokokalkyl-steg-2/> Hämtad 2020-08-10
- SGF (2011). *Hantering och analys av prover från förorenade områden- Osäkerheter och felkällor*. Rapport 3:2011. <https://a-w2m.se/Collaboration/Home.mvc?folderId=0/> Hämtad 2020-06-08.
- SGF (2014). *Fälthandbok för undersökningar av förorenade områden*. Rapport 2:2013 <https://a-w2m.se/Collaboration/Home.mvc?folderId=0/> Hämtad 2020-06-08
- SGF (2013). *Geoteknisk fälthandbok*. Rapport 1:2013. <https://a-w2m.se/Collaboration/Home.mvc?folderId=0/> Hämtad 2020-06-08.
- SGF (2014). *Jordarternas indelning och benämning*. Rapport 1:2016. <https://a-w2m.se/Collaboration/Home.mvc?folderId=0/> Hämtad 2020-06-08.
- SGI 2016 *Geokalkyl 2.0. Metodbeskrivning och implementering*. SGI Publikation 33, Statens geotekniska institut, Linköping.
- SGI 2017, *Geokalkylsystem med hållbarhetskriterier – Komplettering och implementering av Geokalkyl enligt regeringsuppdrag*, SGI Publikation 39, Statens geotekniska institut, Linköping.
- Sitch, S., Smith, B., Prentice, I.C., Arneth, A., Bondeau, A., Cramer, W., Kaplan, J.O., Levis, S., Sykes, M. T., Thonicke, K., Venevsky, S. (2003). *Evaluation of Ecosystem dynamics, plant geography and terrestrial carbon cycling in the LPJ dynamic global vegetation model*. *Global Change Biology* 9:161-185.

Bilagor

A. Översättning av jordarter till genomsläpplighet

Tabell A.1. EkoGeokalkyls översättning av jordarter i SGU:s jordartskarta till genomsläpplighet, G_s

Jkod *	J_TEXT	G_s
1	Torv; mosse	N.A.
2	Torv; blandmyr	N.A.
3	Torv; fattigkärr	N.A.
5	Torv; kärr	N.A.
6	Gyttja	N.A.
7	Svämsediment, ler--grus (postglacialt, yngre)	N.A.
8	Älvsediment, sten--block (postglacialt, äldre)	N.A.
9	Svämsediment, ler--silt (postglacialt, yngre)	N.A.
10	Svämsediment, sand (postglacialt, yngre)	1,00E-04
11	Älvsediment, grus (postglacialt, äldre)	1,00E-02
12	Älvsediment, silt--block	N.A.
13	Flygsand	N.A.
14	Jord (oklassad)	N.A.
16	Lergyttja—gyttjelera	N.A.
17	Postglacial lera, ospecificerad	1,00E-09
19	Postglacial finlera	1,00E-09
20	Postglacial lerig grovsilt	N.A.
22	Postglacial grovlera	1,00E-09
23	Postglacial finsilt—mellansilt	1,00E-08
24	Postglacial silt	1,00E-07
25	Postglacial grovsilt	1,00E-06
26	Finsand	1,00E-05
28	Postglacial finsand	1,00E-05
29	Postglacial mellansand—grov sand	1,00E-04
30	Svallsediment, sand	1,00E-04
31	Postglacial sand	1,00E-04
32	Postglacialt grus	1,00E-02
33	Svallsediment, grus	1,00E-02
34	Svallsediment, sten--block (klapper)	N.A.
35	Svallsediment, sand—block	N.A.
36	Skaljord	N.A.
39	Silt	1,00E-07
40	Glacial lera	1,00E-09
42	Glacial finsand	1,00E-05
43	Glacial finlera	1,00E-09

Jkod *	J_TEXT	G _s
44	Glacial grovlera	1,00E-09
46	Glacial varvig silt med lerskikt	N.A.
47	Glacial finsilt—mellansilt	1,00E-08
48	Glacial silt	1,00E-07
49	Glacial grovsilt	1,00E-06
50	Isälvssediment, grovsilt—block	N.A.
51	Isälvssediment, sten—block	N.A.
54	Isälvssediment, finsand	1,00E-05
55	Isälvssediment, sand	1,00E-04
56	Isälvssediment, mellansand—grovsand	1,00E-04
57	Isälvssediment, grus	1,00E-02
62	Svåmsediment, grus (postglacialt, yngre)	1,00E-02
66	Blockjord	N.A.
75	Torv	N.A.
78	Grovsilt—finsand	1,00E-05
79	Postglacial grovsilt—finsand	1,00E-05
81	Talus	N.A.
82	Vitringsjord, ler—block	N.A.
84	Postglacial sand—grus	1,00E-03
85	Lera	1,00E-09
86	Lera—silt	N.A.
87	Sand—grus	1,00E-03
88	Älvsediment, sand (postglacialt, äldre)	1,00E-04
89	Svålsediment, grus—block	N.A.
90	Okänt	N.A.
91	Vatten	N.A.
92	Sten—block	N.A.
93	Morän, grusig	1,00E-06
94	Morän, lerig sandig	N.A.
95	Morän, sandig	1,00E-07
96	Morän, lerig sandig-siltig	N.A.
97	Morän, sandig-siltig	N.A.
98	Morängrovlera	1,00E-10
99	Moränfinlera	1,00E-10
100	Morän	N.A.
101	Moränlera	1,00E-10
200	Fyllning	N.A.
322	Fyllning, rödfyr	N.A.
823	Diabas	N.A.
849	Rösberg	N.A.

Jkod *	J_TEXT	G _s
850	Sedimentär berggrund	N.A.
851	Arenit	N.A.
852	Argillit	N.A.
853	Arkos	N.A.
854	Fyllit	N.A.
856	Gråvacka	N.A.
857	Konglomerat	N.A.
859	Lerskiffer	N.A.
860	Sandsten	N.A.
861	Sandsten, Visingsö	N.A.
862	Sandsten, jotnisk	N.A.
863	Sandsten, kambrium-silur	N.A.
864	Siltsten	N.A.
865	Skiffer	N.A.
866	Svartskiffer	N.A.
867	Kalksten	N.A.
868	Kalksten, kambrium-silur	N.A.
888	Berg	N.A.
890	Urberg	N.A.
1950	Kalktuff	N.A.
2306	Bleke och kalkgyttja	N.A.
2372	Gravitationsjord, ospecificerad	N.A.
8114	Jord (oklassad) tidvis under vatten	N.A.
8119	Postglacial finlera; tidvis under vatten	N.A.
8175	Torv; tidvis under vatten	N.A.
8186	Lera--silt; tidvis under vatten	N.A.
8300	Postglacial finsand med skikt av organiskt material	N.A.
8301	Postglacial grovsilt med skikt av organiskt material	N.A.
8800	Älvsediment, finsand	1,00E-05
8802	Älvsediment, grovsilt—finsand	1,00E-05
8803	Älvsediment, grus	1,00E-02
8804	Älvsediment, ler—block	N.A.
8805	Älvsediment, ler—grus	N.A.
8806	Älvsediment, ler—silt	N.A.
8808	Älvsediment, mellansand—grovsand	1,00E-04
8809	Älvsediment, sand	1,00E-04
8810	Älvsediment, silt	1,00E-07
8814	Älvsediment, sten—block	N.A.
8816	Svämsediment, mellansand--grovsand (postglacialt, yngre)	1,00E-04
8817	Svämsediment, silt--sand (postglacialt, yngre)	1,00E-05

Jkod *	J_TEXT	G _s
8822	Svämsediment, sten (postglacialt, yngre)	N.A.
8823	Älvsediment, sand—block	N.A.
8824	Svämsediment, sand--block (postglacialt, yngre)	N.A.
8901	Postglacial lerig grovsilt—finsand	N.A.
8902	Mellansand—grovsand	1,00E-04
8903	Lerig mellansand—grovsand	N.A.
8919	Vittringsjord, ler—silt	N.A.
8920	Vittringsjord, sand	1,00E-04
8922	Vittringsjord, grus	1,00E-02
8929	Postglacial lerig mellansand—grovsand	N.A.
8933	Älvsediment, ler--silt (postglacialt, äldre)	N.A.
8937	Svämsediment, ler--block (postglacialt, yngre)	N.A.
8956	Isälvsediment, lerig mellansand—grovsand	N.A.
8957	Isälvsediment, lerigt grus	N.A.
8970	Glacialt sediment, silt—sand	1,00E-05
9001	Flygsilt—sand	N.A.
9007	Svämsediment, silt (postglacialt, yngre)	1,00E-07
9008	Älvsediment, silt (postglacialt, äldre)	1,00E-07
9009	Älvsediment, mellansand--grovsand (postglacialt, äldre)	1,00E-04
9010	Svämsediment, grovsilt--finsand (postglacialt, yngre)	1,00E-05
9011	Älvsediment, grovsilt--finsand (postglacialt, äldre)	1,00E-05
9012	Svämsediment, finsand (postglacialt, yngre)	1,00E-05
9013	Flyggrovsilt—finsand	N.A.
9028	Svallsediment, finsand	1,00E-05
9029	Svallsediment, mellansand—grovsand	1,00E-04
9039	Grovsilt	1,00E-06
9040	Glacial mellanlera	N.A.
9049	Isälvsediment, grovsilt—finsand	1,00E-05
9060	Glacial grovsilt—finsand	1,00E-05
9074	Glacial sand	1,00E-04
9093	Morän, lerig grusig	N.A.
9130	Flygfinsand	N.A.
9147	Omväxlande morän med glacialt sorterat sediment, silt--block	N.A.
9173	Morän på glacialt sediment, grovsilt—finsand	N.A.
9183	Morän på vittringsjord, ler—block	N.A.
9191	Is	N.A.
9203	Lerig grovsilt—finsand	N.A.
9206	Glacial styv lera	1,00E-09
9210	Glacialt sediment, lera—finsand	N.A.
9218	Silt på isälvsediment, sand	1,00E-04

Jkod *	J_TEXT	G _s
9299	Morän, sand	1,00E-07
9336	Morän, sten—block	N.A.
9792	Moränlera och/eller morän, lerig	1,00E-10
9795	Moränlera och/eller morän, lerig sandig	1,00E-10
9797	Moränmellanlera	1,00E-10
9798	Moränlera, styv	1,00E-10
9800	Morän och/eller vittringsjord, ler—block	1,00E-10
9950	Skålla, sedimentär berggrund	N.A.
9960	Skålla, sandsten	N.A.