



Metod för användning av Geografiska Informations System vid långsiktig vägplanering

– en studie genomförd på Sveaskogs marker i Norrbotten

*Method for use of Geographic Information Systems in long term road
planning*

- a study made on Sveaskogs forests in Norrbotten

Dan Thörnevall

:
Arbetsrapport 176 2007
Examensarbete 20 p D

Handledare:
Iwan Wästerlund

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 018-671000



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG--AR—176-SE

Metod för användning av Geografiska Informations System vid långsiktig vägplanering

– en studie genomförd på Sveaskogs marker i Norrbotten

*Method for use of Geographic Information Systems in long term road
planning*

- a study made on Sveaskogs forests in Norrbotten

Dan Thörnevall

Sammanfattning

Skogsnäringen är en av Sveriges viktigaste näringsgrenar. I takt med ökade krav på leveransprecision och tillgänglighet på virke har kraven på ett väl utbyggt vägnät ökat. Ett bra vägnät ger virkesleverantören konkurrensfördelar och höjer leverantörens servicenivå gentemot dess kunder. I vissa delar av Norrbotten är vägnätet fortfarande bristfälligt och därför vill man veta hur och var man ska förbättra vägnätet i dessa områden.

Syftet med det här examensarbetet var att med hjälp av geografiska informationssystem skapa en arbetsmodell för långsiktig vägplanering i områden där vägnätet ännu inte är utbyggt eller bara delvis utbyggt. Modellen har skapats i ArcGIS miljö, där en lång kedja av verktyg har knutits samman med programmet ”Model Builder”. Höga virkeskoncentrationer i samband med långa skotningsavstånd från väg ger ett stort behov av väg. De områden med störst behov av väg får störst prioritet för vägbyggnad, och ett vägförslag ritas ut till varje sådant område.

Markens egenskaper styr valet av vägsträckning till det aktuella området. De markegenskaper som tagits i beaktande är bärighet, markfuktighet och lutning. Den vägsträckning som är den sammantaget bästa med hänsyn till de olika markegenskaperna är den som ritas ut. Vägförslagen tillåts inte korsa naturreservat, nationalparker eller annan mark som avsatts för naturvårdsändamål.

Modellen testades på tre testområden: Älvsbyn, Harads-Jokkmokk och Kalix inland. Testkörningarna visade att modellen föreslår mer vägutbyggnad i områden där vägnätet är glesare. I resultaten kunde man också se några olika typer av felritningar. Det viktigaste felet som uppstod berodde på att modellen var tvingad att dra ett vägförslag till varje behovsområde. Det kunde leda till att vägar drogs till områden som normalt är mycket svårutbyggda, t.ex. bergsbranter.

Modellen antas passa bäst för skattning av vägutbyggnad på lång sikt på distriktsnivå eller på delar av distrikt. Planeringshorisonten bör lämpligen ligga mellan 5 – 10 år. Modellens värde i detaljplanering av vägförslag bedöms vara liten. Modellens största fördelar är att den visar var behovet av väg är störst och ger förslag på vägsträckning till dessa områden.

Nyckelord: Skogsbilväg, Vägnät, GIS, Transport, Planering.

Abstract

The forest industry is one of the most important industry branches in Sweden. Since the demand of high precision wood deliveries has increased, the demand on a well constructed forest road net also has increased. A good road net gives the wood-supplier competition advantages and also increases its service level towards its customers, lumber-mills and pulp-mills. In some parts of Norrbotten, the road net is still insufficient and not yet built out enough, and that is why it is important to know how to act and where to improve the road net in these areas.

The purpose of this thesis was to create a work-model for long term road planning in areas with no road net or a not yet complete road net. The model has been created in an ArcGis environment, where a long chain of tools has been tied together with the program “Model builder”. High stock concentration in combination with long terrain transport distance means great necessity of roads. The areas with the biggest necessities get the highest prior for road-building, and a road proposal is drawn to every such area.

A road proposal is drawn to every area that is considered to be in great need of roads. The ground characteristics rule the choice of where the road building should be done to reach the actual area to the lowest cost. The ground characteristics that are considered are carrying capacity, ground moist and slope. The road building that is totally the best considered to the different ground characteristics is the one that will be drawn. The road proposals are not allowed to cross nature reserves, national parks or any other forest that are kept for ecological purposes.

The model was tested on three areas: Älvsbyn, Harads-Jokkmokk and Kalix inland. The tests showed that the model suggests more road-building in less built-out areas. The results also showed a few types of errors in the output data. The most important error that occurred was that roads could be drawn to areas that in fact were difficult to build roads in, for example steep slopes. That is because the model is forced to draw a road proposal to every area in need of a road, even if the terrain does not allow a road.

The model is assumed to best fit estimations of need of road buildings in a long term, on large areas i.e. a forest company district. The plan horizon should be between 5 – 10 years. The usefulness in detail planning of road proposals is considered to be small. The greatest advantages with the model are that it shows where the need of roads is biggest and gives a proposal of a road building to that area.

Keywords: Forest road, Road-net, GIS, Transport, Planning

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Introduktion	7
1.3 Mål.....	8
2. MATERIAL OCH METODER	9
2.1 Angreppssätt på problemet.....	9
2.2 Bestämning av investeringsutrymmet för en skogsbilväg	9
2.3 Terrängtransportminskningens påverkan på lönsamheten i vägen	10
2.4 Värdering av behovet av väg.....	11
2.5 Värdering av lämplighet för väg.....	14
2.6 Framställande av vägförslag.....	15
2.7 Sammansättning av modell i Model Builder.....	16
2.8 Implementering av gallringsbestånd i modellen.....	16
2.9 Anpassning av resultatfilerna	18
3. RESULTAT	19
3.1 Resultatfiler	19
3.2 Föreslagen vägutbyggnad i olika testområden.....	20
3.3 Felritningar i vägförslagen	21
3.4 Detaljgranskning av Kalix inland och Haradsområdet.....	22
4. DISKUSSION.....	24
4.1 Felkällor och kritik.....	24
4.2 Behovet av väg.....	25
4.3 Markens lämplighet för väg.....	26
4.4 Ansatser (virkesförråd, terrängtransportkostnader, vägbyggnadskostnader).....	26
4.5 Skillnader i föreslagen utbyggnad i olika områden.....	27
4.6 Möjligheter till utveckling av modellen	28
4.7 Slutsatser	28
REFERENSLITTERATUR	29
Tryckta källor	29
Elektroniska källor	29
Muntliga källor /info.....	30
BILAGA 1. VÄGNYTTOKALKYL.....	31
BILAGA 2. MODELL OMFATTANDE ENBART SLUTAVVERKNINGSBESTÅND	32
BILAGA 3. MODELL MED BÅDE SLUTAVVERKNINGS- OCH GALLRINGSBESTÅND	33
BILAGA 4. FÖNSTER FÖR HÄNVISNING TILL INDATA.....	34

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Skogsnäringen är en av Sveriges viktigaste näringsgrenar (Anon, 2005). Dess exportvärde motsvarar ca 12 % av den samlade exporten i landet. Råvarorna till skogsindustrin produceras över mycket stora arealer, därför utgör transportkostnaderna en stor del av produktionskostnaden för virket (Anon, 1991). De transportsystem som används av skogsbruket idag bygger på ett väl utbyggt vägnät. Vägarna har också spelat en viktig roll i mekaniseringen av skogsbruket (Anon, 1991). Avverkning och framtransport av virke har mekaniserats och effektiviserats och därmed har avverkningsvolymerna ökat markant. Vägarna har en viktig roll för transport av avverkningsfordon och markberedare, som idag flyttas mer frekvent än för 10 år sedan.

Skogsbilvägens kanske viktigaste roll är att den är en del i transportkedjan av virke från skogen till industrin (Filipsson & Grahn, 1999). Genom att bygga väg förbättras tillgängligheten till skogsmarken, det blir ”enklare” att utföra skogsvård och transporten av virke blir billigare. Men för att det ska löna sig att bygga väg måste kostnaderna för en skoglig åtgärd inklusive vägbygge bli billigare än att utföra samma åtgärd utan att bygga väg. Man jämför alltså den ekonomiska nyttan av skogsbilvägen mot kostnaden av att bygga den. Denna typ av beräkning kallas båtnadskalkyl och är en viktig kalkyl att göra för envar som funderar på att bygga väg till sin skog, vare sig man är privatperson eller ett företag. Kostnaden för att transportera virke i terräng med skotare är ca 50 ggr dyrare än att transportera samma mängd virke lika lång sträcka med lastbil på väg. Skillnaden mellan dessa två kostnader är det ekonomiska utrymme som finns för en eventuell väginvestering. Man kan också väga in andra nyttoeffekter som en väg för med sig, t ex ökade möjligheter till friluftsliv som jakt eller bärplockning.

Utformningen av skogsbilvägnätet har stor betydelse för skogsnäringens ekonomi och konkurrensförmåga (Filipsson & Grahn, 1999). Vägnätets standard och täthet påverkar tillgängligheten till virke under olika delar av året och har stor betydelse för planeringen av virkesflödet från skogen till industrin under årets alla årstider.

1991 fanns det ca 16 meter väg per hektar i Sveriges skogar (Anon, 1991). Vägtätheten är lägre i norr än i söder. I norra Sverige fanns det 1991 ca 10 meter väg per hektar. Tittar man bara på skogsbilvägar utan underhållsbidrag fanns det ca 9 meter väg per hektar. Detta innebär att vägutbyggnaden kommit längre i södra Sverige än i norra. Enligt Vägplan 90 (Anon, 1991) låg år 1990 47 % av skogsmarken i norra Sverige längre än 500 meter från väg. 32 % av skogsmarken låg längre än 700 meter från väg i samma region.

Det finns många saker att överväga i samband med planering av vägnät. Oavsett om man avser att bygga ett helt vägnät eller någon enstaka väg, gäller det att hitta den vägnätsutformning som man anser är långsiktigt bäst (Filipsson & Grahn, 1999). Planeringen innebär att man undersöker och överväger olika alternativ för vägutbyggnad, helst med hänsyn tagen till den långsiktiga planeringen för skogliga åtgärder. Här måste man också väga in miljöaspekten och de begränsningar/möjligheter som certifiering medför.

De vägar som byggs måste uppfylla krav på standard för att man rationellt ska kunna transportera virke med moderna virkesfordon (Filipsson & Grahn, 1999). Det innebär kort

sagt att vägen måste klara av virkestransport med lastbil åtminstone under någon del av året. Dagens industrier har mycket höga krav på virkets färskhet, och det blir att vanligare med s.k. just-in-time leveranser. Detta gör att man måste ha en kontinuerlig och relativt jämn inleverans av virke till industrin, vilket i sin tur medför att det måste finnas skogsbilvägar som medger virkestransport även sommartid, i vissa fall också under tjällossningsperioden. Ett funktionellt vägsystem har sådan kvalitet att det klarar av virkestransporterna under årets alla årstider.

Skogsbilvägarna delas normalt in i följande fyra tillgänglighetsklasser (bärighetsklasser):

- Klass A** - Vägen tål lastbilstrafik hela året
- Klass B**- Vägen tål lastbilstrafik hela året utom under tjällossning
- Klass C**- Vägen tål lastbilstrafik hela året utom under tjällossning och längre regnperioder
- Klass D**- Vägen tål lastbilstrafik endast vintertid

Det statliga vägnätet klassas i tre olika bärighetsklasser (Bk) beroende på fordonets maximala tillåtna bruttovikt (Anon, 2006):

- Bk 1** - Maximal bruttovikt 60 ton
- Bk 2** - Maximal bruttovikt 51,4 ton
- Bk 3** - Maximal bruttovikt 37 ton

De allmänna vägarna i norra Sverige var 1998 fördelade på 85,5 % Bk1, 11,6 % Bk2 och 2,8 % Bk3 (Arvidsson & Holmgren, 1999). Det allmänna vägnätet håller betydligt högre bärighet än skogsbilvägnätet, vilket är helt naturligt. Ett skogsbilvägnät med en standard som det allmänna vägnätet skulle bli alldeles för dyrt. Eftersom skogsbilvägar någonstans alltid ansluter till en allmän väg är det viktigt att den allmänna vägen klarar tunga transporter. Gör den inte det så blir den en flaskhals i transporten av virke från skogen till industrin.

För att begränsa kostnaderna för skogsbilvägen bör man bygga ut vägen i samband med någon större avverkning eller då skogsvårdsåtgärder ligger nära i tiden (Skogsstyrelsen, 1991). Genom att göra så infaller den största delen av vägens nytta under de närmaste åren efter vägbygget och kalkylen behöver inte belastas med onödiga räntekostnader för bygginvesteringen. Väginvesteringarna bör därför göras kontinuerligt efterhand som den skogliga verksamheten fortsätter. Detta tillvägagångssätt har tillämpats länge inom skogsbruket.

Projektering av den enskilda vägens exakta sträckning sker alltid i fält (Filipsson & Grahn, 1999). Vägens sträckning bestäms då i detalj och vägens läge märks ut i terrängen, uppgifter om behov av trummor, fyllnadsmaterial mm noteras. Målet med projekteringen är att fastlägga den vägsträckning som ger den lägsta kostnaden, både nu och i framtiden, och som följer kraven på hur vägen ska miljöanpassas.

Möjligheterna till en mer storskalig och översiktlig vägnätsplanering har ökat i och med den nya tekniken med *Geografiska informationssystem* (GIS) (Persson & Grahn, 2000). Ett GIS rymmer mängder av information och riskerna att man gör misstag som kan skada natur eller kulturvärden minskar i och med detta.

1.2 Introduktion

Det har bedrivits en del forskning inom området vägplanering både i Sverige och i andra delar av världen. Sundberg & Silversides (1988) beskriver grundläggande teorier om beräkningar inom skoglig planering, däribland transportgeometri.

Enligt FAO att döma (Food an Agricultural Organization of the United Nations) förekommer det en del forskning inom området vägplanering runt om i Europa (Anon 1998). Den forskning som är mest aktuell i Europa idag tycks huvudsakligen vara inriktad mot ekologisk vägplanering samt vägplanering i bergsområden.

Thuresson (1995) undersöker i en avhandling möjligheterna att använda sig GIS för vägplanering. Dahlin & Fredriksson (1995) presenterar en liknande modell för privatägda marker. SkogForsk har utvecklat en programvara som gör lönsamhetsberäkningar för nya vägar med hjälp av GIS baserat på Thuressons teori (Bergström & Walter 2000). Användaren ges där möjlighet att rita ut olika vägalternativ för vilka den ekonomiska nyttan automatiskt räknas ut.

Kazuhiru (2005) undersöker möjligheten att använda datorprogram för optimering av vägars placering i terrängen baserat på lägsta totalkostnad (kostnad för konstruktion + vägunderhåll). I rapporten tar man inte hänsyn till virkesmängder eller lönsamhetsunderlag för vägbygget.

Persson & Grahn (2000) har i sin rapport ”Vägnät i ett landskapsperspektiv” undersökt möjligheterna hur man på lämpligt sätt kan utnyttja GIS tekniken till vägnätsplanering samt identifiera former för samverkan och informationsspridning inom skogsbruket. Projektet innefattade delar av Vindelns kommun och behandlar bland annat hur vägdragning bör ske i känsliga områden samt i områden med flera markägare, så att vägnätet blir bra anpassat både miljömässigt och funktionellt. Persson & Grahn visade i sin rapport nyttan av att ha tillgång till alla bakgrundskartor, skogskartor, natur-, kultur- och miljövärden i en databas för att sedan utnyttja informationen i ett GIS.

I ett examensarbete visade Hagström (2005) en metod för urval av bäriga bestånd längs med bäriga vägar. Metoden bygger på en sökfunktion i Arc GIS där man kan söka fram vägnära och tillgängliga bestånd ur ett beståndsregister. Undersökningen baserades på skogsbestånd som ligger inom skotningsavstånd från väg.

Newnham (1995) har utformat en GIS modell som ritar ut vägar i områden där vägnätet ännu inte är utbyggt. Modellen bygger på att virkesrika områden slås samman i block och billigaste vägförslag ritas ut till områden som ska avverkas. Modellen tar inte hänsyn till lutning i terrängen där vägar ritas ut och är därför inte lämplig att använda i bergiga områden.

Det finns fortfarande idag stora markområden i Norrbotten som kan betraktas som väglösa (Wästerlund 2006, pers. medd.). På grund av den ständigt ökande efterfrågan på virke från skogen samt högre krav på leveransprecision till industrin, har behovet av ett väl utbyggt vägnät ökat. För en vägmästare på ett skogsbolag innebär det att han eller hon måste se till att företaget har ett så funktionellt vägnät som möjligt och att de vägar som byggs uppfyller största möjliga nytta.

För att kunna göra detta behövs någon form av verktyg som underlättar planeringen av utbyggnaden av vägnätet. Det tycks finnas mycket lite forskning på GIS modeller som

automatiskt ritar ut vägar i ett skogslandskap. Det skulle vara mycket tidskrävande att göra båtnadsberäkningar på alla områden i Norrbotten där det saknas vägar idag. Därför finns det ett behov av att utforma en GIS modell liknande den Newnham (1995) utformat, som grafiskt visar var behovet av väg är stort och som ritar ut vägförslag till dessa områden, men är anpassad till svenska förhållanden. Det är nämligen viktigt att kunna se var de stora mängderna virke kommer att falla ut på både kort och lång sikt och anpassa vägnätet så bra som möjligt efter detta. I vägplaneringen måste man ta hänsyn till en rad faktorer. Den kanske viktigaste faktorn är lönsamheten. Det måste vara billigare att bygga en väg än att köra ut virket med skotare för att man ska kunna motivera ett vägbygge.

1.3 Mål

Målet med examensarbetet var att med hjälp av GIS ta fram en metod med vilken man långsiktigt kan planera för vägbyggnad i områden med skogsmark där vägnätet ännu inte är utbyggt eller bara till viss del utbyggt. Metoden testades på tre exempelområden i Norrbotten.

2. Material och Metoder

2.1 Angreppssätt på problemet

Lösningen på problemet bygger på att hitta områden som är virkesrika och som befinner sig på långt skotningsavstånd från väg. I dessa områden är terrängtransportbehovet stort. Därför gjordes en värdering av behovet av väg för varje cell (pixel) av skogsmark i ett rasterdataskikt. Vad som är långt skotningsavstånd skiljer sig mellan olika områden och olika delar av landet. Värderingen gjordes så att några olika egenskaper hos varje cell vägdes samman. För ”behovet av väg” vägdes tillgänglig virkesvolym och skotningsavstånd till befintlig väg samman. Det har också tagits hänsyn till när i tiden virket kommer att falla ut. Beroende på avskrivningstiden på vägen och vägbyggets planeringshorisont är det olika mängder virke som ska transporteras ut på den. Därför tas det bara hänsyn till det virke som kommer att falla ut i en cells närområde inom den tid som vägen ska användas. Virke i NO och NS bestånd har inte räknats med, inte heller reservat eller nationalparker. NO och NS bestånd är skogsbestånd där det huvudsakliga målet är naturvård och inte virkesproduktion.

Samma angreppssätt har använts för att värdera kostnaden för att dra väg i markerna. Värderingen är en indexvärdering där varje cell har tilldelats ett kostnadsvärde för att dra väg genom den cellen. Kostnadsindexet bygger på terrängtypschemat och de faktorer som har tagits hänsyn till är bärighet, markfuktighet och lutning. Vattendrag och naturvårdsmark har ansetts vara hinder och är därmed inte möjliga att passera med en väg.

2.2 Bestämning av investeringsutrymmet för en skogsbilväg

Det som först och främst avgör om en skogsbilväg är lönsam eller inte är den minskning i terrängtransportarbete som den medför (Filipsson & Grahn, 1999). Skillnaden i kostnad mellan att transportera virke på lastbil är stor, jämfört med att transportera det i terräng med skotare. Skillnaden i pris ger ett ekonomiskt investeringsutrymme för hur stor väginvesteringen får vara för att vägen ska löna sig. Ju fler kubikmeter som ska köras ut på vägen, desto större blir det ekonomiska utrymmet. Investeringsutrymmet kan som en förenkling av Thuressons modell (1995) räknas ut med följande formel:

$$IU = (V \times TK_{fv}) - (V \times (TK_{ev} + VTK))$$

IU	=	Totalt investeringsutrymme
V	=	Total volym virke som ska transporteras ut på vägen
TK _{fv}	=	Terrängtransportkostnad per m ³ före vägbygge
TK _{ev}	=	Terrängtransportkostnad per m ³ efter vägbygge
VTK	=	Vägtransportkostnad per m ³

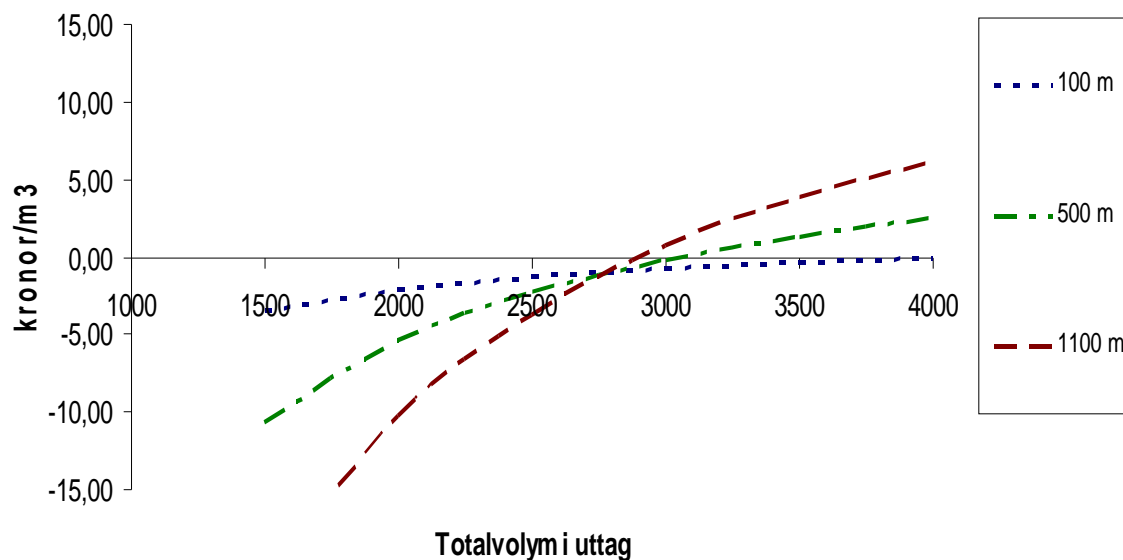
För att vägen ska bli lönsam måste kostnaden för vägbygget vara \leq investeringsutrymmet, vilket är helt naturligt eftersom den totala transportkostnaden för virket annars skulle bli dyrare med vägen.

2.3 Terrängtransportminskningens påverkan på lönsamheten i vägen

Eftersom lönsamheten av ett vägbygge beror av både uttagsvolym och minskning av terrängtransportavstånd, gjordes en enkel kalkyl för att se hur vinsten påverkades av olika terrängtransportminskningar vid olika givna volymer (bilaga 1). I kalkylen förutsattes följande:

- 1 meter väg minskar terrängtransportavståndet med 1,3 meter (Sundberg & Silversides, 1988). Exempelvis innebär detta att det krävs 77 meter väg för att korta terrängtransportavståndet med 100 meter vid normala terrängförhållanden.
- Terrängtransportkostnaden är 21 kr per m³sk och km (Nilsson, 2006, pers. medd.)
- Väggkostnaden är 75 kr per meter väg (Osbäck, 2006, pers. medd.)
- En fast kostnad på 2500 kr tillkommer för vägbygget
- Allt virke transporteras till en och samma punkt (ett avlägg)

Resultatet blev att vinsten av vägbygget ökar med ökad medeltransportsänkning (figur 1).



Figur 1. Vinst per m³sk vid 100, 500 respektive 1100 meters sänkning av terrängtransportavståndet vid olika volymuttag.

Figure 1. Profit per m³sk at 100, 500 and 1100 meters reduction of the terrain transport distance at different cutting volumes.

Det man kan se i figuren är att vid en minskning av terrängtransportavståndet med 100 meter blir en väg lönsam först vid ett uttag av mer än 4000 m³sk vid givna förutsättningar. Minskar terrängtransportavståndet däremot med 1100 meter blir vägen lönsam redan vid ett uttag av ca 2800 m³sk. Vid en sänkning av terrängtransportavståndet med 500 meter blir vägen lönsam vid ett uttag av ca 2900 m³sk. Beroende på virkestätheten i det område som ska avverkas krävs olika stor areal för att infånga den volym som är nödvändig för att en väg ska bli lönsam. I Älvsbyområdet ligger virkestätheten vid slutavverkning i medeltal runt 150 m³sk

per ha (Nilsson, 2006, pers. medd.). Det betyder att det krävs ungefär 20 hektar skogsmark i Älvsbyn för att få ihop 2900 m³sk.

Enligt Sundberg & Silversides (1988) är medeltransportavståndet i en cirkulär avdelning 2/3 av cirkelns radie förutsatt att virket är jämnt fördelat över hela avdelningen och att allt virke transporteras till avdelningens centrum. I en cirkel med arean 20 ha och radien 252 meter skulle medeltransportavståndet således bli 168 meter, med slingertillägg 218 meter. Slingerfaktorn var i den här beräkningen 30 %, dvs. 1,3. Den slutsats man kan dra av detta är att det är svårt att få ner skotningsavståndet efter vägbygge till mindre än 218 meter för en avverkning i Älvsbyområdet vid ett uttag på 3000 m³sk vid en virkestäthet på 150 m³sk per hektar (tabell 1). Den huvudsakliga minskningen av terrängtransportarbete som en väg medför består således av en minskning av basvägskörningen med skotaren.

Tabell 1. Minsta terrängtransportavstånd vid olika volymuttag förutsatt en cirkulär avdelning med en virkestäthet på 150 m³sk per ha

Table 1. Shortest terrain transport distance at different cutting volumes considered a circular stand with a standing stock volume of 150 m³sk per hectare

Virkesuttag (m ³ sk)	Areal (ha)	Terrängtransportavstånd (m)	Med slingertillägg (m)
2000	13,3	137	178
3000	20	168	218
4000	26,7	194	252
5000	33,3	217	282

Det är rimligt att anta att det i praktiken inte ligger till på det här viset utan att minsta terrängtransportavståndet i själva verket är längre än vad som anges i tabell 1. Det beror bland annat på att det som regel finns impediment insprängt i de avdelningar som ska avverkas och att det därför egentligen krävs en större cirkel för det givna virkesuttaget.

2.4 Värdering av behovet av väg

Hela analysen utfördes i ArcGis 9 med tillägget Spatial Analyst. Sveaskogs beståndsregister tillsammans med NVDB och shapefiler på naturvårdsområden användes som indata. De faktorer som vägdes ihop för värderingen av behovet av väg var följande:

- **Virkesvolym tillgänglig för avverkning i cellens närområde**
- **Närhet till avverkning i tid (planeringshorisont)**
- **Avstånd från befintlig väg**

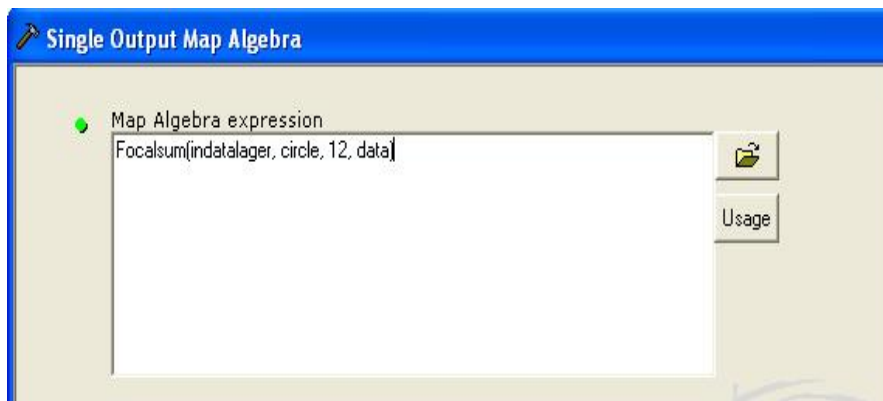
Först klipptes alla naturvårdsområden och reservat ut från beståndsdataskiktet eftersom dessa inte skulle ingå i analysen. Det gjordes med verktyget "Erase". Ur det nya datat valdes sedan de bestånd ut som uppnått lägsta ålder för förnygringsavverkning eller som uppnår dito under den kommande planperioden. I det här fallet användes 10 år som planeringshorisont. Det gjordes med verktyget "Select". För att programmet skulle välja rätt bestånd användes SQL (Structured Query Language) som är ett vanligt språk för sökning och urval i databaser. Kommandot såg ut som nedan:

```
Select = [AGOSLAG] = 10 AND ( [NVKL] = 'PG' OR [NVKL] = 'PF') AND ([ALDER] > ([LAF]-10)) AND [LAF] >70 AND ( NOT ( [UTVKL] = 31 OR [UTVKL] = 32))
```

Kommandot väljer ut bestånd med skogsmark i målklass PG eller PF vars ålder är större än lägsta ålder för förnygringsavverkning (LÅF) eller vars ålder kommer att överstiga LÅF inom tio år och som inte är åtgärdsplanerade för gallring. PG står för produktionsskog med generell naturhänsyn, PF står för produktionsskog med förstärkt naturhänsyn. Anledningen till att gallringsbestånden inte togs med var att det skogliga indata för gallringarna inte var tillräckligt bra.

Valet av planeringshorisont har baserats på den strategiska planeringshorisont som Sveaskog använder sig av. Vilken planeringshorisont man vill använda är valfritt. Dessa bestånd konverterades sedan till rasterformat med verktyget "Feature to Raster". Konverteringen baserades på det datafält som anger stående virkesvolym i de aktuella bestånden. Varje cell fick då ett värde motsvarande den stående volym virke/ha som stod i det bestånd cellen befann sig. Som cellstorlek valdes 25 x 25 meter. Därefter dividerades värdet i varje cell med 16 med verktyget "Divide" för att cellerna skulle få ett värde som motsvarade det faktiska virkesförrådet i den enskilda cellen. En cell som är 25 x 25 meter har en area på 625 m² vilket är 1/16 ha, därav faktorn 16.

För att bedöma hur mycket tillgängligt virke som fanns i närområdet från varje cell användes "FocalSum". FocalSum summerar värdet av alla celler inom en bestämd radie från målcellen. Det betyder att värdet på en målcell bestäms av hur värdena på cellerna runt omkring den ser ut. Radien sattes till 300 meter, för att vid en normal avverkning klara virkeskravet på 2900 m³/sk. Anledningen till att det togs hänsyn till intilliggande celler var att en enskild cell inte skulle kunna styra behovet av väg. Det är naturligt eftersom det inte är lönsamt att bygga en väg för att avverka ett område på 25 x 25 meter. Eftersom det inte finns något färdigt verktyg för FocalSum användes verktyget "MapAlgebra" som är ett universalverktyg (figur 2).



Figur 2. Kommandot för verktyget FocalSum inskrivet i Map Algebra.
Figure 2. The commando for the tool FocalSum written in Map Algebra.

Begreppet anger att det område som ska summeras ska vara en cirkel med radien 12 celler á 25 meter, dvs. 300 meter. Ordet "data" efter sista kommatecknet gör att modellen summerar de celler som finns i cirkeln även om det finns celler som saknar data i det området.

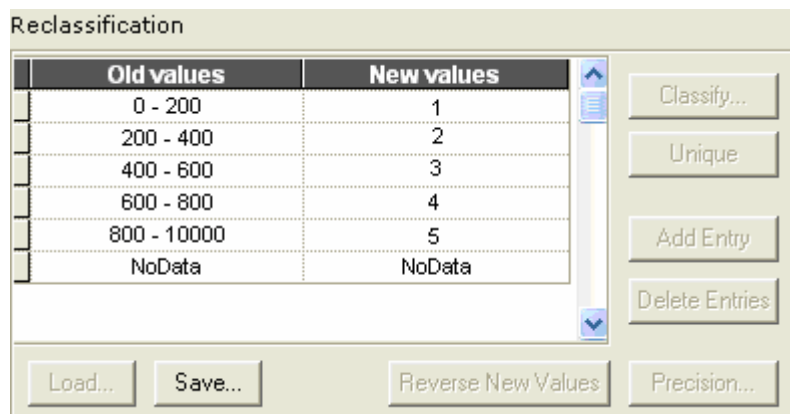
Nästa steg var att bestämma skotningsavståndet för samtliga celler. Skotningsavståndet bestämdes genom att först konvertera beståndsdata till rasterformat baserat på datafältet ägoslag. För det användes verktyget "Feature to Raster". Cellstorleken sattes till 25 x 25 meter även här. Därefter omklassificerades det nya rasterdata till ett rasterdataset som bara innehöll skotningsbar mark. Som skotningsbar mark användes alla ägoslag utom myrimpediment, bergimpediment och vatten. Celler med skotningsbar mark fick genom

omklassificeringen värdet 1, övrig mark sattes till NoData. NoData innebär att en cell helt saknar data, så när programmet räknar ut skotningsavståndet måste det mäta avståndet runt hinder som myrar, bergimpediment och sjöar, eftersom dessa områden saknar data. Skotningsavståndet räknades ut med verktyget "CostDistance", där avståndet till närmsta väg räknades ut för varje cell.

Resultatet blev ett rasterdataset med skotningsavståndet angivet för varje cell. Detta dataset omklassificerades sedan med "Reclassify" till fem avståndsklasser med 200 meters intervall, således, klass 1 var 0-200 meter, klass 2 var 200-400 meter osv. I klass 5 hamnade alla celler med ett skotningsavstånd större än 800 meter (tabell 2, figur 3). Syftet med detta var att ge celler olika vikt beroende på avståndet till bilväg. Det är nödvändigt att göra detta för att styra byggandet av nya vägar till områden som befinner sig långt från det befintliga vägnätet. Normalt sett bygger man inte väg om skotningsavståndet ligger runt 300 – 400 meter, men därefter blir det alltmer aktuellt förutsatt att det finns ett båtnadsunderlag för vägen (Osbäck, 2006, pers. medd.).

Tabell 2. Klassindelning av celler baserad på skotningsavstånd till väg
Table 2. Classification of cells based on terrain transport distance to nearest road

Klass	Klassvärde	Avstånd
1	1	0 - 200 m
2	2	200 - 400 m
3	3	400 - 600 m
4	4	600 - 800 m
5	5	> 800 m



Figur 3. Avståndsklasserna inskrivna i verktyget Reclassify.
Figure 3. Distance classes typed in the tool Reclassify.

Det nya klassindelade avståndsrastrer multiplicerades sedan ihop med virkesvolymrastrer. Det gjordes med verktyget "MapAlgebra". Resultatet blev ett rasterdataset med virkesvolymen vägd mot avståndet från bilväg. Ju längre från väg en kubikmeter skog befinner sig, desto större vikt har den fått. Detta sammanvägda rasterdataset visar var den största mängden terrängtransportarbete kommer att krävas, där en väg skulle göra stor nytta.

2.5 Värdering av lämplighet för väg

Samma indata har använts i den här delen av analysen som i värderingen av behovet av väg, därtill har också höjddata i rasterformat använts för att bestämma lutningen på skogsmarken. Värderingen går till på samma sätt som för ”behovsmodellen”. Urvalet av terrängfaktorer som påverkar var väg bör dras samt deras inbördes påverkan på markens lämplighet för vägbyggnad har skett i samråd med Wästerlund (2006) och Osbäck (2006). De faktorer som har värderats är följande:

- **Bärighet**
- **Lutning**
- **Hinder (vattendrag, branter)**
- **Markfuktighet**

Variablerna vägdes samman så att varje cell fick ett sammanvägt värde på hur lämplig den är för att dra väg igenom. Först klipptes naturvårdsområdena ut från beståndsdatat så att dessa inte kom med i analysen. Det gjordes med verktyget ”Erase”. Sedan klipptes höjddatarastret mot beståndsdatat för att inte mer data än nödvändigt skulle behöva hanteras i analysen. Det gjordes med verktyget ”Extract by mask”. Sedan räknades lutningen ut för samma område med hjälp av verktyget ”Slope”, med höjddatat som indata. Lutningen, angiven i procent, omklassificerades sedan till fem klasser enligt terrängtypschemat (tabell 3), där varje klass tilldelades ett klassvärde baserat på hur lutningen påverkar cellens lämplighet för väg. Högre värde innebar mindre lämplig. Genom att ge starka lutningar höga värden kommer modellen att i största möjliga mån försöka undvika att dra väg genom de cellerna. NoData innebär att cellen inte är lämplig för väg överhuvudtaget pga. lutningen.

Tabell 3. Klassindelning av celler baserat på lutning
Table 3. Classification of cells based on slope

Klass	Klassvärde	Lutning
1	1	0 - 6 %
2	2	6 - 15 %
3	3	15 - 33 %
4	5	33 - 50 %
5	5	> 50 %

Nästa steg var att gradera bärigheten och markfuktigheten på skogsmarken. Först valdes all mark ut som bedömdes vara möjlig att bygga väg på. Det gjordes med verktyget ”Select”. I kommandofältet skrevs följande in:

```
Select= NOT [agoslagsgrupp] = 10
```

Sökningen väljer ut all mark utom den med ägoslagsgrupp 10, dvs. vatten. Utifrån detta urval konverterades datat till raster med verktyget ”Feature to Raster”. En konvertering gjordes baserad på fältet ”bärighet” i indata och en konvertering gjordes baserad på fältet ”markfuktighet”. Rasterdatat omklassificerades och marken indelades i fem bärighetsklasser enligt terrängtypschemat (tabell 4).

Tabell 4. Klassindelning av celler baserad på bärighet
Table 4. Classification of cells based on carrying capacity

Klass	Klassvärde	Bärighet
1	1	1 - Mycket god
2	2	2 - Medelgod - Mycket god
3	3	3 - Medelgod
4	4	4 - Medelgod - Dålig
5	5	5 - Dålig

Mark utan uppgift på bärighet tilldelades värdet 5. Exempel på sådan mark är myrmark och bergimpediment. Visserligen har bergimpediment bra bärighet för väg men det är inte lämpligt att dra en väg över den typen av mark av andra orsaker. Även markfuktighetsrastret omklassificerades till fem markfuktighetsklasser enligt terrängtypschemat (tabell 5).

Tabell 5. Klassindelning av celler baserad på markfuktighet
Table 5. Classification of cells based on soil moisture class

Klass	Klassvärde	Markfuktighet
1	1	1 - Torr mark
2	2	2 - Frisk mark
3	3	3 - Fuktig mark
4	4	4 - Blöt mark
5	5	5 - Övrig mark

Mark som saknar uppgift på markfuktighet tilldelades värdet 5. Det gällde alla ägoslag som inte är skogsmark. Det gjordes för att i största möjliga mån undvika vägbygge på sådan mark.

Slutligen vägdes alla faktorer samman. Bärighet, markfuktighet och lutning slogs ihop med verktyget ”Plus”. Varje cell i det nya rasterdatat tilldelades ett värde (1 – 15) motsvarande summan av värdet i respektive cell i de ingående dataseten. Resultatet blir ett raster som för varje cell anger kostnaden av att gå 1 meter genom den cellen. Celler med låga värden är enligt denna indexvärdering mer lämpliga för vägdragning än celler med höga värden.

2.6 Framställande av vägförslag

När ArcGIS 9 ritar ut ett vägförslag måste det anges mellan vilka objekt som vägförslaget ska dras. Det befintliga vägnätet (NVDB) är en naturlig startpunkt, men det måste också finnas en målpunkt. När de områden som har störst behov av väg har identifierats måste de göras om till vektordataobjekt.

Först omklassificerades behovsrastret till ett nytt rasterdataset endast innehållande de mest aktuella områdena för vägbyggnad. Det gjordes med verktyget ”Reclassify”. De celler med ett värde större än 14500 tilldelades värdet 1, övriga celler fick bli ”NoData”. Värdet 14500 valdes med bakgrund av figur 1. 2900 m³sk har i modellen satts som kritiskt värde för när en

väg blir lönsam, oavsett skotningsavstånd. Sammanvägt med avståndsrastrets klass 5 blir gränsvärdet 14500.

Det nya rasterdatat konverterades sedan till vektordata, nämligen en "polygon feature class" med verktyget "Raster to Polygon". Dessa polygoner konverterades sedan till punkter med verktyget "Feature to Point" med tillägget att punkten måste hamna inne i polygonen. Resultatet blir ett dataset med punkter där varje punkt motsvarar en tänkbar plats att dra en väg till.

För att få ut ett konkret vägförslag gjordes först en "CostDistance" analys och en "CostDirection" analys. Cost Distance räknar ut vad det kostar att gå den billigaste vägen från en enskild cell i ett kostnadsraster till en cell mållagret, i det här fallet NVDB. Cost Direction räknar ut vilken riktning som är billigast att gå från en cell till nästa cell, med NVDB som mål. Indata i dessa båda analyser är rasterdata med en kostnad för varje cell (kostnadsraster) och NVDB. Dessa båda verktyg finns färdiga att använda i ArcToolbox, allt som gjordes vara att hänvisa till de indata som skulle användas.

Verktyget "CostPath" användes sedan för att rita ut vägförslagen. Indata var punkter med behov av väg, CostDirection rastret och CostDistance Rastret. CostPath kördes genom verktyget "MapAlgebra". I kommandofältet skrevs följande in:

```
Costpath(punkter, costdis, costdir)
```

Costpath ritar ut det vägförslag som enligt kostnadsrastret är billigast. Eftersom det är olika dyrt att passera olika celler är det inte alltid den kortaste vägen som är den billigaste. Vägförslagen som ritades ut var i rasterformat. Dessa gjordes därför om till vektorformat för att lättare kunna uppskatta väglängder. Det gjordes med verktyget "Raster to Polyline". Resultatet blir ett dataskikt med vektordatalinjer.

2.7 Sammansättning av modell i Model Builder

Alla verktyg som användes sattes samman i en modell skapad med "model builder" som är ett verktyg i tillägsprogrammet Spatial Analyst. Model builder gör att ArcGis automatiskt kör hela analysen istället för att man gör den manuellt steg för steg (bilaga 2). Det gjordes genom att dra verktyg från ArcToolbox till Model Builder och släppa dem där. Modellen tilldelades parametrar för varje nödvändigt indata, samt för det utdata som produceras. Det gör att den som ska använda modellen bara behöver hänvisa till var indata finns på den egna datorn, samt var de filer som skapas ska hamna, för att köra modellen (bilaga 4).

2.8 Implementering av gallringsbestånd i modellen

Gallringsbestånden kan ha stor betydelse i planeringen för vägbyggnad. Visserligen ger gallringar inte lika stort utfall av virke per hektar, men tillsammans med slutavverkningar kan de göra vägbyggen lönsamma. Vägar kan bli lönsamma även till rena gallringsområden, men då krävs det att det faller ut tillräckligt mycket virke som betalar vägbygget. Värdering av behovet av väg baserad på gallringsbestånd kördes parallellt med värderingen av behov baserad på slutavverkningsbestånd. Det gjordes för att andra förutsättningar gäller för

gallringsbestånden. Urvalet av bestånd skedde med hjälp av verktyget "Select". I kommandofältet skrevs följande in:

```
Select = ([NVKL]= PG OR [NVKL]= PF) AND ([UTVKL] = 31 OR [UTVKL] = 32) AND [GRUNDYTA] > 20
```

Kommandot väljer ut bestånd som är av naturvårdsklass PG eller PF och som är av utvecklingsklass 31 (förstagallringsskog) eller 32 (andragallringsskog) och som har en grundyta större än 20.

De utvalda bestånden gjordes sedan om till rasterformat med verktyget "Feature to raster", baserat på det datafält som anger stående virkesvolym. Resultatet blev ett rasterdataset med ett värde på stående volym/hektar för varje cell. Cellens volymvärde dividerades därefter med 16 för att få fram den verkliga stående volymen i varje enskild cell. För detta användes verktyget "Divide". Därefter användes verktyget "Map Algebra" för att räkna ut virkesutfallet av en gallring för varje cell i datasetet. Virkesutfallet antogs då vara 30 % av den stående volymen i gallringen. Om vi antar att indatalagrets namn var "Volym_1" så skrevs följande in i kommandofältet:

```
(Volym_1) * 0,3
```

För att bedöma tillgängligheten på gallringsvirke i närområdet från varje cell användes verktyget FocalSum. Verktyget har samma uppgift som för slutavverkningsbestånden, att summera tillgänglig volym inom målcellens närområde. I kommandofältet i MapAlgebra skrevs följande in:

```
Focalsum(indatalager, circle, 20, data)
```

Begreppet anger att det område som ska summeras ska vara en cirkel med radien 20 celler å 25 meter, dvs. 500 meter. Ordet "data" efter sista kommatecknet gör att modellen summerar de celler som finns i cirkeln även om det finns celler som saknar data i det området. Radien sattes här till 20 celler, vilket motsvarar 500 meter. Anledningen till en större radie användes i gallringsbestånden jämfört med slutavverkningsbestånden är det låga utfallet av virke som kommer från gallringarna. Det låga utfallet av virke gör att det krävs ett större upptagningsområde för att uppnå den volym som krävs för att en väg ska betala sig.

Resultatfilen av denna analys slogs sedan ihop med motsvarande resultatfil från slutavverkningsområdena. För att detta skulle fungera gjordes en omklassificering av de båda resultatfilerna så att alla celler med "NoData" fick värdet 0. Omklassificeringen gjordes med verktyget "Reclassify". Om detta inte gjorts skulle data ha försvunnit i de celler i målfilen där ena eller båda cellerna från indatalagren hade värdet "NoData".

De omklassificerade lagren slogs sedan ihop med verktyget "Plus". Datat i cellerna i indatalagren summerades i ett nytt datalager.

Samtliga verktyg slogs sedan ihop med modelbuilder och byggdes på den gamla modellen (bilaga 3).

2.9 Anpassning av resultatfilerna

För att göra resultatfilerna mer åskådliga ändrades filernas egenskaper något. Genom att ändra symbologin klassindelades behovsrastret i tre färgklasser. Blått fick representera stort behov av väg, gränsvärdet sattes som tidigare angetts till 14500. Övrig mark delades in i två andra färgklasser, gult för värden mellan 0- 8000, och grönt för värden mellan 8000 och 14500. Syftet med detta var att göra en färgindelning som tydligt visar var behovet av väg är störst. Ett större blått område har således högre prioritet för vägbyggnad än ett mindre.

Resultatfilen innehållande vägförslagen ändrades så att vägförslagen gjordes röda, för att lättare kunna skilja ut dem från befintliga vägar. De breddades också något för att synas bättre.

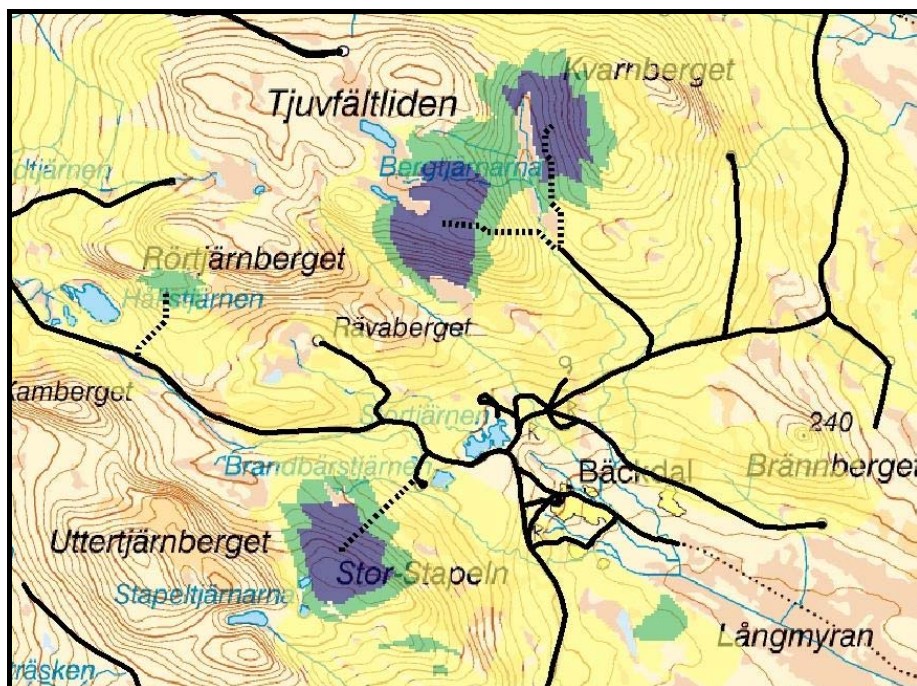
3. Resultat

3.1 Resultatfiler

Resultatet är i själva verket den modell som visas i bilaga 2. Modellen ger i sig ett resultat som består av två datafiler varav en med vägförslag i vektordataformat. De nya vägförslagen ansluter till det befintliga vägnätet och sträcker sig till virkesrika områden långt från väg (figur 4). De områden som är i störst behov av väg redovisas i "behovsrastret" (resultatfil nr 2) som är graderat i tre klasser, alla med olika färgnyans (figur 5).



Figur 4. Vägkarta från Älvsbyområdet med nya vägförslag (streckade) anslutna till befintliga vägar.
Figure 4. Road map from the Älvsby-area with proposals of new roads (broken) connected to existing roads.



Figur 5. Vägkarta från samma område som i figur 2 med behovsrastret och vägkartan i bakgrunden.
Figure 5. Road map from the same area as in figure 2 with the necessity-raster and the road map in the background.

3.2 Föreslagen vägutbyggnad i olika testområden

Modellen testades på tre områden, Älvsbyn, Harads-Jokkmokk och Kalix inland. Resultaten skiljde sig åt mellan de olika områdena (tabell 6).

Tabell 6. Föreslagen utbyggnad av skogsbilvägar i de olika områdena Älvsbyn, Harads-Jokkmokk och Kalix inland under de kommande 10 åren

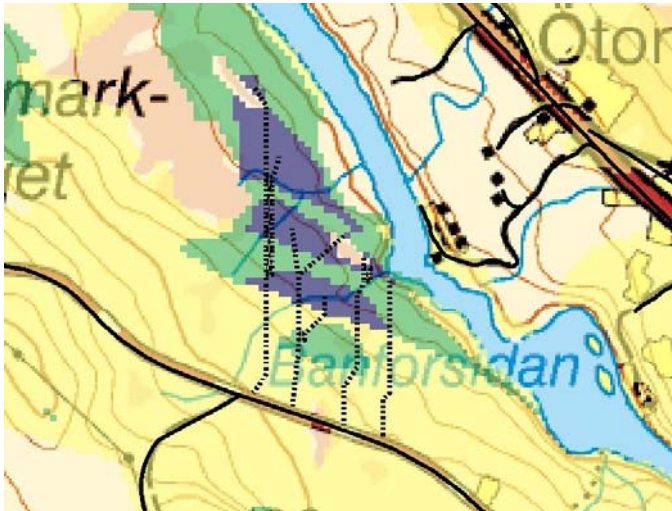
Table 6. Proposed road-building in the different areas Älvsbyn, Harads-Jokkmokk and Kalix inland during the coming 10 years

	Älvsbyn	Harads-Jokkmokk	Kalix
Total areal (ha)	305238	204732	433900
Total areal produktiv skogsmark (ha)	229018	148071	281740
Befintligt vägnät, total längd i kilometer	2542	1561	2741
Befintligt vägnät, meter/ha	8,3	7,6	6,3
Befintligt vägnät, meter/ha skogsmark	11,1	10,5	9,7
Föreslagen utbyggnad, total längd i kilometer	105,2	60,4	113,8
Föreslagen utbyggnad, meter/ha	0,34	0,29	0,26
Föreslagen utbyggnad, meter/ha skogsmark	0,46	0,41	0,40
Föreslagen utbyggnad i % av befintlig väglängd	4,1 %	3,9 %	4,1 %

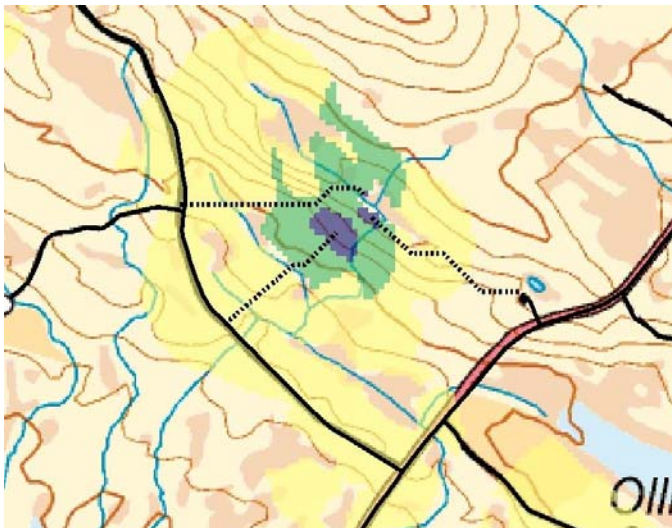
3.3 Felritningar i vägförslagen

När vägförslagen ritades ut av modellen ritades vägförslag ut som man med säkerhet direkt kan säga är felaktiga, och därför ger en felaktig uppskattning av vägbyggnadsbehovet i ett område. Några olika typer av fel uppstod:

- (Feltyp 1) Två eller flera vägar ritades parallellt till samma område (figur 6)
- (Feltyp 2) Två eller flera vägar ritades från olika håll in till samma område (figur 7)
- (Feltyp 3) Direkt felritning av enskilt vägförslag (figur 8)



Figur 6. Exempel på feltyp 1.
Figure 6. Example of error-type 1.



Figur 7. Exempel på feltyp 2.
Figure 7. Example of error-type 2.



Figur 8. Exempel på feltyp 3.
Figure 8. Example of error-type 3.

3.4 Detaljgranskning av Kalix inland och Haradsområdet

För att bättre kunna bedöma hur många fel som uppstod i analysen detaljgranskades Kalix inland och Haradsområdet. Alla uppenbara fel åtgärdades manuellt med en särskild åtgärd för varje feltyp (tabell 7) och en ny sammanställning av datat gjordes efter korrigering (tabell 8 & 9). Alla redigeringar gjordes med "Redigeraren" som är ett verktyg tillhörande ArcGIS 9.

Tabell 7. Åtgärd för respektive feltyp
Table 7. Measure for each error-type

Fel	Åtgärd
Feltyp 1	Radering av alla förslag utom det som bäst täcker upp behovet av väg för området, samt förlängning av det förslaget om nödvändigt
Feltyp 2	Radering av alla förslag utom det som bäst täcker upp behovet av väg för området, samt förlängning av det förslaget om nödvändigt
Feltyp 3	Redigering så vägförslaget blir en linje, utan öglor eller avstickare

Tabell 8. Sammanställning av detaljgranskning av Haradsområdet
Table 8. Compilation of the detailed review of Haradsområdet

	Haradsområdet
Antal fel, Feltyp 1	5
Antal fel, Feltyp 2	2
Antal fel, Feltyp 3	3
Föreslagen total utbyggnad efter korrigering (km)	42,6
Föreslagen utbyggnad efter korrigering (m/ha)	0,21
Föreslagen utbyggnad skogsmark efter korrigering (m/ha)	0,29
Utbyggnad av befintlig vägl. efter korrigering	2,79 %
Avvikelse i procent från ursprungsdatat	- 29,5 %

Tabell 9. Sammanställning av detaljgranskning av Kalix inland
Table 9. Compilation of the detailed review of Kalix inland

	Kalix inland
Antal fel, Feltyp 1	11
Antal fel, Feltyp 2	9
Antal fel, Feltyp 3	3
Föreslagen total utbyggnad efter korrigerig (km)	85,5
Föreslagen utbyggnad efter korrigerig (m/ha)	0,20
Föreslagen utbyggnad skogsmark efter korrigerig (m/ha)	0,30
Utbyggnad av befintlig väglängd efter korrigerig	3,09 %
Avvikelse i procent från ursprungsdatat	- 24,9 %

4. Diskussion

4.1 Felkällor och kritik

Eftersom utbyggnadsförslagen i testkörningarna bara baserats på virkesuttag i slutavverkning är det rimligt att anta att modellen därför underskattat det verkliga utbyggnadsbehovet av vägnätet. Det beror på att virke som faller ut från gallringar också kan bidra till att en väg blir lönsam. Anledningen till att gallringarna har utelämnats är att det råder viss osäkerhet på kvaliteten i beståndsdatat i gallringsskogarna. Det är därför rimligt att anta att det skogliga indatat är en viktig felkälla också i de övriga fel som uppstår när modellen körs. Väl uppdaterade skogs- och markdata av hög kvalitet är en förutsättning för att den här modellen ska fungera bra. Utdatat blir nämligen aldrig bättre än de data man sätter in. De olika feltyper som uppstår vid utritningen av vägförslagen beror på att modellen är tvingad att rita ett vägförslag till varje område som omges av en viss mängd virke och ligger utom ett visst avstånd från väg. Trots att det inte är rimligt att dra två vägar eller fler till ett och samma område kan sådana förslag uppstå (figur 6 & 7). Det händer när två virkesrika områden ligger nära varandra, men ändå avgränsas av ett mindre virkesrikt område mellan dem. Dessa förslag bör då åtgärdas, gärna med något av de åtgärdsförslag som redovisats i resultatdelen. Redigeringen av vägförslagen bör göras av en person med lokalkännedom, som på ett säkert sätt kan bedöma vilket förslag man bör behålla, vilket man ska ta bort osv.

En annan brist med modellen är att den bara tar hänsyn till de egna befintliga vägarna. Modellen ritar inte ut ett vägförslag som ansluter till en väg som ägs av en annan markägare. Detta kan vara ett problem, eftersom det finns fall då den bästa ekonomiska lösningen skulle vara att nyttja en annan markägares väg. Anledningen till att detta problem uppstår är att det inte finns något indata innehållande markegenskaper på annat än egen mark. Modellen vet således inte hur den skulle rita ut ett eventuellt vägförslag över den marken.

De indata som användes var av två olika slag. Markdata togs från ett dataskikt och det skogliga datat togs från ett annat. Detta gör tyvärr att modellen blir känsligare för fel. Om allt indata skulle ha legat i samma datafil skulle modellen ha blivit mer användarvänlig, och risken för att det blir fel i modellen skulle då också ha minskat. Förutom markdata och skogliga data användes NVDB och höjddata från lantmäteriet som indata. Kvaliteten på vägdata från NVDB håller hög standard vad gäller vägars position och sträckning, därför bidrar troligtvis inte NVDB till några felaktigheter i modellen. De höjddata som använts är i rasterformat och är baserat på höjddata från lantmäteriet. Höjdrastret har skapats utifrån punkter med kända höjder med 50 meters förband. Mellan dessa punkter finns inget höjddata utan höjden antas förändras linjärt mellan varje punkt. Upplösningen på höjddatat blir tyvärr därför ganska dålig. Om vägmodellen ska användas till detaljplanering av vägar skulle det vara önskvärt med höjddata med högre upplösning, t.ex. från höjdkurvor. För ungefärlig skattning av vägsträckning håller datat emellertid tillräcklig precision.

Resultaten visar att felritningarna i Haradsområdet ledde till en överskattning av utbyggnadsbehovet gentemot det korrigerade förslaget med 29,5 %. Detta tyder på att det är nödvändigt att göra en korrigering av vägförslagen för att undvika denna överskattning. I Kalix inland blev felritningarna ungefär lika omfattande. Överskattningen till följd av felritningar uppgick där till 24,9 % gentemot det korrigerade förslaget.

Av detaljgranskningarna att döma så uppgår felritningarna till 25 – 30 % av den totala föreslagna väglängden. En trolig orsak till felritningar av feltyp 1 och 2 är att modellen är tvingad att rita ut ett vägförslag till varje cell som uppfyller det sammanvägda gränsvärdet på 14500, även om cellerna ligger mycket nära varandra. En utvecklingsmöjlighet skulle kunna vara att slå ihop områden i behov av väg som ligger nära varandra för att undvika dubbelritningar.

Användarvänligheten anser jag vara ett problem med den här modellen. Användaren bör ha mycket goda kunskaper i GIS för att kunna göra rätt inställningar i modellen. I en modell med en lång serie av sammankopplade verktyg är det mycket som kan gå fel, och det är då viktigt att man hittar vad som blir fel och åtgärda de felen.

4.2 Behovet av väg

Principen för den här modellen bygger på teorin att det vid vissa givna förutsättningar krävs en viss volym virke för att en väg ska bli lönsam. Denna ”kritiska” volym varierar något beroende på skotningsavståndet. Behovet av väg har baserats på skogsmarkens avstånd från befintlig väg (skotningsavstånd) samt tillgänglig virkesmängd. De båda faktorerna har vägts samman och därefter har ett krav på ett visst sammanvägt värde satts för om en väg ska byggas eller inte. Beroende på vilka förutsättningar som råder på ett visst distrikt eller område kan behovet av väg te sig olika. I områden med höga terrängtransportkostnader är behovet av väg större än i andra områden. Också företagets policy gällande vägbyggnad påverkar behovet. Modellen har testats med samma förutsättningar över samtliga tre testområden.

Alla celler tilldelades ett indexvärde (1-5) beroende på skotningsavstånd till närmsta väg. Det hade varit möjligt att slopa denna indexvärdering och istället väga ihop det faktiska avståndet mot virkesvolymen rakt av. Anledningen till att en indexindelning gjordes var för att det skulle bli lättare att styra skotningsavståndets påverkan på behovet av väg. Genom indexindelningen kan användaren lätt utesluta vägförslag inom ett visst avstånd från befintlig väg genom att tilldela de cellerna klassvärdet noll. Med bakgrund av figur 1 kan användaren också ändra indexvärdena. De behöver inte vara 1, 2, 3, 4 och 5. Om vi har 14500 som sammanvägt gränsvärde kan vi med bakgrund av figur 1 se vilka volymer som krävs i de olika avståndsklasserna för att vägbygget ska bli lönsamt. Låt säga att det i avståndsklass 3 (400-600 m, vi antar att 500 m är medelvärdet) krävs 3100 m³sk. Då kan vi räkna ut ett indexvärde som gör att produkten av virkeskravet 3100 och detta indexvärde blir minst 14500, dvs. gränsvärdet för en lönsam väg. I exemplet blir indexvärdet $14500 / 3100 = 4,67$. Om vi då skriver in 4,67 som indexvärde för avståndsklass 3 kommer vägförslag att ritas ut i de fall det sammanvägda värdet överstiger 14500 (då volymen överstiger 3100 m³sk). Detta hade varit möjligt även om man inte använt sig av en indexindelning men det hade då blivit något krångligare.

En viktig brist att nämna är modellens metod för att räkna ut skotningsavståndet till varje cell. Modellen räknade ut avståndet till närmsta väg. När den gjorde detta räknade den avståndet runt områden som saknade data. I testkörningarna tilläts modellen inte korsa myrar, sjöar eller andra vattendrag som fanns registrerade i beståndsdatat. Detta innebär att ingen hänsyn har tagits till att vissa myrar med fördel kan passeras med skotare vintertid. Från vissa områden kan man därför skota ut virket vintertid, istället för att bygga väg. Alternativt bygga en vinterväg. Modellen ger inga förslag till vintervägar.

Eftersom virkesförrådet i medeltal varierar över de tre testområdena är det rimligt att anta att modellen skulle ha fungerat bättre om varje område testats med de egna förutsättningarna som grund. Inte bara virkesvolymen utan också andelen impediment insprängt i skogsmarken torde påverka behovet av väg. En högre andel impediment drar ner medelvirkesförrådet per hektar. Allt för generella förutsättningar kan därför vara en orsak till den större andelen felritningar som uppstått i Kalixområdet.

4.3 Markens lämplighet för väg

I modellen har jag valt att värdera markens lämplighet för väg med indexvärden. Alternativet hade varit att använda sig av verkliga kostnader för att bygga väg i olika terrängförhållanden. Tyvärr har jag inte kunnat hitta några kostnadsuppgifter på detta, därför valde jag att istället låta terrängtypschemat utgöra grunden för en indexvärdering där goda terrängförhållanden ger låga indexvärden och dåliga terrängförhållanden ger höga indexvärden. De terrängfaktorer som har fått avgöra om marken är lämplig för väg eller inte är markfuktighet, bärighet och lutning. I modellen har man möjlighet att reglera dessa faktorer inbördes påverkan på markens lämplighet för väg. Vid testkörningarna tilläts modellen rita ut vägförslag i alla lutningar, i alla bärighetsförhållanden och i alla markfuktighetsförhållanden. Troligen är det inte möjligt att bygga vägar enligt alla förslag som modellen ritat ut. Vissa vägar kanske passerar alltför starkt lutande områden eller mark med alltför dålig bärighet så vägsträckningen i verkligheten måste bli en annan. Genom att reglera hur de olika faktorerna ska värderas gentemot varandra kan man undvika marker som man inte anser vara lämpliga att dra väg i. Förslagsvis försöker man undvika områden med alltför dåliga terrängförhållanden.

Ett problem med modellen är att den ritar ut ett vägförslag oavsett kostnad för vägen. Den väljer alltid det billigaste alternativet (bästa terrängförhållanden enligt inställda förutsättningar), men även det billigaste alternativet kan vara för dyrt, eller tekniskt omöjligt att bygga beroende på terrängen. Inte heller tar modellen hänsyn till i vilken riktning starka lutningar helst bör bestigas. Modellen räknar bara med att det är dyrt att passera starka lutningar och tar därför kortast möjliga väg över dessa, vilket i vissa fall är vinkelrätt mot höjdkurvorna. Därför måste varje vägförslag övervägas med sunt förnuft om det är rimligt att bygga väg eller inte.

4.4 Ansatser (virkesförråd, terrängtransportkostnader, vägbyggnadskostnader)

Varje testområde har olika medelvolymer i slutavverkning. Likaså är terrängtransportkostnaderna olika i de olika testområdena. Detta gör att modellen måste anpassas efter de förhållanden som råder i respektive område. Ett lägre virkesförråd per hektar gör t.ex. att man inte kan komma ner på lika låga terrängtransportavstånd som vid högre virkestätheter när man ska ta ut en större volym virke. I sådana fall måste man använda sig av en större radie när man summerar virkesvolymen runt varje cell med verktyget FocalSum. Man bör dock undvika att använda en för stor radie eftersom rastret då blir mer ”utsuddat” och precisionen i datat minskar. En alldeles för stor radie skulle leda till att större områden räknades som virkesrika, medan en mindre radie skulle göra att precisionen ökar men att målceller påverkas mindre av omgivande cellers värden, vilket skulle leda till att det blev svårt att hitta områden med tillräckligt mycket virke.

Vid testkörningarna användes 300 meter som radie. Det innebär att det totala virkesförrådet inom en radie av 300 meter från målcellen räknas ut. Det var rimligt att använda sig av den radien eftersom det område som då täcks upp motsvarar 28 ha. I Älvsbyområdet ligger en slutavverkning sällan under ett virkesförråd på 100 m³sk/ha. Om volymen ändå skulle ligga så lågt så klarar man precis att få ut 2800 m³sk inom den arean. I mindre virkesrika distrikt, t.ex. i Gällivare kanske man inte kan använda sig av radien 300 meter. Där kanske radien måste sättas till 350 meter för att klara det virkeskrav som är nödvändigt för ett vägbygge. Å andra sidan kanske volymen som krävs är en annan i Gällivare. Om gallringsområden skulle implementeras i modellen skulle det vara nödvändigt att använda sig av en ännu större radie för den typen av avverkningar, eftersom utfallet i gallring är betydligt lägre per hektar än vid slutavverkning.

Företagets preferenser styr i viss mån hur långt man kan tänka sig att transportera virket i terräng innan man föredrar att bygga en väg. Detta är en aspekt som måste vägas in. I klassindelningen av cellerna baserat på avstånd har man möjlighet att ställa in hur avståndet ska påverka behovet av väg. I testkörningarna klassindelades cellerna enligt tabell 2. Det är troligt att denna klassindelning borde ha anpassats till respektive område. Lägre virkestätheter leder normalt till att man accepterar längre skotningsavstånd.

Den vägbyggnadskostnad som användes uppgick till 75 kr per meter väg. Denna siffra kan vara i lägsta laget, vilket gör att virkeskravet kan ha satts för lågt. En högre kostnad per meter väg leder till att investeringsutrymmet måste vara större, och då är det antingen antalet kubikmeter virke eller skotningsavståndets avkortning som måste ökas. I modellen förutsätts också att 1 meter väg förkortar skotningsavståndet med 1,3 meter. Beroende på terrängförhållanden kan detta förhållande förändras, men siffran är rimlig att använda vid generella beräkningar.

För att räkna ut behovet av väg sattes transportkostnader och vägstnader in i en enkel vägstkalkyl för att räkna ut när en väg blir lönsam beroende på terrängtransportavstånd och avverkad virkesvolym. Vad som inte finns med i kalkylen är de icke marknadsprissatta mervärden som följer med vägen. Exempel på sådana är ökad servicegrad mot kund, tillgänglighet för skogsvård, rekreation, jakt, fiske m.m. Eftersom dessa mervärden är svåra att sätta ett pris på skulle det vara riskabelt att ha med dem i kalkylen. Den som använder modellen måste själv sätta ett pris på dessa ”mervärden”. Det kan ske i form av en fast kostnad som man lägger in i kalkylen, eller om man vill, som en rörlig kostnad.

4.5 Skillnader i föreslagen utbyggnad i olika områden

I resultaten kan man se att modellen har föreslagit mest utbyggnad i förhållande till befintligt vägnät i Kalix inland och i Älvsbyn. Man kan tycka att föreslagen utbyggnad borde ha varit större i Kalix inland eftersom vägnätet är glesare där, men det beror på hur mycket virke som faller ut under planperioden. En annan orsak kan vara att modellen vid testkörningen inte var anpassad till de förutsättningar som gällde för Haradsområdet. I Haradsområdet var däremot det föreslagna behovet av utbyggnad mindre än i de båda övriga, trots att vägnätet var mindre utbyggt från början där än i Älvsbyn.

4.6 Möjligheter till utveckling av modellen

Det finns många sätt på vilka man skulle utveckla den här modellen. Att begränsa indata till en fil istället för två är en sak som skulle göra modellen mer användarvänlig. Detta påverkar dock inte resultatet av modellen. För att göra modellen mer avancerad, och kanske mer användbar, skulle man kunna utnyttja mer av den information som finns i NVDB. Exempelvis skulle man kunna styra modellen så att den inte får rita ut vägförslag som ansluter mot vägar med dålig bärighet. Om det råder brist på ”sommарvägar” skulle det vara användbart. Då skulle man också kunna utesluta det virke som bara kan avverkas vintertid från beräkningarna, för att se vilka vägar som är lönsamma enbart baserat på uttag av ”sommарposter”.

Det viktigaste som jag ser det är att utveckla ett system för hur man ska väga terrängfaktorerna mot varandra. Genom att veta vad det kostar att bygga väg i olika lutningar och i olika markfuktigheter och bärigheter skulle modellen kunna rita ut mer korrekta vägförslag. I dagsläget har jag förutsatt att en ökning i lutning från klass 2 till klass 3 kostar lika mycket som en minskning i bärighet från klass 2 till klass 3. Det kanske inte alls är så, det kan vara så att den ena faktorn påverkar kostnaden betydligt mer vid ökning en klass än den andra. Genom att veta de faktiska kostnaderna för att bygga väg i olika terrängtyper skulle man kunna få fram en ungefärlig kostnad för varje vägförslag. Då skulle modellen kunna användas för att skatta kostnader för vägutbyggnad i ett distrikt över en viss tidsperiod.

Man bör komma ihåg att oavsett hur mycket man utvecklar en modell av den här typen kan resultaten från den aldrig bli bättre än de indata som används. Det viktigaste man kan göra för att få bra resultat är att använda sig av bra indata. I övrigt så är användarvänligheten ett problem. Man måste ha goda kunskaper i ArcGIS för att kunna lösa eventuella problem som uppstår vid användandet av modellen.

4.7 Slutsatser

Efter att ha testat modellen på några olika områden och detaljgranskat ett par av dem kan jag konstatera att det fungerar bra att använda sig av den här typen av GIS modeller. Ett av vägförslagen som ritades ut i Haradsområdet stämmer mycket väl överens med ett vägförslag som nyligen ritats ut av en planerare som arbetar där. Man bör dock använda modellen på rätt sätt för att få ut mesta möjliga av den. Enskilda vägförslag kan vara olämpliga att bygga beroende på terräng mm. Däremot visar modellen var behovet av vägar finns. Vägförslagen bör användas som just förslag, inte som en tvingande vägsträckning. Det är terrängens beskaffenhet i verkligheten som avgör var vägen ska dras.

Modellens styrka är således inte detaljplanering av vägar, utan snarare att visa var behovet finns. Modellen kan lämpligen användas för uppskattning av utbyggnadsbehovet i olika områden under en planperiod. Sett över ett helt distrikt, eller ett delområde av ett distrikt, ger förslagen en god överblick över behovet av väg och var i distriktet det huvudsakliga behovet finns. Genom att titta på behovsrastret kan man också prioritera vilka vägar som är viktigast att bygga ut. Ju större område (blåfärgat) som ligger till grund för vägförslaget, desto större är behovet av väg. Graden av fel vid ritning av vägförslagen gör att lokalkännedom hos den som använder modellen gör att resultatet kan bli ännu bättre. Vid städning av felritningar kan den med lokalkännedom välja ut det bästa vägalternativet eller t.o.m. ge nya, bättre förslag. Sunt förnuft gäller.

Referenslitteratur

Tryckta källor

Anon. 1991. Vägplan 90 – skogsvägnätets tillstånd och standard 1990 samt behov av utbyggnad och förbättring. Skogsstyrelsen. Meddelande nr 2 1991.

Arvidsson, P-Å & Holmgren, M. 1999. Vägstandardens inverkan på skogsnärings transportarbete och försörjning av högkvalitativa råvaror. SkogForsk, Uppsala. Arbetsrapport nr 433.

Bergström, J & Walter, F. 2000. Båtnadsberäkning av nya skogsbilvägar med hjälp av GIS. SkogForsk Resultat nr 23:2000. Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut. Uppsala.

Dahlin, B & Fredriksson, J. 1995. Computer-Assisted Forest Road Planning – A Proposed Interactive Model with Special Emphasis on Private Forest Land. Journal of Forest Research. Volume 6, nr. 2/January 1995.

Filipsson, S & Grahn, B. 1999. Planera och bygga en skogsbilväg. Skogsstyrelsen 1999. Jönköping.

Hagström, D. 2005. Metod för urval av bäriga bestånd längs med bäriga vägar i Sveaskogs planeringsområde Råneå och Överkalix. Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå. Examensarbete i skogsteknologi nr 83:2005.

Kazuhiru, A. 2005. Tabu search optimization of horizontal and vertical alignments of forest roads. Journal of Forest Research. Volume 10, nr. 4/August 2005.

Newnham, R.M. 1995. ROADPLAN: A Tool for Designing Forest Road Networks. Journal of Forest Research. Volume 6, nr. 2/January 1995.

Persson, S & Grahn, B. 2000. Vägnät i ett landskapsperspektiv. LIFE96ENV/367: Rapport/SVSAC/vin10. Skogsvårdsstyrelsen Västerbotten.

Sundberg, U & Silversides, C.R. 1988. Operational Efficiency in Forestry Volume 1: Analysis. Kluwer Academic Publishers.

Thureson, T. 1995. Tactical Forestry Planning. Avhandling. Rapport 31, Institutionen för biometri och skogsindelning. Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå.

Elektroniska källor

Anon. 1998. Proceedings of the Seminar on Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport. Sinaia, Romania 17-22 June 1996.

Länk: <http://www.fao.org/docrep/X0622E/x0622e00.htm#Contents> Besökt 2007-03-19.

Anon. 2004. ArcGIS Desktop Help. Hjälpprogram tillhörande ArcGIS 9.

Anon. 2005. Skogsindustrierna webbsida. www.skogsindustrierna.org Uppdaterad 2006-09-19.

Anon. 2006. Vägverket webbsida. www.vv.se Uppdaterad 2006-09-22.

Muntliga källor /info

Nilsson, T. 2006. Avverkningsledare Sveaskog, Älvsbyn. Muntlig information.

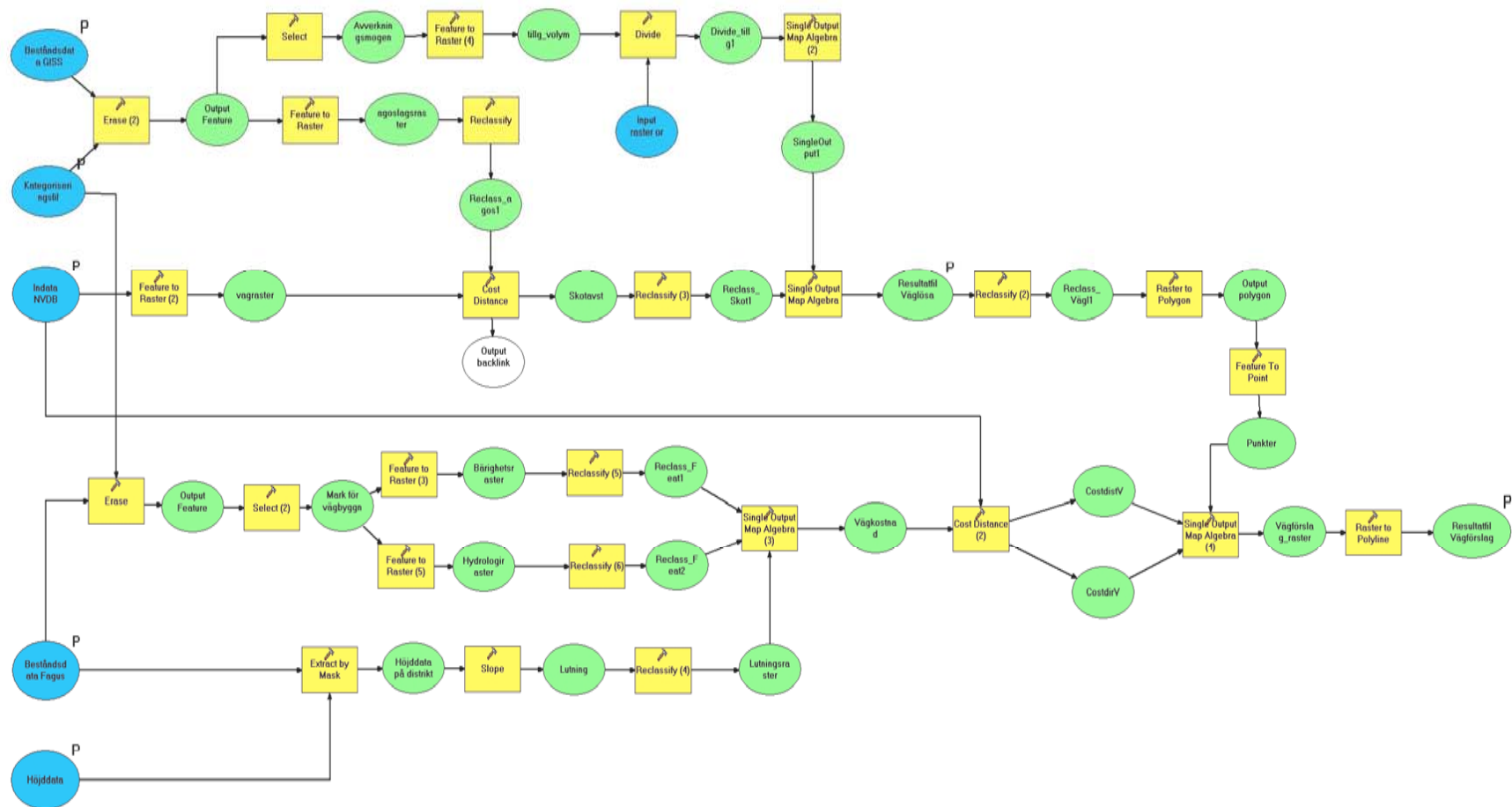
Osbäck, M. 2006. Vägmästare Sveaskog, Älvsbyn. Muntlig information.

Wästerlund, I. 2006. Professor i skogsteknologi. Muntlig information.

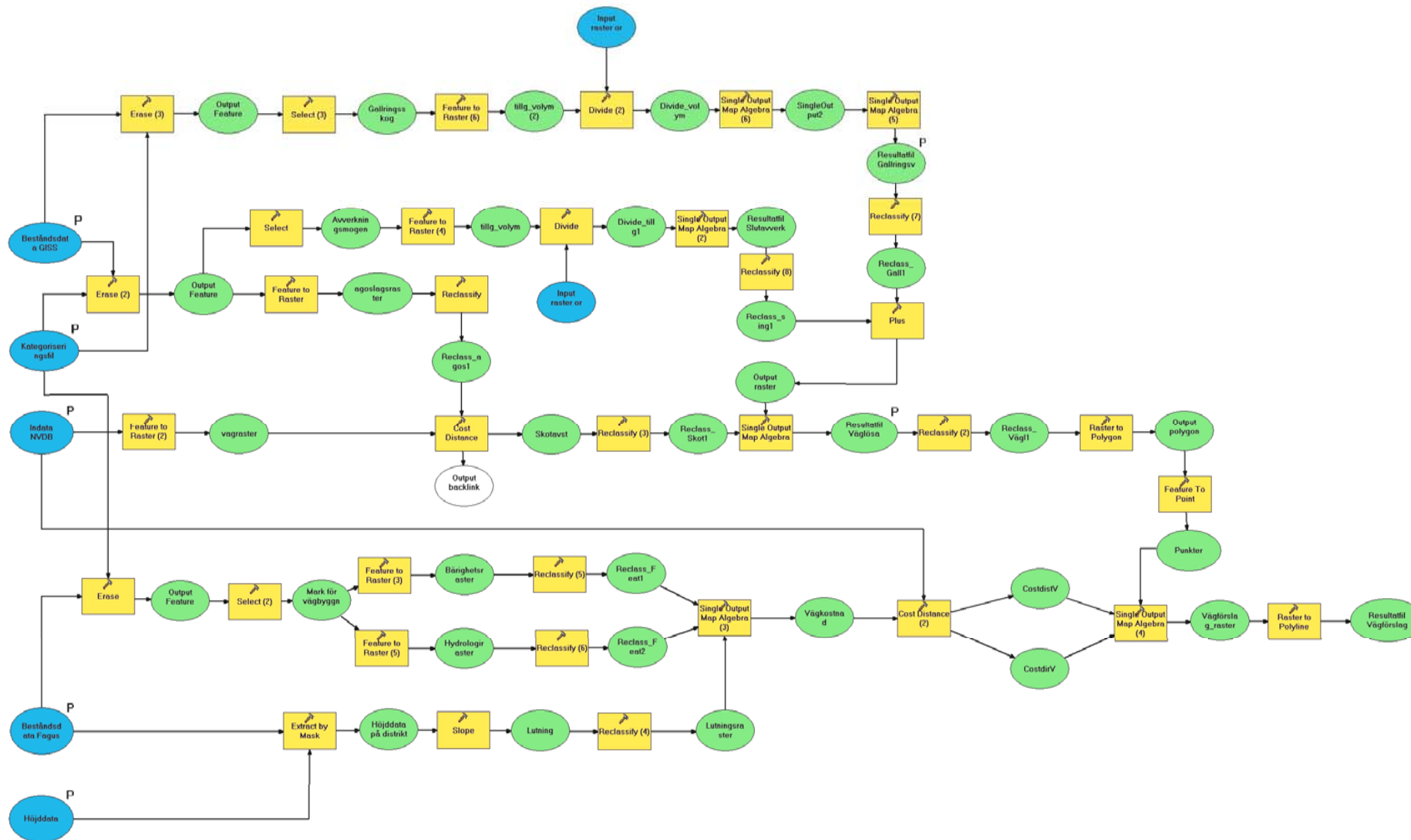
Bilaga 1. Vägnyttokalkyl

Vägnyttokalkyl Slutavverkning														
					Volym	4000				Flyttkostnad vägbyggnad	2500			
Transportvinstuppskattning					m3sk * medeltransportsänkning * terr.transp kostnad					Omräkningsfaktor m3sk => m3fub 0,83				
Vol		MTS		TTPKost/m3sk och km		Vinst	Vinst per m3sk		2,50 per m3fub och 100 meter => 2,10 per m3sk					
4000	x	0,10	x	21	=	8400	2,1							
4000	x	0,30	x	21	=	25200	6,3		Antagen terrängtransportkostnad / m3sk och km					
4000	x	0,50	x	21	=	42000	10,5		21					
4000	x	0,70	x	21	=	58800	14,7		Antagen kostnad per meter väg					
4000	x	0,90	x	21	=	75600	18,9		75					
4000	x	1,10	x	21	=	92400	23,1		Vägens avskrivningstid (år)					
Väginvestering										Underhållskostnad per meter och år				
										0				
Längd		Kostnad/m		Fast kostn		Tot kostn		Vägtransportkostnad (lastbil / m3sk och km)			0,5			
77	x	75	+	2500	=	8269,230769								
231	x	75	+	2500	=	19807,69231								
385	x	75	+	2500	=	31346,15385								
538	x	75	+	2500	=	42884,61538								
692	x	75	+	2500	=	54423,07692								
846	x	75	+	2500	=	65961,53846								
							MTS	Test. Volym	1500	2000	2500	3000	3500	4000
							0,1	Vinst /m3	-3,45	-2,07	-1,25	-0,69	-0,30	-0,01
							0,3	Vinst /m3	-7,02	-3,72	-1,74	-0,42	0,53	1,23
							0,5	Vinst /m3	-10,59	-5,37	-2,23	-0,14	1,35	2,47
							0,7	Vinst /m3	-14,16	-7,01	-2,72	0,14	2,18	3,71
							0,9	Vinst /m3	-17,73	-8,66	-3,22	0,41	3,00	4,95
							1,1	Vinst /m3	-21,30	-10,30	-3,71	0,69	3,83	6,19
Vinstkalkyl														
Trspvinst		Vägstkostnad		Vägtransp.kost		Resultat		Vinst / m3						
8400	-	8269,2308	-	153,8461538	=	-23,0769231	-0,005769231							
25200	-	19807,692	-	461,5384615	=	4930,769231	1,232692308							
42000	-	31346,154	-	769,2307692	=	9884,615385	2,471153846							
58800	-	42884,615	-	1076,923077	=	14838,46154	3,709615385							
75600	-	54423,077	-	1384,615385	=	19792,30769	4,948076923							

Bilaga 2. Modell omfattande enbart slutavverkningsbestånd



Bilaga 3. Modell med både slutavverknings- och gallringsbestånd



Bilaga 4. Fönster för hänvisning till indata.

