CHALMERS

Maskinstyrning
på småskaliga markentreprenader

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

MALIN BERNDTSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen geologi och teknik
Gruppen väg och trafik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2011
Examensarbete 2011:94

EXAMENSARBETE 2011:94

Maskinstyrning

på småskaliga markentreprenader

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

MALIN BERNDTSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för geologi och teknik
Gruppen väg och trafik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2011

Maskinstyrning på småskaliga markentreprenader

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

MALIN BERNDTSSON

© MALIN BERNDTSSON, 2011

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2011:94

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för geologi och teknik
Gruppen väg och trafik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Grävmaskin med GNSS-utrustning. Källa finns bifogad.

Chalmers reproservice
Göteborg 2011

Maskinstyrning på småskaliga markentreprenader
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

MALIN BERNDTSSON
Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för geologi och teknik
Gruppen väg och trafik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Maskinstyrning och maskinguidning är tekniker som används mer och mer inom anläggningsbranschen. Kunskapen kring tekniken och hur den används är däremot begränsad. Utvecklingen går fort framåt och det börjar ställas krav på att maskinstyrning ska användas då det är ett snabbt och exakt verktyg. Däremot används den för tillfället mest på större anläggningsprojekt och få utredningar av hur det fungerar på mindre markentreprenader har gjorts.

Den här rapporten syftar till att visa vari problemen och fördelarna finns och om det är ekonomiskt försvarbart att använda maskinstyrning på mindre projekt. Allt ifrån hur upphandlingen kan göras och hur projekteringen kan optimeras, till relationerna mellan aktörerna och tekniken bakom kommer att lyftas fram.

De slutsatser och rekommendationer som redovisas i denna rapport visar de många faktorer som påverkar möjligheten att använda maskinstyrning och maskinguidning på mindre markentreprenader. Den allra största i dagens läge, förutom att det är en ganska dyr teknik, är att det krävs en hel del från dem som arbetar med det. Anläggningsbranschen ser en av de största förändringarna på väldigt länge och det kan vara svårt att hitta rätt bland alla olika programvaror och nya arbetsrutiner. Dessutom gör den nya tekniken att nya samarbetssätt måste utvecklas mellan aktörerna. De gamla blir inte gångbara då arbetssättet har utvecklats och detta ställer nya krav på alla inblandade. Ett visst intresse krävs också för att driva det hela framåt och få ett väl fungerande system. Denna teknik är här för att underlätta och göra anläggningsarbetet friare, men det krävs att gå steget längre för att den ska nå sin fulla potential.

Nyckelord: Maskinstyrning, maskinguidning, GNSS, projektering.

Machine guidance on small road constructions

Diploma Thesis in the Engineering Programme
Building and Civil Engineering
MALIN BERNDTSSON
Department of Civil and Environmental Engineering
Division of geology and technique
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Machine guidance is a technique that is used increasingly within the construction business. The knowledge about it and how it is supposed to be used is, however, limited. The development is growing rapidly and new demands are made because of the accuracy and speed of the technique. However, machine guidance is, at the moment, used predominantly on larger projects and few investigations have been made on smaller ones.

This report aims to show where the problems lay, where the advantages are and if it is defensible, from an economic point of view, to use machine guidance on smaller projects. Questions of how the procurement should be carried out and how the planning of the project can be optimised, as well as queries about the relations between the involved parties and the techniques that makes machine guidance possible will be raised.

The conclusions and recommendations that are being accounted for in this report show the many factors that affect the possibility of using machine guidance on smaller projects. The biggest obstacle today, except the fact that it is an expensive technique, is that it requires a lot from the workers. The construction business is facing one of the biggest changes in a very long time and it can be difficult to find the right software and work practises. Furthermore, machine guidance forces new collaborative approaches between the parties involved. The old routines will no longer be viable when the work evolves and this requires new demands. It also requires some interest to urge on and make it work the way it is supposed to. This technique is meant to facilitate and make the construction work freer, but it takes knowledge and co-operation to reach its full potential.

Key words: Machine guidance, GNSS, project planning.

Innehåll

SAMMANFATTNING I
DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAMME II
ABSTRACT II
INNEHÅLL III
FÖRORD VI

1 INLEDNING 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte 1
1.3 Avgränsning 1
1.4 Metod 2

2 SMÅSKALIGA MARKENTREPRENADER 3
2.1 Beställaren 3
2.2 Entreprenadform 3
2.3 Underentreprenörer 3
2.4 Mättekniker 4

3 GNSS 5
3.1 GPS 5
3.2 GLONASS 5
3.3 GALILEO 5
3.4 Absolut mätning 6
3.5 Relativ mätning 6
3.5.1 DGPS 7
3.5.2 RTK 7
3.5.3 Statisk mätning 8
3.5.4 Referensstationer 8
3.6 Koordinatsystemen 8
3.7 NCC Net Basstation 9
3.7.1 Rågården 10

4 MASKINSTYRNING/MASKINGUIDNING 12
4.1 Maskinstyrning med laser 12
4.2 Maskingudning med GNSS 13
4.3 Maskinguidning med totalstation (ATS) 14
4.4 2-vägskommunikation 14

5 PROJEKTERING 15
5.1 Ritningar i 2D 15
5.2 Ritningar för maskinguidning 15
5.3 Fördelar med att använda 3D-modeller 16
5.4 Krav på projektören 16
5.5 Utbildning av platschefer 17
5.6 Krav på maskinentreprenören 17

6 UTSÄTTNING 18
6.1 Utrustning och programvaror 18
6.1.1 Top Position 19
6.1.2 Scanlaser 20
6.2 Programvaror 20
6.2.1 Novapoint 20
6.2.2 Civil 3D 20
6.2.3 DynaRoad 21

7 KOSTNADS- OCH EFFEKTIVITETSJÄMFÖRELSE 22
7.1 Kostnader 22
7.2 Kostnadsjämförelse 23
7.3 Kapacitet 23

8 DISKUSSION 25
8.1 Investera 25
8.2 Utrustning 25
8.3 Projektören 26
8.4 Maskinentreprenören 26
8.5 Utsättning 27
8.6 Utbildning och kunskapsinventering inför nytt projekt 27
8.7 Framtida tillämpningar 28

9 REKOMMENDATIONER 29

10 KÄLLOR 31
10.1 Litteratur 31
10.2 Elektroniska källor 31
10.3 Muntliga källor 32
10.4 Bilder 32

Förord

Detta examensarbete formulerades på initiativ av Martin Ohldin på NCC Construction i Göteborg. NCC ville ha ett underlag för vad som skulle krävas av dem för att kunna använda maskinstyrning och guidning på mindre markentreprenader.

Efter diskussioner med både Martin Ohldin och Leif Granhage formulerades examensarbetet mer specifikt. Vi valde en inriktning mot processen vid planering och utförande av ett anläggningsprojekt och huruvida det är en ekonomiskt försvarbar metod att använda maskinguidning på mindre projekt. Dessutom ska den fungera som ett underlag för de som vill veta lite mer om maskinstyrning och guidning med information om vad för teknik som finns tillgänglig.

Jag vill rikta ett stort tack till Leif Granhage, min examinator, för sitt stora tålamod och råd under arbetets gång. Ett stort tack vill jag även skicka till NCC Construction och speciellt Martin Ohldin för stöd och hjälp med kontakter och idéer.

Göteborg juni 2011

Malin Berndtsson

1 Inledning

Det gamla sättet att staka utsättning med fluktpinnar försvinner mer och mer och användning av maskinstyrning på markentreprenader med hjälp av GNSS och totalstationer ökar hela tiden. På så vis behövs exempelvis inte fluktpinnar på byggplatsen som lätt kan köras omkull av olika maskiner. Mätteknikerna behöver då inte heller åka tillbaka till byggplatsen hela tiden för att göra nya utsättningar med hjälp av pinnarna.

Maskinstyrningstekniken utvecklas ständigt och detta gör att mätvärdena blir säkrare och felen vid schaktning mindre. Däremot används den främst på större projekt och inte i lika stor utsträckning på mindre. Här finns det stora utvecklingsmöjligheter som med stor säkerhet kommer att synas i branschen inom bara några år.

Den nya metoden ställer även lite andra krav på projektören. För att maskinstyrningen ska fungera korrekt krävs rätt indata och det är viktigt att systemen inte påverkar eller förändrar grunddatat. Detta gäller främst när det kommer till 3D-modeller. Här är det viktigt att projektören förstår hur det fungerar ute i produktion och att ritningen går att använda direkt, utan att mätningschefen måste göra ändringar i den.

1.1 Bakgrund

I början av 2011 hittade jag en annons angående ett examensarbete gällande maskinstyrning av mindre markentreprenader, av Martin Ohldin på NCC Construction Sverige AB. Hans idé var att utreda möjligheterna att i större utsträckning använda sig av maskinstyrning på mindre markentreprenader och vad det skulle krävas för att göra detta möjligt. Han ville ha en utredning av vad kostnaderna skulle bli och hur personalstyrkan skulle förändras i och med användning av ny teknik. Dessutom var han intresserad av vad för utbildning och vad för typ av investeringar som skulle krävas för att göra tekniken möjlig att använda på NCC:s projekt i Göteborg.

1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att visa hur NCC ska kunna använda sig av maskinstyrning på mindre markentreprenader i Göteborg. Rapporten ska finnas som underlag för NCC när de ska ta ställning till hur den nya tekniken ska användas. Den visar vad som krävs av aktörerna och vad för investeringar som behöver göras. Det finns även en utredning om denna metod är ekonomiskt försvarbar på småskaliga entreprenader. Syftet är också att lyfta fram dialogen mellan de olika aktörerna och om den skulle kunna göras bättre.

1.3 Avgränsning

Rapporten behandlar ett tidigare projekt, Rågården, i Göteborg. Där har maskinstyrning använts på ett, för Göteborg, nytt sätt i och med NCC:s egen basstation.

Den kommer att innehålla hur ett projekt ser ut från projektering till avslutande och vad som händer där emellan. Hur ser kontakten ut mellan aktörerna? Vad krävs av dem? Är maskinguidning en ekonomiskt försvarbar metod att använda på mindre entreprenader?

En ekonomisk jämförelse görs av en fiktiv anläggningsentreprenad för att jämföra kostnaderna med och utan maskinstyrning. Jämförelsen kommer att göras enkel och kommer i första hand behandla kostnaderna på de olika arbetssätten. Kostnaderna för olika typer av modeller och ritningar kommer inte att behandlas.

1.4 Metod

En litteraturstudie har gjorts av vad som är skrivet i ämnet sedan tidigare. Gamla examensarbeten har undersökts och sökning av relevant fakta på internet har gjorts. Rapporten har skrivits i nära kontakt med Martin Ohldin på NCC, en referensgrupp innehållande personer från olika mätteknikområden och sakkunniga inom NCC. Dessutom har jag haft kontakt med min handledare, Leif Granhage på Chalmers tekniska högskola. Han har många års erfarenhet från området och har bidragit till att bidra med stöd och idéer. Informationen har hämtats från olika utredningar på NCC, intervjuer, internet, utredningar från Scanlaser och Top position samt studiebesök.

2 Småskaliga markentreprenader

Det har fokuserats mycket på att utveckla tekniker och metoder för större anläggningsprojekt så som exempelvis motorvägsarbeten och liknande. Mindre markentreprenader däremot har det inte satsats lika mycket energi på och här finns det stora utvecklingsmöjligheter. Med mindre anläggningsentreprenader menas till exempel en mindre vägsträcka, en industritomt eller några mindre tomter. Här behövs kanske enbart några få grävmaskiner och någon enstaka bandschaktare. Det kan verka ganska enkelt men utvecklingen inom just anläggning har gått ganska trögt. På senare år däremot har det hänt en hel del men tekniken har inte tillämpats lika mycket på de mindre projekten då det fortfarande kostar en del att använda den.

Senare kommer rapporten att närmare behandla olika delar av byggprocessen så som projektering, underentreprenader och arbetet med utsättning på arbetsplatsen. Här nedan kommer en kortfattad beskrivning av hur processen ser ut från beställare till utsättning.

2.1 Beställaren

Beställaren har ett behov och skickar ut ett förfrågningsunderlag. Detta behov kan vara allt ifrån att bara behöva hjälp med just markarbetet på den specifika platsen eller en total- eller generalentreprenad. En vanlig beställare inom anläggningsarbeten är exempelvis Trafikverket. Beställaren kan i ett första läge anlita en arkitekt som tar fram ritningar efter beställarens önskemål och som sedan skickas ut med förfrågningsunderlaget till olika byggfirmor.

2.2 Entreprenadform

De vanligaste entreprenadformerna är general- och totalentreprenad. Vid generalentreprenad anlitar beställaren en separat projektör/konsult som tar fram ett förfrågningsunderlag. Denna fungerar som en projektledare och står under beställaren. Till detta upphandlas sedan ett företag som tar hand om själva arbetet. Detta företag upphandlar i sin tur underentreprenörer. Detta sker på samma sätt som då byggfirman upphandlades. Ett förfrågningsunderlag skickas ut till de olika entreprenörerna som sedan skickar tillbaka ett anbud. Anbuden som inkommit granskas sedan och vägs mot varandra och poängsätts efter vad för krav som sällts i förfrågningsunderlaget. Kraven brukar delas in i bör- och skall-krav, där skall-kraven ska uppfyllas och bör-kraven kan underlätta för att rangordna anbudet.

Totalentreprenader skiljer sig inte mycket från generalentreprenader förutom att här sköter totalentreprenören allt, från projektering till slutprodukt. Här upphandlas underentreprenörer precis som vid generalentreprenaden och skillnaden blir att en och samma byggfirma har hand om allt. Detta kan både vara en för- och nackdel då det är enkelt att veta vem man ska prata med och när det ligger i samma organisation blir samarbetet ofta enkelt då de flesta arbetar på liknande sätt.

2.3 Underentreprenörer

När total- eller generalentreprenören är upphandlad och parterna överens utformas ett slutgiltigt kontrakt. När en muntlig beställning görs anses det som en accept av anbudet innan det slutgiltiga kontraktet skrivs. Vilka underentreprenörer som upphandlas beror lite på vad för kunskap som redan finns i företaget, men vanliga underentreprenörer som upphandlas är till exempel gräv- och schakt företag, el-firmor

och VVS-installatörer. Dessa underentreprenörer står under generalentreprenören och är anlitade av honom. (Tallgren, M-V. 2011)

Vid upphandlingen av maskinentreprenörer är det viktigt att platschefen eller den som skickar ut förfrågningen för projektet är väl införstådd med hur maskinguidning fungerar om det ska användas och vad för krav som kan ställas på maskinentreprenören. Det är även viktigt att veta vilken kunskap mätningschefen på arbetsplatsen har för att allt ska flyta på utan att det blir några större förseningar på grund av att kunskapen inte finns på plats.

2.4 Mättekniker

Innan maskinentreprenören kan komma igång på arbetsplatsen krävs att mätteknikerna har gjort sitt arbete. Tidigare har det arbetet inneburit att märka upp arbetsplatsen med fluktpinnar men nu har det utvecklats en hel del och kan bland annat innebära att lägga in punker i maskindatorn så maskinisten kan arbeta med maskinstyrning. Ibland fås redan färdiga anläggningsmodeller och väglinjer från projektören, men detta är vanligare på större projekt. På mindre projekt får mätteknikern ofta själv skapa dessa utifrån enklare CAD-ritningar.

För att mäta in området och göra utsättningar används elektrooptiska instrument (totalstation) eller satellitmätning (GNSS). De data mätteknikern får, sparas sedan på en fältdator. I fältdatorn kan även anläggningsmodeller läggas in i. Det finns många typer av fältdatorer och med hjälp av olika mjukvaror kan de användas både tillsammans med GNSS-utrustning och totalstation för flera typer av mätningar.

Under arbetet finns mätteknikern på plats för stöttning och arbetar både mot platschefen och arbetsledaren, samt mot maskinisterna. Mätteknikern har ett stort ansvar på arbetsplatsen och det är viktigt att han ser över sina instrument och kritiskt ifrågasätter mätvärden. (Wass, H. 2008)

3 GNSS

GNSS (Global Navigation Satellite Systems) är ett samlingsnamn på de satelliter som finns tillgängliga för mätning. Idag innefattar det, det amerikanska systemet GPS, det ryska GLONASS, europeiska GALILEO, kinesiska Compass, ett regionalt i Indien och ett tilläggssystem i Japan. (Lantmäteriet, 2011)

3.1 GPS

GPS (Global Positioning System) är de amerikanska satelliterna som utvecklades för den amerikanska militären under 1970-talet. Den första satelliten sköts upp 1973 men inte förrän 20 år senare var systemet fullt utbyggt för civila tillämpningar. Från början var det meningen att det fulla systemet skulle innefatta 24 satelliter och det är de satelliterna som garanteras. Trots detta har antalet varit högre under en längre tid och som mest har 31 satelliter använts. De har en omloppstid på 11 timmar och 57,97 minuter. Inklinationen är 55 grader, vilket ungefär motsvarar Bornholms sydspets. Det innebär att längre norr ut kan satelliterna inte gå. Detta system är helt gratis att använda, helt utan användaravgifter. (Lantmäteriet, 2011)

3.2 GLONASS

GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) är det av ryssarna utvecklade satellitsystemet. På grund av finansiella problem har det tagit ett tag att utveckla detta system. Precis som det amerikanska, GPS, har ett fullt GLONASS-system 24 aktiva satelliter. Det har det bara haft under 1996 och efter det har det länge endast varit tio aktiva satelliter i omlopp. Planen var att under 2010 skicka upp tre nya satelliter. Detta misslyckades dock och nu planeras istället att skicka upp nya under hösten 2011. Fördelen med de ryska satelliterna är att de har en inklination på 64,8 grader, vilket gör att de går längre norr ut än de amerikanska. (Lantmäteriet, 2011)

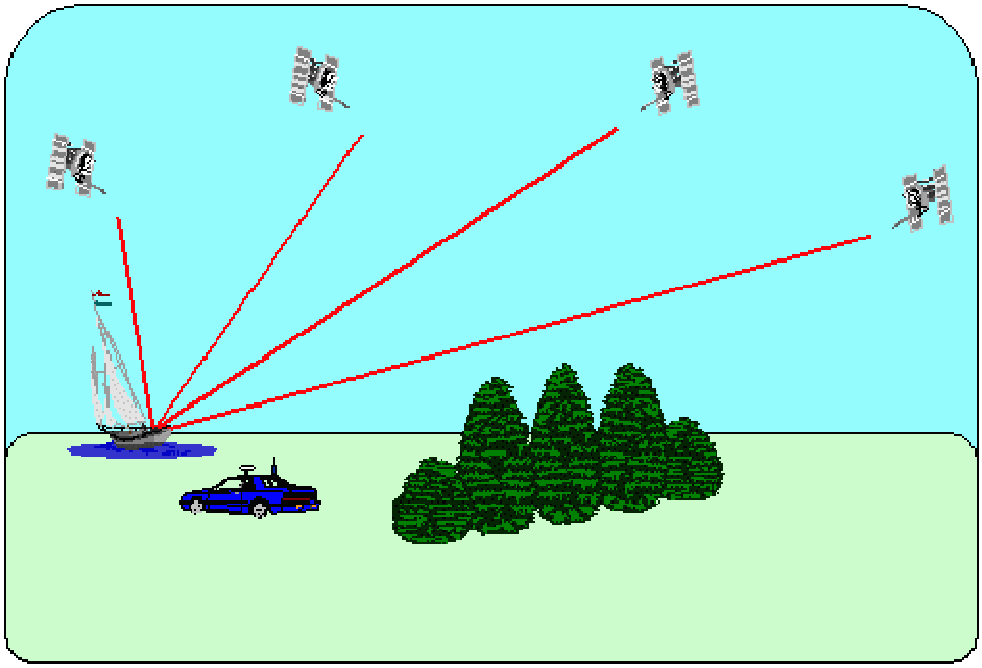
3.3 GALILEO

GALILEO är Europas eget satellitnavigeringssystem. Detta är fortfarande under utveckling och initiativet till att skapa ett eget satellitsystem var att undvika att vara beroende av det amerikanska systemet som i botten är militärt. Eftersom det är militärt finns det en möjlighet att störa signalerna vilket skulle göra att det inte längre skulle vara möjligt att använda GPS civilt.

För tillfället är Galileo fortfarande under utveckling och planen är att under 2015 ha 18 aktiva satelliter i systemet. Ett fullt system består i 30 satelliter men finansieringen av det är ännu inte helt klart. Galileo ska ha en inklination på 56 grader, alltså lite högre än GPS men inte lika högt som GLONASS. (Lantmäteriet, 2011)

3.4 Absolut mätning

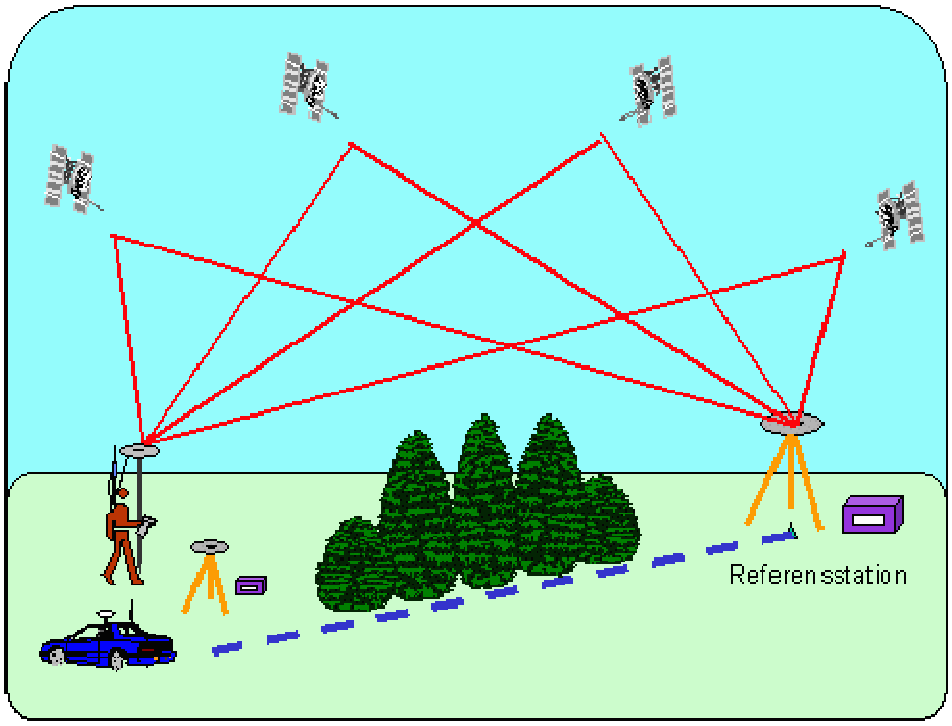
Absolut mätning ger direkt mottagarens position och kräver endast en mottagare. Detta är den enklaste metoden av positionering med hjälp av GNSS. För att få en tredimensionell position krävs kontakt med minst fyra satelliter (se figur 3-1 nedan). Trots dessa kan felet bli från 10 meter med GPS och ända upp till 60 meter med GLONASS. (Swepos, 2011)



Figur 3-1 *Absolut mätning* (swepos.se)

3.5 Relativ mätning

Relativ mätning är en noggrannare metod än absolut mätning. Vid denna metod används två mottagare, varav en är en bas- eller referensstation (se kapitel 3.7) som är etablerad på en känd plats. Först fås alltså en relativ position mot basstationen. Detta gör att många felkällor kan elimineras. För att få en korrekt position krävs att båda mottagarna har kontakt med fyra till fem satelliter (se figur 3-2 nedan). Relativ mätning används till bland annat DGPS (Differentiell GPS, se kapitel 3.5.1), RTK (Real time kinematic, se kapitel 3.5.2) och statisk mätning (se kapitel 3.5.3). Noggrannheten skiljer sig lite beroende på vilken teknik som används i kombination med relativ mätningen. (Swepos, 2011)



Figur 3-2 *Relativ mätning* (swepos.se)

3.5.1 DGPS

DGPS (Differentiell GPS) är kodmätning i realtid och har en noggrannhet på en halv till två meter. Precis som vid annan relativ mätning krävs även här en referensstation men eftersom kodmätning används, istället för bärvågsmätning blir inte noggrannheten riktigt lika bra som vid övriga metoder. DGPS används främst för positionering inom till exempel sjöfarten och inte så mycket inom byggindustrin. (Wass, H. 2008)

3.5.2 RTK

RTK (Real-Time kinematic, realtidsmätning) mäter med hjälp av bärvågsmätning i realtid. Denna metod ger en högre noggrannhet än exempelvis DGPS. Vid mätning med RTK används en rörlig mottagare, en såkallad rover och en referensstation precis som i övriga relativa mätningar. (Wass, H. 2008)

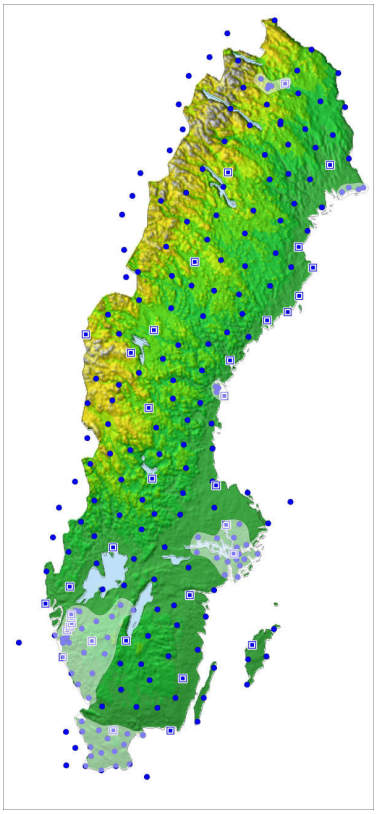
Det finns två olika sätt att använda sig av RTK på, antingen en enkelstations-RTK eller ett nätverks-RTK. Noggrannheten skiljer inte nämnvärt mellan de olika metoderna utan ligger på 1,5 centimeter i plan och 2,5 centimeter i höjdled. Den stora skillnaden är tillgängligheten. Vid enstations-RTK måste närmsta referensstation ligga maximalt 20 kilometer bort medan vid nätverks-RTK räcker det med ett avstånd på 60-70 kilometer. Nätverks-RTK fungerar så att det kan använda sig av flera olika referensstationer för att få sin position. Med flera referensstationer är det möjligt att i större utsträckning undvika felaktiga mätningar som kan uppkomma när signalerna skickas genom atmosfären. Fel i signalerna kan bero på många olika saker, till exempel kraftnät av olika slag, störningar i atmosfären och flervägsfel (exempelvis när signalen studsar mot något och sedan tas upp av referensstationen). Ett nätverks-RTK ger också en större frihet än en enkelstation eftersom terrängen inte utgör ett lika stort hinder när det finns tillgång till många olika referensstationer. (Lantmäteriet, 2011)

3.5.3 Statisk mätning

Statisk mätning använder sig också av bärvågsmätning men med efterberäkning och har en noggrannhet på en halv till två centimeter. Detta är den mest exakta metoden vid positionering. Skillnaden från exempelvis RTK-mätning är att vid statisk mätning ställs en GNSS-mottagare upp och får stå under en längre tid och samla in bärvågsdata. Hur länge den står beror på hur noggrann mätningen ska vara. Detta kan vara allt från 20 minuter upp till flera dygn. (H. Wass, 2008)

3.5.4 Referensstationer

SWEPOS har referensstationer med nationell täckning i Sverige. Från norr till söder finns 36 klass A-stationer och 144 klass B-stationer (se figur 3-3 nedan). Dessa möjliggör användandet av relativ mätning. A-stationerna är etablerade på ett sådant sätt att de står fria från störning i möjligaste mån och har även en robust konstruktion. B-stationerna är något enklare konstruktioner men med hjälp av dessa kan SWEPOS erbjuda nätverks-RTK (se kapitel 3.5.2). (Swepos, 2011).



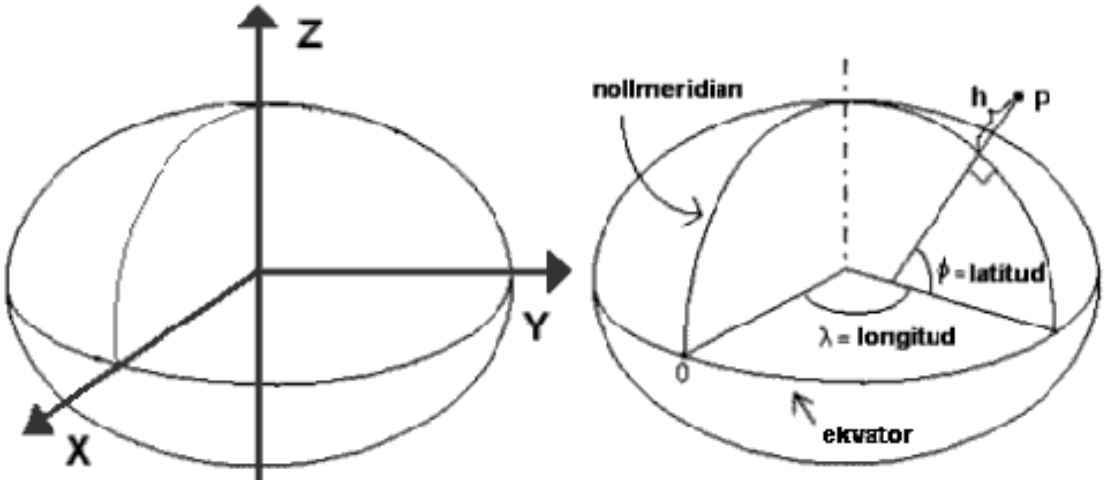
Figur 3-3 *SWEPOS referensstationer* (swepos.se)

SWEPOS har även en annan tjänst tillsammans med Teracom, som heter EPOS. EPOS skickar ut korrektionsdata via FM-nätet och ger tillskillnad från GPS med absolutmätning, som har ett fel på upp till 10 meter, endast fel på upp till en meter. Mottagaren för EPOS kopplas till GPS-mottagaren och får korrektionsdata via SWEPOS. Denna metod kallas differentiell GPS eller DGPS. (se kaptiel 3.5.1) (Teracom.se)

3.6 Koordinatsystemen

Koordinatsystemen som används vid mätning med GNSS i Sverige heter WGS84 och SWEREF 99. Läget beskrivs, som figuren nedan visar, antingen i x-, y- och z-led eller

i longitud, latitud och höjd. När satellitpositionering fick sitt stora genomslag på 90-talet ställdes högre krav på positioneringssystemen. I och med detta ökade noggrannheten.



Figur 3-4 *Koordinatsystem* (lantmateriet.se)

Det svenska systemet SWEFEF 99 har en koppling med det tredimensionella systemet WGS84. Kopplingen mellan systemen går via EUREF som är det Europeiska systemet. WGS84 är sin nollpunkt i jordens medelpunkt och mäter utifrån denna. Vid absolut mätning med hjälp av GNSS är det WGS84 som används. Krävs däremot lite noggrannare data är det SWEREF 99 tillsammans med SWEPOS fasta stationer som kan erbjuder de bästa mätningarna genom relativ mätning (se kapitel 3.4, 3.5 och 3.7). (Lantmäteriet, 2011)

3.7 NCC Net Basstation

NCC stod för utsättningen på Rågården, som är ett stort byggnadsprojekt i Göteborg (beskrivs närmare i kapitel 3.7.1), med hjälp av en basstation som nu finns i Göteborg. Basstationen är NCC:s och ska kunna användas istället för att betala SWEPOS för deras nätverks-RTK. Samma basstation kommer att kunna användas även vid fler tillfällen. Tyvärr har en sådan basstation bara en räckvidd på 3-5 mil, medan SWEPOS har nationell täckning, med undantag från skogsområden där det kan vara svårt att få position på grund av terrängen. Problemet blir det samma vid egen basstation och den lämpar sig därför bättre för områden där skog och terräng inte utgör ett problem. Figur 3-5 nedan visar hur NCC Net-stationerna är placerade över Sverige. (Korsvik, J, 2011)

Figur 3-5 *NCC Net* (NCC Starnet, intranät)

I Stockholm har NCC etablerat 4-5 stycken egna basstationer och kommit lite längre med användandet av maskinstyrning och maskinguidning. I Göteborg har det ännu inte planerats att etablera fler basstationer men för att kunna täcka hela Göteborgsområdet skulle det krävas ungefär tre stycken ytterligare. NCC undersöker vilka placeringar som hade varit optimala och Mölndal, Hisingen och Kungälv har kommit upp som förslag. Tyvärr tas inte pengarna för basstationerna från Region Väst utan läggs på separata projekt. Rågården samarbetade med ett annat projekt för att kunna etablera NCC:s basstation i Göteborg. Denna sitter på Top Positions lokal i Sävedalen. (Svedberg, P, 2011)

Det är viktigt att basstationen är lättillgänglig för att den ska vara enkel att ta sig till om den behöver repareras eller underhållas. Varje basstation kostar 200 000 kronor i inköp och injustering så det är inget som etableras för ett mindre projekt. Däremot kan samma station användas många gånger och det gör att i längden tjänar NCC på det.

3.7.1 Rågården

Det finns inte många små projekt i Region Väst där maskinstyrning har använts, däremot finns det en del större och vissa pågår fortfarande. På några av dessa projekt i Göteborg används en relativt ny teknik i och med att NCC använder en egen basstation. Därför är det intressant att se vad som har fungerat och vad som inte har gjort det och om det skulle kunna appliceras även på mindre projekt. I figur 3-6 nedan visas en av grävmaskinerna på Rågården som är ett av dessa större projekt där maskinstyrning med egen basstation använts.

Figur 3-6 *Grävmaskin Rågården* (sverigesradio.se)

Rågården är ett kommunalt projekt på 500 miljoner kronor. Här använde sig NCC av maskinstyrning i 3D med GNSS på nästan hela arbetsplatsen. Maskinentreprenören stod för utrustningen som krävdes för maskinen och NCC tillhandahöll ritningar som visade området skulle schaktas. På de delar av arbetsplatsen där det inte gick att använda maskinstyrning använde sig NCC av vanlig stakning på vissa delar.

Det absolut bästa är när det går att dela upp kostnaden för basstationen på flera projekt. Detta är däremot inte så lätt att få till alltid. Det förutsätter att NCC fått fler projekt inom samma upptagningsområde för basstationen. (Svedberg, P. 2011)

4 Maskinstyrning/Maskinguidning

Det finns många olika typer av system att använda sig av vid maskinstyrning. Det pratas ofta om endimensionella, tvådimensionella och tredimensionella system. Man skiljer även på maskinstyrning och maskinguidning. Vid maskinstyrning styrs maskinen av datorn och det enda maskinisten behöver göra är att se till att allt går rätt till. Maskinstyrning fungerar däremot inte på grävmaskiner utan används på bandschaktare och den typen av maskiner för att får rätt djup och rätt lutning på schakten. Maskinguidning däremot används på grävmaskiner. Här har maskinisten en ritning på en skärm som visar hur han ska gräva men han styr allting själv inifrån hytten. På skärmen får han även upp skopans position i ritningen så han kan se att han gräver på rätt plats.

4.1 Maskinstyrning med laser

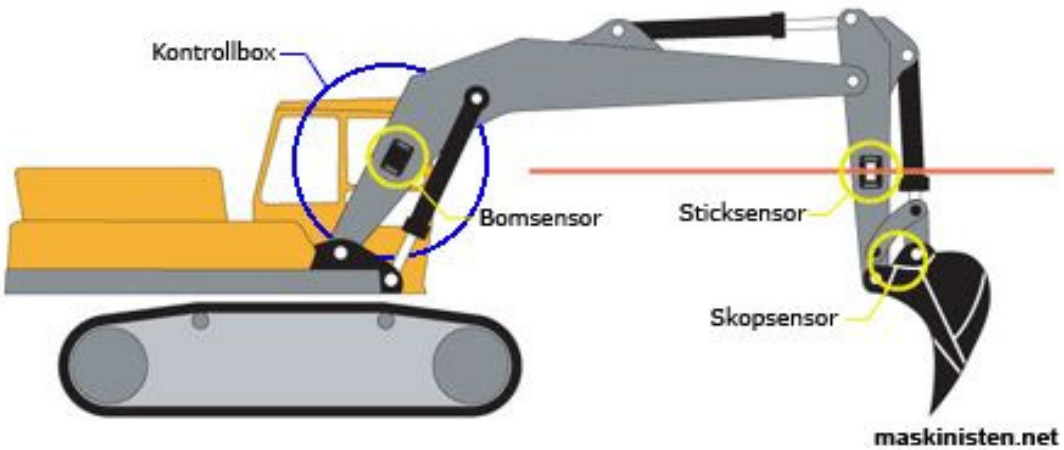
En av de äldsta typerna av maskinguidning är den med laser. Vid denna teknik används en roterande laser (se figur 4-1 nedan). Lasern skapar ett plan och en mottagare på maskinen registrerar lasern och får på så sätt sin position. På maskinen sitter en lasermottagare och inne i maskinen sitter en display och en maskindator som guidar eller styr maskinens hydraulik. Detta är en av de enklare typerna av maskinguidning och många av dessa instrument är även förberedda för att användas tillsammans med GNSS. På frågan vilken typ av maskinguidning som skulle passa bäst på mindre markentreprenader var det denna teknik personalen på Top Position rekommenderade. Den fungerar bra att schakta i plan och i lutande plan. Däremot är metoden inte lika självklar att använda vid tvärfall och lutande plan då det krävs flera lasrar för att avbilda kurvor och skevningsövergångar. (Top Position, 2011)(Wass, H. 2011)

Figur 4-1 *Laser* (topposition.se)

Vid endimensionella system används laser och en mottagare. Med hjälp av denna teknik räcker det med enbart maskinisten för att sköta det arebte som det tidigare krävdes både en maskinist och en yrkesarbetare för. Här fås höjden genom en handmottagare och grävmaskinen kan även ha en egen maskinmottagare, där informationen går direkt in i grävmaskinen. Med detta system fås endast höjder och inga lutningar.

Vid tvådimensionella system fås höjder och lutningar med hjälp av ett styrsystem. Detta styrsystem är även det utrustat med laser men kan även vara förberett att användas med GNSS. Nedan ses ett exempel på hur ett tvådimensionellt system kan

se ut. Vid detta system installeras sensorer på grävmaskinen som visas i figuren nedan.



Figur 4-2 *Grävsystem* (maskinisten.se)

Efter det kan höjder mätas med hjälp av en så kallad planlaser. Denna består av en laser och ett roterande prisma. Planet registreras sedan i en maskinmottagare och visar både höjd och plan. Med hjälp av detta går det att styra och guida maskinen på i stort sett samma sätt som i tredimensionella system med den skillnaden att lasern måste vara etablerad på en känd plats.

4.2 Maskingudning med GNSS

De tredimensionella systemen fungerat så att en ritning med koordinater läggs in i grävmaskinens dator. Mottagaren i maskinen får sedan sin position med hjälp av GNSS och får då skopans position i ritningen i datorn. På det här sättet sparas mycket tid men det kräver också en hel del arbete från både maskinisten, mätteknikern och projektören. Är något fel med koordinaterna i ritningen blir det fel på plats också och maskinisten måste vara noggrann med att kalibrera sina instrument så att felen blir så små som möjligt. Kalibreringen behövs göras några gånger om dagen bland annat eftersom skopan hela tiden slits men även för att ge maskinen en riktning vid enkelantenn-system. Vid dubbelantenn-system får maskindatorn in riktningen på maskinen direkt eftersom den där får fler referenser. På det här viset kan man komma ner på ett fel på cirka 5 millimeter. Tyvärr lämpar sig denna teknik inte lika bra på områden i exempelvis skog då satellitsignalerna störs av terrängen.

När är det egentligen ekonomiskt försvarbart att använda sig av maskinguidning med GNSS? Det skiljer sig mycket från projekt till projekt i bland annat storlek, men även vilken typ av kontakt som finns till satelliterna. Det finns många satelliter i omlopp men alla är inte brukbara och vissa repareras. Dessutom går de längre söder ut och detta kan göra det svårt att få kontakt med dem i norrläge om något är i vägen i söder. Förhoppningsvis kommer det att bli bättre när Europas satellitsystem Galileo och GLONASS kommer igång ordentligt.

Det som går att göra när kontakten inte är tillräcklig, är att göra utsättningar med fluktpinnar på den delen av arbetsplatsen som inte går att styra med GNSS. Då måste en avvägning göras av hur stor del av arbetsplatsen som inte går att nå med GNSS och om det kan vara värt att använda maskinguidning eftersom det är en stor extrakostnad. Detta kommer få styras från arbetsplats till arbetsplats och det är svårt att generalisera

precis när och var maskinguidning med GNSS borde användas. Här blir förarbetet väldigt viktigt. Det är viktigt att det undersöks i ett tidigt skede hur kontakten ser ut på den bestämda platsen och den som skickar ut förfrågningen till underentreprenören måste vara väl införstådd med vad för krav som ska ställas på maskinentreprenören som jag tidigare nämnt. (Per Svedberg)

4.3 Maskinguidning med totalstation (ATS)

Ett annat alternativ för maskinguidning är maskinguidning med hjälp av en totalstation. ATS står för Atomatic Tracking System (se figur 4-2 nedan). Det innebär att totalstationen är obemannad och självsökande (H. Wass, 2008). Med den här tekniken blir inte projektet lika påverkat av platsen där arbete ska göras som vid GNSS-styrning. Istället för att styra sensorerna på maskinen med GNSS känner sensorerna av totalstationen som har blivit upprättad på en känd plats på arbetsplatsen. På så sätt fås positionen genom den. Här krävs att det finns fler kända punkter så att det går att kontrollera mot fler punkter och vara säker på att felen blir så små som möjlig. Totalstationen kan tyvärr bara styra en maskin i taget och kostar ca 250 000-300 000 kronor (Johan Korsvik). Denna teknik ger däremot den mest exakta positionen. Här skickas mätdata mellan totalstationen och styrdatorn i maskinen med hjälp av ett radiomodem. Styrdatorn räknar sedan ut position i plan och höjdled för maskinen (Wass, H. 2008).

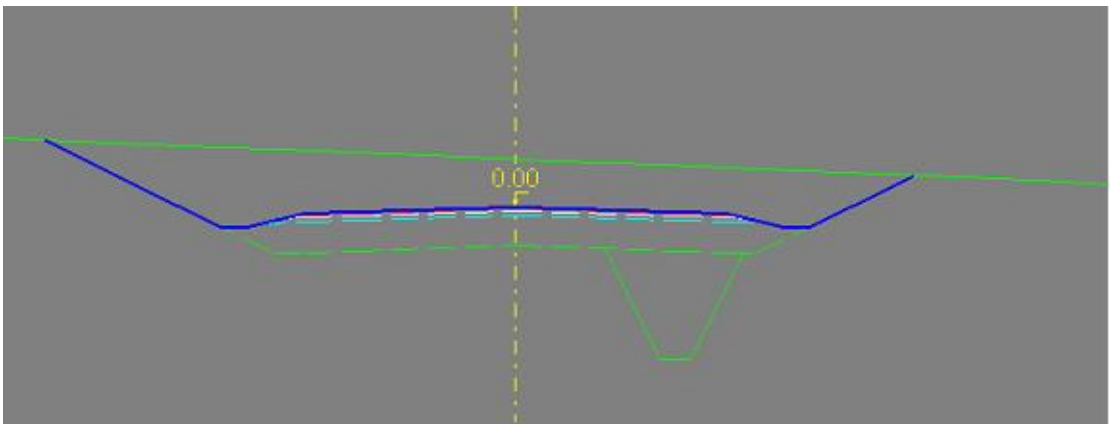
Figur 4-3 *Totalstation* (topposition.se)

4.4 2-vägskommunikation

Ny teknik som finns tillgänglig idag är 2-vägskommunikation. Det innebär att mätteknikern kan sitta på ett kontor, eller i stort sett var som helst och ha kontakt med maskinens dator via en servers som tar emot all data från maskinerna på arbetsplatsen. Maskinisten kan alltså höra av sig till mätteknikern om han har ett problem via telefon och mätteknikern kan se på sin dator precis vad maskinisten ser i sin maskindator och guida honom genom problemet. Detta sparar massor med tid då mätteknikern inte behöver vara i närheten av arbetsplatsen för att kunna hjälpa till. På det här sättet kan även mätteknikern ha hand om fler arbetsplatser samtidigt. Scanlasers system heter Telematic och Top Positions heter SiteLink. Än så länge används det inte i den utsträckningen den skulle kunna användas men tekniken kommer att underlätta mycket för mätteknikerna och spara företagen mycket tid. (Landau, P. 2011)

5 Projektering

Vid maskinguidning blir förutsättningar lite andra än i traditionella projekt. Det krävs bland annat att de modeller eller ritningar som maskinisterna får är anpassade för att användas i produktion. I dagens läge finns många verktyg för att projektera mark i 3D men ibland kan det nästan bli för mycket data där det egentligen bara krävs enklare ritningar och många projekteringsprogram är utformade för större vägprojekt. Något som verkar vara ett stort problem i branschen är att projektörerna inte vet vad som egentligen behövs i en ritning som ska direkt till produktion. Problemet kan exempelvis ligga i att det blir för detaljerade ritningar och maskinisterna ser inte skillnad på vad som är schaktlinje och vad som är andra linjer. Ritningar i 3D kan helt enkelt bli för detaljerade och för avancerade. Därför är det viktigt att projektörerna vet vad som krävs av dem när de ritar. Ibland kanske det till och med kan räcka med en ritning i 2D som figuren nedan visar. (Korsvik, J. 2011)



Figur 5-1 *Ritning i 2D* (NCC Starnet, intranät)

5.1 Ritningar i 2D

Ritningar i 2D är lite enklare än 3D-ritningar och visar endast lutningar och höjder. Fördelen med dessa kan vara att när det finns ett sidoprojekt, till exempel en kabelschakt vid sidan om ett vägarbete, blir det enklare att rita kabelschakten i 2D för det blir även enklare att göra förändringar i den ritningen om exempelvis något i huvudprojektet (vägarbetet) skulle behöva ändras. Det gäller att hitta avvägningar av vad som passar olika projekt. Även om det finns mycket teknik räcker det många gånger med lite enklare ritningar och kan till och med underlätta. (Korsvik, J. 2011)

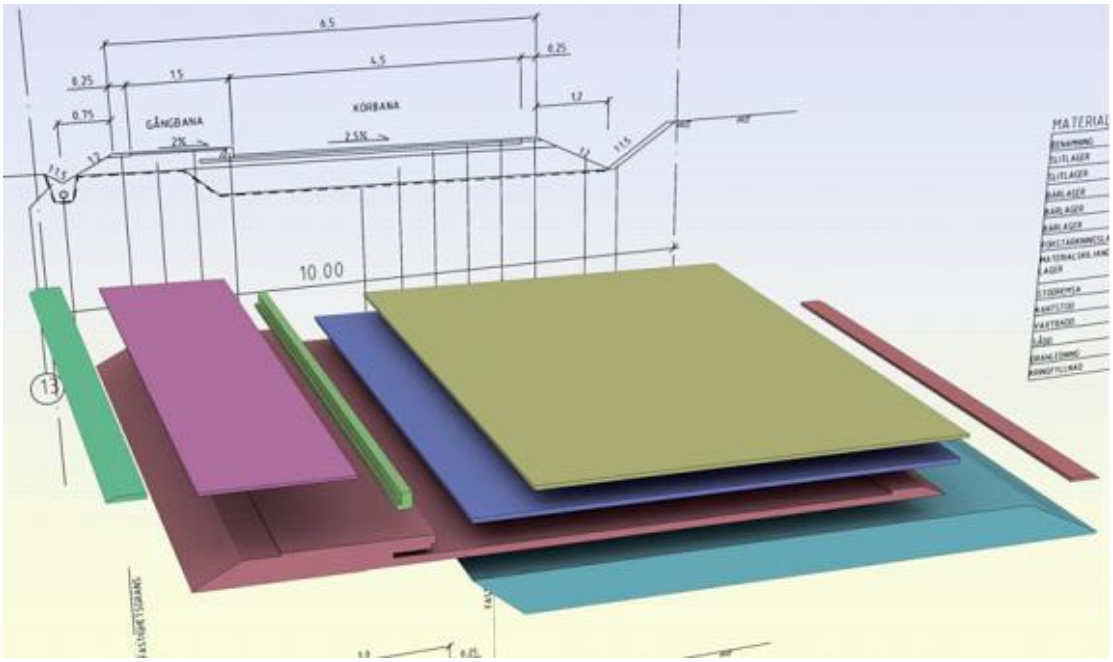
5.2 Ritningar för maskinguidning

Det finns två typer av ritningar som kan beställas av projektör för att använda med maskinguidning. Den första och enklaste är en modell utan koordinater. Det gör att mätningscheferna får sitta och mata in koordinater i grävmaskinens system. Här lägger han exempelvis in punkter för schaktbotten, vilken höjd schakten ska ha och vad det blir för lutningar som ska schaktas. Detta är mer tidkrävande för mätteknikern och här fungerar mätningscheferna även som kontrollanter av eventuella fel i ritningen. I vanliga husbyggnadsprojekt används en modellsamordnare för att syna ritningen och upptäcka fel innan den kommer ut i produktion. Detta skulle även kunna användas på markentreprenader för att låta mätningschefen göra det som det är meningen att han ska göra och inte sitta och syna ritningar. (Ask, A. 2011)

Den andra typen av ritning som används är den med redan inlagda koordinater. Det är de som utgör underlaget för 3D-modellerna. Här krävs lite mer arbete för projektören som sitter med ritningen. Det krävs också en hel del kunskap från hans håll, som att till exempel förstå hur lutningar och bärlager ska ritas. I den här typen av ritningar krävs det nästan att det finns en modellsamordnare som ser över den, eftersom mätningschefen här bara ska kunna mata in koordinaterna direkt från ritningen till maskinens system. Detta gör även att arbetet kan sättas igång något snabbare än vid det tidigare alternativet.

5.3 Fördelar med att använda 3D-modeller

Det finns många fördelar med att använda sig av 3D-modeller för markentreprenader. Bland annat är det väldigt fördelaktigt på mark med många olika typer av jordlager. Här kan en 3D-modell underlätta för hur schakterna ska göras mer exakt, hur maskinerna ska placeras på arbetsplatsen och det underlättar även om man är tvungen att göra olika typer av sponter. Många av de här problemen fick tidigare lösas på arbetsplatsen men med hjälp av 3D kan det lösas redan i ett tidigt stadie och spara både tid och pengar. (Ask, A. 2011) Figuren nedan visar en modell i 3D och även ett snitt i 2D.



Figur 5-2 *3D-modell* (NCC Starnet, intranät)

5.4 Krav på projektören

Det finns många krav som måste uppfyllas för att maskinguidning ska kunna användas. Kraven på projektören blir större än tidigare om tekniken ska användas på det sättet den är tänkt att användas på. Idag blir det mer och mer vanligt att använda sig av maskingudning men det är många led fram till att optimera sättet det kan användas på. Kunskapen från projektörens sida hur ritningar som ska användas i produktion ska se ut är idag begränsad och det gör att det blir mätningschefens arbete att korrigera de misstag som görs.

Däremot kommer 3D-modellering med hjälp av koordinater förhoppningsvis att underlätta, och upptäcka fel i ett tidigare skede i framtiden. Det är en bit kvar till dess

men utvecklingen är på rätt väg. Däremot ska NCC ställa krav på sina projektörer så att det blir tydligt vad som behövs från deras sida. Vanligtvis är det beställaren som ställer kraven på projektören men NCC har ofta stort inflytande över vad projektören ska producera och ställer sina egna krav även när de inte är totalentreprenörer. Har NCC från början en kravlista på vad en ritning till produktion ska innehålla skulle det underlätta för samarbetet mellan aktörerna. Vilka linjer behövs till exempel finnas i en ritning som ska direkt in i maskinens system och vilka övriga data bör finnas i modellen? Vad händer om det blir förseningar på grund av projektörens ritning?

Senare i rapporten kommer även ett kravprogram för maskinentreprenören diskuteras och liknande krav skulle även kunna ställas på projektören. Däremot finns det även tankar på att använda en så kallad modellsamordnare, som jag nämnde tidigare, för att granska de ritningar som har gjorts av projektören. Modellsamordnaren skulle kunna ta en stor del av mätningschefens arbete idag som tyvärr går ut på att syna och justera ritningar. I en intervju med Joakim Korsvik, mätningschef i Stockholm, berättade han att på ett testprojekt som han varit delaktig i hade han arbetat effektivt i cirka två veckor med projektet som löpte på ett halvår. Under de sex månaderna var det mest korrigeringar av felaktigheter i ritningar som tog upp hans tid.

5.5 Utbildning av platschefer

Eftersom det är viktigt att platschefen redan i ett tidigt skede har ordentlig kunskap om vad maskinguidning innebär hade det varit bra om de fick någon typ av utbildning inom området när det kommer att användas på deras arbetsplats. Inte minst för att det är de som kommer att vara ansvariga på plats men även för att de ska förstå maskinisterna på plats och för att projektet ska kunna flyta på.

I Stockholm utbildas både arbetsledare och platschefer inför byggstart för att det inte ska uppstå onödiga fel. Mätningscheferna får lite mer specialinriktad utbildning på plats hos leverantören för att ha baskunskaperna och kunna lösa problem som ofta kan uppstå (Sonander, L. 2011).

5.6 Krav på maskinentreprenören

NCC i Stockholm använder sig mer av maskinguidning än NCC i övriga landet. Där har de formulerat vilka krav som ställs när förfrågningsunderlaget skickas ut vid upphandling av maskinentreprenörer. Om maskinstyrning och guidning ska användas mer i Göteborgsregionen kommer sådana krav att vara viktiga att formulera även för Region Väst. Det innebär bland annat att formulera vad för typ av utrustning som krävs att underentreprenören tillhandahåller så att den går att samköra med den utrustningen NCC redan har och vad det är NCC tillhandahåller. NCC i Stockholm har även haft krav att maskinisten ska ha ett så kallat GPS-körkort. Det innebär att maskinisten har gått en kurs för att använda maskinguidning med GNSS. Om detta redan finns lättillgängligt skulle det minska kostnaden på så sätt att det inte skulle behövas nya handlingar för varje projekt. Däremot uppdateras tekniken hela tiden så det blir ändå viktigt att se till att uppdatera kravprogrammet. Något som är speciellt med den tekniken som krävs för att arbeta som underentreprenör för NCC är att de skall ha ett GPRS-modem och en annan typ av antenn än de som används i SWEPOS nät. I SWEPOS nät används radiosignal istället för GPRS. Kostnaden för att investera i ett GPRS-modem med tillhörande antenn blir cirka 15 000 kronor per maskin. Denna kostnad står underentreprenören för. (Svedberg, P. 2011) (Sonander, L. 2011)

6 Utsättning

Utsättningen på arbetsplatsen kan göras på många olika sätt, men det vanligaste och klassiska är att använda stakning med käppar (se figur 6.1 nedan). Fördelarna med detta är att alla lätt kan se var de är på arbetsplatsen, var huset kommer att stå och de har alltid käpparna att orientera sig efter. Nackdelarna däremot är att det är ett känsligt system. Det är enkelt att köra ner en käpp och inte lika enkelt att sätta tillbaka den. Varje gång en käpp körs ner krävs det att en mättekniker eller mätningschef kommer och gör en ny utsättning där den gamla käppen var. Maskinisterna har blivit bättre på att ha uppsikt över käpparna nu men en olycka händer lätt och varje gång blir det extra arbete (Svedberg, P. 2011).

Figur 6-1 *Utsättning*

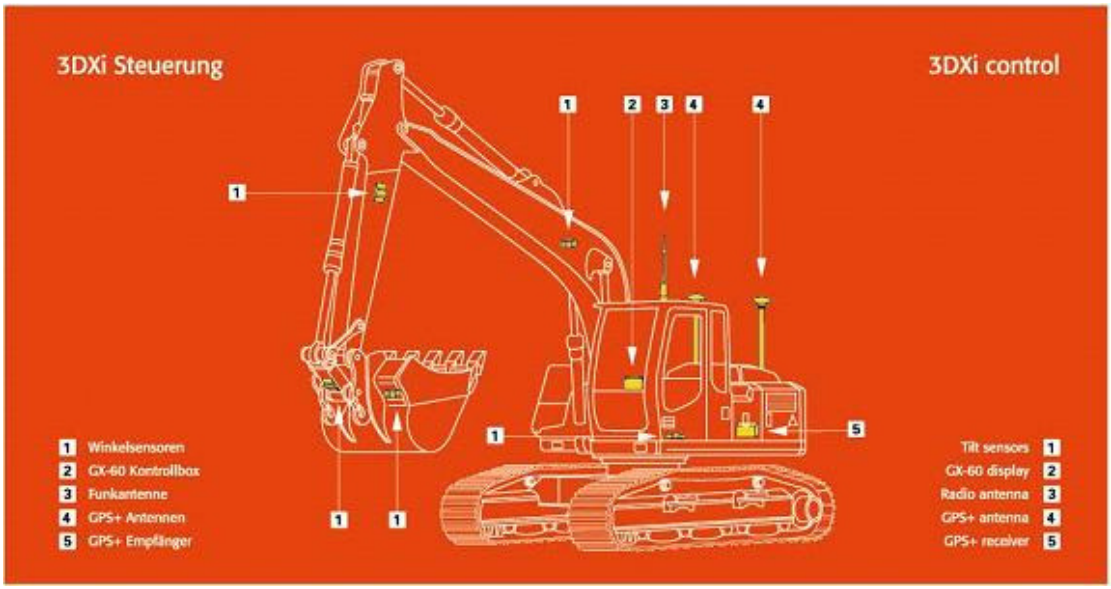
Ett annat sätt är att använda sig av GNSS och till skillnad från stakning med käppar är detta system inte lika känsligt för maskiner. Däremot finns det andra nackdelar med det, som tidigare nämnts kan det vara svårt att få in tillräckligt många satelliter för att få en korrekt position. Dessutom kan det vara svårt för platschefer och arbetsledare att orientera sig på arbetsplatsen när ingenting fysiskt är utmärkt. På NCC i Stockholm tog de tillsammans med Top position fram en hand-GPS åt sina platschefer som de skulle kunna använda på arbetsplatsen. Problemet blev bara att de inte tyckte att handdatorn visade tillräckligt detaljerat hur platsen såg ut och dessutom fanns det synpunkter på att de var för långsamma. Inköpspriset för en sådan satellit-handmottagare ligger på 50–60000 kr per styck. Hela tanken med dem var att det skulle bli lättare att orientera sig på arbetsplatsen men reaktionerna blev inte riktigt som man tänkt sig. Dessutom kan det vara en idé att på mindre arbetsplatser hoppa in i maskinen och kolla på ritningen i skärmen för att få en bra överblick. Detta fungerar även på större arbetsplatser men där kan det kanske ändå vara enklare att staka vissa delar med käppar för att underlätta för yrkesarbetarna på plats (Korsvik, J. 2011).

6.1 Utrustning och programvaror

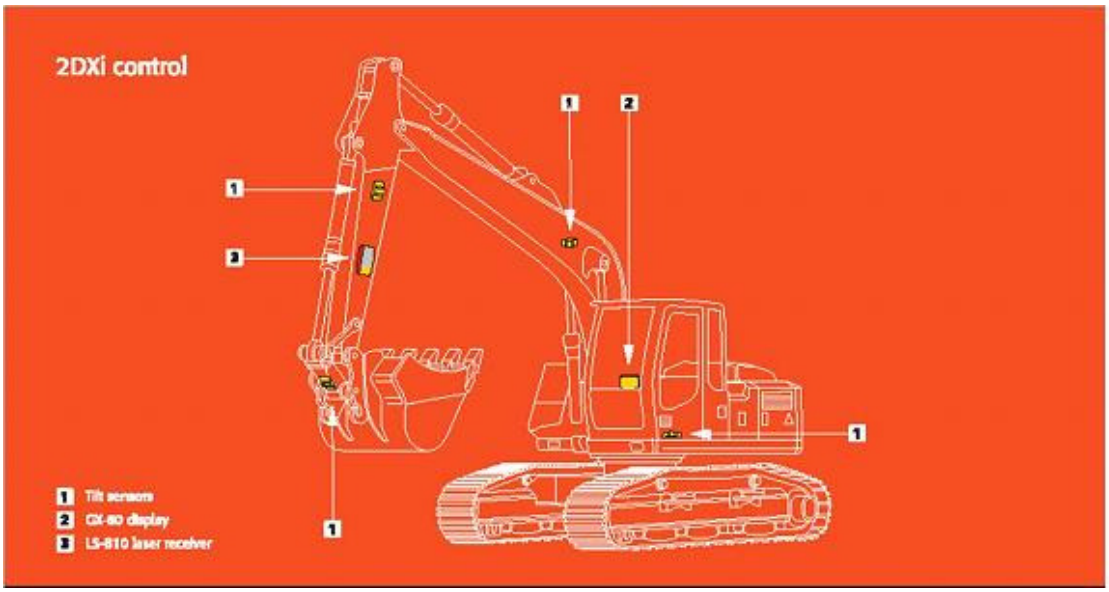
Det finns många leverantörer av både utrustning och programvaror. Den största leverantören av utrustning här i norden är Scanlaser, men även Top position är stora och båda arbetar med NCC.

6.1.1 Top Position

Top Position erbjuder olika typer av maskinsystem och programvaror. De är en av återförsäljarna för Topcon. Nedan syns två av deras system. Det första (figur 6-2) är ett grävsystem anpassat för GNSS och det andra (figur 6-3) är ett system anpassat för laser.



Figur 6-2 *Grävsystem GNSS* (topposition.se)



Figur 6-3 *Grävsystem Laser* (topposition.se)

I den översta bilden syns vinkelsensorerna på skopan, stickan och bommen. Vidare visas även display, radioantenn, GNSS-antenn och GNSS-mottagare.

På den undre bilden visas även där vinkelsensorer och en display. Skillnaden här är att den istället för antenner och GNSS-mottagare har en laser-mottagare. (Toppossition, 2011)

6.1.2 Scanlaser

Scanlaser är en av nordens största leverantörer av maskinguidningsinstrument och finns i hela Europa. Företaget har varit verksamt sedan 1985 och har på de 25 åren växt, från att ha varit ett litet företag som sysslade med täckdikningsmaskiner till att ha blivit ett av de största inom branschen. Idag erbjuder Scanlaser helhetslösningar för maskinguidning, allt från programvaror till kompletta lösningar, rådgivning och support. En av grundstenarna i Scanlasers filosofi är närhet till kunden och att ha kunskapen som krävs för att få dennes förtroende. År 2006 köptes Scanlaser av Hexagon som är världsledande i 3D-lösningar och det var i och med detta de kunde börja erbjuda sina helhetslösningar (Scanlaser, 2011).

Scanlaser använder sig av maskindatorn GeoROG i sina tredimensionella system. GeoROG:en är framtagen av SBG (Svenska Byggnads Geodesi AB) som även det är ett bolag under Hexagon. Denna maskindator ger hög flexibilitet och kan användas tillsammans med många olika tvärfalls- och kontrollsystem som exempelvis Topcon, Trimble, Novatron, Prolec, med flera.

Systemet fungerar så att en anläggningsmodell läggs in i GeoROG:en. Denna modell kan vara en terrängmodell, punkter, baslinje, en komplex modell, eller dylikt. Dessa modeller förs över till maskindatorn via en extern dator, en bärbar dator i maskinen, via GSM eller direkt via GeoROG:ens egna tangentbord. De olika filformat som är kompatibla med systemet är; DXF, DWG, ASCII, Land-XML, AnPakke och Excel. När modellen väl är inne i maskindatorn fås positionen av maskinen antingen via en fjärrstyrd totalstation eller via GPS och skopans position visas i vy. Med hjälp av detta system kan man även bland annat få ut volymberäkningar, grafiska vyer, automatisk lagring av data och mycket mer. (SBG, 2011)

6.2 Programvaror

Det finns flera av program för projektering av mark. Några av de vanligaste är Novapoint, DynaRoad och AutoCAD Civil 3D. Dessutom erbjuder exempelvis Topposition egna programvaror som ImageMaster och SurveyMaster.

6.2.1 Novapoint

Vianova är företaget som utvecklar och marknadsför Novapoint och under produktnamnet finns många olika typer av program. Det finns olika Novapoint-program som är specialiserade på olika typer av markprojekt till exempel Novapoint väg bas och Novapoint terräng (Vianova, 2011).

För att skapa en modell i Novapoint krävs en hel del indata. Geotekniska mätningar, dwg-filer, laserscanning och inmätningar. Ur detta skapas sedan en terrängmodell som beskriver hur marken ser ut, med jordlager, kablar, ledningar och så vidare. Väglinjerna ritas sedan in i terrängmodellen och från detta kan utsättningsdata hämtas till såväl traditionell utsättning som till maskinguidning. Det går även att få ut mängdberäkningar med hjälp av informationen i ritningen. (Johansson And, L. 2009)

6.2.2 Civil 3D

AutoCAD Civil 3D är speciellt utformat för anläggnings- och VA-projekt. Det är en så kallad BIM-lösning (Buildning Information Modeling) och använder en dynamisk konstruktionsmodell. Det innebär att ytor, profiler, texter, tvärsektioner och övriga objekt är dynamiskt länkade och uppdateras om något ändras.

I Civil 3D finns det möjlighet att konstruera, analysera och planera för anläggningsprojekt. Det går att skapa terrängmodeller, göra volymberäkningar, visualiseringar, med mera.

Den här typen av program, utformade för BIM används i allt större utsträckning och är ett bra verktyg där det går att få ut mer än bara en 3D-modell eller ritning. Här analyseras även modellen och på så sätt är det enklare att i ett tidigt skede upptäcka fel. (Autodesk, 2011)

6.2.3 DynaRoad

DynaRoad är en annan typ av projekteringsprogram. Det är indelat i tre separata delar; DynaRoad Plan, DynaRoad Schedule och DynaRoad Control. Med hjälp av de olika programmen går det att planera i 5D. Det innebär en simulering av modell, tidsplan, masshantering och ekonomi. (DynaRoad, 2011)

- DynaRoad Plan är till för att göra bland annat mängdberäkningar och optimera transporter. (DynaRoad Plan, 2011)
- DynaRoad Schedule är till för att planera arbetet på plats. Här kombineras de resurser som finns på arbetsplatsen med transporter av massor för att göra arbetet så effektivt som möjligt. (DynaRoad Schedule, 2011)
- DynaRoad Control är ett verktyg där det går att kontrollera hur arbetet går och jämföra med det som var tänkt. Det går exempelvis att jämföra vilka transporter av massor som är gjorda och jämföra med de transporter som var planerade från början. På så sätt går det att utreda de egna bristerna och eventuellt göra förbättringar under projektets gång eller vid senare projekt. (DynaRoad Control, 2011)

7 Kostnads- och effektivitetsjämförelse

Nedan visas en kalkyl (figur 7-1) gjord av NCC. Den som visar vad det finns att tjäna på att använda sig av maskinstyrning GNSS.

	Vad kan jag tjäna på att använda GNSS ?		
		Besparing	
1	Grävmaskinen kan arbeta utan hjälp av yrkesarbetare	375-140=235 kr/tim *	Grävmaskin
2	Grävmaskinen behöver inte vänta på utsättning/mätning	4%	Grävmaskin
3	Grävmaskinen blir effektivare--kan jobba i mörker---kan jobba fulla dagar----kan jobba övertid	12%	Grävmaskin
4	Vid oförutsedda hinder kan maskinen snabbt byta arbetsmoment	3%	Grävmaskin
5	Grävmaskinisten kan själv se alla förändringar (sidostick,korsande ledn.,breddändringar)	1%	Grävmaskin
6	Mätpersonalen kan direkt ta fram olika ritningar och utsättningsdata	5%	Mätpersonal
7	Uppställningstiden för en totalstation är borta---Större rörlighet	5%	Mätpersonal
8	Inmätningar kan ske både med grävmaskin och stång, utan föregånde planering	1%	Mätpersonal/grävmask.
9	Med ny teknik kan data överföras på distans, gäller även inmätningar och uppföljningar	3%	Mätpersonal/grävmask.
*	Yrkesarb. kr/tim 375		
	GM --GNSS kr/tim 140		

Figur 7-1 *Kostnadskalkyl* (NCC Starnet, intranät)

Här blir det tydligt att maskinguidning gör att arbetet kan bli mer fritt. Maskinisten är inte beroende av någon yrkesarbetare, utan kan klara arbetet helt på egen hand. Dessutom går det att arbeta längre dagar med denna teknik då maskinguidning inte lika känsligt för mörker som schakt med hjälp av fluktpinnar blir. Siffrorna är några år gamla men procentsatserna förändras inte trots att yrkesarbetarens lön och priset för att använda GNSS kan göra det. Idag är kostnaden för ett helt maskinguidningssystem 75 kronor extra i timmen. Med detta menas att maskinentreprenaden tillhandahåller både grävsystem och maskindator (exempelvis en GeoROG). Ett halvt system (ingen maskindator) kostar 40 kronor extra i timmen.

Siffrorna ovan visar även de kostnader som sparas in genom att mätpersonalen inte alltid behöver vara på plats och att de direkt kan få fram olika ritningar och utsättningsdata.

7.1 Kostnader

För att få en bild av vad det finns för pengar att spara har jag intervjuat Leif Sonander på NCC i Stockholm. Han har närmare undersökt tid och personal och vad NCC tjänar på att använda maskinguidning. I Stockholm började de redan för tio år sedan och de har kommit långt. Numer använder de i stort sett maskinguidning med sina egna basstationer, NCCnet, på samtliga anläggningsprojekt. Däremot går det inte att använda när det krävs millimeternoggrannhet. Då krävs det maskinguidning med totalstation.

De projekt han har undersökt är något större projekt, men det som framkommit då är att det går mycket fortare och behovet av utsättningspersonal halveras. Det är svårt att säga exakt hur mycket fortare arbetet utförs eftersom det skiljer sig mycket från plats

till plats. De siffrorna jag fått fram från olika håll visar att det går ungefär 20 procent fortare med maskinguidning. Dessutom är det möjligt att starta nästan direkt då basstationerna redan är på plats och det blir heller ingen extra kostnad för etablering.

7.2 Kostnadsjämförelse

Nedan i tabellen undersöks en fiktiv arbetsplats om 10 000 m³ schaktning. På arbetsplatsen används en grävmaskin som schaktar 30 m³ per timme vilket skulle innebära att schakten skulle ta 41 dagar att slutföra. I nedanstående uträkningar har ingen hänsyn tagits till det faktum att maskinguidning generellt är en snabbare metod att använda än traditionell schaktning.

Utrustning	**Maskinstyrd schakt**		**Traditionell schakt**	
	Kronor per timme	Kronor per m³	Kronor per timme	Kronor per m³
Grävmaskin	850	27,88	850	27,88
Grävsystem	75	2,46	0	0
Yrkesarbetare	0	0	375	12,30
Mättekniker	300	9,84	300 kr	9,84 kr
Modell (5000 kr)	15,25	0,50	0 kr	0 kr
Laser	0	0 kr	12,50 kr	0,41 kr
Basstation	75	2,46	0 kr	0 kr
Totalt	1 315,25	43,14	1 537,50 kr	50,43 kr
Totalt för hela schakten		**431 400 kr**		**504 300 kr**
Differens				72 900 kr

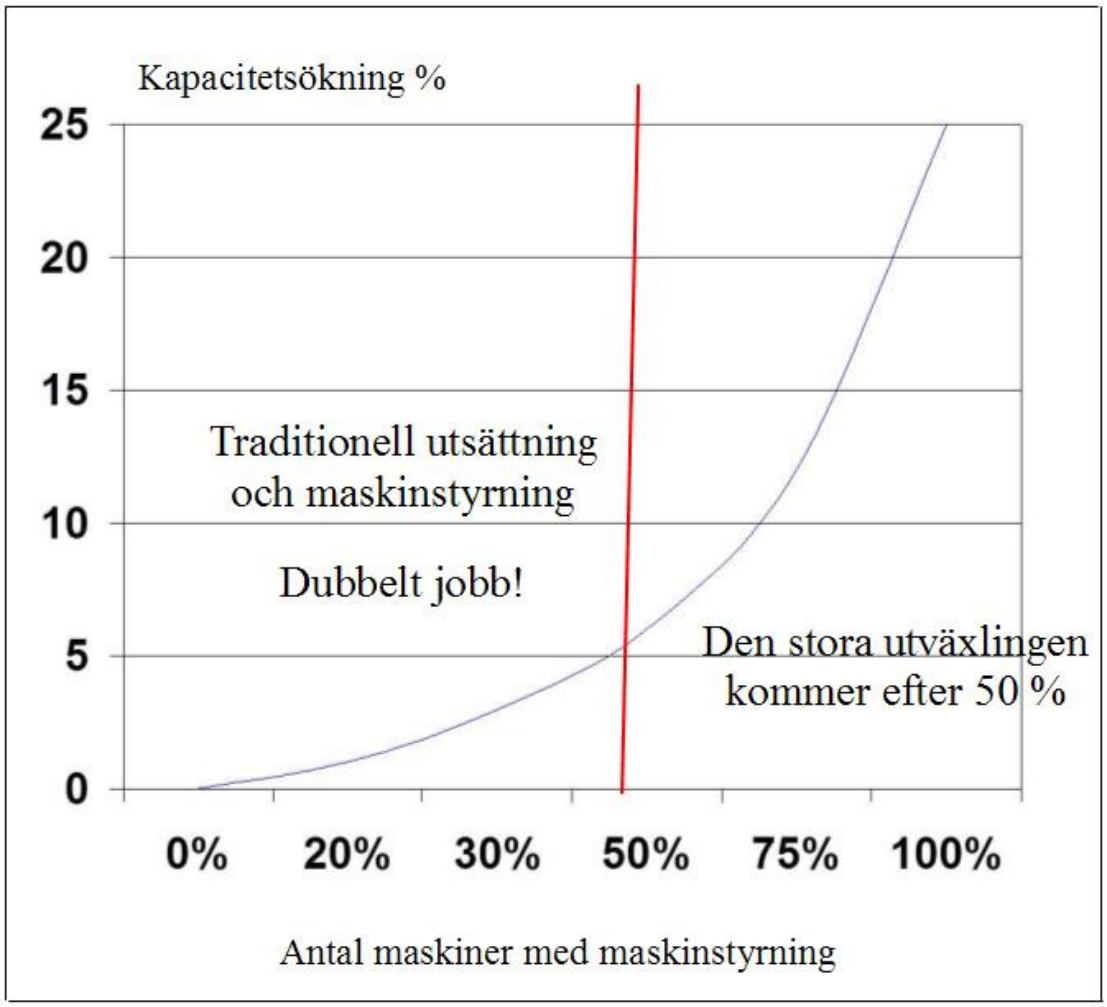
(Källa: Svensson, S. 2008)

7.3 Kapacitet

Utrustningen som krävs skiljer sig en del från arbetsplats till arbetsplats. På vissa arbetsplatser krävs kanske bara någon enstaka grävmaskin och en bandschaktare för att schakta bort matjorden, medan det på större vägarbeten krävs många fler maskiner. Det finns egentligen inget som säger att maskinguidning måste användas på alla maskinerna på arbetsplatsen men det visar sig av undersökningar att det är mer kostnadseffektivt om så många maskiner som möjligt använder tekniken. Däremot om en grävmaskinen exempelvis kommer att arbeta väldigt mycket kan det vara en idé att

använda maskinguidning på den, medan bandschaktaren kanske kan arbeta helt utan maskinguidning eftersom arbetet inte blir så omfattande för den. Detta är även det en viktig del att titta på vid projektering och upphandling. Vid en undersökning som NCC gjort visade det sig att kapacitetsökningen tog ordentlig fart när maskinguidningen övergår cirka 50 % gentemot stakning enligt diagrammet nedan. Med detta menas att ofta när maskinguidning provas av olika schaktbolag provar de bara på någon maskin på en byggarbetsplats. På de platser där det används tre till fyra maskiner blir det dubbelt arbete. Då de blir tvungna att både sätta käppar och datormodell för maskinguidning.

Siffrorna i diagrammet nedan är inte helt exakt men det är ungefär så här man får tänka (Korsvik, J. 2011). Detta innebär, eftersom det fortfarande är något dyrare med maskinguidning, att det inte blir ekonomiskt försvarbart att använda maskinguidning på få maskiner.



Figur 7-2 *Kapacitet* (NCC Starnet, intranät)

8 Diskussion

Det finns många faktorer som påverkar möjligheten att använda maskinguidning och maskinstyrning på mindre markentreprenader. Den allra största i dagens läge är att instrumenten som installeras på maskinen kostar mycket pengar och det kan vara svårt att göra det ekonomiskt hållbart på mindre projekt. Däremot köper fler och fler maskinentreprenörer in instrumenten och om ett par år kommer, med största sannolikhet de flesta ha dem. Idag krävs dock att maskinentreprenören redan tidigare har investerat i utrustningen för att de ska klara sina kostnader och inte utgöra en för stor kostnad för NCC. För trots att det i längden kommer kosta mindre med denna teknik blir det alltid en period i början när tekniken kostar mer och kunskapen är begränsad. Det är även viktigt att mätningschefen på plats kan tekniken för att det inte ska bli förseningar och onödiga extrakostnader.

8.1 Investera

En av de absolut viktigaste sakerna för att få igång maskinguidning ordentligt här, enligt mig, är att Region Väst investerar i basstationer så att Göteborgsområdet täcks in. Det blir väldigt begränsat att lägga sådana kostnader på enskilda projekt och det ligger i NCC:s intresse att investera i den nya tekniken precis som NCC i Stockholm har gjort framgångsrikt. En basstation håller i flera år och kommer vara en tillgång för företaget en lång tid framöver. Det skulle spara in pengar på varje arbete i och med att kostnaden inte alls blir lika stor som om man skulle använda sig av SWEPOS nät. Detta skulle göra det mer flexibelt att använda på mindre markentreprenader då tekniken redan skulle finnas på plats och det skulle krävas en man mindre på arbetsplatsen som annars skulle ha kontrollerat fluktpinnarna och djupet på schakten.

8.2 Utrustning

Det finns en hel del olika alternativ att använda sig av vid maskinguidning och eftersom GNSS-systemet kan vara känsligt på grund av arbetsplatsens läge har även alternativen varit intressanta att titta på. Figuren nedan olika typer av utrustning för maskinguidning.

Figur 8-1 *Utrustning* (topposition.se)

Totalstation kom upp som ett alternativ men fick snabbt läggas åt sidan då det blir mycket dyrare och inte är alls så flexibelt som jag tidigare trott. Vid totalstation kan man bara använda en station per maskin och varje totalstation kostar cirka 250 000-300 000 kronor till skillnad från GNSS-systemet som kostar cirka 150 000 kr. Som det verkar är GNSS tillsammans med klassisk stakning det absolut bästa alternativet. Stakningen hjälper även yrkesarbetarna på arbetsplatsen

att orientera sig, men det går att minska antalet käppar en hel del och det gör systemet mindre känsligt. Även här återkommer relevansen att investera i ett antal basstationer. Ju fler basstationer desto bättre täckning av Göteborgsområdet, färre felaktiga mätningar och större flexibilitet skulle det bli. Speciellt på de mindre entreprenaderna är det viktigt att investeringen redan är gjord både av NCC och av underentreprenören så att kunskapen finns och kostnaden inte blir så hög som om det vore en ny investering. Finns kunskapen dessutom redan på plats blir risken för fel och förseningar på arbetsplatsen mindre.

8.3 Projektören

Kraven på projektörerna blir större och större i och med maskinguidning. Tekniken finns tillgänglig men det som verkar vara det stora problemet är kommunikationen mellan projektörerna/konsulterna och beställaren. Nu verkar det som att mer kommer att regleras i Bygghandling 90, som är allmänna rekommendationer, vad till exempel linjerna ska döpas till för att vidare förtydliga vad som ska gälla för de nya modellerna. (M. Olsson, 2011). Detta för att underlätta så att alla använder sig av samma beteckningar och skapar gynnsammare förutsättningar för alla aktörer. Det kommer även att vara viktigt med nya krav-program för vad en anläggningsmodell ska innehålla. Allt från geotekniska modeller till nivåer på schaktbotten och lutningar. Svårigheten blir mest att det är svårt att göra en exakt geoteknisk undersökning då endast stickprov görs av området. Därför skulle en eventuell friskrivningsklausul finnas då det är en uppskattning av hur marken ser ut.

8.4 Maskinentreprenören

Maskinentreprenörerna bär även de ett stort ansvar för att tekniken ska få fäste här i Göteborgsområdet. Finns inte utrustningen hos dem blir det svårt för NCC att använda sig av tekniken. I början kommer det att bli lite dyrare och maskinisterna kommer att behöva mer betalt eftersom de får göra stora investeringar, men även här gäller det att ställa krav. De flesta jag pratat med tror att detta är framtiden inom anläggningsbranschen och det borde vara en tillräcklig anledning för att se till att investera i både utrustningen och kunskapen. Dessutom blir maskinisterna mer självständiga och behöver inte hela tiden vara beroende av mätteknikern. Många av de maskinister som använt tekniken ser detta som en stor fördel. Tidigare var det inte möjligt att arbeta i mörker exempelvis och som bilden nedan visar är detta inte längre ett problem.

Figur 8-2 *Grävmaskin arbetar i mörker*

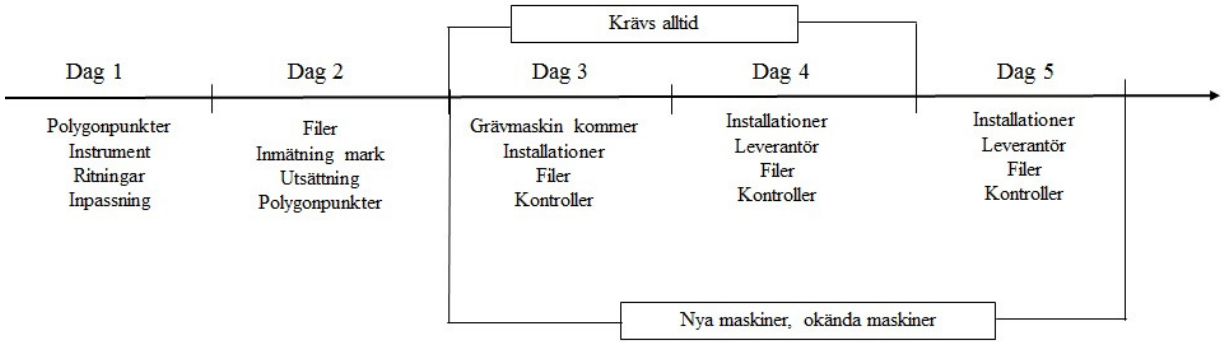
8.5 Utsättning

En intressant del att titta på är hur utsättningen kan göras optimal. Det ska inte vara ett för känsligt system men det ska ändå vara något som är lättbegripligt och lätt att följa. Under kapitlet utsättning behandlades det något. Det är viktigt att det inte blir för svårt för yrkesarbetarna på arbetsplatsen att orientera sig. Om det inte finns några märkningar kan det bli svårt för dem och trots att det finns hjälpmedel skulle det bli väldigt dyrt att ge alla varsin handmottagare. I nuläget skulle det bli svårt att ta bort alla käppar. Skulle det vara någon arbetsplats det faktiskt skulle gå att arbeta så skulle det ändå vara på ett mindre arbetsplats eftersom där blir det närmare till var och en och lättare att hjälpa varandra. Däremot skulle det inte alltid vara en bra idé eftersom det kan bli rörigt och något ostrukturerat på arbetsplatsen om alla måste ha tillgång till maskinerna hela tiden. Trots att det blir ett merarbete finns det viss ekonomi i att fortsätta med pinnar ett litet tag till. Inte för de mer exakta schaktningarna men för att se till att ha några referenspunkter. Dessa käppar skulle egentligen inte ens behöva sättas dit av en mättekniker utan det skulle räcka med att någon med en handmottagare skulle kunna mäta ut rätt plats för dem. Mest för att märka upp grunden och tomtgräns exempelvis så att de som inte har tillgång till en handmottagare eller maskindator kan orientera sig.

8.6 Utbildning och kunskapsinventering inför nytt projekt

För att komma igång ordentligt är det viktigt att alla som har ansvar på arbetsplatsen och de som är involverade i maskinguidningen får någon typ av utbildning. Bristande kompetens är en stor orsak till att arbetet står still eftersom problemet behöver lösas genom att ta reda på var felet ligger. Det går naturligtvis inte att undvika problem helt men om personalen på plats kan få en grundläggande utbildning i vad som behövs och hur vanliga fel kan åtgärdas, skulle det med all säkerhet flyta på bättre. Dessutom måste mätchefen på plats få en ännu mer djupgående kunskap om tekniken. Det är ju trots allt han som bär det största ansvaret för att schaktningen blir rätt. När Per Svedberg intervjuades sa han att ett av problemen var att han inte hade full kunskap om hur systemet fungerade och att många problem fick lösas när de uppkom. Projektet fick bli en inlärningsprocess och det är klart att det måste få bli en sådan

process men om det skulle gå att undvika så mycket som möjligt med hjälp av utbildning hade det varit det bästa. Inför varje projekt ska en inventering av kunskapen bland medarbetarna göras. Har de som är ansvariga rätt kunskap för att arbetsplatsen ska kunna flyta på som det är meningen att det ska göra? I början är det viktigt att det finns god kompetens och alla kanske inte behöver ha spetskompetens men det är viktigt att ha någon på arbetsplatsen som förstår hur det fungerar. Dessutom är det viktigt att låta det få ta några dagar för att se till att allt stämmer med instrumenten till maskinguidningen. Figuren nedan är från NCC:s maskinguidningsutbildning i Stockholm och visar den tiden det tar att förbereda för maskinguidning.



Figur 8-3 *Uppstart av maskinguidning* (NCC Starnet, intranät)

8.7 Framtida tillämpningar

Maskinguidning är en teknik som är under snabb utveckling. De flesta jag har pratat med tror att detta är framtiden inom mark och anläggning och redan nu sker det snabb utveckling. Även prisbilden förändras lite med att tekniken blir vanligare och kompetensen större inom området och kostnaden för att använda maskinguidning på projekt blir i och med det lägre.

En av de stora nyheterna inom maskinguidning är 2-vägskommunikationen. Istället för att ta sig ut på arbetsplatsen och prata med maskinisten kan mätteknikern då sitta i stort sett var som helst där han har en internetuppkoppling och hjälpa till med problemet. Detta skulle spara väldigt mycket tid och tid kostar alltid pengar.

9 Rekommendationer

Nedan redovisas några rekommendationer för vad NCC skulle kunna tänka på när de ska börja använda maskinguidning på mindre projekt för att göra det så kostnadseffektivt som möjligt.

- Investera i fler basstationer i Region Väst.
    - Att investera i nya basstationer är egentligen inget måste för att göra maskinguidning med hjälp av GNSS ekonomiskt försvarbart ens på mindre anläggningsentreprenader, men i längden skulle detta minska kostnaderna vid utökning av användandet. Att använda SWEPOS-stationer kostar cirka 600 kronor per dag och det är denna kostnad som skulle kunna sparas in. Givetvis skulle det innebära en stor kostnad för NCC i startskedet att investera i nya basstationer, men nu finns det redan en station i Göteborg och det finns all anledning att fortsätta bygga ut systemet så att det får teckning över större delen av Storgöteborg.
- Se till att utbilda personalen på plats för att undvika problem.
    - Inför varje projekt blir det viktigare än tidigare att göra en kunskapsinventering. Eftersom tekniken är ny bör varje platschef se till att de ansvariga på arbetsplatsen är väl införstådda med hur maskinguidning fungerar och kan lösa de mindre problem som kan uppkomma.
- Ställ krav på projektörerna.
    - Den här punkten innebär egentligen att ställa krav både på projektören och på den som gör beställningen från denne. Vet han som beställer modellen eller ritningen egentligen vad som är bäst lämpade för det här projektet? Denna fråga kan egentligen bara besvaras av någon som är väl insatt i ämnet. Ska det vara enklare ritningar där mättekniker eller mätningschefen själva får lägga in koordinater eller ska det vara mer omfattande och innehålla alla data redan från början. Kostnaden blir i och för sig högre när alla data redan ingår, men det innebär även att projektet kan starta tidigare och maskinisterna behöver inte vänta på punkterna ska läggas in i efterhand. Det kan även finnas anledning att specificera vad för linjer som ska finnas i modellen som ska in i maskindatorn. Vad är det maskinisten vill ha? Vill han ha de uppdelat i flera mindre ritningar eller vill han ha en enda omfattande. Här gäller det att ha en dialog med alla inblandade och eventuellt ha ett färdigt krav-program.

- Använd maskinguidning i så stor utsträckning som det går för att sätta press på maskinentreprenörerna.
    - Maskinguidning kommer med stor säkerhet vara den tekniken som kommer att dominera marknaden om några år. Detta innebär att maskinisterna kommer att behöva investera i det förr eller senare. Det jag har fått höra av maskinister, är att många byggföretag ställer krav på att maskinguidning ska finnas, men vill inte betala det pris som det faktiskt kostar extra för dem. För att få ett bra fungerande samarbete där alla arbetar för att maskinguidning ska fungera så bra som möjligt, bör det ske på lika villkor. Ställ krav på att maskinisten ska ha så kallat GPS-körkort, men ställ även krav på er organisation så att arbetet kan utföras på bästa och mest lönsamma sätt.

10 Källor

Nedan redovisas olika typer av källor som använts till denna rapport.

10.1 Litteratur

Johansson And, L (2009) *Utveckling inom maskinguidning för anläggningsarbeten.* Göteborg: Chalmers (2009:69)

Svensson, S. (2008) *Maskinstyrning- i mindre anläggningsprojekt*. Lund: Media-tryck biblioteksdirektionen.

Wass, H. (2008) *Anläggning med moderna metoder.* Göteborg: Chalmers (2008:71)

10.2 Elektroniska källor

Absolut mätning (2011) http://swepos.lmv.lm.se/gps/absolut/absolut.htm (2011-06-21).

BIM för konstruktion och dokumentation av mark-, väg- och VA-projekt (2011) http://www.autodesk.se/adsk/servlet/pc/index?siteID=440386&id=14585838 (2011-06-21).

DynaRoad Control (2011) http://www.dynaroad.fi/pages/content/view/39/26/)2011-06-21).

DynaRoad Plan (2011) http://www.dynaroad.fi/pages/content/view/36/26/ (2011-06-21).

DynaRoad Schedule (2011) http://www.dynaroad.fi/pages/content/view/38/26/ (2011-06-21).

Exakt positionering med Epos (2011) http://www.teracom.se/epos (2011-06-21).

GeoROG - in production since 1995 (2011) http://www.sbg.se/products/georog.html (2011-06-21).

GPS och annan mätningsteknik - GNSS – status (2011) http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Page.aspx?id=7361 (2011-06-21).

GPS och annan mätningsteknik - Nätverks-RTK (2011) http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Page.aspx?id=13759 (2011-06-21).

Novapointprodukter (2011) http://www.vianova.se/Produkter/Novapointprodukter (2011-06-21).

Om oss - Scanlaser – Vår historia (2011) http://www.scanlaser.se/se/om-oss_1104.htm (2011-06-21).

Relativ mätning (2011) http://swepos.lmv.lm.se/gps/relativ/relativ.htm (2011-06-21).

SWEPOS-stationer ...från norr till söder (2011) http://swepos.lmv.lm.se/index_swepos.htm (2011-06-21).

Tallgren, M-V, red. (2011), *Anbud, upphandling, partnering och AB04*. 27 januari, 2011, Göteborg.

Tredimensionella system (2011) http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Page.aspx?id=4574 (2011-06-27).

Why DynaRoad? – DynaRoad Modules (2011) http://www.dynaroad.fi/pages/content/view/4/7/ (2011-06-21).

Vad är nätverks-RTK? (2011) http://swepos.lmv.lm.se/natverksrtk/netvrtktjanst.htm (2011-06-27).

10.3 Muntliga källor

Ask, Andreas (NCC) intervjuad av författaren 2011-04-05.

Korsvik, Johan (NCC) intervjuad av författaren 2011-04-06 och 2011-05-02.

Olsson, Magnus (Vectura) intervjuad av författaren 2011-04-27.

Sonander, Leif (NCC) intervjuad av författaren 2011-04-27.

Svedberg, Per (NCC) intervjuad av författaren 2011-04-06.

10.4 Bilder

Figur 3-1: http://swepos.lmv.lm.se/pix/abso.gif

Figur 3-2: http://swepos.lmv.lm.se/pix/relas.gif

Figur 3-3: http://swepos.lmv.lm.se/pix/karta_fortatning_matosakerhet.jpg

Figur 3-4: http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Page.aspx?id=4574

Figur 3-6: http://sverigesradio.se/diverse/appdata/isidor/images/news_images/986/1056241_520_292.jpg

Figur 3-5: NCC:s egen bild.

Figur 4-1: http://www.topposition.se/pdf/Leaflet_GLS-1500_A4_English-EN-low-final[1].pdf

Figur 4-2: http://www.maskinisten.net/userpix/2409_xc_singlegr_excavator_2.jpg

Figur 4-3: http://www.topposition.se/pdf/IS.pdf

Figur 6-1: http://3.bp.blogspot.com/_iyZ0GcmeXgw/S93Cr5uwp-I/AAAAAAAADhs/jef1xMtmZyU/s1600/Kopia+av+Uts%C3%A4ttning+av+huset+1-2+maj+2010+015.jpg

Figur 8-1: http://www.topposition.se/pdf/Leaflet_GR-5_English-EU-RZ-low.pdf

Figur 8-2: http://www.nkgk.se/site/images/slide4.jpg

Omslagsbild: http://213.132.112.100/images/83/8325880630.jpg