

Maskinstyrning

– i mindre anläggningsprojekt



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg

Examensarbete:
Stefan Svensson

© Copyright Stefan Svensson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2008

Sammanfattning

Maskinstyrning – i mindre anläggningsprojekt

Maskinstyrning är ett mätsystem för anläggningsmaskiner som kan styras av ett eller flera mätinstrument som totalstation, GPS eller plan laser. Idag används maskinstyrning framförallt på stora anläggningsprojekt där det ger en rad fördelar som minskad utsättning, bättre effektivitet och noggrannhet.

Går det att använda maskinstyrning även på mindre projekt och få samma fördelar som det går att få på stora projekt?

I undersökningen har de intervjuades synpunkter om maskinstyrning och vad de tror om att använda det på mindre projekt tagits upp.

För att även få en kostnadsuppfattning har en jämförelse med eller utan maskinstyrning gjorts på en schakt.

Resultatet visar att de intervjuade är positiva till att börja använda maskinstyrning även på mindre projekt. De fördelar som de har på stora projekt tror de även att de kommer få på mindre projekt. Kostnadsjämförelsen visar även att det går att göra besparingar med maskinstyrningsanvändning på mindre anläggningsprojekt. Men där finns hinder på vägen innan man når dit. Intervjuerna pekar bland annat på problem med att enkelt skapa den teoretiska modellen och dålig kunskap inom området. Detta gör att det sannolikt kommer att dröja innan det är vanligt förekommande på mindre projekt.

Nyckelord: Maskinstyrning, GPS, Anläggningsmaskiner

Abstract

Machine Control – in small infrastructure projects

With machine control engineering vehicles can be controlled by one or several measuring instruments like total station, GPS or plane laser. Machine control are today used on mainly large infrastructure projects where the advantages are; reduced field measurements, increased effectiveness and precision. Can machine control also be used on small projects and have the same advantages compared to large projects?

In the survey the interviewed opinions about machine control are explained and also what they think about using it on smaller projects. Further, A comparison have been done of using and not using machine control on a shaft in order get a cost understanding.

The result shows that the persons are positive to use machine control on smaller projects. They believe that the advantages they have today on large projects can be implemented on smaller projects. The cost comparison shows that even on small infrastructure projects there is money to save when using machine control. But there are obstacles on the way. The interviews point at problems like creating the theoretical model and poor knowledge within the area. Based on this result it will probably take some time before it is commonly used on smaller projects.

Keywords: Machine control, GPS, Engineering vehicles

Förord

Detta examensarbete bygger på erfarenheter och tankar ifrån personer som har kommit i kontakt med maskinstyrning för anläggningsmaskiner. Jag vill tacka de som har ställt upp och tagit sig tid att bli intervjuad, det har hjälpt mig mycket.

Examensarbetet är genomfört på utbildningen Byggteknik med inriktningen Väg och trafikteknik, vid Lunds Tekniska Högskola, Campus Helsingborg. Arbetet har utförts under vårterminen 2008 och är i huvudsak genomfört i samarbete med Skanska Väg och Anläggning Syd men även andra företag har varit med i undersökningen.

Jag skulle även vilja tacka alla som har hjälpt mig med tips och annan värdefull hjälp under arbetet, sist men inte minst skulle jag vilja tacka min handledare Stefan Svensson på Skanska Väg o Anläggning som har gjort det möjligt för mig att genomföra detta arbete.

Stefan Svensson

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och frågeställning	1
1.3 Avgränsningar	1
2 Metod	1
3 Teori	2
3.1 Maskinstyrning	2
3.1.1 Vad är maskinstyrning?	2
3.1.2 Hur fungerar det?	3
3.2 Maskiner	4
3.2.1 Bandschaktare.....	4
3.2.2 Väghyvel	5
3.2.3 Grävmaskin	6
3.3 Styrsystem/Grävsystem	7
3.3.1 Funktion.....	7
3.3.2 Beståndsdelar	8
3.3.3 Användning	8
3.4 Positionering	8
3.4.1 Satellitsystem	9
3.4.2 GPS	9
3.4.3 GLONASS	9
3.4.4 Galileo	10
3.4.5 Mätmetoder	10
3.4.6 Relativ positionsbestämning.....	10
3.4.7 RTK	10
3.4.8 Basstation/Referensstation	11
3.4.9 SWEPOS med nätverks RTK	12
3.4.10 Felkällor med GPS	13
3.4.11 GPS antenn	13
3.4.12 Totalstation	13
3.4.13 Plan laser.....	14
3.4.14 Felkällor med Totalstation och Plan laser.....	14
3.5 Maskinstyrningssystem	15
3.5.1 Program	15
3.5.2 Modell	16
3.6 Toleranser	17
4 Kostnads och effektivitetsjämförelse	17
4.1 Slutsats kostnads och effektivitetsjämförelse	19

5 Undersökning	20
6 Resultat.....	21
6.1 Översikt.....	21
6.2 Maskinsystem och leverantörer	22
6.3 Dagens användning	23
6.4 För och nackdelar	23
6.5 Modellen	24
6.6 Effektivitetsvinster	24
6.7 Intresse	25
6.8 Kunskap	25
6.9 Noggrannheten	25
6.10 Framtida tillämpningar	25
6.11 Användning på mindre projekt	26
7 Slutsats	26
8 Referenser	27
9 Bilagor.....	28
9.1 Sammanfattning av intervjuer person 1.....	29
9.2 Sammanfattning av intervjuer person 2.....	31
9.3 Sammanfattning av intervjuer person 3.....	32
9.4 Sammanfattning av intervjuer person 4.....	34
9.5 Sammanfattning av intervjuer person 5.....	36
9.6 Sammanfattning av intervjuer person 6.....	36

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Mätning och styrning av anläggningsmaskiner är en viktig del i byggprocessen. Vid alla typer av anläggningsarbeten genomförs det geodetisk mätning för att arbetet skall kunna utföras på rätt sätt. Traditionellt har mätning vid anläggningsprojekt skett genom att en utsättare sätter ut stakkäppar på rätt position i plan som det sedan sätts höjder på. Detta system kräver förhållandevis mycket arbete, både för att sätta upp det och sedan för att gå med och kontrollera så mätningen blir rätt utförd.

Maskinstyrning är ett system som visar för maskinisten direkt i hytten vilken nivå skär eller skopan har både i plan och höjd. Detta har i regel endast skett på större vägbyggnadsprojekt, där främst väghyvlar har styrts på detta sätt. Den ständiga utveckling som sker på området gör att det idag borde finnas möjligheter att använda maskinstyrning även på mindre projekt.

1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med examensarbetet är att klargöra hur maskinstyrning fungerar och se ifall det finns vinster i att använda det på mindre anläggningsprojekt där det idag förekommer sparsamt.

För att besvara examensarbetet har fyra frågor ställts upp:

- Hur fungerar maskinstyrning för anläggningsmaskiner?
- Är det tillräckligt utvecklat för att använda på mindre anläggningsprojekt?
- Vilka kostnads och effektivitetsvinster går det att få?
- Finns viljan och kunskapen att använda det på mindre anläggningsprojekt?

1.3 Avgränsningar

I undersökningen har endast de system som de intervjuade har angivit att de använder på deras maskiner tagits med.

2 Metod

I början av arbetet genomfördes en grundlig litteraturstudie för att se vad som tidigare skrivits i ämnet och få fakta inför de senare delarna i arbetet.

Som undersökningsmetod har intervjuer genomförts. Anledningen var att skapa en bild av hur personerna ute på arbetsplatserna tycker att maskinstyrning fungerar, vilka effektivitetsvinster det går att få, och vad de anser om att använda det på mindre anläggningsprojekt. Intervjuerna förväntas ge en bild av branschens åsikter. Intervjuerna har utförts med platschefer, mätningstekniker och maskinister.

Förutom intervjuer har en pris och effektivitetsjämförelse utförts på ett projekt på Skanska Väg & Anläggning Syd. Här jämförs ifall det blir kostnadseffektivare att använda maskinstyrning på det utvalda projektet istället för traditionell utsättning.

3 Teori

3.1 Maskinstyrning

3.1.1 Vad är maskinstyrning?

Maskinstyrning är en benämning på ett system som guidar eller styr anläggningsmaskiner med hjälp av mätninginstrument. Systemet började användas i en liten skala i början på 1990-talet. Idag används maskinstyrning på många stora anläggningsprojekt. Detta medför att det går att effektivisera arbetet betydligt. Det ger även en rad andra fördelar som:¹

- Minskad utsättning
- Färre yrkesarbetare
- Ökad kapacitet
- Mindre schaktmängder
- Effektivare utnyttjning av maskinpark
- Större frihet för maskinist
- Kvalitetssäkring
- Kostnader

3.1.2 Hur fungerar det?

Med maskinstyrning går det att positionera anläggningsmaskiner med hjälp av olika mätninginstrument.

Huvuddelarna i maskinstyrning är:

- Styrsystemet
Räknar ut positionen på skär och skopor
- Positioneringen
Räknar ut maskinpositionen i terrängen med hjälp av GPS² eller Totalstation
- Maskinstyrningssystem
Räknar ut skillnaden mellan teoretisk modell och verklig nivå

Genom att skapa en 3D modell av en vanlig ritning får maskinstyrningssystemet all information om hur de behandlade området skall se ut. Det kan vara information som olika höjder, släntlutningar, längd och bredd. Programvaran i systemet räknar kontinuerligt ut var skopan befinner sig i höjd och läge till maskinen. De gör den med hjälp av olika sensorer som finns monterade på maskinen.

¹ www.sbg.se/excavator.html

² GPS: Global Positioning system

Programvaran behöver även information om var maskinen befinner sig i området. Positioneringssystem beräknar positionen sig genom att använda en GPS mottagare samt en antenn för att ta emot satellitsignaler och korrektionssignaler.

All information visas på ett enkelt och användarvänlig sätt på en skärm i maskinen. Här kan maskinisten kontinuerligt följa var skopan befinner sig i förhållande till den rätta nivån både i höjd och läge. Sedan kan maskinisten schakta och terrassera marken till rätt nivå utan någon utsättning.

3.2 Maskiner

De maskintyper som vanligtvis används vid maskinstyrning är bandschaktare, vägghyvel och grävmaskin. Grävmaskinen förekommer på nästan varje arbetsplats medan bandschaktaren och vägghyvel ofta används på större projekt.

3.2.1 Bandschaktare

Bandschaktare är en traktor som går på band och har ett schaktblad i fronten. Den används vid utfyllnader, till att bana av matjord(det översta jordlagret) och är mycket effektiv för att förflytta stora mängder jordmassor. Banden gör att den

får fäste i nästan all typ av terräng. Stora tillverkare är Caterpillar och Komatsu. De finns i storlekar på ca 7 – 70 ton.³ Med maskinstyrning kan bandschaktaren styras både automatiskt eller guidas. Vid guidad körning ställer maskinisten in bladet så att det kommer i rätt nivå med hjälp av plan laser, GPS och totalstation. Vid automatisk körning behöver maskinisten endast styra maskinen. Bladets läge styrs automatiskt. Vid körning på automatik läget måste maskinen positioneras med GPS, totalstation eller plan laser.



Figur

2. Bandschaktare med GPS mottagare monterad på schaktbladet⁴

3.2.2 Väghyvel

Väghyveln används till att justera ytor med hög precision, speciellt på vägar och planer. Under mitten på maskinen är ett hyvelblad monterat. Detta blad kan ställas i olika positioner för att justera materialet. Väghyvelns möjlighet till att justera bladet gör att det är den enda maskin som är tillräckligt avancerad och effektiv för att användas vid justering av väg. Stora tillverkare är Caterpillar och Volvo. Väghyveln kan precis som bandschaktaren både guidas eller styras automatiskt med hjälp av maskinstyrning. Med totalstation som positioneringssystem går det att uppnå en noggrannhet ner till 3-5 millimeter.⁵

³ <http://sverige.cat.com/cda/layout?m=81932&cx=14>

⁴ <http://www.sbg.se/dozer.html>

⁵ <http://www.sbg.se/grader.html>



Figur 3. Våghyvel med lasermottagare monterad på bladet.⁶

3.2.3 Grävmaskin

En grävmaskin är en maskin som används för att gräva och justera jordmassor. Den är idag alltid hydrauliskt styrd och finns i en mängd olika storlekar, allt ifrån 1- 70 ton är vanligt i anläggningsbranschen. Grävmaskiner kan både vara band eller hjulburna. Vanliga märken är Volvo, Caterpillar och Komatsu. Grävmaskinen är den vanligaste maskinen som används vid anläggningsbyggnad. De finns både larv och hjulgående grävmaskiner. Grävmaskiner kan endas guidas av maskinstyrningssystem och är alltid beroende av maskinisten som styr maskinen. Den kan precis som andra maskiner även köras helt utan maskinstyrning.

⁶ www.volvo.com



Figur 4. Grävmaskin⁷

3.3 Styrssystem/Grävsystem

Styrsystemet är utformat för att visa vilken nivå maskinens skär har i förhållande till maskinen eller till ett referensplan. Det är effektivt att utnyttja vid all maskinkörning och maskinisten kan även utnyttja det för enklare mätningar.

3.3.1 Funktion

Styrsystemets funktion är lika för både grävmaskin, vägghyvel och bandtraktor men fungerar på olika sätt. På grävmaskinen monteras sensorer som känner av bommen, stickans och skopans lutningar. Sensorerna är anslutna till en kontrollbox som med hjälp av den givna informationen och längderna på delarna kan räkna ut nivån på skospetsen. På vägghyvel och bandtraktor känner sensorerna av höjd och lutning på skäret. I övrigt är funktionen densamma som i grävsystemet. Styrsystemet kan även förses med en lasermottagare som kan ta emot signal ifrån en plan laser. Maskinen kan då använda laserfältet som en referens t.ex vid en plan yta.

Det finns tre olika sätt att lägga upp referensplan

⁷ Skanskas arbetsplats på IDEON i Lund

- Plan laser (2D)
Är bra vid plana ytor
- GPS/Totalstation (3D)
Vid avancerade ytor, som slänter och diken
- Egen referens
Vid höjdsättning inom maskinområdet

3.3.2 Beståndsdelar

De olika maskinernas styrsystem består av:

- Väghyvel
Lutningssensor, Rotationssensor, Längdfallssensor och Kontrollbox.
- Grävmaskin
Bomsensor, Sticksensor, Skopsensor, Kompass, Lasermottagare och Kontrollbox
- Bandschaktare
Lutningssensor, Kontrollbox

3.3.3 Användning

Med styrsystemet får maskinisten hjälp med det dagliga arbetet. I väghyveln kan maskinisten ställa in det önskade fallet på ytan. Lutningen visas digitalt på en skärm i hytten. På skärmen får maskinisten information om vilken nivå skäret har.

Grävmaskinisten kan använda grävsystemet för att mäta höjd, avstånd och lutning. I kontrollboxen visas höjden digitalt ifrån det inställda referensplanet. Maskinisten kan även placera skopan på en höjd t.ex markplan och sedan skriva in schaktdjupet i kontrollboxen. Denna nivå kan han sedan använda så länge maskinen står kvar på samma ställe. Vid förflyttning måste systemet nollställas på nytt. Detta system är bra att använda vid planer, grunder, vatten och avlopp. Det finns idag många olika leverantörer av grävsystem men funktionen är i princip densamma, på samtliga.⁸

3.4 Positionering

För att positionera maskinen i terrängen krävs antingen GPS, totalstation eller plan laser. Med GPS går det att få ut sin position var som helst på jordens yta med vissa begränsningar. Totalstationen orienterar sig genom kända punkter i terrängen. Med GPS och totalstation går det att 3D styra maskinen dvs både i

⁸ www.scanlaser.se länk: Grävsystem

plan och höjd. Plan laser kan endast användas för att ge ett höjdplan och inte orientering i plan.

3.4.1 Satellitsystem

Satellit positionering av maskiner sker idag med hjälp av GNSS (Global Navigation Satellite Systems). GNSS är ett samlingsnamn för de satellitbaserade navigerings- och positioneringssystem som idag finns. Satellitsystemen har idag en omfattande användning inom områden som farkostnavigering, samhällsbyggande, metrologi och jordbruk. GNSS omfattar följande satellitsystem:

- GPS – (operativt)
- GLONASS – (fungerar men har få satelliter igång)
- GALILEO (under utveckling och uppbyggnad)

GPS systemet är idag det enda som går att använda självständigt. Men i övrigt grundar sig mätmetoder och positionsbestämningsmetoder på principer som är gemensamma för GNSS.

3.4.2 GPS

GPS systemet är från början ett amerikanskt system och är utvecklat av den amerikanska militären. Det riktiga namnet är NAVSTAR-GPS (Navigation System with Time and Ranging – Global Positioning System) och började utvecklas redan på 1970 talet. Från början var system tänkt att användas av militären, men idag har även civila användare tillgång till det. Idag har var man tillgång till system om man har en liten GPS mottagare. Med systemet går det att få sin position dygnet runt, i vilket väder som helst och överallt på jorden. Systemet har inga användaravgifter.

GPS systemet består av minst 24 st satelliter som cirkulerar 20 200 km över jordytan och har en omloppstid på ca 12 timmar. Utformningen är konstruerad så att fyra satelliter alltid är tillgängliga var man än befinner sig på jordytan.⁹

3.4.3 GLONASS

GLONASS är den ryska motsvarigheten till det amerikanska NAVSTAR-GPS. Systemet byggdes upp av den ryska militären på 1980 talet och blev operationellt 1993. Satelliterna ligger på en höjd av ca 19 100 km. Varje satellit fullbordar ett varv runt jorden på ca 11 timmar och 15 min.

⁹ Hofmann-Wellenhof, GPS, Theory and Practice

GLONASS satelliter har omloppsbanor som ligger längre norrut än de amerikanska satelliterna därför kommer de att täcka in Sverige bättre när systemet är fullt utbyggt.

Systemet skall bestå av 24 satelliter men den ryska statens dåliga ekonomi har gjort att det tidvis endast har funnits några få funktionsdugliga satelliter. Idag finns 14 fungerande satelliter.¹⁰ Detta gör att GLONASS systemet idag endast fungerar som komplement till de amerikanska GPS. Ryska staten har planer på att skjuta upp nya satelliter, det beräknas vara fullt utbyggt år 2010.¹¹

3.4.4 Galileo

Europa har långtgående planer på att skapa ett europeiskt satellitpositioneringssystem. Det planeras innehålla 30 satelliter på tre olika banplan och de ska cirkulera på en höjd av 23 616 km ovanför jorden. Systemet var tänkt att tas i bruk 2008 men p.g.a ekonomiska bekymmer är projektet framskjutet till 2011. Två försökssatelliter är i dagsläget uppskjuten.¹²

3.4.5 Mätmetoder

Det finns olika sätt att positionera sig mot satelliter. I maskinstyrning används relativmätning i realtid. Då det ger hög noggrannhet och positionen erhålls direkt.

3.4.6 Relativ positionsbestämning

I relativ mätning används alltid minst två mottagare. En mottagare ofta kallad för referensstation etableras över en känd punkt i terrängen, och den andra mottagaren bestäms i förhållande till denna. På så vis reduceras mätfel och noggrannheten blir större. Det går även att få data ifrån fasta referensstationer som t.ex SWEPOS med nätverks RTK. Fördelen blir att man endast behöver en mottagare. Det finns olika sätt som det går att mäta relativt på. Vid maskinstyrning används RTK.

3.4.7 RTK

RTK står för Real Time Kinematic och avser relativ bärvågsmätning i realtid. Med bärvågsmätning menas det mätning på satellitsignalens bärvåg. Innan RTK mätning kan börja måste den rörliga mottagaren initieras. Detta kan ta lite olika tid beroende på bland annat antal tillgängliga satelliter, satellit geometri och avstånd till referensstation oftast mellan några sekunder till några minuter. Med

¹⁰ <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/pls/htmldb/f?p=202:20:14637162736231801312::NO>

¹¹ Hofmann-Wellenhof, GPS, Theory and Practice

¹² ESA, First stages of Galileo

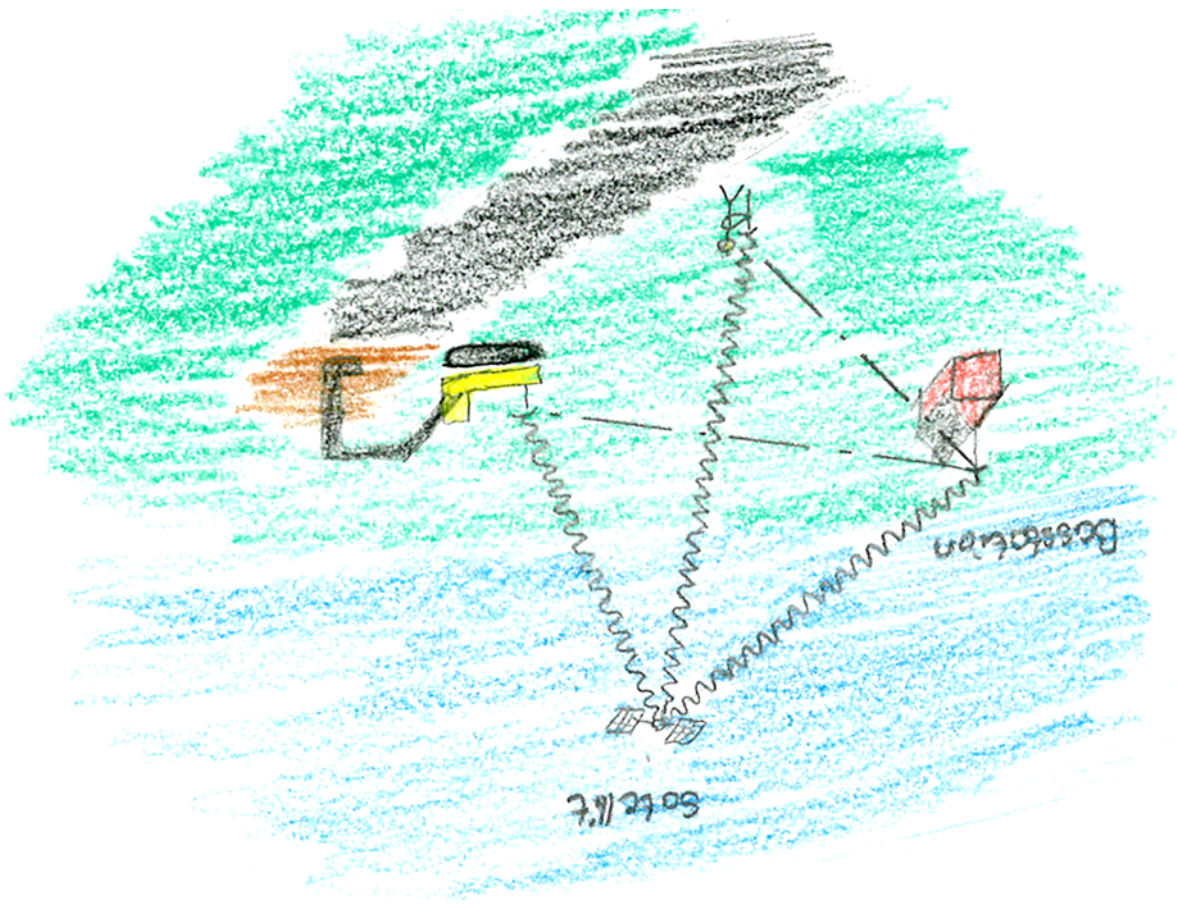
initieringen menar man att periodobekanta ska lösas dvs att antalet hela våglängder på satellitsignalen mellan satelliten och mottagaren ska bestämmas. Vanligaste metoden är ”on the fly” vilket innebär att de periodobekanta löses kontinuerligt och ger fri rörlighet för rovern. Detta kräver att minst fem satelliter är tillgängliga. Man skiljer ofta på enkelstations-RTK och nätverks-RTK. Skillnaden ligger i hur många referensstationer som används för positionsbestämningen.¹³

3.4.8 Basstation/Referensstation

Med basstation eller referensstation menas en satellitmottagaren som placeras lokalt ute på arbetsplatsen. Den placeras oftast högt och i centrum av arbetsområdet. Basstationen jämför satellitpositionsangivelsen med en känd punkt i terrängen. Skillnaden sparas som korrektionsdata och sänds ut via radio eller GSM till den rörliga mottagaren t.ex grävmaskinen som använder den till att korrigera sin satellitmätning för att få bättre noggrannhet. En förutsättning för mätningen är att den fasta och rörliga mottagaren mäter på samma satelliter och inte är för långt ifrån varandra. Utrustningen brukar klara avstånd upp till 30-40 km mellan referensstation och enkelstations RTK. Vid nätverks-RTK går de att klara avstånd upp till 70 km.¹⁴

¹³ LMV-Rapport 2007:11

¹⁴ LMV-Rapport 2007:11



Figur 5. Satellitsignalen tas emot av GPS mottagaren vid mätningsteknikern, grävmaskinen och basstationen. Förbättringar skickas ifrån basstation till mätningstekniker och grävmaskin för ökad noggrannhet.

3.4.9 SWEPOS med nätverks RTK

Vid användning av SWEPOS nätverks-RTK används ett antal fasta referensstationer i nätverk. Fördelen är bland annat att all data blir kvalitetskontrollerad och täckningsområdet blir sömlöst. Vid användning av SWEPOS nätverks RTK tjänst skickar man in sin absoluta position till SWEPOS driftcentral. Ifrån de närmsta SWEPOS stationerna plockas de data som korrigeras för fel i atmosfären och anpassas till rätt geografisk position. Driftcentralen skapar sedan en virtuell referensstation som mottagaren upplever ligger i närheten. Mottagaren kan sedan ta emot korrektioner som gör att noggrannheten ökar. SWEPOS är ett nationellt nät av fasta referensstationer för GPS. Nätet har varit i operationell drift sedan 2004. Lantmäteriet underhåller och driver SWEPOS nätet och idag finns 21 fullständiga stationer och 50 st förenklade stationer. I en fullständig SWEPOS station är GPS mottagaren monterad på en betongpelare som är förankrad i berggrunden, dessutom är all datautrustning dubblerad för ökad säkerhet. Alla SWEPOS stationer är direktanslutna via telefonnätet till driftledningscentralen som är placerad i Gävle.

3.4.10 Felkällor med GPS

Vid mätning med GPS kan det uppstå olika fel som kan påverka noggrannheten i mottagaren mellan 10 mm upptill 30 mm vid mätning med RTK. Nedan följer de huvudsakliga:¹⁵

- satellittillgänglighet
- signalkvalitet och satellitgeometri
- sikthinder
- antenn
- flervägsfel (multipath)
- satelliternas banbestämningar (bandata)
- atmosfären (jonosfär och troposfär)

3.4.11 GPS-antenn

GPS antennen består av en antenn som tar emot satellitsignalen och en mottagare som beräknar fram positionen på jordytan. Mottagaren innehåller även en data-länk som radiomodem eller GSM för att sända data eller ta emot förbättringar. GPS antennen kan ha olika former, men de lite tallriksformade med ruggad yta är vanligast förekommande. Den placeras olika beroende på vilken typ av maskin som den skall sitta på. På grävmaskin placeras den ofta bak på motvikten för minimal störning. Där sitter den högt och inte i vägen för maskinisten. På bandschaktare sitter de oftast framme på bladet och på vägghyvlar bakom hytten eller på skäret. På grävmaskiner kan antingen enkel eller dubbel GPS monteras. Vid enkel GPS måste maskinen roteras ett varv för att bestämma riktningen. Vid dubbel GPS erhålls riktningen direkt.¹⁶

3.4.12 Totalstation

Totalstationen ett instrument som mäter vinklar, avstånd och höjder. Instrumenttypen har funnits på marknaden i ca 40 år. Vid mätning med totalstation måste det finnas absolut fri sikt mellan station och det prisma man mäter mot. Totalstationen använder sig av en så kallad EDM(Electronic Distance Meter) för att mäta avståndet. EDMn mäter fasskillnaden mellan utskickat och reflekterad signal.¹⁷ På så sätt erhålls längden till prisma. Vid mätning med totalstation går det antingen att mäta genom att sikta in stationen manuellt på ett prisma eller fjärrstyrs totalstationen ifrån en dator som monterats på prismastången. De nyaste totalstationerna låser automatiskt in sig på prisma och följer det. Fördelen med fjärrstyrd totalstation är att endast en mätningstekniker

¹⁵ LMV-Rapport 2007:11

¹⁶ <http://www.sbg.se/excavator.html>

¹⁷ www.wikipedia.se sök ”Elektrooptisk längdmätning”

behövs, han kan då själv flytta prismastången mellan de punkter som skall mätas in och styra mätningen ifrån datorn som hänger på stången. Totalstation används vid alla typer av inmätning och utsättning. Den används även vid maskinstyrning då högre kvalitet behövs.¹⁸ Med maskinstyrning som styrs av totalstation, går det att uppnå en noggrannhet på 3-5 mm i plan och höjd.



Figur 6. Leica Totalstation¹⁹

3.4.13 Plan laser

Plan laser är ett vanligt hjälpmedel ute på arbetsplatserna. Den består av en laser och ett roterande prisma. Prismat snurrar så snabbt att ett plan bildas. Detta plan går sedan att detektera med en handmottagare. Instrumentet används sedan för höjdväljning. Plan laser går även att använda ihop med gräv och styrsystem. Det kopplas då ihop med en lasermottagare som monteras på maskinen. Mottagaren kan sedan detektera rätt nivå utmed hela planet. Planet når ca 300 m i diameter på en normal laser.²⁰ Plan laser finns både med fall och utan fall.

3.4.14 Felkällor med Totalstation och Plan laser

Även på totalstation och planlaser finns det olika faktorer som kan påverka noggrannheten:

- Refraktion, när ljuset färdas mellan två olika medier kan strålen krökas
- Rörelser i mark som påverkar stativet t.ex vibrationer
- Nivellering dvs att instrumentet inte står helt plant horisontellt
- Absolut fri sikt erfordras, vid dåligt väder t.ex kraftigt regn kan det bli problem med mätningen

¹⁸ www.sbg.se länk: Totalstation

¹⁹ Använd totalstation på skanskas arbetsplats IDEON i Lund, Bild hämtad ifrån www.sbg.se

²⁰ www.sbg.se



Figur 7. HILTI, Plan laser²¹

3.5 Maskinstyrningssystem

Maskinstyrningssystemet består av en dator och en datorskärm. Datorn använder Linux som operativsystem. Maskinstyrningssystemet jämför den verkliga positionen med den teoretiska modellen. På de platser där intervjuer utförts använde de sig av ett maskinstyrningssystem som heter GeoROG och levereras av Svensk byggnadsgeodesi AB.²² GeoROG:en tar emot data om var skopspetsen befinner sig ifrån styrningssystemet och dess position i terrängen ifrån en fjärrstyrd totalstation eller GPS. Positionen visas sedan i realtid på skärmen. När GeoROG:en laddats med en indatafil kan maskinisten kontinuerligt avläsa information om aktuella vinklar, släntlutningar, tvärfall och höjder direkt på skärmen. Informationen visas digitalt genom teoretisk nivå och skopans aktuella position. Samtidigt visas informationen analogt i form av blinkande pilar som visar upp och ner. GeoROG:en kan även användas för volymberäkningar och datalagringar.²³ På vägghyvlare och bandschaktare som har automatisk styrning kan GeoROG:en styra bladet helt automatiskt ner till rätt nivå.

3.5.1 Program

I GeoROG:en ligger ett datasystem inlagt. Navigering sker direkt på skärmen genom pekarskärm. I programmet finns ett körläge som används vid produktion,

²¹ Skanskas arbetsplats på IDEON i Lund

²² Andersson, Mattias Schakt o Transport

²³ <http://www.sbg.se/products/georog.html>

ett för dataöverföring, ett för inmätningar och ett för inställningar. I inställningsläget lagras information som:²⁴

- Typ av maskin
- Aktuellt referenssystem
- Instrument
- Hjälpmodeller
- Koordinatsystem

3.5.2 Modell

I GeoROGen går de att använda följande indatafiler:²⁵

- Väglinjer med tillhörande höjder och tvärfall
- Normalsektioner
- Linjemodell
- Terrängmodell
- Punktfil



²⁴ Andersson, Mattias, Schakt o Transport, Maskinstyrningsutbildning

²⁵ http://www.sbg.se/products/georog.html#georog_input

Figur 8. GeoROG(t.v) och kontrollboxen i grävsystemet(t.h), tagen på Skanskas arbetsplats i Lockarp

3.6 Toleranser

Att nå uppsatta toleranser är viktigt vid all anläggning. Med väghyvel och bandtraktor som kan använda automatisk styrning går det att uppnå denna noggrannhet:²⁶

GPS

Höjd \pm 20 mm

Plan \pm 20 mm

Totalstation

Höjd \pm 3-5 mm

Plan \pm 3-5 mm

Med en standardgrävmaskin går det att uppnå en noggrannhet på:²⁷

GPS

Höjd \pm 20 mm

Plan \pm 50 mm

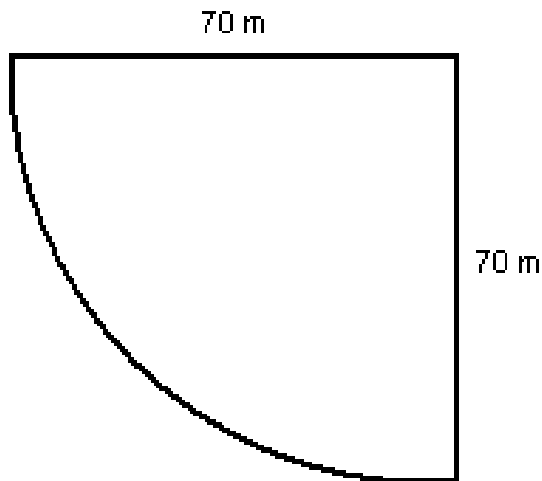
4 Kostnads och effektivitetsjämförelse

I undersökningen har en jämförelse gjorts på ett projekt som Skanska utförde under sommaren 2007. Förutsättningarna var att ca 20 000 m³ lera skulle grävas ut. Djupet var ca 6 m över hela ytan. Vanliga mätmetoder användes i projektet. Området såg ut enligt figur 9. De priser som min handledare har presenterat har använts. Priserna som anges är ca priser utan moms.²⁸

²⁶ <http://www.sbg.se/grader.html>

²⁷ <http://www.sbg.se/excavator.html>

²⁸ Svensson, Stefan, Skanska Väg o Anläggning Syd



Figur 9. Schaktområde

Traditionellt schakt:

Vid schakten användes en grävmaskin, åtta lastbilar, en yrkesarbetare som gick med i schakten och kontrollerade höjden med en laser.

Maskinresurser:

		Summa 25 dagar
1 st Grävmaskin Volvo EC360	= 850 kr/t	= 170 000 kr
8 st Schaktbil 12 t 8 * 550 kr	= 4400 kr/t	= 880 000 kr
1 st Yrkesarbetare 300 kr	= 300 kr/t	= 60 000 kr
1 st Laser	= 100 kr/dag	= 2500 kr
 Kostnad per dag	 = 44 500 kr	 = 1 112 500 kr

Maskinstyrning med GPS:²⁹

Vid schakt med GPS skulle det enligt intervjuerna inte behövas en yrkesarbetare utan endast en utsättare som mäter in ytan en gång i veckan (2,5t). I jämförelsen antas det att en dags schakt skall kunna sparas in, då slänter och ytor schaktas med högre noggrannhet. Därför behövs inte lika mycket massor schaktas ut.

		Summa 24 dagar
1 st Grävmaskin Volvo EC360	= 850 kr/t	= 163 200 kr
8 st Schaktbil 12 t 8 * 550 kr	= 4400 kr/t	= 844 800 kr

²⁹ Utrustning som behövs enligt Stefan Svensson, Skanska Väg o Anläggning Syd

1 st GeoROG	= 700 kr/dag	= 16 800 kr
Modell	= 5000 kr	= 5000 kr
Utsättare 0,5*550 kr	= 275 kr/dag	= 6600 kr
Basstation	= 600 kr/dag	= 14 400 kr
Kostnad per dag	= 43 575 kr	= 1 050 800 kr

Detta skulle ge en besparing på ca 6 % och en ekonomisk vinst på 61 700 kr



Figur 10. Schakt med grävmaskin på Skanskas projekt i Lund. Yrkesarbetaren kontrollerar höjden på terrassen med en plan laser.

4.1 Slutsats kostnads och effektivitetsjämförelse

Enligt denna jämförelse skulle det gå att minska kostnaderna för att genomföra detta projekt genom att använda maskinstyrning med GPS. Jämförelsen gäller endast för schakten. I botten på schakten lades förstärkningslager och ytan schaktades med fall, hade detta tagits upp hade förtjänsten blivit ännu större.

Jämförelsen visar att den största kostnadseffektiviseringen blir genom att minska yrkesarbetarens tid på projektet. I denna jämförelse värderades den ökade noggrannheten till en dags besparing. På ett projekt med mycket slänter och olika

höjder hade vinsten blivit större. I projektet ingick inte avancerad schaktning men på ett sådant projekt blir vinsten större med maskinstyrning.

Slutsatsen blir att det är mest kostnadseffektivt att använda maskinstyrning på ett avancerat projekt med olika höjder, och lutningar. Där det då går att spara in på utsättnings och yrkesarbetarens tid.

5 Undersökning

Undersökningen består av kvalitativa intervjuer. I undersökningen besöktes produktionschefer, mätningstekniker och maskinister ute på arbetsplatser. Samma frågor ställdes till varje person och det diskuterades även mera allmänt om maskinstyrning. Intervjufrågorna utformades med hjälp av mina handledare. Ett studiebesök genomfördes på en större arbetsplats där intervjufrågorna diskuterades. Intervjun spelades in på diktafon och sammanfattades, vilket redovisas i bilagorna. Resultatet av intervjuerna redovisas i kapitel 6. Den ursprungliga tanken var att intervjua två produktionschefer, två mätningstekniker och två maskinister för att få en helhetsbild. Då det var svårt att få intervjutid

med maskinister kunde bara en maskinist intervjuas. Istället intervjuades en produktionschef och en mätningstekniker istället för maskinisten.

Min förhoppning var att genom att intervjua personer ute på arbetsplatserna skulle de ge en bild av hur maskinstyrning fungerar i ”praktiken” och ta tillvara på personernas åsikter om huruvida de tycker det är lämpligt med maskinstyrning på mindre projekt.

6 Resultat

6.1 Översikt

	Mattias Andersson	Mikael Wallin	Christer Olsson	Håkan Alvesson	Lennart Svensson	Stefan Svensson
Befattning	Mätningstekniker	PC	Mätningstekniker	Platschef	Maskinist	PC
Vilket maskinstyrnings system/leverantörer använder ni er av?	Microfyns grävsystem/SBG Georog	Använder de system som Schakt o Transport tillhandahåller	Leica Totalstationer, Microfyns grävsystem och SBG Georog	Använder de system som Clifton tillhandahåller	Använder de system som clifton tillhandahåller	Microfyns grävsystem/SBGs Georog
På vilka typer av projekt använder ni maskinstyrning?	Jordschakt och terrassering	Större projekt, schakt och terrassering	Schakt och urgrävningar	Schakt, terrassering och dränerings	-	Schakt och terrassering

				arbeten		
Vilka fördelar och nackdelar har ni upplevt med maskinstyrning?	Minskat utsättningsbehov, Maskinerna mer effektiva, Svårt att upptäcka ifall något är fel i modellen	Ingen förberedande utsättning behövs, Kan minska på yrkesarbetar tiden	Minskad utsättning, Går att få ut mängdberäkningar direkt ur programmet	Utsättning minskar, Yrkesarbetaren behöver ej vara med och kontrollera lika mycket	Smidig, arbetet blir mera intressant då man har mer ansvar	Spar in utsättning, Kan vara dålig kontakt vid vissa tillfällen
Hur tycker ni att ledet ifrån ritning till färdig modell fungerar?	Tidsödande att skapa modell	Kräver mycket kunskap att skapa modell och tar mycket tid	Krångligt, Behöver använda det ofta behålla kunskapen	Viktigt att kompetensen finns i företaget	Modellerna är ej enhetliga	
Vilka effektivitetsvinster går att få?	Maskinerna blir mera effektiva	Schaktning ev något effektivare	Ingen väntan på utsättare	Maskinerna går mer effektivt	Kan köra mer kontinuerligt	Spara in på tjänstemanbemanningen
Vad hade kunnat förbättras för att ni ska utöka användningen t.ex på mindre projekt?	Lättare att skapa modellen, Bättre kunskap, Ökad noggrannhet och användarvänlighet	Modellen, Göra GPS mindre störningskänsligt	Fått modellen direkt av beställaren	Förbättrad mottagning	Systemets mjukvara, och mottagning	3D projekterat projekten.
Hur upplever ni intresset ifrån maskinister, platschefer och utsättare?	De flesta är intresserade	Intresset ökar i branschen	Maskinister och utsättare är mycket positiva	Stort intresse från alla som är inblandade	Positivt	Ökande intresse
Hur är kunskapsnivån inom maskinstyrning?	Inom skanska är de låg kunskapsnivå	Maskinister behöver mer kunskap	Dålig inom Skanska, Används för sällan	På de avdelningar som använder de ofta är den hög	-	Variande krävs fler experter
Hur upplever ni noggrannheten i systemet?	Tillräcklig	Tillräcklig	Tillräcklig	Tillräcklig, ibland dålig täckning	Tillräcklig	Tillräcklig
Vilka framtida tillämpningar ser ni för maskinstyrning?	Styra asfaltläggare	VA schaktning	Schaktning till vattenledningar	-	-	VA schaktning

6.2 Maskinsystem och leverantörer

Enligt intervjuerna användes samma tekniska system på de arbetsplatser som besöktes. På grävmaskinerna användes Microfyns grävsystem, som levereras av Scanlaser. På vägghyvlar och bandschaktare används TOPCON system 5 och Svensk byggnadsgeodesi levererade GeoROGen.³⁰

³⁰ Andersson, Mattias, Schakt o Transport AB

Skanska använder sig av en maskinleverantör som heter Schakt o Transport som är ett dotterbolag till Skanska. De flesta av deras grävmaskiner är idag GPS förbereda.³¹

6.3 Dagens användning

Intervjuerna visar att maskinstyrning idag används på stora projekt. Med stora projekt menas mycket schakt, terrassering och oftast ett antal maskiner igång samtidigt. På de projekten är de idag en stor fördel att använda maskinstyrning. De maskiner som används på de stora projekten är grävmaskin, bandschaktare och väghyvel. Enligt intervjuerna var grävmaskin och väghyvel mycket effektivt att styra med maskinstyrning då man slipper tidsödande fluktning dvs att en anläggare går med och fluktar in en lösflukt på rätt höjd mellan två stakkäppar. En mätningstekniker svarade att på projekt från ca en miljon kr och uppåt går det att använda maskinstyrning men oftast är projekten betydligt mer omfattande. Under denna nivå ansåg han att de initiala kostnaderna blev för stora.³² Mätningsteknikerna såg fördelen att använda det vid varierande slänter, där det annars är mycket arbete med utsättning. De intervjuade ville att det skulle vara minst en mätningstekniker på plats under hela projektet. Anledningen var främst kontrollmätning av ytor som behandlats, men även för att åtgärda om mindre fel i utrustningen skulle uppstå. Alla som har blivit intervjuade har svarat att de är mycket nöjda med användandet av maskinstyrning på de arbetsplatser som de varit på.

6.4 För och nackdelar

Fördelarna som samtliga intervjuade framhåller är att de kan minska utsättningen i fält. De intervjuade ansåg att de inte behövs stakkäppar överhuvudtaget men att det är bra att sätta upp några ändå, ifall att maskinstyrningen inte fungerar. Platscheferna ser fördelar som minskat antal yrkesarbetare på arbetsplatsen. Speciellt gäller det vid körning med väghyvel eller grävmaskin då de slipper att flukta, vilket är ett tidsödande arbete. Men även vid vanlig grävning behövs det inte längre någon anläggare som går med och visar höjden. En platschef summerade det hela som att ”det arbetet som tidigare utfördes i fält nu görs inne på kontoret”. Detta anses vara en bra sammanfattning. En av de intervjuade tyckte att det är utmärkt att använda är vid urgrävningar i vatten. Grävmaskinen kan då mäta in botten kontinuerligt under grävning, för att sedan redovisa för beställaren vilken nivå som botten har.

I mina intervjuer framkom även nackdelar. En platschef nämnde att det är mycket svårare att gå ut på arbetsplatsen och fysiskt se hur mycket schakt som ska

³¹ Wallin, Mikael, Skanska Väg o Anläggning Syd

³² Alvesson, Håkan, Peab

tas bort då det inte finns några stakkäppar att flukta på. Det gör att det blir mycket svårt att se om något har blivit fel. En annan platschef tyckte att han blev väldigt beroende av maskinstyrning vilket han upplever som negativt. Ifall en basstation skulle gå sönder kan hela maskinparken bli stillastående. Det händer även att kablarna ifrån antennen till GeoROG:en går sönder eller glappar då stannar maskinen. Detta gör arbetsplatsen mera sårbar. En mätningstekniker ansåg att utsättarna blir ouppmärksamma och inte kontrollerar ytan så mycket som de borde göra. Överlag så tyckte samtliga intervjuade att fördelarna var betydligt större än nackdelarna.

6.5 Modellen

Att projektera den teoretiska modellen är ett viktigt moment i produktionsprocessen. En felaktigt schaktad yta blir dyrbar att åtgärda. Enligt intervjuerna är det mätningsteknikerna som skapar den teoretiska modellen. De mätningstekniker som intervjuats upplevde att det inte fungerade smärtfritt. De orsaker som de angav var att de gjorde det för sällan och inte hade tillräcklig erfarenhet. En mätningstekniker såg en möjlighet att projektören, som oftast gör en CAD ritning av projektet, även tillhandahöll en teoretisk modell över projektet. Denna tanke uppskattades av mätningsteknikerna. Platscheferna var däremot mera skeptiska då de ansåg att projektörerna inte hade tillräcklig kunskap om hur anläggningsmaskiner fungerade och menade därför att det kunde bli mycket fel. Dessa fel skulle då främst drabba entreprenören enligt platscheferna.

En lösning som en mätningstekniker såg var att projekten började 3D projekteras. Ett 3D projekterat projekt går mycket snabbt att omvandla till en teoretisk modell för maskinstyrning. På så sätt skulle mätningsteknikerna kunna tjäna in mycket tid och arbete.³³ Jag tror att utveckling kommer att gå dit. NCC uppger att de skall börja 3D projektera markarbeten år 2009.³⁴ Andra byggbolag kommer troligen att följa efter. Men även här fanns det en oro för vem som skulle ansvara för de eventuella fel i den 3D projektering som projektören tillhandahöll.

6.6 Effektivitetsvinster

De effektivitetsvinster som de intervjuade såg i sina stora projekt, trodde de även att de skulle få i mindre projekt. De intervjuade såg främst effektivitetsvinster som:

Att maskinerna utnyttjas effektivare då de har tillgång till rätt utsättning hela tiden och inte behöver vänta på utsättare

Att maskinerna får högre noggrannhet, vilket kan spara schakt och material.

³³ Andersson, Mattias, Maskinstyrningsutbildning

³⁴ Byggindustrin 7 mars, 2008

Att utsättningen i fält nästan elimineras
Däremot tyckte ingen att maskinerna rent fysiskt blev mera effektiva.

6.7 Intresse

På frågan hur de upplevde intresset ifrån maskinister, platschefer och mätningstekniker svarade alla att de upplevde intresset som mycket högt. De flesta ansåg att det kommer att användas på fler projekt då fler kommer i kontakt med det.

6.8 Kunskap

Maskinstyrning var ett område som de intervjuade kände att de inte hade tillräcklig kunskap om. ”Kunskapen om hur maskinstyrning fungerar är riktigt dålig” uttryckte sig en mätningstekniker. En anledning kan vara att de arbetsplatser som besökts var något mindre och inte de som oftast använder maskinstyrning. Några av de intervjuade hade endast använt maskinstyrning en gång och då på ett mindre projekt. Men i takt med att användningen ökar, ökar även kunskapen om maskinstyrning och vilka fördelar som det ger.

6.9 Noggrannheten

Noggrannheten i maskinstyrning är idag tillräcklig för alla typer av anläggningsarbete tyckte de intervjuade. Även GPS positioneringens något sämre noggrannhet jämfört med totalstationen var tillräcklig för de flesta maskinsysslor. Det är endast på de översta lagren i en vägkonstruktion som den högre noggrannheten som totalstation ger behövs. Det som några däremot hade upplevt var problem med att satellitäckningen försvann vissa timmar på dygnet. På arbetsplatsen i Helsingborg där de blev intervjuade försvann täckningen eller blev mycket försämrad varje dag mellan kl ett och tre. Detta påverkar givetvis produktionen betydligt.

En platschef ansåg att även ifall det går att uppnå hög noggrannhet med maskinstyrning beror den mycket på maskinisten. Att ha kompetenta maskinister är en nödvändighet för att kunna köra ett projekt med maskinstyrning.

6.10 Framtida tillämpningar

Alla som har blivit intervjuade har stor framtidstro för maskinstyrning och tror att användningen kommer att öka, både till andra maskiner, och andra typer av arbete.

6.11 Användning på mindre projekt

De intervjuade trodde att maskinstyrning kommer att användas mer på mindre projekt i framtiden. Idag är det däremot omständigare att köra med maskinstyrning än utan var uppfattningen bland de intervjuade. ”Det finns så mycket runt omkring maskinstyrning som måste fungera för att det skall funka” sa en mätningstekniker. På ett mindre projekt finns det inte så stora resurser som på ett stort. På ett stort projekt finns ofta många utsättare som är med ute i produktionen och kontrollmäter ytor, den möjligheten finns inte i mindre projekt. Förbättrad kunskap och erfarenhet om hur modellen projekteras var en del som de intervjuade ansåg skulle hjälpa betydligt. Ifall projekten även 3D projekterats är omvandlingen ifrån ritning till modell snabbt utförd. En ökad medvetenhet ute på arbetsplatserna om maskinstyrnings nyttor kommer antagligen att öka användningen i takt med att fler ser hur det fungerar. Alla maskiner måste även vara förberedda för maskinkörning. Idag är de flesta maskiner GPS förberedda men ännu är inte alla det.³⁵ Det krävs även att området täcks av en basstation för att uppnå tillräcklig noggrannhet.

7 Slutsats

Idag finns det både behov och vilja av att använda maskinstyrning på mindre projekt ute i produktionen. Fördelarna som minskad utsättning, mindre yrkesarbetare tid och ökad noggrannhet behövs även på dessa projekt. Detta leder i sin tur till ökad kvalitet och sänkta byggkostnader.

Enligt denna studie är ett av de största hindren mot ökad maskinstyrningsanvändning på mindre projekt den låga kunskapsnivån inom området. Maskinstyrning är fortfarande ett relativt nytt system. Intervjuerna visar att personerna ute på projekten hellre använder de gamla vanliga metoderna, än att prova på något nytt som de inte riktigt behärskar.

Maskinstyrning är idag tillräckligt utvecklat för att användas på mindre anläggningsprojekt men för att få en ökad användning bör följande punkter förbättras:

³⁵ Andersson, Mattias, Schakt o Transport

- Kompetens hur den teoretiska modellen skapas
- Täckning
- GPS förberedda maskiner
- Maskinisternas kompetens

En ökad 3D projektering kommer leda till betydligt enklare modellskapande och ökad maskinstyrningsanvändning men det behövs fler undersökningar för att bekräfta detta.

Det krävs att fler företag vågar testa maskinstyrning och använda det på projekt som det tidigare endast används traditionell mätning på. Detta för att de ska kunna se fördelarna med det och få den kompetensen som krävs. Tekniken finns redan idag, personerna ute på arbetsplatserna behöver bara bli medvetna om det.

8 Referenser

Intervjuer

Andersson, Mattias Schakt o Transport AB, Malmö, 2008-03-27

Wallin, Mikael, Skanska Väg o Anläggning Syd, Malmö, 2008-04-02

Olsson Christer, Skanska Väg o Anläggning Syd, Malmö, 2008-04-03

Alveson, Håkan, Peab, Helsingborg, 2008-04-08

Svensson, Lennart, Peab, Helsingborg, 2008-04-08

Svensson, Stefan, Skanska Väg o Anläggning Syd, Lund, 2008-04-11

Litteratur

Hofmann-Wellenhof, GPS Theory and Practice, 2001.

Byggindustrin, 7 mars 2008

Elektroniska källor

ESA

http://www.esa.int/esaNA/SEM5KHXEM4E_galileo_0.html

LMV-Rapport 2007:11, Introduktion till GNSS

Andersson, Mattias, 2008. "Maskinstyrning"
[Hämtad 080328]

Svensk Byggnadsgeodesi AB, Produkter, 2008.
"GeoROG", <http://www.sbg.se/products/georog.html>.
[Hämtad 080402]

Scanlaser AB, 2008.

"Grävsystem" <http://www.scanlaser.se/sv/produkter/graevsystem/tvaafall.aspx>
[Hämtat 080428]

9 Bilagor

Maskinstyrning på grävmaskin med GPS/Totalstation

Intervjufrågor

1. Vilket maskinstyrningssystem/leverantörer använder ni er av?
2. På vilka typer av projekt använder ni maskinstyrning?
3. Vilka fördelar och nackdelar har ni upplevt med maskinstyrning?
4. Hur tycker ni att ledet ifrån ritning till färdig modell fungerar?
5. Vilka effektivitetsvinster går att få?
6. Vad hade kunnat förbättras för att ni ska utöka användningen t.ex på mindre projekt?
7. Hur upplever ni intresset ifrån maskinister, platschefer och utsättare?

8. Hur är kunskapsnivån inom maskinstyrning?
9. Hur upplever ni noggrannheten i systemet?
10. Vilka framtida tillämpningar ser ni för maskinstyrning?

9.1 Sammanfattning av intervjuer person 1

Intervju av Mattias Andersson, Mätningstekniker på Schakt o Transport och har ansvaret för maskinstyrning på Skanska Väg & Anläggning Syd

1. Vilket maskinstyrningssystem/leverantörer använder ni er av?

På alla grävmaskiner används Microfyns grävsystem och Topcon system 5 på bandschaktare och väghyvlar. Kontrollbox(GeoROG) för positionering levereras av Svensk byggnadsgeodesi AB(SBG).

2. På vilka typer av projekt använder ni maskinstyrning?

Maskinstyrning används idag på projekt från ca 1 miljon och uppåt. Den typ av maskinsysslor som det lämpar sig bäst att använda på är vid jordschakt och terrasserings där det fungerar mycket smidigt.

3. Vilka fördelar och nackdelar har ni upplevt med maskinstyrning?

Fördelarna med maskinstyrning är att det minskar utsättningsbehovet och ökar effektiviteten på maskinerna. Nackdelarna är att det finns mycket som kan gå sönder. Kablar och sladdar ligger i motorrum och på andra utsatta ställen där de lätt kan skadas. På grävmaskiner sitter de på armen där de kan skadas. En annan nackdel är att utsättarna blir bekväma och struntar att slå upp stagkäppar, vilket innebär att om det finns fel i modellen så blir det svårt att upptäcka det.

4. Hur tycker ni att ledet ifrån ritning till färdig modell fungerar?

Arbetet med modellen/ritning kan ske på ett smidigsätt men det kan även innebära mycket bekymmer. Vid 3D projektering finns det idag ett öppet fil format som kallas för xml. Med detta format är det mycket lätt att konvertera 3D ritningen till en färdig modell. Problemet är när det 2D projekteras och det inte finns några höjder i ritningen. Då är det mycket bekymmer med att sätta rätt höjd på rätt ställe för att få en färdig modell. Det kan även vara problem om projektören tillhandahåller modellen. Då de oftast inte garanterar att projekteringen är rätt utförd, vilket innebär att mycket tid går åt att kontrollera modellen.

5. Vilka effektivitetsvinster går att få?

Maskinerna blir överlag mera effektivare med maskinstyrning.

6. Vad hade kunnat förbättras för att ni ska utöka användningen t.ex på mindre projekt?

De huvudsakliga hindren för ökad användning ligger i kunskapsnivån och i modellen. De fortlöpande förbättringar på teknologin som noggrannhet och användarvänlighet påverkar användningen positivt.

7. Hur upplever ni intresset ifrån maskinister, platschefer och utsättare?

När det gäller intresset från maskinister och utsättare tycker Mattias att det överlag är bra intresse. Men noterar att det även finns vissa undantag som inte vill befatta sig med det. Även ifrån platschefer har högre intresse noteras.

8. Hur är kunskapsnivån inom maskinstyrning?

Kunskapsnivån är speciellt låg inom Skanska. Det gäller hur det fungerar i allmänhet, hur man sätter upp det på arbetsplatsen, vilka fördelar det ger och hur man kan använda det. Mattias noterar att viss kunskap finns på de avdelningar som arbetat med stora projekt då de använt maskinstyrning mer frekvent.

9. Hur upplever ni noggrannheten i systemet?

Idag finns tillräcklig noggrannhet med maskinstyrning för att utföra nästan alla typer av anläggningsarbete. Det går att positionera med GPS på allt utom de översta lagren i en väg konstruktion idag. Då måste väghyveln styras med totalstation för att få tillräckligt noggrannhet. Vid valet mellan GPS eller totalstationsstyrning menar Mattias att GPS är helt klart det system som är smidigast då man slipper flytta runt på totalstationer. Men nackdelen är att det inte går att få upp samma noggrannhet. Totalstationsstyrning är endast effektivt då det måste till mycket hög noggrannhet eller om det finns mycket störningar i form av hus eller träd på arbetsplatsen.

10. Vilka framtida tillämpningar ser ni för maskinstyrning?

Som framtida användning tror Mattias att asfialtläggare kommer att vara intressant att styra. Teoretiskt går det men användningen är minimal.

9.2 Sammanfattning av intervjuer person 2

Intervju av Mikael Wallin, Platschef Skanska Väg & Anläggning

1. Vilket maskinstyrningssystem/leverantör använder ni er av?

Schakt och transport används som maskinentreprenörer och att de tillhandahåller all utrustning för att kunna använda maskinstyrning.

2. På vilka typer av projekt använder ni maskinstyrning?

De använder i huvudsak maskinstyrning på större projekt, där mycket jordmassor skall behandlas. Han tror inte att det gör samma nytta i stadsmiljö. De maskinsysslor som passar bäst för maskinstyrning är schakt och terrassering med främst grävmaskin och väghyvel som resurser, då man slipper tidsödande fluktning. Mikael tycker också att det är mycket maskinisterna som begränsar om det går att köra med maskinstyrning. Det finns ett stort kunskapsgap bland dem. Men det finns en potential bland de yngre maskinister som är på väg ut.

Mikael berättar att han använt maskinstyrning på en större ledningsschakt med mycket god erfarenhet. Men menar att ifall det skulle bli något fel på en basstation eller något annat tar det tid att upptäcka och hela maskinstyrkan blir då stillastående. Vilket kan bli mycket kostsamt. Han berättar även att maskinstyrningen skapar en falsk trygghet vilket gör att utsättarna inte kontrollerar så mycket som de skulle behöva. I fall en flukt är uppslagen kan alla gå kontrollera så höjden är rätt, det går inte vid körning med maskinstyrning.

3. Vilka för och nackdelar har ni upplevt med maskinstyrning?

De främsta fördelarna är att ytan som ska behandlas inte behöver förberedas med mycket utsättning, endast en mindre del stakkäppar behöver slås upp. Mikael ser även att det går att minska på andelen yrkesarbetare i det dagliga arbetet ifall maskinstyrning används.

4. Hur tycker ni ledet ifrån ritning till färdig modell fungerar?

Arbetet med att skapa modell är tidsödande och kräver mycket kunskap. Denna kunskap innehavs endast av få nyckelpersoner och ifall de inte skulle finnas tillhands faller hela systemet. Mikael är samtidigt skeptiskt till att projektörerna skulle tillhandahålla modell då det inte har kunskap om hur maskinerna används och ser då att det skulle kunna bli mycket problem. Med hyvel måste det köras vissa linjer för att ytor skall kunna justeras rätt. Projektören måste då sitta inne med stor kunskap om hur maskinerna används.

5. Vilka effektivitetsvinster går att få?

Schaktningen blir något effektivare med guidning med hjälp av maskinstyrning men det blir ingen större förändring.

6. Vad hade kunnat förbättras för att ni ska utöka användningen till mindre projekt?

Det är i huvudsak modellen som hindrar ökad användning på mindre projekt. Men det kan bli problem med mycket som kan störa GPS signalen på mindre projekt, så som hus och träd. Mikael är skeptisk till att det lönar sig med maskinstyrning vid mindre projekt.

7. Hur upplever ni intresset ifrån maskinister, platschefer och utsättare?

Intresset för maskinstyrning har ökat mer och mer i branschen. I med ökat intresse kommer även ökad användning. Mikael noterar att Schakt o Transport idag har monterat grävsystem på nästan alla maskiner, förr hade de på några enstaka.

8. Hur är kunskapsnivån inom maskinstyrning?

Det finns bara enstaka maskinister som är riktigt duktiga på att använda maskinstyrning. Även för att skapa den teoretiska modellen är kunskapen låg.

9. Hur upplever ni noggrannheten i systemet?

Noggrannheten i maskinstyrning är tillräcklig för de projekt som Mikael har använd de på.

10. Vilka framtida tillämpningar ser ni för maskinstyrning?

Som framtida lösningar ser Mikael att det används även vid VA schaktning.

9.3 Sammanfattning av intervjuer person 3

Intervju av Christer Olsson, Mätningstekniker Skanska Väg & Anläggning Syd

1. Vilket maskinstyrningssystem använder ni er av?

Leica används på totalstationer. Microfyn på grävsystem och SBG levererar kontrollbox för positionering.

2. På vilka typer av projekt använder ni maskinstyrning?

Christer har använt maskinstyrning på ett projekt i Kvarnby. Projektet hade varierande släntlutningar och därför fungerade maskinstyrning perfekt här. Maskinstyrning används även på urgrävningar under vatten. Då har en modell

skapats efter schakt och fyll på den nivå som vattenbotten har. Det ger en stor fördel då det ska redovisas för beställaren efter utfört arbete.

3. Vilka fördelar och nackdelar har ni upplevt med maskinstyrning?

Den största fördelen med maskinstyrning är all utsättning som sparas. Även att det går att få ut hela mängdberäkningen direkt ur programmet är mycket positivt och det sparar in mycket tid. Vid körning med maskinstyrning går det även att spara in på schakt, då det schaktas rätt överallt. Även om maskinstyrning används bör en del stagkåpar slås upp, men inte i samma utsträckning.

4. Hur tycker ni ledet ifrån ritning till färdig modell fungerar?

Christer berättar att han varit med om att göra modell till vissa projekt och anser att det kan vara svårt att arbeta med modellen ifall man använder det för sällan. Christer berättar att han gick kurs i att göra modell för 5 år sedan och hade sitt första projekt 4 år senare. Ifall modellen hade tillhandahållits direkt av beställaren/projektören hade detta varit en stor fördel. Då mycket tid hade sparats in ifrån ett utsättningsperspektiv. Men då måste de garantera att modellen är rätt. Eller att det bestäms vem som ska stå för kostnaderna ifall det är fel i modellen. Det är svårt att se hur det skulle kunna gå att minska ner på arbetsstyrkan med anläggare då det gör det svårare för maskinisten att upptäcka ifall det finns saker i marken. Det kan även bli problem med att använda maskinstyrning på mindre projekt. Då många mindre projekt finns i stadsmiljö och att GPSn där störs ut pga alla höga byggnader.

5. Vilka effektivitetsvinster går att få?

De största vinsterna blir främst att de slipper vänta på utsättare som ska sätta upp mätninginstrument och genomföra utsättning. Men han tror även att maskinerna kan gå mera effektivt när de kör med maskinstyrning.

6. Vad hade kunnat förbättras för att ni ska utöka användning t.ex på mindre projekt?

Ifall modellen hade tillhandahållits direkt beställaren/projektören hade maskinstyrning används betydligt mera ute i projekten. Som det är idag uppfattas det som extra bekymmer att köra med maskinstyrning. Då det är så mycket runt omkring som måste fungera. Det finns ofta inte finns utsättare på mindre projekt. Då är det ingen på arbetsplatsen som klarar av att sätta upp maskinstyrning. Det är även problem med att det saknas personer som klarar av att göra modeller och att det är för dålig kunskap om hur man bygger upp modeller. Däremot finns inga problem maskin eller tekniskmässigt med att köra maskinstyrning.

7. Hur upplever ni intresset ifrån maskinister, platschefer och utsättare?

Maskinisterna och utsättarna är mycket positiva till att köra med maskinstyrning.

8. Hur är kunskapsnivå inom maskinstyrning?

Generellt att det är för dålig kunskapsnivå i Skanska hur maskinstyrning fungerar och hur det används. Det hänger även ihop med att det används maskinstyrning på för få projekt och i med detta är det inte många som har kunskap om hur det fungerar. Det är som en negativ spiral.

9. Hur upplever ni noggrannheten i systemet?

Den bästa noggrannheten ges av totalstation men då måste totalstationen flyttas var 200-300 meter. Idag finns tillräcklig noggrannheten för att köra det de flesta av maskinsysslorna, förutom att eventuellt att gräva VA. Maskinstyrning är perfekt använda på exploateringsområden. Det kan bli problem ifall avståndet till basstationerna är för långt. Då kan det vara problem att nå upp till önskad noggrannhet

10. Vilka framtida tillämpningar ser ni för maskinstyrning?

Som framtida användningsområde kan maskinstyrning används på vattenledningar mm vilket gör att det inte behöver vara fullt så många anläggare som tar höjder mm.

9.4 Sammanfattning av intervjuer person 4

Intervju av Håkan Alvesson, platschef och Christer som är mätningstekniker på Peabs arbetsplats på Österleden i Helsingborg

1. Vilket maskinstyrningssystem/leverantör använder ni er av?

PEAB hyr entreprenadmaskiner av ett företag som heter Clifton. De flesta av dessa är förbereda för maskinstyrning. I maskinerna använder de Microfyn som grävsystem och SBGs kontrollbox för positionering.

2. På vilka typer av projekt använder ni maskinstyrning?

Det är alltid entreprenören som bestämmer ifall de skall köra med maskinstyrning. Nästan alla maskinsysslor går att köra med maskinstyrning/GPS. På deras nuvarande projekt använder de maskinstyrning till både schakt, terrassering, och dräneringsarbeten.

3. Vilka fördelar och nackdelar har ni upplevt med maskinstyrning?

De behöver inte ha med yrkesarbetare i samma utsträckning. Utsättningen minskar betydligt. Mycket av de arbeten som tidigare utfördes på fältet gör nu inne av en mätningstekniker som programmerar en modell. En nackdel är att det är svårare att få en bild hur arbetet går. Tidigare kunde gick det att gå ut och flukta på stagkåpparna och se hur många dagars schakt som var kvar att ta ut.

Med maskinstyrning är det mycket svårare att få en uppfattning av hur schakten fysiskt skall se ut.

4. Hur tycker ni att ledet ifrån ritning till färdig modell fungerar?

På PEAB gör deras mätningstekniker de teoretiska modellerna. Det är viktigt att de som gör de teoretiska modellerna har erfarenhet av detta. Både då det kan krypa in fel i modellen, och att det ofta blir ändringar i hur schakten skall se ut efter hand. Då måste man kunna gå in och kunna ändra i modellen.

5. Vilka effektivitetsvinster går att få?

När anser att när väl modellen är skapad är det mycket effektivare att använda anläggningsmaskinerna. Tid sparas in på minskad utsättning i fält och maskinerna kan gå mera effektivare.

6. Vad hade kunnat förbättras för att ni ska utöka användningen t.ex på mindre projekt?

De största problemen med att utöka användningen på mindre projekt, är att de ofta ligger på platser där det kan vara byggnader, träd mm som är i vägen. Vilket gör att mottagningen kan bli dålig. Det är alltid är en igångkörningsprocess på projekten när som körs med maskinstyrning. Basstation skall sättas upp, maskinen skall vara förbered för maskinstyrning mm. Detta gör att det kan vara svårt att få ett mindre projekt att gå runt ekonomiskt.

7. Hur upplever ni intresset ifrån maskinister, platschefer och utsättare?

Intresset av maskinstyrning som mycket stort från alla parter som är inblandade. De flesta tycker att det är maskinstyrning är framtiden och fungerar utmärkt.

8. Hur är kunskapsnivån inom maskinstyrning?

Kunskapsnivån är relativt hög på våra projekt då vi kört med maskinstyrning under en längre tid. Men det är viktigt att knyta till sig de personer som har kunskap om hur det fungerar för att få en väl fungerande arbetsplats, speciellt maskinister.

9. Hur upplever ni noggrannheten i systemet?

Noggrannheten är så pass hög att nästan alla sysslor går att köra. Men att det på vissa tider kan vara problem med täckningen. Senaste tiden har de inte fått kontakt med tillräckligt många satelliter under några timmar på eftermiddagen, vilket resulterat att de inte kunnat schakta till något med hög tolerans under den tiden vilket sänkt produktiviteten.

10. Vilka framtida tillämpningar ser ni för maskinstyrning?

I framtiden ser de att det skulle gå att köra grävmaskiner helt automatiskt utan att det skulle behöva sitta någon förare i.

9.5 Sammanfattning av intervjuer person 5

Intervju av Lennart Svensson, Grävmaskinist på PEAB

Lennart har kört med maskinstyrning under ca 3 år på olika arbetsplatser. Idag kör han en Cat 325 D och utför de flesta sysslor med hjälp av maskinstyrning.

Vilka för och nackdelar har ni upplevt med maskinstyrning?

Det går väldigt smidigt att gräva med maskinstyrning. Det blir lite mera intressant då det ligger på maskinisten att det blir rätt schaktat. Däremot behövs det oftast inte yrkesarbetare ute på de projekt i samma grad som innan. Därför blir arbetet mera ensamt. Annars går det inte att se några direkta nackdelar.

Hur tycker ni ledet ifrån ritning till färdig modell fungerar?

Det kan skilja mycket i hur modellen är gjord. Det kan tex vara olika färger på linjerna som det ska schaktas efter beroende vem som gjort modellen. Även andra saker kan vara ändrade emellan olika modeller som gör att det blir förvirrande. De flesta maskinister är positiva till att använda maskinstyrning.

Vad hade kunnat förbättras för att ni ska utöka användningen t.ex på mindre projekt?

Det sker hela tiden förbättringar på GeoROG och grävsystemet. Det kan vara förbättringar som att det går att centrera skopan efter vänstra sidan eller höger sidan beroende på om en vänster eller höger slänt skall schaktas. Det är även lätt att ändra vilken modell som ska användas mm. Mottagningen kan ibland vara dålig på vissa platser.

9.6 Sammanfattning av intervjuer person 6

Intervju av Stefan Svensson Produktionschef, Skanska Väg & Anläggning

1. Vilket maskinstyrningsystem/leverantör använder ni er av?

På grävsystemen använder de Microfyn, och SBGs kontrollbox för positionering.

2. På vilka typer av projekt använder ni maskinstyrning?

Det är i huvudsak på stora planer och ytor som maskinstyrning kommer till sin rätt. Stefan har varit med om att använda det på ett stort fjärrvärme projekt, med gott resultat. Det måste även vara ett projekt av en viss storlek för att det ska löna sig. De anläggningsprojekt som det i första hand är bra att använda maskinstyrning på är vid schakt och terrassering där det går att minska yrkesarbetar tiden.

3. Vilka fördelar och nackdelar har ni upplevt med maskinstyrning?

Stefan berättar att på de projekt som han använde maskinstyrning på fungerade det tillfredställande. Vid vissa tillfällen kunde de dock vara dålig kontakt. En annan nackdel var kunskapen. Det finns för få personer som behärskar maskinstyrning.

4. Hur tycker ni ledet ifrån ritning till färdig modell fungerar?

I de projekt som de använde maskinstyrning på fick de en linje motsvarande ledningssträckningen. Den teoretiska modellen gjorde de själva. Stefan säger att han är skeptisk till att få modell ifrån beställaren. Han har svårt att tänka sig att det skulle bli den kvalitet som han önskar på den och han undrar vem som hade stått för kostnaderna ifall det hade varit fel. Så han tror inte att det hade varit till en större fördel. Att skapa den teoretiska modellen skall utföras av Skanskas egna mätningstekniker som har den rätta kunskapen.

5. Vilka effektivitetsvinster går att få?

I de projektet som maskinstyrning används på sparades en tjänsteman på heltid in genom att köra med GPS då ingen utsättare behövde sätta ut i fält. Grävmaskinerna grävde inte ut mer per timme men de var igång mer tid då de inte behöver sitta och vänta på utsättare som ska sätta upp lasrar mm. På så vis blev det effektivare.

6. Vad hade kunnat förbättras för att ni ska utöka användningen t.ex på mindre projekt?

”Jag använder gärna maskinstyrning i mindre anläggningsprojekt”. Men det faller på att det är en uppstarttid för att komma igång med projekten och vid mindre projekt är de nästan över innan man kommit igång. Det är för stora initiala kostnader för att komma igång. Det hade varit en klar fördel ifall det hade 3D projekterats. Då hade det varit smidigare att skapa modellen. Det är viktigt att detta moment fungerar bra och är enkelt för att användningen skall utökas.

Hur upplever ni intresset ifrån maskinister, platschefer och utsättare?

Det finns absolut inget motstånd till att använda maskinstyrning på Skanska. Intresset kommer att öka ju mer desto mer som maskinstyrning används.

7. Hur är kunskapsnivån inom maskinstyrning?

Stefan anser sig ha kunskap om de fördelar som man kan få av att använda maskinstyrning men han säger sig inte ha koll på apparaturen i sig. Kunskapen i Skanska är väldigt varierande. Det krävs att fler blir specialister på detta.

8. Hur upplever ni noggrannheten i systemet?

Noggrannheten är fullt tillräcklig för att göra de flesta av maskinsysslorna. Det är endast vid VA-schakt som det inte är tillräcklig noggrannhet.

9. Vilka framtida tillämpningar ser ni för maskinstyrning?

I framtiden kommer det antagligen att användas även vid VA schakt.