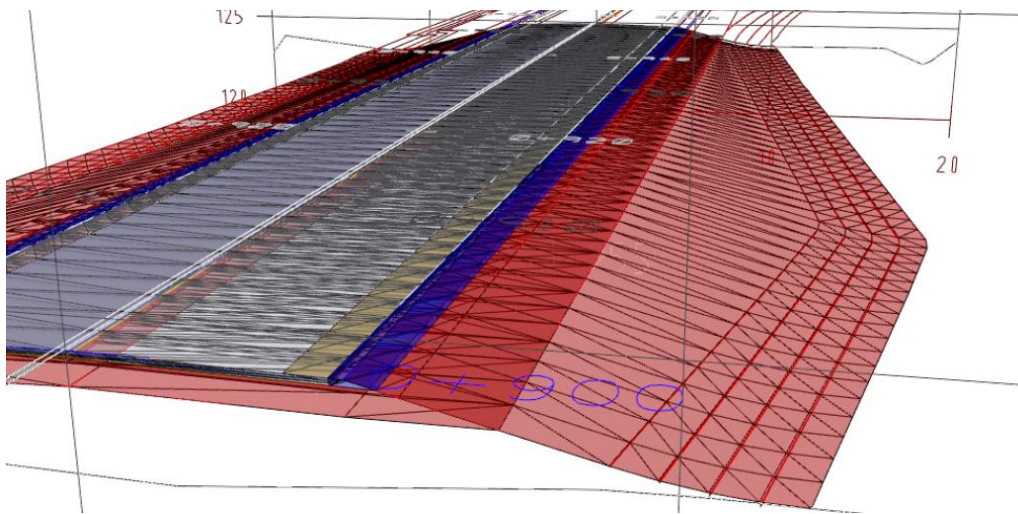


CHALMERS



Effektivisering av 3D-processen inom anläggningsprojekt

Förbättring av dataflödet från projektör till maskinstyrning

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

JACOB JOHANSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2011
Examensarbete 2011:73

EXAMENSARBETE 2011:73

Effektivisering av 3D-processen inom anläggningsprojekt

Förbättring av dataflödet från projektör till maskinstyrning

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

JACOB JOHANSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2011

Effektivisering av 3D- processen inom anläggningsprojekt
Förbättring av dataflödet från projektör till maskinstyrning
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

JACOB JOHANSSON

© JACOB JOHANSSON 2011

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2011:73

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

Omslag:
Bild ifrån "Krav för upprättande av anläggningsmodell" ifrån OpenBIM.

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2011

Effektivisering av 3D-processen inom anläggning

Förbättring av dataflödet från projektör till maskinstyrning

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

JACOB JOHANSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för geologi och geoteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Rapporten ger en allmän kunskap till alla aktörer om hur anläggningsarbeten, maskinstyrning och 3D-projektering fungerar. Detta för att skapa en bättre kommunikation mellan beställare, projektörer, entreprenörer och maskinister. Det har gjorts en intervjustudie och en enkätundersökning hos alla aktörer för att ta reda på hur de förhåller sig till den nya tekniken.

Rapporten sammanfattar aktuella tekniker för att effektivisera 3D-processen inom anläggningsprojekt. För att få en ökad vinst på maskinstyrningen är det viktigt att dataflödet flyter på smidigt genom hela projektet. Rapporten utreder hur projektörer bör arbeta för att minska eventuella extra arbeten för entreprenören. Programvaror och filformat presenteras och utvärderas. LandXML är ett öppet filformat som är lämpligt att använda oavsett programvara på grund av att det är kompatibelt med de flesta programvaror.

Tack vare maskinstyrningen kan resurser sparas på utsättning. Mätteknikern kommer att ta en helt annan roll i framtiden. Tyngdpunkten på uppgifter kommer att vara att kvalitet- och kontrollgranska projektet.

En intervjustudie är gjord i området kring Skövde hos beställare, projektörer, maskinister, mättekniker och entreprenörer. Resultatet blev att alla är positiva till maskinstyrning och 3D-projekteringen. Det är dock upp till entreprenören att jobba aktivt i varje projekt för att få 3D-handlingar.

Nyckelord:

3D, terrängmodell, anläggning, byggprocess, mätteknik, maskinstyrning

Efficiency of the 3D process in the construction

Improving the flow of data from the designer to machine control

Diploma Thesis in the Engineering Program

Building and Civil Engineering

JACOB JOHANSSON

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of GeoEngineering

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The report provides a general knowledge to every participant within the construction process about how civil engineering, machine control and 3D design work. It will create better communication between clients, designers, contractors and engineers. There has been an interview and questionnaire survey of all participants to find out how they relate to the new technology.

The report summarizes current technologies to make the 3D process in construction more effective. To make a greater profit on the machine controller, it is important that the data flow goes smoothly throughout the project. The report examines how planners should work to reduce any extra work for the contractor. Software and file formats are presented and evaluated. LandXML is an open file format that is appropriate to us because it is compatible with most software.

Thanks to the machine control, resources can be saved. The surveyor will have a completely different role in the future. The main task will be to control the quality of the project.

Interviews have been done in the area around Skövde from customers, planners, engineers, contractors and surveyor. The result was that everyone is positive about the machine control and 3D design. However, it is up to the contractor to work actively in each project to get 3D documents.

Key words:

3D, terrain model construction, construction process, surveying, machine control

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
<i>DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAM</i>	II
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	I
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
Begreppsförklaringar	VII
Filformat	VIII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Mål	1
1.4 Metod	1
1.5 Avgränsningar	2
2 BYGGPROCESSEN	3
2.1 Entreprenadform	3
2.1.1 Totalentreprenad	3
2.1.2 Utförandeentreprenad	4
2.1.3 Samarbetsprojekt	4
2.2 Förfrågningsunderlag	5
2.3 Anbudsprocessen	5
3 PROJEKTERINGSPROCESSEN	6
3.1 Gestaltning	6
3.2 Systemutformning	6
3.3 Detaljutformning	6
3.4 Anläggningsmodell	6
3.5 Programvaror	7
3.5.1 AutoCAD Civil 3D	7
3.5.2 Novapoint	7
3.5.3 InRoads	8
4 MÄTTEKNIK	9
4.1 GPS	9
4.2 GLONASS	9

4.3	Galileo	9
4.4	Positionsbestämningsmetoder	10
4.4.1	Absolut mätning	10
4.4.2	Relativ mätning	10
4.4.3	DGPS	11
4.4.4	RTK	11
4.4.5	Nätverks RTK	11
4.5	Mätteknikerns roll	11
4.6	Mätutrustning	12
4.6.1	Totalstation	12
4.6.2	Rover	13
4.6.3	Planlaser	14
4.6.4	Stakkäppen	14
4.6.5	Laserscanning	15
4.7	Mätteknikerns programvaror	15
4.7.1	Topocad	15
4.7.2	Geo	15
4.7.3	GeoPad	17
5	MASKINSTYRNING	18
5.1	Positionerings- och styrsystem	18
5.1.1	GeoROG	18
5.2	Maskiner	20
5.2.1	Grävmaskinen	20
5.2.2	Bandschaktare	21
5.2.3	Väghyvel	21
5.2.4	Hjullastare	22
6	NYA TEKNIKER MED 4D	23
6.1	Terrängmodeller i 4D	23
6.2	Site-Link	24
7	INTERVJUSTUDIE	26
7.1	Beställare	26
7.2	Projektörer	27
7.3	Mättekniker	28
7.4	NCC	29
7.5	Maskinist	29
8	ENKÄTUNDERSÖKNING	31
8.1	Inställning – Allmänna inställning till 3D-projektering och maskinstyrning	31

8.2	Kunskap – Vilken kunskapsnivå finns i Skaraborg?	33
8.3	Utnyttjande – Hur stor omfattning det tillämpas idag.	34
8.4	Mål - Hur vi effektivast ska arbeta med 3D-projektering och maskinstyrning i framtiden.	35
8.5	Förändring - På vilka sätt vi ska förändra processen för att nå våra mål.	37
9	AVSLUTNING	42
9.1	Analys och rekommendationer	43
9.2	Slutsats	44
12	REFERENSER	43
12.1	Examensarbeten	43
12.2	Kompendier	43
12.3	Elektroniska källor:	43
12.4	Muntliga källor	45
	Lokrantz, Anders & Eriksson, Anna-Karin. Cowi (2011-05-03) Skövde.	45
	BILAGOR	46
A	Intervjuer Beställare	46
A1	Lars Kling, Trafikverket Mariestad	46
A2	Anna Möller, Skövde kommun.	46
A3	Johan Bengtsson, Mariestads Kommun	46
A4	Jan Kristoffersson, Lidköpings Kommun (VA-projektering)	46
A5	Ingemar Olsson, Vara Kommun, (Byggledning)	47
B	Intervjuer Projektörer	47
B1	Per Larsson, WSP, (Samhällsbyggnad)	47
B2	Magnus Stensson, Vara Markkonsult	47
B3	Andreas Magnusson, VAP	47
B4	Jörgen Tranemyr, Ramböll Göteborg	48
B5	Kjell Johansson, Markcon	48
B6	Mikael Broberg, Falköpings Kommun, (Projektör)	48
B7	Roger Persson, Cowi	48
B8	Anders Lokrantz, Anna-Karin Eriksson, Cowi, (Landskapsarkitekt, Mark & VA-ingenjör)	48
B9	Patrik Blom, ALP Markteknik	49
C	Intervjuer NCC	49
C1	Kenneth Ferngren, Anbudschef	49
C2	Joakim Stenlund, Platschef	49
C3	Anders Johansson, Platschef	49
C4	Ulf Johansson, Projektchef Hus	50
D	Intervjuer Maskinförare	50
D1	Henrik Ohlin, NCC Roads, (Hyvelförare)	50
D2	Thunborg, Företag: Grävtjänst i Götene, (Grävmaskinist)	51

D3	Jan Fridlund, Fridlunds schakt, (Grävmaskinist)	51
E	Intervjuer Mättekniker	51
E1	Kjell Danhard, NCC	51

Förord

Detta examensarbete är det avslutande momentet i min högskoleingenjörsutbildning i byggt teknik vid Chalmers tekniska högskola. Jag har haft praktik inom NCC Construction i Skaraborg och har efter detta fått en god insikt i byggprocessen. Jag upptäckte under min praktik att det finns potential att utveckla processen med 3D-projektering. Jag diskuterade med John Ek, entreprenadingenjör på NCC om olika möjligheter att utveckla dessa idéer till ett examensarbete. John Ek var positiv och stöttade mig med mina idéer.

Jag vill tacka Leif Granhage från Chalmers tekniska högskola som har hjälpt mig att definiera rätt metoder och tillvägagångssätt för att lyckas med ett fullvärdigt examensarbete. Jag vill även ge ett stort tack till NCC Construction som har gett mig förtroendet att utföra examensarbetet åt dem. Dessa tack tillägnas framförallt till John Ek, Tobias Häggblom och Magnus Lander.

Slutligen vill jag tacka alla som har medverkat i min intervjustudie. Detta har utgjort kärnan av rapporten och utan er hade examensarbetet inte varit möjligt att genomföra.

Göteborg maj 2011

Jacob Johansson

Beteckningar

2D	Vektorgrafik i två dimensioner
3D	Vektorgrafik i tre dimensioner
4D	Vektorgrafik med koppling mot tid
BIM	Building Information Model
MBS	Massbeskrivningsformat
CAD	Computer Aided Design
DGN	Design, filformat
DWG	Drawing
DTM	Digital Terrain Modell (Digital Terräng Modell)
DXF	Drawing Exchange Format
GIS	Geographic Information System
IFC	Industry Foundation Classes
LOU	Lagen om Offentlig Upphandling
VA	Vatten och Avlopp
VR	Virtual Reality

Begreppsförklaringar

För att entreprenören ska kunna utföra ett projekt krävs det detaljerade ritningar med olika typer av filer. För att vissa allmänna begrepp inte ska misstolkas är dessa kortfattat förklarade:

Digital terrängmodell (DTM) är en realistisk, virtuell modell av en terräng.

Linjemodell är en vägmodell baserad på längsgående linjer. Filformatet är (.lmd) och innehåller tre filer: linjedata (.lin), profildata (.prf) och en Geo fil (.geo).

Maskinstyrning är ett begrepp som generellt används för att beskriva maskinguidning. Maskinguidning betyder att föraren som sitter i maskinen, får guidning om hur han ska utföra arbetet. Maskinstyrning innebär att någon förare inte behövs på grund av att hela maskinen styrs helautomatiskt. Därför borde begreppet maskinguidning användas i rapporten, men på grund av att maskinstyrning används i tal, kommer jag använda det som ett samlat begrepp för maskinguidning och maskinstyrning.

Punktmoln är en grupp av individuellt inmätta punkter utifrån en laserscanning.

Trådmodell (Wire-frame) innebär en 3D-vy av ett objekt där alla underliggande linjer syns.

Väglinje kan beskrivas utav tre filer:

- **Plangeometri** består av ett geometriskt område i två dimensioner. **Linje** (.lin).
- **Vertikalgeometri** består av höjd- och längdsdata. **Profil** (.prf).
- **Tvärlutning** visar vägbanans lutning. **Skevning** (.skf).

Filformat

Det finns många alternativ på program och utrustning för maskinstyrning och projektering. För att datautbytet mellan entreprenör, projektör, mättekniker och maskinist ska ske smidigt underlättar det om dessa aktörer samarbetar mot samma filformat. Här presenteras olika filformat kortfattat och dess användningsområde.

DWG är Autodesk's egna filformat som betyder drawing. Detta filformat används framförallt av projektörer som använder sig av AutoDesks programvara AutoCad.

DXF står för Data Exchange File och är Autodesk's filformat. Det är ett två-dimensionellt grafiskt filformat som stöder i princip alla PC-baserade CAD produkter (Webopedia – DXF).

LandXML är ett öppet filformat som bygger på XML (Extensible Markup Language). Syftet med ett XML-format är att utväxla data mellan olika informationssystem. Principen med kodningen är att människor ska kunna läsa den som ren text (Wikipedia – XML, 2011). Autodesk är ansvariga för utvecklingen av LandXML-formatet. Risken med LandXML är att det kan tappa viss relevant information eftersom det är ett öppet format som är kompatibelt med flera format enligt Stefan Hestner SBG (2011-03-30).

IFC står för Industry Foundation Classes och har som syfte att beskriva konstruktionsdata. Det är en standard för att lagra BIM och arbetar med objekt enligt Håkan Rampell (2011-03-30). Danmark har IFC som ett krav vid offentliga byggnationer. IFC finns som XML-format och har beteckningen ".ifcXML". Det vanligaste användningssättet är att använda ".ifc"-formatet. Det ger en kompakt storlek med läsbar text. Autodesk, Bentley Architecture, Tekla Structures är exempel på programvaror som stöder IFC (Wikipedia – Industry foundation Classes 2011).

MBS står för massbeskrivningsformat. Datorn utför massberäkningar genom att jämföra arean för varje sektion. Då intervallen mellan sektionerna blir för långa kan massberäkningen bli felaktig på grund av att datorn interpolerar fram massan mellan sektionerna. Ju tätare intervall på sektionerna, desto högre precision fås på massberäkningarna.

DGN är ett CAD-filformat som står för design. Det stöds av t.ex. Bentley Systems Micro Station. DGN är inte lika utbrett som DWG men används inom större byggprojekt.

1 Inledning

2D-projektering har länge används inom byggindustrin. I dagsläget utnyttjas 3D-projektering i de flesta industribranscher såsom fordonsindustrin och liknande. Inom byggindustrin har programvaror för 3D-projektering används länge, dock endast till att illustrera byggnader och byggprojekt för kunden eller allmänheten. På hussidan har BIM börjats använda i större grad och även på större vägprojekt har det skett 3D-projektering. Detta examensarbete undersöker möjligheten att få in mer 3D i anläggningsprojekt i framförallt Skaraborgsregionen.

1.1 Bakgrund

Tekniken för maskinstyrning har funnits i många år men det är en teknik som inte utnyttjas fullt ut idag på NCC. I många fall sitter konsulter och projekterar i 3D men ändå ges ritningarna ut i 2D till NCC. Det skulle underlätta för NCC om de fick ritningar i 3D så att de kan lättare användas till maskinstyrning. Detta skulle leda till ett lägre behov av markarbetare och ett ökat utnyttjande av grävmaskinerna på byggarbetsplatsen. Mätteknikerns roll skulle förändras då behovet av utsättning minskade. Mer tid skulle läggas på att kvalitetskontrollera bygget och det skulle även finnas möjlighet att hålla i flera byggen samtidigt. Det finns möjlighet att samla data ifrån alla maskiner på bygget vilket kan användas för att planera bygget och även ligga som grund för kommande anbud. Inom husbyggnad har 3D-modellering funnit stora fördelar genom att bland annat kollisionstesta ritningarna i 3D-modellen. På så vis upptäcks krockar mellan t.ex. ventilationstrummor och VA-rör innan bygget sätts igång. Anläggningsbranschen har inte utnyttjat 3D-tekniken i samma utsträckning men möjligheter till framtida utveckling.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att visa vilka möjligheter NCC Construction har för att bedriva anläggningsprojekt i 3D. Förhoppningarna är att maskinstyrningsprocessen kommer att effektiviseras och att hela projektets kvalitet kommer att höjas med hänsyn till ekonomi, färre fel i slutbesiktningen och förbättrad slutprodukt. Förhoppningarna är att projekteringen kommer att utföras helt eller delvis i 3D för att direkt kunna utnyttja den data till maskinstyrning.

1.3 Mål

Målet med examensarbetet är att redovisa senaste 3D-tekniken inom anläggning och presentera lämpliga arbetsmetoder för alla aktörer i byggprocessen. Mina förhoppningar är att byggprocessen kommer att effektiviseras och att NCC kommer att vara ledande inom maskinstyrning.

1.4 Metod

Jag kommer att intervjua entreprenörer, konsulter och beställare och se var de står i frågan om att börja projektera i 3D och ge ut de handlingarna till entreprenören. Jag kommer även att ta fram information om den senaste 3D-tekniken och om hela byggprocessen för att kunna avgöra hur en 3D-projekteringsprocess bör skilja sig från

en 2D-projektering. Dagens tekniker kommer även att presenteras för att öka förståelsen för hela processen.

1.5 Avgränsningar

För att begränsa mig har jag valt att intervjua entreprenörer, mättekniker, maskinförare, konsulter och beställare inom regionen gamla Skaraborg i Västra Götalands län. Produktutvecklare utanför gamla Skaraborg har även kontaktats för att få en bredare insyn i utvecklingen. Rapporten är avsedd att användas för anläggningsprojekt och är därför inte anpassad för husprojekt.

2 Byggprocessen

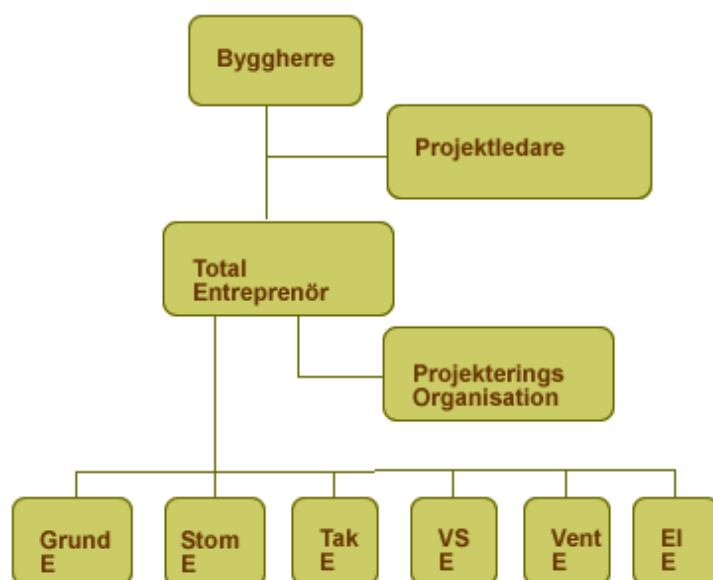
En byggprocess omfattar projektering, byggande och förvaltning. Beroende på hur anbudet och entreprenadformen är utformat påverkas maskinstyrningsprocessens möjligheter. En anläggningsprocess styrs utav olika lagstiftningar som är anpassade för anläggningsarbeten. Huvudaktörer i byggprocessen är byggherren, projektörer (konsulter), entreprenörer och myndigheter. Försäkringsbolag och finansiärer är också knutna till processen. ”Byggherren är den som utför eller för egen räkning låter utföra en byggnad eller anläggning” (Birgersson B. 2007). För att få en djupare förståelse för byggprocessen presenteras de vanligaste entreprenadformerna.

2.1 Entreprenadform

Entreprenadformen beskriver hur entreprenaden är utformad. Med hjälp av ett diagram syns det hur ansvarsförhållanden ser ut mellan aktörer och byggherre. De två mest förekommande entreprenadformerna är utförandentreprenad och totalentreprenad. Det finns även andra entreprenadformer som t.ex. samarbetsprojekt där beställare och entreprenör arbetar mot gemensamma mål.

2.1.1 Totalentreprenad

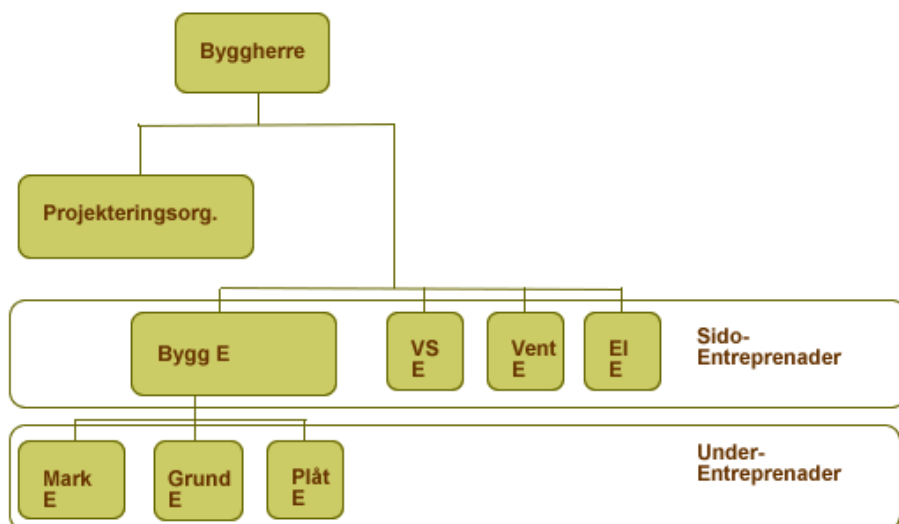
Vid en totalentreprenad ansvarar entreprenören helt eller delvis för byggnadsverkets funktion. Det kan innebära att byggherren lämnar ansvaret för projekteringen till entreprenören (fig. 1). Entreprenören har då ett större ansvar och inflyttande på projektet. Det är generellt lättare för entreprenören att påverka slutprodukten i en totalentreprenad. När entreprenören är med i projekteringen kan projektets miljöfrågor tas upp i ett tidigt skede.



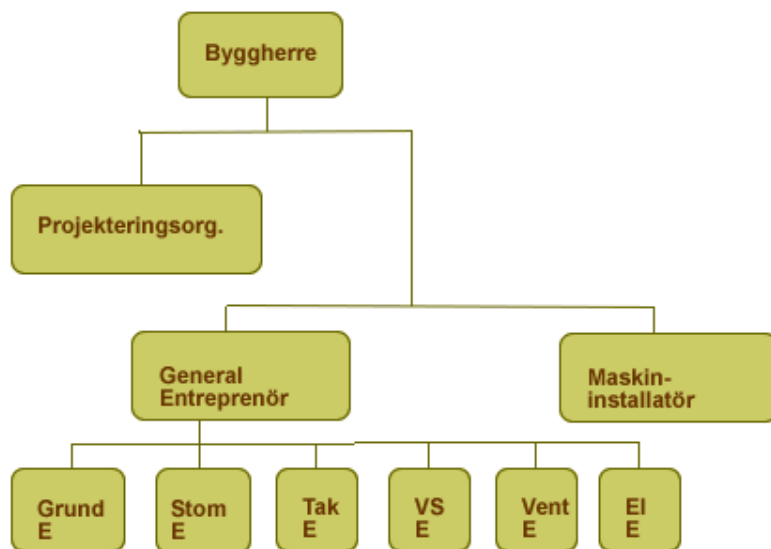
Figur 1. Exempel på totalentreprenad (Byggledarna Projektpartner 2007).

2.1.2 Utförandeentreprenad

En utförandeentreprenad innebär att beställaren ansvarar för att tillhandahålla bygghandlingar åt entreprenören. Entreprenören ansvarar för själva utförandet av byggandet. Utförandeentreprenad finns i två former: delad entreprenad och generalentreprenad. I en delad entreprenad tecknar beställaren avtal med sidentreprenörer (fig. 2). En generalentreprenad innebär att huvudentreprenören ansvarar för eventuella underentreprenörer och tecknar avtal sinsemellan (fig. 3).



Figur 2. Exempel på en delad entreprenad (Byggladarna Projektpartner 2007).

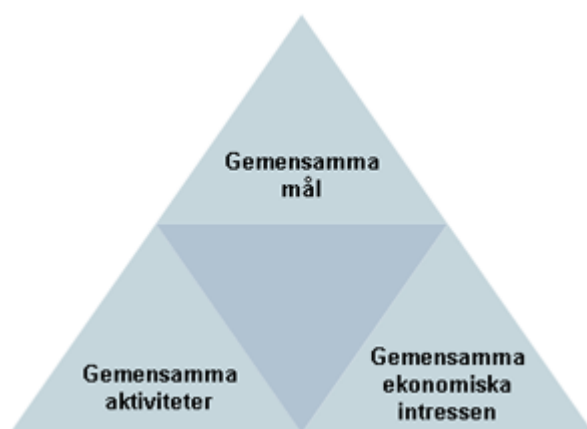


Figur 3. Exempel på en generalentreprenad (Byggladarna Projektpartner 2007).

2.1.3 Samarbetsprojekt

En annan vanlig entreprenadform är samarbetsprojekt där byggherren, konsulter och entreprenörer löser en bygguppgift gemensamt. NCC kallar deras typ av samarbetsprojekt för partnering. Det bygger på att NCC och beställaren tillsammans planerar tider och gör en budget. Partnering bygger på förtroendefullt samarbete där

alla redovisar sin ekonomi öppet för alla. I ett partneringsavtal sätts ett riktpreis upp. Om det totala slutpriset för projektet skulle hamna över eller under riktpriiset delas kostnaderna/vinsten lika mellan beställare och NCC. Partnering har tre nyckelfaktorer som binder samman beställaren och NCC (fig. 4).



Figur 4. NCC Partnerings tre nyckelfaktorer (NCC – *Vad är partnering?* 2010).

2.2 Förfrågningsunderlag

Förfrågningsunderlag är en handling av byggherren som i detalj beskriver projektet. Den ska ligga till grund för att kostnader för projektet ska kunna beräknas. Ett förfrågningsunderlag bör innehålla administrativa föreskrifter (AF), bygghandlingar (ritningar, beskrivningar, specifikationer, förteckningar), geotekniska förutsättningar och eventuella övriga handlingar. Detta används för att kunna bedriva projektet utifrån satta regler och kostnader. Brister i förfrågningsunderlaget leder ofta till problem i hela byggprocessen. Det bidrar ofta till minskad effektivitet och ett sämre slutresultat. Anledningen till dessa brister är oftast att projekteringstiden har varit för kort enligt Sveriges Byggindustrier (2007).

2.3 Anbudsprocessen

Anbudsprocessen kan ha mängder av olika variationer. Följande beskriver en generell bild av processen: När förfrågningsunderlaget är projekterat skickas det ut som en förfrågan till en eller flera entreprenörer. Entreprenörerna får sedan kalkylera kostnader utefter de ritningar och specifikationer som förfrågningsunderlaget innehöll. Då entreprenören har egna synpunkter eller idéer om projektet kan förutom anbudet ett sidoanbud ges. Sidoanbudet innehåller oftast en alternativ lösning till projektet. När beställaren har fått in alla anbud tas det ett beslut om vilken entreprenör som får utföra projektet. De som erbjuder att utföra projektet till den lägsta kostnaden får oftast anbudet.

Då förfrågningsunderlaget kommer ifrån kommun, landsting eller statliga verk gäller LOU (Lagen om Offentlig Upphandling). Detta innebär att anbudsfrågan måste vara offentlig för att alla entreprenörer ska kunna konkurrera på lika villkor. Beställaren måste då välja den entreprenör som har det förmånligaste anbudet och som även kan uppvisa bevis på god kvalitetssäkring och ett miljöansvar.

3 Projekteringsprocessen

Beroende på vilken typ av upphandlingsform som råder kan projekteringen ske antingen av ett entreprenadföretag eller ifrån ett externt konsultföretag. Själva utförandet av projekteringen sker dock på teoretiskt samma sätt. Uppgiften är att tillhandahålla bygghandlingar för projektet. Varje projekt är unikt men oftast genomgår ett projekteringsprojekt tre steg. Dessa är gestaltning, systemutformning och detaljutformning (Berglund & Davidsson 2010).

3.1 Gestaltning

I första delen i processen ska projektet gestaltas. I ett husprojekt skulle detta innebära att en arkitekt skissade upp ett förslag på projektet. I anläggningsbranschen har detta blivit ett viktigare moment eftersom en 3D-modell ofta ska skapas. Istället för att använda en arkitekt i ett anläggningsprojekt behövs en teknisk person med kunskaper i 3D-modellering. Då maskinstyrning kommer att användas är det extra viktigt att projektera 3D-modeller (Berglund & Davidsson 2010).

Vid t.ex. ett markjobb ifrån kommun tillhandahåller de en grundkarta som oftast deras egna planarkitekter har arbetat fram. Utifrån denna planritning görs förfrågningsunderlaget. Befintliga höjder tas ut och sedan görs en terrängmodell av befintlig terräng. Sedan måste en geoteknisk undersökning utföras. Detta kan ske av projektören eller av en extern konsult menar markprojektörerna Lokrantz, A. & Eriksson, A-K.

3.2 Systemutformning

För att alla funktioner ska uppfyllas i bygget måste ett system upprättas med hänsyn till installationer och konstruktionen. Utifrån bygghandlingens kravspecifikation utformas det fram en lämplig lösning som tillfredställer behovet (Berglund & Davidsson 2010).

3.3 Detaljutformning

Detaljutformningen är den största delen som kräver att allt måttsätts och beräknas. Hela projektet ska i detalj beskrivas och bestämmas. Projekteringen ska sedan användas för att göra kostnadsberäkningar. Det är därför mycket viktigt att allt stämmer för att undvika stora tilläggskostnader.

3.4 Anläggningsmodell

Då en projekterad anläggning beskrivs tredimensionellt kallas den för anläggningsmodell. Utifrån denna modell kan information hämtas som behövs för att utföra olika uppgifter. En anläggningsmodell kan t.ex. användas för kollisionsskontroll, mängdförteckning, tidsplanering eller till maskinstyrning.

3.5 Programvaror

I ett byggprojekt deltar olika aktörer med större eller mindre inflytande på projektet. Det innebär ofta att olika aktörer har olika arbetssätt. För att underlätta för hela processen är det viktigt att de programvaror som används är kompatibla med varandra. Därför är det viktigt att granska vilka filformat som används. Det är även viktigt att programvarorna som används är tillämpade rätt och att all data som skapats kan tillgodoses.

För att kunna skapa 3D-modeller krävs det programvaror som kan hantera 3D-modellering. Följande program är anpassade för att fylla olika behov i 3D-modelleringen.

3.5.1 AutoCAD Civil 3D

Autocad är ett ritningsprogram för 2D- och 3D-CAD ifrån Autodesk. Det är kompatibelt för både Microsoft Windows och Macintosh. Från början var AutoCAD ett program avsett för ingenjörer men används idag även av arkitekter. AutoCAD använder sig av sitt eget ritningsformat som kallas DWG. (Wikipedia – AutoCAD 2011).

AutoCAD Civil 3D är en BIM-lösning som bygger på AutoCAD plattformen. Den är speciellt anpassad för att hantera konstruktion och dokumentation av mark-, väg- och VA-projekt. Programmet har möjlighet att visualisera projektet i 3D vilket kan skapa en bättre förståelse och kommunikation för alla inblandade. Programmet är modellbaserat och uppdateras dynamiskt vilket gör att det går snabbt att göra ändringar. Det går genom programmet att optimera materialanvändningen genom att analyser jordmassor och även VA-ledningar. Programmet har även kartfunktioner som möjliggör att göra markanalyser (AutoCAD 2011).

3.5.2 Novapoint

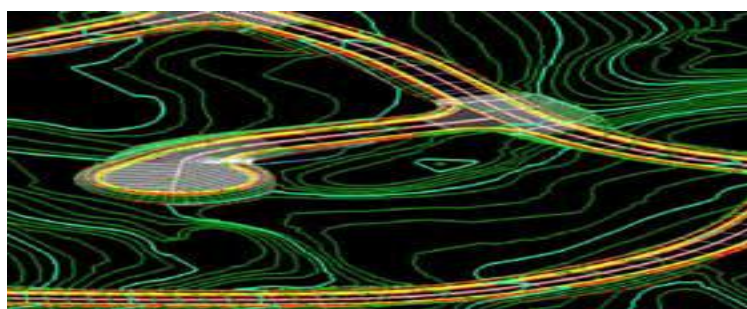
Novapoint är ett ritningsprogram som utnyttjar AutoCAD-plattformen. Novapoint är utvecklat av företaget Vianova Systems. Grundmodulen i Novapoint heter Novapoint Bas. I Novapoint Bas kan ritningar och terrängmodeller skapas. Novapoints terrängmodell kan både importera och exportera DWG-, DXF- och Land XML-filer. I Novapoint Bas går det att generera koordinatfiler direkt ifrån AutoCAD-ritningen. Utifrån en terrängmodell kan olika verktyg välja ut vilken data som ska presenteras som punkthöjder, terrängprofiler, terrängsektioner, höjdkurvor samt triangel- och rutnätmodeller. Det går även att gruppera olika data genom att placera dem i olika grupper och objekt-koder. Med hjälp av detta kan presentationer och beräkningar underlättas (Vianova Systems – Novapoint Bas 2011).

Novapoint Terräng heter mjukvaran som projekterar mark- och anläggningsprojekt. Den har möjligheten att visualisera i både 2D och 3D. Då punkter är givna i x-,y- och z-led kan markytan visualiseras med synliga lutningar. Det går att redigera, flytta, höja och sänka punkterna vilket uppdateras direkt. Då projekteringen är gjord i 3D kan volymbereäkning ske med hjälp av rutnätmodeller. Överbyggnadstjocklek, planer och sektioner kan enkelt presenteras (Vianova Systems – Novapoint Terräng 2011).

Vianova har även en modul som kallas Novapoint Anläggning. Detta program är anpassat för entreprenörer ute på bygget. Det ska underlätta dataflödet mellan projektör, beställare och entreprenör. Modulen kan importera inmätningar som pxy-filer och lagra i ritningen. Den kan även exportera utsättningsdata till GPS, totalstation eller maskinstyrningssystemet. Då en vägmodell används sparas detta som VIPS-data och kan sedan exporteras som en LandXML-fil. Novapoint anläggning har ritfunktioner som kan rita ut väglinjer och tvärsektioner. Det går att räkna ut volymen då två olika triangelmodeller är givna. Vägmodeller kan granskas i 3D-vy. Då Novapoints moduler används fullt ut fås en fullständig hantering av Novapoints terrängmodeller (Vianova Systems – Novapoint Anläggning 2011).

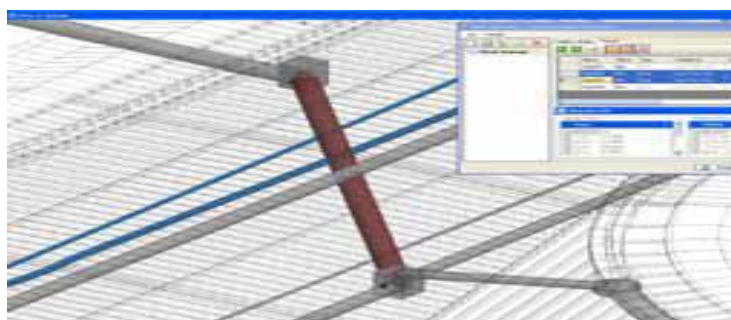
3.5.3 InRoads

InRoads är ett CAD program ifrån Bentley som är inriktat främst mot vägprojektering. Programmet är kompatibelt med LandXML-filer och utnyttjar både 2D- och 3D-grafik. Programmet har många inbyggda funktioner för att kunna hantera, analysera och kontrollera digitala terrängmodeller. InRoads har möjlighet att placera den projekterade ytan i ett ortofoto. Detta ger en realistisk uppfattning på den projekterade terrängen och hur vägen anpassar sig till terrängen (fig. 5).



Figur 5. Exempel på en DTM med ortografik ifrån InRoads (Bentley Systems 2011).

Dräneringsmodeller kan skapas direkt utifrån inmätt data. InRoads kan exportera sektioner, ritningar och rapporter direkt utifrån den projekterade 3D-modellen. Vid presentation av en vägmodell kan en 3D-visualition göras genom att virtuellt flyga över området. InRoads har en god förmåga att knyta samman bromodeller direkt till vägmodellen i en och samma ritning. Med ProjectWise Navigator går det att upptäcka om det förekommer några krockar med dräneringsrör eller liknande (fig. 6) (Bentley Systems 2011).



Figur 6. ProjectWise Navigator upptäcker en krock med dräneringsrören (Bentley Systems 2011).

4 Mätteknik

GNSS (Global Navigation Satellite Systems) är ett samlingsnamn för satellitbaserade positionssystem. GNSS är ett system som bygger på GPS- och GLONASS-satelliter. Satelliterna kommunicerar med mottagare på jorden. Från början användes GNSS mest för sjö- och flygnavigering men idag är det vanligt förekommande vid landnavigering i t.ex. bilar och även i mobiltelefoner. För att bestämma positionen krävs normalt fyra satelliter för att få ut: latitud, longitud, altitud och tid. Inom anläggningsbranschen används satelliterna för att bestämma position på mätinstrument och maskiner. För att få en djupare förståelse för systemet och användningen av systemet kommer detta kapitel ta upp satellitsystemen, instrumentens användningsområden samt mätteknikernas arbetssätt.

4.1 GPS

GPS (Global Positioning System) är ett satellitbaserat system uppbyggt och drivs av det amerikanska försvaret. Det startade år 1973 och var fullt tillämpligt för civil användning år 1993. År 1995 var det fullt utbyggt för militär användning. Det används mer till civil användning än till militär användning idag. År 2000 slutade USA att använda SA-störningen (Selective Availability). Denna medvetna störning användes för att inte andra försvarsmakter skulle kunna utnyttja samma noggranna positionering (Wikipedia – *SA 989i8oko(GPS)* 2010). Det amerikanska försvaret garanterar att minst 24 satelliter ska vara aktiva och att det under 99.9 % av tiden ska minst 4 satelliter vara tillgängliga jorden runt. Satelliterna vänder sin omloppsbana vid 55 grader vilket motsvarar Bornholm utanför Sveriges syd kust. Satelliternas omloppstid motsvarar 11 timmar och 57,97 min. Satelliterna utnyttjar en tvåvägskommunikation mot ett kontrollsegment för att justera satelliternas läge, uppdatera data och bestämma ban- och klockparametrar (Swepos – *GNSS*)

4.2 GLONASS

GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaja Sistema) är ett ryskt militärt system. Projektet startade år 1982 och fungerade år 1996. Målet är att ha 21 satelliter + 3 reservsatelliter men vid 2005 var det 10 satelliter som var aktiva. Därför kan detta system inte enbart användas för att det innehåller för få satelliter. Däremot vänder omloppsbana vid 64.8 grader vilket motsvarar Skellefteå. Detta innebär att det täcker in Sverige bättre vid ett fullt utbyggt system. GLONASS använder sig inte utav någon SA-störning utan är öppet för alla. (Swepos – *GNSS*).

4.3 Galileo

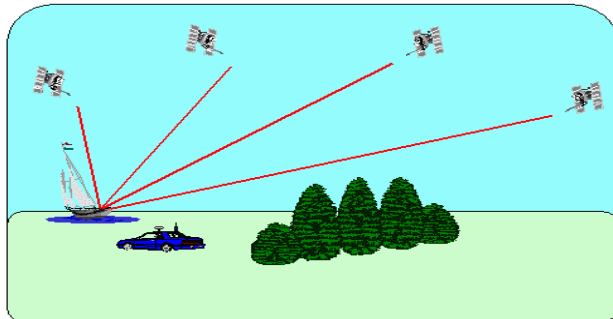
Galileo är ett satellitnavigationssystem som håller på att utvecklas av EU (Europeiska Unionen) och ESA (Europeiska rymdorganisationen). Hittills har endast två testsatelliter skjutits upp (ESA 2010). Anledningen till att Galileo har utvecklats beror på att EU vill minska beroendet av USA:s GPS-system vilket från början är ett militärt system. Galileo kommer att vara kompatibelt med GPS och GLONASS vilket innebär att en GNSS-mottagare kan utnyttja samtliga satelliter. Galileos satelliter kommer att vända vid 56 grader vilket i princip motsvarar GPS:ens 55 grader. (Wikipedia – *Galileo satellite navigation 2011*).

4.4 Positionsbestämningsmetoder

För att bestämma positionen för en punkt finns det olika typer av mätmetoder. Då punkten ska bestämmas av satelliter kan det påverkas utav olika typer av störningsmoment som elektriska fält, radiosändare, atmosfärsstörningar med mera. Detta tillsammans med ett enormt avstånd mellan mottagaren och satelliterna göra det hela väldigt komplext. Nedan följer de vanligaste teknikerna för positionsbestämning.

4.4.1 Absolut mätning

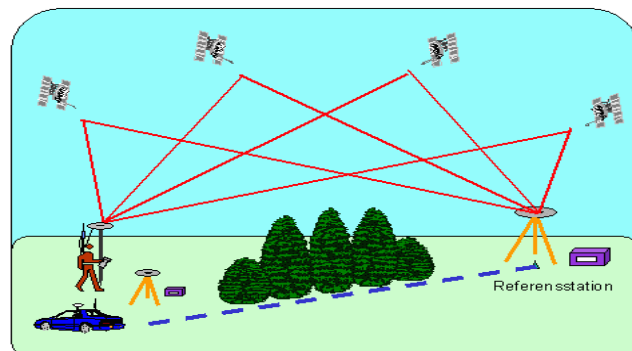
Absolut mätning innebär att mottagarpositionen bestäms direkt i förhållande till satelliter. Det sker inga typer av korrektioner från fast basstationer. För att få en position i latitud, longitud och altitud krävs längdmätning mot minst 4 satelliter (se fig. 7). Noggrannheten för GPS är ca 10 meter och för GLONSASS är ca 60 meter (SWEPOS – GNSS).



Figur 7. Absolut mätning ifrån fyra satelliter (Swepos – GNSS).

4.4.2 Relativ mätning

Då högre noggrannhet krävs, används relativ mätning. Det bygger på att mottagarens position fås utifrån längdmätning ifrån satelliterna och korrektioner ifrån en fast mottagare. Den fasta mottagaren skickar sedan korrektioner till den rörlige mottagaren för att få exaktare position. Korrektionerna bygger på relativa mätningar mellan en känd punkt och mottagarens punkt (fig. 8). Noggrannheten för de vanligaste relativa mätmetoderna är 0,5-2 m (DGPS), 1-3 cm (RTK) och 0,5-2 cm för statisk mätning (SWEPOS – GNSS).



Figur 8. Relativ mätning. Korrektioner skickas ifrån en referensstation (SWEPOS – GNSS).

4.4.3 DGPS

DGPS använder sig av relativ kodmätning och fungerar genom att skillnader mäts mellan den mätta positionen och en mottagare med känd position. Dessa skillnader utgör korrektioner och sänds till mobila GPS-mottagare som korrigerar sina mätningar. Medelfelet ligger på 0,5-5 m per koordinat (Engfeldt, A. & Jivall, L. 2003).

4.4.4 RTK

Real Time Kinematik (RTK) innebär relativ bärvågsmätning i realtid. Det innebär att GNSS-utrustningen får korrektioner i realtid från en eller flera fasta basstationer. Då relativ bärvågsmätning sker så används den kortvågiga bärvågen. GNSS-utrustningen kan då beräkna sin position med cm-noggrannhet. Basstationen måste befinna sig på en känd punkt för att en absolut mätning ska kunna ske i relation till rikets nät. RTK är känsligare än DGPS vid mätningar kring tät skog (Wikipedia – *Real Time Kinematic*)

Vid RTK-mätning används antingen en lokal referensstation eller ett nätverks-RTK. Då användaren väljer att använda sig av en lokal referensstation krävs det en egen datalänk för att överföra data. Detta kan ske genom radio eller GSM-nät.

4.4.5 Nätverks RTK

Nätverks-RTK är en variant på RTK som använder flera basstationer. Tekniken bygger på att utifrån referensstationerna etablera en virtuell basstation som via en datacentral skickar korrektionerna. Varje gång en ny GSM-uppkoppling sker skapas en ny virtuell referensstation. GNSS-utrustningen beräknar sedan sin position utifrån data. (Wikipedia – *Real Time Kinematic*).

SWEPOS är ett nationellt nät av fasta referensstationer för GNSS. Det är alltså en variant av nätverks RTK. SWEPOS:s tjänst är att efterbearbetar data från satelliter och använda detta som korrektioner till GNSS-utrustning. SWEPOS består utav 215 fasta referensstationer och har som mål att ha 400 stationer år 2015. Noggrannheten ligger på 15-20 mm i plan och 25-30 mm i höjd uppger Kempe T. från Lantmäteriet.

4.5 Mätteknikerns roll

En mättekniker skapar förutsättningar för att kunna bedriva en byggnation. Den har ofta en väldigt komplex roll som innefattar allt ifrån att utföra mätningar, skapa och redigera terrängmodeller, stötta arbetsledaren och vara delaktig i planeringsprocessen.

En mättekniker har idag som huvuduppgift att utföra inmätning och utsättning. Inmätning sker då vi vill veta exakta koordinater för olika punkter och det används ofta för att dokumentera hur byggnationen exakt ser ut i verkligheten. Då t.ex. en kabel grävs ner under marken vill ofta beställaren veta exakt vart den ligger genom att den blir inmätt innan den täcks över av jord. På så sätt underlättas framtida planerings- eller renoveringsarbeten. Vid utsättning tar mätteknikern reda på vart punkterna på ritningen befinner sig i verkligheten och gör sedan en markering. Detta görs för att byggarbetarna ska kunna ta reda på exakt vart de ska börja bygga.

Vid starten av ett projekt får oftast mätteknikern in ritningar ifrån beställaren i form av pappersritningar med stompunkter. Utifrån sin mätutrustning, stompunkterna och pappersritningen kan mätteknikern sedan förbereda bygget genom att sätta ut punkter åt byggarbetarna. För att underlätta denna process kan data-ritningar användas direkt för att effektivisera utsättningen. Mätteknikern arbetar mycket med datorn och sin mätutrustning för att kunna utföra sina uppgifter. Nedan beskrivs olika utrustningar samt programvaror.

4.6 Mätutrustning

I alla tider har verktyg och metoder används för olika typer av mätning. Dessa verktyg och metoder har en ständig utveckling och i ett anläggningsprojekt har vissa instrument större användningsområden än andra. I följande text presenterar mätteknikerns och markarbetarens olika mätutrustning:

4.6.1 Totalstation

Ett av de vanligaste instrumenten som en mättekniker använder sig av kallas totalstation (fig. 9). Totalstationen använder sig av en elektronisk teodolit och en EDM. Teodoliten kan mäta vinklar medan EDM är en längdmätare. Med hjälp av vinkel- och längdmätning kan position avgöras. Detta kräver beräkningar som förr gjordes för hand, men görs idag direkt i totalstationen (Wikipedia – Totalstation).



Figur 9. Visar en totalstation (Scanlaser – TPS 2011).

Totalstationen kan mäta längd direkt mot föremål. Detta ger dock ingen god kvalitet på mätningen. För att förbättra mätningen används istället en prisma för att mäta emot. På bilden (fig. 10) används en robotiserad totalstation där totalstationen följer efter prismet automatiskt. Prismet sitter fäst på en prismastång för att underlätta arbetet för mätteknikern. På denna stång sitter även en handdator som kan kommunicera med totalstationen och används till inmätningar och utsättningar (Wikipedia – Totalstation 2011).



Figur 10. Prismastång med handdator (Wikipedia – Totalstation 2011).

4.6.2 Rover

Rover är den utrustning som kan ta emot GPS signaler från satelliter för att bestämma sin position. För att förbättra noggrannheten fås korrektioner ifrån en eller flera referensstationer. En Rover består utav en antenn på toppen av en stång (fig. 11). På stången kan en handdator fästas för att hantera informationen och sedan användas till inmätning eller utsättning. Korrektionerna sker i form av DGPS, RTK eller nätverks-RTK som skickas genom det mobila nätet eller genom radiovågor (Wikipedia – Rover 2011).



Figur 11. Mättekniker Kjell Danhard från NCC med en Rover som är ansluten till handdatorn (eget foto ifrån praktik vid NCC).

4.6.3 Planlaser

Planlaser är ett instrument som hjälper till vid utsättningen av höjder (fig. 12). Instrumentet skickar ut en plan laserstråle. När lasermottagaren är i linje med laserstrålen piper mottagaren och bestämmer att mottagaren är i plan med instrumentet. Utifrån denna höjd går det att mäta den relativa skillnaden mellan olika höjder. Då det finns en fast känd punkt kan punkten mätas in och användas som referenspunkt vid utsättning. Detta instrument är vanligt förekommande bland markarbetare och utnyttjas då maskinstyrning inte är tillgänglig. När maskinstyrning används vid t.ex. en kabeldragning kan istället skopans höjdläge utnyttjas.



Figur 12. Planlaser med en lasermottagare (Proffsmagasinet 2011).

4.6.4 Stakkäppen

Stakkäppar är en gammal utsättningsmetod som är mycket förekommande inom anläggningsbranschen. Med hjälp av stakkäppar kan plandata, linjer, höjder och lutningar sättas ut. Mätteknikern kan sätta ut höjden med hjälp utav flukter (flukten representeras av den röda plastbiten i fig. 13). Då flera stakkäppar sätts ut med olika höjder på flukterna kan lutningar avläsas genom ”fluktning” mellan stakkäpparna. Fördelen med stakkäppen är att den är fysiskt synlig och generellt lätt att läsa av. Det är dock viktigt att mätteknikern och maskinsisten kommunicerar för att inte missuppfatta vad fluktens höjd representerar. Nackdelen med stakkäppar är att de är ofta i vägen för maskiner. Det förekommer även att stakkäppen flyttas av obehöriga vilket inte självklart upptäcks och resulterar i stora extra kostnader.



Figur 13. Stakkäpp med flukt vid vägbygge utanför Skövde (egen bild vid praktik hos NCC).

4.6.5 Laserscanning

Laserscanning innebär att man ställer upp ett laserscanningsinstrument på en given punkt. Sedan skickar instrumentet (fig. 14) ut laserstrålar för att mäta avstånden i området. Detta ger en digital 3D-miljö där varje punkt i bilden representeras utav x-, y- och z-koordinater. Utifrån resultatet av inmätningen (punktmolnet) kan modeller skapas i 2D och 3D. Det går att extrahera punkter, strukturer eller skapa terrängmodeller och linjer utifrån punktmolnet. Med programvaran Cyclone kan detta sedan överföras till AutoCAD för vidare behandling. Det går även att arbeta direkt i modellen med applikationen CloudWorx (Ortogonal - *3D scanning* 2011).



Figur 14. Laserscanningsinstrument uppställt (Geomatiknyheter – *Generera 3D-bilder från digitalfoton* 2009).

4.7 Mätteknikerns programvaror

Under ett bygge får mätteknikern ritningar ifrån projektören. Dessa ritningar kräver ofta någon typ av behandling för att kunna hanteras ute på fält. Nedan presenteras olika typer av programvaror som mätteknikern kan arbeta med.

4.7.1 Topocad

Topocad är ett CAD program utvecklat av Adtollo som är anpassat för mätning, kartering och design. Det är ett bra kommunikationsmedel till mätinstrument, maskinstyrning och fältdatorer. Programmet kan göra många typer av beräkningar utifrån inmätningar och ritningar. Med hjälp av verktygen i Topocad går det att redigera data. Det går snabbt att rita upp nivåkurvorna och skapa en DTM-fil. Från ritningar, väglinjer och profiler kan utsättning göras efter att ha överfört filerna till mätinstrumentet. Topocad kan importera/exportera DWG, LandXML, DGN, Shape och många fler format. Det finns en 3D-viewer som kan visa digitala terrängmodeller och ritningar i en 3D-vy (Adtollo 2011).

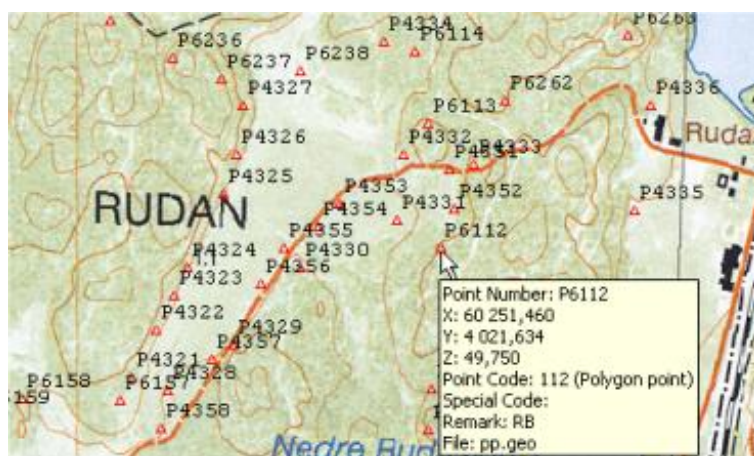
4.7.2 Geo

Geo är en programvara för geodesi och lantmäteri. Denna programvara används både i en stationär dator och som plattform för maskinstyrning. Användningsområdet omfattar design, utsättning inmätning och redovisning. Det finns funktioner i programmet som gör det möjligt att utifrån en modell göra volymberäkningar, terrängmodeller och väglinjer. Geo kan kommunicera med fältdatorn GeoPad och

maskinstyrningssystemet GeoROG. Programmet är även kompatibelt med fältinstrument ifrån Leica, Trimble, Topcon, Sokkia, Zeiss och Geodos enligt SBG (2011).

Geo kan hantera inmätning och utsättning med hjälp av ett fältinstrument. Inmätningshandlingen använder koordinatberäkning och kan göra polygontåg och fria stationsberäkningar. Geo har kraftfulla funktioner för att transformera punkter mellan olika koordinatsystem. Geo är kompatibelt med många filformat bland annat AutoCAD:s DXF och DWG. Filerna kan importeras in i Geo för att behandlas och sedan skickas ut till maskinstyrningssystemet eller fältdatorn. Ritningarna i programmet kan genereras enkelt för att få ut planbilder, sektioner, tunnelsektioner eller en vägprofil (SBG 2011).

Geo har även en verktygslåda där grafisk redigering kan användas. Baslinje, sidoförflyttning, linjeskärning, areaberäkning kan användas med hjälp av verktygen. Filer kan även öppnas samtidigt och synas genom olika lager som går att visa eller dölja. För att få en bättre uppfattning om vart ritningen befinner sig kan en bakgrundsbild som t.ex. ett ortofoto eller karta transformeras och läggas in som referens (fig. 15).

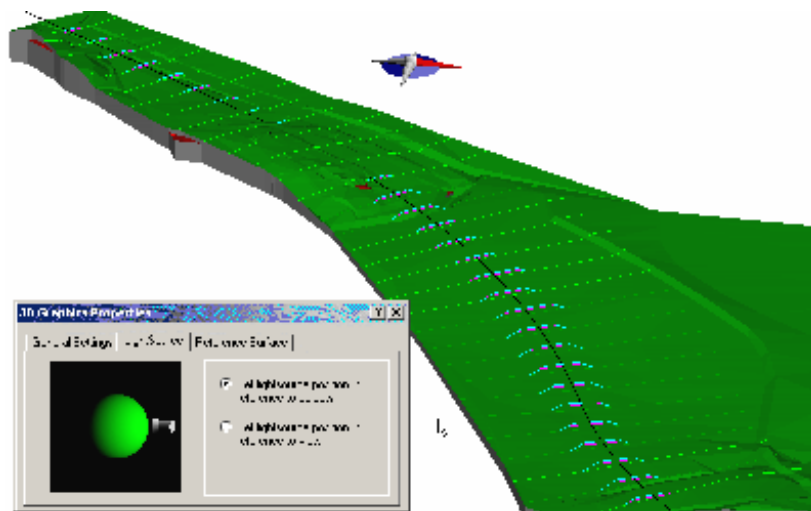


Figur 15. Polygonpunkter med en karta som bakgrundsbild. (SBG – *Geo Terrängmodeller* 2011).

Geo har inbyggda 3D-funktioner som kan visa alla höjdsatta ritningar i en grafisk 3D-miljö. Det går att enkelt växla mellan 2D- och 3D-vy i programmet. 3D-vyn kan användas för att enkelt hitta felaktiga höjder vid inmätning eller projektering. Det finns möjlighet att lägga in en referensyta (vattennivå) för att analysera vattenavrinningen på markytan. Programvaran har en funktion som kan färgsätta olika nivåer och draperas med en kartbild. Då ett ortofoto används som bakgrundsbild kan det även utnyttjas i 3D-läget.

I programmet går det att skapa eller kontrollera plandata, profiler, och skevningar för att beskriva linjer i alla tre dimensioner. Utifrån dessa går det att skapa terrängmodeller (fig. 16). I Geo går det att redigera modellen och skapa nya trianglar, flytta punkter, redigera punkthöjder, koppla ihop och dela stopplinjer. Terrängmodellen kan sedan användas för att få ut terrängsektioner och terrängprofiler. När en inmätning har skett innan och efter schaktning eller fyllning kan dessa båda modeller jämföras och skapa en volymberäkning. Skillnaden mellan modellerna

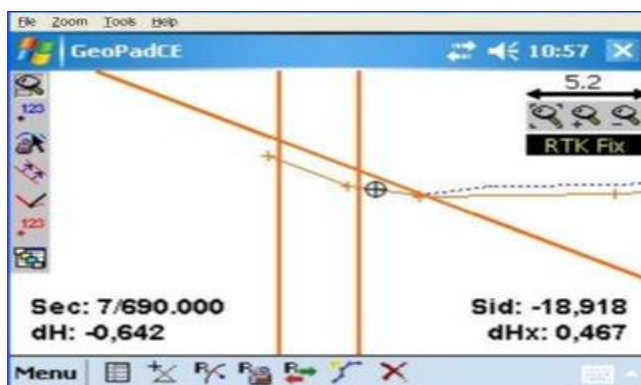
räknas ut och ger en bestämd volym för schakt eller fyllningen. Resultatet ifrån massberäkningen redovisas i form av en utförlig mängdrapport samt en komplett sektionsdatafil (SBG Geo Terrängmodeller 2011).



Figur 16. Terrängmodell ifrån Geo. (SBG Geo Terrängmodell 2011).

4.7.3 GeoPad

GeoPad är programvaran som kan användas i en fältdator. Den är utvecklad av SBG (Svensk Byggnadsgeodesi) och är anpassad för att använda PC-programmet Geo och maskinstyrningssystemet GeoROG. Det finns även möjlighet att kommunicera mellan fältdatorn och arbetsdatorn genom Windows Explorer eller Active Sync som är ett gratisprogram ifrån Microsoft. GeoPad använder sig av både ett numeriskt och ett grafiskt system för att göra en inmätning eller utsättning. Programmet fungerar både mot totalstationer och GPS:er. I GeoPad-fönstret (fig. 17), går det att manövrera sig både med grafik och genom numerisk data. GeoPad är relativt enkel att använda samtidigt som den har avancerade funktioner. Det går bland annat att öppna DWG-filer direkt i GeoPad. Det går att använda som en bakgrundsbild eller i ett mätläge där olika lager går att välja vilka som ska visas. GeoPad tillsammans med en pildisplay kan även användas som en enklare men billigare lösning för maskinstyrning istället för GeoROG:en (SBG GeoPad 2011).



Figur 17. Fönstervy i GeoPad för en tvärsektion i sektion 7/690. (SBG Geopad 2011).

5 Maskinstyrning

Maskinstyrning innebär att olika entreprenadmaskiner styrs med hjälp utav ett eller flera mätinstrument. Det innebär att behovet på framförallt utsättning minskar men även på markarbetare då maskinisten blir mer självständig. Maskinisterna navigerar sig genom en kombination utav GNSS-positionering, sensorsystem, digitala ritningar och en maskinstyrningsenhet. Istället för att använda GNSS-positionering går det att ställa upp en totalstation eller endast en planlaser och sedan använda en lasermottagare på maskinen. Nackdelen är då framförallt att maskinen inte har samma mobilitet på arbetsplatsen som vid GNSS.

Fördelen med att använda maskinstyrning är många. Arbetsplatsen blir en säkrare miljö då färre människor vistas i närheten av maskinen. Processen kräver mindre tid och sänker risken för skador och utmattning hos arbetare. Maskinstyrningen ger en förbättrad ekonomi och en högre kvalitet på arbetet.

Det finns även nackdelar med systemet. För det första krävs det en utbildningsperiod och en investering för att komma över starttröskeln med maskinstyrningen. Eftersom det är fler komponenter på maskinen är det också fler saker som kan gå sönder eller strula. Satellitmottagningen är inte alltid tillgänglig på grund av satelliternas läge eller att mottagaren befinner sig i ett skytt läge. Systemet kräver även att maskinisterna kan hantera det nya arbetssättet och använda det tillräckligt effektivt.

5.1 Positionerings- och styrsystem

Vid maskinstyrning med GNSS har anläggningsmaskinen en GNSS-mottagare som tar emot signaler ifrån satelliter och omvandlar dessa till det lokala koordinatsystemet. För att förbättra positioneringen används korrekationer ifrån nätverks RTK eller ifrån en fast basstation.

Genom att använda sig av sensorer på maskinens olika delar kan en kontrollbox bestämma exakt var skopan eller bladet står i relation till maskinkroppen. Ett styrsystems funktion är att bestämma vilken nivå maskinens skopa eller blad befinner sig på i relation till maskinen eller ett referensplan.

För att sedan kunna sammankoppla all denna information ifrån sensorerna, satelliterna och ritningarna krävs ett komplext system. Det är även viktigt att användarvänligheten är god för att maskinisterna effektivt ska kunna hantera maskinstyrningen.

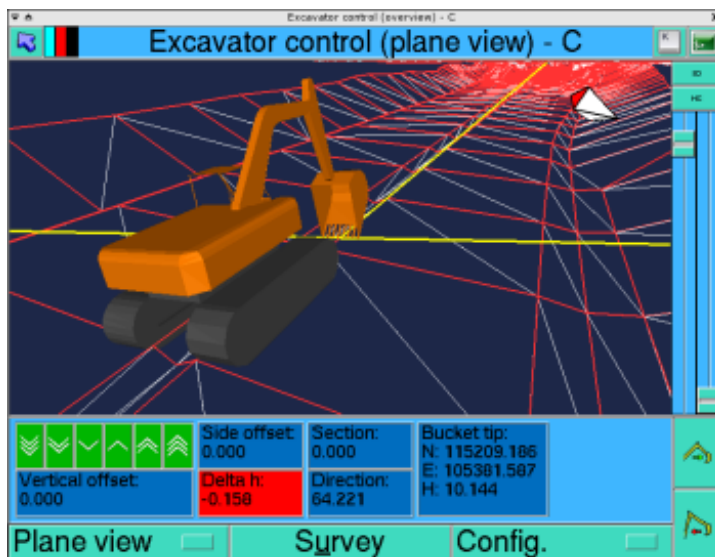
5.1.1 GeoROG

GeoROG är ett system för tredimensionell maskinstyrning. Systemet använder sig av programmet UMC 3D (Universal Machine Control 3D). En GeoROG (fig. 18) kan styra grävmaskiner, bandschaktare, vägghyvlar, asfaltläggare, asfaltfräs, betongläggare, hjullastare med flera (SBG GEOROG 2011).



Figur 18. Maskinstyrningssystemet GeoROG (SBG GeoROG 2011).

Med en GeoROG kan grävmaskinisten se sin egen grävmaskin i en 3D-vy (fig. 19). Maskinisten kan avläsa information om sektion, sidomått, tvärfall och vertikala avvikelser. Det går även att få data på avstånd, koordinater och vinklar. Tack vare 3D-styrningen är maskinen alltid i rätt position oavsett vertikalkurvor och tvärfallsförändringar som tidigare har inneburit problem. Grävmaskinen är positionerad antingen med en totalstation mot prisma eller med en GPS-sändare. Kontinuerligt beräknas koordinaterna för att få en exakt position utifrån den inkommande data. Modellen använder sig av väglinjer med höjder och tvärfall, normalektioner, terrängmodeller, punkter, baslinjer och höjder för att utföra arbetet. Beräkningsdata från en dator på kontoret kan överföras direkt till GeoROG:en via GSM eller matas in manuellt i GeoROG:en.



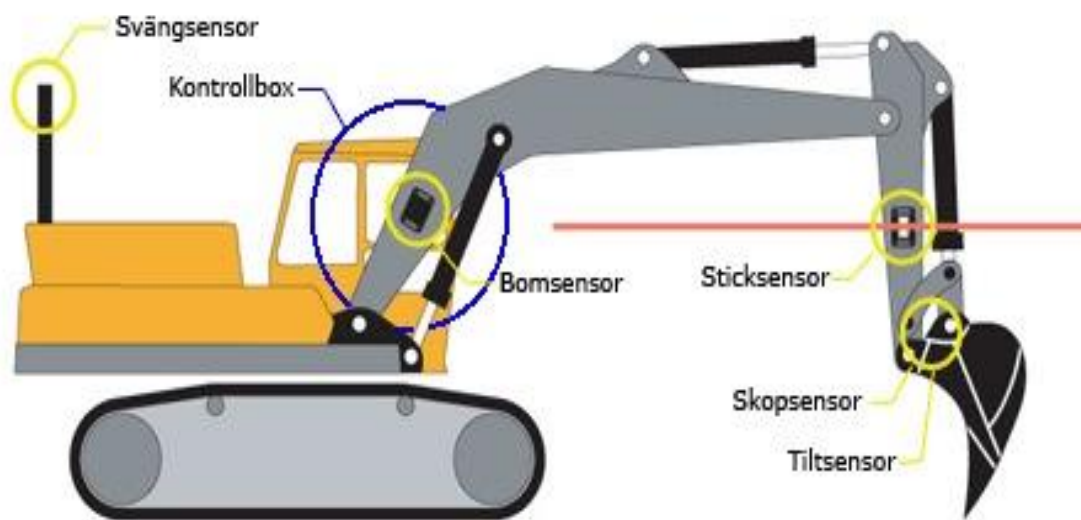
Figur 19. Fönstervy för en grävmaskin i en planvy (SBG GeoROG 2011).

5.2 Maskiner

Då maskinstyrning nämns är det ofta relaterat till grävmaskiner. Det finns dock andra maskiner som på olika sätt har nytta av tekniken. Styckena nedanför presenterar olika maskiner och deras styrsystem, användningsområde samt den senaste tekniken.

5.2.1 Grävmaskinen

Grävmaskinen är en anläggningsmaskin som utnyttjas för grävning och rivning. Den består utav tre delar: en undervagn, en överdel med motor- och hyttedel samt en aggregatdel. Aggregatdelen är uppbyggd av två fasta länkar; bom och sticka som manövreras med hydraulik. Grävmaskiner kan bestå utav hjuldrivning som har goda mobilitetsmöjligheter eller larvbandsdrivning som underlättar framkomlighet som får en bättre stabilitet vid arbete (Wikipedia – *Grävmaskin* 2011). Vid maskinstyrning krävs det att maskinen använder sig av ett sensorsystem för att datorn ska kunna avgöra positionen på skopan. Med hjälp av GPS-mottagaren och det installerade sensorsystemet kan datorn beräkna exakt vart skopan befinner sig i förhållande till modellen. I figur 20 är grävmaskinens olika delar representerade. Bak sitter GPS-mottagaren som mäter antennens position. Utifrån givna längder på maskinen och data ifrån bom-, stick-, skop- och tiltensorn kan sedan maskindatorn utföra positionsberäkningar.



Figur 20. Grävmaskinens olika delar (Rudins Schakt AB).

5.2.2 Bandschaktare

En bandschaktare är en jordförflyttningsmaskin som har mycket stor kraft för att flytta massor framför sig. Maskinen är larvbandsdrivet och har framtill ett stort schaktblad (fig. 21). Det finns teknik idag som genom integration av sensorer på bladet och en MikroGrade 3D enhet ger en helautomatisk bladkontroll även i högre hastigheter och med en god precision. Enheten MikroGrade kan arbeta direkt ifrån CAD-modeller i 3D-grafik (Scanlaser – MikroGrade 3D)



Figur 21. Bandschaktare från Caterpillar (Wikipedia – Bandschaktare 2011).

5.2.3 Väghyvel

Väghyveln (fig. 22) är en hjuldriven maskin som har till uppgift att justera det översta skiktet på vägar med en hög precision. Den kan även användas vintertid som snöskrapa. Väghyveln har goda möjligheter att ställa in vinkeln på bladet vilket gör att den är effektiv till att ha justera lutningar på vägkroppar. Styrsystemet på en väghyvel består utav en lutnings-, en rotations- och en längdfallsensor. Dessa tillsammans med en kontrollbox är nödvändig för att utnyttja systemet. En MikroGrade 3D tillsammans med robusta sensorer ger en hög precision (Scanlaser – MikroGrade 3D).



Figur 22. Väghyvel från Volvo (Volvo – Väghyvel G990).

5.2.4 Hjullastare

En hjullastare, även kallat lastmaskin (fig. 23) är främst avsedd för att lasta och hantera olika typer av material och då främst grus eller sand. Det är även vanligt förekommande att hjullastaren byter ut skopan mot pallgafflar för att hantera pallar. Det finns även möjlighet att placera snöblad på maskinen för att sköta snöröjning. Vid större schaktningsarbeten används normalt inte hjullastaren då bandschaktaren och grävmaskinen utför betydligt bättre arbeten. Hjullastaren kan endast sänka skopan någon decimeter under markplanet vilket inte är optimalt för grävarbeten. Hjullastaren består av två hydrauliska funktioner: lyftning/sänkning och vinkling (tiltning) av skopan (Wikipedia – *Hjullastare* 2010).

Då en dubbel-GPS används på en hjullastare kan samma teknologi som för grävmaskiner användas. Detta ger en bättre överblick på helheten och inget behov av stakkäppar (Scanlaser – *Hjullastare 3D*. 2011).



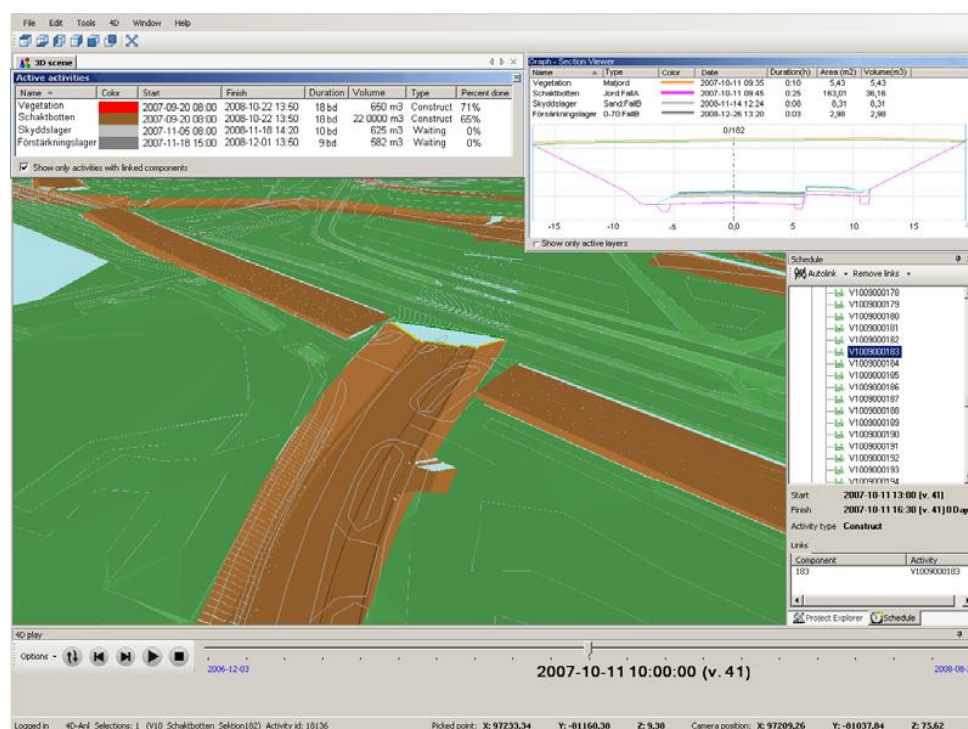
Figur 23. En hjullastare av modellen Liebherr L524 (Wikipedia – *Hjullastare* 2010).

6 Nya tekniker med 4D

När 4D omnämns innebär det att fyra dimensioner beskrivs. Det innebär oftast longitud, latitud, altitud och tid. Genom att få med tiden i en modell kan planeringsprocessen förbättras och historikdata samlas.

6.1 Terrängmodeller i 4D

Att skapa anläggningsmodeller i 3D skapar en god förutsättning för maskinstyrning och volymeräkning. Det ger en god överblick och ett bra material genom hela projektet. Nästa steg för att utnyttja denna modell är att integrera tidplanen till modellen och skapa en 4D-modell (fig. 24). Detta kan hjälpa till att simulera ett produktionsförlopp och styra planeringen. Ofta krävs det stora marginaler i anläggningsprojekt för att det råder stora osäkerheter i markförhållanden. Tidsplaner och massberäkningar sker utifrån ett planerat tillstånd, inte ifrån det aktuella förhållandet. Genom användning av 4D-modellen kan planeringen förfinas och maskinparken utnyttjas effektivare. Planeringen sker mer aktivt och överskådligt. Söderström, P. & Olofsson, T. (2009).



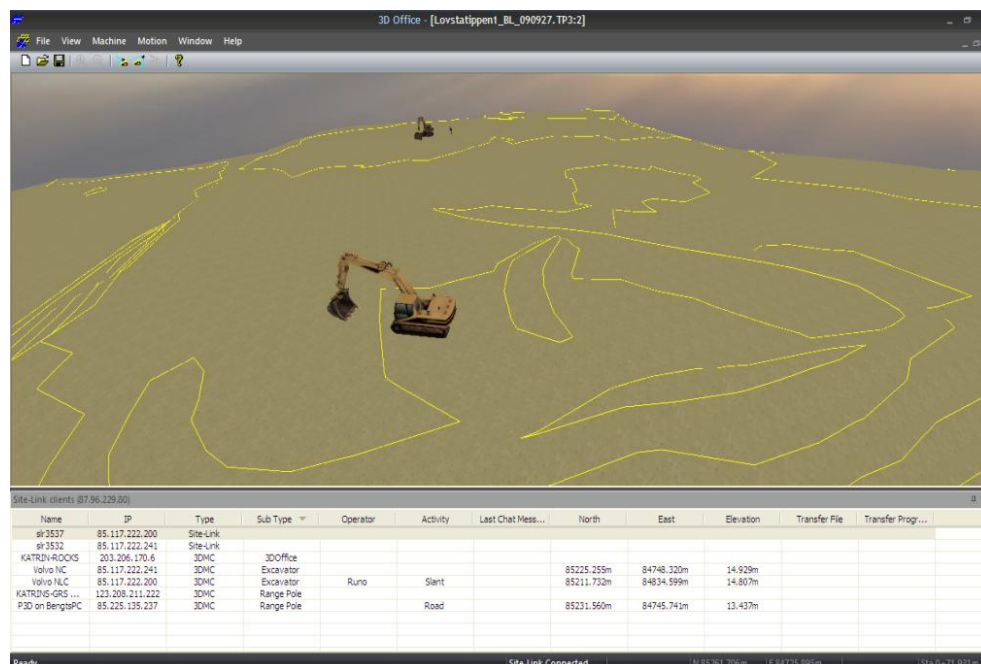
Figur 24. Visar en 4D vy med grafitare för visning av tvärsektioner (Söderström, P. & Olofsson, T. (2009)).

Processen börjar med en att en anläggningsmodell skapas hos projektören i tredimensionellt format. Allting planeras och beräknas utifrån projekteringsmodellen. Då planeringen är skedd kan planeringsschemat läggas in i modellen och skapa en 4D modell. Produktionsplanen kan nu visualiseras och ett produktionsförlopp kan ske. Under tiden när produktionen förändras kan även massbalansen och övrig planering förändras aktivt.

Att utföra ett teoretiskt händelseförlopp innebär en säkrare och effektivare tids-, kostnads-, och resursplanering. Förutom den dynamiska planeringen med 4D kan även modellen användas vid uppföljning och kontroll. Det är viktigt att poängtera att vanliga 2D-ritningar kan hämtas direkt ur 4D-modellen. Därför är användarvänligheten väldigt god även för äldre arbetsledare med låg datorkunskap.

6.2 Site-Link

Företaget Topcon har en ny produkt som kallas Site-link. Det är ett kommunikationsverktyg som fjärransluter mellan maskindator och handenheter ute på bygget till en ansvarig mätteknikers dator. Mätteknikern eller eventuellt arbetsledaren kan då direkt överföra nya versioner på terrängmodeller eller andra nödvändiga filer. Det går även att digitalt se alla grävmaskiners placering och hur de arbetar (fig.25). Med denna teknik går det även att spegla andra enheters bild. Det betyder att mätteknikern kan inifrån sitt kontor se samma bild som maskinisten gör, genom att föra över samma vy till datorn på kontoret. Genom att utnyttja denna spegling kan mätteknikern agera snabbt. Det förhindrar då att hela byggprocessen stannas upp.



Figur 25. Visar en översiktsbild i programmet 3D Office över grävmaskinerna (Lindell, B (2011)).

Mätteknikern kan skapa modelldata utan att fysiskt vara på plats. I handenheter kan Pocket 3D användas som kan skicka modelldata mellan handenheter och maskindatorn. Det finns även en applikation till mobiltelefonen Iphone där mätteknikern kan spegla maskinens dator till mobiltelefonen om mätteknikern inte är inne på kontoret. Site-link kan även samarbeta med andra mjukvaror som t.ex. DynaRoad som används framförallt till massplanering (Lindell, B.)

I framtiden kommer betydligt bättre VR- miljöer att användas av arbetsledaren. Dessa miljöer kommer ha realtidsuppdatering vilket innebär att arbetsledaren kommer ha full kontroll över hela maskinstyrkan inifrån kontoret. Denna utveckling kommer att ställa högre krav på modellerna och på maskinförarna.

Site-link har även en uppgift att samla in historisk data. Datan innehåller information om exakt hur mycket varje enskild maskin har arbetat och fungerat. Genom att använda Topcons program 3Doffice sammanställs denna information och kan sedan användas till att få en översikt över produktionen. Denna teknik underlättar planeringen och kontrollen på arbetsplatsen. Det går även att använda informationen till framtida projekt som t.ex. underlag vid kalkyler.

7 Intervjustudie

Denna intervjustudie är fördjupad inom det geografiska området kring Skövde. Det gäller framförallt den gamla indelningen till ”Skaraborg”. Intervjuerna reder ut hur beställare, projektörer och underentreprenörer förhåller sig till 3D-modellering. I vilken omfattning de har kunskap, viljan och användning av att utnyttja denna teknik. Intervjuer har även skett med produktutvecklare utanför Skaraborg för att få en inblick i dagens tekniker, tjänster och produkter. Intervjuerna har sammanställts och blivit sammanfattade som bilagor. För att kunna få ett helhetsintryck ifrån de olika aktörerna har vardera aktörsgruppen sammanställts för att kunna användas som diskussionsmaterial.

Följande frågeställningar är sammanfattade utifrån intervjuer som ligger som bilagor. Svaren försöker samla helhetsintrycket ifrån samtliga intervjuer. Det betyder inte att alla aktörer är överens om påståendet i svaret. För att fördjupa sig mer i frågeställningarna bör bilagorna användas istället.

7.1 Beställare

I intervjustudien med beställare deltog fem personer. Dessa kom ifrån Trafikverket, Skövde kommun, Mariestads kommun, Vara kommun och Lidköpings kommun.

Vad finns det för möjlighet att komplettera befintliga bygghandlingar med 3D-handlingar?

Det finns möjlighet att ta fram detta. Det handlar mer om en kostnadsfråga. I ett projekt av Trafikverket tillhandahöll de terrängmodeller. Det var då beskrivet i handlingarna att det var bygglovsritningarna som gällde och att de inte ansvarade för 3D-handlingarna. De fanns endast där som underlag om entreprenören behövde. Däremot är många i branschen relativt konservativa och använder sig gärna av beprövade metoder. Många projektörer som beställarna anlitar jobbar redan i 3D-miljöer i programmet Civil 3D. Däremot om jobb sker i gatumiljöer ser beställaren inte nyttan med 3D-projektering på grund av att det är för detaljerat.

Vilken kompetens besitter ni på att behandla 3D ritningar?

Det finns ingen större vana hos beställarna att arbeta med 3D-handlingar. Det är pågående och används till viss del, framförallt inom VA-avdelningen. En av beställarna arbetar i Point VA som är en applikation till Novapoint. Problemet är att det används väldigt sällan och när det väl används känns det väldigt komplext. Det är framförallt de nya civilingenjörerna som har en helt annan kunskap om detta.

Hur ser ni på möjligheten att i framtiden tillhandahålla 3D-ritningar och terrängmodeller?

Det verkar vara en rimlig framtid. Entreprenören bör jobba aktivt för att få 3D-handlingar vid behov. Det är väldigt effektivt att projektera i 3D då det går att bygga ihop allting, även ledningar i samma ritning. Däremot handlar det mycket om en generationsfråga. Det är också viktigt att ta reda på vilka jobb detta bör användas. Det lämpar sig inte för alla typ av jobb.

Om föregående fråga är möjlig, kan det ske redan i anbudsskedet?

Beställarna är övertygade om detta. Det skapar bra förutsättningar för hela byggprocessen.

7.2 Projektörer

I intervjustudien med beställare deltog nio personer. Dessa kom ifrån WSP, Vara Markkonsult, VAP, Ramböll, Markcon, Falköpings kommun, COWI och ALP Markteknik.

Hur ser ni på 3D-projektering?

Det är något positivt för branschen. Det är däremot väldigt olika mellan projektörer hurvida det används. En grupp av projektörerna påstår att det är det enda som gäller medans den andra gruppen föredrar att rita i 2D och märka ut höjder istället. Oftast kräver beställaren endast 2D ritningar vilket inte motiverar projektören att rita i 3D. Däremot innebär 3D-projektering inte bara fördelar för entreprenören och beställaren, utan även för projektören eftersom det är ett mycket effektivare arbetssätt. Det går lättare att prova olika idéer fram och tillbaka. Det är en stor fördel vid arbete med VA-ledningar och även att göra kontroller för att se om nivåerna stämmer. Det går även att utföra en god mängdbalans och det är lättare att förändra i en 3D-struktur. Programmen som används är AutoCAD Civil 3D och Novapoint.

Vilka filformat levererar ni till entreprenören?

De vanligaste formaten är -PDF. och -DWG. Ofta är DWG-filerna ej höjdsatta mer än i text. Då maskinstyrning används sker det att LandXML-filer lämnas ut. Det har även skett utlämning av VIPS-fil. Några få projektörer kan leverera linjefiler, terrängmodeller, skevningsfiler och liknande för maskinstyrning.

Vilka möjligheter har ni att leverera 3D-handlingar? A: rent tekniskt? B: rent juridiskt? C: kostnadsmissigt?

A: Det finns möjligheter, däremot krävs alltid en viss handpåläggning hos entreprenören.

B: Det råder lite oenighet i det juridiska. Vissa påstår att allt som projektörer producerar ska stämma. Däremot har några en viss oro på grund av att det går att redigera mycket i en 3D-modell. Om entreprenören redigerar modellen får projektören svårt att stå som ansvarig.

C: Det skulle ta lite mer tid att lära upp sig och det skulle bli lite dyrare. Däremot är det oftast det mest effektiva sättet att jobba vilket inte nödvändigtvis behöver betyda en större kostnad.

Vad ser ni på möjligheten att leverera 3D-handling som ej är juridiskt bindande?

Det kan vara en möjlighet för att få igång starten med 3D-handlingar. Däremot bör det senare ställas mer och mer krav som att det t.ex. ska stämma var tionde meter.

Hur mycket merarbete kan ni uppskatta att ett 3D-projekterat arbete ger i jämförelse mot endast traditionella bygghandlingar i 2D?

Svaren varierade väldigt mycket. En del påstod upp till 20 % mer och en del hävda att det inte skulle blir något merjobb överhuvudtaget. Det hela beror mycket på vad som vill uppnås. Ska det användas direkt till maskinstyrning krävs det en hel del. Det kommer vara en merkostnad när allting är nytt. Fördelen under själva projekteringen är att det finns otroliga möjligheter att snabbt testa sina projekteringsidéer. Förr tog det väldigt lång tid, nu går det att få exaktare värden.

7.3 Mättekniker

Vad skulle du vilja förändra i dokumentationshandlingar från projektören?

Det skulle vara en stor fördel att få linjer med insatta z-koordinater. Har man en linje i 3D går det att jämföra med befintlig mark för att få massbalans. DWG-filen ska vara höjdsatt. Detsamma gäller alla linjer, profiler och koordinatpunkter. Det är väldigt viktigt att projektören alltid själv åker ut och tittar och mäter på plats. Innan ritningen levereras ska det alltid kontrolleras att koordinatsystemet stämmer. En annan detalj som ofta blir fel i produktionen är att brunnarna inte får plats av olika anledningar. Det är därför bra om rätt diameter sätts ut på ritningen direkt. Det ska helst vara angivet vilka utgångspunkter (fixpunkter) som användes ifrån projektmätningen. Detta underlättar väldigt vid kontrollera mot kända punkter vid etablering. Ritningarna ska endast innehålla relevant information med tydliga lager. T.ex. kan gula linjer motsvara elkablar m.m. Sedan ska det inte ligga några test- eller hjälplinjer kvar i filen. Till maskinstyrningen är det alltid bra med en linjefil som guidelinje. Terrängmodeller används sällan till vägar då det är svårt att få ett effektivt flyt för de äldre. Om man enbart har terrängmodell saknar maskinföraren något att följa.

Vilka filformat önskar du från projektören?

LandXML. DWG.

Vad ser du på framtiden för mätteknikern, skulle en maskinist kunna bli helt självständig?

Det är de redan i viss mån. Maskinerna finns utan arbetare. Detta fanns ej för 10 år sedan. Tror inte det finns något jobb under en halv miljon utan maskinstyrning.

Vilka filformat används till maskindatorn?

Om LandXML används kan man göra om det till maskindatorns format. Däremot kan Topcons produkter köra dwg-filer direkt i maskinen.

Vilka moment gör en mättekniker som en projektör skulle kunna förtillverka?

Projektören vet oftast för lite om vad maskinisten vill ha. Det saknas kommunikation. Risken är att mätteknikern ändå får redigera.

7.4 NCC

Intervjustudien innefattade fyra personer ifrån NCC i Skaraborg. Två personer arbetar som platschefer och en som anbudschef på NCC Construction. Det deltog även en person ifrån NCC hus för att ge sin syn på 3D-hantering.

Vad ser ni som fördelar med att ett projekt är 3D-projekterat?

Det skapar helt enkelt en bättre förutsättning för hela projektet. I projekteringsmiljön är det lätt att illustrera och få en känsla för hur det blir. Från projekteringen går det sedan att plocka ut bilder som är säljande. Det fungerar som ett kommunikationsverktyg vilket underlättar geomgångar för att visa vad och hur bygget ska se ut. Det går även att testa och laborera med lutningar, vattenavrinning och utföra krocktester med alla typer av ledningar och element. Det är lättare att upptäcka fel i ett tidigt stadium. Med hjälp av en tredimensionell ritning kan även massbalansen optimeras. Det går att få ett väldigt detaljerat anbudsunderlag vilket ger ett mer korrekt anbud. Senare i produktionen kan grävmaskinisterna utnyttja detta till sin maskinstyrning. Den nya tekniken är väldigt lätt att arbeta med höjdmässigt. Det sker även mindre fel, kortare byggprocess, bättre överblick samtidigt som vi får ett bra material att presentera för beställare och brukare.

I vilket skede har ni nytta av 3D-projektering?

I alla skeden. Även under själva projekteringen hos projektören. Under själva produktionen är det viktigt att smidigt kunna leverera data till grävmaskinisten. Det underlättar och förbättrar även arbetet med relationshandlingarna.

Vilken kompetens har NCC inom maskinstyrning/guidning och 3D-projekt?

Inom maskinstyrning har NCC hög kompetens. Med 3D-projekt är vi fortfarande i ett lärande stadium och för att vi ska bli ännu bättre krävs det fler AutoCAD-kurser. Det gäller framförallt för de äldre.

På vilket sätt skulle projektörer eller beställare kunna underlätta för ert arbete med maskinstyrning och 3D-modeller?

Det skulle underlätta väldigt mycket för oss om 3D-modellerna som skapades skickades med i förfrågningsunderlaget. Det vore även bra om projektörerna satte sig in mer i vad det är vi arbetar med och vad vi vill ha. De måste förstå hur en grävmaskinist tänker och utnyttjar systemet. För att få ut fullt av systemet gäller det att få fram maskinisternas synpunkter, eftersom det är de som använder systemet. Företag som Markcon är väldigt bra då de markprojekterar med utgångspunkt att det någon gång kommer att användas till maskinstyrning.

7.5 Maskinist

Hur har arbetet med maskinstyrning fungerat?

Det fungerar väldigt bra. Det kan dock inte användas till platsättning och liknande då det kan skilja upp till 3 cm i höjd. För att kontrollera detta kontrollerar vi mot en punkt två gånger per dag. Då blir det garanterat rätt. Själva arbetsättet går bra, men det går inte att gräva direkt efter. Det gäller att köra som vanligt och sedan kontrollera

mot ritningen. Det beror på att systemet inte uppdateras tillräckligt snabbt. Sensorerna hänger inte med till 100 %. Eftersom det är väldigt många komponenter i ett maskinstyrningsprojekt är det risk att saker kan gå fel. En mottagare gick t.ex. sönder som sedan var tvungen att skickas till Schweiz och lagas. Denna process tog 5 veckor.

På vilket sätt skulle maskinstyrning kunna förbättras?

Det skulle innebära väldigt mycket om det gick att förbättra noggrannheten. Det borde även vara lättare att redigera i modellen för både maskinist och arbetsledare. Det som för övrigt krånglar är att ritningarna inte är ordentligt ifyllda. Projektörer missar ofta ändringar. Därför borde det finnas ett bättre uppdateringssystem. Ibland är även vägfilerna för stora och får då inte plats i Georog:en. Om de som ritade gjorde rätt från början skulle stora summor sparas. Det sker för mycket ändringar i efterhand. Noggrannheten vore bra om den blev högre. Det borde vara lättare att redigera i modellerna för oss.

Vad skulle Du vilja kunna se mer på en GeoROG?

Det skulle vara bra om det gick att välja exakt vad det är man vill se vid olika tillfällen. Om jag placerar ut elkabel vill jag kanske bara se den och inget annat. Det borde annars gå att se två ritningar samtidigt. En ritning med brunnarna och en med tvärfallet. Allt bör ligga i en och samma ritning. Det borde också finnas pilar åt vilket håll vattnet ska rinna. Bättre möjligheter att kunna se fallet.

Vad anser du om användarvänligheten i dina programvaror?

Det är lätt att förstå och det blir ännu bättre desto mer man kör. Däremot är det ibland svårt att hitta den nyaste uppdateringen av ritningarna. Det är för dåligt bibliotek. Logiken i Georog:en är väldigt lätt att jobba i.

Vilka filer använder du när du använder maskinstyrning?

Det beror helt på vilket moment som ska ske. Vid olika ytor är det terrängmodeller som gäller och då helst med linjer. Annars används punkt-fil, linje-fil m.m.

Övrig kommentar från maskinist:

En nackdel med maskinstyrning är att det går "lite för bra". Eftersom utrustningen och maskinerna blir dyrare vill man också att de används under så många timmar under dygnet som möjligt. Maskinförarna sitter nu förtiden för lång tid i maskinen utan att gå ut. Detta utgör en hälsorisk. Det är därför viktigt att prioritera någon typ av motion mellan körningarna.

8 Enkätundersökning

Denna enkätundersökning gjordes samtidigt som intervjuerna för att framförallt få statistik som styrker generella uppfattningar. Dessa enkäter är utförda helt anonymt där inte enskilt företag blir utmålade. De intervjuade har blivit indelade i fyra aktörer där beställare, projektörer, NCC- anställda och maskinister har fått svara på olika frågor. Inom parentesen i varje diagram syns antalet deltagare inom varje aktör. Den totala statistiken för alla aktörer presenteras senare i en femte kolumn (totalt). Anledningen till att aktörerna är uppdelade är för att kunna se om alla aktörer delar samma syn eller vad det är som skiljer dem åt. Frågorna är fördelade i fem olika block för att få ett tydligt syfte med enkäten (fig. 26). Dessa är mer ingående förklarade under varje rubrik.



Figur 26. Visar hur de olika blocken av frågorna är uppdelade.

8.1 Inställning – Allmänna inställning till 3D-projektering och maskinstyrning

Det första blocket har som syfte att ta reda på den allmänna inställningen till 3D-projektering och maskinstyrning. Detta är för att utreda hur de olika aktörerna förhåller sig till dessa nya metoder.

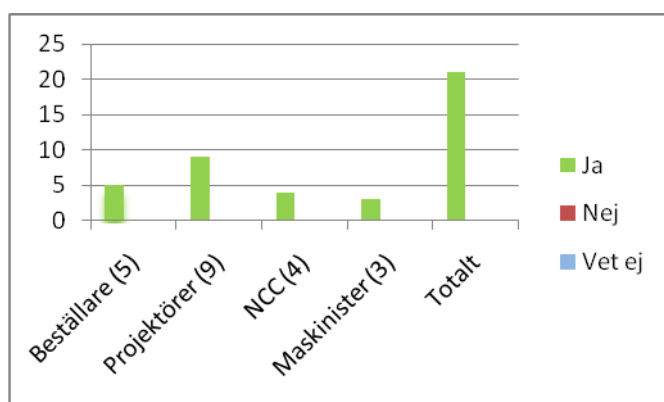


Diagram 1. Är maskinstyrning något positivt för anläggningsbranschen?

Egen kommentar: Det råder ingen tvekan på att maskinstyrning och 3D-projektering då samtliga deltagande har svarat ”Ja” på denna fråga.

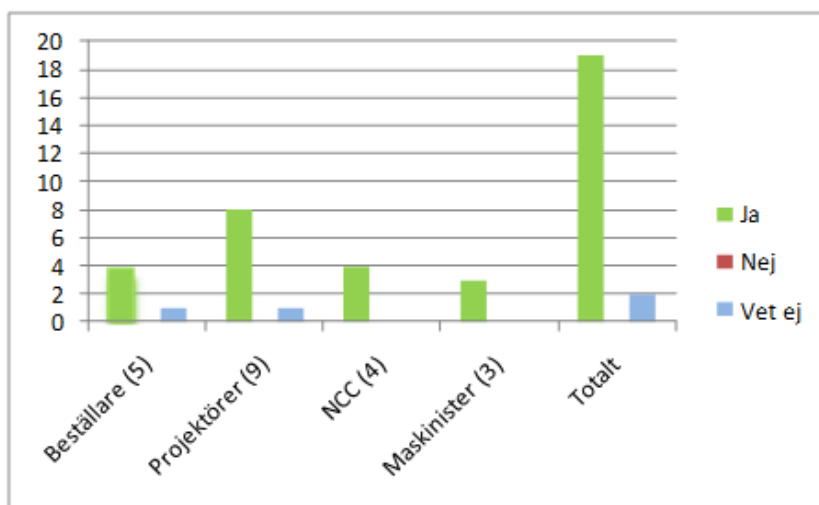


Diagram 2. Tror du att en tidig 3D-projektering underlättar för maskinstyrningen?

Egen kommentar: Det fanns en klar majoritet på att detta påstående stämmer. Dock fanns det en viss osäkerhet kring vad detta i praktiken skulle innebära vilket gav några ”Vet ej”.

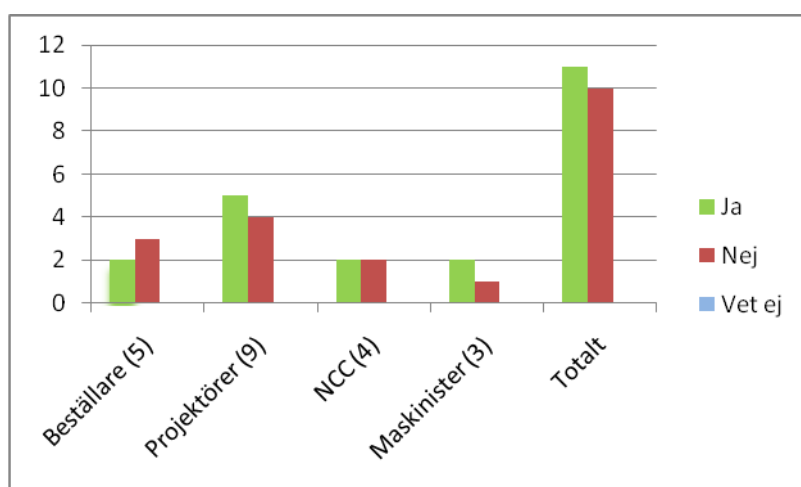


Diagram 3. Tror du att i princip alla projekt kommer att 3D-projekteras i framtiden?

Egen kommentar: Det rådde en stor oenighet hos alla aktörer om i princip alla projekt kommer att projekteras i 3D i framtiden. Den allmänna uppfattningen var att de minsta projekten aldrig skulle tjäna på att ha en stor projekteringskostnad. Ju större projekt, desto mer motiverar det till att lägga mer resurser på projekteringen anser flertalet.

8.2 Kunskap – Vilken kunskapsnivå finns i Skaraborg?

Detta block har som syfte att ta reda på vilken kunskapsnivå som finns i Skaraborgsregionen. De olika deltagarna har själva fått bedöma sin egen kompetens på vardera frågan där skalan utgår från 0 poäng upp till 10 poäng.

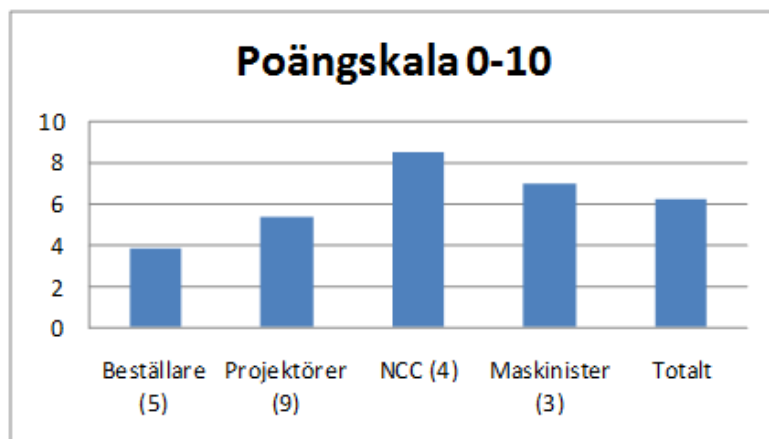


Diagram 4. Vilken kunskapsnivå har ni om maskinstyrning?

Egen kommentar: Beställare har ett medelvärde på knappt 4 poäng vilket innebär att de har en låg kunskap om vad maskinstyrning egentligen innebär. Även projektörer har en relativt låg kunskapsnivå på vad deras ritningar används till. Personligen kan jag tycka att maskinisterna har varit något blygsamma då jag fick uppfattningen om att de i princip jobbar dagligen med maskinstyrning.

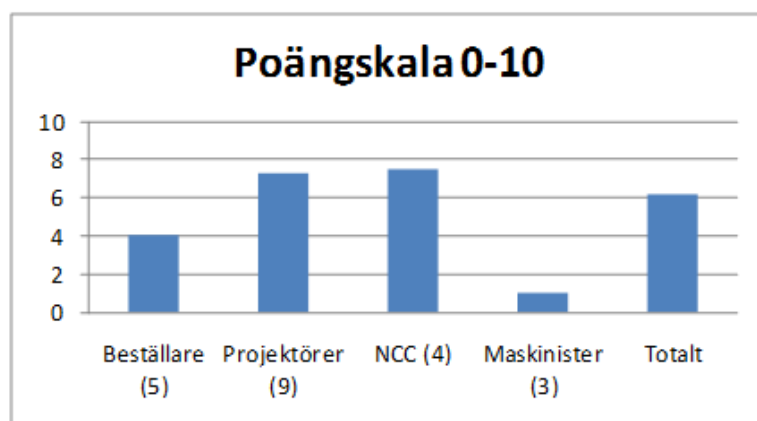


Diagram 5. Vilken kunskapsnivå har ni om hantering och tillverkning av 3D-modeller?

Egen kommentar: Här visas medelvärdet på varje grupp. Det som ska tilläggas till statistiken är att inom beställare- och projekteringsgrupperna varierade kunskapen väldigt mycket vilket till resultatet gav ett jämnt medelvärde. Det innebär att vissa projektörer redan arbetar i 3D idag, medans vissa i princip inte har påbörjat denna utveckling. Det syns även här hur pass lite insatta beställarna är inom olika 3D möjligheter.

8.3 Utnyttjande – Hur stor omfattning det tillämpas idag.

Detta block har som syfte att studera om följande tekniker används idag och om så är fallet, hur mycket det används.

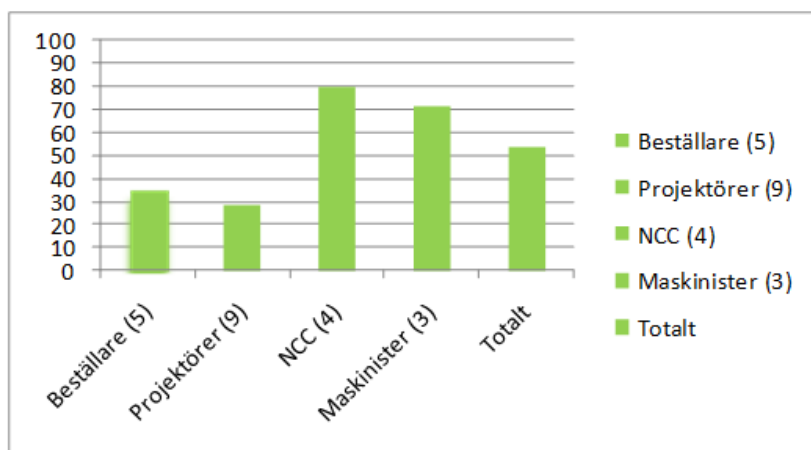


Diagram 6. Av alla projekt du är delaktig i, hur stor andel procentuellt av dem använder sig av maskinstyrning?

Egen kommentar: Diagrammet visar hur verksam NCC är idag inom maskinstyrning. Denna siffra som är generellt uppskattad ser ut att stämma relativt bra då stapeln på maskinister och NCC är i princip lika stora. Eftersom det är maskinisterna som utför maskinstyrningen bör de därför vara jämlika. Projektörerna har ofta en låg uppföljning på de levererade ritningarna. Därför vet de inte om det används till maskinstyrning eller ej.

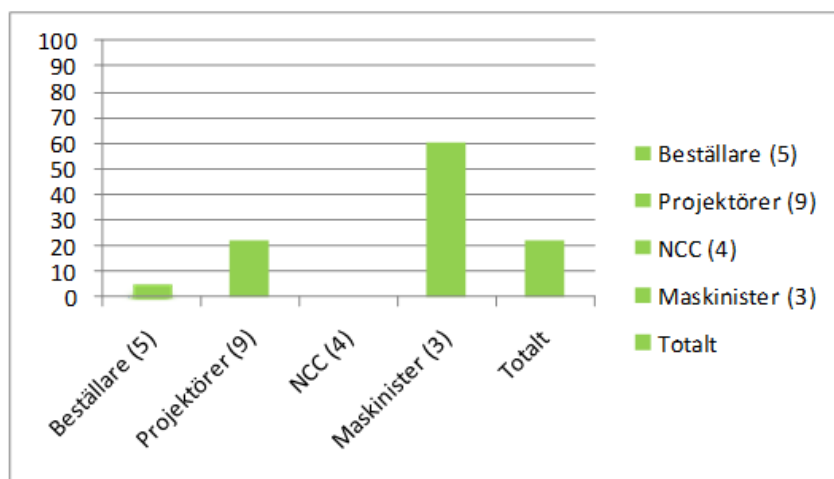


Diagram 7. Av alla de projekten med maskinstyrning, hur stor andel procentuellt använder 3D-modeller som är färdigprojekterade ifrån beställaren?

Egen kommentar: Det kändes som att den här frågan inte uppfattades korrekt av alla. Jag tror inte jag var tillräckligt tydlig med frågan. Tanken var att få reda på om beställaren levererar 3D-projekterade ritningar som direkt används till maskinstyrningen. Den totala siffran tror jag personligen stämmer överens med NCC

– stapeln, att det inte sker några färdigprojekterade 3D-modeller ifrån beställaren. Visst material i form av 3D kan komma ifrån beställarens projektör, men sällan fullt utvecklade modeller som är direkt anpassade för maskinstyrning.

8.4 Mål - Hur vi effektivast ska arbeta med 3D-projektering och maskinstyrning i framtiden.

För att bedriva projekt med hjälp av 3D-projektering och maskinstyrning krävs det arbetsmetoder som är tillämpade för detta arbetssätt. Därför har dessa frågor ställts för att gemensamt reda ut hur projekten bör planeras.

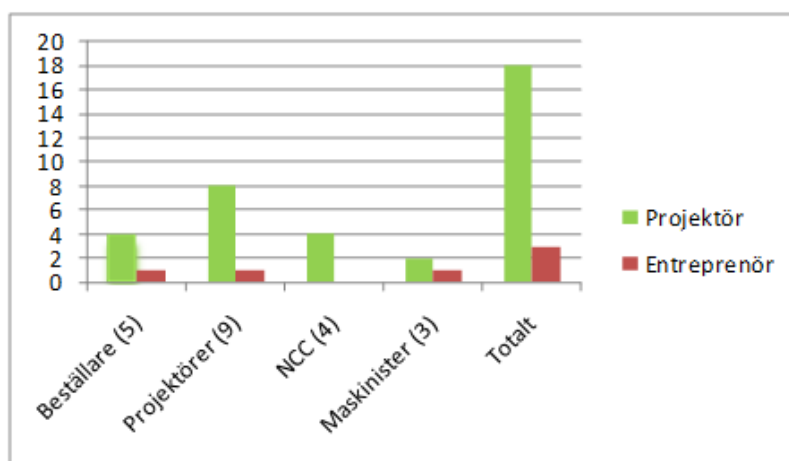


Diagram 8. Vem ska tillverka 3D-modellen?

Egen kommentar: Projektören bör tillverka 3D-modellen enligt enkätsvaren. Det fanns däremot en del personer som ansåg att det är upp till entreprenören att utföra detta på grund av att de har bättre kompetens om hur den senare används i maskinerna. Det var också åsikter om att om entreprenören väljer sin arbetsmetod att använda maskinstyrning, får de också ta den extra projekteringskostnaden. Det fanns även några som ansåg att det bästa vore att jobba i någon typ av samarbetsentreprenad där projektörens datakunskap och entreprenörens erfarenhetskunskap då kunde utnyttjas optimalt.

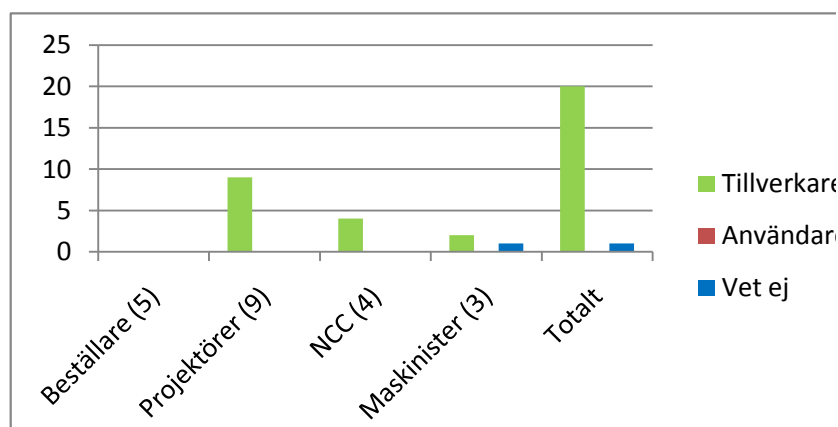


Diagram 9. Vem ska hållas juridiskt ansvarig för 3D-modellerna?

Egen kommentar: För att inte blanda ihop beställarens projektör och en entreprenörs projektör använde jag begreppet tillverkaren och användaren. Detta gav en klar uppfattning om att den som bygger modellen även är ansvarig för den. Däremot finns det idag ett arbetssätt där Trafikverket ger ut både traditionella bygghandlingar och en 3D-modell där modellen endast finns som underlag och kan användas av entreprenören. Det är dock bygghandlingarna som är ytterst gällande. 3D-modellen är endast ett underlag som entreprenörens mättekniker kan ha för att arbeta vidare med. Detta tycker jag är ett mycket intressant arbetssätt.

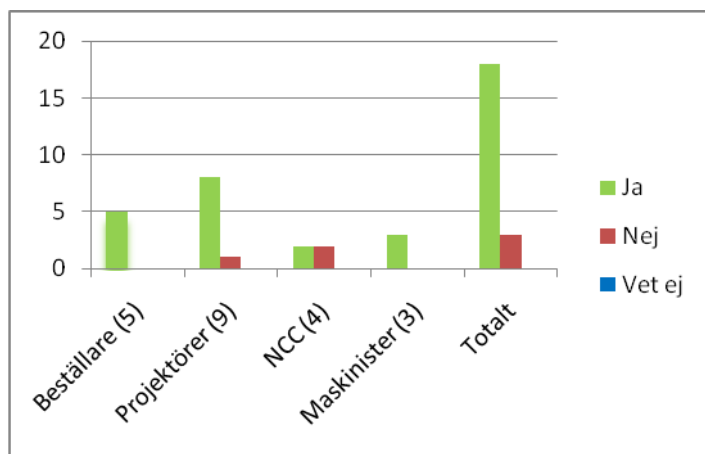


Diagram 10. Ska en 3D-modell ha samma juridiska krav som en traditionell bygghandling?

Egen kommentar: Generellt anser alla att det borde vara samma juridiska krav mellan bygghandlingen och 3D-modellen. Det fanns dock några som ansåg att en 3D-modell bör specificeras mer och bestämma exakt vilka krav som ställs på modellen i form av noggrannhet och ansvar.

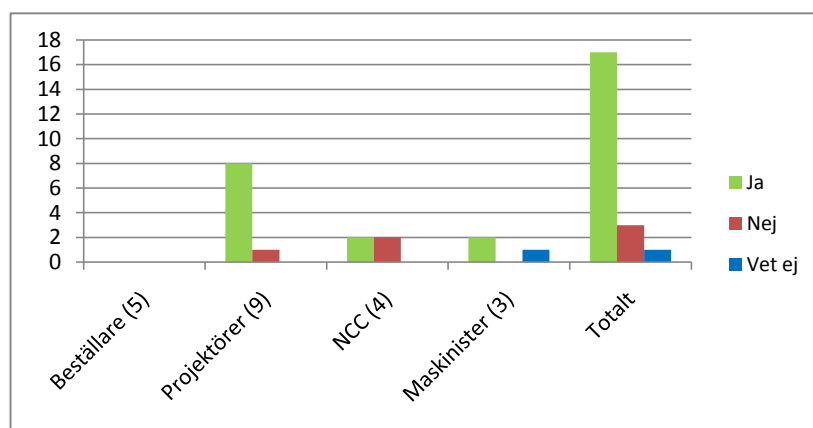


Diagram 11. Skulle ett alternativ vara att entreprenören får en 3D-modell utan juridiskt -ansvarstagande?

Egen kommentar: Tanken bakom denna fråga var att detta alternativ skulle vara en möjlighet för att komma över övergångströskeln för den nya tekniken. Flertalet av projektörerna är enligt föregående frågor ej medvetna om vad deras ritningar används

till och vad maskinstyrning innebär. Att de sedan skulle projektera filer till maskinstyrning blir då näst intill omöjligt. Risken att leverera felaktiga ritningar är påtagligt stor. Därför skulle detta kunna bidra till att öka kunskapen och förståelsen hos projektörerna samtidigt som NCC får mer material att utgå ifrån. Däremot fanns det vissa aspekter på att en 3D-modell utan ett juridiskt ansvar skulle i praktiken vara helt oanvändbar och skulle lätt ställa till problem för båda parterna vid någon typ av fel i bygget.

8.5 Förändring - På vilka sätt vi ska förändra processen för att nå våra mål.

När då målen är uppsatta är då nästa fråga hur det ska gå till att nå dessa mål. Därför krävs det att det sker en viss förändring. Detta block av frågor reder ut hur beställaren bör förändra sitt arbetssätt för att nå målen.

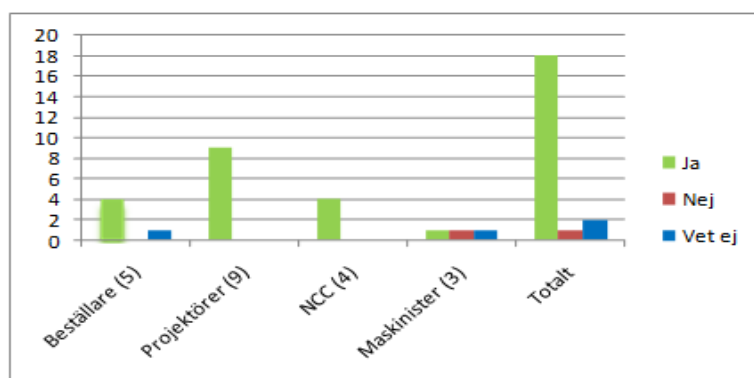


Diagram 12. Tycker du att beställaren bör använda sig av 3D-projektering redan vid förfrågningsunderlaget?

Egen kommentar: Det är en klar majoritet på svaret att beställaren bör sträva mot att ha en 3D-projektering redan i förfrågningsunderlaget. Exakt vad detta innebär bör dock utredas. En idé är att det ska användas en gemensam modell-ritning genom hela projektet. Utifrån den modellen kan maskinstyrningsdata och utsättningsdata hämtas samt underlag för att beräkna massor och utföra ett noggrannare anbud till beställaren.

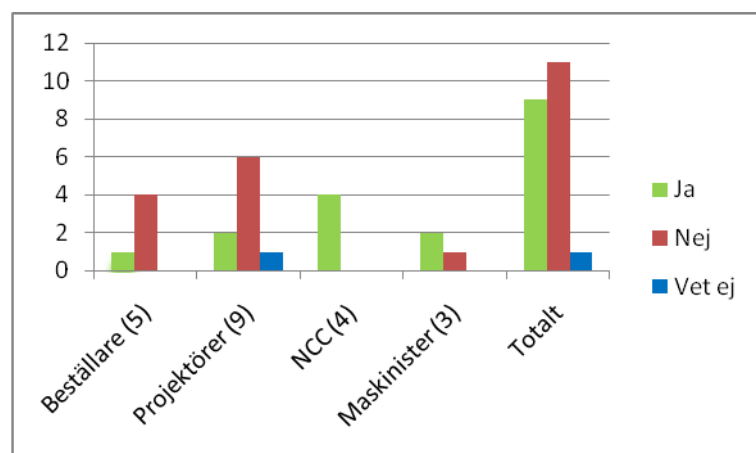


Diagram 13. Bör beställaren ställa krav på maskinstyrning i förfrågningsunderlaget till entreprenörerna?

Egen kommentar: Detta var en intressant fråga som olika aktörer hade starka åsikter om. En stor anledning till ”Nej”-svaret var att konkurrensen försvann då kravet på maskinstyrning ställdes. Det är upp till entreprenören att bestämma vilken arbetsmetod som är lämpligast anser de. Om kravet på maskinstyrning ställs försvinner genast de minsta entreprenörerna men även vissa större. Det är även svårt att specificera exakt hur mycket maskinstyrning som måste användas för att det ska klassas som ett maskinstyrningsprojekt. ”Ja”-tyckarnas åsikter var att maskinstyrningen ger både bättre kvalitet och ett effektivare arbetsflöde i produktionen vilket gynnade slutprodukten. Om beställaren satsade extra resurser på att 3D-projektera i ett tidigt skede tror de också att beställaren vill få valuta för den tidiga investeringen. Annars försvinner den eventuella extra projekteringskostnaden genom att den inte utnyttjas till maskinstyrning.

9 Avslutning

Det finns goda möjligheter för beställaren att levererar 3D-handlingar till entreprenörerna. Det handlar dock om att se ifrån projekt till projekt när 3D-handlingar bör skapas. Alla projekt kan inte skapas i en 3D-miljö och det har heller ingen funktion om projektet är alldeles för litet eller om maskinstyrning inte kommer att användas på plats. I gatumiljöer är det inte samma behov uppger beställarna. Däremot bör entreprenören arbeta aktivt för att få fram 3D-handlingar i alla projekt där de vill ha det.

Beställare i Skarabogsregionen har en relativt låg kompetens inom både maskinstyrning och 3D-processområdet. Det finns dock ett intresse för att öka detta. Bland projektörerna skiljer det sig mycket mellan arbetsmetoder på företaget. Vissa projektörer jobbar fullt ut med 3D-projektering medans vissa har precis påbörjat detta. Kompetens kring maskinstyrning är dock överlag låg. Att 3D-projektering däremot är positivt anser majoriteten av projektörerna. Det är även de som bör tillverka 3D-modellerna anser majoriteten ur undersökningen.

Projektörer i Skarabogsregionen kan till viss del leverera 3D-handlingar. Dock har vissa större erfarenhet än andra. Det beror mycket på vad det är entreprenören vill ha. Det är därför viktigt att entreprenören är med i ett tidigt skede för att specificera kraven mot beställaren. Majoriteten ur undersökningen anser att beställaren ska använda sig av en 3D-modell redan vid förfrågningsunderlaget. Det anses dock inte att beställaren bör ställa maskinstyrning som ett krav i förfrågningsunderlaget.

Att använda icke-juridiska handlingar skulle vara ett tänkbart alternativ för att få igång olika projektörer att börja projektera i 3D. Det är dock viktigt att det successivt ställs högre och högre krav mot projektören.

Enligt enkäten råder det oenighet inom alla aktörer om i princip alla projekt kommer att 3D-projekteras i framtiden. Däremot har majoriteten sett en tydlig koppling till att ju större projektet är, desto mer motiverar det att lägga större resurser vid projektering.

Att samla historiskdata med Site-Link kan upplevas som ett bekymmer av maskinförare då det innebär en hög kontroll på dem menar Lindell B. anställd från Topcon. Däremot påstår han att det finns noggranna kontroller inom alla yrkeskategorier och denna teknik ska inte ses som ett hinder utan en möjlighet.

Då utsättning och inmätning inte kommer att behövas i lika stor utsträckning kommer mätteknikern att få en helt annan roll. De kommer enligt Lindell B. från topcon, att arbeta med modeller, databehandling och att administrera bygget. Det kommer att delvis innebära inmätning, men framförallt dokumentation. Detta möjliggör ett större ansvar för flera byggen samtidigt.

9.1 Analys och rekommendationer

För att få ut så mycket som möjligt av en 3D-process rekommenderar jag att använda någon typ av samarbetsprojekt. Det vore optimalt om projektörens modelleringskompetens och entreprenörens erfarenhets- och kunskapskompetens inom anläggning kunde samverka. Det handlar mycket om att ge varandra feedback under hela projektet. Vid en generalentreprenad bör entreprenören arbeta aktivt i ett tidigt skede för att få 3D-handlingar. Det finns ofta goda möjligheter att beställaren kan komplettera befintliga handlingar med 3D-modeller. Det är dock viktigt att bestämma vem som har vilket ansvar för att inga konflikter ska uppkomma.

I dagsläget finns det programvaror och utrustning för att bedriva tredimensionella anläggningsprojekt med maskinstyrning. Därför är det viktigt att driva på den utvecklingen för att förbättra hela byggprocessen i regionen. Autodesk är det ledande CAD-verktyget som har goda möjligheter för att bedriva 3D-projekt. Till detta finns det applikationer såsom t.ex. Novapoint som kan underlätta projekteringen. Entreprenörerna bör dock förbereda sig på att utföra viss ”handpåläggning” på modellerna.

De nya teknikerna ställer högre krav på alla aktörer, framförallt maskinisterna. Därför är det viktigt att hålla interna utbildningar där gemensamma diskussioner kan ske och öppna dialoger hållas. Det finns en tendens till att maskinister förstår varandra bra och kan på så sätt hjälpa varandra till att utveckla sin maskinstyrningskompetens.

Beställarna kräver endast 2D-ritningar vilket inte ger incitament för projektörerna att utveckla sina 3D-kunskaper. Däremot anser många projektörer att arbetet i 3D ger ett effektivare arbete än i 2D.

Specifikationen ifrån beställaren till projektören bör ses över. DWG-filer bör ges till entreprenören oavsett maskinstyrning och den bör alltid vara höjdsatt direkt i filen. Det finns goda synpunkter som är viktiga i frågeställningen från mätteknikern om vad som bör ingå i en ritning. Detta är små men viktiga ändringar som underlättar enormt för mätteknikern och ger ett bättre flöde i arbetet. Vid maskinstyrning bör projektören leverera LandXML-format för att det är ett öppet format som är kompatibelt med de flesta programmen.

Maskinisterna påstår att det kan sparas stora belopp om ritningarna skulle vara fullkomliga från början. Innan projektet startar bör därför alla ritningar vara noggrant kontrollerade och färdigställda. Detta skulle innebära stora besparingar för entreprenören.

Att kunna visualisera i en 3D-miljö innebär stora användnings- och kommunikationsmöjligheter. Att skapa dessa modeller till maskinstyrning innebär endast ett första steg in i visualiseringsvärlden. Möjligheten att simulera ett tänkt produktionsförlopp gör det möjligt att tillsammans med alla aktörer få ett tydligt och gemensamt mål. Det blir enkelt att i förhand testa olika alternativ för att hitta det mest effektivaste. Det innebär stora fördelar att aktivt kunna förändra tidsplanen utifrån den data som maskinerna har samlat.

Efter att ha gjort enkätundersökningen och utvärderat alla resultat märkte jag att alla svaren var relativt lika. Frågorna bör kanske ha formulerats på ett sätt så det fanns fler

svarsmöjligheter. Det har dock bekräftat vissa påståenden. Under intervjuerna har även helt nya tankebanor öppnats vilket har gett ett helt annat djup i rapporten. Överlag är kommunikationen mellan alla aktörer något dålig och insikten om vad alla aktörer gör är låg men de är ändå inte ointresserade av varandras uppgifter. De flesta projektörer och beställare har varit mycket intresserade av denna nya teknik som är på gång att växa fram.

Min rekommendation är att förbättra kommunikationen mellan alla aktörer för att förbättra byggprocessen i Sverige. Detta kan ske internt inom projekten genom att ha närmare samarbete mellan alla aktörer oavsett typ av entreprenadform. Det kan även ske i ett större perspektiv genom att till exempel hålla årliga möten eller mässor där alla aktörer är inbjudna för att lyssna och ta del av dagens arbetssätt och framtida arbetsmetoder. Produktutvecklare har där ett visst ansvar att för egen vinning marknadsföra sina produkter. Men det handlar inte bara om enstaka produkter utan ett helhetstänk där hela projekten får ett naturligt flöde utan onödiga omarbeten och stopp.

Ett managementverktyg som skulle kunna underlätta kommunikationen och arbetsflödet är LEAN. Detta verktyg härstammar ifrån Toyota Lean Production och innebär att hitta värdet inom alla aktiviteter i en arbetsprocess och att undanröja alla onödiga aktiviteter. Metoden bör minska på ett eventuellt dubbelt arbete i projekteringsledet och istället lägga mycket resurser på en tidig gemensam planering. Ett allmänt intryck ifrån maskinister är att det sker relativt mycket ändringar och sent ankomna ritningar i byggbranschen vilket resulterar i enorma kostnader för företagen. Detta är ett stort bekymmer vilket ofta beror på alldeles för lite resurser i projekteringsstadiet.

Upphandlingsprocessen är viktig i ett maskinstyrningsprojekt. För att utnyttja alla aktörer så effektivt som möjligt gäller det att alla samarbetar och utvecklar projektet tillsammans. För att minska om- och extraarbeten är det viktigt att välja en entreprenadform som gynnar maskinstyrningen. De traditionella upphandlingsformerna ger ett för lågt incitament till att samarbeta och optimera genomförandet av projektet. Det saknas en gemensam helhetsbild, och gemensamma mål. Att kommunicera i 4D är ett sätt att kommunicera och skapa dessa grundförutsättningar.

9.2 Slutsats

NCC har goda möjligheter att bedriva anläggningsprojekt i 3D. Det handlar mycket om att själv driva frågan framåt och att framförallt göra alla aktörer i processen medvetna om möjligheterna. Det kan inte ställas allt för höga krav på beställare att de ska ha stora kunskaper inom 3D, men de ska förstå innebörden och hur det kan påverka anläggningsprojekt. Däremot är det viktigt att bygglidaren som stöttar byggherren i projektet blir upplyst om tekniken för att inse fördelarna och även hjälpa till att utveckla tekniken.

NCC:s partneringskoncept är en mycket bra arbetsmetod för att NCC ska lyckas med maskinstyrning i framtiden. Det ger goda samarbetsmöjligheter och stimulerar alla aktörer till att delta i 3D-processen.

När projektörerna börjar leverera 3D-handlingar bör NCC utveckla kompetens för att utföra god ”handpåläggning” på modellerna. Jag skulle rekommendera att NCC investerade i att utbilda mättekniker och även flera arbetsledare i djupare kurser i mätprogram som Geo och även i AutoCAD-kurser. Det skulle innebära att kompetens fanns i företaget och mindre kostnader skulle läggas på konsulttjänst inom projektering, mätning och maskinstyrningsfrågor.

Jag skulle även rekommendera att NCC utsåg en ”3D/maskinstyrnings-ansvarig” internt för att ha någon som har yttersta ansvaret för alla frågor inom området. Den skulle ansvara för utbildning, inköp och även för att sätta upp mål inför framtiden. Fokus skulle ligga i att vara medveten om den senaste tekniken genom att ha ett brett kommunikationsnät med folk inom produktutvecklingsbranschen.

Det finns några få projektörer i Skaraborg som är fullt kompetenta för att leverera kompletta anläggningsmodeller. Det är viktigt att få övriga projektörer att sträva åt samma håll för att få en högre konkurrens med bättre priser, större utbud och ett lägre beroende från vissa projektörer. Därför har NCC en god anledning till att upplysa och öka kunskapen om 3D-processen i Skaraborg.

Även då maskinstyrning är väldigt användbart är det viktigt att hålla kvar den gamla kompetensen inom mätteknik och anläggningsjobb. Då maskinstyrning ej fungerar måste det finnas möjlighet att ändå hålla ett högt flöde i produktionen.

Jag skulle rekommendera att i en snar framtid investera i ett program som t.ex. Site-Link. Det innebär ett enormt viktigt hjälpmedel för mätteknikern och arbetsledaren då den kan stötta maskinister oavsett vart han befinner sig, genom att spegla maskinförarens vy. Det hjälper även arbetsledare att planera och kontrollera verksamheten. Framförallt tror jag att den historiska datan som samlas in kan ha avgörande betydelser för framtida anbud. Det går då att samla in detaljerad data som övriga konkurrenter ej besitter. Det skulle innebära att NCC skulle få ett stort försprång gentemot resterande konkurrenter.

10 Referenser

10.1 Examensarbeten

Berglund, J. & Davidsson E. (2010): *Maskinstyrning - Skapande av en anläggningsmodell och dess inverkan på byggprocessen*. Examensarbete, , Institutionen för Samhällsbyggnad, Luleå tekniska universitet, Luleå.

Engfeldt, A. & Jivall, L. (2003): *Så fungerar GNSS – Ett samarbetsprojekt mellan Banverket, Lantmäteriet, Vägverket*. Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem. ISSN 280-5731 LMV-rapport 2003:10. Gävle.

Söderström, P. & Olofsson, T. (2009): *4D-Modellering för aktiv design i anläggningsprojekt*. Teknisk Rapport. Institutionen för Samhällsbyggnad. Luleå tekniska universitet. SBUF Projekt 11842. Luleå.

Wass, H. (2008): *Anläggningsmätning med moderna metoder – Från projektering till färdig anläggning*. Examensarbete. Institutionen för bygg- och miljöteknik, Chalmers tekniska högskola, Göteborg. 2008:71.

10.2 Kompendier

Birgersson, B. (2007): *Byggbranchens arbetsmiljö: Byggprocessen*. Kursmaterial. Sveriges Byggindustrier. Hämtad

Trafikverket. Underlag till entreprenör gällande maskinstyrning/guidning. Projekt rapport.

Adtollo (2011) *Topocad Broschyr Basmodul*. http://adtollo.se/download/Broschyr_Topocad_Basmodul.pdf [Tillgänglig 2011-04-07]

Bentley (2011) *InRoads*. <http://ftp2.bentley.com/dist/collateral/docs/inroads/inroads-product-data-sheet-lo.pdf> [Tillgänglig 2011-04-07]

Engfeldt, A. & Jivall, L. (2003): *Så fungerar GNSS – Ett samarbetsprojekt mellan Banverket, Lantmäteriet, Vägverket*. Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem. ISSN 280-5731 LMV-rapport 2003:10. Gävle.

10.3 Elektroniska källor:

Autodesk (2011), *AutoCAD Civil 3D* <http://www.autodesk.se/adsk/servlet/pc/index?siteID=440386&id=14585838> [Tillgänglig 2011-05-22]

Bygglédarna Projektparner (2007): *Entreprenadformer*. <http://www.bygglédarna.se/entreprenadform.htm#deladentr> [Tillgänglig 2011-04-05]

ESA (2010) *First stages of Galileo*. http://www.esa.int/esaNA/SEM5KHXEM4E_galileo_0.html [Tillgänglig 2011-04-18]

Geomatiknyheter (2009) *Generera 3D-bilder från digitalfoton*. <http://www.geomatiknyheter.se/2009/11/generera-3d-bilder-fran-digitalfoton> [Tillgänglig 2011-04-14]

NCC (2010): Vad är partnering? <http://www.ncc.se/sv/Projekt-och-koncept/NCC-Partnering/Vad-ar-partnering/> [Tillgänglig 2011-04-12]

Ortogonal (2011) *3D – scanning*. <http://www.ortogonal.se/tjanster/3d-laserscanning.html> [Tillgänglig 2011-04-14]

Proffsmagasinet (2011). *Topcon RL-H3C Planlaser paket*. <http://www.proffsmagasinet.se/topcon/topcon-rl-h3c-planlaser-startklart-paket.html> [Tillgänglig 2011-04-14]

Rudins Schakt AB. <http://www.rudinsschakt.se/Valkommen.html> [Tillgänglig 2011-04-14]

SBG (Svensk Byggnadsgeodesi) (2011). *Geo Grundmoduler*. <http://www.sbg.se/geo-basic-functions.html> [Tillgänglig 2011-04-06]

SBG (Svensk Byggnadsgeodesi) (2011). *Geo Terrängmodeller*. <http://www.sbg.se/terrain-models.html> [Tillgänglig 2011-04-06]

SBG (Svensk Byggnadsgeodesi) (2011). *GeoPad*. <http://www.sbg.se/products/geopad.html> [Tillgänglig 2011-04-06]

SBG (Svensk Byggnadsgeodesi) (2011). *GeoROG*. <http://www.sbg.se/products/georog.html> [Tillgänglig 2011-04-06]

Scanlaser (2011) *Hjullastarsystem 3D*. http://www.scanlaser.se/se/hjullastarsystem-3d_1522.htm [Tillgänglig 2011-04-14]

Scanlaser (2011) *MikroGrade 3D*. http://www.scanlaser.se/se/mikrograde-3d-cb16_1544.htm [Tillgänglig 2011-04-14]

Scanlaser (2011) *TPS*. http://www.scanlaser.se/se/tps-totalstationer_2232.htm [Tillgänglig 2011-04-14]

Swepos. *GNSS*. http://swepos.lmv.lm.se/index_gnss.htm [Tillgänglig 2011-04-06]

Vianova Systems (2011) *Novapoint Anläggning*. <http://www.novapoint.se/Produkter/Novapointprodukter/Novapoint-Anlaeggning> [Tillgänglig 2011-04-07]

Vianova Systems (2011) *Novapoint Bas*. <http://www.vianova.se/Produkter/Novapointprodukter/Novapoint-Bas> [Tillgänglig 2011-04-06]

Vianova Systems (2011) *Novapoint Terräng*. <http://www.vianova.se/Produkter/Novapointprodukter/Novapoint-Terraeng> [Tillgänglig 2011-04-06]

Volvo (2011) *Väghyvel G990*. <http://www.volvo.com/dealers/sv-se/Swecon/products/motorgraders/G990/introduction.htm> [Tillgänglig 2011-04-14]

Wikipedia (2011) *AutoCAD*. <http://sv.wikipedia.org/wiki/AutoCAD> [Tillgänglig 2011-04-06]

Wikipedia (2011) *Bandschaktare*. <http://sv.wikipedia.org/wiki/Bandschaktare> [Tillgänglig 2011-04-14]

Wikipedia (2011) *Galileo satellite navigation*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_\(satellite_navigation\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_(satellite_navigation)) [Tillgänglig 2011-04-18]

Wikipedia (2011) *Grävmaskin*. <http://sv.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%A4vmaskin> [Tillgänglig 2011-04-14]

Wikipedia (2010) *Hjullastare*. <http://sv.wikipedia.org/wiki/Hjullastare> [Tillgänglig 2011-04-14]

Wikipedia (2011) *Industry Foundation Classes (IFC)*. http://en.wikipedia.org/wiki/Industry_Foundation_Classes#File_Formats [Tillgänglig 2011-04-07]

Wikipedia (2010) *Real Time Kinematic*. <http://sv.wikipedia.org/wiki/RTK> [Tillgänglig 2011-04-12]

Wikipedia (2011) *Rover (GPS-mottagare)*. [http://sv.wikipedia.org/wiki/Rover_\(GPS-mottagare\)](http://sv.wikipedia.org/wiki/Rover_(GPS-mottagare)) [Tillgänglig 2011-04-14]

Wikipedia (2011) *SA (GPS)*. [http://sv.wikipedia.org/wiki/SA_\(GPS\)](http://sv.wikipedia.org/wiki/SA_(GPS)) [Tillgänglig 2011-04-12]

Wikipedia (2011). *Totalstation*. <http://sv.wikipedia.org/wiki/Totalstation> [Tillgänglig 2011-04-13]

Wikipedia (2011) *XML*. <http://sv.wikipedia.org/wiki/XML> [Tillgänglig 2011-04-07]

Webopedia. *DXF*. QuinStreet Inc. <http://www.webopedia.com/TERM/D/DXF.html> [Tillgänglig 2011-04-13]

10.4 Muntliga källor

Lokrantz, Anders & Eriksson, Anna-Karin. Cowi (2011-05-03) Skövde.

Kempe, Tina. Lantmäteriet (2011-03-30) *GIT mässan 2011*. Jönköping.

Hestner, Stefan. SBG (2011-03-30). *GIT mässan 2011*. Jönköping.

Bilagor

A Beställarintervjuer

Följande frågor är ställda till beställarna:

1. Vad finns det för möjlighet att komplettera befintliga bygghandlingar med 3D-handlingar?
2. Vilken kompetens besitter ni på att behandla 3-D ritningar?
3. Hur ser ni på möjligheten att i framtiden tillhandahålla 3D-ritningar och terrängmodeller?
4. Om föregående fråga är möjlig, kan det ske redan i anbudsskedet?

A1 Lars Kling, Trafikverket Mariestad

1. Det går att ta fram. Det är en kostnadsfråga. Det är fortfarande ett konservativt tema. I det senast projektet tillhandahöll vi terrängmodeller. Det var då beskrivet att vi inte ansvarade för 3D-handlingarna. Jag kan personligen inte se varför detta inte har skett tidigare.
2. Själv har jag ingen kompetens, men de nya civilingenjörerna har en annan kunskap om detta. De yngre har en bättre kunskap.
3. Vi bör göra detta i framtiden. I totalentreprenader bör entreprenören jobba aktivt för att få 3D-handlingar vid behov.
4. Ja. Det skulle inte vara några problem.

A2 Anna Möller, Skövde kommun.

1. Det beror på vilken typ av arbeten. På de större jobben finns nog ofta de. På Skövde kommun har vi jobbat lite i Novapoint men ska nu börja jobba i Civil 3D.
2. Sådär. Vi söker en projektör just nu där vi prioriterar att personen är väldigt kunnig inom 3D-projektering.
3. Det ser vi som en god idé. Det siktar vi på. Det finns väldigt goda möjligheter då det går att bygga ihop allting, även ledningar i samma ritning.
4. Ja.

A3 Johan Bengtsson, Mariestads Kommun

1. De flesta projektörer vi anlitar jobbar i 3D-miljö i programmet Civil 3D. Vi bygger dock mycket gatumiljöer där vi inte tror att 3D-ritningar har någon större fördel.
2. Vår VA-avdelning sitter och jobbar i 3D.
3. Det är inte omöjligt. Det är dock viktigt att veta geotekniken. Det är mest att det är väldigt sällan vi har sådana projekt. Det fungerar inte på alla jobb. Jag tror att markförhållanden avgör arbetsmetoden.
4. Det kan man tänka på, jag har inte fått de här frågorna förut. Ska man bygga en väg så är det möjligt.

A4 Jan Kristoffersson, Lidköpings Kommun (VA-projektering)

1. Väldigt mycket möjligheter.

2. Jag riar i Point VA. Det är en applikation till Novapoint. Problemet är att det känns något för komplext och vi använder det väldigt sällan.
3. Den möjligheten finns. Det handlar nog mycket om en generationsfråga.
4. Ja. Det är viktigt. Bra förutsättning

A5 Ingemar Olsson, Vara Kommun, (Byggledning)

1. Det vet vi inte riktigt.
2. Vi har ingen större vana att arbeta med 3D-ritningar inom kommun.
3. Då det är tekniskt möjligt så är vi positiva.
4. Ja, det skulle kunna gå.

B Projektörer

Följande frågor är ställda till projektörerna:

1. Hur ser ni på 3D-projektering?
2. Vilka filformat levererar ni till entreprenören?
3. Vilka möjligheter har ni att leverera 3D-handlingar? A: rent tekniskt?, B: rent juridiskt?. C: kostnadsmässigt?
4. Vad ser ni på möjligheten att leverera 3D-handling som ej är juridiskt bindande?
5. Hur mycket merarbete kan ni uppskatta att ett 3D-projekterat arbete ger i jämförelse mot endast traditionella bygghandlingar i 2D?

B1 Per Larsson, WSP, (Samhällsbyggnad)

1. Mycket positivt.
2. DWG. LandXML för maskinstyrning. PDF.
3. A: inga problem. B: Ja, dock krävs alltid lite handpåläggning. C: Lite mer, inga stora skillnader.
4. Bra, Det ska ju stämma.
5. Ca: 25 %.

B2 Magnus Stensson, Vara Markkonsult

1. Vi använder det i själva projekteringen med terrängmodeller. De har aldrig varit att beställaren har krävt 3D-projektering till förfrågningsunderlaget. Vi höjdsätter gärna traditionellt och manuellt.
2. PDF. DWG och skriver höjden vid sidan.
3. A: Till viss del, men ej fullt ut. B:- C: Det skulle kosta lite extra att lära upp sig.
4. Bra för uppstarten.
5. Det skulle krävas mer arbete vid en uppstart.

B3 Andreas Magnusson, VAP

1. Jobbar ej ännu med det. Det kommer mer och mer. Vi jobbar i Novapoint.
2. LandXML. VIPS. De använder SITE TOOL för maskinstyrning. Det har varit lite kontroversiellt.
3. A: ja. Vi projekterar så långt det går sedan krävs viss handpåläggning. B: Ingår ej vid handlingen, men ingår som ett underlag. Det är upp till entreprenören att se till att

den stämmer. Det har hittills fungerat bra. Beställaren kan dock vara rädd för oärliga entreprenörer som utnyttjar detta. C: Mer.

4. Ja. Men ett krav kan vara att det ska stämma var 10e meter.
5. Det blir merjobb.

B4 Jörgen Tranemyr, Ramböll Göteborg

1. Vi projekterar det mesta i 3D i Civil 3D.
2. DWG.
3. A: inga problem, B: ja. C: inget extra.
4. Ska vara bindande.
5. Inget.

B5 Kjell Johansson, Markcon

1. Det är det enda som gäller.
2. Vi ritar i CIVIL 3D och GEO. Sedan levererar vi terrängmodeller, linjerfiler, skevningsfiler m.m. genom LandXML.
3. A: Ja. B: Ja C: Det tar längre tid.
4. Uppskattningsvis 20 % extra.

B6 Mikael Broberg, Falköpings Kommun, (Projektör)

1. Positivt, framtiden. Arbetsbesparande. Framförallt vid nya områden.
2. Pappersritning. PDF. DWG i 2D.
3. Det finns,
4. Det kan vara möjligt.
5. Det beror på vad man vill uppnå, om man t.ex. vill använda det till maskinstyrning. Det kommer framförallt vara en merkostnad i början när det är nytt. Under själva projekteringen har man en otrolig möjlighet att kunna göra många snabba projekteringar för att testa sina idéer. Förr tog det jätte lång tid, nu går det att få exaktare värden.

B7 Roger Persson, Cowi

1. Det fungerar bra vid olika typer av projekt. Mindre projekt behövs det inte alltid. VI jobbar i Novapoint och Civil 3D. Framförallt Civil 3D.
2. DWG. Linjefiler.
3. A: Vi har alla redskapen som behövs. B: När man lämnar över den ska justeras den, det blir lite fara att lämna över. C: Lite dyrare. Men skiljer inte mycket.
4. Det vore ett bra alternativ på grund av att modellen går att redigera så är det bra.
5. Inte särskilt mycket.

B8 Anders Lokrantz, Anna-Karin Eriksson, Cowi, (Landsskapsarkitekt, Mark & VA-ingenjör)

1. Mycket bra. Det är en stor fördel vid arbete med VA-ledningar och att göra kontroller att nivåerna stämmer.
2. PDF, DWG

3. A: Det är möjligt. B: Vet inte. C: Vet inte.
4. Då beställaren samtycker och godkänner det så bör det inte vara några problem.
5. Vid en uppstart skulle det kräva mer resurser. I försöken har det blivit mycket ändringar som borde kunna uppdateras bättre och det har även kostat mer än förväntat.

B9 Patrik Blom, ALP Markteknik

1. Det tillämpas idag. Det används för att arbeta på ett smidigt sätt. Det går t.ex. att utföra en god mängdbalans. Det är lättare att förändra i en 3D-struktur. Vi arbetar i Novapoint.
2. LandXML. DWG men ej höjdsatta linjer.
3. A: ja. B:
4. En bra idé.
5. Inget i de projekt där det redan används.

C: NCC

Följande frågor är ställda till de NCC-anställda:

1. Vad ser ni som fördelar med att ett projekt är 3D-projekterat?
2. I vilket skede har ni nytta av 3D-projektering?
3. Vilken kompetens har NCC inom maskinstyrning/guidning och 3D-projekt?
4. På vilket sätt skulle projektörer eller beställare kunna underlätta för erat arbete med maskinstyrning och 3D-modeller?

C1 Kenneth Ferngren, Anbudschef

1. Ett mer detaljerat anbudsunderlag. Då kan man få data för att lägga in direkt i maskinen.
2. Mest i produktionen, data till grävmaskinen ger tillslut färre byggare.
3. Inom maskinstyrning har NCC hög kompetens. Hur långt NCC-teknik har kommit med 3D-projektering vet jag ej. Vi har själva lärt upp oss.
4. Att 3D-modellerna skulle skickas med i förfrågningsunderlaget.

C2 Joakim Stenlund, Platschef

1. Skapar en bättre förutsättning. Slipper ta fram allt själva. Upptäcker fel i tidigare stadium. Mycket lättare att upptäcka fel och krockar. Mer verkligt.
2. Hela tiden. Väldigt viktigt för kalkylen.
3. Rätt bra.
4. De måste veta hur vi arbetar i maskinstyrningen. Veta vad ni vill ha. De måste veta hur en grävmaskinist tänker och utnyttjar systemet. För att få ut fullt av systemet gäller det att få grävmaskinisten synpunkter, eftersom de använder systemet.

C3 Anders Johansson, Platschef

1. I projekteringsmiljön är det lätt att illustrera och få en känsla för hur det blir. I modellen kan man plocka ut bilder som är säljande. Det är lättare att ha genomgång och visa vad som ska byggas. Lutningar och vattenavrinning kan kikas på. Laborering

med massbalans räkning kan optimeras. Även på VA-sidan kan man projektera VA i 3D och förutse krockar på ett annat sätt. Och även Värmekulvertar. I produktionen kan grävmaskinisterna utnyttja detta till sin maskinstyrning. Höjdmässigt är det väldigt lätt att arbeta med nya tekniken.

2. Alla skeden. I kalkylskedet, utförandemässigt, relationsmässigt.
3. Sen något år tillbaka som vi tog tag i det har vi ganska bra kompetens. Det varierar och vi är fortfarande i ett lärande stadium. För att vi ska kunna bli bättre måste alla ha fler AutoCAD kurser. Det gäller framförallt de äldre.
4. Företag som Markcon är väldigt bra. De markprojekterar med utgångspunkt att det någon gång kommer sitta i en grävmaskin. Då en annan markprojektör inte kan mätsidan fungerar det inte. Beställaren ska köpa projektering som kan användas till maskinstyrning. Krav specifikationen är för dålig.

C4 Ulf Johansson, Projektchef Hus

1. Fördelarna är mindre fel, kortare byggprocess, bättre överblick och på köpet får vi ett bra material att presentera för beställare/ brukare.
2. Mest nytta har man helt klart under projekteringen, Men det ger ju i sin tur massor av följdverkningar som mindre fel och kollisioner t.ex. Man får också en annan överblick under byggtiden om man går in och tittar på en 3D-modell.
3. NCC s kompetens är lite blandad skulle jag vilja säga. Inte alltid tillräckligt erfarna handläggare.
4. Underlätta kan man göra genom tidigt bestämma väg och engagera sig i objektet fullt ut från första stund.

D Maskinförare

Följande frågor är ställda till maskinförarna:

1. Hur har arbetet med maskinstyrning fungerat?
2. På vilket sätt skulle maskinstyrning kunna förbättras?
3. Vad skulle Du vilja kunna se mer på GeoROG:en?
4. Vad anser du om användarvänligheten i dina programvaror?
5. Vilka filer använder du när du använder maskinstyrning?

D1 Henrik Ohlin, NCC Roads, (Hyvelförare)

1. Bra, positivt, vore dock bra med bättre noggrannheter. Det som inte alltid fungerar bra är mottagning vid hus och väggar och att ha god satellitmottagning under hela dagen. Vid problem vid täckning vid hus använder vi laser. GPS använder vi inte vid platsättning och kant stenar då det kan skilja upp till 3cm. Dessa 3cm kan förändras dag till dag, inte under några minuter. För att utnyttja det kontrolleras detta mot en punkt två gånger per dag. Då blir det garanterat rätt.
2. Noggrannheten vore bra om den blev högre. Det borde vara lättare att redigera i modellerna för oss.
3. Att se två ritningar samtidigt. En ritning med brunnar och en med tvärfallet.
4. Hyfsat god.
5. Terrängmodeller mest. Det är lättast då man kör med olika fall.

D2 Thunborg, Företag: Grävtjänst i Götene, (Grävmaskinist)

1. Det har fungerat bra. Projektet vid Motorskolan gick skapligt. Dock gick ena "tallriken" (mottagaren) sönder, tog 5 veckor att få tillbaka. Den skickades till Schweiz och tillbaka.
2. Det som är krångligt, är att ritningarna inte är ifyllda. Projektörerna missar ofta vid ändringar, den borde uppdateras bättre. Vägarna kan också vara för stora och får då inte plats i Georog:en.
3. . Jag saknar att inte brunnarna är med på samma bild. Ledningar bör vara inritade. Det borde finnas pilar åt vilket håll vattnet ska rinna. Möjlighet att kunna se fallet.
4. Det blir bättre desto mer man kör
5. Gillar att köra efter färdig yta. Terrängmodell med linjer,

Övrigt: En nackdel är att när det går lite" för bra" sitter maskinisterna för länge i maskinerna utan att gå ut. Detta utgör en hälsorisk. Gympa/motion/rast vore fördelaktigt. Eftersom utrustningen och maskinerna blir dyrare blir det också att man vill att de används så många timmar på dygnet som möjligt.

D3 Jan Fridlund, Fridlunds schakt, (Grävmaskinist)

1. Det fungerar bra, men det går inte att gräva direkt efter. Man får köra som vanligt och sedan kontrollera mot ritningen. Sensorerna hänger inte med 100%.
2. Dom som ritar. Om de kunde leverera rätt från början. Stora summor försvinner på grund av ändringar i ritningar. Georog:en har även ett för dåligt kartotek. Man vet inte vilken som är nyast. Det kan vara besvärligt att hitta rätt.
3. Så lite som möjligt.
4. Lätt att förstå. Logiken är mycket lättare att jobba i än grävmaskin menyerna, Georogen är bra.
5. Punkt-fil, linjefil och terrängfiler.

Övrigt: Fördelen med maskinstyrning ska vara att då man kör stopp, kan man skicka en annan maskin till en annan del till bygget. Detta fungerar inte då ej samtliga ritningar är färdiga innan bygget startar.

E Mättekniker

Följande frågor är ställda till beställarna:

1. Vad skulle du vilja förändra i dokumentations handlingar från projektören?
2. Vilka filformat önskar du från projektören?
3. Vad ser du på framtiden för mätteknikern, skulle en maskinist kunna bli helt självständig?
4. Vilka filformat används till maskindatorn?
5. Vilka moment gör en mättekniker som en projektör skulle kunna förtillverka?

E1 Kjell Danhard, NCC

1. - Att få linjer med z- koordinater. Har man en linje i 3D kan man jämföra med befintlig mark för att få massbalans. Det ska vara höjdsatt i DWG.
- Det är viktigt att projektörer alltid själva åker ut och tittar och mäter på plats.

- Alltid levererar linjer, profiler koordinatpunkter med höjd.
 - Kontrollera att det alltid är rätt koordinatsystem.
 - Rätt diameter på brunnarna (så de får plats). Detta är ett vanligt problem.
 - Det ska helst vara angivet vilka utgångspunkter (fixpunkter) som användes ifrån projektmätningen. Det underlättar väldigt att kontrollera mot känd punkt.
 - Det är viktigt med tydliga lager. T.ex. gul linje innebär el-kabel m.m.
 - Ritningarna ska innehålla releverant information. T.ex.: gamla ägoslagsgränser, hjälplinjer, testlinjer m.m. ska tas bort.
 - Till maskinstyrningen är det alltid bra med en linjefil som guidelinje. Terrängmodell används sällan till väg. Det är svårt att få ett effektivt flyt för de äldre. Om man enbart har terrängmodell saknar maskinföraren något att följa.
2. LandXML. DWG.
 3. Det är de redan i viss mån. Maskinerna finns utan arbetare. Detta fanns ej för 10 år sedan. Tror inte det finns något jobb under en halv miljon utan maskinstyrning.
 4. Om LandXML används kan man göra om det till maskindatorns format. Topcons produkter kan köra DWG-fil direkt i maskinen.
 5. Projektören vet oftast för lite om vad maskinisten vill ha. Det saknas kommunikation. Risken är att mätteknikern ändå får redigera.