

3-D handlingar, GPS-styrning och VA-moduler.

– En ny metod för framtida anläggningsprojekt



**LUNDS
UNIVERSITET**

Lunds Tekniska Högskola

**LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Byggteknik / Väg- och Trafikteknik**

Examensarbete:
Christian Cruz Torres

© Copyright Christian Cruz Torres

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

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

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2008

Sammanfattning

Markarbete har till stor del dominerats av traditionellt tänkande och metod under de senaste 50 åren. Även om bygget har förändrats under tiden tolererar man inte nytänkande.

I samarbete med NCC AB Region Syd har jag undersökt en modern byggmetodik som har tagits fram av NCC för framtida anläggningsprojekt. Metoden är indelad i två huvudfaser. Fas 1 är ”Singel Production” som är en förberedande period för markarbeten som kommer att göras. Huvudmoment i denna inledande fas är undanröjning av hinder, bra kännedom om anslutningspunkter samt samordning med övriga ledningsägare. Fas två är ”Line Production” där huvudpunkterna är 3D- modell för bygghandling, maskinstyrning med hjälp av GPS och VA modul, där den sistnämnda är en egen ny produkt från NCC som prefabriceras på plats.

Fördelarna med den nya byggmetodiken är att den ska ge kostnadsminskningar och tidsvinster. För att undersöka resultatet har jag valt att jämföra det med en anläggning i Lund som har använt sig av en traditionell metod och utifrån detta se vilka resultat den nya metoden hade gett om man hade använt den istället för vanligt traditionell metod. Resultatet visar att metoden inom VA-delen medförde en kostnadsminskning med 17 %. Då har hänsyn inte tagits till de efterföljande faser som den nya metoden medför. Besparingarna är stora som de är, men man hade kunnat påvisa större besparing om man hade jämfört hela metoden.

Nyckelord: 3D- modellering, Maskinstyrning, Prefabricering, Cellplast, AMA 98 och NCC

Summary

Ground construction has to a large extent been dominated by traditional methods during the last 50 years. Although the construction has been changed meanwhile innovations are not accepted.

In collaboration with NCC Ltd Region South, I have examined a modern construction methodology that has been developed by NCC for future large projects. The method is divided into two central phases. Phase 1 is "Single Production" which is a preliminary period for ground constructions to come. The main elements in this introductory phase are clearing the site of obstacles, obtaining good awareness of connection points and coordination with other management owners. Phase two is "Line Production" where the main points are 3D - model for construction document, mechanical control with aid of GPS and a new water & sewage pipe-module, which has been developed by NCC and is prefabricated on-the-spot.

The benefit of the new construction methodology is supposed to be cost and time reduction. In this investigation the method is compared with the traditional one, to see which results the new method will generate. The result indicate that the water & sewage part resulted in a cost reduction of 17%. Benefits in remaining phases are not considered. The results of entire method therefore are expected to be even more positive.

Keywords: 3D-model, Mechanical control, Styrofoam, Prefabricated, AMA 98 and NCC

Förord

Rapporten handlar om en ny metod som kan tänkas användas för framtida anläggningar. Examensarbetet är utfört i samarbete med NCC AB Region Syd. Jag hoppas ni blir lika intresserad av metoden som jag blev när jag fick möjligheten att undersöka den och skriva om den.

Det har varit fantastiska månader med fullt sysselsättning från mars till maj år 2008. Det är det sista jag gör i min utbildning till byggnadsingenjör Väg och Trafik, vid Lunds Tekniska Högskola, Campus Helsingborg.

Först vill jag tacka Jörgen Flink på NCC för möjligheten att få skriva om den här intressanta metoden. Jag vill även tacka min handledare från NCC Mattias Svensson samt både min examinator och handledare från LTH Åsa Knutsson och Ebrahim Parhamifar. Ett stor tack även till Bo Olofsson, Göran Svensson och Peter Knutsson, för alla värdefulla tips som jag har fått under min rapportskrivningsperiod.

Sist men inte minst vill jag tacka min familj för all stöd jag har fått och särskild min lilla dotter som har gett mig den drivkraften som behövs för att kunna klara av rapporten och även utbildningen.

Malmö 2008

Christian Cruz Torres

Innehållsförteckning

1 Traditionell byggmetodik inom anläggning	3
1.1 2D-handlingar	4
1.1.1 Nackdelar med 2D	5
1.2 Arbetsområdet.....	5
1.2.1 Utsättning	6
1.3 Schakt	7
1.4 VA anläggning	8
1.4.1 Ledningsbädd	9
1.4.2 Rörläggning	9
1.4.2.1 Betongrör	9
1.4.2.2 Plaströr.....	9
1.4.2.3 Brunnar	10
1.4.3 Kringfyllning	11
1.4.4 Restfyllning	11
2 Den nya byggmetodiken	12
2.1 Singel Production	12
2.2 Line Production.....	13
2.2.1 3D handlingar	14
2.2.2 GPS-maskinstyrning.....	15
2.2.3 Prefabricering och genomföring	17
2.2.3.1 VA-modulen	18
2.2.3.2 Cellplast.....	19
2.2.3.3 Fördelen med VA-modulen	20
3 Undersökning och jämförelse	21
3.1 Skogs Ekeby.....	21
3.2 Annehem - Lund.....	22
3.2.1 Anläggning med traditionell metod	22
3.3 Antagande.....	24
3.3.1 Jämförelse.....	24
3.3.2 Anläggning med den nya modulen	25
3.3.3 Resultat	25
4 Diskussion	27
5 Slutsats.....	30
Referenser.....	31
Bilaga 1	33
Bilaga 2.....	34
Bilaga 3.....	35

Inledning

Bakgrund

Genom åren har nya produkter ständigt utvecklats men tänkande och metoder för markarbete har förblivit detsamma som tidigare. Med den traditionella metoden lägger man allt för stort ansvar på geoteknikerna. Även om geoteknikerna har gjort noggranna undersökningar av marken kan det dyka upp något nytt som kan medföra försening av byggtiden. De problem och överraskningar som dyker upp löser man på plats. Detta kräver stor yrkeskunskap hos anläggningsarbetarna och tjänstemän. Transport av schaktmassor är ett stort och dyrt problem som dyker upp med den traditionella metoden. Idag eftersträvar företagare tidsvinster och lägre kostnader som kan medföra vinst. Därför har nya och effektivare arbetssätt ständigt dykt upp för att kunna uppnå de här förhållandena.

Syfte och målsättning

Syftet med rapporten är att jämföra den nya byggmetodiken med en traditionell anläggning, detta för att kunna utröna om metoden verkligen uppfyller kraven som eftersträvas av företagen. Målsättningen är att ta reda på om den nya byggmetodiken medför besparingar i både tid och kostnad och därmed kan användas vid framtida anläggningar i Skåne och övriga Sverige.

Avgränsningar

Den nya byggmetodiken bygger på flera olika moment, där jämförelse av varje moment hade tagit för stort tid. På grund av rapportens tidsbegränsning, fokuserar den på att enbart jämföra VA- anläggningen där skillnaderna mellan de båda metoderna antas vara störst. Då tillgången till mängdförteckningen för Skogs Ekeby har inte varit tillgänglig har mitt resultat inte kunnat ta detta i beaktande.

Metod

Information för teoridelen och beräkningen har insamlats genom litteraturstudier och intervjuer. I undersökningen ingår även besök på arbetsplatserna.

1 Traditionell byggmetodik inom anläggning

Inom Sveriges byggsektor är lagar, föreskrifter samt referensböcker reglerande för byggarbetet. Inom anläggningssidan brukar AMA 98 (Allmän Material- och Arbetsbeskrivning) användas som ett dokument för att underlätta och effektivisera beskrivningsarbetet.

AMA började för ungefär 50 år sedan och är till stor nytta vid upprättandet av bygghandlingar. Genom att de tekniska lösningar som finns beskrivet för de olika konstruktionerna är pålitliga, gör att effektivitet av de tusentals beskrivningarna som finns i AMA kan användas i dokumentationen och kommunikationen genom hela processen. Detta gör att tydligheten förbättras redan från anbudshandlingarna till de färdiga bygghandlingarna. AMA är uppdelat i sex olika avsnitt:

- **Administrativa föreskrifter.** Är avsedd som referensverk för utförligt råd och anvisningsdel.
- **Hus.** Referensdokument vid utförande av husbyggnadsarbete.
- **El.** Referensdokument för elektriska arbeten.
- **Anläggning.** Referensdokument av tekniska beskrivningar för anläggningsarbeten.
- **VVS.** Referensdokument vid utförande av VVS-tekniska arbeten.
- **Kyl.** Referensdokument vid utförande av kyltekniska arbeten.

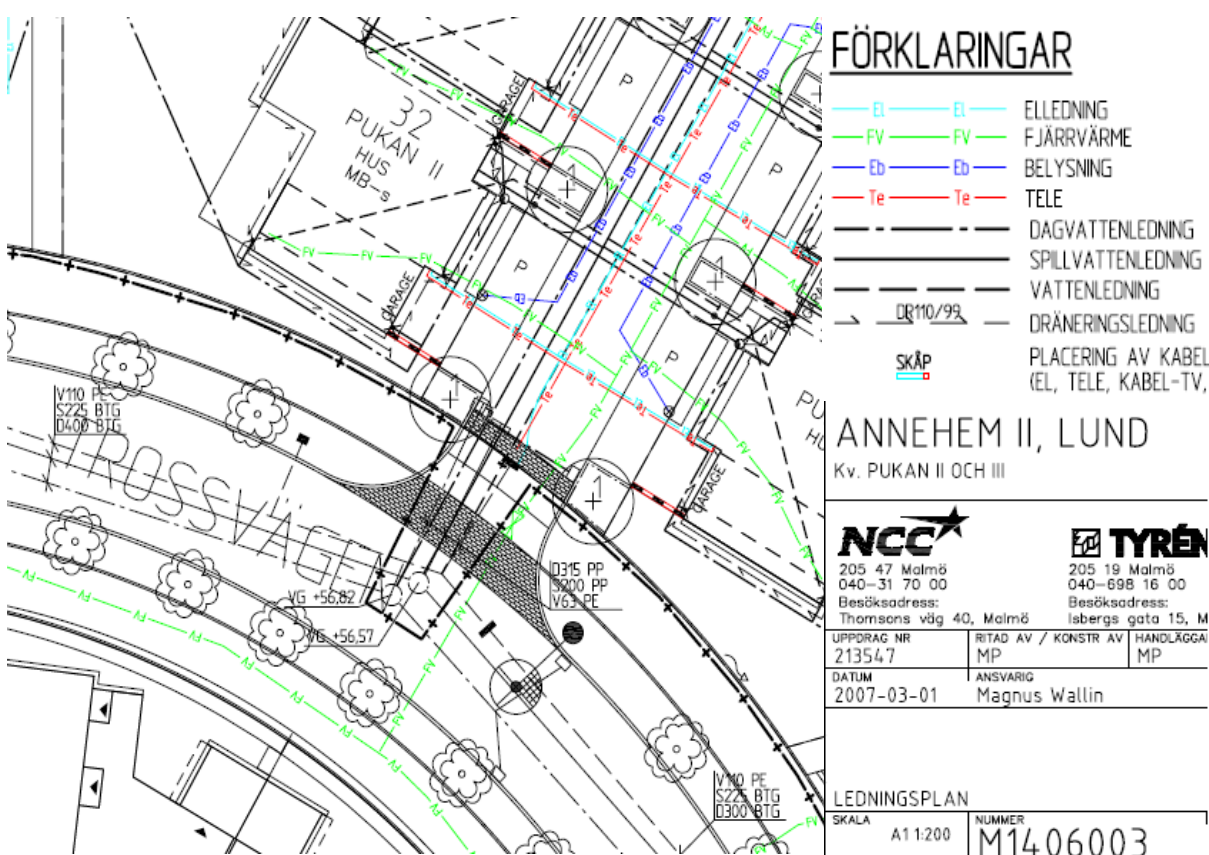
Som ett komplement/tillägg för AMA 98 vid väg- och broanläggningar har Vägverket infört VV AMA 07 (Vägverket Allmän Material- och Arbetsbeskrivning) för att på så vis använda sig av samma beskrivningssystem som resten av byggbranschen. Som hjälpmedel till AMA finns det även RA anläggning (Råd och Anvisningar), som ger råd och anvisningar för hur man använder AMA 98. Även MER 2002 (Mät- och Ersättningsregler) har kommit till under tiden och är en mättnings- och ersättningsreglering av markarbeten, detta för att kunna samordna både beställare och entreprenörer (AMA 98).

Under år 2007 har man uppdaterat två avsnitt inom referensverket AMA. Det är AMA AF 07 (Allmän Material- och Arbetsbeskrivning Administrativa föreskrifter) som ersätter AMA AF 98 samt AMA Anläggning 07 som ersätter AMA Anläggning 98. Resterande avsnitt förväntas bli klara inom de kommande åren. (Svensk Byggtjänst, 2008)

1.1 2D-handlingar

För ungefär 20 år sedan var papper och penna det vanliga arbetssätt för ritningsproduktion, men IT utvecklingen kom att påverka byggbranschen och därmed anpassa datorprogram för projektering av anläggningar. Det allra största och mest vanliga termen för tekniska ritningar och design är CAD (Computer-Aided Design). Det finns flera typer av CAD-program, men det vanligaste programmet för att producera ritningar och design i 2D-format är AutoCAD.

Datorprogrammet AutoCAD ersatte alltså de gamla metoderna och därmed har flera aspekter förbättrats däribland bättre måttnoggrannhet och tydlighet. Alla ritningar tas fram med hjälp av 2D-linjer och symboler (se figur 1) för att enklare kunna beskriva innehållet i handlingar och gör det enklare att mäta areor eller andra mått. (Jongeling, 2008)



Figur 1. 2D-handlingarna utseende genom användning av AutoCAD (Annehemsprojekt Lund, NCC)

1.1.1 Nackdelar med 2D

Ritningarna från ett 2D-format måste tolkas av en person. Denne måste i sin tur skapa sig en 3D helhetsbild av ritningarna. Detta kan leda till svårigheter i ett projekt eftersom olika personer kan tolka ritningarna på olika sätt vilket kan leda till missförstånd i kommunikationen. Fel vid beräkningar av mått eller mängder brukar vara en annan nackdel som uppkommer med 2D-handlingar, då man ofta mäter avstånd, ytor och volymer på pappersritningar. Detta kan medföra större kostnader och tidsförluster för de berörda parterna. Det tar även tid att genomföra och ta fram kostnadskalkyler och analyser. Problem som dyker upp vid arbetsplatsen kan vara feltolkningar av underlaget som kan lösas på plats, samtidigt kan detta problem orsaka produktionsstopp, tidsförlust och även merkostnader. (Jongeling, 2008)

1.2 Arbetsområdet

Efter att man har planerat, granskat handlingarna och haft byggmöten är nästa steg i byggprocessen att överföra den information man har från arbetsritningarna till arbetsområden för fortsatt arbete. Figur 2 visar hur ett arbetsområde kan se ut efter att maskinerna har börjat arbeta. Men först måste geoteknikerna undersöka marken med borrhovningar, för att undersöka och fastställa vilken sorts jordarter det finns i det berörda arbetsområdet. Detta gör man för att undvika olika problem som kan uppstå i ett senare skede som kan medföra försening av arbetet på området. En av orsakerna kan vara att man upptäcker vid borrhovningarna att det kan finnas en stor risk att man påverkar grundvattnen vid arbetet, vilket kan leda till sättningar i byggnader samt att det kan påverka våtmarker som är beroende av grundvatten.



Figur 2. Bilden visar hur ett arbetsområde kan se ut (Bild från Annehemsprojekt NCC, Lund). Foto: Christian Cruz

1.2.1 Utsättning

Mätningstekniker är den som fungerar som tolkning av arbetsritningar och sedan stakar ut arbetsområden. Uppgifterna som måste sättas ut i arbetsområden är väglinjer, vägområdet, höjder, lutningar på dagvattenledningar, m.m. Det är viktigt att mätteknikerna är med under hela byggprocessen för att korrigera eventuella fel vid utsättningar. Som figur 3 visar sätter mätningsteknikerna ut käppar på området, för att grävmaskinen med hjälp av instrument ska kunna sätta ut höjdläget.

Vanligaste mätinstrument inom anläggningen är *totalstation*, som kan mäta avstånd, vinklar och nivåer. Specialanpassade totalstationer kan kopplas till maskiner och därmed vägleda maskinerna automatiskt tack vare radiosignaler som skickas från totalstationen. (Vägverket, 2008)



Figur 3. Grävmaskiner schaktar efter stakkäppar som ger information om riktning och djup (Bild från Annehemsprojekt NCC, Lund). Foto: Christian Cruz

1.3 Schakt

Allt schakt i en anläggning utförs enligt CBB.31 AMA 98 (som är avsnittet för jordschakt för rörledningar). Förutsättningarna är att schakten ska länshållas på ett sådant sätt att erosion och uppmjukning av botten och sidor undviks. Innan schaktarbetet påbörjas måste man ha studerat arbetsbeskrivningen och geotekniska handlingar. Beskrivning av jordschakten enligt avsnittet CBB AMA 98 lyder:

”Schakt skall utföras med betryggande säkerhet mot ras och skred. Sten och block i schaktslänt skall schaktas bort om det finns risk för nedfall. Schakt av förorenad jord eller avfall och förorenade massor skall utföras så att spridning och exponering av föroreningarna undviks.”

(Hämtat ur AMA 98, Svensk Byggtjänst)

Schaktning för ledningsarbete beskrivs enligt avsnittet CBB.3 AMA 98 så här:

”Befintliga ledningar som berörs av schaktningsarbete skall friläggas genom schaktning med handredskap.

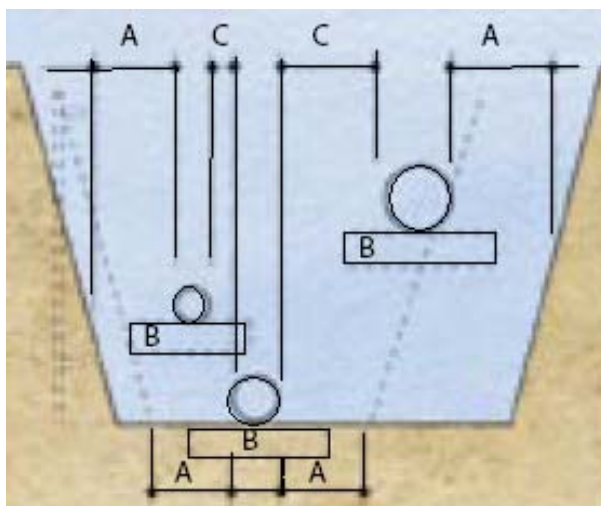
Färdigschaktad gravbotten skall vara avjämnad och utan gropar samt fri från löst material större än 60 mm.

Del av färdigschaktad gravbotten, under blivande ledningsbädd, skall vara fri från löst material större än 32 mm.

För ledning, grundplatta och isolerskiva, som skall läggas direkt på schaktbotten, samt inom sektion för strömningsavskärande anordning, skall schaktning utföras så att den blivande botten lämnas orörd”.

(Hämtat ur AMA 98, Svensk Byggtjänst)

För att sammanfatta beskrivningen ska säkerhetsföreskrifterna i AMA 98 tas noga i beaktande, detta för att undvika risker som kan uppstå vid schaktningen. Om det uppstår ojämnheter vid botten bör dessa fyllas med ett liknande material som övriga bottenmaterial. Schaktningen ska utföras enligt principritningen CBB.311: 1 från AMA 98.

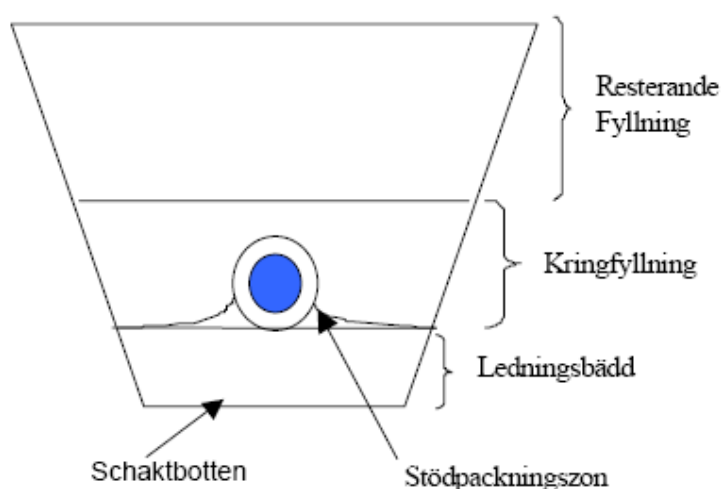


Figur 4. Principritningen enligt AMA 98 CBB.311: 1 (Nordform 2007)

Om inget annat anges i föreskrifterna bör mått A och C vara minst 0,35 m enligt principritningen i figur 4. När det gäller mått på ledningsbädd bör mått B vara minst 0,2 m bredare än berörd ledning och upp till 0,15 m under berörd ledning. (Nordform, 2007)

1.4 VA anläggning

I AMA 98 beskrivs hur anläggningsmomenten för VA ska gå till samt vilka lager det ingår (se figur 5) när det gäller läggning av röret, bestämning av ledningsbäddet och igenfyllningen av ledningsgraven.



Figur 5. Figuren visar vilka lager som ingår i en ledningsgrav enligt AMA 98. (AMA 98)

1.4.1 Ledningsbädd

Tjockleken på ledningsbädden bör vara 0,15 m för att uppnå bästa underlag för ledningarna. Ledningsbädden tillsammans med stödpackningszonen gör att upplagstrycket under rören blir jämt fördelat. Ledningsbädden skall alltid packas enligt avsnittet CEC.21 AMA 98 (som är avsnittet för ledningsbädden av rörledning) antingen före eller efter rörläggningen. (Nordform, 2008)

1.4.2 Rörläggning

Ytan för rörläggningen bör vara fast och justerad till rätt höjd och lutning samt frostfri. Kontroll måste göras på rören vid ankomst till arbetsplatsen för att bedöma att de inte har blivit skadade under transporten. De vanligaste rören som används i VA anläggningen är av betong eller plast. (AMA 98)

1.4.2.1 Betongrör

Enligt AMA 98 bör fogning av betongrör utföras med gummiring som är godkänd av tillverkaren samt utföras enligt tillverkarens anvisningar. Gummiringens egenskaper vid fogning är hårdhet, åldringsbeständighet, draghållfasthet, beständighet mot kemikalier, sättning och måttnoggrannhet. Betongrör ska även uppfylla kraven enligt SS-EN 1916 som är en försäkring på att rören uppfyller Svensk Vattens rekommendation. (AMA 98)

1.4.2.2 Plaströr

Alla rör och rördelar ska vara verifierade upp till nivå 1, det betyder att produkten uppfyller alla ställda krav för att säkerställa önskad kvalitet. Verifiering av en produkt kan indelas i fyra kontrollnivåer beroende på kraven som ställs på produkten. Nivå 1 är den högsta kontrollen för certifierade produkter som uppfyller kraven enligt SS-EN ISO/IEC 17011. Certifieringen är utförd av organ som ackrediterats av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll, SWEDAC. Rören läggs ner med hjälp av godkända lyfthjälpmiddel för att sedan kunna sammanfogas med hjälp av ett hopdragningsverktyg som drar ihop rören. avslutningsvis svetsas eller värms rören samman. (AMA 98)

1.4.2.3 Brunnar

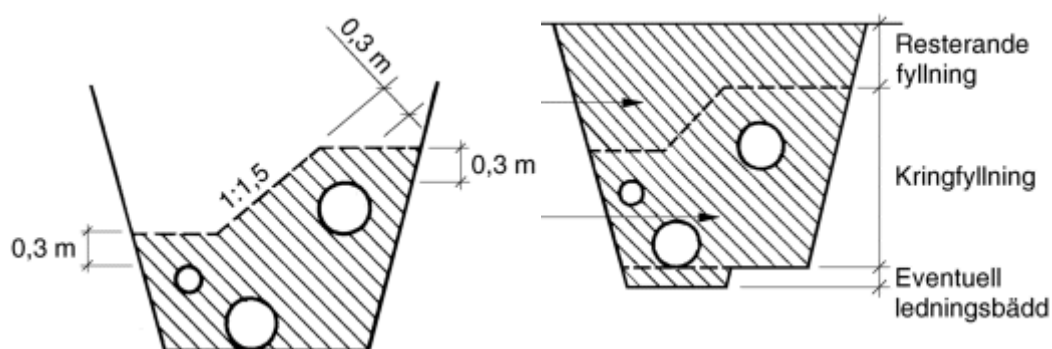
Dagvattenbrunnar ska vara försedda med sandfång. Om utrymmet i brunnen inte tillåter detta bör man anordna en sandfångsbrunn på dagvattenledning nära dagvattenbrunnen. Brunnarna kan vara försedda med vattenlås eller vara utan. Vattenlåsets funktion är att utestänga obehaglig lukt från ledningarna samtidigt som det fungerar som en temperaturspärri och hindrar kyla att tränga in i ledningen. Dagvattenbrunnar ska ha en dimension på minst 400 mm (se figur 6) och inbördes avstånd bör inte överstiga 100 m för ytor som kräver avvattniing. (Nordform, 2008)



Figur 6. Bilden visar en ny dagvattenbrunn som har lagts på Annehemsprojektet, Lund.
Foto: Christian Cruz

1.4.3 Kringfyllning

Material som fylls kring röret kallas kringfyllning. Kringfyllningen ska utföras enligt AMA 98 med material typ 2, 3B eller 4, som är block- och stenjordsarter; blandkorniga jordarter med finjordshalt respektive lera och morän. Lermorän får inte användas enligt Vägverket och Banverket. Detta för att den ofta inte går att packa på grund av olämplig vattenhalt. Man bör också vara uppmärksam på att snö, is och tjälklumpar ska avlägsnas innan man börjar med kringfyllningen. (Nordform, 2007)



Figur 7. Kringfyllning i ledningsgrav med flera ledningar på olika nivå (AMA 98)

Som figur 7 visar utförs kringfyllningen upp till 0,3 m över ledningens topp. Packningen bör ske under hårdgjord yta och om det finns flera ledningar bör packningen utföras till det översta rörets underkant. (Nordform, 2007)

1.4.4 Restfyllning

Figur 7 visar att den resterande fyllningen börjar 0,3 m över ledningens topp. Materialet för fyllningen bör bestå av de uppgrävda schaktmassorna. Fyllningen bör ske till överbyggnadens underkant eller till den nivå som angivits. Den största tillåtna kornstorleken av material är $\frac{2}{3}$ av den resterande fyllningens lagertjocklek. Man ska undvika att fylla utrymmet med språngskärv om man ska packa med tunga redskap på grund av risken att stenarna pressas mot ledningen vilket kan medföra skadliga punktlaster. (Nordform, 2007)

2 Den nya byggmetodiken

Enligt en av huvudpersonerna bakom den nya byggmetodiken, Peter Knutsson, entreprenadschef på NCC i Stockholm har metoden tagits fram för att kunna minska antalet arbetsmoment i schaktet (och på så sätt kunna få en mer montageliknande industriell förläggning) jämfört med traditionella metoder som kräver hög yrkeskunskap och många moment. Dessutom läggs stor tillförlitlighet på geoteknikerna gällande det man inte ser under ytan. Även om undersökningar görs med noggranna borrhovningar är osäkerheten i den traditionella metoden stor. Förändringar vid byggprocessen kan ge stora konsekvenser i både tids- och kostnadsmissigt, särskild vid omfattande projekt då en veckas försening kan bli mycket dyrbara. Därför har NCC tagit fram en metod som kan effektivisera arbetet och samtidigt minska kostnaderna. Med hjälp av NCC teknik har man granskat och förändrat för att kunna uppnå dessa idealiska förhållanden. Produktionen i metoden är indelat i två faser. Den första fasen betonar mest effektiviteten och noggrannheten. I den andra fasen är tekniken och resursanvändningen den viktigaste delen för att få ut ett maximalt nytta av metoden. Dessa faser kommer att beskrivas nedan. (Knutsson, 2008)

2.1 Singel Production

Den första fasen är förberedelse för det markarbete som kommer att ske. Här gäller det att noggrant gå igenom föreskrifterna i AMA kod B (koden för förrarbeten inom anläggning) för att kartlägga behovet av flyttning, trädfällning eller röjning. Detta är en del av undersökningen av den framtida arbetsplatsen. Anslutningspunkter för ledningar som vatten, avlopp, el, tele mm. är viktigt att ha en bra kännedom av var de finns, för att på så sätt undvika problem i markarbeten. Därför bör man ha en bra samordning med berörda ledningsägare.

Den här fasen är ett sätt att kunna erhålla en bredare kunskap samt en bättre samordning mellan olika aktörer. Detta för att förhindra att något oväntat dyker upp. Problem med okända ledningar brukar vara vanligt inom bygge. Därför är det viktigt att ta reda på berörda ägare och andra aktörer som har kännedom om ledningar som kan finnas i marken. (Knutsson, 2008)

2.2 Line Production

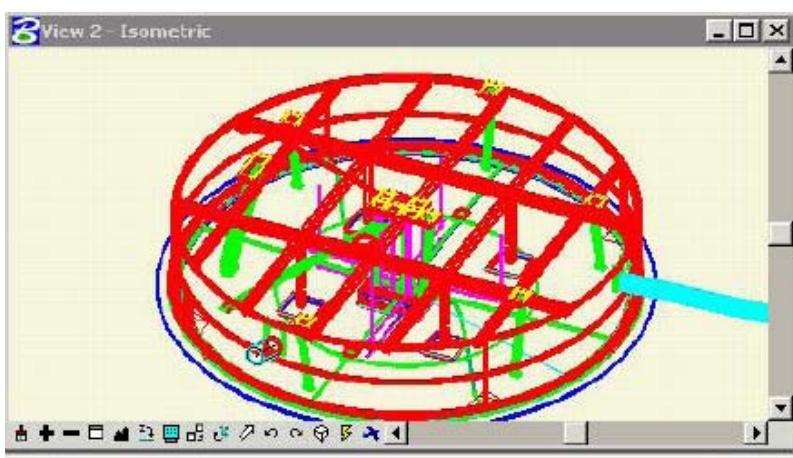
Line production är en idéströmning som härstammar från Japan. Den utvecklades för att effektivisera produktionsprocesser. Under den senaste tiden har idén haft en stor inverkan i byggindustrin, där målet är att kunna skapa ett värde för kunden och att effektivisera byggandet med optimalt resursutnyttjande och högre kvalitet. (Andersson, 2004)

Innan man börjar denna fas är det viktigt att man kontrollerar handlingarna och de förberedelserna som har gjorts under den första fasen. Man ställer stora krav på att inmätningen och projekteringen har gjorts tillräckligt noggrant. Det förutsätts att förarbeten vid framtagning av anslutningspunkter för ledningar, kablar, mm. har gjorts grundligt och att inga överraskningar dyker upp vid arbetsprocessen. Betoningen i den här fasen är att man använder tekniken som har utvecklats de senaste åren och som finns att tillgå samt en effektiv resursanvändning av materialet. Fasen är indelat i tre moment: (Knutsson, 2008)

- **3D- handlingar.** Den första delen i fasen är att konvertera bygghandlingarna till 3D för att kunna ge exakta volymer till maskinerna som ska schakta.
- **GPS-maskinstyrning.** Med hjälp av 3D modellen används GPS styrning till maskinerna för en exaktare och snabbare grävning genom att snabbt få handlingarna i maskinens display.
- **VA-modulen.** En ny metod för rörläggning som har tagits fram av NCC där rören läggs ner i samma höjd i ett cellplastblock som har prefabricerat i en fälthabrik.

2.2.1 3D handlingar

De senaste åren har arbetet med 3D-program för konstruktions- och ritarbete utvecklats snabbt och flera program har kommit ut i marknaden. Inom husprojektering har det blivit mer vanligt att man projekterar i 3D-program (se figur 8), men inom anläggningsprojektering har utvecklingen gått sakta. Fördelarna med 3D är att man i ett tidigt skede kan leverera noggranna beräkningar. Detta medför i sin tur att beställaren, tidigare än vid traditionell byggmetodik, kan göra en säkrare och bättre upphandling med entreprenaden och samtidigt minska sina och entreprenörens kostnader. Med en 3D-modell kan man enkelt ta fram bilder som beskriver konflikter eller kollisioner i ett tidigt skede istället för att upptäcka dem på byggarbetsplatsen. Detta leder till en kostnadsbesparing i slutänden. Kommunikationen mellan samtliga parter förbättras genom den visuella anläggningsmodellen. Detta underlättar avsevärt då språk kan utgöra ett hinder för kommunikation. Använder man utländsk arbetskraft räcker det med att gå igenom den visuella handlingen. Man kan komplettera 3D-ritningar med 2D om det skulle behövas, som text, måttsättning eller andra detaljer. (Carlsson, 2004)



Figur 8. Figuren visar hur en 3D-handling kan se ut vid projektering av ledningar i byggnader (Ramböll, 2008)

Men 3D har även nackdelar som uppkommer vid projektering, exempelvis att olika 3D-program sparar modellerna i olika format. Det betyder att problem kan uppstå när de olika modellerna ska samlas och öppnas i en modell. Därför behövs ett program som kan hantera alla filer som ska flyttas mellan de olika programmen. Under året har det kommit ett program som löser det problemet; IFC (Industry Foundation Classes) ska kunna föra samman alla filer mellan de olika programmen. Även 3D-pdf finns att tillgå för att kunna läsa av resultatet. Nya arbetssätt innebär dock ny inlärningströskel som måste tas i beaktande, detta genom att utbilda personalen. (Carlsson, 2004)

2.2.2 GPS-maskinstyrning

Maskiner kan styras av totalstation eller laser men den senaste instrument är GPS (en förkortning av Global Positioning System) som skickar ut signaler från satelliterna till GPS-mottagaren som finns på displayen i maskinen. Maskinen får instruktioner hur den ligger till i plan och i höjd och styr automatisk. Satellitnavigeringssystemet GPS har utvecklats mycket snabbt de senaste åren. Vägbygget är ett område där GPS intagit en större roll. Maskinsystemet med GPS-styrning (se figur 9) gör att schaktmaskiner och väghyvlar håller sitt blad i rätt höjd i förhållande till referensytan. Detta leder till större noggrannhet och effektivitet i produktionen. (Ahlman, 2000)



Figur 9. Grävmaskin med GPS-styrning (Bild taget vid Skogs Ekebyprojekt NCC, Stockholm). Foto: Christian Cruz

Grafiken i displayen (se figur 10) visar för föraren var maskinen ska befinna sig samt var den ska gräva och vilket djup det ska vara. Behovet att staka ut med käppar och släntskivor minskar. Även behovet av byggritningar minskar då allt finns lagrat i datorn som finns i hytten. Man undviker även att maskinerna står stilla om problem vid schaktningen dyker upp. Föraren har redan bygghandlingen på 3D och kan därmed gå vidare till ett annat punktställe. När det gäller lager vid rörläggning anges bara den tjocklek som önskas och displayen visar för föraren var och till vilken nivå den ska fyllas. (Leica, 2008)

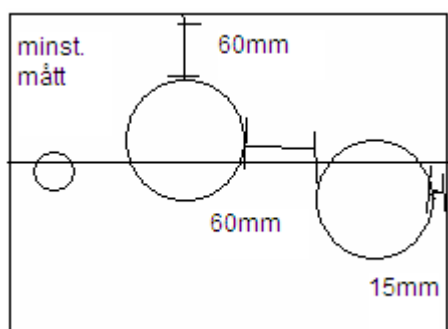


Figur 10. GPS-displayen i grävmaskinen (Bild taget vid Skogs Ekebyprojekt NCC, Stockholm). Foto: Christian Cruz

Studier som gjordes av Fredrik Ahlman på KTH (Ahlman 2000)¹ visar att effektivitet är större vid användning av GPS än med totalstation eller laser. Det är även billigare med GPS-maskiner. Studien visar att man sparar upp till 30 % i kostnader genom att använda GPS som maskinstyrning istället för en totalstation eller en laser. Driftskapaciteten hos GPS-maskinen är betydligt högre och noggrannheten är högre än hos laserstyrda schaktmaskiner. Nackdelen med GPS-styrning är att det är svårt att använda maskinen inom stadsmiljö där stora byggnader kan störa radiokommunikationen mellan maskinen och satelliten vilket kan medföra upprepade avbrott i signalen.

2.2.3 Prefabricering och genomföring

Prefabricering innebär att man fabrikstillverkar moduler i standardblock som är anpassade till ledningsbredden på anläggningen för att snabbt och effektivt kunna lägga blocket i ledningsgraven. Modulerna är 6m långa. De tillverkas i en fältfabrik som antingen finns på arbetsplatsen eller en närliggande arbetsplats. "Just in Time"-produktion används. Det betyder att man effektiviserar materialhanteringen och kan leverera på plats dagen före eller samma dag. Sedan man har lagt cellplastblocket fyller man ledningsgraven med resterande fyllnad enligt AMA 98. Det går även att justera ledningarna i cellplastblock på olika nivåer (se figur 11) för att kunna klara av nivåskillnaderna i korsningspunkterna.



Figur 11. Figuren visar hur det kan se ut vid nivåmodifiering på ledningarna i blocket.

Standardmått för cellplastblocket är: bredd ca 1,20 m och höjd 0,4 m. Måtten kan anpassas efter ledningsbredden i anläggningen. Blocket klarar upp till en 400 mm rör. På cellplastblocket sätts en plastring (se figur 12) varefter brunnen, som har en dimension på 600mm, monteras. På detta sätt erhålls en integrerad brunnslösning, (se figur 12). För att inte problem ska uppkomma med grundvatten bör man fylla med mer material ovanför modulen så man inte får upplyftande krafter. (Knutsson, 2008)



Figur 12. Plastringar på cellplastblocket samt en integrerad brunnslösning för den nya modulen (Det vänstra bilden är från NCCs broschyr om Skogs Ekeby och högra bilden är tagen i Skogs Ekeby projekt). Högra Foto: Christian Cruz

2.2.3.1 VA-modulen

Det sista momentet i denna fas är det nya sättet att lägga VA-rören i anläggningen. Momentet går ut på att man lägger alla rören i ett block, som är gjort av cellplast. Figur 13 visar hur både vattenledning (stamledning), spillvattenledning och dagvattenledning läggs i samma höjd i ett block som har en standardlängden 6m. Modulen tillverkas av en särskild grupp med erfarenhet inomläggning av rör i cellplastblock. Modulen monteras och prefabriceras i fältfabriken, som ska befinna sig inom samma arbetsområde eller i närliggande arbetsplats, så att transporten av blockarna ska kunna ske snabbt och flexibel. Kapningarna och tillpassningarna av cellplastblocket sker under tak med bättre verktyg som medför högre kvalitet. Anslutningarna av serviser projekteras redan i 3D-programmet, eftersom varje servis behöver sin egen form på cellplastblocket med mått och anpassning av rören. Service, för att på så sätt kunna montera varje servisblock enskilt enligt projekteringen. (Knutsson, 2008)



Figur 13. Figuren visar hur rören läggs ner i cellplastblocket i samma höjd, för att sedan transporteras till anläggningen. Allt detta görs på fältfabrik. (Fotot hämtat från NCCs broschyr om Skogs Ekeby)

2.2.3.2 Cellplast

Cellplast (se figur 14) är material som är mycket okänsligt för fuktpåverkan, ger en effektiv tjälisolering och ett enklare arbete för tillpassning av materialet. Cellplast ger en miljövinst genom att det inte innehåller ämnen som kan ge ökning av bakterier eller mikroorganismer, då det inte påverkas av de syror och svampar som kan finnas i marken. Den är åldersbeständig vilket ger en lång livslängd. (ThermiSol AB, 2008)



Figur 14. Figurerna visar hur rören ser ut i cellplastblocket och hur öppningen görs för rören. (Fotot hämtat från NCCs broschyr om Skogs Ekeby och ThermiSol broschyr)

Enligt ansvarige Magnus Wallin, från ThermiSol AB ska cellplastblocken kunna klara av lasten från jorden. Genom att lägga dem försiktigt undviker man deformation. Eftersom lasten som läggs på cellplastblocken är utbredd, blir riskerna för deformation små. Det är viktigt att man inte har håligheter under cellplastblocken, utan försöker få ett kontinuerligt och plant fyllnadsmaterial. Wallin menar även att olika jordarter har olika isoleringsvärde. Därför kan det bli en viss marginalskillnad i resultatet. I Skåne har man ett varmare klimat vilket innebär att en tunnare isolertjocklek kan användas jämfört med norra Sverige. Wallin påpekar att det viktiga är att marken är väl dränerad. Angående det sparade schaktdjupet (se avsnitt 2.2.3.3) cellplastblocken genererar bör det beräknas från fall till fall, men en tumregel brukar vara att en decimeter per centimeter isolering. När det gäller cellplastblockens livslängd har man mer än 50 års erfarenhet. Någon försämring av någon försämring har inte iakttagits. Cellplastens svagheter är att den försämras av direkt solljus. Även vissa kemikalier som bensin och aceton kan försämra cellplasten. Vatten är däremot inget problem, men cellplasten får inte stå i vatten eftersom isoleringsvärdet försämras. Av den anledningen är det viktigt att man dränerar marken väl för att få önskat resultat. (Wallin, 2008)

2.2.3.3 Fördelen med VA-modulen

Ledningsbredden blir mindre (se figur 15) tack vare de redan prefabricerade cellplastblocken eftersom schaktmaskinen schaktar den bredden som behövs för cellplastblocket och inte det stora utrymmet som krävs med den traditionella metoden. Schaktvolymen minskas alltså betydligt med den nya metoden.



Figur 15. Bilderna visar skillnaderna på utrymmen man behöver för att lägga rörarna (Fotot hämtat från NCCs broschyr)

En av de fördelar modulen medför är att man undviker kringfyllnadsschakten som tillkommer vid traditionell anläggning. Detta gör att VA-kostnaderna minskar tack vare mindre behov att transportera schaktmassor bort från arbetsplatsen till en tippanordning. En av orsakerna till de minskade kostnaderna är att cellplastblocken och plaströren har låg egenvikt. Detta medför att man har mindre behov av ett stort antal anläggningsarbetare för att utföra jobbet, jämfört med om man haft betongrör som VA-rör i anläggningen. Dessutom är det en fördel ur en deformationssynpunkt på plaströret, då den traditionella metoden ofta medför att markbelastningen blir så stor att den deformerar röret. Detta undviker man i den nya metoden genom att använda cellplastblock som är anpassat till rörets styvhet. Modulen har även en fördel gentemot den traditionella metoden om man ska tänka på framtida servisinkopplingar. Med den traditionella metoden måste man gräva upp röret och klippa det för att sedan sammanfoga servisinkopplingen. Med den nya metoden gräver man bara gräva upp till locket på cellplastblocket och klipper sedan biten på röret för att koppla in servisinkopplingen. Slutligen läggs locket på cellplastblocket. Detta arbetssätt är mycket smidigare vilket gör att man sparar mycket tid. (Knutsson, 2008)

3 Undersökning och jämförelse

Undersökningen omfattar en anläggning vardera med respektive arbetsmetodik. Insamlingar av olika parametrar har gjorts för de båda anläggningarna av respektive arbetschefer. Den nya metoden har bedömts. En uppskattning har dessutom gjorts av vilka resultat man hade fått om man hade använt sig av den nya metoden på den anläggning som använder sig av den traditionella arbetsmetodiken. Bedömningen och processen i undersökningen är begränsad till VA- delen. Andra resultat kan komma att nämnas i slutsatsen men dessa har inte undersökts närmare.

3.1 Skogs Ekeby

Skog Ekeby är ett bostadsområde i Tunghälska i södra Stockholm där NCC:s uppgift är att bygga ut VA-ledningar, gator och belysning för ett villaområde. Projektet var från början projekterat för traditionell rörläggning men man ville minska antalet arbetsmoment i schakten och få en mer montageliknande industriell förläggning jämfört med den traditionella metoden som kräver högre yrkeskunskap och många moment. Därför valdes användningen av den nya metoden. Detta visade sig ge ett lyckat resultat där man minskade schaktbredd och den schaktade volymen sammanlagt med ca 40 % tack vare den sparade schaktdjupet (se ovan) med cellplastblocket och kunde även öka läggning av rören från 8 lm/dag som det var projekterat för till 40 lm/dag. Sammantaget minskades kostnaderna för VA- delen med 20 % än de projekterade kostnader som hade gjorts för traditionell rörläggning. (Knutsson, 2008)

- Den huvudsakliga rördiametern som användes vid Skogs Ekeby var dagvatten 200 mm, spillvatten 160 mm och vattenledning (Stamledning) 110 mm.
- Cellplastblocken var i längder om 6 meter för stamledningar och 4-8 meter för servisanslutningar. Totalt ingick 55 serviser.
- Totalt omfattade arbetet 1,7 km rör där 1,4 km var i modul och 0,3 km var av traditionell metod. (Knutsson, 2008)

3.2 Annehem - Lund

Annehem är ett bostadsområde i Lund där NCC har byggt ungefär 450 hus sedan 1996 och som ska växa med ytterligare 67 radhus och villor. Den senaste etappen, som har projektnamnet Pukan 2, är det objekt som undersöks för att beräkna vilka resultat man hade fått om man hade använt samma metod som användes i Skogs Ekeby i Stockholm.

- Anläggningen har gjorts enligt AMA 98 där den huvudsakliga rördiametern är dagvatten 250 (plaströr), spillvatten 200 (plaströr) mm och vattenledning 75 mm.
- Schaktdjupet har börjat på 2 meter och slutat på 3,5 meter. (Svensson, 2008)

3.2.1 Anläggning med traditionell metod

I samråd med platschefen Göran Svensson omfattar jämförelsen endast det som hittills utförts, då hela projektet är alltför omfattande.

I undersökningen ingår:

- Totaltlängd för rör 361m
- Dagvatten 250 mm, Spillvatten 200 mm och Vattenledning 75 mm
- Ett snitt på 3 st. anläggningsarbetare, 2 st. grävmaskiner och en lastare (halva tiden)
- Tidschemat omfattar 22 dagar
- Man får ett snitt på 16, 4 ledningsmeter/dag
- Nedstigningsbrunnar D= 1000 mm 16 st. Rensbrunnar D= 400 mm 9st. Tillsynsbrunnar D= 400 mm. 6 st.
- Serviser 23 st. (Svenson, 2008)

Tabell 1: Mängdförteckning och pris för traditionella metoden

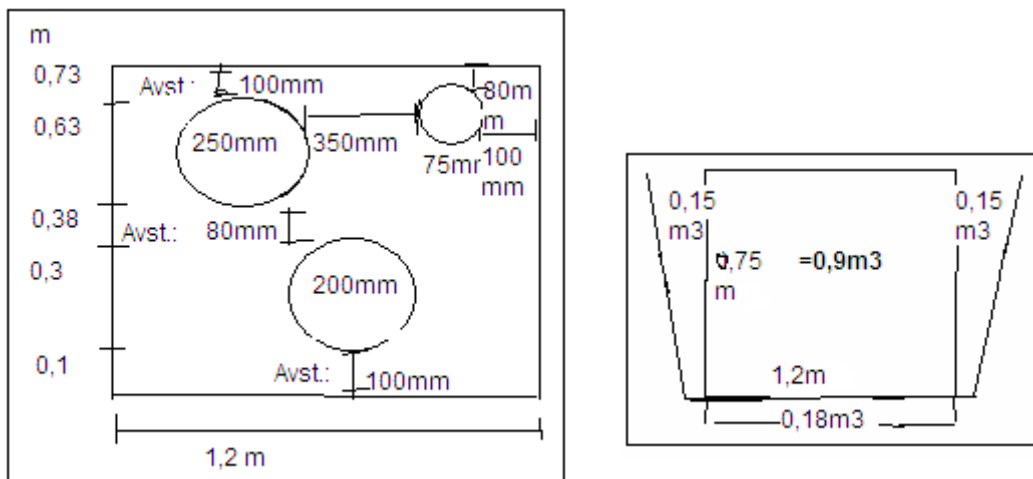
Längd: 361 meter

Schakt & fyllning	Eht/kap.	Åtgång antal	Total Mängd	Pris (kr/enhet)	Total (kr)
Tippavgift	1,6 m ³ /m		577,6	10	5 776
Grävmaskin	2 m/h	2	361	675	243 675
Anläggningsarb.	2 m/h	3	541,5	280	151 620
Tippbil	2 m/h	0,5	90,25	535	48 284
Rörgravsgrus	ton		1126	75	84 473
Traktorgrävare	2 m/h	0,5	90,25	575	51 894
				Total	585 722

(Allt pris är hämtat från mängdförteckningen som gjordes för Annehemsprojektet, priserna kan vara annorlunda i dagsläge) (Olofsson, 2008)

Beräkningarna visar att totalkostnaderna för den 361meter långa anläggning totalt blir på **585 722 kr**. Priset på tippavgiften brukar vanligtvis vara lite högre och ligga på 60 kr/m³, men i detta projekt har man haft fördelen att tippdeponering funnits inom ett nära räckhåll. Plaströrkostnaderna ingår inte i beräkningarna eftersom det blir samma material och kostnad oavsett metod. Inte heller kostnaderna för brunnarna har tagits med i beräkningen då de inte är kända för den nya metoden. Tabell 1 visar att maskinerna och anläggningsarbetarna står för de stora kostnaderna. Den totala tiden för rörläggningen är 180,5 timmar, motsvarande 22 arbetsdagar där maskinerna gräver 2 m/h och tre anläggningsarbetare lägger ner och sammanfogar ledningarna.

3.3 Antagande



Figur 16. Här kan man se hur de nya siffrorna och mängderna har tagits fram.

Den vänstra bilden i figur 16 visar hur siffrorna för den nya metoden beräknats. Syftet har varit att göra en korrekt jämförelse mellan de två metoderna. Eftersom nivån på ledningarna redan var justerad fick man nivåmodifiera för att på så vis kunna få ett självfall av ledningarna. Avståndet mellan botten och toppen på cellplasten och ledningar skulle vara 100 mm och avståndet mellan ledningarna skulle vara 80 mm. Den högra bilden i figur 16 visar hur mycket rörgravsgrus det behövdes med den nya metoden.

3.3.1 Jämförelse

Ansvarige platschef för anläggningen i Annehemsprojektet har tillhandahållit information om antal maskiner, yrkesarbetare, tidschema, mm. Kalkylansvarige för projektet har bidragit med mängdförteckningen. När det gäller Skogs Ekeby projektet har respektive platschef bidragit med information och värden, men som tidigare nämnts, är mängdkostnaderna inte tillgängliga. Därför kan en noggrannare beräkning inte göras, men med de värden som har inkommit från respektive platschef görs en övergripande jämförelse och därefter en bedömning.

3.3.2 Anläggning med den nya modulen

Tabell 2: Annehemsprojektet. Simulering av mängdförtäckning och beräknade kostnader om den nya metoden använts.

Längd: 361 meter

Schakt & fyllning	Eht/kap. (m/h)	Åtgång	Total Mängd	Pris (kr)	Total (kr)
Tippavgift	0,48 m ³ /m		173,28	10 kr/m ³	1 732
Grävmaskin	2,5 m/h	2st.	288,8	675	194 940
Anläggningsarb.	2,5 m/h	2st.	288,8	280	80 864
Tippbil	2,5 m/h	0,5st.	72,2	535	38 627
Rörgravsgrus			267,87	75	20 090
Traktorgrävare	2,5 m/h	0,5st.	72,2	575	41 515
Cellplastblock	m		361	300	108 300
				Total	486 069

(Alla priser är hämtade från mängdförteckningen som gjordes för Annehemsprojektet, priserna kan vara annorlunda i dagsläge)

Tabell 2 visar att man ökar från 2 m/h till 2,5 m/h för grävmaskinerna, dvs. en ökning på 0,5 m/h. Detta beror på att volymen minskar från 1,6 m³ till 1,2 m³, en minskning med 25 %. Man minskar även antal anläggningsarbetare då ledningarna redan ligger i de prefabricerade cellplastblocken. Tiden för rörläggningen är 144,4 h vilket ger 21 ledningsmeter/dag. Totalpriset stannar vid **486 069 kr**.

3.3.3 Resultat

Tabell 3: Jämförelse mellan de olika metoderna i procent

	enhet	Tradit. metod	Nya modulen.	Procentminsk.
Schaktmas. tippanor.	m ³	577,6	173,28	70 %
Grävmas. & Anl.arb.	h	180,5	144,4	20 %
Rörgravsgrus	ton	1126	267,87	76 %
Tippbil	h	90,25	72,2	20 %
Traktorgrävare	h	90,25	72,2	20 %
Cellplastblock	m		361	-100 %
Kostnader	kr	585 721	486 069	17 %

Beräkningen i tabell 3 visar att den nya modulen gör att kostnaderna minskar med ca 17 %. En av faktorerna bakom den stora minskningen är att behovet att schakta blir mindre, volymen minskar på grund av det. Detta kan man observera i figur 17. Genom att ha en standard på cellplastblocken som var på 1,2 m i bredd och en höjd på 0,6 meter fick man en minskning med 0,38 m³ per meter jämfört med den traditionella metoden. En av anledningarna till att man använde höjden 0,6 meter på kassetten är att man var tvungen att nivåmodifiera den för att ledningarna skulle ge ett självfall och på sått kunna klara av stamledningskorsningarna. Man sparade även 1,12 m³ i borttransport av schaktmassor, men eftersom avgiften var 10 kr/m³ mot mer normala 60 kr/m³ blev skillnaden i kostnader förhållandevis blygsam. Fyllnaden av schaktgraven med traditionell metod krävde en mängd på 1 126 ton men med den nya modulen hade man bara behov fylla med 268 ton. Orsaken är att med cellplastkassetten undviker man kringfyllnad och behöver bara fylla på längs kanterna för att stabilisera kassetten och undvika deformation. Detta leder till att man sparar ca 1 m³ per meter.



Figur 17. Här ser man skillnaderna på utseende av ledningsbredd för respektive metod. Vänstra bilden är tagen i Annehems projekt och högra bilden är tagen i Skogs Ekeby projekt. Foto: Christian Cruz

4 Diskussion

Inom anläggningssektorn har man alltid varit konservativ i sin arbetssätt, som gör det svårt för nya metoder att få fäste inom branschen. Utvecklingen av dagens teknik och kunskap gör att byggbranschen måste ta till sig de nya metoder som utvecklas, för att kunna uppnå de förhållande som företaget eftersträvas, dvs. tidsvinster och lägre kostnader. Rapporten visar vilka fördelar respektive nackdelar man får av den nya metoden jämfört med den traditionella. Jämförelsen i rapporten omfattar dock bara VA-fasen i Lean Production. Även om jämförelsen var begränsad kunde man konstatera att en kostnadsminskning skulle ha uppkommit med den nya metoden. Besparingarna hade troligen varit större än 17 % om man hade jämfört hela metoden. Hela metoden bygger på att personalen har en bra kunskap inom byggsektorn och att man använder sig av dagens teknologi. Detta kräver utbildning av personal och eventuellt mer avancerade datorprogram, som i sin tur kan medföra ökade kostnader. Men i längden sparar man in de kostnaderna som man har investerat genom att man arbetar mer effektiv med tidsvinster som följd.

Genom att få tillgång till 3D- handlingar i ett tidigt skede kan man förhindra många konflikter som annars hade uppstått på arbetsplatsen. Detta gör att man redan i denna fas kan spara både tid och kostnader. En viktig faktor är att kommunikationen mellan parterna förbättras genom att alla kan se den visuella handlingen. Detta är en stor fördel för branschen då antalet utländska företag har ökat de senaste åren.

Undersökningen visar att en av fördelarna med GPS-styrning är att man undviker att maskinen står stilla om något problem skulle uppstå vid schaktningen. Då föraren redan har tillgång till handlingarna på 3D kan maskinen fortsätta gräva på ett annat ställe inom arbetsområden. Detta är stor fördel då många arbetsplatser drabbas av sådana händelser. GPS-maskiner borde användas på de flesta arbetsplatser i Sverige. Förutom att GPS-styrning ger en bättre noggrannhet och effektivitet är det även mycket billigare än totalstation och laser.

Undersökningen visar att den tredje delen i systemet, VA-modulen, sparar både pengar och tid. En stor del kostnadsbesparingen består i att man undviker kringfyllnadsschakten som tillkommer vid traditionell anläggning. Detta medför minskad omfattning av schaktmassor, vilka ibland kräver långa transportsträckor och dyra tippanordningar. De massor som schaktas med den nya modulen kan återanvändas inom samma område, t.ex. som bullerskydd om det skulle behövas. Minskade transporten är även bra ur en miljösynpunkt då färre lastbilar på vägarna ger mindre utsläpp. Arbetsbelastning för de anläggningsarbetarna som utför rörläggning blir mindre, då cellplasten har en låg egenvikt vilken även medför att behovet antalet arbetare minskar. Samtidigt blir det mer arbete för den prefabricering som görs av cellplastblocken i fältfabriken.

VA-modulen är mer lämpad för nyprojektering där man redan i projekteringsfasen dimensionerar för användningen av modulen. Man kan då vinna i både läggning av rör och utrymme och därmed få ut en maximal effekt av den nya modulen. Men även i tätorter där det finns begränsat med utrymme kan modulen vara lämplig då den kräver ca 1, 2 m i bredd jämfört med minst 1,6 m som vanligt traditionell metod kräver enligt AMA 98. Det går att nivåmodifiera ledningarna inom cellplastblocket för att anpassa sig för befintliga anslutningar. Ett exempel på detta är Annehemsprojektet där ledningarna fick nivåmodifieras för att kunna klara av de stora nivåskillnaderna på grund av antalet korsningar. Besparingen i resultatet på Annehemsprojektet hade blivit större om man hade redan från början projekterat för användningen av modulen, eftersom nivåmodifiering av rören i cellplastblocket gör att varje block måste anpassas för det aktuella området (som tidigare nämndes i rapporten) i stället för att göra alla block enligt en standard där alla rör ligger i samma höjd. Detta kräver extra arbete och noggrannhet vilken leder till funderingar om metoden verkligen medför besparingar. Minskade kostnader för schaktmassorna på kringfyllnaden är dock alltid en fördel. Då massorna måste vara godkända enligt AMA 98 måste de köpas (beror även på massorna på arbetsområdet, då massorna som har schaktats kan vara av materialet som AMA 98 kräver) och transporteras till arbetsområdet. Detta medför att kostnaderna för massorna blir större än a personalens ökade arbetstid. En annan fördel med modulen är den kan kombineras med vanligt traditionell metod. Detta gör att metoderna kompletterar varandra vid svåra situationer.

Nackdelen med metoden är att det är svårt att få ett 3D-tänkande hos all personal inom byggbranschen, där majoriteten av personalen inte har den kunskap som kan medföra med nya datorprogram och ny teknik. Detta kan orsaka att övergången till 3D kan ta tid. För GPS-styrning är det liknande svårighet som med 3D-tänkande. Många arbetsplatser använder fortfarande totalstationer och laser på grund av sin goda erfarenhet av resultat med dessa. Övergången till GPS blir därför långsam. En ny metod kräver dessutom utbildning av föraren.

En nackdel med modulsystemet som har uppmärksammats är att man förlorar höjd på ledningarna i cellplastblocket vid korsningar gentemot standardmodulen, då rören skulle vara i samma höjd. Genom att man har en befintlig nivåanslutning för ledningarna och vill få självfall tappar man höjd med ledningar i cellplastkassetten eftersom det kommer att dyka upp större nivåskillnader ju fler korsningar det finns, särskilt om projektet innehåller flera korsande stamledningar. Då är lösningen med ledningarna i ett cellplastblock inte en fördel, på grund av kostnader för tillverkning av varje block som måste vara nivåmodifierad. Detta tar mer tid än vanlig traditionell metod vilket är en nackdel då en förutbestämd tidplan måste hållas. Samtidigt ökar kostnaderna på grund av behovet av större cellplast, då man måste ha ett större block än standardblocket som har en höjd på 0,4 m. Då är det mycket enklare att utföra korsningar med traditionell metod tills man hittar en lösning för den nya modulen. Detta problem uppkom vid undersökning av Annehemsprojektet i Lund, där det fanns flera korsningar med stora nivåskillnader. Lösningen för korsningarna vid Annehemsprojektet var att använda sig av traditionell metod då man inte kunde finna någon annan lösning som inte påverkade hela VA-systemet.

5 Slutsats

Metoden visar att den kan ge stora fördelar i förhållande till traditionell metod samt det är ett arbetssätt för att effektivisera anläggningsprocessen. De största fördelarna med metoden är att både beställare och entreprenör sparar tid samtidigt som det kan ge en bättre kommunikation för att minska risken för missförstånd mellan parterna. Metoden är mer lämplig för nyprojektering där man redan i projekteringsfasen kan dimensionera VA-anläggning för användning av nya modulen. Beställare och entreprenör måste ha en viss kunskap i projektering av 3D och tillgång till den utrustning och utbildade personal som krävs för att utföra metoden. Även i stora projekt kan metoden vara lämpligare då kostnadsbesparingarna kan bli märkbara i totalsumman för projektet.

De stora besparingarna i metoden jämför med traditionell ligger främst i fas 2, den s. k. Line Production, där utrustning och utbildning är oerhört betydelsefullt för att ge maximal vinst av metoden. Även i fas 1, Singel Production, är effektivitet och kunskap hos personalen betydelsefull, då planering av arbetsområdet och ledningsframtagande måste ske i en felfri arbetsprocess för att undvika framtida anläggningsproblem i fas 2. Då kopplingen mellan Singel Production och Line Production är starkt beroende av varandra, bör arbetet i de olika faserna vara noggrant gjort, för att kunna få ut en maximal resursanvändning och effektivitet av den nya metoden.

Även nya metoder har nackdelar, men genom att komplettera med traditionell metod kan man få ett lyckat resultat. Kompletteringen med traditionell metod kan även ge en trygghet för byggbranschen, då man i svåra situationer som kan dyka upp med nya metoder kan lösa dem med traditionell metod. Då man som entreprenör inte har den kunskap och erfarenhet som krävs för att lösa problemet kan vanlig traditionell metod (med AMA 98 som dokumentbeskrivning) kännas säker, mycket på grund av omfattande erfarenheter hos arbetare och från referensprojekt. En av svårigheterna med metoden är att det svårt att få fotfäste inom branschen. Med mer tid och lyckade referenser kan metoden utvecklas ytterligare och därigenom minska arbetsmomenten i anläggningen samt minska kravet på ny yrkeskunskap hos anläggningsarbetare och tjänstemän. Eftersom metoden är nydanande finns begränsad information, litteratur eller erfarenheter från liknande projekt. Det mest lämpliga är att lämna metoden öppen för vidare undersökning. Metoden har stora fördelar. Detta arbete pekar på en möjlig positiv utveckling av metoden för framtida anläggningsprojekt såväl i Skåne som övriga Sverige.

Referenser

Litteraturkällor:

AMA 98:

Allmänna material- och arbetsbeskrivning, Svenska Byggtjänst, 1999

Ahlman, Fredrik. (2000). *Automatisk styrning av vägmaskiner med GPS, laser och totalstation*. Examensarbete i geodesi, Kungliga Tekniska Högskola Institution för geodesi och fotogrammetri. Stockholm 2000, ISSN 1400-3155

Andersson, I. (2004) *Lean Construction- ett smartare sätt att bygga?*, Planera bygga bo.

Carlsson, J. (2004). *Utveckling och förbättring av 3D-projektering*. Stålbyggnadsinstitutet, Stockholm 2004, ISSN 1404-9414

Jongeling, Rogier. (2008). *BIM istället för 2D-CAD i byggprojekt-En jämförelse mellan dagens byggprocesser baserade på 2D-CAD och tillämpningar av BIM*, Forskningsrapport, Luleå tekniska universitet Institutionen för samhällsbyggnad. Avdelningen för Byggproduktion, 2008:04, ISSN: 1402-1528

Elektroniska källor:

Leica Geosystems

Leica DigSmart 3D. *3D GPS-vägledning för grävmaskin*

http://www.leica-geosystems.com/corporate/en/ndef/lgs_63799.htm

Hämtat 2008/04/15

Nordform:

Lägningsanvisningar 2007, Nordform mark- och VA-system

http://www.nordform.se/filer/pdf/va-produkter/VA_Arb_beskr_ror.pdf

Hämtat 2008/03/27

Dag- & dränvattenbrunnar 2008:

http://www.nordform.se/yrkeskund/va-produkter/dag_dranvattenbrunnar/

Hämtat 2008/04/17

Ramböll AB:

3D Projektering av anläggningskonstruktioner 2008:

http://www.bentleyuser.dk/Documents/Foreningen/Gl.%20arrangementer/Aar smode2005/C8_3d-anl%C3%A6gskon.pdf

Hämtat 2008/08/10

Svensk Byggtjänst
<http://ama.byggtjanst.se/>
Hämtat 2008/10/15

ThermiSol AB
www.thermisol.se
Hämtat 2008/04/25

Vägverket 2008:
http://www.vv.se/templates/page3_3848.aspx
Hämtat 2008/04/03

Intervjupersoner:

Knutsson, Peter. Entreprenadschef för NCC i Stockholm. Möte i Stockholm 2008/02/27 samt e-post korrespondens.

Olofsson, Bo. Kalkylansvarige för Annehemsprojektet, NCC. Intervjuer 2008/03/18 och 2008/05/16

Svensson, Göran. Platschef för Annehemsprojektet, NCC. Intervjuer 2008/03/11 och 2008/05/09

Wallin, Magnus. ThermiSol AB. E-post korrespondens 2008/05/20

Bilaga 1

Från: Peter Knutsson, NCC

Skickat: den 9 maj 2008 07:51

Till: Christian Cruz Torres

– Gör det någon skillnad på vilken sorts jord man har i projektet för att använda den här metoden? Får man samma lyckade resultat?

Jordarten spelar ingen roll. Eventuellt kan man få bättre resultat i mark med dålig bärighet då modulen till viss del är tryckavlastande.

- Vad är grunden till att man har ökat från 8 lm/dag till 40 lm/dag?

Hur mycket mängder schakt hade man projekterat för?

Orsaken till produktionsökningen är 1. mindre schaktbredd, 2. färre moment i schakt, 3. maskinstyrning.

- Jag hade i mina anteckningar från möten i Stockholm att det var 1,7 km rör och 75 serviser i projekten Skogs Ekeby. Stämmer det?

1,7 km rör (1,4 km i modul + 0,3 km traditionellt), 55 serviser

- Har ni någon mängdförteckning som jag hade kunna få för Skogs Ekeby projektet?

Maila jenny.a.gustafsson@ncc.se och fråga efter mängdförteckning. Det finns en mängdredovisning som redovisar utfall med modul vs traditionell rörläggning.

-Enligt mina synpunkter ser metoden lyckat vid större utrymme i utkanterna av tätorter eller i landet än om man hade haft metoden inom tätorter. Hu ser du på det?

Kan det bli samma lyckade resultat?

Vår bedömning är att metoden är mest lämpad för exploateringsprojekt och det är där man vinner fart. Vid byggnation i tätorter kan metoden vara lämplig när det är dåligt med utrymme då modulen inte är så platskrävande som traditionell läggning.

Bilaga 2

Från: Peter Knutsson, NCC

Skickat: den 27 mars 2008 08:24

Till: Christian Cruz Torres

– Ni sa på möten att det las 40 m/dag rör på projektet i Skog Ekeby. Vilken djup lades de här rören på och vilka diameter hade de?

Den huvudsakliga rördiametern var Dagvatten 200mm, Spillvatten 160mm och Vatten 110mm (Stamledning). Vi skapade moduler i längder om 6 meter för stamledningar och moduler i längder om 4 - 8 meter för servisanslutningar.

- Hur var det med grundvattennivå, fick ni sänka vatten?

Grundvatten nivån är inget problem så länge man fyller med mer material ovanför modulen än vad modulen är hög. D v s man får inga negativa upplyftande krafter

– Hur fick ni idén bakom metoden, det hade varit bra med lite kort info bakom det nya tänkandet?

Det aktuella projektet var projekterat för traditionell rörläggning varför vi lade modulerna på samma djup som normalt. En av orsakerna var naturligtvis att vi inte hade resurser eller ekonomi för omprojektering, en annan orsak är att vi önskade självfall från befintliga och nya fastigheter. Den största fördelen för oss var att schaktbredd reducerades med 40%. Idén bakom är att minska antalet arbetsmoment i schakter och få en mer montage liknande industriell förläggning jämfört med traditionella metoder som kräver hög yrkeskunskap och allt för många moment. Framdriften i projektet ökade från kalkylerat 8 lpm per dag till 40 lpm!

Bilaga 3

Från: Magnus Wallin, ThermiSol AB

Skickat: den 20 maj 2008 17:27

Till: Christian Cruz Torres

Är det vanligt att cellplastblocken deformeras på grund av trycket uppifrån? Om det händer vad kan man göra för att undvika det?

Nej, cellplasten klarar betydligt större last än några decimeter jord. Lasten blir utbredd och det blir ingen märkbar deformation. Viktigt är dock att man inte har håligheter under cellplastblocken, utan fyllnadsmaterialet under ska vara kontinuerligt och plant. Självklart är det bra om man är rimligt försiktig när man återlägger jordmassorna. Om man släpper stora stenbumlingar ner på cellplasten kommer den att gå sönder.

2. Kan man lägga på vilken jord som helst. Här nere i Skåne har vi en annan typ av jord jämför med norrifrån, men gör det någon skillnad eller får vi samma effektiva resultat?

Olika jordsorter har olika isolervärde, varför det kan bli viss marginell skillnad. Vågar inte säga om skånsk jord är sämre eller bättre än uppsvensk. I Skåne är dock klimatet varmare, varför man klarar sig med tunnare isolertjocklek än i norra Sverige. Viktigast är dock att marken är väl dränerad.

3. Ni i er broschyr från er hemsida säger att man minskar ledningsdjupet, hur mycket kan man minska?

Det bör beräknas från fall till fall, men en tumregel är 1dm per 1 cm isolering. Så har man 10cm isolering kan man minska djupet med 100cm. Den tumregeln kan ni utan tvekan använda i Skåne. Om ni ska köpa stora kvantiteter lönar det sig nog att låta exempelvis WSP göra en specifik dimensionering. Tumregeln gäller för isolering med $\lambda \leq 0,034$.

4. Jag är mest intresserad det om det isolering ni kallar för kulvertlåda, Finns det någon möjlighet att dagvattenledning har någon kontakt med friluft? Om det är så vad är det för konsekvenser det får?

Förstår inte riktigt frågan. Vad är friluft?

För att isolerlådan ska fungera måste den vara heltäckande utmed hela ledningens längd, annars blir den oisolerade delen av ledningen nedkyld. Är det ett tomrum i isolerlådan kommer den nog att kollapsa när man återfyller med jord ovanför. Normalt fyller man kulvertlådan med sand, som ger bra dränering.

5. Vilken livslängd har cellplasten som isolering av VA-ledningar?

Tills nu har man mer än 50-årserfarenhet av cellplast som isolering och ännu har man inte märkt någon försämring av egenskaperna över tiden

Cellplast mår dåligt av direkt solljus och vissa kemikalier som bensin och aceton och skall installeras så att den är skyddad från detta. Vatten är inget problem över tiden, men cellplast som står i vatten (ex.vis dåligt dränerad mark), får sämre isolervärde. När cellplasten blir torr igen får den tillbaka sitt ursprungliga isolervärde.