

# Optimeringar i Civil 3D för planering av vindkraftsområden

Jonatan Wiklund

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

Utbildningen för byggnads- och samhällsteknik

Vasa 2021



## EXAMENSARBETE

Författare: Jonatan Wiklund  
Utbildning och ort: Byggnadsteknik, Vasa  
Inriktningsalternativ/Fördjupning: Konstruktionsteknik  
Handledare: Tom Lipkin

Titel: Optimeringar i Civil 3D för planering av vindkraftsområden

---

Datum 18.3.2021

Sidantal 27

Bilagor 3

---

### Abstrakt

Examensarbetet handlar om vindkraftsområdets mängdberäkning för infrastrukturen och hur det går att förenkla beräkningsgången med hjälp av olika program. Syftet är att skapa automatiseringar och optimeringar som snabbt kan ge en grundplanering med noggranna mängdresultat. Ett annat syfte var också att göra en handbok så att även mindre erfarna användare kan utföra mängdberäkningar enligt de optimeringar som gjorts i detta examensarbete.

Arbetet behandlar först vindkraftsområdets olika strukturdelar och olika optimeringsvalmöjligheter samt deras fördelar och nackdelar. Utifrån det har de bästa valmöjligheterna valts och därefter beskrivs hur optimeringarna har gjorts.

Utgångsmaterialet för examensarbetet var specifikationsdokument från olika tillverkare där det finns beskrivet olika krav på infrastrukturens utformning. Som hjälpmedel för att förstå olika programvarors funktioner har varit respektive programvarors supporttjänst, videor, andra användares problemlösning samt egna test och slutsatser.

Resultatet av examensarbetet är CAD-filer innehållande optimeringar som fungerar som grund i Civil 3D för olika tillverkare och deras krav på infrastrukturen. Med hjälp av handboken att följa kan användningen av filerna och Civil 3D utföras på ett tidseffektivt och korrekt sätt.

Examensarbetet kommer att fungera som grund för vidareutveckling av vindenergiplaneringar inom företaget.

---

Språk: Svenska

Nyckelord: Civil 3D, Vindkraft, Infrastruktur

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: Jonatan Wiklund  
Degree Programme: Construction engineering, Vaasa  
Specialization: Structural engineering  
Supervisor(s): Tom Lipkin

Title:

---

Date 18.3.2021      Number of pages 27      Appendices 3

---

### Abstract

This thesis is about quantity calculation for wind farm infrastructure and how to simplify the calculation with the help of various software. The purpose of this work is to create automations and optimizations which quickly gives a basic planning with accurate quantity calculations. Another purpose was to create a manual how to use the optimizations that were made in this thesis that even users with limited experience can perform quantity calculations.

The thesis first process wind farm areas with their different parts and various alternatives to create optimizations and it is also explained their advantages and disadvantages. After comparing the alternatives with each other the best alternatives have been chosen and thereafter it is described how the optimizations have been done.

Starter material was specification documents from various manufacturers were the design of the infrastructure is explained. Learning the software and their functions I got support by using software support services, videos, other software user problems and their solutions but also own tests and conclusions.

The result of this thesis are CAD-files including optimizations that are used as a base for quantity calculations in Civil 3D for different manufacturers and their requirement for the infrastructure. By following the created manual, the use of the files can be done in a time efficient and correct way.

This thesis will be used as a base for further development for wind farm planning within the company.

---

Language: Swedish      Key words: Civil 3D, Wind power, Infrastructure

---

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Beställare.....	2
1.2	Metodval.....	3
1.3	Målsättning.....	4
1.4	Avgränsning.....	4
2	Planering av vindkraftspark.....	5
2.1	Utgångsmaterial.....	6
3	Utredning av tillvägagångssätt.....	7
3.1	Vägområden.....	7
3.2	Monteringsområden för vindturbin.....	10
3.3	Övriga utredningar.....	11
3.3.1	Väggorsningar.....	11
3.3.2	Svängområden.....	12
3.3.3	Dynamo.....	13
4	Optimeringar och automatiseringar.....	14
4.1	Optimering av vägområden.....	14
4.2	Optimering av monteringsområden för vindturbin.....	18
4.2.1	Beräkning av material i förväg.....	18
4.2.2	Assemblyn och block.....	19
4.3	Övriga optimeringar och automatiseringar.....	20
4.3.1	Väggorsningar.....	20
4.3.2	Svängområden.....	20
4.3.3	Redigering av krosslager.....	21
4.3.4	Automatisk vägdelning.....	21
4.3.5	Tabellbotten.....	22
5	Användarhandbok.....	24
6	Diskussion.....	25
7	Referenser.....	26

## Bilageförteckning

Bilaga 1	Handbok i Civil 3D (sekretessbelagd)
Bilaga 2	Materialberäkning (sekretessbelagd)
Bilaga 3	Resultatredovisning för kurvors bredd (sekretessbelagd)

## Ordförklaringar

<b>Alignment</b>	Namnet för vägens mittlinje i Civil 3D. Utgör en av de delar som behövs för vägars konstruktion.
<b>Assembly</b>	Namnet för en vägskärning i Civil 3D. Utgör en av de delar som behövs för vägars konstruktion.
<b>Block</b>	Sparade objekt som grupperats och kan importeras till olika ritningar. Ej samma som multiview blocks.
<b>Event viewer</b>	Fönster i Civil 3D där man kan avläsa felmeddelanden och varningar.
<b>Feature line</b>	3D linje som lämpar sig för olika ändamål såsom exempelvis brytpunkter i ytor och mittlinje för vägkonstruktioner. Kan användas som target.
<b>Horisontell kurva</b>	Vägen svänger åt höger eller vänster.
<b>Intersection</b>	Funktionen för att skapa vägkorsningar i Civil 3D.
<b>Klotoid</b>	Den sträcka där vägen övergår från raksträcka till kurva.
<b>Offset alignments</b>	En linje på var sida om mittlinjen som representerar vägens kant
<b>Polyline</b>	2D eller 3D linje. Används oftast för att visualisera objekt. Kan användas som target.
<b>Pålnummer</b>	Mittlinjens skärningspunkt längs en väg. Anges i meter.
<b>Targets</b>	Funktion i Civil 3D när man vill använda ett objekt som mål vid exempelvis vägbreddningar.
<b>Vertikal kurva</b>	Uppförsbacke eller nedförsbacke.

## 1 Inledning

Vindkraftsbranschen har under de senaste åren utvecklats med snabb takt i Finland. I ett tidigare examensarbete inom samma område kan man läsa att det 2013 fanns 209 vindturbiner i hela landet (Bjelic, 2014). Detta kan jämföras med att det i slutet av 2019 fanns 754 producerande vindturbiner i Finland. Framdels kommer det att byggas ännu fler vindturbiner i Finland eftersom det för tillfället finns 3475 vindturbin under planering (Suomen Tuulivoimayhdistys, 2021).

Vindkraften anses vara ett av de miljövänligare energialternativen jämfört med andra energikällor. På webbsidan Naturskyddsföreningen (2021) kan man läsa att koldioxidutsläppen för vindkraftsenergin är 12 g/kWh vilket omfattar hela livscykeln för vindturbinen. Som jämförelse kan man på samma sida läsa att koldioxid från naturgas är 490 g/kWh och koldioxid från kol är 820 g/kWh. Det finns förstås faktorer som kan påverka mängden koldioxidutsläpp, exempelvis långa transportsträckor för monteringsdelar eller ojämn terräng som kräver mycket schaktning. Värdena ger ändå en relativt bra uppfattning om hur miljövänlig vindenergin är.

Ett av de mest omtalade problemen med vindkraftverken är buller och skuggor som skapas av rotorbladen. Riktvärden för bullernivån utomhus för vindkraftverk i bebyggelse är 45 db dagtid och 40 db nattetid (Statsrådets förordning om riktvärden för utomhusbuller från vindkraftverk 1107/2015). Hur vindkraftverken uppfattas av lokalbefolkningen är därför en viktig faktor som tas i beaktande när vindkraftsparkerna placeras ut i terrängen. Andra nackdelar är bland annat att vindturbinen endast producerar energi när det blåser. Det betyder att man även är i behov av andra energikällor som kompensation när vindturbinen inte producerar energi. Det gäller alltså att hitta en balans i produktion och placering med tanke på omgivningen när vindkraftsområden planeras.

Maakunta	Region	Projects	Projects, %	MW	MW, %	Turbines	Turbines, %
Pohjois-Pohjanmaa	Northern Ostrobothnia	67	32 %	7384	40 %	1302	37 %
Pohjanmaa	Ostrobothnia	34	16 %	2695	15 %	534	15 %
Etelä-Pohjanmaa	Southern Ostrobothnia	25	12 %	1965	11 %	374	11 %
Keski-Suomi	Central Finland	17	8 %	693	4 %	191	5 %
Lappi	Lapland	14	7 %	1224	7 %	224	6 %
Satakunta	Satakunta	10	5 %	880	5 %	149	4 %
Kainuu	Kainuu	5	2 %	976	5 %	130	4 %
Keski-Pohjanmaa	Central Ostrobothnia	7	3 %	1067	6 %	229	7 %
Kymenlaakso	Kymenlaakso	3	1 %	97	1 %	21	1 %
Pohjois-Savo	Northern Savonia	5	2 %	108	1 %	30	1 %
Varsinais-Suomi	Southwest Finland	6	3 %	323	2 %	54	2 %
Pohjois-Karjala	North Karelia	3	1 %	49	0 %	12	0 %
Pirkanmaa	Pirkanmaa	3	1 %	62	0 %	29	1 %
Kanta-Häme	Tavastia Proper	3	1 %	100	1 %	22	1 %
Uusimaa	Uusimaa	3	1 %	555	3 %	76	2 %
Ahvenanmaa	Åland	3	1 %	163	1 %	56	2 %
Etelä-Savo	Southern Savonia	1	0 %	131	1 %	29	1 %
Etelä-Karjala	South Karelia	1	0 %	27	0 %	6	0 %
Päijät-Häme	Päijät-Häme	2	1 %	31	0 %	7	0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>In Total</b>	<b>212</b>	<b>100 %</b>	<b>18530</b>	<b>100 %</b>	<b>3475</b>	<b>100 %</b>

Figur 1 - Information om vindenergiprojekt under planering i Finland. Ungefär hälften planeras att byggas längs västkusten. (Suomen Tuulivoimayhdistys, 2021)

Vartefter vindenergiprojekten blir fler och större ökar även behoven av planeringen för vindkraftsparkernas infrastruktur. För de företag som väljer att göra offertberäkningar ökar också behovet av att kunna göra grundplaneringar för vindenergiprojekt redan i offertskedet för att kunna utföra noggranna mängdberäkningar.

### 1.1 Beställare

Hos Ab Tallqvist Infra Oy har man upptäckt ett behov av att utveckla sin planeringskapacitet för denna typ av offertförfrågningar inom vindenergisektorn. Tallqvist önskar i arbetsbeställningen få en automatisering av planeringsgången så att man med den information som finns tillgänglig och på kort tid som möjligt uppfyller de krav som ställs på vindkraftsparkerna och kan få ut en mängdberäkning på projekten. Beroende på turbintillverkare ser kraven för infrastrukturen olika ut och de kraven bör kartläggas på ett sätt så de är lätta att använda. Beställaren önskar även en handbok i hur de automatiseringar och optimeringar som gjorts fungerar och används för att även mindre erfarna användare ska kunna använda dem.



## 1.2 Metodval

Valet av huvudsaklig programvara för detta arbete är Autodesk Civil 3D. Orsaken till att det programmet valdes är att de flesta nyexaminerade ingenjörer har grundkunskaper i Autodesk AutoCAD vilket inte skiljer sig alltför mycket från Civil 3D. Därmed har de som vill använda sig av examensarbetets automatiseringar och optimeringar bättre möjlighet till det med handboken som hjälpmedel. Hos beställaren fanns även tillgång till programmet redan i inledningsskedet av examensarbetet vilket också var en bidragande faktor till valet av programvara.

I examensarbetet har även andra programvaror varit nödvändiga för att kunna utföra arbetet. De programvaror som har använts vid tillverkningen av automatiseringarna är Subassembly Composer och Dynamo. De två programvarorna fungerar som tilläggsprogramvaror och tillhör samma Autodesk paket som Civil 3D. Ett annat tillägg som hör till samma programvarupaket är Vehicle tracking som användes för att få fram den vägbredd som krävs i kurvor eftersom den informationen saknades för vissa tillverkare.

Microsoft Excel användes för att kalkylera och sammanställa sådana mängdberäkningar som kunde utföras på förhand, med andra ord de mängder som är samma för alla projekt. Orsaken till att Excel valdes att användas som program för beräkningar är för att det fanns tillgång till den hos beställaren och programmet lämpar sig för de beräkningar som gjorts.

Eftersom alla Autodesk's program är på engelska och innehåller engelska ord används de flesta orden i detta examensarbete vid sitt rätta namn eftersom vissa ord saknar direkt översättning till svenska och därmed kan skapa missförstånd. De ord som används vid sitt rätta namn och de svenska ord som kan vara obekanta finns förklarade i början av detta examensarbete.

### **1.3 Målsättning**

Målsättningen med examensarbetet var att göra automatiseringar, optimeringar och förbereda planeringen av vindkraftsområden så att det i offertskedet så snabbt som möjligt ska kunna fås en noggrann mängdkalkyl att basera offerterna på. En materialberäkning utan optimerade program och andra automatiseringar tar 1-2 veckor för en person med begränsad kunskap i Civil 3D beroende på projektets storlek. Målsättningen är att minska den tiden till två dagar med hjälp av optimeringar, automatiseringar och en handbok att följa steg för steg. Det som skapats i detta examensarbete ska stå som grund för vidareutveckling inom vindenergiprojekt för beställaren.

### **1.4 Avgränsning**

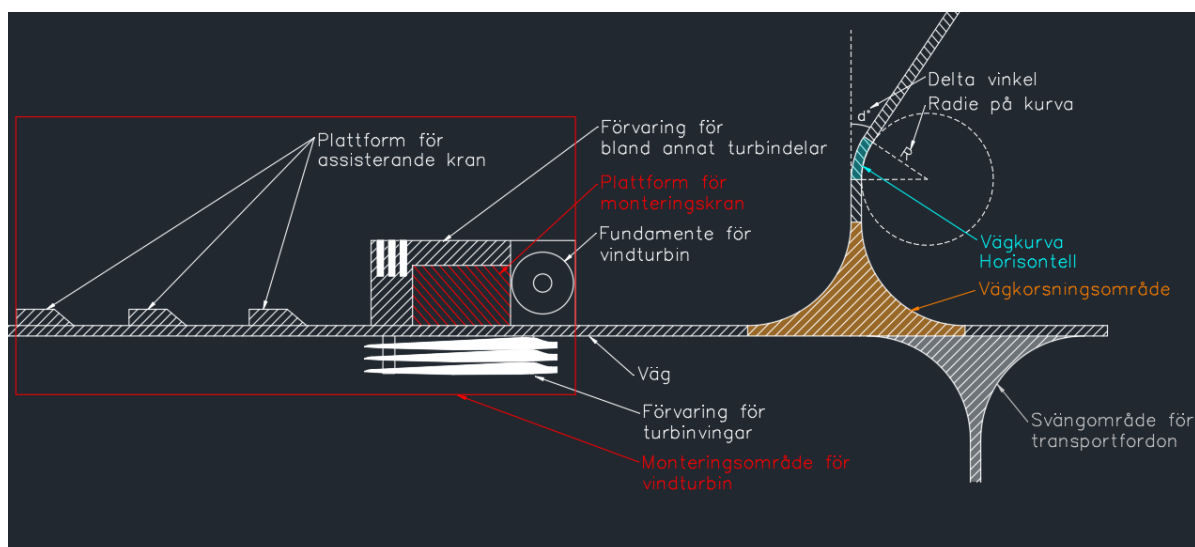
Arbetet har begränsats till att endast innefatta optimeringar och automatiseringar för materialberäkning av schaktmassor, bärande krosslager, kross för vägyta och fiberduk. Beställarens önskemål var att jag skulle kartlägga olika tillverkares krav på infrastrukturen i arbetet. Detta har i praktiken begränsats till ett antal olika tillverkare för att arbetet skall hållas inom ramarna för utsatt tid. Förutom ovanstående begränsningar tas i examensarbetet heller inte i beaktande befintliga vägar och deras optimeringar. Detsamma gäller alla olika specialfall som exempelvis vägars utformning vid broar och hur man tar i beaktande nedgrävda kablar och luftlinjer.

## 2 Planering av vindkraftspark

Den vanligaste entreprenadformen för vindkraftsparker är totalentreprenad. Ifall entreprenaden innehåller planering eller inte beror på beställaren. Entreprenaden kan också vara uppdelat i olika delar såsom infrabyggande av bland annat vägar, markkablage eller byggande av vindkraftsfundament.

Grundprincipen för vindkraftsområden är att det finns flera olika vindturbiner som ska monteras inom samma projektområde. De områden där vindturbinen monteras kallas i det här arbete för monteringsområden och innefattar plattformar för en monteringskran och assisterande kranar, vingförvaringsområde, förvaring för andra turbindelar och själva fundamentet för vindturbinen.

Mellan monteringsområden finns vägar som generellt är planerade för trafik i ena riktningen. Vägar används som förbindelseväg mellan monteringsområden samt för transport av vindturbinsdelar till monteringsområdena. Vägar binds ihop med vägkorsningar som utformas i likhet med vanliga korsningar för allmän trafik. Vägkorsningarna har angivna mått och andra specifikationer från tillverkarna för att transportfordonen för turbindelarna ska kunna färdas genom korsningen på ett tryggt sätt. Ibland krävs det områden där transportfordonen kan svänga antingen med olastad eller lastad transport. Till det behövs svängområden som har angivna mått i specifikationsdokumenten från tillverkarna.



Figur 2 – Skiss över ett vindkraftsparks olika delar

## 2.1 Utgångsmaterial

Utgångsmaterialet vid offertberäkningar för ett vindkraftsområde är vindturbintillverkarnas specifikationer på infrastrukturen för vindkraftsområdets vägar, korsningar, monteringsområden samt svängområden för transportfordonen. De dokumenten fungerar som utgångsmaterial för projekten och gör även det för detta examensarbete. Dokumenten är sekretessbelagda och kan därför inte delas i examensarbetet. Fastän dokumenten är unika för alla tillverkare har de oftast samma grundprinciper för infrastrukturen men använder sig oftast av egna mått i specifikationerna. Därav kan det i examensarbetet presenteras generella utformningar för infrastrukturen och lämna bort de mått som använts vid optimeringarna.

För att veta exakt placering på vindturbinen fås koordinaterna för projekten i höjded och sidled för fundamentens övre kant. Dessutom fås ungefärliga ritningar på vägsträckors placering och utritade monteringsområden med vindturbinernas placeringar. Utgående från materialet som nämnts gäller det att göra en materialberäkning för att kunna ge en så noggrann offert som möjligt på projekten.

Mängdberäkningar utförs genom att använda sig av två ytor som man jämför mot varandra och på det sättet får en volym. För att kunna utföra mängdberäkningar behövs därför en referensyta som föreställer ursprungliga markytan. Den material fås ej för projekten utan måste skaffas fram för varje projekt för det område som planeringen ska göras för. Hur materialet för den ursprungliga markytan tas fram kan vara olika för varje projekt och tas inte upp i detta examensarbete.

### 3 Utredning av tillvägagångssätt

I detta kapitel beskrivs de olika valmöjligheter som har funnits för att optimera och automatisera materialberäkningarna i Civil 3D. Olika fördelar och nackdelar tas upp för de olika alternativen och det förklaras vilka alternativ som varit bäst att gå vidare med för att göra optimeringar.

#### 3.1 Vägområden

De vägar som planeras för vindkraftsområden har för alla tillverkare gemensamt att ha breddningar i horisontella kurvor så att transportfordonen som transporterar turbindelar på ett säkert sätt ska kunna röra sig längs vägarna i kurvorna. Dessutom har vissa tillverkare också krav på bredare väg i vertikala kurvor. Hur mycket vägarna ska breddas anges i specifikationsdokumenten från tillverkarna men bredden är oftast direkt beroende på kurvornas radie och vinkeländring.

När vägar byggs för ett vindkraftsområde börjar man med att avlägsna den matjord som finns vid ytan och som inte går att använda för projektet. För att få ett så jämnt utgångsläge som möjligt schaktar man därefter material tills terrängen har önskad form. Man strävar till att behöva schakta så lite som möjligt eftersom det snabbt ger stora kostnader. Den schaktade ytan ska uppfylla de dimensioneringskrav som ges av tillverkarna gällande lutningar och bredd för infrastrukturen. Därefter sätts en fiberduk ut och på det fylls en bärande krosslager. För att få en jämnare yta används en finare kross på ytan för att man ska kunna köra med alla typ av fordon på vägarna. De nämnda materialen är de mängder man behöver kunna räkna ut för vägar vid ett vindkraftsområde.

De vägar som planeras för allmän trafik i Civil 3D har olika dimensioneringskrav beroende på hastighet, fordonstyp och vägens utformning. Dimensioneringskraven finns listade i olika textfiler i Civil 3D redan när programmet installerats. När vägar skapas i Civil 3D kan man med hjälp av filerna välja att vägarna ska utforma sig enligt dimensioneringsvillkoren som finns listade i filerna. Genom att gå in i textfilen och redigera den kan man sätta upp egna krav för de vägar man planerar. Det visade sig ganska snabbt att alternativet inte lämpar sig för planering av vägar i ett vindkraftsområde. Orsaken är att man vid planering av vägar för vindkraftsområden inte använder sig av dimensionering enligt hastigheter på

samma sätt som man gör för allmänna vägar. Det visade sig även att textfilerna inte innehåller någon definition av kurvans delta vinkel, alltså den vinkel som beskriver hur många grader vägen svänger åt något håll. Antagandet stärktes även när det lästes på Autodesk's forum om en användare som haft liknande problem men inte fått något bra svar med lösning (smarkel, 2012). Det undersöktes även ifall det finns möjlighet att lägga till en definition för delta vinkeln men det hittades inget bra resultat.

```

<!-- ===== -->
<!-- Defines widening standards for various conditions -->
<!-- There are two types of widening specification -->
<!-- First using tables and second using equations -->
<!-- Based on the following variables -->
<!-- {n} - number of lanes on the side to widen -->
<!-- {v} - design speed of the road on curve in kmph -->
<!-- {t} - the transition length from the tables -->
<!-- {w} - nominal lane width or normal lane width -->
<!-- edge of traveled way -->
<!-- {tw} - total width of the travel the carriageway -->
<!-- {l} - length of the spiral (found in alignment) -->
<!-- {r} - radius of the curve -->
<!-- {c} - lateral clearance factor (user specified) -->
<!-- {z} - Manoeuvrability factor (user specified) -->
<!-- {wl} - Wheelbase length -->
<!-- {A} - Front overhang of the vehicle -->
<!-- {rF} - rounding factor for width from formula -->
<!-- ===== -->

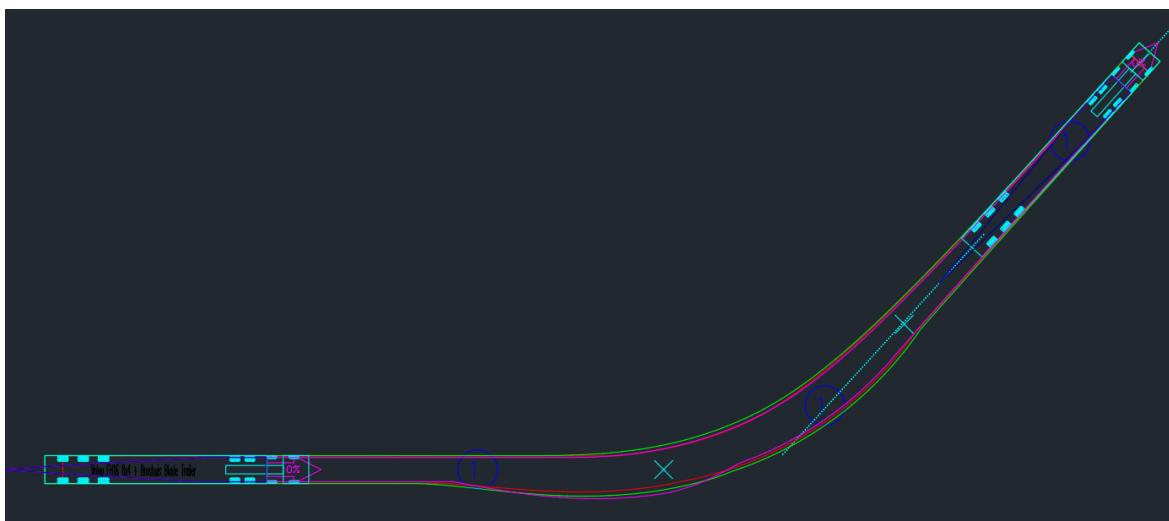
```

Figur 3 - Variabler i textfilerna för vägens utformning som Civil 3D kan avläsa

Ett annat alternativ som utreddes var ifall det geometriskt är möjligt att beräkna delta vinkeln men hjälp av de variabler som finns definierade i textfilerna. De variabler i Figur 3 som var intressanta att undersöka var  $t$ ,  $l$  och  $r$ . Variabeln  $r$  är radien för kurvor vilket skulle utgöra en av de delar som behövs för att kunna beräkna delta vinkeln. Variabeln  $t$  är i detta fall övergångslängden där breddningen börjar till att den har sin fulla bredd. Variabeln lämpar sig därför inte att användas för att beräkna delta vinkeln för kurvor. På Autodesk's webbsida kunde ur en figur avläsas att variabeln  $l$  föreställer det som på vanliga allmänna vägar motsvarar en klotoid (Autodesk, 2014). Variabeln kan därför också uteslutas från att få fram delta vinkeln och därför konstaterades att det genom geometrisk matematik inte är möjligt att bestämma delta vinkel. Därav beslöts att inte använda denna metod.

Nästa alternativ som utreddes var att göra vägbreddningar med ett tillägg i Civil 3D som heter Vehicle Tracking. I Vehicle Tracking kan man använda sig av förtillverkade fordon och deras mått eller tillverka egna fordon och med hjälp av dessa simulera hur ett fordon

rör sig längs en väg. Tanken var att med hjälp av simuleringarna skapa breddningar enligt fordonets rörelse och använda de linjerna som bildas vid en simulation. Det visade sig vara svårt att tillverka ett fordon som uppfyllde alla kraven för tillverkarna. Dessutom skulle det vara svårt att använda systemet som grund när man i framtiden vill förverkliga systemet enligt andra turbintillverkares specifikationer. Däremot behövde Vehicle tracking användas för att få fram eventuella breddningar i kurvor för vissa tillverkare eftersom specifikationerna var bristfälliga. Av de mått som fanns tillgängliga skapades ett fordon för att testa för en mängd olika kurvor. Av resultatet gjordes en tabell i Excel.

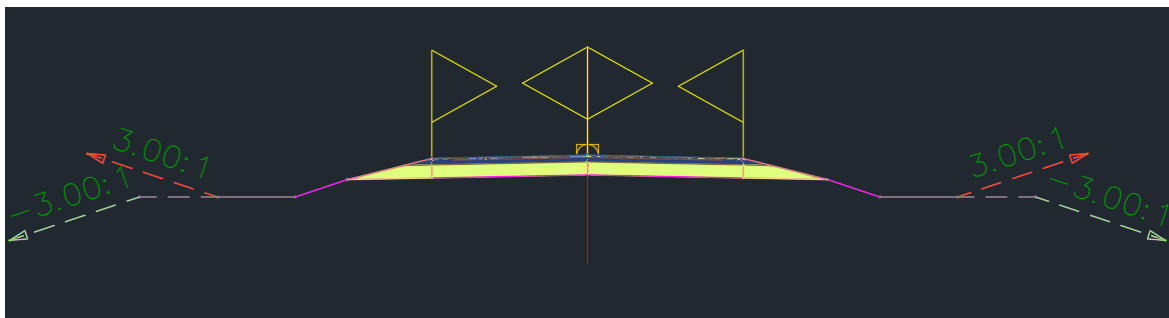


Figur 4 - Exempel på hur Vehicle Tracking fungerar. Tre linjer skapas som representerar karossens, lastens och hjulspårens rörelse.

På Autodesk's forum kan Autodesk produktanvändare ställa frågor eller diskutera gällande eventuella problem som uppstått. Efter att ha läst på forumet om en användare som haft dylika problem med att få automatiska breddningar i vertikala kurvor och fått ett svar hur detta kan lösas i programmet Subassembly Composer valdes här att läsa om hur programmet fungerar (Mercier, 2018). Principen med Subassembly Composer är att man gör olika assemblyn eller subassemblyn, alltså vägsärningars konstruktion. I assemblyn kan man sätta in olika funktioner med hjälp av programmet Subassembly Composer. I det här fallet konstaterades att det kunde gå att förverkliga det som lästes på forumet tidigare för breddningar i vertikala kurvor. En annan fördel är att det i mitt fall går att göra varningsmeddelanden som uppstår ifall vertikala kurvor överskrider eller underskrider en

viss lutning. Nackdelen med Subassembly Composer är att automatiska breddningar inte går att tillämpa på horisontella kurvor enligt hur stor delta vinkel eller radie man har.

Ett sista alternativ som utreddes var att ha en grupp med färdiga assemblyn därifrån man kan välja assembly beroende på vägens utformning. Alternativet valdes att användas samt att kombinera detta med Subassembly Composer genom att sätta in vissa automatiseringar i alla assemblyn.



Figur 5 – Exempel på hur ett assembly kan se ut i Civil 3D.

### 3.2 Monteringsområden för vindturbin

För monteringsområden för vindturbinen utreddes möjligheter till att använda olika feature lines. Linjerna kan användas som ram runt ett område till vilka man sedan kan göra breddningar med hjälp av funktionen targets. Feature lines kan justeras i alla led i alla hörn eller där linjerna bryts. Nackdelen med feature lines är att eftersom de endast fungerar som ram för breddningen är det omöjligt att få variationer i krosslagrets tjocklek för området innanför dessa linjer vilket är ett krav eftersom större bärighet krävs där monteringskranen ska stå.

På grund av att det krävs variationer i krosslagrets tjocklek är det enda alternativ som är lämplig att använda sig av en grupp med olika assemblyn. Denna metod lämpar sig där konstruktionen ser likadan ut på en längre sträcka. Med andra ord är detta inte lämpligt för området vid fundamenten eftersom fundamenten är runda och assemblyn inte funkar med den typen av form. Fundamenten kräver alltså någon typ av speciallösning.

Efter en diskussion med Andreas Högnabba från beställaren (personlig kommunikation 3.2.2021) bestämde vi att det kunde vara ett alternativ att anta ett mått för fundamentet



och krosslagrets tjocklek under fundamentet och använda de måtten för alla tillverkare och på så vis ha beräknade massor i förväg för området kring fundamentet.

Kring fundamentet valdes att beräkna de massor som går på förhand i Excel. De mängder som kan variera mycket mellan projekten valdes däremot att skapas ytor för och på så vis förbereda materialberäkningen i Civil 3D. För de andra delarna av monteringsområdet såsom plattformar för kranar valdes att använda olika assemblyn.

### **3.3 Övriga utredningar**

Förutom vägområden och monteringsområden finns det även andra delar av en vindkraftspark som behöver utredas och tas i beaktande vid en materialberäkning.

#### **3.3.1 Väggkorsningar**

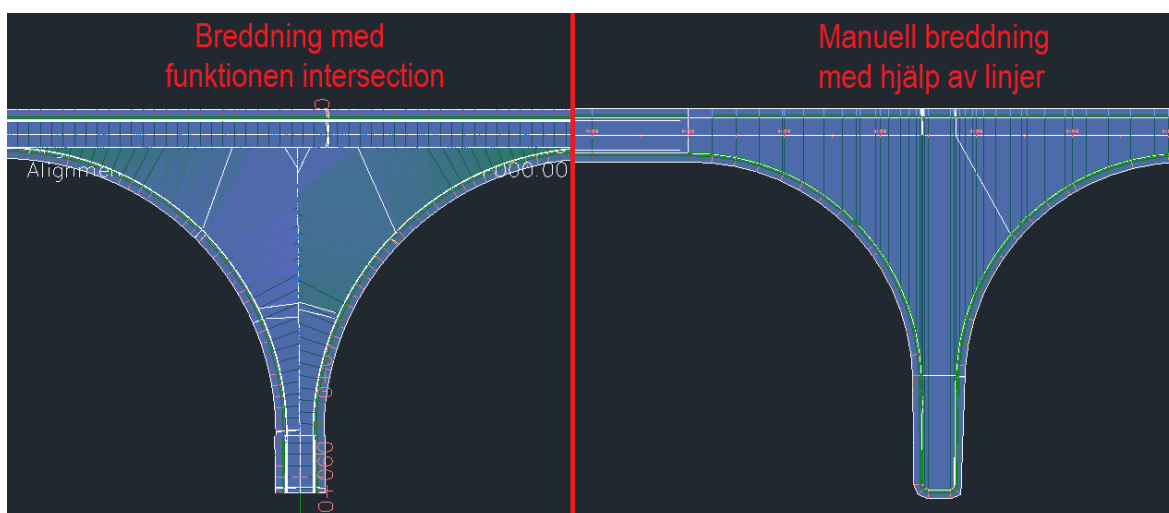
Väggkorsningar kan göras antingen manuellt eller automatiskt med funktionen intersection i Civil 3D (Evans, 2017). Att göra en väggkorsning manuellt görs genom att rita in linjer i ritningen som representerar vägens bredd. Genom att välja linjerna som targets kan man få vägens konstruktion att följa dessa linjer. Efter några test visade det sig att metoden är tidskrävande och svår. För att den manuella metoden ska fungera på rätt sätt krävs också att man använder samma typ av assemblyn som för den automatiska funktionen. Med andra ord finns det inga direkta fördelar med att använda sig av den manuella metoden i den här typen av korsningar.

Att göra väggkorsningar med den automatiska funktionen i Civil 3D görs genom att ha olika assemblyn för olika delar av korsningen enligt ett visst system. Det finns färdiga assemblyn i Civil 3D enligt olika standardform och mått. De kan redigeras på önskat sätt och sparas för att använda redigerade assemblyn igen i samma ritning. Denna metod är relativt tidseffektivt och enkel att använda när grundinställningarna för olika assemblyn är gjorda. Metoden valdes därför att användas för optimeringen av väggkorsningar.

### 3.3.2 Svängområden

Oberoende av tillverkare krävs det svängområden för transportfordonen längs vägarna. Svängområdena kan tillverkas antingen som en kort vägsträcka och en vägkorsning alltså med funktionen intersection eller som breddningar med hjälp av linjen och targets. Nackdelen med den förstnämnda metoden är att den inte är värst tidseffektiv eftersom man blir tvungen att manuellt rita in ett alignment och göra en vägprofil för den. I ändan av svängområdet får man dessutom ett lodrätt abrupt avslut på vägkonstruktionen och som resultat av det fås ingen dikeskonstruktion vilket ger extra arbete att ändra på modellen ifall ett planerat projekt ska förverkligas och datan vill användas till exempelvis 3D maskinstyrning. Fördelen med att använda sig av en vägsträcka och intersection är att man kan justera både vägens längslutning och tvärfall. Det har dock i praktiken ingen större betydelse i mängdberäkningskedet.

Alternativet att använda sig av linjer och targets är mer tidseffektivt. Ett problem med metoden är att dikeskonstruktionen med en normal assembly blir vinkelrätt mot vägkonstruktionens mittlinje vilket betyder att dikeskonstruktionen blir smalare varefter breddningen blir större och till slut försvinner den helt när man breddar vägen 90 grader i jämförelse med mittlinjen. Det finns en lösning på problemet och det beskrivs i kapitel 4.3.2. Därav var denna metod det bästa alternativet för svängområden.



Figur 6 – Skillnaden i hur svängområden kan se ut beroende på vilket alternativ som används

### 3.3.3 Dynamo

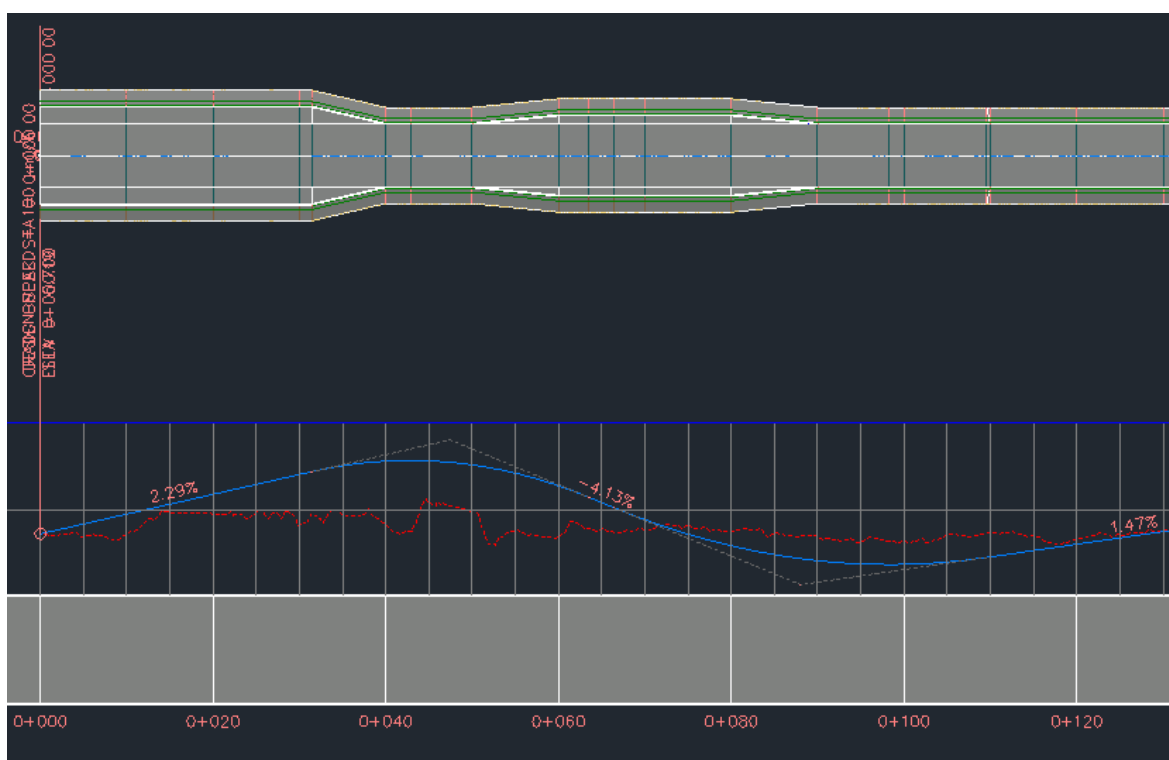
Dynamo är ett tillägg till Civil 3D där man kan tillverka egna funktioner med hjälp av visuell programmering. Vilka möjligheter det finns att göra funktioner i Dynamo som lämpar sig för detta arbete utreddes. Eftersom kunskaperna i programmering är bristfälliga och Dynamo är en nyhet till Civil 3D och endast finns för versioner 2020 och nyare så är informationen om hur man gör funktioner för Civil 3D begränsat (Autodesk, 2020). Därmed valdes det att inte göra de största och mest komplicerade optimeringarna i programmet Dynamo, utan istället fortsätta med de lösningar som tidigare valts.

## 4 Optimeringar och automatiseringar

I detta kapitel beskrivs i stora drag hur optimeringarna och automatiseringar av de alternativ som valts att användas genomförs.

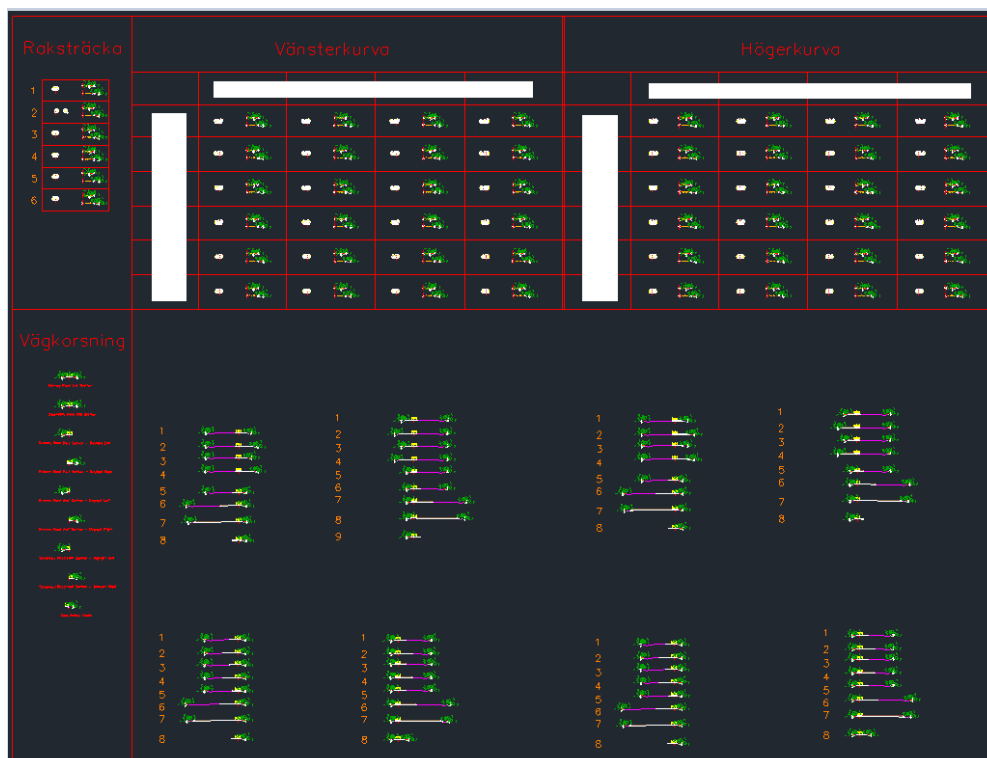
### 4.1 Optimering av vägområden

Genom att se en video på Autodesk Knowledge Network uppstod fler idéer på hur breddningar för vertikala kurvor i Subassembly Composer kunde genomföras (Carlson, 2018). I Subassembly Composer kan man göra funktioner som samverkar med Civil 3D. Med det menas att funktioner i form av automatiseringar som görs i Subassembly Composer kan importeras till Civil 3D och kan användas där. Bland annat kan man välja att funktioner ska avläsa en vägprofil, och utgående från den avläsningen automatiskt välja hur vägens bredd utformar sig enligt vägprofilen. När de funktioner som skapats importeras till Civil 3D så importerar man dem till ett assembly. På det sättet kan man säga att de blir en del av vägens konstruktion. Funktionerna är dynamiska, vilket betyder att de direkt uppdateras ifall man gör ändringar. Exempelvis i detta fall ändras bredden på vägen direkt om man ändrar på vägprofilens kurva.



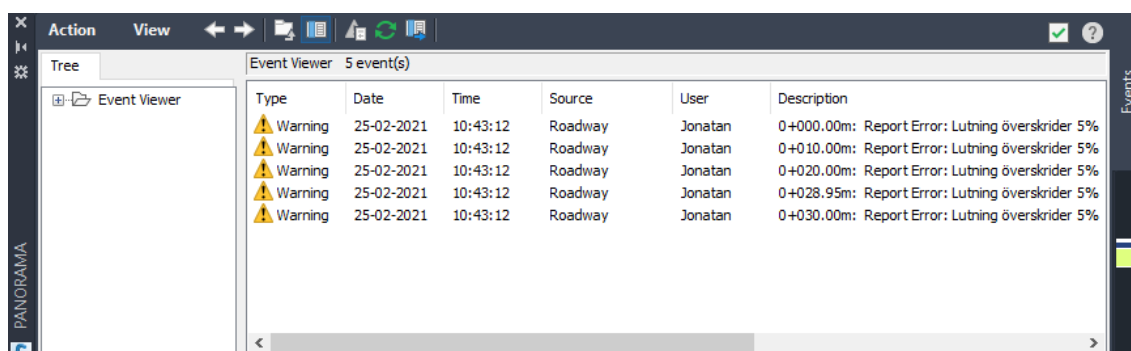
Figur 7 – Exempel på vägbreddningar som skapats då lutningen överstiger 1,5%

På Autodesk's egna webbsidor finns beskrivet hur funktionerna i Subassembly Composer fungerar (Autodesk, 2021). Efter att ha läst om funktionerna visade det sig att automatiska breddningar i horisontella kurvor är omöjliga att tillverka med hjälp av Subassembly Composer. Orsaken är att Subassembly Composer inte samverkar med horisontella kurvors gradtal i Civil 3D. Däremot finns en funktion att använda som vet ifall det finns en vänstersväng eller högersväng. Det enda alternativ som fanns här var att göra en funktion i Subassembly Composer som automatiskt breddar vägen i innerkurvan med ett standardvärde för breddningen. För att få rätt bredd på vägen tillverkades en grupp med assemblyn för kurvor. Dessa assemblyn har olika bredd beroende på kurvans radie och gradtal. Genom att avläsa vägens radie och gradtal kan rätt assembly väljas ur gruppen och på så sätt får man rätt vägbredd. Ett problem som uppstod med denna metod var att olika kurvor längs samma vägsträcka kan ha olika vägbredd. För att kunna välja olika assembly för samma vägsträcka måste vägen delas upp i bitar. Närmare bestämt behöver vägen delas där kurvor börjar och slutar. I Civil 3D finns en funktion där man manuellt kan välja var vägen ska delas upp. Användningen av funktionen kan vara tidskrävande på stora projekt eftersom vägen måste laddas om efter varje klick. Problemet löstes med att göra en funktion i Dynamo. Det beskrivs i kapitel 4.3.4.



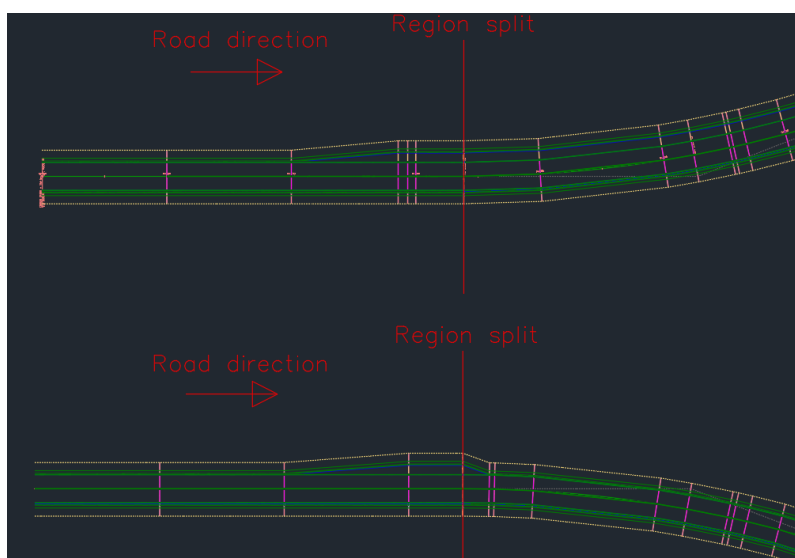
Figur 8 – Exempel på grupp med assemblyn att välja ifrån. Kurvors radie och vinkeländring dolda.

I specifikationerna från tillverkarna finns angivet maximal tillåten lutning på vägar i de vertikala kurvorna. För att de kraven inte ska överskridas så lätt gjordes i Subassembly Composer en funktion som ger ett varningsmeddelande ifall lutningen för vägprofilen överskrids. Varningen fungerar både i uppförsbacke och nedförsbacke och syns i fönstret event viewer som också öppnas av sig själv när det uppstår varningar eller felmeddelanden. Det kan dock vara svårt att upptäcka varningsmeddelandet ifall det under planeringens gång uppkommer många varningar eller felmeddelanden för projektet vilket kan vara vanligt under planeringens gång.



Figur 9 – Exempel på varningsmeddelanden när lutning överskrids

Det som också behövde utredas var hur man kan få breddningar för kurvområdet att börja ett visst antal meter före själva kurvan. Grundtanken var att göra en funktion i Subassembly Composer som lösning. Efter många försök utan framgång valdes att skriva en fråga på Autodesk forum. För att inte avslöja några specifikationer för någon av tillverkarna valdes det att använda slumpmässiga mått för diskussionerna på forumet. Det kom snabbt ett svar att problemet går att lösa i Subassembly Composer samt att svaret innehöll en funktion att testa där (Castellanos, 2021). Förslaget som fåtts fungerade för den problem som hade förklarats på forumet. Men det visade sig finnas ett annat problem med funktionen. Funktionen kräver att man delar upp vägen i den punkt där kurvor börjar och slutar. Det är i sig inget problem eftersom man ändå måste göra det för att välja assembly i kurvområdet såsom det beskrevs tidigare i detta kapitel. Problemet är att breddningsfunktionen före kurvan inte kan avläsa ifall kurvan framför svänger höger eller vänster. Därav kan breddningen före kurvan bli på fel sida om vägen.



Figur 10 – Skiss på hur problemet ser ut

Efter fortsatta diskussioner på forumet konstaterades det att det inte är möjligt att tillämpa en lösning helt och hållet i Subassembly Composer. Däremot fick förslaget att använda funktionen offset alignment. Principen med offset alignment är att man använder sig av linjer och väljer med targets att vägen ska breddas till dessa linjer. Linjerna kan skapas med funktionen offset alignments i Civil 3D och fördelen med funktionen är att man får breddningar automatiskt i kurvområdet. Nackdelen är att det blir samma bredd i alla kurvor vilket gör att man ändå manuellt måste redigera största delen av kurvornas bredd. Ett ännu större problem med offset alignment är att man med denna funktion inte får bredare väg före själva kurvorna som det hela handlade om att försöka lösa.

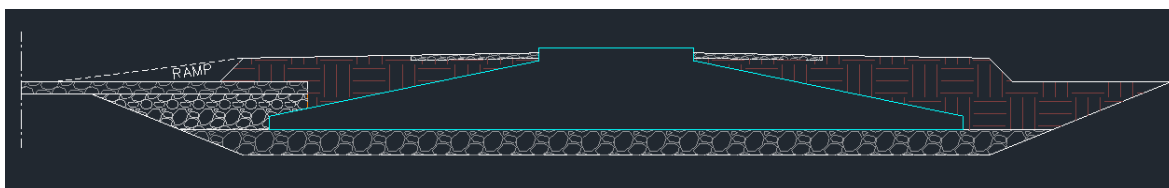
Genom att tillverka en grupp med assemblyn i Civil 3D att sätta in för vägens raka sträckor kan man välja på vilken sida om vägen breddningarna efter och före kurvor ska börja. Exempelvis väljer man mellan två vänsterkurvor en assembly som breddar vägen på vänster sida i början och på vänster sida i slutet av regionen för vägsträckan.

## 4.2 Optimering av monteringsområden för vindturbin

I detta avsnitt går vi först igenom hur de material som varit nödvändiga att beräknas i förväg gjorts. Sedan behandlas det som har varit möjligt att lösa med olika assemblyn.

### 4.2.1 Beräkning av material i förväg

Det material vid området runt fundamentet som beräknats på förhand är krosslagret under fundamentet, fiberduk mellan krosslagret och schaktytan och ytkrosset för att få en jämnare yta att köra på. Det som också beräknats är fundamentets volym för att senare kunna räkna ut hur mycket av schaktmassorna som ska sparas för fyllnadsmaterial runt fundamentet. Genom att göra en skärningsskiss av fundamentet var det lättare att hålla reda på beräkningarna. De mått som valts att användas för beräkningarna valdes tillsammans med beställaren genom att anta medelvärden från olika tillverkare (personlig kommunikation 3.2.2021).



Figur 11 – Skiss av fundamentet. Dolda mått för fundamentet

Förutom materialet runt fundamentet visade det sig att det även för några tillverkare behövde beräknas krossmängd för förvaringsområdet för vindturbinens vingar. Orsaken är att de hade komplicerade former vilket skulle ha krävt många assemblyn. Genom att endast ha en assembly för hela vingförvaringen som representerar schaktytan så kan enkelt den krossmängd som behövs ovanpå schaktytan beräknas i förväg på de platser krosset behövs och de mängderna kan sedan användas för alla projekt för tillverkaren.

För vissa tillverkare behövdes en kort vägsträckas krossmängd också beräknas på förhand. Vägsträckan kan beräknas på förhand eftersom den fungerar som parallellväg till huvudvägen på bestämda platser. Genom att från huvudvägen beräkna schaktmängderna under parallella vägen behöver endast krossmängden beräknas för den parallella vägen. Krosstjockleken på den parallella vägen är dessutom lika för alla projekt.

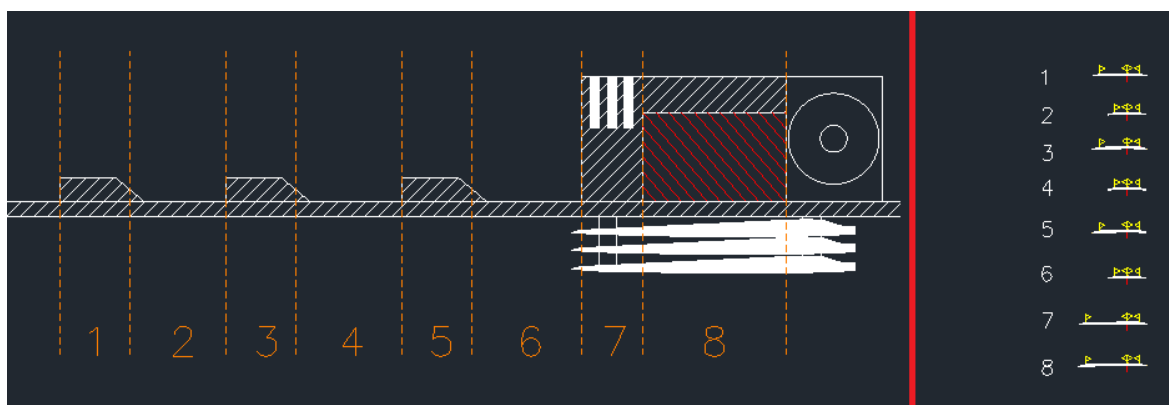


Beräkningarnas resultat presenteras inte i detta examensarbete eftersom de är sekretessbelagda.

#### 4.2.2 Assemblyn och block

Genom att tillverka och använda en grupp med assemblyn får man snabbt byggt upp monteringsområdet med de rätta måtten enligt specifikationerna. På samma sätt som för vägområden och kurvor måste vägen delas upp även här för att ändra assemblyn. För att veta var man ska dela upp vägen och byta assembly tillverkades block som man kan importera till Civil 3D. Dessa block är liknande block som användas i AutoCAD och innehåller monteringsområdets gränser, vägens placering i förhållande till monteringsområde och hjälplinjer som visar var man ska dela upp vägen. Blocken innehåller också numreringar för att man enkelt ska kunna hitta rätt assembly från gruppen med assemblyn. Dessutom finns det även en yta för fundamentets schaktgrop. Med denna yta kan man enkelt beräkna den schaktmängd som uppkommer från fundamentets grop.

Monteringsområdena har flera utformningsalternativ och kan svängas eller speglas på flera olika sätt. För att ta alla möjligheter i beaktande tillverkades block och assemblyn för alla de möjligheter som går att välja mellan för alla tillverkare.



Figur 12 – Till vänster visas principen hur vägen delas upp och till höger finns assemblyn för området

### 4.3 Övriga optimeringar och automatiseringar

I detta kapitel beskrivs valet av att optimera materialberäkningar för vägkorsningar och svängområden för transportfordon. Dessutom tas i detta kapitel upp andra optimeringar som gjorts för att kunna göra materialberäkningar så snabbt som möjligt.

#### 4.3.1 Väggkorsningar

I Civil 3D finns färdiga assemblyn som Civil 3D använder som standard när man använder funktionen intersection. Genom att använda dessa som utgångsmaterial och redigera måtten för dem enligt specifikationerna från tillverkarna kan de användas för väggkorsningar. När man bildar en intersection kan man manuellt välja assemblyn. Man kan också välja att spara de assemblyn som har använts för att senare kunna använda samma assemblyn. Detta funkar endast inom samma ritning. Genom att tillverka och spara assemblyn och utöver det även göra varsitt CAD-fil att starta en planering ifrån för tillverkarna så finns inställningarna samt alla assemblyn sparade för framtida användning.

#### 4.3.2 Svängområden

Genom att tillverka vanliga AutoCAD block och spara dem med olika mått för olika tillverkare kan man enkelt vid materialberäkningar importera dessa och välja att vägen ska breddas enligt dessa.

Som tidigare beskrevs i kapitel 3.3.2 finns det ett problem med att vägens dikeskonstruktion som standard bildas vinkelrätt mot mittlinjen. Däremot kan man göra en mer komplicerad assembly som gör dikeskonstruktionen vinkelrätt mot vägens utformning såsom Gilbert beskriver i videon AutoCAD / Civil 3D Tips and Tricks – Pt. 7 Corridor: "The Disappearing Curb" (Gilbert, 2015). Genom att följa stegen i videon skapades assemblyn som lämpar sig för alla typer av breddningar. För att de linjer och block som importeras ska fungera med denna komplicerade assembly behöver linjerna konverteras till alignment. Det finns färdiga funktioner för att göra det i Civil 3D och är därför inget hinder.

### 4.3.3 Redigering av krosslager

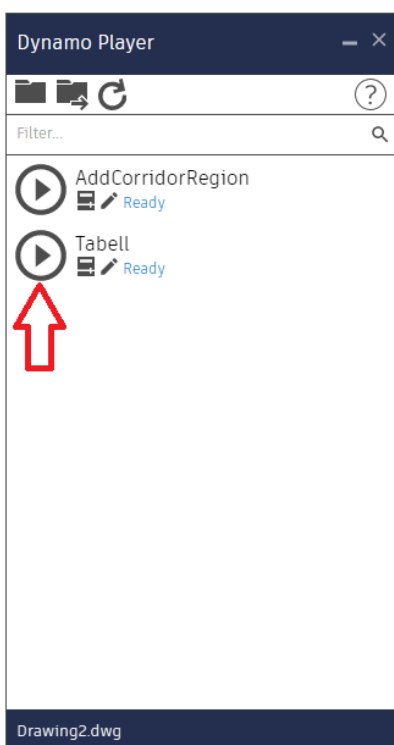
För att man enklare ska kunna redigera krosslagrets tjocklek på vägkonstruktionerna gjordes i Subassembly Composer ett tillägg till assemblyn som gör att man kan välja krosslagrets tjocklek i Civil 3D från en rullgardinsmeny där det finns 11 olika valmöjligheter. Denna funktion har satts in i varje assembly för alla tillverkare. Fördelen med funktionen är att man snabbt kan välja för vänster och höger sida av mittlinjen vilken krosstjocklek man vill använda sig av. Med standardfunktionerna blir man tvungen att gå in i inställningarna för varje del av vägkonstruktionen och manuellt skriva in tjockleken vilket är lite mer tidskrävande och lätt kan bli fel. Hur stor bärighet och krosslager som krävs för ett område är något man måste anta utgående från terrängkartor ifall det inte har gjorts geotekniska undersökningar över området.

### 4.3.4 Automatisk vägdelning

Som beskrevs tidigare så vill man i horisontella kurvor använda sig av olika assemblyn beroende på vägbredd. För att underlätta tillvägagången att dela upp vägar vilket behövs i början och slutet av varje kurva så gjordes med lite utomstående hjälp en funktion i Dynamo som gör detta automatiskt. Eftersom de egna kunskaperna om programmering är bristfälliga valdes att ta hjälp av Robin Wiklund som har hållit på med programmering i en del olika programmeringsspråk. Han hjälpte till att analysera hur de visuella funktionerna fungerar i Dynamo eftersom den visuella programmeringssystematiken i Dynamo är samma som för vanlig programmering i programmeringsspråket Python. Till Dynamo finns också tillägg man kan ladda ner för att få tillgång till fler funktioner. Ett tillägg som heter Civil3DToolkit laddades ned. Tack vare innehållet i detta tillägg och hjälpen som fåtts kunde den önskade funktionen skapas. Denna funktion känner av mittlinjens utformning. Med andra ord vet funktionen om vägen svänger höger, vänster eller går rakt. Från denna information skapar funktionen en lista med pålnummer för kurvors början och slut. Därtill lägger den in pålnummer för kurvors mittpunkt i samma lista. Eftersom man inte vill dela vägen i mittpunkterna raderas de automatiskt bort. Av informationen som är kvar delar funktionen in vägen i olika regioner, skilda för kurvor och raka vägsträckor. Varje region får ett namn som är samma som den pålnummer där regionen slutar.

Funktionen fungerar alltid ifall man manuellt ritar en mittlinje med funktionen alignment. Ifall man bildar alignment av existerande objekt kan det uppstå problem med denna funktion genom att vägen delas på fel ställen eftersom den filtrerar bort fel pånummer ur listan. Funktionen är också begränsad till att endast kunna dela upp en väg i totalt 50 delar. Ifall vägen består av fler än 50 delar så lämnar de sista delarna odelade, alltså som en enda lång region.

Funktionen sparar olika mycket tid beroende på längden på vägen och hur många delar den ska delas upp i. En manuell delning tar i medeltal mellan fyra och 15 minuter och den automatiska funktionen klarar alltid av att dela vägen på ungefär en minut oberoende av vägens utformning.



Figur 13 – Funktioner som skapats i Dynamo aktiveras genom att trycka på play symbolen

#### 4.3.5 Tabellbotten

För att vid materialberäkningen kunna hålla koll på de beräknade massorna tillverkades i Dynamo en tabellbotten. Med hjälp av funktioner i Dynamo avläser funktionen automatiskt hur många vägsträckor det finns i ritningen och memorerar deras namn. Funktionen plockar därefter in namnen i tabellen och på så vis riskerar man inte att glömma bort någon vägsträcka. För vägsträckorna kan man sedan fylla i de

materialberäkningar man gjort. Tabellen sätter också in text såsom datum, ritningens namn, företagets namn och längst ner utrymme för kommentarer.

Tabellen är också tillverkad att göra summeringar av massorna. Tabellen är dock endast text och linjer ännu och för att konvertera den till en AutoCAD tabell som kan göra beräkningar behövs ett tillägg till Civil 3D som kan laddas ner på exempelvis Autodesk forum där en användare delat funktionen (olsonwinston, 2017). Med tillägget installerat kan man markera hela tabellen skriva in kommandot *COT* och välja utseende på tabellen. Då konverteras tabellen och det skapas celler samt materialen summeras ihop. Tabellen går att exportera och öppna i Excel men alla celler i Excel förblir med standardvärden, med andra ord sparas inte storlek på celler eller deras färg.

The figure displays two side-by-side screenshots of a spreadsheet, illustrating the state of a material calculation table before and after conversion. Both screenshots show a table with columns for 'Kod/Nr', 'Objekt', 'Ytjord', 'Schaktning', 'Schakt Net', 'Kross', 'Ytkross', and 'Fiberduk'. The left screenshot shows the table with data for various material types (e.g., 'Sand', 'Grus', 'Kross') and their quantities. The right screenshot shows the table after conversion, with the data organized into a more structured format with multiple columns for different material types and their respective quantities. The right screenshot also shows a summary row at the bottom with values for each column.

Figur 14 – Tabellen före och efter konvertering

## 5 Användarhandbok

För att man med grunderna inom Civil 3D ska kunna använda de optimeringar som gjorts i detta examensarbete skrevs en handbok åt företaget. Handboken omfattar på detaljnivå hur man steg för steg importerar material, bildar vägar och andra objekt, redigerar materialet och utför materialberäkningar. Alla steg innefattar de optimeringar som gjorts för att beräkningarna ska gå så snabbt som möjligt och ge ett pålitligt resultat. Handboken uppgår till 83 sidor och är skrivet på svenska.

Handboken är sekretessbelagd och kan inte delas i detta examensarbete.

## 6 Diskussion

I detta examensarbete har olika möjligheter att optimera materialberäkningen för kommande offertberäkningar för vindparker utretts. Genom att analysera olika metoder har på basis av analyserna valts olika metoder som lämpar sig för optimeringarna. De metoder som valts har optimerats enligt specifikationer från olika vindturbinstillverkare.

Det har inte gjorts helhetsutförande för verkliga projekt med optimeringarna och automatiseringarna eftersom sådana inte har funnits tillgängliga under arbetets gång. Däremot har alla delar av arbetet utförts i etapper. På basis av de testerna kan uppskattningar göras att tidsbesparingsmålet är möjligt att uppnå.

Under arbetets gång upptäcktes nya möjligheter som kunde ha varit alternativa metoder. Exempelvis kunde för monteringsområden ha modellerats ytor som representerar hela monteringsområdet. Arbetet kunde också ha gjorts mer exakt genom att ta i beaktande de delar av ett vindenergiprojekt som nu valts att begränsas bort. En av de större riskerna för att materialberäkningen ska bli felaktig är att den tolkningen som gjorts av tillverkningarnas specifikationer är felaktiga. En annan risk kan vara att de mått som tagits fram med hjälp av Vehicle tracking är felaktiga.

Vid byggande av en vindkraftspark används huvudsakligen maskinstyrning för att få rätt struktur på de olika delarna för ett vindkraftsområde. För att använda det som åstadkommit med detta examensarbete till maskinstyrning skulle det kräva en del redigering för att få optimalt data för maskinstyrningen. Hur dataöverföring till maskinstyrning genomförs och hur mycket redigering som skulle krävas är något som framtiden kunde utredas.

Eftersom denna bransch konstant ändras och utvecklas i Finland kommer denna examensarbete vara grund för fortsatt utveckling inom företaget vartefter det kommer nya specifikationer och krav samt nya vindturbintillverkare att beräkna offerter för.

## 7 Referenser

- Autodesk. (2014). *Alignment Labels and Tables*. Hämtat från Autodesk Help:  
<http://docs.autodesk.com/CIV3D/2014/ENU/index.html?url=filesCUG/GUID-45F7F984-5CD3-4558-A842-55AAF82411A4.htm,topicNumber=CUGd30e191457> den 23 2 2021
- Autodesk. (den 13 11 2020). *About Autodesk Dynamo for Civil 3D*. Hämtat från Autodesk Knowledge Network:  
<https://knowledge.autodesk.com/support/civil-3d/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Civil3D-UserGuide/files/GUID-E2122814-1957-4108-9BBF-0AD6AF1A63CB-htm.html> den 24 2 2021
- Autodesk. (2021). *Baseline Class*. Hämtat från Autodesk Knowledge Network:  
[//help.autodesk.com/view/CIV3D/2021/ENU/?guid=GUID-60D6B047-0DF3-4F82-86F3-7F81D898913E](https://help.autodesk.com/view/CIV3D/2021/ENU/?guid=GUID-60D6B047-0DF3-4F82-86F3-7F81D898913E) den 25 2 2021
- Bjelic, S. (2014). *Principer för planering av vägar för vinkraftsområde*. Vasa: Yrkehögskolan Novia. Hämtat från  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/123957/Bjelic\\_Suad%20pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/123957/Bjelic_Suad%20pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Carlson, M. (den 14 7 2018). *SAC - Baseline.Grade Subassembly - quick example*. Hämtat från Autodesk Knowledge Network:  
<https://knowledge.autodesk.com/support/civil-3d/learn-explore/caas/screencast/Main/Details/31a0449d-8491-4ea5-84eb-866275691ebb.html> den 25 2 2021
- Castellanos, E. C. (den 4 1 2021). *Automatic Widening Before Curve*. Hämtat från Autodesk Knowledge Network: <https://forums.autodesk.com/t5/civil-3d-forum/automatic-widening-before-curve/m-p/9978463#M441352> den 25 2 2021
- Evans, K. (den 20 12 2017). *Corridors & Intersections*. Hämtat från Youtube:  
[https://www.youtube.com/watch?v=shJuFZMTpPs&t=1060s&ab\\_channel=KylieEvans](https://www.youtube.com/watch?v=shJuFZMTpPs&t=1060s&ab_channel=KylieEvans) den 24 2 2021
- Gilbert, A. (den 12 11 2015). *AutoCAD/Civil 3D Tips and Tricks - Pt. 7 Corridor: "The Disappearing Curb"*. Hämtat från Youtube:  
[https://www.youtube.com/watch?v=V3l55BuKP\\_8&feature=emb\\_logo&ab\\_channel=AlanGilbert](https://www.youtube.com/watch?v=V3l55BuKP_8&feature=emb_logo&ab_channel=AlanGilbert) den 25 2 2021
- Mercier, K. (den 16 10 2018). *Can Alignment Gradient Be Used To Determine Subassembly Width?* Hämtat från Autodesk Knowledge Network:  
<https://forums.autodesk.com/t5/civil-3d-forum/can-alignment-gradient-be-used-to-determine-subassembly-width/td-p/8337330> den 23 2 2021
- Naturskyddsföreningen. (2021). *Vanliga frågor om vindkraft*. Hämtat från  
<https://www.naturskyddsforeningen.se/vad-vi-gor/klimat/fragor-om-vindkraft> den 8 3 2021



olsonwinston. (den 5 7 2017). *Make AutoCAD table from lines and text*. Hämtat från Autodesk Knowledge Network: <https://forums.autodesk.com/t5/civil-3d-customization/make-autocad-table-from-lines-and-text/m-p/2895756#M5396> den 25 2 2021

smarkel. (den 22 10 2012). *Autodesk Knowledge Network*. Hämtat från <https://forums.autodesk.com/t5/civil-3d-customization/custom-automatic-curve-widening/td-p/3668972>

*Statsrådets förordning om riktvärden för utomhusbuller från vindkraftverk 1107/2015*. (2015). Hämtat från [www.finlex.fi](http://www.finlex.fi) den 3 8 2021

Suomen Tuulivoimayhdistys. (1 2021). *Suunnittelussa olevat hankkeet*. Hämtat från <https://tuulivoimayhdistys.fi/> den 20 2 2021