Aalborg Universitet

Afgangsprojekt

Veje & Trafik

Cykelsti langs Gjessøvej

01/11/2018 - 18/01/2019

Forfatter
Magnus M. Bendsen

Vejledere
Lene Faber Ussing

AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Syvende Studieår v/ Det Teknisk-Ingeniør- og naturvidenskablige fakultet
Byggeri og Anlæg
Thomas Manns Vej 23
9220 Aalborg
http://www.tnb.aau.dk

Titel:

Cykelsti langs Gjessøvej

Projektperiode:

1 November 2018 - 18 Januar 2019

Forfattere:

Magnus Møller Bendsen

Vejleder:

Lene Faber Ussing

Sidetal: 45 sider
Appendiks: 2 sider
Afsluttet 18-01-2019

Dette projekt omhandler projektering af en cykelsti langs Gjessøvej der er beliggende i Silkeborg Kommune. Der skal etableres cykelsti på cirka 5 kilometer af Gjessøvej, fra Gjessø til Silkeborg. Terrænet mellem Gjessø og Silkeborg er kuperet og omfattet af fredskov og natura 2000 habitatområde. Grundet dette stilles der store krav til en fremtidlig cykelsti.

I projektet er der fokus på at finde den bedste løsning i forhold til om der skal etableres cykelbaner eller en dobbeltrettet cykelsti langs Gjessøvej. Dette betyder at de to typer cykelstier sammenlignes på flere parametre som for eksempel anlægsøkonomi, driftsøkonomi og kvalitet.

Rapportens indhold er frit tilgængeligt, men offentliggørelse (med kildeangivelse) må kun ske efter aftale med forfatterne.

Forord

Dette afgangsprojekt er udarbejdet af Magnus Møller Bendsen, studerende på Byggeri og Anlæg med specialisering i veje og trafik på Aalborg Universitet i forbindelse med 7. semester. Projektet har til formål at undersøge muligheden for etablering af 2 typer cykelstier langs Gjessøvej.

Læsevejledning

Projektet er opdelt i en hovedrapport med tilhørende appendiks. Hovedrapporten består af 4 dele, en indledning, projekteringsdelen, konklusionen og til sidst en perspektivering.

Rapportens kilder er angivet i forhold til Harvard metoden og derfor angives de med forfatterens efternavn og årstal i firkantede parenteser. Litteraturlisten er sorteret i alfabetisk orden efter forfatter.

Magnus M. Bendsen

Indholdsfortegnelse

I Introduktion **1**

Kapitel 1 Indledning **2**
1.1 Foranalyse 4
1.2 Problemformulering 7

Kapitel 2 Metodeafsnit **8**

II Projektering **9**

Kapitel 3 Cykelbaner eller dobbeltrettet cykelsti **10**
3.1 Cykelbaner 10
3.2 Dobbeltrettet cykelsti 11

Kapitel 4 Terrænanalyse **14**
4.1 Cykelbaner 14
4.2 Dobbeltrettet cykelsti 15

Kapitel 5 Løsningsforslag til kritiske skråninger **17**
5.1 Trappeopbygning 17
5.2 Spuns 18

Kapitel 6 Diskussion; Cykelbaner vs dobbelrettede cykelsti **20**
6.1 Anlægsomkostninger 20
6.2 Vedligeholdels-/driftsomkostninger 21
6.3 Kvalitet 22

Kapitel 7 Tidsforbrug **24**
7.1 Praktiske produktionsformel 24
7.2 Tidsplan 27

III Konklusion **30**

Kapitel 8 Konklusion **31**

IV Perspektivering **33**

Kapitel 9 Perspektivering **34**

Litteratur **35**

Appendiks A Sammenhængen mellem cyklisters skadesgrad og bilisters hastighed **36**

Appendiks B Teoretisk ydeevne for hydraulisk gravemaskine **37**

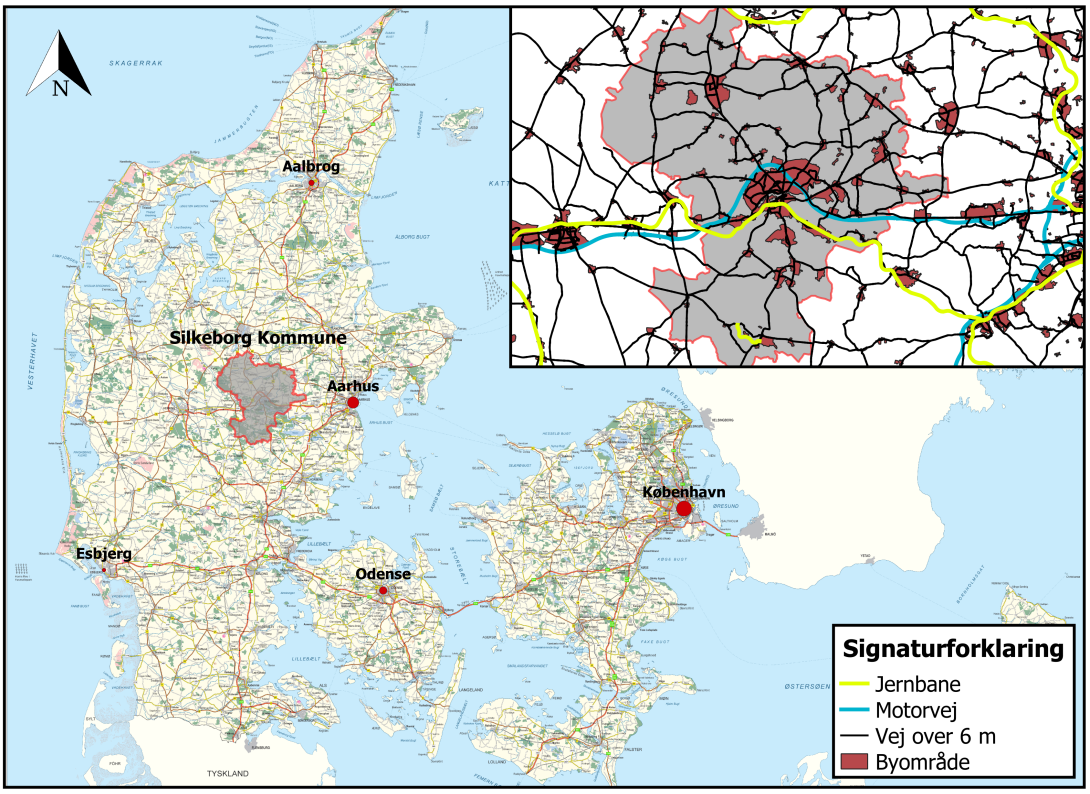
Del I

Introduktion

Kapitel

1 Indledning

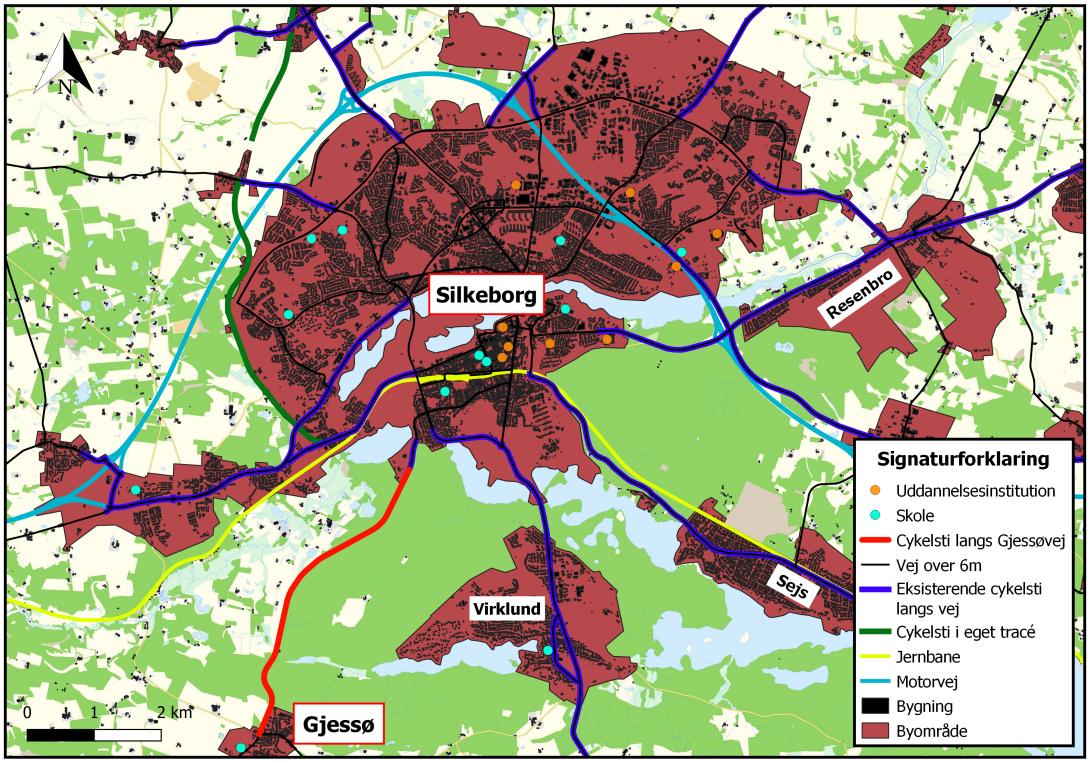
Silkeborg Kommune har en vision om at fremme cykeltrafikken i kommunen, således at alle i fremtiden har muligheden for at bevæge sig mere i hverdagen. Dette sikres ved at anlægge et godt og sikkert cykelstinet, der danner basis for cykelpendlere samt børn/unge, der cykler til og fra uddannelsesinstitutioner og fritidsaktiviteter. I forbindelse med dette har Silkeborg Kommune udarbejdet en cykelhandlingsplan, hvori der beskrives at cykelstier skal prioriteres og anlægges, når økonomien er til det. [Silkeborg Kommune, 12-11-2018] På figur 1.1 illustreres Silkeborg Kommune og hvordan deres overordnet vejnet er opbygget i forhold til Silkeborg, der er centrum for kommunen.



Figur 1.1: Silkeborg Kommune og det overordnet vejnet i kommunen.

Byrådet i Silkeborg Kommune ønsker, at fremme cykeltrafikken fra Gjessø til Silkeborg ved at udføre en cykelsti langs Gjessøvej, som tilkobles det eksisterende cykelstinet i udkanten af Silkeborg [Silkeborg Kommune, 12-11-2018]. Gjessø er en mindre by på 829 indbyggere med egen skole og købmand [Danmarks Statistik, 12-11-2018]. Gjessø skole består af børnehave og børnehaveklasse til og med sjette klasse, hvilket betyder, at eleverne herefter skal til de nærliggende skoler i henholdsvis Virklund og Silkeborg [Gjessø skole, 12-11-2018]. På figur

1.2 illustreres hvordan Gjessø er placeret i forhold til Silkeborg, og hvorhenne de forskellige skoler samt uddannelsesinstitutioner er placeret samt hvordan det eksisterende cykelstinet forbinder de omkringliggende byer til Silkeborg.



Figur 1.2: Cykelsti fra Gjessø til Silkeborg.

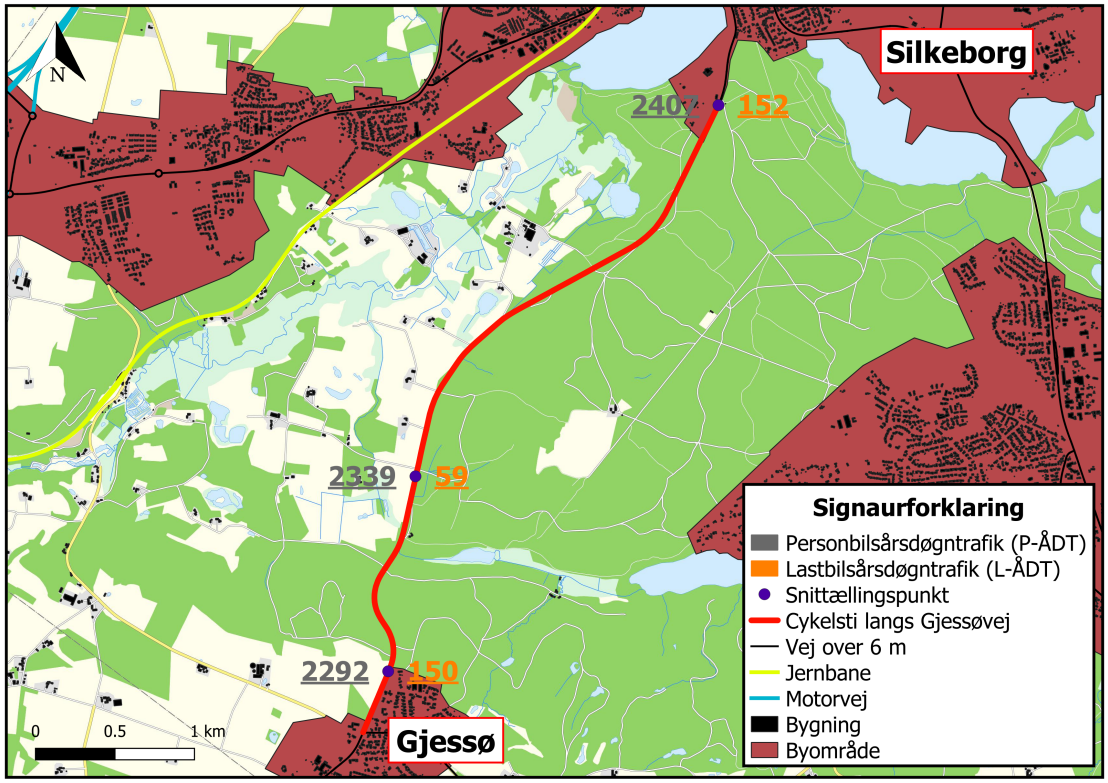
Gjessøvej har et tværsnit på 6 meter, og derfor er der ikke plads til cyklister på vejen. Størstedelen af vejen er afmærket med en dobbelt spærrelinje (Q44) grundet bakket landskab og horisontalkurver. Når cyklister anvender Gjessøvej øges risikoen for frontalsammenstød mellem to køretøjer, fordi det ene køretøj vil forsøge, at overhale cyklisten. Gjessøvej har en tilladelig hastighedsgrænse på 80 km/t, hvilket betyder, at der ved frontalsammenstød kan ske voldsomme person- og materiale skader. På enklte mindre strækninger er der en smal punkteret linje afmærkning (Q41 eller Q42), hvilket betyder, at der er mødesigt og mulighed for at overhale. På figur 1.3 illustreres 3 billeder af Gjessøvej. Her ses det tydeligt, hvor smal vejen er og den manglende udsyn grundet landskabet og horisontalkurven.

Figur 1.3: Gjessøvej, street view 2010 [Google maps].

1.1 Foranalyse

1.1.1 Trafikdata

Forskellige steder på Gjessøvej er der udført snittællinger, som anvendes til at bestemme årsdøgnstrafikken (ÅDT) for Gjessøvej. Der anvendes kun snittællinger, der har relevans for den del af Gjessøvej, der skal etableres cykelsti langs. På figur 1.4 illustreres,, hvor der er udført snittællinger på Gjesøvej i år 2017, og resultatet af disse er vist som ÅDT for henholdsvis personbiler og lastbiler.



Figur 1.4: Resultatet af snittællinger på Gjessøvej fra år 2017.

Ud fra figur 1.4 kan det ses, at de forskellige sideveje ikke har den store indflydelse på ÅDT'en fra de enklte snittællinger. Grundet dette bestemmes en strækning ÅDT for Gjessøvej. Dette betyder, at Gjessøvej i år 2017 har en lastbilsårsdøgntrafik (L-ÅDT) på 120 køretøjer og en personbilsårsdøgntrafik (P-ÅDT) på 2346 køretøjer. Tallene er fra 2017, derfor fremskrives de med 2 %, således trafikmængden i år 2018 kendes. Hermed L-ÅDT på 123 køretøjer og P-ÅDT på 2393 køretøjer i år 2018.

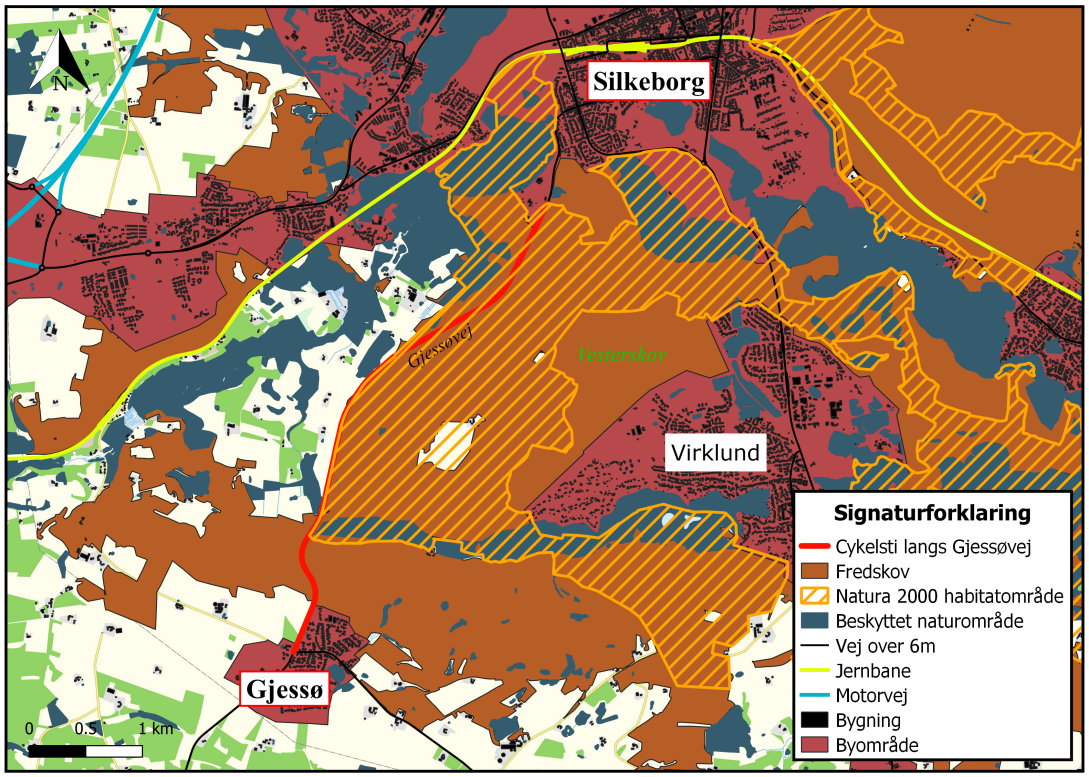
1.1.2 Beskyttet naturtyper

Mellem Gjessø og Silkeborg er Vesterskov beliggende. Vesterskov er en fredskov og et natura 2000 habitatområde. Dette betyder, at skoven er beskyttet af både national og international lovgivning. Ved fjernelse af fredskov er der krav om erstatningsskov (§39 i Skovloven), som minimum skal have en størrelse på 110% til 200 % af det fjernet fredskovsareal.[Miljøstyrelsen, 16-11-2018a]

Natura 2000 habitatområder er en international beskyttelse, hvor de enkelte områder er udpeget for at beskytte truede/sjældne/karakteristiske dyre- og plantearter. På tværs af Europas lande er der udvalgt naturbeskyttelsesdirektiver; De sørger for at de strikse krav til natura 2000 områder overholdes.[Miljøstyrelsen, 16-11-2018b]

Udover fredskov og natura 2000 habitatområde er der også beskyttet naturtyper mellem Gjessø og Silkeborg. De beskyttede naturtyper (§3 i Naturbeskyttelsesloven) omfatter søer, vandløb, moser, enge, heder og overdrev, der enten alene eller sammenhængende skal have et areal på mere end 2500 m^2, før de er fredet. [Miljøstyrelsen, 16-11-2018c]

På figur 1.5 illustreres områderne, der er omfattet af fredskov, natura 2000 og beskyttet naturtyper.

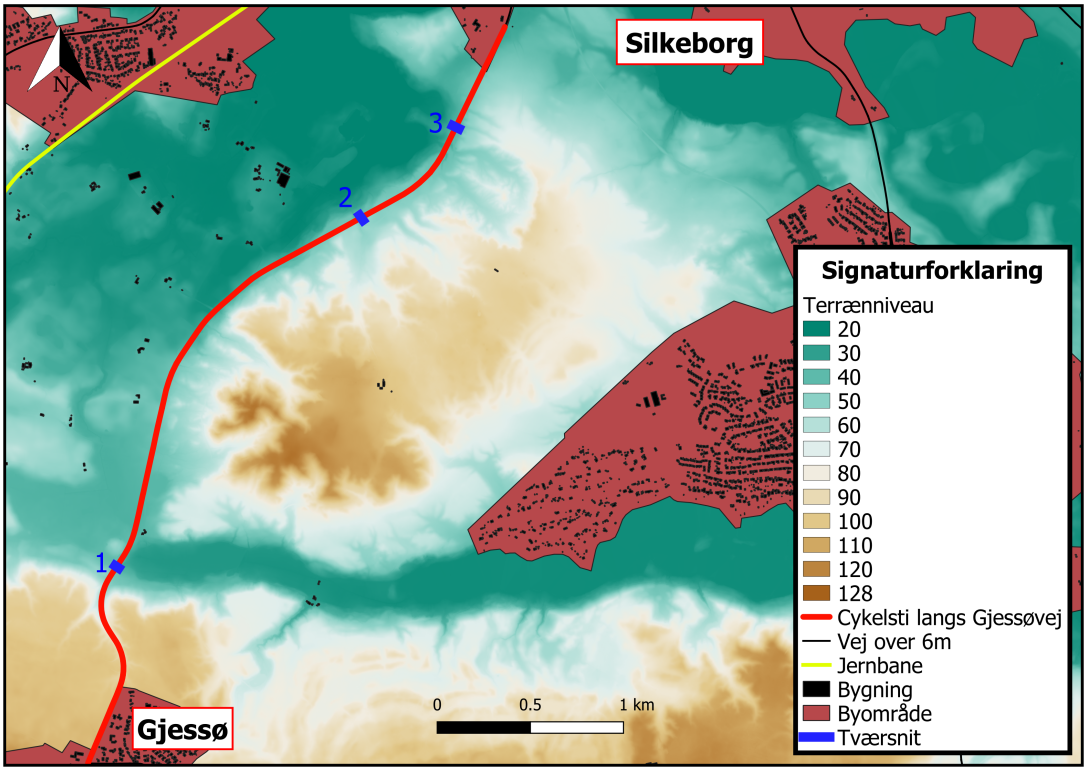


Figur 1.5: Områder mellem Gjessø og Silkeborg omfattet af national og international naturbeskyttelse.

Som det ses på figur 1.5 er størstedelen af Gjessøvej beliggende i eller langsgående med fredskov og nartura 2000 habitatområde. Herudover er der også mindre strækninger, hvor der er risiko for at komme i karambolage med fredet naturtyper. Dette gør, at der er en begrænsning på, hvor stort areal der kan anlægges med en eventuel ny cykelsti.

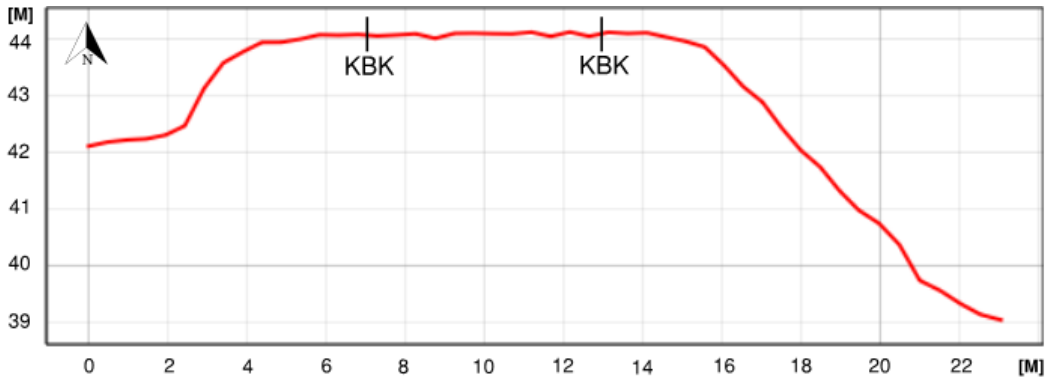
1.1.3 Landskabets topografi

Landskabets topografi mellem Gjessø og Silkeborg er meget varierende. Gjessøvej er beliggende mellem et dalområde/vandløb i vest og en bakke i øst. Dette betyder, at der på nogle strækninger er stejle skråninger. På figur 1.6 illustreres terrænniveauet langs Gjessøvej.

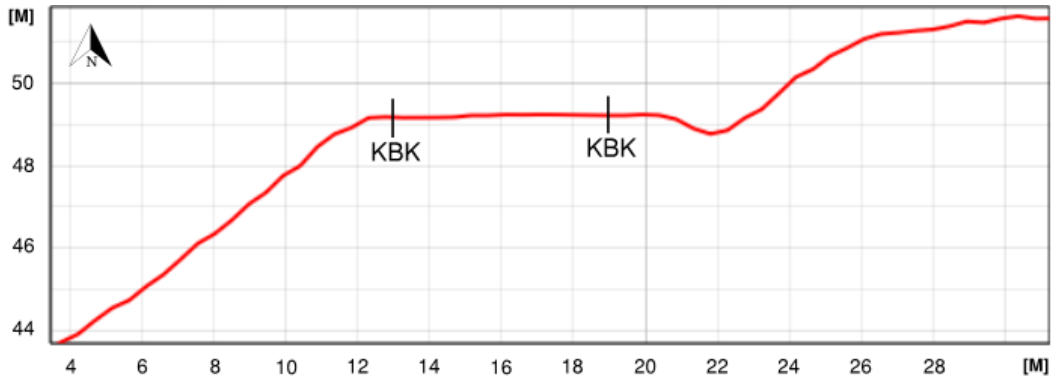


Figur 1.6: Terrænniveau langs Gjessøvej.

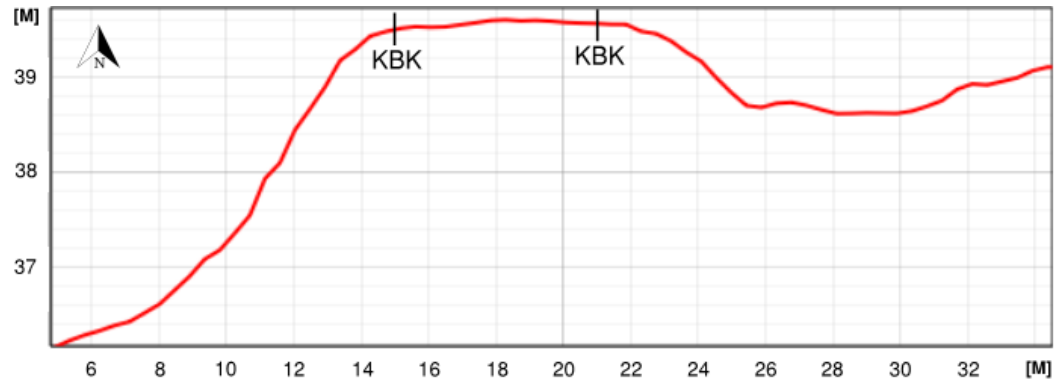
På figur 1.6 ses der, at der er terrænforskelle på cirka 100 meter fra dalbunden til bakketoppen. Da Gjessøvej er beliggende mellem en dalbund(vest) og en bakkentop(øst), betyder dette, at Gjessøvej er etableret på et mellemliggende plateau, der har en begrænset brede. På figur 1.7, 1.8 og 1.9 illustreres 3 tværsnit af Gjessøvej og det omkringliggende terræn. Tværsnittenes placering kan ses ud fra figur 1.6.



Figur 1.7: Tværsnit et, KBK = kørebanekant.



Figur 1.8: Tværsnit to, KBK = kørebanekant.



Figur 1.9: Tværsnit tre, KBK = kørebanekant.

Ud fra de 3 tværsnit ses det, at der er en begrænset bredde før skråningerne begynder med anlæg 1:0,5 til 1:1. Dette kan give en begrænsning i bredden på sideudvidelsen af Gjessøvej, da det kan være svært at opnå den nødvendige siddestøtte uden det får stor betydning for den omkringliggende natur.

1.2 Problemformulering

Hvordan kan der enten udføres cykelbaner eller en dobbeltrettet cykelsti langs Gjessøvej?

1.2.1 Afgrænsning

Der beskrives ikke, hvordan cykelstier/cykelsti i eget tracé kan etableres, da dette vil betyde, at det skal igennem fredskov og Natura 2000 habitatområde. Der undersøges kun, om der er mulighed for etablering af en dobbeltrettet cykelsti i den højre side af vejen, fordi det vurderes, at den venstre side vil give anledning til langt større udfordringer i forhold til den dobbeltrettet cykelsti.

Kapitel

2 Metodeafsnit

I dette afsnit beskrives hvilke metoder der anvendes til at løse problemformuleringen således, at der skabes et overblik over fremgangsmetoden. Overvejelser for den enkelte metode er beskrevet.

Metoder

Projektet startes med, at beskrive hvordan cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti skal udformes. Dette gøres på baggrund af de anbefalinger der er i Vejdirektoratets håndbøger så der derved sikres, at cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti dimensioneres med høj kvalitet. Til at bestemme vejkassens opbygning for de to typer cykelstier anvendes katalogmetoden. Denne metode anvendes, da den er simpel og fordi der ikke er behov for mere end lastbilsårsdøgntrafik til bestemmelse af vejkassens opbygning. Derudover er dette et mindre anlægsprojekt, som kan acceptere mindre sætninger eller belægningsskader og derfor er katalogmetoden også effektivt i forhold til tids- og ressourceforbruget.

Herefter opbygges de beskrevne dimensioner for cykelbaner og den dobbeltrettet cykelsti i programmet Novapoit som er et 3d projekteringsværktøj. Herved er det muligt, at udføre forskellige udtræk som for eksempel tværsnit. Disse tværsnit vil blive analyseret i forhold til det eksisterende terræn, således det er muligt at opstille forskellige løsningsforslag ved kritiske skråninger.

Økonomien har ofte en stor rolle for valget af løsninger og derfor anvendes Molio prisdatabasen til at udføre kalkulationer på hvad de to løsninger vil koste i anlægsomkostninger og i driftsomkostninger. Molio prisdatabasen er relevant når der arbejdes med prissætning, tilbudsgivning og overslagskalkulationer i byggeri og anlægsbranchen. Det er muligt, at opnå præcise kalkulationer, da priserne for eksempel indeholder løn, sociale ydelser og leje af materiale.

I sidste ende ville alt dette give en god baggrund for at vælge den bedste løsning ud af de to løsninger, der skal etableres som en cykelsti langs Gjessøvej.

Del II

Projektering

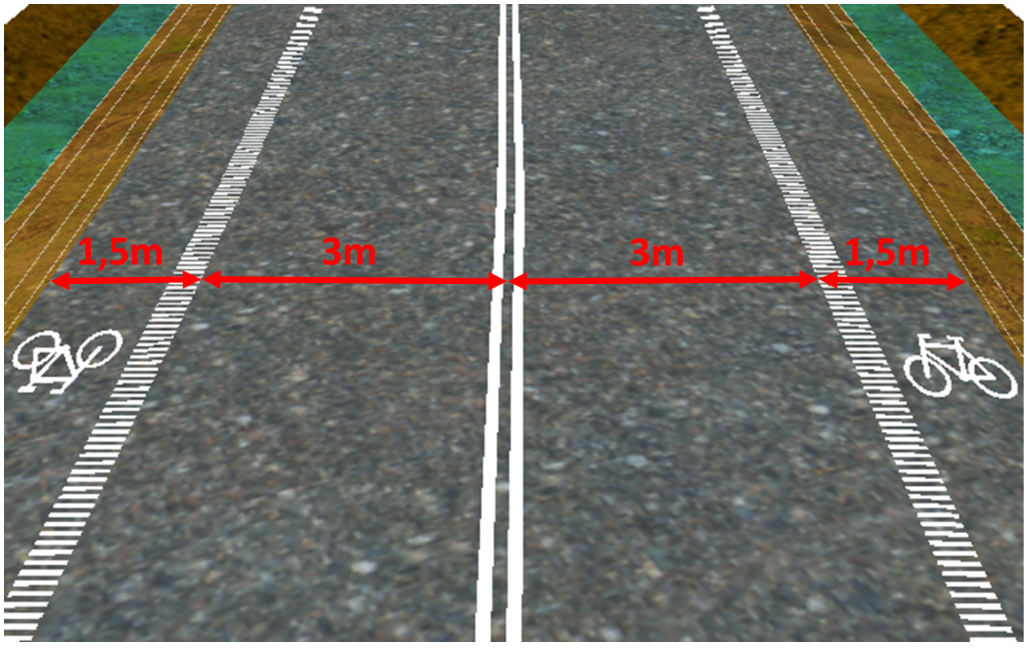
Kapitel

3 Cykelbaner eller dobbeltrettet cykelsti

I dette afsnit beskrives to muligheder for etablering af en cykelsti langs Gjessøvej. De to muligheder er henholdsvis cykelbaner eller en dobbeltrettet cykelsti. Udformning, normaltværsnit og vejopbygning af de enkelte løsninger præsenteres.

3.1 Cykelbaner

Cykelbaner skal have en bredde på 1,5 meter, således der er plads til cyklisterne samt en bred kantlinje mellem kørebanen og cykelbanen på 0,3 meter. Cykelbaner skal markeres med cykelsymbol (V21) på belægningen, således den i færdselslovens forstand er en cykelsti. Dette betyder, at køretøjer ikke må anvende arealet til f.eks. parkering. Kantlinjen mellem kørebanen og cykelbanerne skal udføres som en profileret kantlinje med rumleeffekt grundet trafiksikkerhed. På figur 3.1 illustreres et tværsnit af Gjessøvej med cykelbaner. [Vejregelgruppen, 2018]

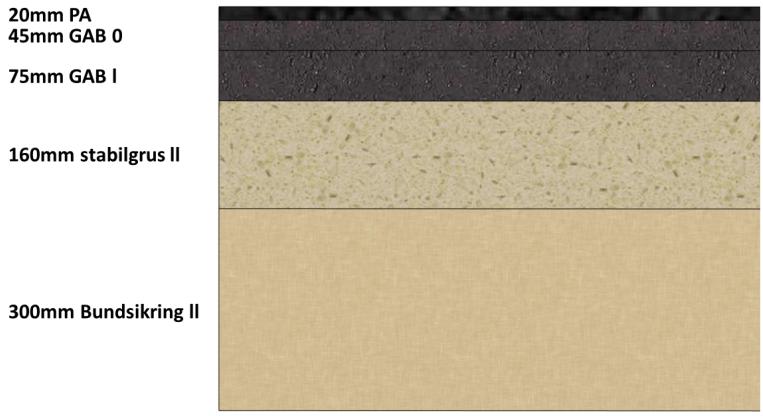


Figur 3.1: Normaltværsnit af cykelbaner langs Gjessøvej.

Ud fra figur 3.1 ses det, at ved etablering af denne løsning får Gjessøvej et normaltværsnit på 9 meter. Udover dette skal der etableres afvandingsforanstaltninger såsom grøfter og trug. I tilfælde af stejle skråninger og mangal på plads grundet træer, etableres en rabat på en meter, således der er plads til autoværn samt afvandingskonstruktion.

Til bestemmelse af vejopbygningen for cykelbanerne anvendes katalogmetoden. Idet cykelbanerne adskilles af en punktet linje med rumleeffekt forventes det, at den tunge trafik, der kører på Gjessøvej er dimensionsgivende for cykelbanerne. Dette skyldes, at det vurderes, at landbrugskøretøjer og lignende vil bruge cykelbanerne, således bagvedliggende køretøjer har mulighed for at overhale. I afsnit 1.1.1 beskrives den nuværende tunge trafik på Gjessøvej. Ud fra dette fremskrives den tunge trafikmængde på 123 køretøjer med 2 % i 20 år. Herved opnås en ÅDT på 183 køretøjer og grundet dette antages det, at cykelbanerne dimensioneres i forhold til trafikklasse t3. Normalt er trafikklasse t3 defineret med et tungt køretøjsinterval på 60 - 120 køretøjer i døgnet, men fordi cykelbanerne ikke er køretøjernes primær kørebane vurderes trafikklasse t3 at være tilstrækkelig til at beskrive den trafik, der vil forkomme på cykelbanerne. [Vejregelgruppen, 2017]

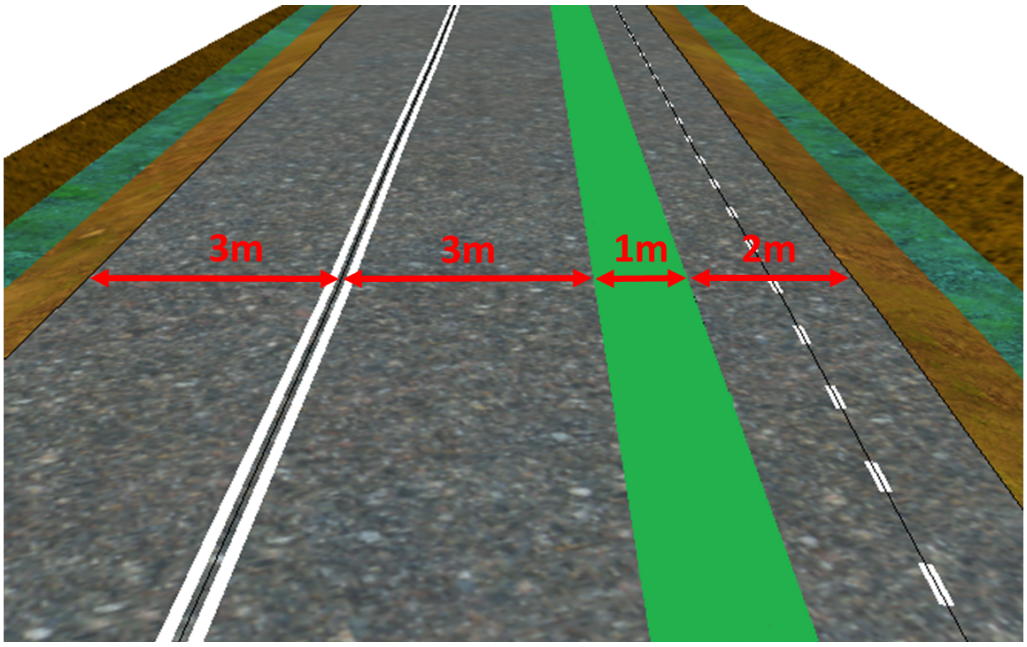
Følgende vejopbygning; 20mm pulverasfalt (PA), 45mm grusasfaltbeton (GAB 0), 75mm grusasfaltbeton (GAB 1), 160mm stabilgrus ll og 300mm bundsikring ll vil derfor være tilstrækkeligt til at have en levetid på 20 år for trafikklasse t3. På figur 3.2 illustreres den beskrevne vejopbygningen for cykelbanerne.[Vejregelgruppen, 2017]



Figur 3.2: Vejopbygning for cykelbaner med en samlet tykkelse på 600 mm.

3.2 Dobbeltrettet cykelsti

Den dobbeltrettet cykelsti skal have en bredde på 2 meter, fordi den kun er beregnet til cyklister. I området er der andre skovstier til fodgænger og derfor er ikke nødvendigt med en fællessti. Herudover forventes det også, at trafikken på cykelstien vil være ensrettet det meste af dagen, fordi om morgenen vil cykeltrafikken køre mod Silkeborg og om eftermiddagen vil cykeltrafikken køre mod Gjessø. Ved etablering af en dobbeltrettet cykelstil skal der også etableres en skillerabat mellem kørebanen og cykelstien på 1 meter grundet trafiksikkerhed. På figur 3.3 illustreres et tværsnit af Gjessøvej med den dobbeltrettet cykelsti. [Vejregelgruppen, 2018]



Figur 3.3: Normaltværsnit af dobbeltrettet cykelsti langs Gjessøvej.

Ud fra figur 3.3 ses det, at ved etablering af denne løsning får Gjessøvej et normaltværsnit på 9 meter. Når den dobbeltrettet cykelsti afgrænses af faste genstande som for eksempel autoværn og træer skal der tillægges en bredde på 0,3 meter. Herudover skal der også etableres afvandingsforanstaltninger såsom grøfter og trug. I tilfælde af stejle skråninger og mangel på plads på grund af træer, etableres en rabat på en meter, således der er plads til autoværn samt afvandingskonstruktion.

Ligeledes for den dobbeltrettet cykelsti anvendes katalogmetoden til bestemmelse af vejombygningen. Den dobbeltrettet cykelsti adskillelse fra kørebanerne med en skillerabat, som er illustreret på figur 3.3. Grundet dette anvendes den kun af lette trafikanter og antages derfor til trafikklasse t0.[Vejregelgruppen, 2017]

Følgende vejopbygning; 30mm pulverasfalt (PA), 120mm stabilgrus ll og 250mm bundsikring vil derfor være tilstrækkeligt til at have en levetid på 20 år for trafikklasse t0. På figur 3.4 illustreres den beskrevne vejopbygning for den dobbeltrettet cykelsti.[Vejregelgruppen, 2017]

Figur 3.4: Vejopbygning for dobbeltrettet cykelsti med samlet tykkelse på 400 mm.

Kapitel

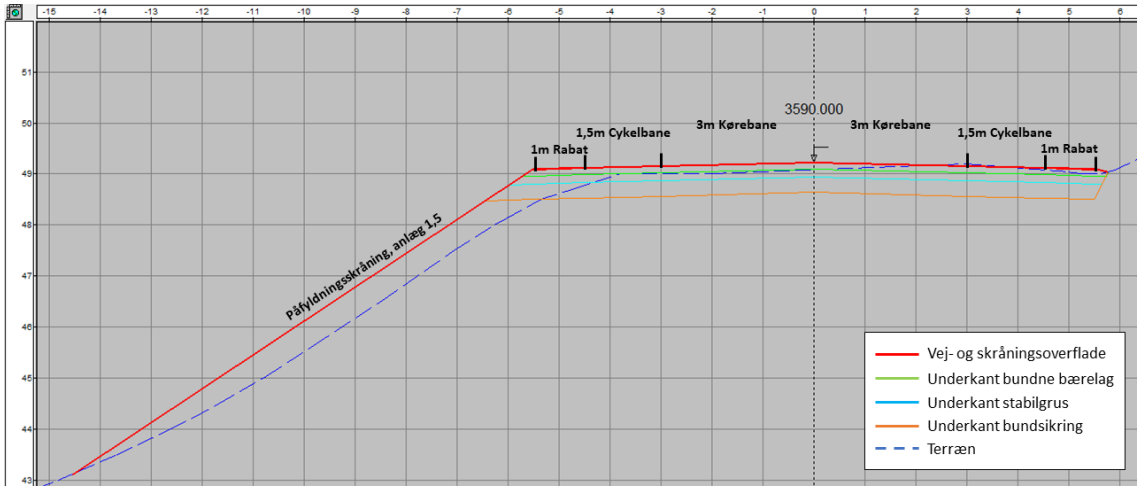
4 Terrænanalyse

I dette afsnit beskrives og illustreres de kritiske skråninger, der vil forekomme hvis Gjessøvej udvides i forhold til de tværsnit, der er beskrevet i afsnit 3. Der antages, at det er nødvendigt at skråninger har et anlæg på 1,5 i både afgravning og påfyldning, således der er sikret skråningsstabilitet. Hvis dette ikke opfyldes, vil der være risiko for, at skråningskanten styrter sammen. Da skråningerne har et anlæg på 1,5 er det nødvendigt at etablere autoværn, da en sikkerhedszone på minimum seks meter ikke opretholdes. Dette skyldes at skråninger med anlæg 1,5 ikke kan medregnes i sikkerhedszonen [Vejregelgruppen, 2018].

4.1 Cykelbaner

Ved analysering af Gjessøvejs tværsnit, i forhold til terrænet, når vejen udvides med to cykelbaner og to tilhørende rabatter, er der fundet frem til, at der cirka er 480 meter kritisk skråning. På disse 480 meter skal rabatten og en del af cykelbanen i den venstre side etableres ud i luften, da terrænet er meget stejlt, og fordi det er nødvendigt at etablere skråningerne med anlæg 1,5 bliver skråningskanterne meget lange, hvilket er illustreret på figur 4.1.

4.1.1 Påfyldning

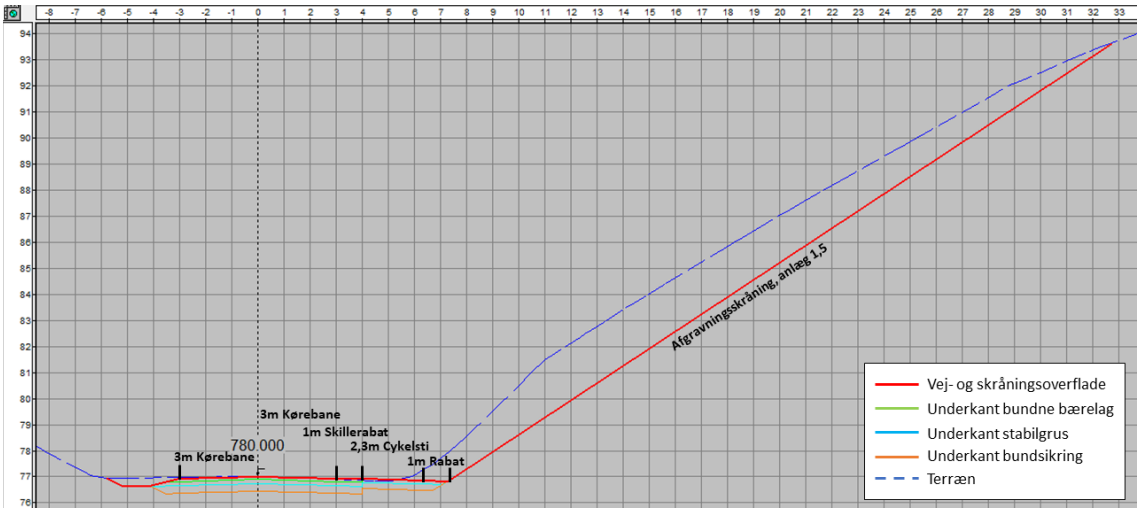


Figur 4.1: Tværsnit af Gjessøvej med cykelbaner i stationering 3590.

4.2 Dobbeltrettet cykelsti

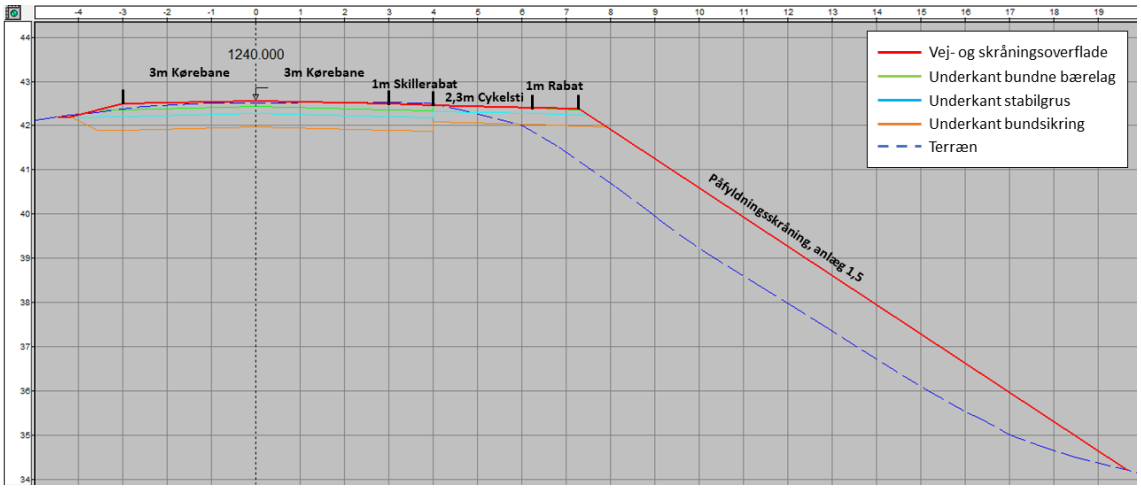
Ved analysering af Gjessøvejs tværsnit, i forhold til terrænet, hvis vejen udvides med en skillerabat, dobbeltrettet cykelsti og en rabat, er der fundet frem til, at der er 350 meter kritisk skråning i forhold til påfyldning og 1210 meter kritisk skråning i forhold til afgravning. På figur 4.2 er der illustreret en situation med kritisk skråning i forhold til afgravning og her skal det eksisterende terræn graves væk, således den dobbeltrettet cykelsti kan etableres. På figur 4.3 er der illustreret en situation i forhold til påfyldning, hvor den dobbeltrettet cykelsti skal etableres ud i luften, da det eksisterende terræn er meget stejlt. Dette betyder, at skråningenskanten bliver meget lang.

4.2.1 Afgravning



Figur 4.2: Tværsnit af Gjessøvej med den dobbeltrettet cykelsti i stationering 780.

4.2.2 Påfyldning



Figur 4.3: Tværsnit af Gjessøvej med den dobbeltrettet cykelsti i stationering 1240.

Opsamling

Som det ses ud fra figurerne i dette afsnit, vil der forekomme kritiske skråninger ved begge forslag. Der vil dog opstå de mest kritiske skråninger ved den dobbeltrettet cykelsti, fordi skråningskanterne er længere og der er en større afstand mellem færdig overflade og eksisterende terræn. I forhold til 1210 meter afgravning ved den dobbeltrettet cykelsti kan dette være risikabelt, at etableret med anlæg 1,5, da der er nogle jordarter, som ikke vil kunne indbygges med dette anlæg.

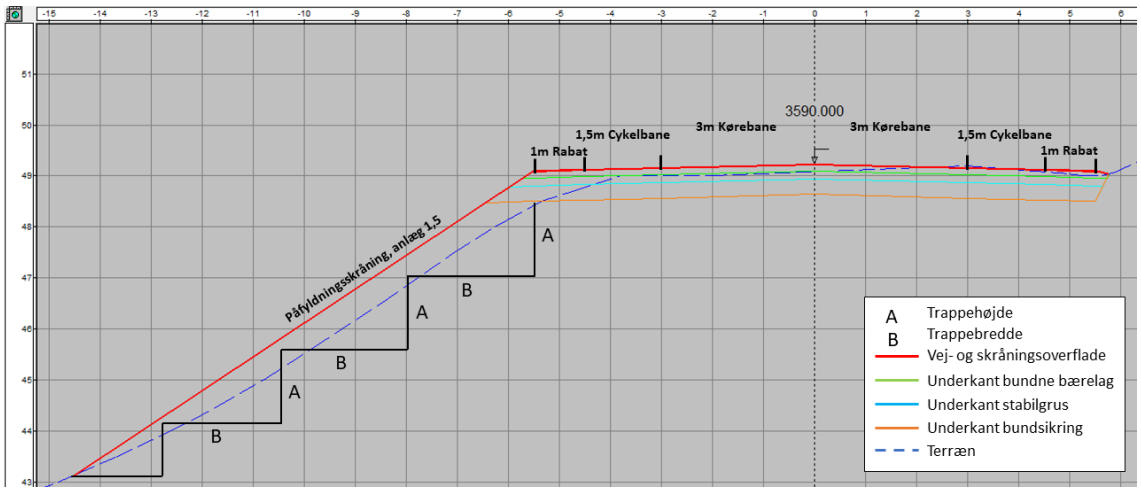
Kapitel

5 Løsningsforslag til kritiske skråninger

I dette afsnit præsenteres to løsningsforslag, der kan løse problematikken med de kritiske skråninger i forhold til påfyldning. De to løsningsforslag er henholdsvis trappeopbygning og spunsvæg. Principperne bag hver løsning beskrives og en overslagspris vil blive præsenteret. Ud fra dette vil det, således være muligt at udvælge en løsning på baggrund af kvalitet og økonomi.

5.1 Trappeopbygning

Ud fra tværsnittene præsenteret i afsnit 4 kan det ses, at der skal indbygges mere jord ovenpå det eksisterende terræn, således at skråningerne er stabilisers og sikres mod brud. Det eksisterende terræn er ikke plan, og derfor vil det ikke være muligt, at komprimere det jord, der skal indbygges ovenpå. Hvis jorden ikke bliver komprimeret vil der være risiko for, at det over tid skyller væk og derved vil skråningen ikke længere være stabil. Grundet dette vil det være nødvendigt, at etablere en trappeopbyning, der muliggøre at komprimere jorden. Dette skyldes, at der graves trappetrin der er vandrette, og derved er der mulighed for, at komprimere det jord, der skal indbygges. Herudover vil der også være mulighed for at udskifte den afgravet jord med brudsikring, som vil styrke skråningens bæreevne. På figur 5.1 er der illustreret en principskitse af hvordan trappeopbygning kan udføres.



Figur 5.1: Principskitse af trappeudgravning.

I tabel 5.1 ses en enhedspris og den samlede prisen for etablering af trappeopbygning langs kritiske skråninger i forhold til påfyldning, for henholdsvis cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti. For cykelbanerne er der beregnet, at der skal graves 6,1 m^3 jord

væk per meter og tilsvarende mængde bundsikring skal indbygges. For den dobbeltrettet cykelsti skal der graves 9,1 m^3 jord væk per meter og tilsvarende mængde bundsikring skal indbygges.

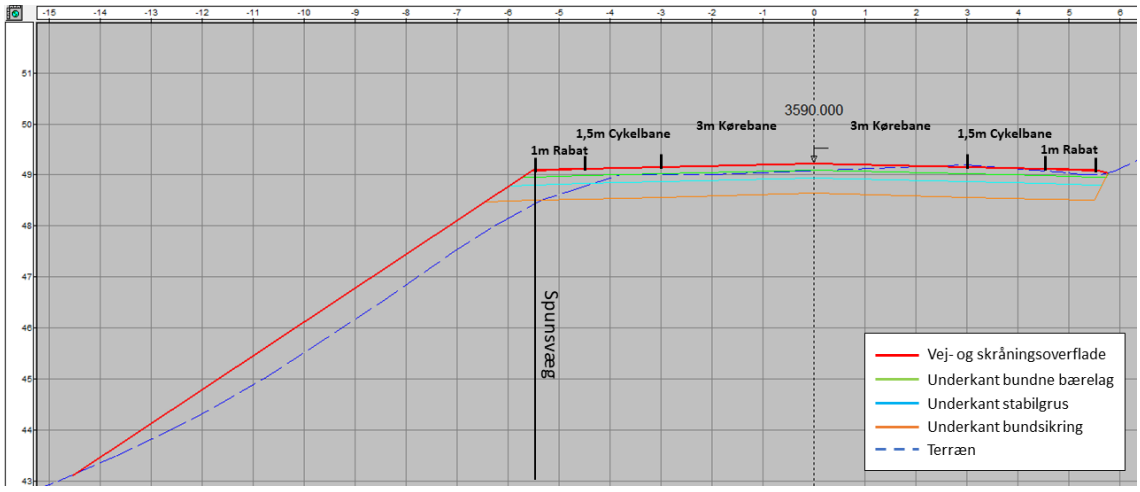
	Cykelbaner, 480 m	**Dobbeltrettet cykelsti**, 320 m
Trappeopbygning [kr. pr. m]	2137,6	3194,0
Totalt [kr.]	1.068.777,31	1.022.064,43

Tabel 5.1: Anlægsomkostningerne for trappeopbygning for henholdsvis cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti [Molio, 18-12-2018].

Forskellen i enhedsprisen skyldes, at tværsnittene for den dobbeltrette cykelsti er mere kritiske idet skråningernekanterne er længere og dybdere, hvilket ses ved at sammenligne figur 4.1 med 4.3. Udover anlægsprisen af trappeopbygning vil der også være omkostninger i forbindelse med fældning af træer.

5.2 Spuns

Udover trappeopbygning som løsning til de kritiske skråninger kan der også anvendes spunsvægge. Disse anvendes oftest som støtte- og afstivningsvægge til optagning af jordtryk i byggegruber og derfor vil de også kunne anvendes i denne situation. Spunsvæggene skal rammes i langs rabatten, og derved er det ikke nødvendigt, at etablere de kritiske skråninger, fordi spunsvæggen vil give en tilstrækkelig sidestøtte. Ved denne metode skånes fredskoven og natura 2000 habitatområdet for minimal påvirkning. Der vil dog forekomme synlige lodrette spunsvægge, som ikke vil fremstå naturlige. På figur 5.2 illustreres en principskitse af placering af spunsvæggene.



Figur 5.2: Principskitse af spunsvæg langs rabatten.

Det forventes, at spunsvægge L605 på 6 meter vil være tilstrækkeligt for cykelbanerne. For den dobbeltrettet cykelsti forventes det, at spunsvægge L607 på 10 meter vil være tilstrækkeligt. Dette vurderes ud fra, at der er en større afstand mellem færdig overflade

til eksisterende terræn for den dobbeltrettet cykelsti og derfor er det nødvendigt med en længere spuns for at opnå ligevægt mellem trykket på for- og bagside. På baggrund af dette er det derfor muligt, at bestemme en samlede pris for etablening af spunsvægge langs rabatten for henholdvis cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti, hvilket kan ses i tabel 5.2.

	Cykelbaner, 480 m	**Dobbeltrettet cykelsti**, 320 m
Spunsvægge [kr. pr. m]	6.617,52	10.936,2
Totalt [kr.]	3.176.576,06	3.499.597,12

Tabel 5.2: Anlægsomkostninger af spunsvægge for henholdsvis cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti.

Opsamling

Det vurderes, at den bedste af disse to løsninger er spunsvæg, fordi dette er den løsning der påvirker det omkringliggende natur mindst. Dette er den dyrest løsning af de 2, men det forventes, at den vil have minimal betydning for tidsplanen og derved kunne mindske forskellen i anlægsomkostning i forhold til trappeopbygningen. Dette skyldes, at det forhånd vil være muligt at bestemme hvilken type spuns og længden af dem, som skal anvendes.

Anvendens trappeopbygning vil der være en større risiko ved udførelsen af denne, idet der skal graves mere jord af som der ikke kendes beskaffenheden af. Derud over vil det være nødvendigt at fjerne alle træer der står på den eksisterende skråning. Disse træerne kan både være en del af fredskov og være omfatter af natura 2000 habitatområde. Der forventes også, at der skal anvendes større maskiner, fordi der skal graves i en dybde på 6 meter med en afstand på 12 meter fra kørebanekanter. Dette vil være et problem, fordi det vil være nødvendigt at lukke vejen. Dette skyldes, at trafikken ikke vil kunne passere forbi maskinerne. Trafikmængden på Gjessøvej er forholdsvis stor, og derfor vil det ikke være alle veje i området der kan håndterer trafikken forsvarligt. Dette betyder, at der vil forekomme en længere omkørsel, som vil være til stor gene for trafikanterne og den busrute, der benytter Gjessøvej.

Kapitel

6 Diskussion; Cykelbaner vs dobbelrettede cykelsti

I dette afsnit beskrives forskellene mellem de to løsninger i forhold til økonomi og kvalitet, og ud fra dette vælge den bedste løsning. Der anvendes netto enhedspriser uden salær fra Molio prisdata [Molio, 18-12-2018].

6.1 Anlægsomkostninger

6.1.1 Gravearbejde

Før vejkassen kan etableres er det nødvendigt, at grave jord væk, og dette har en omkostning. For at gøre beregningen mere enkelt antages, at de to løsninger i deres fulde længde og bredde kun består af afgravning. Dette er dog ikke tilfældet som beskrevet i afsnit 4. Ved enhedsprisen for gravearbejde er der taget højde for, at den jorden der graves i middelsvær råjord, fordi der antages, at der vil være rødder fra de omkringliggende tærer, der vil være til gene. Herudover er der også medregnet en maksimal flytteafstand på 1 kilometer til depot. Der skal etableres 5 kilometer cykelsti og derfor er en flytte afstand på 1 kilometer ikke nok. Jorden forventes transporteres i alt 3,5 kilometer, hvilket betyder, at der skal medregnes en tillægspris på al jorden, fordi den skal flyttes yderligere 2,5 kilometer.

For at bestemme mængden af jorden, der skal graves væk fra henholdvis cyklebanerne og den dobbeltrettet cykelsti anvendes normaltværsnit figur 3.1 samt 3.3 og vejopbygning figur 3.2 samt 3.4. For den dobbeltrettet cykelsti er der også cirka 1210 meter kritisk skråninger, hvor det er nødvendigt med afgravning. Ud fra figur 4.3 er der beregnet, at der cirka er 37 m^3 jord pr. meter der skal graves væk, således det er muligt at etablere den dobbeltrettede cykelsti. I tabel 6.1 beregnes anlægsomkostninger af gravearbejdet for henholdvis cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti.

Cykelbaner, 9.000 m^3	
Gravearbejde $\left[\frac{kr.}{m^3}\right]$	27,87
Ekstra flytte afstand 2,5km $\left[\frac{kr.}{m^3}\right]$	7,1
I alt $\left[\frac{kr.}{m^3}\right]$	34,97
Total [kr.]	314.730,00

Dobbeltrettet Cykelsti, 6.000 m^3 *Kritisk skråning, afgravning*, 44.770 m^3	
Gravearbejde $\left[\frac{kr.}{m^3}\right]$	23,74
Ekstra flytte afstand 2,5km $\left[\frac{kr.}{m^3}\right]$	2,64
I alt $\left[\frac{kr.}{m^3}\right]$	26,38
Total [kr.]	1.339.312,60

Tabel 6.1: Anlægsomkostninger for gravearbejde af henholdvis cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti.

6.1.2 Vejopbygning

Vejopbygningerne skal udføres af materialer, og disse har en omkostning i materialepris, levering og udførelse. Enhedspriserne for asfalt omfatter levering, udlægning og kørsel fra asfaltfarbik på maksimal 15 kilometer. Enhedspriserne for sand og grus omfatter levering, udlægning, komprimering og kørsel fra grusgrav på maksimal 5 kilometer. I tabel 6.2 beregnes anlægsomkostninger af vejbygningen for henholdsvis cykelbanerne, (figur 3.2), og den dobbeltrettede cykelsti, (figur 3.4).

Cykelbaner, 15.000 m^2	
Slidlag (PA) $\left[\frac{kr.}{m^2}\right]$	123,80
(GAB 0) $\left[\frac{kr.}{m^2}\right]$	101,92
(GAB 1) $\left[\frac{kr.}{m^2}\right]$	141,91
Stabilgrus ll (SG) $\left[\frac{kr.}{m^2}\right]$	127,31
Bundsikring (BS) $\left[\frac{kr.}{m^2}\right]$	56,80
I alt $\left[\frac{kr.}{m^2}\right]$	551,80
Total [kr.]	8.276.100,00

Dobbeltrettet cykelsti, 15.000 m^2	
Slidlag (PA) $\left[\frac{kr.}{m^2}\right]$	148,40
Stabilgrus ll (SG) $\left[\frac{kr.}{m^2}\right]$	105,49
Bundsikring (BS) $\left[\frac{kr.}{m^2}\right]$	49,75
I alt $\left[\frac{kr.}{m^2}\right]$	303,64
Total [kr.]	4.554.600,00

Tabel 6.2: Anlægsomkostninger for vejopbygning af henholdsvis cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti.

6.1.3 Striber

Cykelbanerne skal udføres med en 0,3 meter bred profileret stribe mellem kørebanen og cykelbanen, hvilket er vist på figur 3.1. Den dobbeltrettet cykelsti skal udføres med en 0,1 meter bred punkteret linje, der vil fungere som cykelbaneadskillelse, hvilket er illustreret på figur 3.3.

Cykelbaner, 10.000 m	
300 mm længdeafmærkning, termoplast $\left[\frac{kr.}{m}\right]$	32,13
Total [kr.]	321.329,00

Dobbeltrettet Cykelsti, 5.000 m	
100 mm længdeafmærkning, termoplast $\left[\frac{kr.}{m}\right]$	8,15
Total [kr.]	40.759,50

Tabel 6.3: Anlægsomkostninger for at levere og udføre striber i termoplast på henholdsvis cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti.

6.2 Vedligeholdels-/driftsomkostninger

Ved at ændre på Gjessøvejs tværsnit kan det også have betydning for de efterfølgende vedligeholds-/driftsomkostninger, fordi der er mere vejareal der skal vedligeholdes.

6.2.1 Snerydning og saltning

Ved etablering af cykelbanerne vurderes det, at det vil have en minimal betydning på driftsomkostningerne i forhold til snerydning og saltning. Dette skyldes, at det antages, at der ved anvendelse af en bredere sneplov også vil være muligt at rydde cykelbanerne for sne.

Angående den dobbeltrettet cykelsti skal den sneryddes/saltes separat fra Gjessøvej. Dette betyder, at der er yderligere driftsomkostninger på 1.725,24 kr. pr. saltning og 12.461,00 kr. pr. udrykning til snerydning og saltning.

På et år forventes 20 udrykninger til saltning og 5 udrykninger til snerydning og saltning, hvilet er baseret ud fra data angående saltning og snerydning af stier fra andre kommuner i nærheden af Silkeborg kommune [Vejdirektoratet, 17-12-2018]. På baggrund af dette er det muligt at bestemme det årlige omkostning til saltning og snerydning for den dobbeltrettet cykelsti, ses af formel 6.1.

$$1.725,24\ [\text{kr.}] \cdot 20 + 12.461,00\ [\text{kr.}] \cdot 5 = 96.809,80\ [\text{kr. pr. år}] \tag{6.1}$$

6.2.2 Rabatvedligeholdelse

Udover ekstra omkostninger til saltning og snerydning af den dobbeltrettet cykelsti vil der også være nye vedligeholdelses-/driftsopgaver på Gjessøvej, fordi skillerabatten mellem kørebanen og cykelstien skal vedligeholdes i form af klipning. Den årlige omkostning til klipning af skillerabatten ses af formel 6.2.

$$1,81\ \left[\frac{\text{kr. pr. år}}{\text{m}^2}\right] \cdot 5.000\ [\text{m}^2] = 9.042,50\ [\text{kr. pr. år}] \tag{6.2}$$

6.2.3 Asfalt

Ved etablering af mere asfaltbelagt areal vil der også være mere asfalt, der skal udskiftes engang når belægningen ikke længere vurderes acceptabel i forhold til trafiksikkerhed, komfort, osv. Vejopbygningen af henholdsvis cykelbanerne og cykelstien er dimensioneret til at kunne holde i 20 år og herefter forventes det, at slidlaget skal udskiftes med et nyt. Dette vil medføre nogle omkostninger, da det gamle slidlag skal fjernes ved fræsning, og der skal udlægges et nyt. I tabel 6.4 ses omkostningerne pr. år for at fjerne slidlaget og udlægge et nyt efter 20 år for henholdsvis cykelbanerne og den dobbeltrette cykelsti når de har den beskrevne opbygning fra figur 3.2 og 3.4.

	Cykelbaner	**Dobbeltrettet cykelsti**
Fræsning [kr. pr. m^2]	65,50	65,50
Slidlag (PA) [kr. pr. m^2]	123,80	148,40
Ialt [kr. pr. m^2]	189,30	213,9
Totalt [kr.]	2.839.500,00	2.139.000,00
Kr. pr. år	141.975,00	106.950,00

Tabel 6.4: Omkostninger pr. år for at fjerne et slidlag og udlægge et nyt efter 20 år.

6.3 Kvalitet

Begge løsninger vil have en positiv virkning på Gjessøvejs fremkommelighed, fordi cyklisterne fjernes fra kørebanen. Cykelbaner vil også være tryghedsskabende for køretøjerne, fordi vejen bliver bredere, hvilket medfører, at der er et større areal at manøvre

på. Herudover vil udsyns forholdene også blive bedre for begge retninger. Dette kan dog betyde at bilisterne vil køre hurtigere, fordi de er mere trygge.

Udover fremkommeligheden forbedres vil uheldsrissikoen mellem køretøjer og stitrafikanterne mindskes med 50% for begge løsninger.[Vejregelgruppen, 2018]. I tilfælde af uheld mellem cyklister og køretøjer vil risikoen for alvorlige uheld dog være mindre ved den dobbeltrettet cykelsti end for cykelbanerne, se figur i Appendiks A. Dette skyldes skillerabatten mellem kørebanen og den dobbeltrettet cykelsti. Det vurderes dog, at den lavere risiko for alvorlige uheld er minimal, da skillerabatten kun er på 1 meter og ikke 2-3 meter som anbefalet [Vejregelgruppen, 2018]. Herudover vil det ikke være usædvanligt hvis uheldrissikoen mellem stitrafikanter øges ved den dobbeltrettet cykelsti grundet frontalkollisioner.

Kapitel

7 Tidsforbrug

I dette afsnit beskrives tidforbruget af afgravning af jord og påfyldning af sand/stabilgrus for cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti. Dette gøres med udgangspunkt i den praktiske produktionsformel. Herudover vil det blive diskuteret hvilke maskiner, der skal anvendes, således projektet kan etableres mest effektivt i forhold til økonomi og tid. Der vil også blive præsenteret en tidslinje, således der er en forståelse for, hvilke processer der skal udføres og i hvilken rækkefølge.

7.1 Praktiske produktionsformel

Den praktiske produktionsformel anvendes til bestemmelse af hvilken type og antallet af transportvogne der skal anvendes således projektet kan udføres mest effektivt. Det smarte ved at anvende denne formel er, at der tages højde for, at gravemaskinerne og transportvognene ikke arbejder med 100 % effektivitet, men at der vil være forskellige faktorer som mindsker effektiviteten. Dette afsnit er baseret på Anlægsteknik 1 kapitel 2 [Fisker et al., 2011].

Den praktiske produktionsformel kan bestemmes ud fra formel 7.1.

$$P = V \cdot A \cdot C \tag{7.1}$$

Hvor

- V, volumen som flyttes pr. cyklus [m^3_F]
- A, Antal læs pr. time [stk]
- C, Effektivitetsfaktor [-]

Antallet af læs der kan køres på en time bestemmes ud fra cyklusens længde fra læsning til aflæsning og tilbage igen. Formel 7.2 udtrykker hvordan antallet af læs pr. time kan bestemmes.

$$A = \frac{60}{t_f + t_v} \tag{7.2}$$

Den faste omløbstid (t_f) er et udtryk for tiden der bruges på læsning, aflæsning og eventuelle vendinger. Grundet dette afhænger denne af gravemaskinens produktions hastighed og aflæsningsmetoden. Den variable omløbstid (t_v) er et udtryk for tiden der bruges på at køre fra læsningsstedet til aflæsningsstedet og tilbage igen. Grundet dette afhænger den af kørselshastighed og kørselslængde.

Effektivitetsfaktoren har stor betydning for den praktiske produktion, og derfor er det vigtigt at jordarbejdet planlægges, således det er muligt at opnå den højest mulige værdi.

Effektivitetsfaktoren bestemmes ud fra formel 7.3

$$C = k_p \cdot k_f \cdot k_s \cdot k_k \cdot k_a \cdot k_{ms} \cdot k_{le} \tag{7.3}$$

maskinfører Hvor

- k_p, Personfaktor. *Denne værdi tager højde for småpauser og præcisionsniveau hos maskinføreren og sættes derfor til 0,83, fordi det forventes, at der er 50 minutter af hver time, hvor maskinføren vil være effektiv.*
- k_f, Kvalifikationsfaktor. *Denne værdi vurderer maskinførerens dygtighed og derfor bestemmes den til 1,0, fordi det antages at maskinføreren har en almindelig dygtighed*
- k_s, Sigbarhedsfaktor. *Denne værdi er et udtryk for, at arbejdstempoet kan være nedsat grundet sne, tåge eller skumring og sættes derfor til 0,8*
- k_k, Koblingsfaktor *Denne værdi tager højde for samarbejde mellem flere maskiner og derfor sættes denne til 0,9, fordi der altid vil være tidsspild i samarbejdet.*
- k_a, Arbejdets artfaktor. *Denne værdi afhænger af hvor optimale arbejdsforholdet er i forhold til plads og om det er nødvendigt at flytte sig. Grundet dette sættes den til 0,8 for gravemaskinerne ved den dobbeltrettet cykelsti og 0,6 ved cykelbanerne, fordi det antages, at gravemaskinerne ved cykelbanerne vil flytte sig langt mere. I forhold til transportvognene sættes den værdi til 0,7*
- k_{ms}, Maskinstopfaktor. *Denne værdi tager højde for maskinstop over længere tid og derfor sættes denne til 1, da det vurderes, at der inden for kort tid vil kunne findes en løsning i form af erstatningsmaskine eller reservedele.*
- k_{le}, Læsseeffektivitetsfaktor. *Denne værdi er et udtryk for, hvor let det er at komme af med jorden og derfor sættes den til 0,9, fordi der læsses i samme niveau med gravemaskinerne.*

Ud fra ovenstående punkter kan effektivitetsfaktoren bestemmes i forhold til de tre tilfælde.

7.1.1 Gravemaskinen

Til afgravning af råjord er der valgt en hydraulisk gravemaskine med en planerskovl model 314D. Dette er den størst mulige gravemaskine der kan bruges, da den har en bredde på 3 meter, hvilket også er bredden på et kørespor på Gjessøvej. Grundet dette er der ikke mulighed for at vælge en større gravemaskine, da det vil betyde, at Gjessøvej vil blive spærret. Der anvendes en gravemaskine med planerskovl, fordi denne skovltyper især er god til planeringsarbejde. I tabel 7.1 ses specifikationer for en 314D hydraulisk gravemaskine med planerskovl.

Type	Bredde [m]	Gravedybde og rækkevide [m]	Skovlstørelse [m^3]
314D	3	5,7 og 8,44	Planerskovl 0,7

Tabel 7.1: Specifikationer for hydraulisk gravemaskine.

Ud fra appendiks B kan gravemaskinens teoretiske produktionshastighed bestemmes ud fra, mængden af jord den kan grave på en time. Gravemaskinens produktionshastighed bestemmes til 141,8 $\frac{m^3_F}{t}$ på baggrund af skovlstørrelsen på 0,7 m^3, at der graves i råjord og til sidste grundet to korrektionsfaktorer. De to korrektionfaktorer tager højde for

gravedybden på mindre end en meter ($f_o = 1$) samt en svingningsvinkel på maksimal 60° ($f_s = 1{,}05$).

Ud fra formel 7.3 kan effektivitetsfaktoren for gravemaskinen bestemmes i forhold til, om der skal graves ud til cykelbanerne eller den dobbeltrettet cykelsti. I tabel 7.2 ses effektivitetsfaktoren og den praktiske produktion for de to tilfælde.

Variabel	Cykelbaner	Dobbeltrettet cykelsti
C [-]	0,268	0,357
P $\left[\frac{m^3_F}{t}\right]$	38,0	50,6

Tabel 7.2: Effektivitetsfaktoren og den praktiske produktion for gravemaskinen i forhold til cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti.

7.1.2 Transportvogne

Eftersom den praktiske produktion for gravemaskinen kendes er det muligt, at bestemme hvor mange transportvogne der er behov for, således der opnås højest effektivt i forhold til ventetid og kostpris. I tabel 7.3 ses hvilken transportvogne der undersøges i forhold til effektivitet og kostpris.

Type	Bredde [m]	Hastighed med læs [km/t]	Fast Volumen [m^3]
Dumper 730	3,54	30	13,5
Traktor med vogn	3	40	12,8
Lastbil 360 CB 6x2HNA	2,5	80	14,4

Tabel 7.3: Specifikationer for transportvogne.

Dumperen har en højere hastighed med læs, men da den skal køre på offentlige veje, må den ikke køre hurtigere end 30 km/t [Landtrafik, 07-01-2018].

Idet kørehastigheden på de forskellige transportvogne kendes, kan antallet af læs per time bestemmes ud fra formel 7.2. Det antages, at det tager et minut at aflæsse for alle transportvognene, da de vil anvende bagudtømning. Til at bestemme læsningstiden anvendes gravemaskinens praktiske produktion og volumen på transportvognen. I tabel 7.4 ses antallet af læs den enkelte transportvogn kan køre væk i timen.

Variabel	Dumper	Traktor med vogn	Lastbil
$t_{f,\ cykelbane}$ [min]	22,3	21,1	23,7
$t_{f,\ dobbeltrettet\ cykelsti}$ [min]	17,0	16,2	18,1
t_c [min]	14,0	10,5	5,3
$A_{cykelbane}$ [stk]	1,7	1,9	2,1
$A_{dobbeltrettet\ cykelsti}$ [stk]	1,9	2,2	2,7

Tabel 7.4: antallet af læs den enkelte transportvogn kan køre væk i timen i forhold til cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti.

Dernæst bestemmes effektivitetsfaktoren ved brug af formel 7.3. Effektivitetsfaktoren for transportvogne er udtrykket i formel 7.4.

$$C = 0,83 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,312 \tag{7.4}$$

Hermed kan den praktiske produktion for den enkelte transportvogn bestemmes ud fra formel 7.1. I tabel 7.5 ses den praktiske produktion for de tre transportvogne samt antallet af transportvogne der er nødvendige, således at gravemaskinen hele tiden er effektiv. Antallet af transportvogne bestemmes ved at dividere omløbstiden med læsetiden.

Variabel	Dumper	Traktor med vogn	Lastbil
$P_{\text{cykelbaner}}$ $\left[\frac{m^3_F}{t}\right]$	7,2	7,6	9,4
$P_{\text{dobbeltrettet cykelsti}}$ $\left[\frac{m^3_F}{t}\right]$	8,0	8,8	12,1
$Antal_{\text{cykelbaner}}$ [stk]	1,7	1,6	1,3
$Antal_{\text{dobbeltrettet cykelsti}}$ [stk]	1,9	1,8	1,4

Tabel 7.5: Praktisk produktion og antallet af den pågældende transportvogn således gravemaskinen sikres 100 % effektivitet.

Ud fra tabel 7.5 ses der, at det er nødvendigt med to transportvogne uanset hvilken type der vælges. Det mest optimale vil være et "helt" antal af transportvogn, fordi der i teorien herved ikke vil opstå vente tid for transportvognene. Hvis der havde været mulighed for det ville det være smart at anvende en større gravemaskine, da dette vil mindske læssetiden og derved gøre transportvognene mere optimal i forhold til ventetid. En anden måde hvorpå det er muligt, at eliminere eller mindske ventetiden, vil være ved at anvende mindre transportvogne, således læssetiden også mindske. Det smarte ved dette vil også være, at lejeprisen er mindre da maskinerne er mindre. Ud fra tabel 7.5 ses der også, at den mest optimale sammensætning er en gravemaskine og to dumper, da der herved vil være mindst ventetid, men det er nødvendigt at undersøge økonomien, således den mest effektive sammensætning kan bestemmes. I tabel 7.6 ses enhedsprisen for leje af en transportvogn i 200 timer for de tre pågældende transportvogne.

Variabel	Dumper	Traktor med vogn	Lastbil
Enhedspris [kr. pr. time]	480,5	263,7	476,4

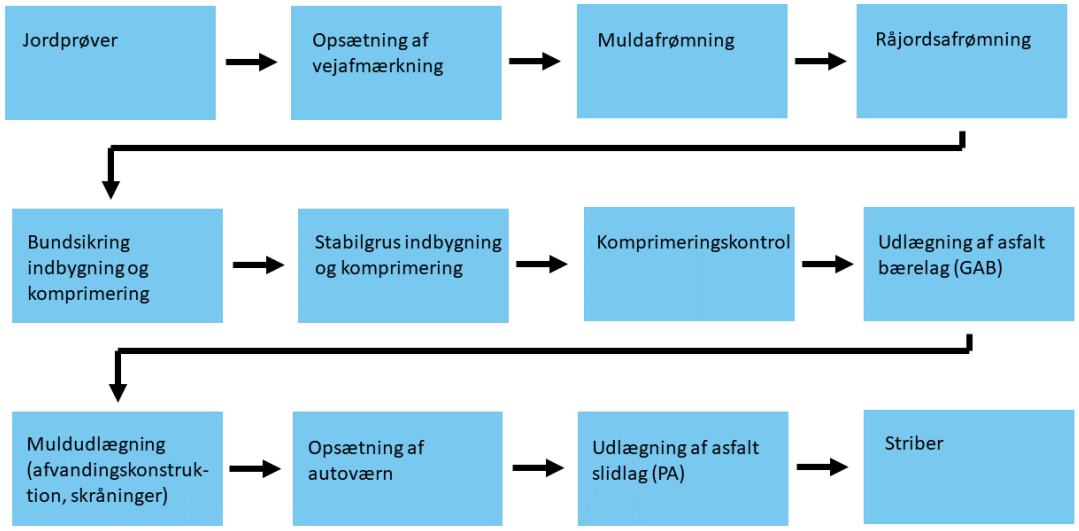
Tabel 7.6: Enhedspris for leje af den pågældende transportvogn i 200 timer. [Molio, 18-12-2018]

Ud fra tabel 7.6 kan det ses, at traktor med vogn vil være den billigste løsning, hvilket betyder, at dette er den mest effektive løsning i forhold til tid og økonomi.

7.2 Tidsplan

Udover afgravning af jord er der også andre opgaver, der skal udføres, før der er etableret en færdig cykelsti. Nogle af disse opgaver kunne for eksempel være udtagning af jordprøver,

indbygning samt komprimering af sand og opsætning af autoværn. På figur 7.1 illustreres en tidslinje af hvilke opgaver, der forventes der skal udføres og i hvilken rækkefølge.



Figur 7.1: Rækkefølgen på hvilke opgaver der skal udføres før der er etableret en færdig cykelsti

Tiden det vil tage, at afgrave jord afhænger af gravemaskinens praktiske produktion hvor imod påfyldning af bundsikring og stabilgrus afhænger af transportvognens praktiske produktion. Dette skyldes, at leveringsprocessen vurderes til at tage længere tid end indbygning/afretning eller komprimering. Hvilket betyder, at der ved påfyldning antages, at indbygning/afretning vil foregå sideløbende med levering, og herudover vil komprimering foregå sideløbende med indbygning/afretning. Derfor anvendes der praktiske produktionshastigheder fra tabel 7.2 og 7.5. I tabel 7.7 ses, hvor lang tid der forventes at bruge på afgravning samt påfyldning for henholdsvis cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti.

	Cykelbaner, 9000 m^3	**Dobbeltrettet cykelsti**, 6000 m^3
Afgravning [timer]	237	119
	Cykelbaner, 4140 m^3	**Dobbeltrettet cykelsti**, 2220 m^3
Påfyldning [timer]	220	92

Tabel 7.7: Enhedspris for leje af den pågældende transportvogn i 200 timer.

Dette betyder, at det for cykelbanerne vil tage 62 dage med en arbejdsuge på 37 timer at være klar til, at der kan udlægges asfalt. For den dobbeltrettet cykelsti vil det tage 28,5 dage med en arbejdsuge på 37 timer. Til bestemmelse af tiden i forhold til påfyldning er der anvendt praktisk produktion for to lastbiler, fordi de vil kunne gøre det hurtigere end to traktorer med vogn. Lastbilerne vil dog være dyrere end to traktorer med vogn, men fordi de er hurtigere, vurderes det, at der i sidste ende vil være mindre samlede omkostninger til for eksempel byggeplads og lønninger. Det ideelle vil være, at anvende samme transportvogn til afgravning og påfyldning således, at de efter aflæsning af råjord kører retur med

bundsikring/stabilgrus. På denne måde vil transportvognene også blive mere effektive, da en del af ventetiden vil elimineres. I sidste ende vil dette også betyde, at projektet vil blive etableret hurtigere. Til de øvrige opgaver, udover afgravning og påfyldning forventes der et tidsforbrug på 20 arbejdsdage, hvilket giver et samlet tidsforbrug på 82 dage med en arbejdsuge på 37 timer for cykelbanerne. For den dobbeltrettet cykelsti forventes et samlet tidsforbrug på 48,5 dage med en arbejdsuge på 37 timer.

I disse tidsplaner er der ikke taget højde for tiden, der skal bruges på etablering af de kritiske skråninger. Etableringer af spunsvægge forventes dog ikke at have den store indflydelse på tidsplanen, da dette kan udføres før der skal graves de steder med kritisk skråning. De kritiske skråninger vil i forhold til afgravning ved den dobbeltrettede cykelsti forventes at have en stor betydning for tidsplanen, da der skal graves 44.770 m^3 ekstra jord væk. Betydningen af dette afhænger af hvilken størrelse gravemaskine der anvendes, men det forventes at tidsplanen for den dobbeltrettet cykelsti vil øges med 20 - 40 dage.

Del III

Konklusion

Kapitel

8 Konklusion

Det kan konkluderes, at både cykelbaner og at den dobbeltrettet cykelsti vil have en positiv effekt på Gjessøvej, fordi cyklisterne fjernes fra kørebanen. Dette betyder også, at fremkommeligheden øges og at uheldsrisikoen mellem køretøjer og cyklister vil blive mindsket med cirka 50 %. Da der ikke vil være den store forskel i forhold til kvaliteten mellem cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti, vil der kunne ses forskel i anlægsøkonomien. I tabel 8.1 ses anlægsøkonomien for henholdsvis cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti.

	Cykelbaner	**dobbeltrettet cykelsti**
Gravearbejde [kr.]	314.730,00	1.339.312,60
Spunsvæg [kr.]	3.176.576,06	3.499.597,12
Vejopbygning [kr.]	8.276.100,00	4.554.600,00
Striber [kr.]	321.329,00	40.759,00
Totalt [kr.]	12.088.735,06	9.434.268,72

Tabel 8.1: Anlægsomkostninger for henholdsvis cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti.

Ud fra tabel 8.1 ses der, at der er en forskel i anlægsomkostningerne på cirka 2,6 millioner kr., hvor cykelbanerne er den dyreste løsning. Forskellen mellem de to løsninger skyldes primært vejopbygningen. Det forventes, at de tunge køretøjer, der kører på Gjessøvej også vil køre på cykelbanerne når de bagvedliggende køretøjer vil overhale. Grundet dette vil der være større belastning på cykelbanerne og derfor er det nødvendigt med en tykkere vejopbygning. Ved etablering af en ny cykelsti vil der også være mere areal, der skal vedligeholdes. I tabel 8.2 ses driftsomkostningerne for både cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti.

	Cykelbaner	**Dobbeltrettet cykelsti**
Snerydning og saltning [kr. pr. år]	-	96.809,80
Rabatvedligeholdelse [kr. pr. år]	-	9.042,50
Asfalt [kr. pr. år]	141.975,00	106.950,00
Totalt [kr. pr. år]	141.975,00	212.802,30

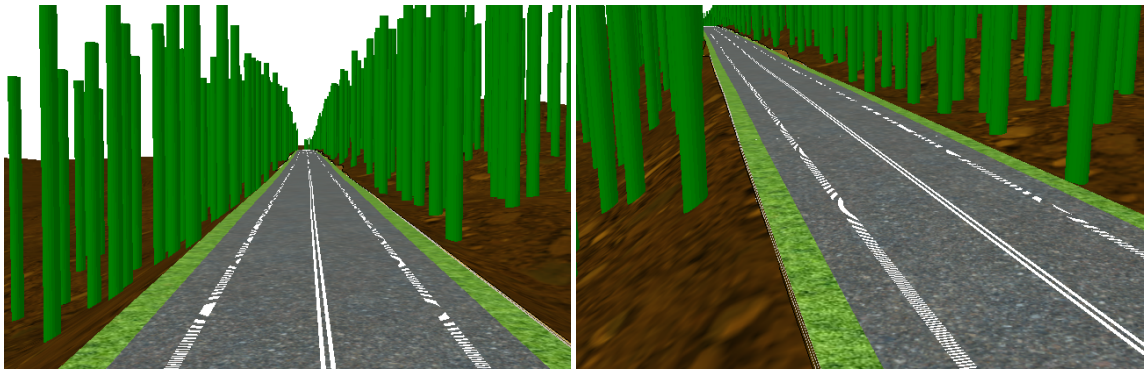
Tabel 8.2: Driftsomkostning pr. år for henholdsvis cykelbanerne og den dobbeltrettet cykelsti.

Ud fra tabel 8.2 ses det, at der en forskel i driftsomkostningerne på cirka 70.000 kr. pr år, hvor den dobbeltrettet cykelsti er den dyreste at vedligeholde. Dette skyldes, at den

dobbeltrettet cykelsti skal sneryddes og saltes separat. Antages det at begge løsninger, som minimum, skal vedligeholdes i 20 år, vil den dobbeltrettet cykelsti ende med at være 1,4 millioner kr. dyrere. Sammenlægges anlægsomkostningerne og driftsomkostningerne efter 20 år for begge løsninger er der en forskel på 1,2 millioner kr., hvor cykelbanerne er den dyreste løsning. Ved at betale de 1,2 millioner kr. mere for etablering af cykelbanerne vil der ikke være behov for at fælde mange træer, fordi der ikke skal etableres kritiske skråninger i afgravningssituationerne som ved den dobbeltrettet cykelsti. Grundet dette vil den omkringliggende natur påvirkes minimalt. Forskellen i anlægstiden mellem de to løsninger vil være begrænset, da der ved den dobbeltrettet cykelsti skal graves en masse jord væk. Dette skyldes den 1210 meter kritiske skråning i afgravningssituation, hvor der cirka skal fjernes 37 m^3 jord pr. meter. Til etablering af de kritiske skråninger i afgravningssituation vil det være nødvendigt med gravemaskiner der er bredere end tre meter, hvilket betyder, at det vil være nødvendigt at lukke veje fordi køretøjer ikke vil kunne passere. En eventuel omkørsel vil blive lang, da der er begrænset med veje i området, der kan håndtere den mængde trafik der er på Gjessøvej. Dette vil gøre det besværligt for de cyklister, køretøjer og den busrute der benytter Gjessøvej i dag.

På baggrund af dette kan det konkluderes, at cykelbanerne vil være den bedste løsning, hvor de kritiske skråningerne, som vil forekomme, vil kunne løses med spunsvægge. Dette giver en god løsning som forbedrer trafiksikkerheden på Gjessøvej for både cyklisterne og køretøjerne samtidig med, at den omkringliggende natur påvirkes mindst muligt. På figur 8.1 og 8.2 3d principtegninger af Gjessøvej med cykelbaner.

Figur 8.1: 3d principtegninger cykelbaner langs Gjessøvej.



Figur 8.2: 3d principtegninger cykelbaner langs Gjessøvej.

Del IV

Perspektivering

Kapitel

9 Perspektivering

I dette afsnit beskrives, hvad der eventuelt skulle udføres, hvis der havde været mere tid, således det havde været et færdigt projekt der kunne etableres i fremtiden.

Ledninger, Før projektet startes vil det være godt at undersøge, om der skulle være nogle ledninger i jorden. Dette skyldes, at der herved så kan undgås at de ikke graves over når man har kendskabet til placeringen af dem. Herudover kunne man også undersøges, om der var andre der kunne være interesseret i, at få ledninger gravet ned når der nu alligevel skal graves ud til cykelstien. Dette kunne såvel også anvendes den anden vej rundt og være et argument for, at der skal anlægges cykelsti, når der alligevel skal graves ud til nye ledninger.

Jordbundsforhold, Hvis der havde været mere tid ville det have været smart, at gennemgå boreprofiler for området således, at der nogenlunde kan estimeres hvilken type jord der graves i. Dette vil være vigtigt, da det har betydning for de to løsningsforslag i forhold til de kritiske skråninger. For spunsvægge vil det være afgørende, da det har betydning for størrelsen af spunsvæggen.

Optimering af vejkassen, I projektet er vejkassernes opbygning bestemt ud fra katalogmetoden, hvilket er en enkle metode. Det ville være smart, at forsøge, at optimere på vejkassen, fordi denne har stor betydning for de samlede anlægsomkostninger. Havde der været mere tid kunne man udføre dimensionering af vejkassen ved brug af simulering i programmet Mmopp. Ud fra dette vil det være muligt, at kunne finde en vejopbygning der vil have samme levetid, men eventuelt en lavere anlægsomkostning.

Afvanding, Ved udvidelse af Gjessøvej vil der være mere regnvand som skal håndteres og derfor vil det være nødvendigt, at projektere nye afvandingskonstruktioner. Der forventes, at der på nogle strækninger mellem Gjessø og Silkeborg vil komme meget vand grundet, at der er et højt beliggende terræn på begge sider af Gjessøvej. Grundet dette skal der langs Gjessøvej etableres grøfter, trug, dræn eller faskiner alt efter, hvad der er behov for.

Litteratur

Danmarks Statistik, **12-11-2018**. Danmarks Statistik. *BY1: Folketal 1. Januar efter byområder, landdistrikter, alder og køn*, 12-11-2018. URL http://www.statistikbanken.dk/BY1.

Fisker et al., **2011**. Søren Fisker, Inga Sørensen og Niels Leo Christensen. *Anlægsteknik 1, 3 udgave*. Hardback. Polyteknisk Forlag, 2011. Kapitel 2.

Gjessø skole, **12-11-2018**. Gjessø skole. *Gjessøs børn*, 12-11-2018. URL http://gjessoe-skole.skoleporten.dk/sp.

Landtrafik, **07-01-2018**. Landtrafik. *Dumper*, 07-01-2018. URL https://landtrafik.dk/category/dumper/.

Miljøstyrelsen, **16-11-2018a**. Miljøstyrelsen. *Vejledning om skovloven § 39 – erstatningsskov*, 16-11-2018. URL https://mst.dk/erhverv/skovbrug/lovgivning/vejledning-om-skovloven/39/#2.%20Beregning%20af%20erstatningsskov%20(bkg.%20%C2%A7%203%20%E2%80%93%205).

Miljøstyrelsen, **16-11-2018b**. Miljøstyrelsen. *Natura 2000-områderne*, 16-11-2018. URL https://mst.dk/natur-vand/natur/natura-2000/natura-2000-omraaderne/.

Miljøstyrelsen, **16-11-2018c**. Miljøstyrelsen. *Naturbeskyttelseslovens § 3*, 16-11-2018. URL https://mst.dk/natur-vand/natur/national-naturbeskyttelse/naturpleje/naturplejeguiden/naturbeskyttelseslovens-paragraf-3/.

Molio, **18-12-2018**. Molio. *Molio prisdata*, 18-12-2018. URL https://molio.dk/molio-prisdata/prisdata-footer/brug-molio-prisdata/.

Silkeborg Kommune, **12-11-2018**. Silkeborg Kommune. *Visioner, Lette trafikanter*, 12-11-2018. URL https://silkeborg.viewer.dkplan.niras.dk/plan/10#/12274.

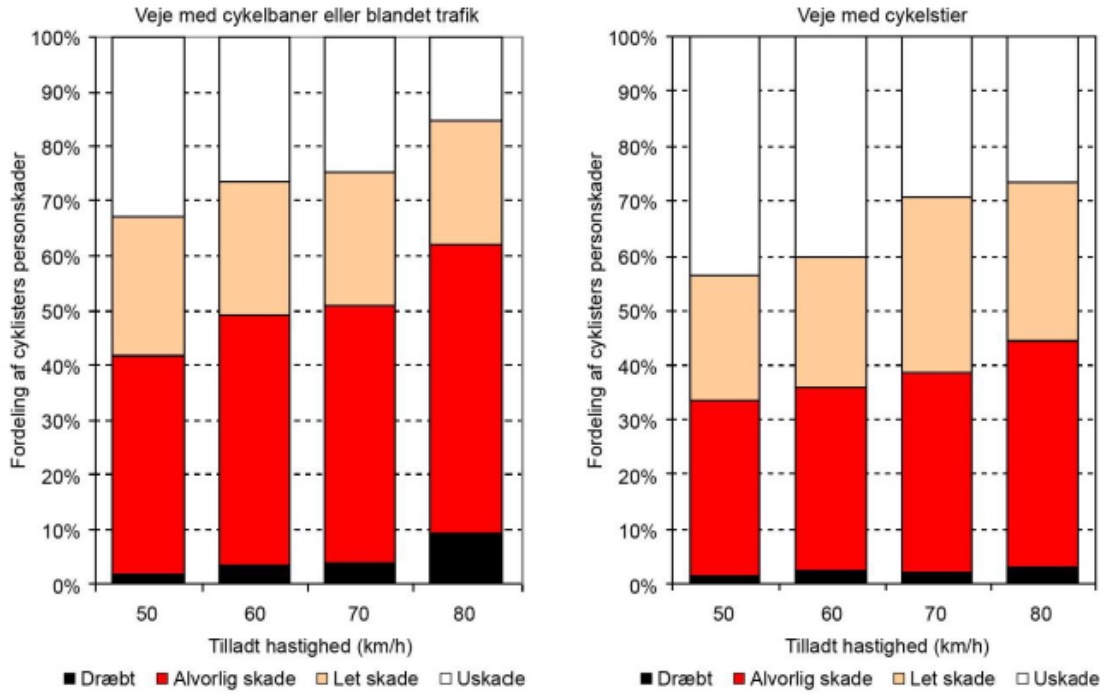
Vejdirektoratet, **17-12-2018**. Vejdirektoratet. *Statistik: Saltning og snerydning*, 17-12-2018. URL http://www.vejdirektoratet.dk/DA/vejsektor/vinter/vinterstatistik/Sider/Saltning-og-snerydning.aspx.

Vejregelgruppen, **2017**. Vejregelgruppen. *Håndbog dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninge*. Vejdirektoratet, 2017.

Vejregelgruppen, **2018**. Vejregelgruppen. *Tværprofiler i åbent land*. Vejdirektoratet, 2018.

Appendiks

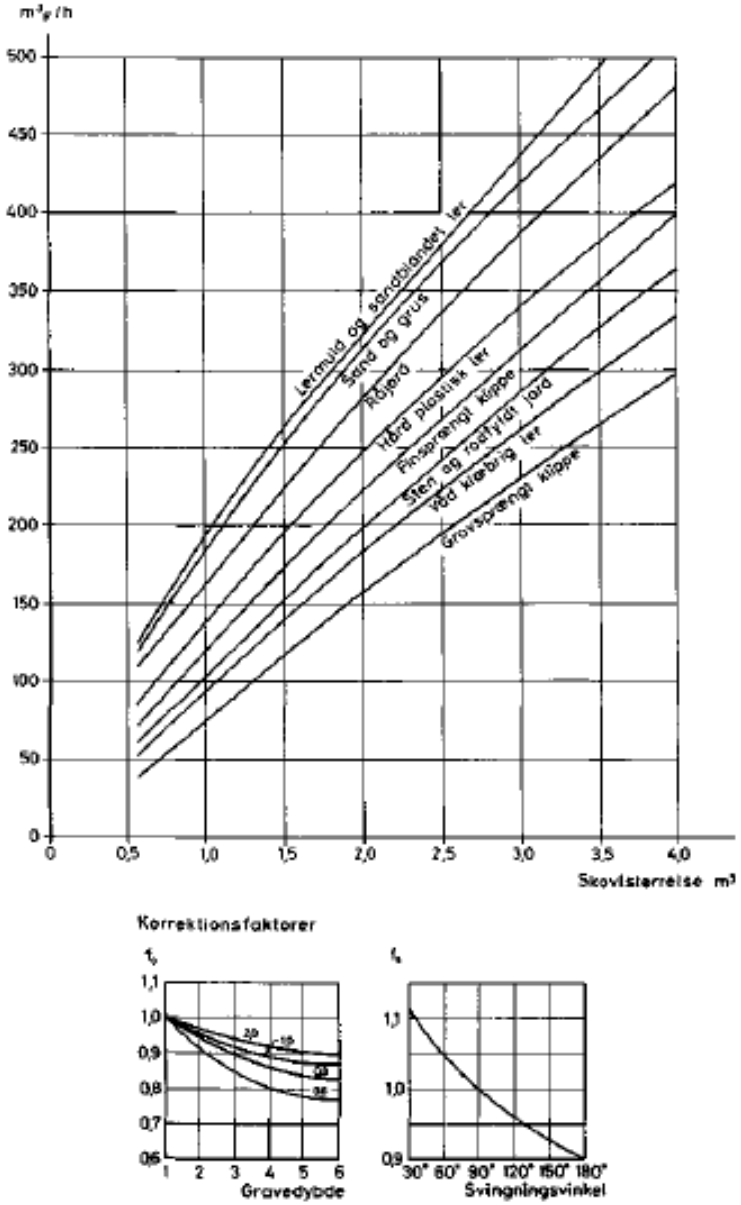
A Sammenhængen mellem cyklisters skadesgrad og bilisters hastighed



Figur A.1: Sammenhæng mellem cyklisters skadesgrad og bilhastighed. [Vejregelgruppen, 2018]

Appendiks

B Teoretisk ydeevne for hydraulisk gravemaskine



Figur B.1: Teoretisk ydeevne for hydraulisk gravemaskine for forskellige jordtyper. [Fisker et al., 2011]