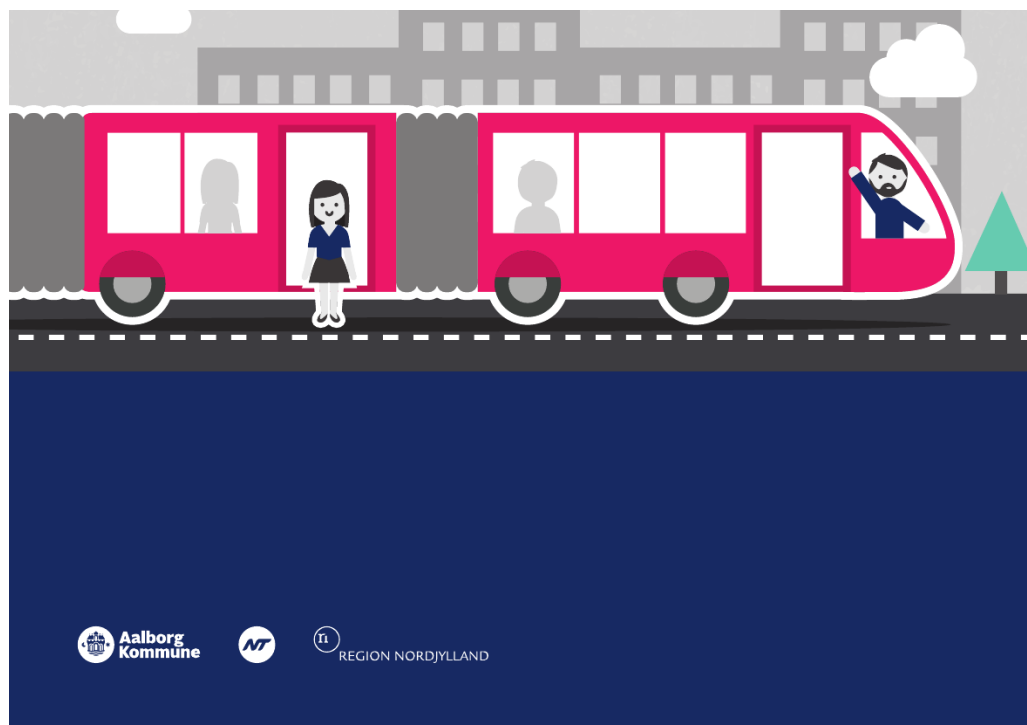


+Bus Aalborg - Ombygning af Sohngårdsholmsvej



AFGANGSPROJEKT
MICHAEL ELGAARD MORTENSEN
VEJE OG TRAFIK
AALBORG UNIVERSITET
D. 19 JANUAR 2018



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

**Det Teknisk-
Naturvidenskabelige Fakultet**
Veje og Trafik
Aalborg Universitet

Titel:

+Bus Aalborg - Ombygning af Sohngårdsholmsvej

Projektperiode:

November 2017 - januar 2018

Deltager:

Michael Elgaard Mortensen

Vejleder:

Erik Kjems

Sidetal: 48

Bilag: 18

Tegninger: 7

Afsluttet 19-01-2018

Synopsis:

Projektet tager udgangspunkt i Aalborgs planlægning af et nyt BRT-system kaldet +Bus. Rapporten omhandler en delstrækning på Sohngårdsholmsvej ved Eternitten. Delstrækningen går fra Krydset på Østre Allé til krydset ved Kridtsløjfen. I et BRT-system regnes der i store træk med, at busserne skal have eget tracé for at skabe forhøjet serviceniveau. Der bliver i skitseprojekteringen lavet på kapacitetsberegninger for strækningen samt analyseret på det nuværende tværprofil. Detten giver fundamentet til et kommende tværprofil. I detailprojekteringen bliver der arbejdet videre med valget af tværprofil fra skitseprojekteringen. Der bliver yderligere bestemt geometri for krydset ved Østre Allé samt tilpasset geometrien langs delstrækning. Slutteligt bliver der dimensioneret ny belægning for det kommende kørselsareal.

Forord

Denne rapport er udarbejdet af Michael Elgaard Mortensen diplomingeniør studerende på Veje og Trafik-uddannelsen ved Aalborg universitet. Projektperioden forløber fra d. 1. november 2017 til d. 19. januar 2018, hvor fokus i rapporten er projektering af strækningen på Sohngårdsholmsvej startende fra Østre Allè krydset og sluttende i krydset ved Kridtsløjfen og Bernstorffsgade.

Læsevejledning

Der vil igennem rapporten fremtræde kildehenvisninger, og disse vil være samlet i en litteraturliste bagerst i rapporten. Der er i rapporten anvendt kildehenvisning efter Harvardmetoden, så i teksten refereres en kilde med [Efternavn, År]. Denne henvisning fører til litteraturlisten, hvor bøger er angivet med forfatter, titel, udgave og forlag, mens internetsider er angivet med forfatter, titel og dato. Figurer og tabeller er nummereret i henhold til kapitel, dvs. den første figur i kapitel 3 har nummer 3.1, den anden nummer 3.2 osv. Forklarende tekst til figurer og tabeller findes under de givne figurer og tabeller.

Der er ingen nummerering af helside billeder, i teksten henvises der blot ved eksempelvis at skrive: "På kortet til venstre er...".

Der er vedlagt tegninger til bedre forståelse af de enkelte afsnit. Efter indholdsfortegnelsen er der en tegningsoversigt med tilhørende målestoksforhold.

Michael Elgaard Mortensen

Indholdsfortegnelse

Kapitel 1	Indledning	4
1.1	Aalborgs udvikling og fremtid	5
1.2	Letbane	6
1.3	BRT-System	7
1.3.1	BRT og andre løsninger	7
1.3.2	Erfaringer fra andre byer	8
1.3.3	Aalborgs BRT-system	9
Kapitel 2	Projektbeskrivelse	12
Kapitel 3	Skitseprojektering	16
3.1	Sohngårdsholmsvej og de omkringliggende veje og områder	17
3.2	Trafikmodel	18
3.3	Nuværende og fremtidige trafikale forhold	18
3.3.1	Trafikudvikling	19
3.3.2	Kapacitet af kryds	19
3.3.3	Cykeltrafik	22
3.4	Matrikelgrænser - Areal til rådighed	23
3.5	Nuværende tværprofil	23
3.6	Kommende tværprofil	25
3.6.1	+Bus-dimensioner	25
3.6.2	Elementdimensioner	26
3.6.3	Placering af tværprofilelementer	27
3.7	Løsningsforslag	28
Kapitel 4	Detailprojektering	30
4.1	Tracering	31
4.1.1	Linjeføring og længdeprofil	31
4.2	Trafikarealer	32
4.2.1	Tværprofilselementer	32
4.2.2	Krydsgeometri - Østre Allé	32
4.3	Afmærkning	39
4.4	Afvanding	39
4.5	Belægning	40
4.5.1	Nuværende belægning	40
4.5.2	Belægningsdimensionering	41
4.5.3	Ombygning	43
Kapitel 5	Konklusion	46
Litteratur		47

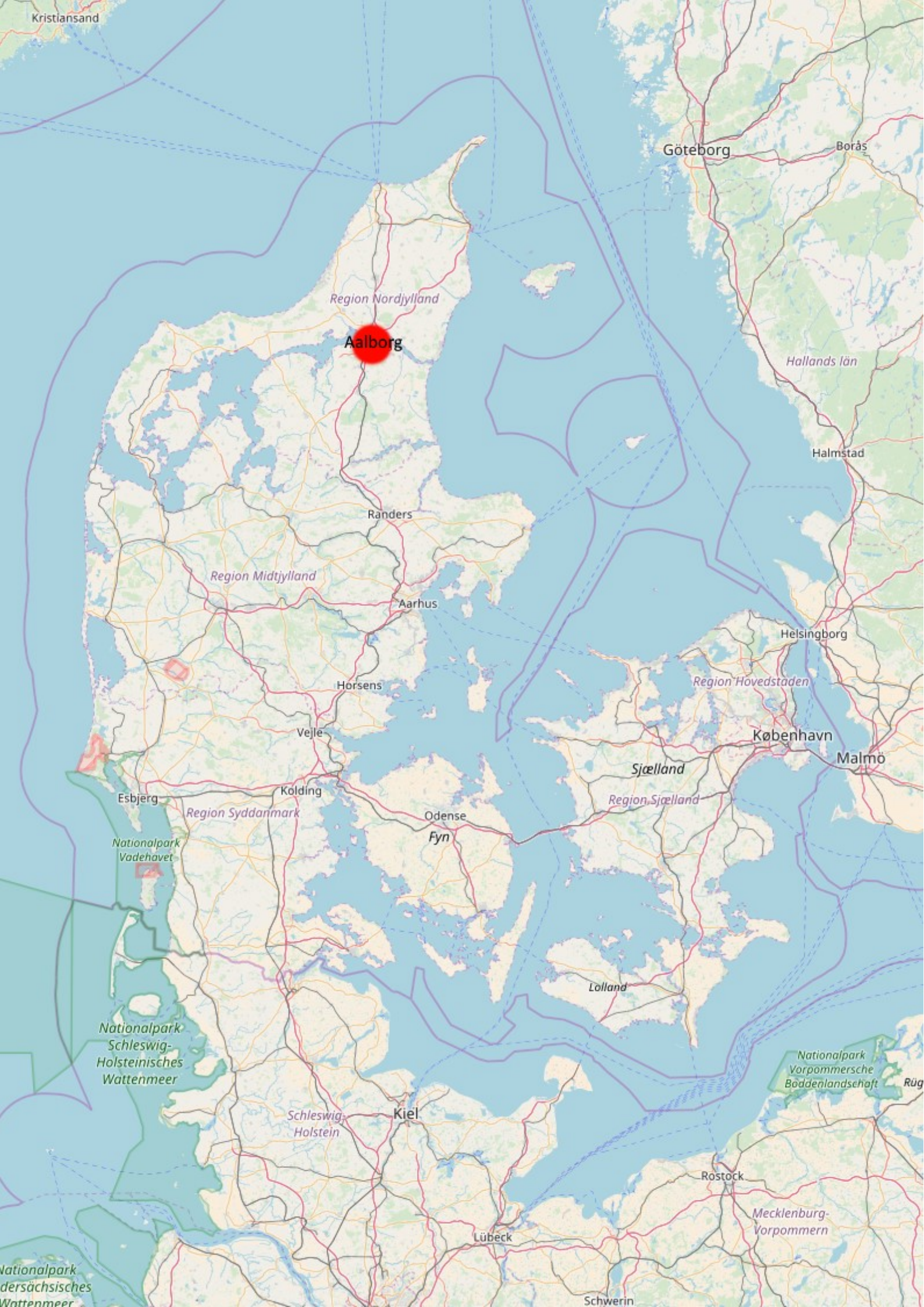
Bilag A Foranalyse	49
A.1 Terræn-, Jord-, grundvandsforhold	51
A.1.1 Terræn	51
A.1.2 Jordbundsforhold	51
A.1.3 Grundvand	53
Bilag B Boreprofiler	55
Bilag C Dankap-Belastnings-beregninger	59
C.1 Trafiktal	59
Bilag D Tracering af vej	63
Bilag E Vejbefæstelse	67

Tegningsoversigt

Tegning 1	Nuværende forhold	1:750
Tegning 2	Linjeføring	1:750
Tegning 3	Længdeprofil	1:1000
Tegning 4	Afmærkningsplan	1:250
Tegning 5	Opbrydningsplan	1:750
Tegning 6	Nuværende tværsnit	1:50
Tegning 7	Kommende tværsnit	1:50

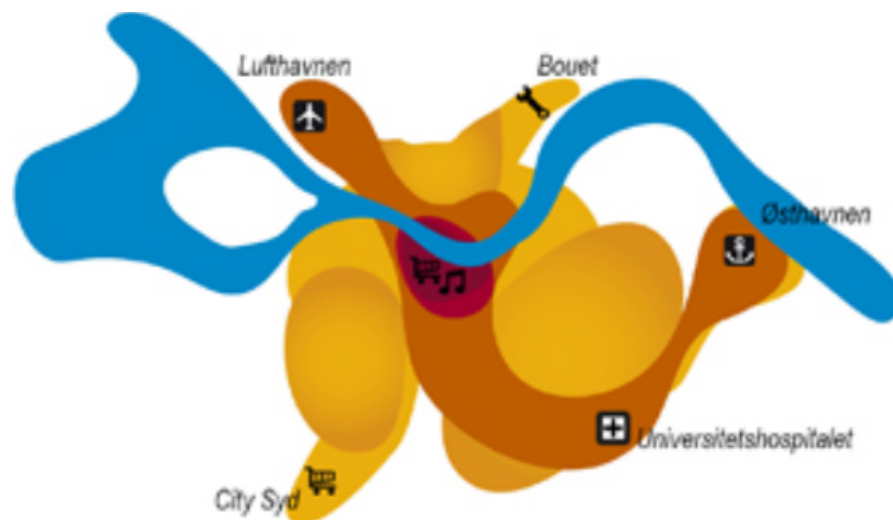
Indledning

1



1.1 Aalborgs udvikling og fremtid

Aalborg er Danmarks tredje største kommune og fjerde største by [Danmarks Statistik, 2017]. Dette gør den til Nordjyllands udviklingspunkt og forbindelse til resten af landet og udlandet. Der har de seneste årrækker været fokus på at omdanne Aalborg som industriby til nu at være en moderne studie- og oplevelsesby. Dette skulle give, som beskrevet i Aalborg Kommunes planstrategi en "Attraktiv storby", som skal danne grundlag for vækst og udvikling i form af tilflyttere (studerende), turister og industri. Dette er blandt andet sket ved at omdanne flere områder til attraktive åbne områder med plads til fællesskab, sport, leg og udfoldelse. Her står blandt andet Aalborg havnefront ud med Musikkens hus, Nordkraft, Utzon centeret og Larsen Waterfront, som værende de større arkitektoniske bygninger. Hvor det åbne rum omkring bygningerne i sammenspil med deres funktion, gør det til et attraktivt sted at opholde sig [Visit Aalborg, 2017]. Der udvikles ikke kun på områderne i centrum, også yderområderne i Aalborg er en vigtig del af udviklingen. Der i Aalborg Vest sket en renovering og udvidelse af Friluftsbadet med et dertilhørende grønt område med sportsbaner og legepladser, som giver et samlingspunkt specielt i sommermånederne. I Aalborg Øst er det det moderne videnskabssamfund, som er under udvikling med Aalborg Universitet og det nye Supersygehus i centrum. De beskrevne områder er alle med til at danne en vækstakse, som Aalborg kommune specielt har sat sig for mål at udvikle indenfor. Vækstaksen er illustreret på figur A.4 [Aalborg kommune, 2017].



Figur 1.1. Aalborgs vækstakse markeret med mørkebrun [Aalborg kommune, 2017b].

Kommunens udviklingsplaner skaber flere problemstillinger for infrastrukturen, som skal løses. Der er allerede et stort pres på de mest benyttede veje og parkeringsmuligheder i Aalborg. Dette samtidig med den stigende udvikling af antallet af arbejdspladser og uddannelsespladser, gør at Aalborg kommune vil ændre balancen i trafikken ved at tænke mere bæredygtigt med cykeltrafik og offentlig transport. Netop den offentlige transport er et vigtigt omdrejningspunkt, da denne kan være med til at binde Aalborgs områder sammen.

Det efterlader Aalborg med samme problemstilling, som mange andre europæiske byer.

Udfordringen ved at udvikle det økonomiske centrum, samtidig med at udvikle byen til et attraktivt sted at leve og bo. Denne udfordring, udfordringen af kapaciteten på vejene og klimamålene der skal leves op til i 2030 gør, at der rettes specielt fokus mod infrastrukturen. Det har gjort, at mange byer har fået løsninger som metroer, letbaner, supercykelstier m.m.

Med vækstaksen fastsat, en planlægning af 5.000 nye boliger og 3.000 nye arbejdspladser, er der dannet grundlag for placering og anlæggelsen af et nyt kollektiv højklasse trafiksystem. Et system, der kan hjælpe Aalborg og dens kapacitets problemer, og fortsætte udviklingen af byen.

Der er i Aalborg arbejdet med to højklasse løsninger. En busbaseret løsning med "Bus Rapid Transit" og en spurvognsløsning i letbanen. Begge begreber forklares i det i afsnit 1.2 og 1.3 [Cowi, 2014b].

1.2 Letbane

Letbanen, som var den oprindelige løsning til Aalborgs trafikale fremtid, er illustreret på figur. 1.2. I år 2004 kom overgangen til en ny kollektiv trafikplan, hvor det nye metrobusnet blev skabt og i år 2008 kom ambitionerne om et letbane-system. Et system, der vil gøre det attraktivt at bosætte sig og etablere virksomhed i nærområdet. En letbane skaber investeringsmuligheder og vækst i byen. Samtidig har den en stor kapacitet og kan transportere store mængder passagerer med en høj frekvens. Letbanen har et stort komfort- og serviceniveau, og gør det meget attraktivt at køre med, og kan derfor flytte en stor mængde trafikanter over til den kollektive trafikdel [Aalborg kommune, 2017a].



Figur 1.2. Eksempel på letbanens udseende på strækningen på boulevarden [Cowi, 2014b].

Der blev i finansloven i år 2015 afsat 830 millioner kroner til en ny letbane i Aalborg, som sammen med København og Odense skulle følge Århus i udviklingen af et letbanesystem. Statstøtten gjorde at Aalborg kunne arbejde videre med det store projekt, som havde en forventet pris på cirka 1,8 milliarder [Århus Letbane I/S, 2014]. Da der i slutningen af år 2016 kom et regeringsskift, besluttes det fra regeringens side at slette Aalborgs tilskud til en letbane fra finansloven. Det har gjort at Aalborg kommune har måtte tænke alternativt

for at finde en anden løsning på de trafikale udfordringer nu og i fremtiden [Maja Mohr Mortensen, 2015].

1.3 BRT-System

BRTS står for "bus rapid transit system". Et eksempel er vist på figur 1.3. Systemet bygger på busprioritering og giver busserne og passagererne flere fordele i forhold til fremkommelighed og komfort. Dets væsentlige elementer er høj rejsehastighed, stor kapacitet og høj frekvens af køretøjerne, samt eget bustracé. Elementerne skal give hele systemet en identitet og gøre det til en del af bymiljøet. Hvis BRT-systemet bliver integreret i bytrafikken, så det fungerer optimalt, burde det køre med næsten samme serviceniveau som en letbane eller metrolinje.



Figur 1.3. Eksempel på BRT-system med eget tracé [Institute for Transport and Development Policy, 2017].

Den høje fremkommelighed og lette af og påstigning er essentiel for BRT-systemets succes. Derfor er omdrejningspunktet det prioriterede tracé, og det bør kun få steder og over korte stræk være afbrudt. Det er et system, der med den megen prioritet og gode komfort skal tilgodese passagererne og gøre det attraktivt at vælge kollektiv trafik. BRT-systemet er brugt flere steder i verden, blandt andet i Asien og USA, også herhjemme i skandinavien er systemet brugt. Her har for eksempel Malmø ændret deres planlægning fra en letbane til i stedet at anlægge BRT-system, den samme løsning som Aalborg kommune nu har valgt.

1.3.1 BRT og andre løsninger

Når der skal vælges en løsning af et kollektiv trafiksystem er der mange forskellige faktorer, der skal kigges på. Hvor mange passagerer stiles der efter at fragte, hvor hyppigt og effektivt skal det gøres, hvad har byrummet plads til, og hvilken løsning kan løbe økonomisk rundt. Kapaciteten for de forskellige systemer er vist på figur. 1.4.

Busser

Almindelige busser kan binde mange byer sammen næsten uafhængigt af størrelse, der kan indsættes de ruter og afgange, der er behov for uden videre konsekvenser. Ruter kan omlægges og ændres næsten dag til dag. Dette gør busserne fleksible og nemmere

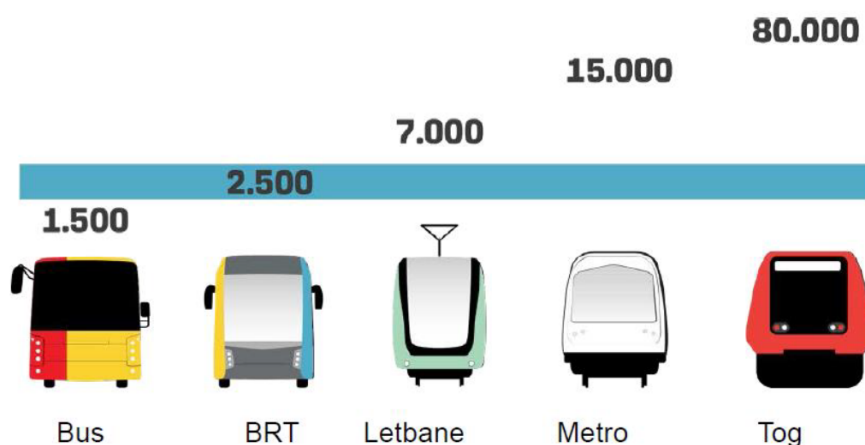
at korrigere med. Busserne er dog en del af det normale trafiksystem, og kan forstyrre dagligdagstrafikken med deres mange stop og ringe fart. De kan blive fanget i lange køer som almindelig trafik, og de er derfor sjældent en fordel at tage tidsmæssigt.

BRT-system

BRT-busserne er fri for den almindelige trafiks trængselsproblemer med sit eget tracé og prioritering i lyskrydsene. BRT-busserne kan derfor køre med minimums forsinkelser, sidder aldrig fast i trafikken og kan køre med større kapacitet end almindelige busser. Med BRT opnås altså næsten en letbane standard med færre omkostninger. Det kræver ydermere mindre omkostninger at omlægge ruterne, og disse kan muligvis bruges til bilkørsel, hvis det bliver nødvendigt.

Letbane- og metrosystem

En letbane eller metrolinje giver den maksimale mulighed for at udvikle de områder, den er placeret i. Den giver mulighed for at fragte større mængder passagerer end BRT-systemet og buslinjerne. De skinne baserede køretøjer, giver mulighed for at koble på iforvejen lagte skinner. I Aalborg vil det for eksempel være muligt at koble systemet på Jernbanebroen. Disse linjer giver gode investeringsmuligheder, for når skinnerne først er lagt, ligger disse fast, og vil ligge i mange år. Dette er dog en dyr investering for byen, og der skal tages forbehold om byen kan levere den nødvendige mængde passagerer.



Figur 1.4. Kapacitet af forskellige transportformer angivet i kapacitet pr. time pr. retning. Kapaciteten er opgjort i runde tal [vejdirektoratet, 2016a].

1.3.2 Erfaringer fra andre byer

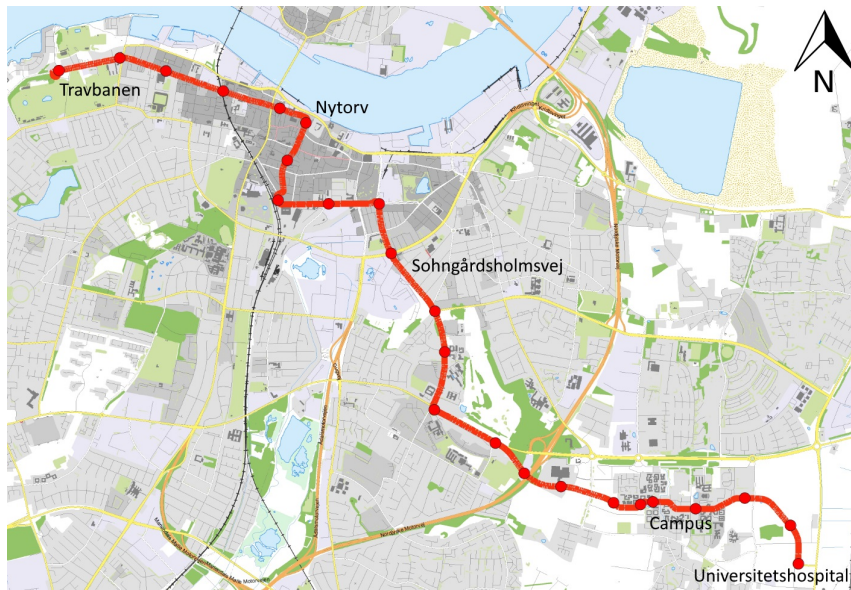
Mulighederne for at drage erfaringer fra andre byer er store. BRT-systemer verden over transportere tilsammen cirka 32 millioner passagerer og er udbredt i over 165 byer. Mest udbredt er systemet i Latinamerika, hvor 54 byer gør brug af BRT. I Europa, som er mere sammenligneligt med Aalborg, bruges systemet i 44 byer og fragter tilsammen 1,6 millioner mennesker dagligt. Her er Frankrig det land, der har anlagt flest BRT-systemer, hvor 21 byer bruger dette. Også Sverige er med på BRT-bølgen, hvor Malmø som nævnt skiftede fra letbane til BRT-system. Derfor kan der hentes mange data og meget erfaring fra byer, der tilnærmelsesvis kan minde om Aalborg [Global BRT Data]. Her er der hentet flest oplysninger fra de franske baner, hvor strækninger fra Nantes, Bordeaux og Lyon er brugt

i forhold til blandt andet vedligehold.

Erfaringer kan hentes nært og fjernt, og hvor der er flere positive oplevelser, findes der også enkelte negative. Her er et eksempel blandt andet fra Delhi i Indien. En storby der som så mange andre storbyer har store trafikale problemer grundet mængden af biltrafik. Det førte til at byen i 2008 åbnede en BRT-linje dimensioneret til 12.000 passagerer pr. time. Modsat mange andre storbyer fejlede BRT implementeringen. BRT-systemet er ikke bedre end den mængde penge og plads, der bliver lagt i projektet. Dette er det indiske projekt et eksempel på. I dette tilfælde blev busbanerne i 2012 åbnet for almindelig trafik, skylden ligger på prioriteringen af systemet. Her fik byen dårlige busser, der brød sammen. Flere steder på strækningen var BRT-busserne en del af det normale trafiksystem, og de blev derfor ramt af de sædvanlige forsinkelser. Det blev derfor ikke nogen fordel at køre med BRT-busserne fremfor almindelige busser [Tanvi Misra, 2016]. En advarsel til andre byer med henblik på at implementere BRT-systemet. Systemet skal have plads og prioritering næsten som en letbane eller metro.

1.3.3 Aalborgs BRT-system

Aalborg har været nødsaget til at planlægge et BRT-system fremfor en letbane grundet den nye finanslov uden statsstøtte til Aalborg Kommune. Dette er nødvendigvis ikke en dårlig løsning, og systemet kan muligvis bringe det samme til byen, som en letbane vil kunne. Problemet nu og her er på den belastede linje 2, som +busserne skal erstatte. Den årlige passagermængde for denne linje er cirka 4 millioner, det svarer til cirka 14.000 daglige rejsende [Aalborg kommune, 2017a]. Det medfører at linjen er plaget af forbi kørsler forårsaget af overfyldte busser. Når busser er tvunget til at køre med høj frekvens, medvirker de samtidig til kapacitets problemer på vejene, da de optager megen plads og giver anledning til kødannelse [Kommune, 2016]. Blandt andet derfor er der brug for et nyt system. +Bus linjeføringen er vist på figur 1.5. Linjen skal skabe sammenhæng i byen og binde de åbne områder i Vestbyen og det nye Universitetshospital sammen med Aalborg Centrum. Linjeføringen er illustreret i sammenhæng med vækstaksen på figur. 1.6.



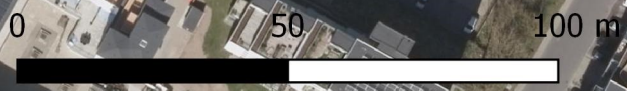
Figur 1.5. +Bus linjeføringen [Aalborg kommune, 2017b].



Figur 1.6. +Bus linjeføringen illustreret i sammenhæng med vækstaksen [Aalborg kommune, 2017a].

Projektbeskrivelse

2



På baggrund af Aalborg kommunes valg om at anlægge et BRT-system gennem Aalborg, vil dette projekt tage udgangspunkt i en mindre delstrækning af den 11 km lange linjeføringen. Delstrækningen er illustreret på figur 2.1, og går fra krydset på Østre Allé til krydset ved Kridtsløjfen og Berstorffsgade. Hvor der i projektet vil blive gennemgået de nødvendige analyser af strækningen og nærområdet, så en projektering af omlæggelsen kan laves. Det indebærer analyser af de eksisterende forhold. Det vil sige de trafikale forhold på vejen og i området, det nuværende tværprofil og vej-kassen opbygning, jordbundsforholdene og de topografiske forhold. Disse analyser skal danne grundlag for detailprojekteringen.



Figur 2.1. Delstrækningen projektet tager udgangspunkt i.

Skitseprojektering

3

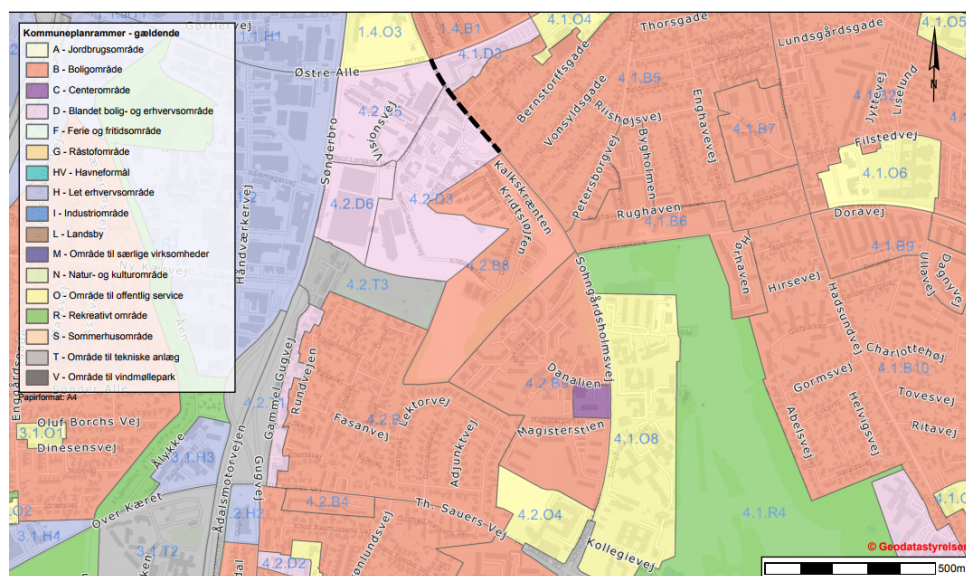


0 50 100 m

I dette kapitel vil der analyseres på projektsstrækningen og området omkring. Der vil ud fra trafiktal, arealbehov af +bussen og tilrådighedsarealet på strækningen vælges et tværprofil, der arbejdes videre med i detailprojekteringen.

3.1 Sohngårdsholmsvej og de omkringliggende veje og områder

Sohngårdsholmsvej er en kommunevej, hvor store dele af strækningen inklusiv projektets delstrækning er klassificeret som en trafikvej. Vejtyperne klassificeres indenfor 2 funktionelle vejklasser; lokalveje og trafikveje. En funktionel kategorisering er logisk på flere punkter, da det ikke er muligt at tilgodese alle typer af trafikanter på en gang. Derfor har de forskellige vejklasser forskellige typer af formål og funktioner. Vejklassen "lokalvej" skal være brugbar for størstedelen af trafikklasserne, og skal skabe tilgængelighed mellem de forskellige områder og trafikvejene. Tilgængeligheden er derfor i fokus frem for fremkommeligheden, og planlægningshastigheden er derfor gerne lavere. Modsat lokalvejene skal trafikvejene håndtere den gennemkørende trafik, trafikken ud til de forskellige byområder samt trafikken til og fra byen. Der er derfor et større fokus på fremkommeligheden på en sådan strækning [vejdirektoratet, 2012]. Sohngårdsholmsvej er som nævnt en trafikvej, og den skaber et bindeled mellem Th. Saurers Vej i syd og Østre Allé i nord markeret på figur 3.1.



Figur 3.1. Sohngårdsholmsvej illustreret med stiblet linje samt vedtaget kommuneplansrammer [Aalborg Kommune, 2017].

Sohngårdsholmsvej har ydermere den funktion at binde lokaltrafikområderne på de andre trafikveje. Det ses på kommuneplansrammerne på figur 3.1, at Sohngårdsholmsvej har flere offentlige serviceområder, dvs. skoler, andre institutioner og offentlige erhvervsbygninger. Samtidig er strækningen placeret, så oplandet er bestående af flere boligområder. Dette tilsammen genererer en større mængde trafik på vejen og giver en opregnet ÅDT på 11.570 i år 2016. Den store mængde trafik og vejens funktion gør, at der er valgt en planlægningshastighed på 50 km/t, som på de omkringliggende trafikveje, størstedelen

af boligområderne bestående af lokalveje har en planlægningshastighed på 40 km/t. Et oversigtskort af de i området skilte hastigheder er vist på figur 3.2.



Figur 3.2. De skilte hastigheder på strækningerne.

3.2 Trafikmodel

Når der skal projekteres en ombygning af en strækning, er det vigtigt at analysere den nuværende trafik og skabe en model af den fremtidige. Det er vigtigt, da vejene har nogle funktionelle og hastighedsmæssige krav at holde eller skabe. Derfor er valget af tværprofilet, afmærkningen og hastigheden af stor betydning og de tages på baggrund af trafikanalyserne og de funktionelle krav.

+Bus er et projekt med et stort omfang, der tager længere tid at planlægge og anlægge. Der er siden projektets påbegyndelse sat et forventet indvigelses år i 2020. Grundet omfanget og betydningen af projektet, skal der opstilles større trafikale analyser, som giver et billede af trafikken i fremtiden. Der er i forbindelse med +Bus lavet datasæt til 2025 via Aalborg Trafikmodel (ATM). Denne model bygger på de samme overordnede principper som den nye Landstrafikmodel, modellen for Århus og modellen for Odense og er en grundlæggende vækstfaktormodel. Trafikmodellen er meget kompleks, og det overordnede princip tager udgangspunkt i observeret turtabel, som er data om den nuværende og tidligere situation. For ATM tages der udgangspunkt i bybustrafik fra år 2011 og biltrafik fra 2013. Trafikmodellen indeholder 340 delområder og 2.619 vejstrækninger og bliver opsat med nogle forventede stigninger og tab, samt spring i trafikantgrupperne. De opnåede resultater ved en sådan model er med flere usikkerheder, da den baseres på flere stikprøver og gennemsnitsbetragtninger. Den kan dog samtidig give et muligt billede af effekten af +Bus-projektet. [Cowi, 2014a].

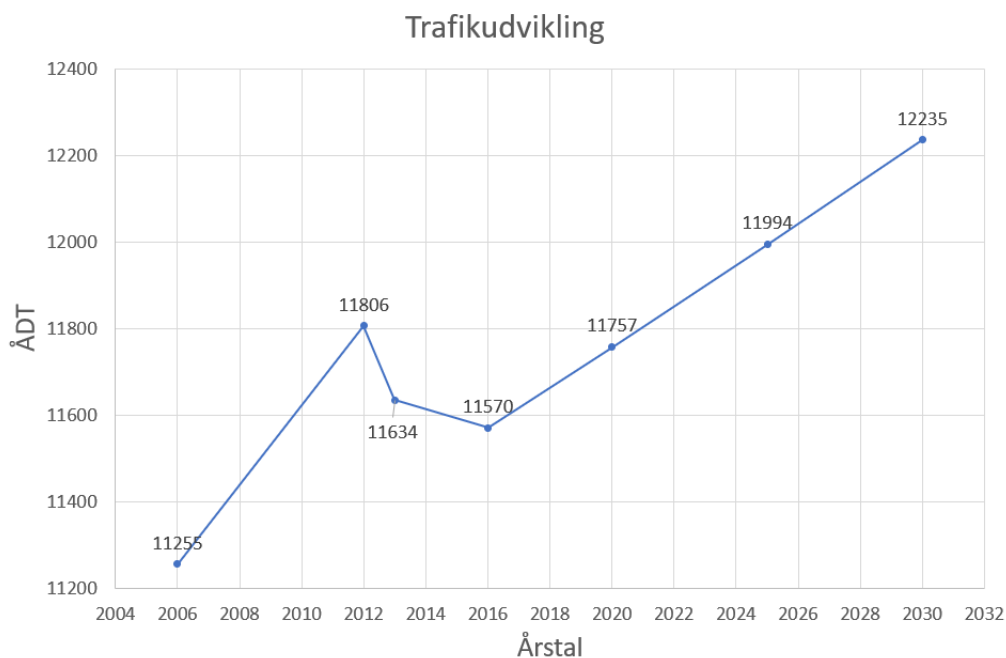
3.3 Nuværende og fremtidige trafikale forhold

Som beskrevet i afsnit 3.1 skaber Sohngårdsholmsvej forbindelse mellem Østre Allé og Th. Saur's Vej, samtidig med at flere institutioner, arbejdspladser og boligområder er placeret

op ad strækningen, gør at der bliver genereret en del trafik på vejen. Der blev i 2016 målt en ÅDT på 11.570 køretøjer.

3.3.1 Trafikudvikling

Ved årsdøgns trafik forstås den gennemsnitlige trafik pr. døgn på et år i et givent snit. Den beregnede ÅDT for årene 2006, 2012, 2013 og 2016 samt fremskrivningen fra år 2016 til år 2030 er vist på figur 3.3. ÅDT'en kan være med til at give et billede af vejens belastningsniveau, som viser sammenhængen mellem vejens trafikintensitet og dens kapacitet. Der dimensioneres ikke efter den time på året med størst trafikintensitet. Det gøres der ikke af anlægsøkonomiske årsager, da vejen på dette tidspunkt kan forekomme væsentligt mere belastet, end den er det meste af året. Der kan derfor spares mere ved at dimensionere efter 30. eller 100. største time, og dermed acceptere at vejen enkelte gange om året bliver overbelastet.



Figur 3.3. ÅDT for Sohngårdsholmsvej med fremskrivning på 0,4% fra år 2016 til år 2030.

Aalborg Kommune har opsat en generelt fremskrivningsfaktor af trafikken på 1,73%, som blandt andet benyttes i VVM-undersøgelsen for den 3.limfjordsforbindelse. Fremskrivningsprocenten vurderes til at være for høj i forhold til Sohngårdsholmsvej reelle udvikling fra 2006 til 2016. Derfor antages der en ny fremskrivningsprocent på 0,4%. +Bus skal stå klar i 2020 og der skal dimensioneres for 10 år frem. Hvor Aalborg trafikmodel regner frem til år 2025, hvil der for dette projekt dimensioneres frem til år 2030 [Aalborg kommune, 2017a].

3.3.2 Kapacitet af kryds

I byerne er det oftest kryds, der skal kunne klare belastningerne og få trafikken til at løbe gnidningsfrit. Dette er også tilfældet for projektsstrækningen. Her er der kun cirka 80 m almindelig 2-sporet vej, hvor der på resten af strækningen er anlagt svingbaner som en del af krydsene.

Derfor skal der, når der regnes for kapacitet for strækningen regnes for krydsene i hver ende for at give et mere konkret billede af den nuværende situation. Der er for krydsene beregnet en belastningslastningsgrad, middelforsinkelsesgrad og Kølængde i tilfartssporet. Resultaterne er beregnet i Dankap, og er beregnet ud fra en krydstællinger lavet af Aalborg kommune. Trafiktællingerne er vist i Bilag C.

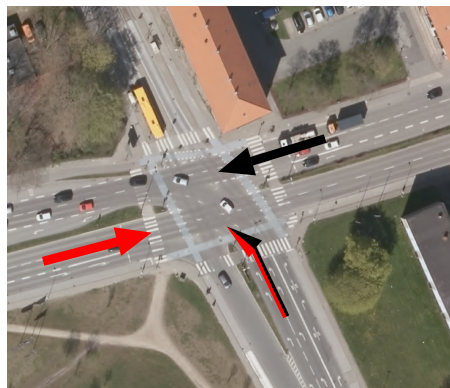
Kryds - Østre Allé

Der vil i det følgende blive analyseret på resultaterne fra Dankap. Der er regnet belastningsgrader ud fra en morgen- og eftermiddagsspidsstimer i krydset.

Figur 3.4 viser de 4 mest belastede spor, hvor resultaterne er vist på figur 3.5. Det anbefales at der ikke overstiges en belastningsgrad på 0,7 i nogle af grenene.

De beregnede belastningsgrader viser, at trafik fra Sohngårdsholmsvej drejende mod vest i krydset, får højere middelforsinkelser end resten af krydset. Samtidig er disse 2 grene de mest belastede i begge spidstimer.

Det ses yderligere på resultaterne, at belastningen på Østre Allé er øst vendt i eftermiddagstrafikken. Hvor den i morgenspidsstimen er belastet i østkrydset kørende mod vest. Dette skyldes trafikken kommende fra motorvej E45, og som skal mod de forskellige erhversområder i centrum og omegn. Retningen skiftes grundet kørsel til og fra arbejdet.



Figur 3.4. Oversigt over mest belastede kørespor i krydset ved Østre Allé.

Signalreguleret kryds - Resultat

Østre Allé

3600

Trafik: Østre Allé - **Morgen** - 2017

Klokken 8-9

Parametre: Vejregler

Vejgren	Kørespor	Middelforsinkelsen t og kølængden n i tilfartsspor		
		B	t sek/Kt	n _{5%} Kt
Østre Allé vest	L	0.62	19	10
Østre Allé vest	L	0.62	19	10
Østre Allé vest	H	0.63	9	10
Østre Allé øst	V	0.30	13	1
Østre Allé øst	L	0.82	30	13
Østre Allé øst	L	0.82	30	13
Sohngårdsholmsvej	V	0.82	50	7
Sohngårdsholmsvej	V	0.82	50	7
Sohngårdsholmsvej	L	0.05	13	1
Sohngårdsholmsvej	H	0.16	14	1
Børnholmsgade	L	0.16	19	1

Østre Allé

3600

Trafik: Østre Allé - **Eftermiddag** - 2017

Klokken 15.15-16.15

Parametre: Vejregler

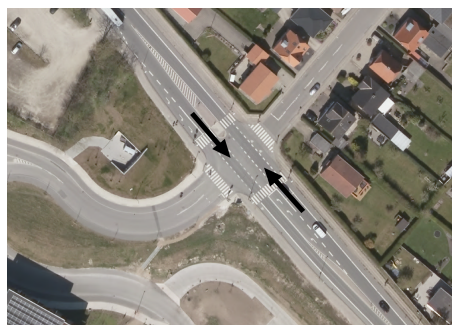
Vejgren	Kørespor	Middelforsinkelsen t og kølængden n i tilfartsspor		
		B	t sek/Kt	n _{5%} Kt
Østre Allé vest	L	0.80	26	14
Østre Allé vest	L	0.80	26	14
Østre Allé vest	H	0.59	8	10
Østre Allé øst	V	0.44	17	1
Østre Allé øst	L	0.58	20	10
Østre Allé øst	L	0.58	20	10
Sohngårdsholmsvej	V	0.82	49	8
Sohngårdsholmsvej	V	0.82	49	8
Sohngårdsholmsvej	L	0.05	14	1
Sohngårdsholmsvej	H	0.28	16	5
Børnholmsgade	L	0.15	20	1

Figur 3.5. Kapacitets beregninger for spidstimen om morgenen og eftermiddagen.

Kryds - Kridtsløjfen

Der er indsamlet krydsdata for samme tidsperiode som i krydset ved Østre Allé. Figur 3.6 viser de mest belastede spor i krydset. Figur 3.7 viser de beregnede resultater. Det at sporet Sohngårdsholmsvej bliver belast 0,99 i eftermiddagsspidstimen og ydermere har middelforsinkelse på 79 sek/kt. Der ses i Bilag C med krydstællingen, at der i eftermiddagsspidstimen drejer 103 biler ind på Bernstorffsgade fra venstresvinget mod syd. Det giver stor kø bagud, og det kan være svært at dreje grundet den store modsatrettede trafikstrøm. Det kan yderligere ud fra trafiktallene i bilag C ses, at der drejer en væsentlig større del trafik ind ad Bernstorffgade om eftermiddagen, end der kører ud om formiddagen. Det kan skyldes en specielhændelse på tællingsdagen, forskellige kørselrutiner, dvs. forældre der skal aflevere børn i institutioner, og derfor kommer ad en anden vej hjem eller generelt to forskellige veje at komme til og fra arbejde på.

Den stor belastning kan minimeres ved at omlægge højre svingbane ind mod Kridtsløjfen, til at være mod Bernstorffgade. Det vil forhindre de ligeudkørende køretøjer i at blive forsinket af den venstresvingende trafik. Ud fra beregningerne burde det i dag være et større kapacitetsproblem, bilister vælger i nogle tilfælde at afvige fra vognbanen, og i stedet overhale via den nuværende højre svingbane. Derfor vil situationen på strækningen være lidt anderledes.

**Figur 3.6.** Oversigt over mest belastede kørespor i krydset ved Kridtsløjfen.

Kridtsløjfen
3600
Trafik: Nykridtsløjfen - Morgen
Klokken 8-9
Parametre: Vejregler

Vejgren	Kørespor	Middelforsinkelsen t og kølængden n i tilfartssporet		
		B	t sek/Kt	n _{5%} Kt
Kridtsløjfen V	VLH	0.52	27	3
bernstorffsgade	VLH	0.52	28	4
Sohngårdsholmsvej sydV		0.02	5	1
Sohngårdsholmsvej sydLH		0.46	3	7
Sohngårdsholmsvej nordVL		0.59	12	9
Sohngårdsholmsvej nordH		0.00	4	1

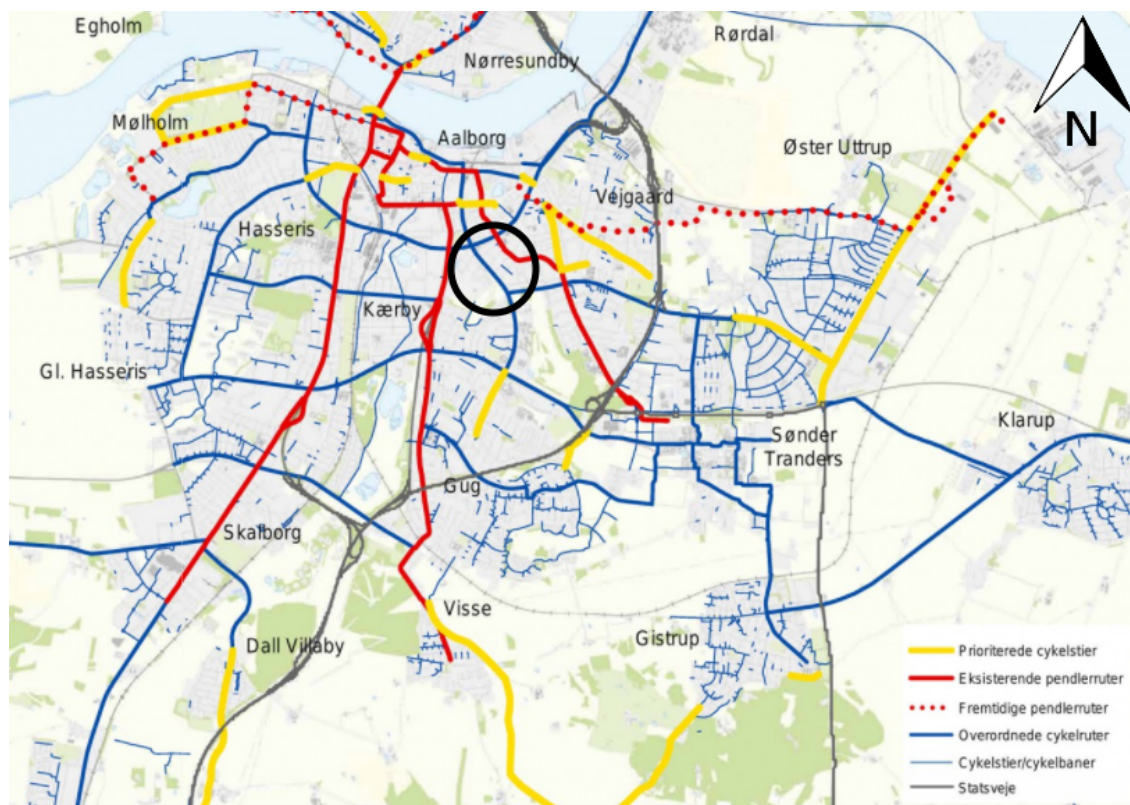
Kridtsløjfen
3600
Trafik: kridtteftermiddag2017
Klokken 15-16
Parametre: Vejregler

Vejgren	Kørespor	Middelforsinkelsen t og kølængden n i tilfartssporet		
		B	t sek/Kt	n _{5%} Kt
Kridtsløjfen V	VLH	0.49	23	4
bernstorffsgade	VLH	0.23	20	1
Sohngårdsholmsvej sydV		0.07	10	1
Sohngårdsholmsvej sydLH		0.52	4	8
Sohngårdsholmsvej nordVL		0.99	79	13
Sohngårdsholmsvej nordH		0.01	4	1

Figur 3.7. Dankap-resultater beregnet for Kridtsløjfen.

3.3.3 Cykeltrafik

For Sohngårdsholmsvej er der også en del Cykeltrafik. Der er i 2012 målt en ÅDT på 698 cyklister/d. Dette tal skal bruges med forbehold, og der bør laves en ny trafiktælling. Tællingen fra 2012 ligger før anlæggelsen af de nye supercykelstier gennem Aalborg samt lukningen af Aalborg Universitets bygninger på Sohngårdsholmsvej. Tallet bruges stadig til at vurdere, at Sohngårdsholmsvej bruges af cykeltrafikkanter, dog mindre end de omkringliggende trafikveje. På figur 3.8 vises Aalborgs overordnede cykelstinet.



Figur 3.8. Cykelstinet i Aalborgn - Projektområdet er mærkeret med sort cirkel.

3.4 Matrikelgrænser - Areal til rådighed

Et BRT-system fylder meget i bybilledet, og kræver et stort tværprofil, hvis der skal være prioriteret busbaner. Derfor skal der være styr på det tilrådige areal og hvilket tværprofil, der er plads til. Der er på denne strækning et anlægsmuligt areal på cirka 7.500 m² tilrådigt. Arealet er illustreret på figur 3.9.



Figur 3.9. Det tilrådige areal mellem matriklerne.

Mellem matrikelgrænserne er der bredder fra 20 m til 38 m tilrådighed for et kommende tværprofil. Størstedelen af strækningen viger fra 20-21 m i bredde fra station 100 - 287. Omkring projektstrækningens 2 kryds er der bredder til rådighed på 38 m. Selvom der afgrænses fra resten af Sohngårdsholmsvej, skal der kigges på en løsning, der kan passe på hele strækningen. På Sohngårdsholmsvej kommer den til rådige bredde ikke under 20 m på hele strækningen. Projektstrækningen har derfor tilnærmelsesvis det smalleste tværsnit på hele Sohngårdsholmsvej, og derfor burde løsningen for denne del være tilstrækkelig for hele vejen.

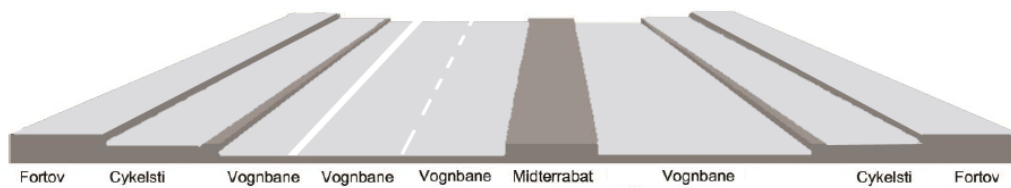
3.5 Nuværende tværprofil

Den nuværende strækning består af flere tværprofiler, da der er kryds i hver ende. Profilet mellem de 2 kryds er en 2-sporet vej med cykelbaner og fortov i hver retning.

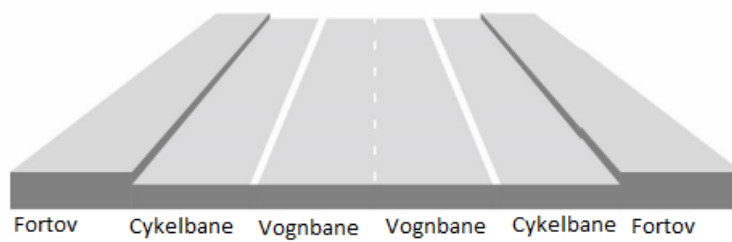
Den nuværende vej er vist på *tegning 1* og viser areal med midterheller, fortov, cykelsti samt cykel- og kørebane. Tværprofilerne er vist på figur 3.11, 3.12, 3.13 og 3.14. En oversigtstegning af de 4 snit, er vist på figur 3.10



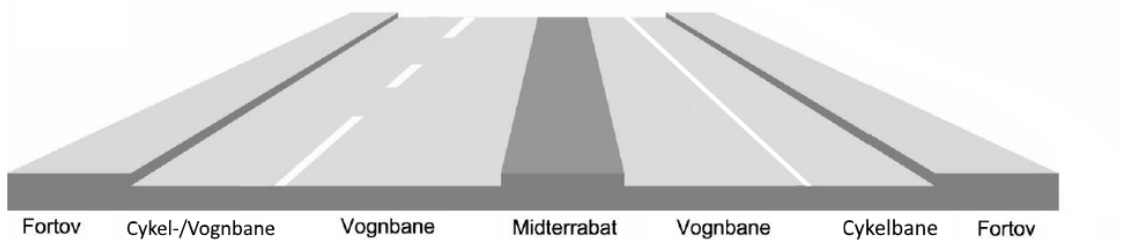
Figur 3.10. Tværprofil - Krydset ved kridtsløjfen nordlig del set mod nord.



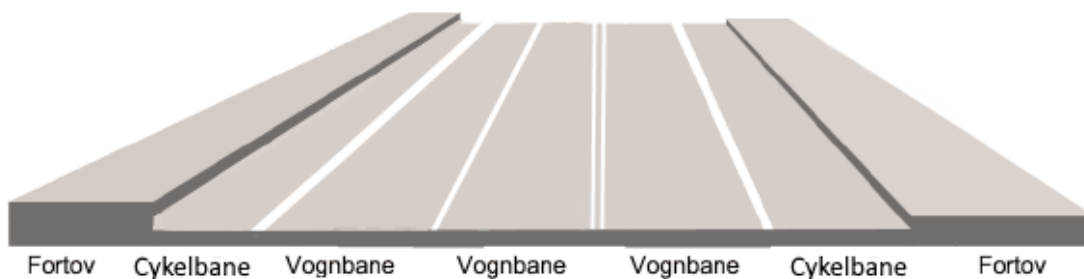
Figur 3.11. Nuværende tværprofil ved snit A-A



Figur 3.12. Nuværende tværprofil ved snit B-B.



Figur 3.13. Nuværende tværprofil ved snit C-C.



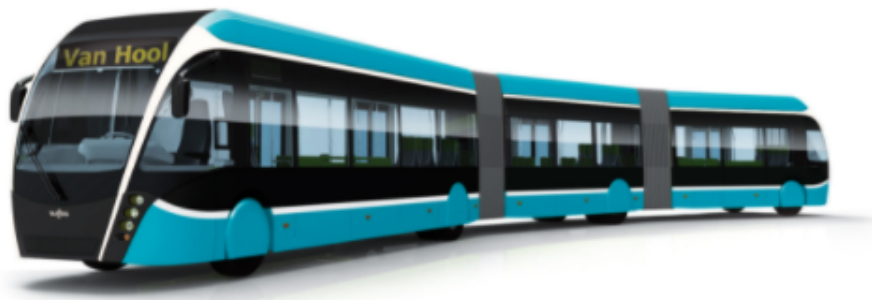
Figur 3.14. Nuværende tværprofil ved snit D-D.

3.6 Kommende tværprofil

Sohngårdsholmsvejs trafikklasse skal forblive en trafikvej med en skiltet hastighed på 50 km/t. Grundet udviklingen af trafik og den i forvejen store mængde på vejen, kan der ikke minimeres på mængden af kørespor og svingbaner. Kapaciten af vejen skal derfor som minimum holdes på samme niveau. Derfor bliver der for denne strækning placeret et prioriteret +bus-spor, imens det samme antal vognbaner beholdes. Der forventes stadig at komme en større mængde lette trafikkanter i form af cyklister og gående, derfor skal der beholdes plads til disse. Vejen kommer derfor som udgangspunkt til at bestå af følgende tværprofilelementer: Fortov, cykelsti, vognbane og busbane samt heller i krydsene.

3.6.1 +Bus-dimensioner

Aalborg Kommune har til driften af BRT-systemet valgt en busmodel fra Van Hool NV. Modellen er illustreret på figur 3.15, og dimensionerne er vist i tabel 3.2 Busmodellen er 24m lang og består af 2 led. Modellen er af så stor størrelse, at den stadig mangler godkendelse til kørsel i Danmark i følge *Dimensionsbekendtgørelsen*. I dag må en ledbus ikke overstige en længde på 18,75 m. Busmodellen overholder alle andre krav og forventes en godkendelse til kørsel i BRT-systemet. Dørene er ydermere placeret på højre side af bussen, hvilket betyder at stoppestederne skal anlægges som sidelagte og ikke som en ø. Hvis der skulle bruges Ø-stoppested skulle busserne endten være bestilt med døre i venstre eller begge sider. Løsningen med døre i begge sider vil medføre dårligere kapacitet i bussen.



Figur 3.15. 24 m, 2-ledet +Bus-model fra Van Hool [Van Hool NV, 2017].

Længde	23,8 [m]
Bredde	2,55 [m]
Højde	3,3 [m]
Vægt	24.000 [kg]

Tabel 3.1. Dimensionerne for den valgte 24m +Bus-model

3.6.2 Elementdimensioner

Med alle de kendte informationer, kan der nu opsættes dimensioner for de nødvendige tværprofilselementer. Der tages her udgangspunkt i håndbogen *Tværprofiler i byer* [vejdirektoratet, 2016b]. Elementernes anbefalede mål samt minimumsmålene, kan ses i tabel 3.2.

	Anbefalede mål	Minimumsmål
Fortov	2,5	1,5
Cykelsti	2,25	1,8
Midterhelle	1	0,8
Vognbane	3,25	3
Busbane	3,5	3

Tabel 3.2. Elementdimensioner - Anbefalede- og minimumsmål. Alle mål er angivet i [m].

	Nr.1			Nr. 2			Nr. 3		
	Antal	Bredde	Totalt	antal	Bredde	Totalt	antal	Bredde	Totalt
Fortov	2	1.5	3	2	1.5	3	2	1.5	3
cykelsti	2	1.8	3.6	2	1.8	3.6	2	1.8	3.6
Vogbane	4	3.25	13	3	3.25	9.75	2	3.25	6.5
Busbane	2	3.5	7	2	3.5	7	2	3.5	7
midterhelle	2	1	2	2	1	2			
			28.10			24.85			20.10

Tabel 3.3. Tværprofilbredder - Nr.1 Østre Allé krydset - Nr.2 Krydset ved Kridtsløjfen - Nr. 3 Tværsnit mellem kryds. Alle mål er angivet i [m].

Tværprofil nr. 3 i tabel 3.3 er illustreret på figur 3.18 og viser standard tværprofilen. Der vil i detailprojektering arbejdes videre med dette tværprofil, hvor der enkelte steder på

strækningen kan være nødsaget til at ændre på bussporenes bredde grundet smalle tværsnit. Der kan ydermere være mulighed for at anlægge fællessti på en del af strækningen for at reducere på bredden af det kommende tværsnit.

Der vil i Detailprojekteringen arbejdes videre med bredder nævnt i tabel 3.3, hvor det som nævnt kan være en nødvendighed at bruge minimumsbredder eller omlægge en del af stisystemet og bussporene.

3.6.3 Placering af tværprofilelementer

Når tværprofilelementerne skal placeres, skal der tages højde for de konflikter, der kan ske trafikantgrupperne imellem. I forhold til dette projekt er tværprofilet væsentligt, da det indeholder prioriterede busspor, der kan give flere konflikter i krydsene alt efter hvor de er placeret. Et kort over sideveje og de planlagte stoppesteder på Sohngårdsholmsvej, er vist på figur 3.16.



Figur 3.16. Kort over sideveje og kommende stoppesteder

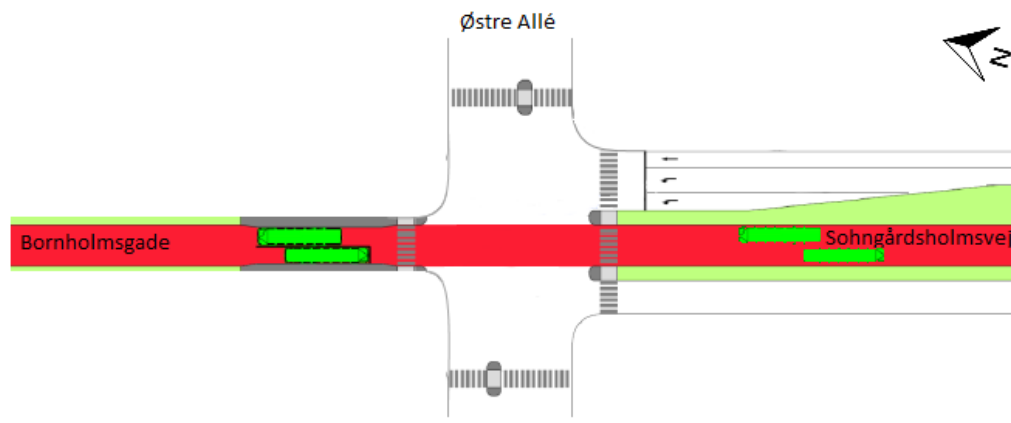
Det ses ud fra figur 3.16, at der på strækningen er 4 sideveje mod Vest og 8 mod Øst. De 4 af sidevejen mod øst kan dog med fordel lukkes hvis nødvendigt, da boligområdet her har andre gode udkørselsforhold. Dette kan give en mulighed for placering i midten eller østsiden af Sohngårdsholmsvej med henblik på en løsning af Østre Allé krydsets belastningsproblemer. Ydermere er det grundet Bornholmsgades busprioritering og busvejen ved Grønlandstorvet let at holde bussporene samlet.

De mest almindelige tracétyper er sidelagt tracé og midtlagt tracé. Det sidelagte tracé bruges på en strækning, hvor rejsemålene er koncentreret i den valgte side. Fordele ved en sådan løsning vil være at passageren for den ene retning ikke skal krydse kørebaner og samtidig vil det være let at integrere stoppesteder. Ulemper vil være vejsideparkering og vanskelige til- og frakørselsforhold.

Midtlagt tracé er det mest benyttede og er god i forhold til æstetik og kørselskomfort. Fordelene kommer i det symmetriske vejprofil, parkeringsmuligheder i vejsiderne og en bedre synlighed i vej billedet.

3.7 Løsningsforslag

Der vil ud fra de opstillede analyser arbejdes videre med et midterlagt tracé. Grunden hertil ligger i tracéets fordele, dets æstetik, synlighed og symmetrien i hele vejforløbet. Ydermere giver Bornholmsgades busbane samt Th. Saur's vejs busvej, som beskrevet i afsnit 3.6.3 en let overgang til netop et midlagt tracé langs Sohngårdsholmsvej. En principskitse i 2D af krydset ved Østre Allé er vist på figur 3.17, der er yderligere illustreret en 3D-model af +bus-systemet. 3.18.



Figur 3.17. Principskitse af krydset ved Østre Allé med busspor i midten



Figur 3.18. Principskitse af systemets opbygning med prioriteret busbane

Detailprojektering

4



0 50 100 m

Der vil i detailprojekteringen udarbejdes en linjeføring og et længdeprofil for strækningen. Ydermere vil det valgte tværprofil bliver tilpasset til forholdene langs linjeføringen. Slutteligt vil der regnes en belægningsopbygning.

4.1 Tracering

Tracering i byen er bestemt hovedsageligt af de omkringliggende omgivelser. Her er pladsen ofte begrænset, og stiller derfor flere krav til linjeføringen og længdeprofilet. Traceet, som er rumkurven der fremkommer af længdeprofilet og linjeføringen kombineret, har til formål at opnå tilstrækkelige sigtelængder og give god komfort, kvalitet og sikkerhed. Derfor er dette element ikke endeligt før disse ting er opnået. På denne baggrund vil der i det følgende blive bestemt minimum og maksimumsværdier for de forskellige kurveradier, gradienter og sidehældninger samt sigteforholdene, som kommer til udtryk fra værdierne.

4.1.1 Linjeføring og længdeprofil

Udregnelser af radier horisontale som vertikale er vist i bilag D.

Linjeføring

Linjeføringen i dette projekt fastlægges ud fra de i forvejen faste kryds. Bindingerne her er krydset ved Østre Allé og krydset ved Kridtsløjfen. Linjeføringen er for vejen næsten fastlagt, da strækningen er af smal karakter og kun ved de 2 kryds har mulighed for store bredder. Linjeføringen for dette projekt er vist på *tegning 2*.

Der er for linjeføringen beregnet en dimensionerende minimumsradius af de nye sigteforhold, der kan komme med det nye tværprofil. Den beregnede minimumsradius er på 195 m og er beregnet med stopsigt, som det dimensionerende sigt. Dette er der fordi, vejen er opdelt med busbane i midten af tværprofilet og muligheden for overhaling, er derfor ikke tilstede. Der bliver i projektet brugt en radius 500 m for strækningen. Der er for at udnytte pladsen bedst muligt i krydset ved Kridtsløjfen brugt en vendklotoide fra station 148 - 242, for at øge kørselskomforten ved brugen af 2 modgående cirkelbuer.

Længdeprofil

Da projektet er en udbygning af den nuværende vej, kommer det til at følge den nuværende strækning. Den skal yderligere holde det nuværende niveau, grundet flere adgangsforhold til blandt andet andre veje og ejendomme. Længdeprofilet for denne strækning kan ses på *tegning 3*.

I et længdeprofil skal der tages højde for flere ting. Her er der andre faktorer end sigteforholdene, der spiller ind. Et stejlt længdefald kan påvirke de forskellige trafikantgrupper. Ved store længdefald kan tunge køretøjer få problemer op ad, og samtidig kan cyklister få problemer med hastighederne. Cyklisterne kan få så meget fart på ned ad, at de mister kontrollen. Samtidig kan de cykle med så lav hastighed op ad, at de begynder slingre. Ved store gradienter forstås gradienter mellem 30 ‰ og 70 ‰. Ydermere kan gradienter større end 30 ‰, skabe problemer i forhold til afvanding. Strækningen er af meget stejl karakter og går fra en stigning på 6,9 ‰ til 58 ‰ og 60 ‰.

Sigteforholdende er her heller ikke nede i kritiske værdier. Der er for strækningens længdeprofil brugt vertikale radier på 1500 m og 10.000 m.

4.2 Trafikarealer

Udfordringen ved denne delstrækning af Sohngårdsholmsvej er pladsmanglen. Derfor er det nødsaget enkelte steder at køre med små bredder, samt på en del af strækningen at ændre på det standard tværprofil, som er opsat i skitsedelen.

4.2.1 Tværprofilselementer

Busbaner

Generelt anlægges busbanen for at fremme +bussernes rejsetid for at holde serviceniveauet oppe i BRT-systemet og derfor anlægges disse netop særskilte fra andet trafik. Det bliver gjort med afmærkning og en anden belægningsfarve, for at tydeliggøre særskillelsen. Busbanerne bør normalt anlægges med 3,5 m bredde, der vil på projektstrækningen, hvor disse bredder ikke er mulige at opnå afviges fra denne bredde. Der er derfor fra station 110 - 170 valgt en ét sporet busbane. Løsningen går an, da det kun er over en strækning på 60 m og dermed er en konflikt med modkørende bus minimal. Ydermere anlægges den fra station 170 - 290 med en 2-sporet busbane med en sporbredde på 3 m. I de 2 kryds hvor pladsen er stor udvides bussporene til den anbefalede bredde på 3,5 m. Breddeudvidelser i busbanerne sker med radius 30 m.

Vognbaner

Grundet plads og de trafikale forhold beholdes det nuværende antal vognbaner, svingbaner samt længde af svingbanerne. Bredder holdes til minimumsværdierne på 3 m for en middelhastighed på 50 km/t. Breddeudvidelser anlægges med radius 30 m, hvor vejreglernes anbefalede radius er 23 m for en hastighed med 50 km/t.

Cykelsti

Cykelstien bliver anlagt med minimumsbredden for en ensrettet cykelsti, som er 1,8 m bred.

Fortov

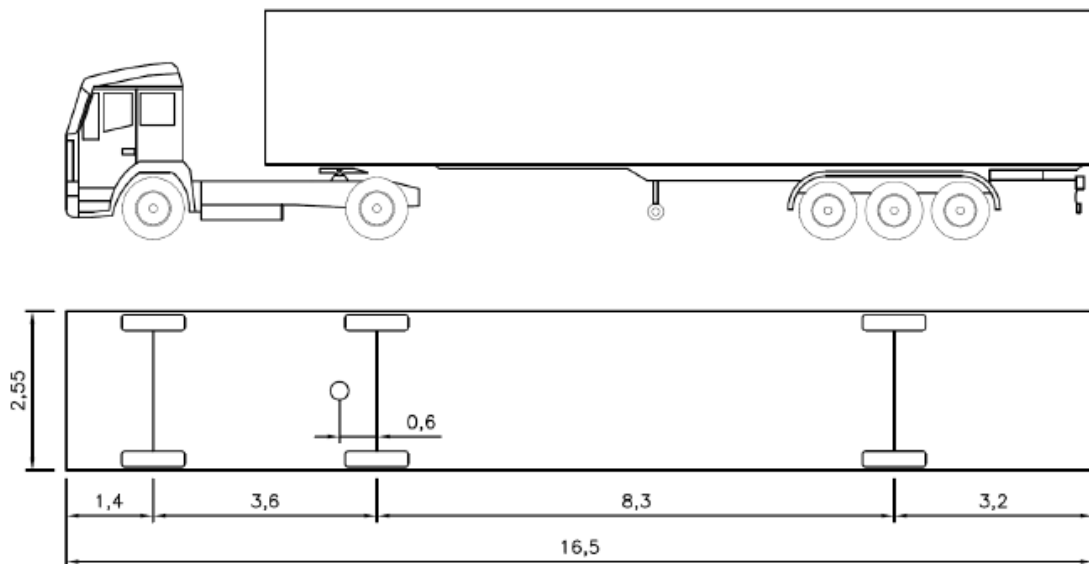
Fortovet vil også blive anlagt med minimumsbredden for almindeligt fortov, der er bestemt til 1,5 m. Der er mellem station 140 - 190 mulighed for breddere fortov på østsiden, da der er flere adgangsforhold direkte til husene.

4.2.2 Krydsgeometri - Østre Allé

Der vil i det følgende afsnit blive lavet en dimensionering af krydset ved Østre Allé. Det vurderes ud fra kapacitetsberegningerne lavet i kapitel 3.3.2, at krydset som minimum skal beholde sine nuværende spor. En udbygning med en ekstra svingbane fra Sohngårdsholmsvej mod vest vil være af mere kompleks karakter. Grunden hertil er, at der kun er cirka 230 m til næste kryds mod vest. Det vil derfor kræve en ekstra udbygning af strækningen på Østre Allé gående vest for at skabe samme antal vognbaner, som der er tilfartsbaner fra Sohngårdsholmsvej.

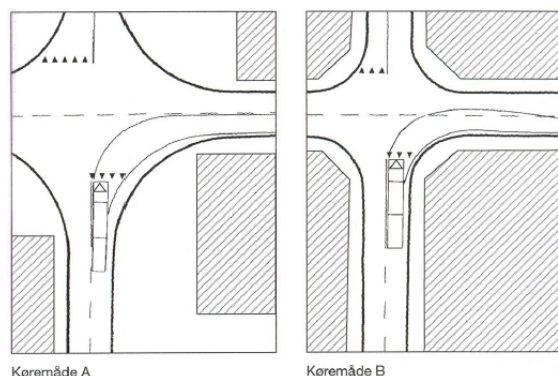
Dimensionsgivende køretøj, køremåde og arealbehov

For at sikre krydset den rigtige geometri, skal der tidligt i processen vælges et dimensionsgivende køretøj. Der vælges i dette projekt typekøretøjet SVT (Sættevognstog), som det dimensionerende køretøj. Sættevognstoget er valgt, da det ud fra trafiktællingerne i krydset, er det køretøj af stor størrelse, der hyppigst kører i krydset. Typekøretøjet SVT er vist på figur 4.1.



Figur 4.1. Skitse med mål af typekøretøjet SVT [Vejdirektoratet, 2012].

Arealbehovet i krydset afhænger som udgangspunkt af valgt køretøj og dernæst af køremåde. Der bliver i vejreglerne beskrevet 2 køremåder A og B. Køremåde A svarer til fri fremkommelighed, hvor køretøjet kan foretage manøvre inden for eget kørespor. I kryds dimensioneres der med formindsket hastighed på 15 km/t, så ovenstående netop er muligt. Køremåde B fremføres med en hastighed på 5 km/t og kan ved denne køremåde bruge kørearealer for modsatrettede trafik. Der bliver for krydeset ved Østre Allé dimensioneret med køremåde A, som er illustreret på figur 4.2.

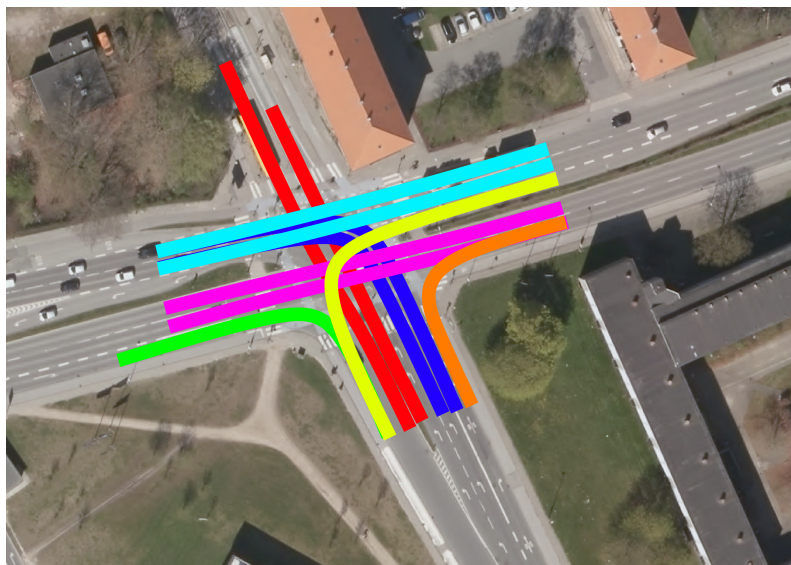


Figur 4.2. Illustration af Køremåde A og B [Vejdirektoratet, 2012].

Til- og frafarter

Figur 4.3 viser de kommende trafikstrømme i krydset. Disse trafikstrømme vil kunne

fordele den nuværende trafik, der vil dog komme belastnings problemer mod Øst og Vest i henholdsvis morgenspidstimen og eftermiddagsspidstimen. Resultaterne af trafikken ses på figur 4.4 for trafiktællinger henvises til Bilag C.



Figur 4.3. Kommende trafikstrømme i krydset, hvor rødt spor illustrerer +Bus-spor.

Vejgren	Kørespor	Middelforsinkelsen t og kølængden n i tilfartsspor		
		B	t sek/Kt	n _{5%} Kt
Østre Alle Vest	L	0.64	30	15
Østre Alle Vest	L	0.64	30	15
Østre Alle Vest	H	0.73	22	17
Østre Alle Øst	V	0.35	25	4
Østre Alle Øst	L	0.85	43	20
Østre Alle Øst	L	0.85	43	20
Sohngårdsholmsvej	V	0.52	35	10
Sohngårdsholmsvej	V	0.52	35	10
Sohngårdsholmsvej	L	0.19	42	1
Sohngårdsholmsvej	H	0.25	30	5
Bornholmegade	L	0.11	40	1
Bornholmegade	L	0.11	40	1

Brugerdefineret omløbstid
 Brugerdefinerede grøntider
 Omløbstiden er 90 sekunder

Fase	Grøntid	Mellemtid efter fase
1	7	7
2	28	7
3	7	7
4	20	7

Vejgren	Kørespor	Middelforsinkelsen t og kølængden n i tilfartsspor		
		B	t sek/Kt	n _{5%} Kt
Østre Alle Vest	L	0.87	45	21
Østre Alle Vest	L	0.87	45	21
Østre Alle Vest	H	0.71	21	17
Østre Alle Øst	V	0.50	29	5
Østre Alle Øst	L	0.64	30	15
Østre Alle Øst	L	0.64	30	15
Sohngårdsholmsvej	V	0.56	35	10
Sohngårdsholmsvej	V	0.56	35	10
Sohngårdsholmsvej	L	0.20	42	1
Sohngårdsholmsvej	H	0.43	33	7
Bornholmegade	L	0.10	39	1
Bornholmegade	L	0.10	39	1

Brugerdefineret omløbstid
 Brugerdefinerede grøntider
 Omløbstiden er 90 sekunder

Fase	Grøntid	Mellemtid efter fase
1	7	7
2	28	7
3	7	7
4	20	7

Figur 4.4. Beregnede belastninger med ny krydsudformning

Det ses på resultaterne, at de mest belastede spor er Østre Allé ligeud og svingsporer til højre kommende fra øst. Belastningen sker i en retning af gangen i henholdsvis morgen- og eftermiddagsspidstimen. Det vil sige, at belastningen kommer fra arbejdstrafikken i de

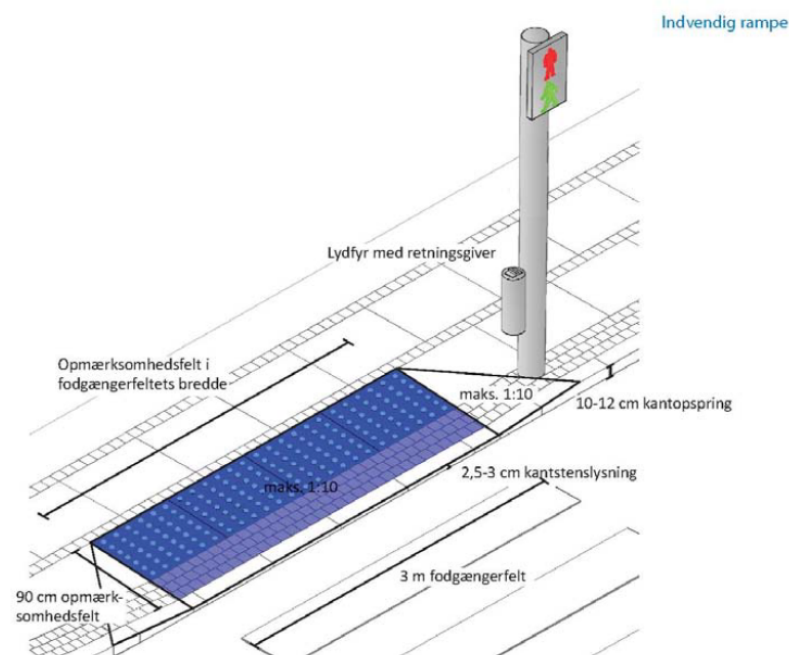
givende tidsrum og et udvidet kryds vil alene ikke hjælpe på problemet. Der arbejdes derfor videre med det beregnede antal trafikstrømme.

Cykelarealer

Når cykelarealet skal udformes tages der hensyn til 3 parametre, trafiksikkerhed, fremkommelighed og komfort. Cykelstierne i krydset bliver for dette projekt dimensioneret i samme plan som den øvrige trafik. Derfor tilstræbes der efter at gøre ruten så direkte som muligt. Cyklisternes stoplinje anlægges 5 m foran trafikken fra samme tilfartsretning, ydermere bliver der afmærket en cykelbane gennem krydset. Venstresvingende cyklister må krydse vejen af to gange for at mindske konflikterne i krydset samt af kapacitetsmæssige forhold.

Fodgængerfelt

Fodgængerfeltet udformes som de nuværende med 3 m bredde. De anlægges yderligere med indvendig rampe af hensyn til tilgængeligheden. Dimensionerne er vist på figur 4.5. Samme princip udføres ved midterhellen, der får et venteareal. Her skal ventearealet være minimum 3x2 m og kantstensopspring på 2,5 cm af hensyn til blinde og kørestolsbrugere. Ventearealet bliver anlagt, da et fodgængerfelt over mere en 3 vognbaner ikke er optimalt. Ydermere bliver fodgængerfeltet så vidt muligt placeret parallel med tværgående vej og vinkelret på kanstenen af vejen, der krydses.



Figur 4.5. Principskitse af en indvendigramme i et fodgængerfelt

Heller

For at adskille bussporene fra anden trafik anlægges der heller i krydset. De bliver i dette projekt anlagt med kantstensbegrænsning samt spærreflade før hellen. Der bliver for dette kryds anlagt en delehelle og midterheller på vest- og østsiden af bussporene. Midterhellen, som fungerer som støttepunkt for fodgængere, bliver anlagt på østsiden. Dette gør at fodgængere minimum skal krydse 3 vognbaner adgangen. Dette er det højeste anbefalede antal af vognbaner.

Sigt

Der bør altid i et signalreguleret kryds være tilpas sigt, så trafikkanter kan navigere sikkert i krydset. Derfor stilles der krav til oversigt i signalregulerede kryds. Der tjekkes derfor for følgende scenarier:

- Bilister i stopposition på sekundærveje i signalregulerede vejkryds
- Venstresvingende bilister
- Højresvingende bilister
- Cyklister under kørsel

I første scenarie findes sigtefeltet ud fra figur 4.8. Her er:

- $L_{sek} = 3 \text{ m}$ = Afstand fra stopposition til krydsende vej
- $L_{pri} = 115 \text{ m}$ = Sigteafstand på primærvejen ved $V_d = 50$
- $L_{pri,C} = 50 \text{ m}$ = sigteafstand til cyklist, udregnet fra formel 4.1)

$L_{pri,C}$ udregnes på følgende måde:

$$L_{pri,C} = L_{ori} + L_{re} + L_{br} \quad (4.1)$$

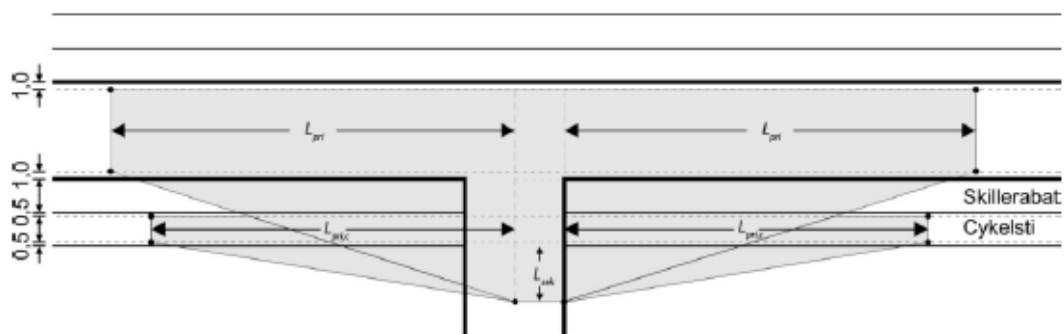
De i ligning 4.1 nævnte parametre er beregnet ved følgende formler:

$$L_{ori} = \frac{V_d * t_{ori}}{3,6} = 21m \quad (4.2)$$

$$L_{re} = \frac{V_d * t_{re}}{3,6} = 17m \quad (4.3)$$

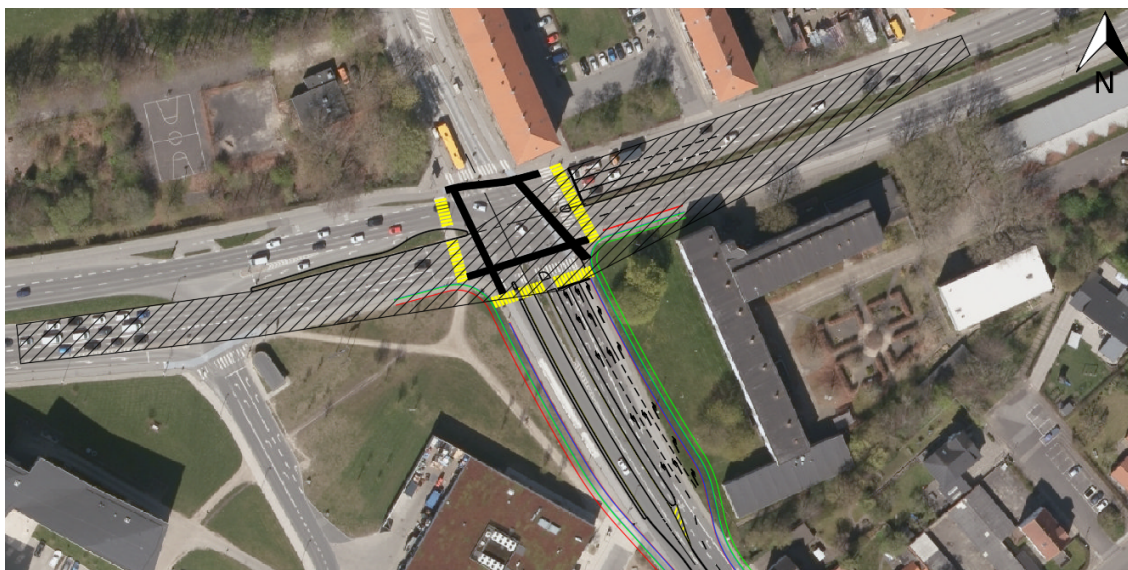
$$L_{br} = \frac{V_d^2}{2 * g_d + g * i_t} = 12m \quad (4.4)$$

- $t_{ori} = 2,5 \text{ sek}$
- $t_{re} = 2 \text{ sek}$
- $g_d = 2 \text{ m/s}^2$
- $i_t = 0,94\%$
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$



Figur 4.8. Oversigtsareal for signalreguleret kryds med cykelsti på primærvejen

Værdierne for L_{sek} , L_{pri} og $L_{pri,C}$ giver et oversigtsfelt som vist på figur 4.9. Det ses ud fra samme figur at oversigten kan lade sig gøre ved denne krydsudformning. For at skabe det sigt, vil det muligvis være nødvendigt at fjerne vegetationen på midthellen ad Østre Allé mod øst. Vegetationen er vist på figur 4.10.



Figur 4.9. Sigtefelt for scenarie med "bilister i stopposition på sekundærveje"@



Figur 4.10. Plantevækst på midterhelle for Østre Allé

Ved scenarie 2 "venstresvingende bilister", skal disse bilister have tilstrækkeligt udsyn til modsatrettede trafik og cykelsti for at kunne krydse sikkert. For en dimensionerende hastighed er stopsigtlængden 55 m.

For scenarie 3 "højresvingende bilister" skal bilisterne have tilpas oversigt, så krydsning af en cykelsti kan finde sikkert sted. Der regnes her med en oversigtslængde bagud på 70 m.

Scenarie 4 "cyklister under kørsel" skal ligeledes have tilpas oversigt frem ad strækningen for at have tilpas komfortabel og sikker kørsel. Derfor anbefales det, at denne har 70-85 m sigt ved en dimensionerende hastighed på 30 km/t.

4.3 Afmærkning

Formålet med afmærkningen er at lede, advare og regulere trafikken så sikkert som muligt. Derfor er det vigtigt at afmærkningen fremstår enkel, klar og inderholder entydig information. Ydermere skal afmærkningen komme på et tidspunkt, så trafikkanten har tilstrækkelig tid til at reagere på informationen. For at gøre det nemt og overskueligt for trafikkanten, bruges der ensartet udformning af afmærkningen. Der er for Sohngårdsholmsvej lavet en afmærkningsplan, som er vist på *tegning 4*. Tegning 4 er udarbejdet fra følgende principper omkring vejafmærkning og tager udgangspunkt i håndbogen "Afmærkning på kørebanen, dimensioner".

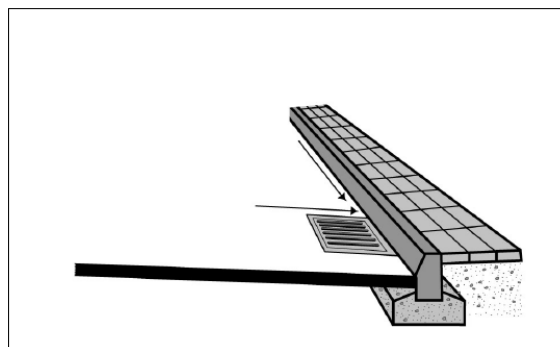
- Skal opfylde et reelt behov
- Skal tiltrække opmærksomhed fra trafikanterne
- Skal videregive information klart og enkelt
- Der skal være tid nok til at reagere på afmærkningens anvisninger

4.4 Afvanding

Afvanding af strækningen vil blive gennemgået på et skitseniveau, hvilket betyder, at der i denne rapport ikke bliver dimensioneret ledninger, brøndstørrelser samt deres koter.

Afvandingssystemet er en vigtig del af vejen, da vand kan føre til trafikikkerhedsmæssige problemer, hvor det for eksempel kan føre til aquaplaning. Yderligere kan vand i vej-kassen nedsætte vejens bæreevne betydeligt og nedbringe levetiden af vej-kassen.

Da strækningen i forvejen har kantopsamling, vil denne metode blive brugt videre, der vil være brug for at få flyttet ledninger og brønde, da vejen udvides i bredden. Kantopsamlingen er essentiel, da området er beliggende i byen, og derfor skal have ledet vandet i de lokale afløbssystemer. En principskitse af kantopsamling er vist på figur 4.11.



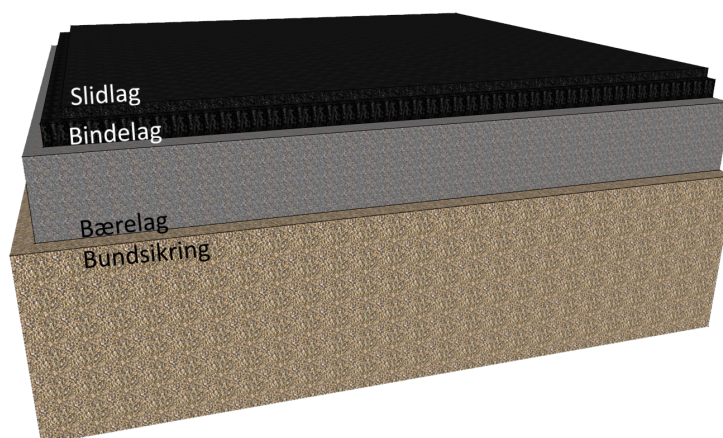
Figur 4.11. Principskitse af kantopsamling

Ved kantopsamling skal der ved vej-kanten anlægges en asfaltvulst eller kansten, der kan samle vandet og føre det i de enkelte afløb. Derfor skal der som minimum være et længdefald på 5‰ samt et tværfald på 2,5‰. Hvis længdefaldet ikke er stort nok, kan der etableres kunstigt rendestensfald. Dette er ikke relevant for projektstrækningen, da den har et stort længde fald.

Brøndene vil blive anlagt med top i terræn, hvor der afsluttes med rist og fast karm for at forhindre ristene i at sætte sig grundet trafikken. Der er dog også en reel risiko for at vejen sætter sig omkring risten ved denne løsning. Brøndafstanden dimensioneres efter længdefaldet, som i dette tilfælde er større end 10‰. Brøndene bliver derfor lagt med 40 m mellemrum, da det er den maksimale længde, de må anlægges med af hensyn til driften. Ydermere bliver der anlagt brønde i kanten ved hellerne i de 2 +Busspor, for at vandet ikke bliver stående ved hellerne.

4.5 Belægning

Opbygningen og design af vej-kassen skal ske så den kan betjene trafikkanterne sikkert og over en given periode. Ydermere skal den kunne holde til de trafikbelastninger, der må komme gennem årene. Vej-kassen består af fire lag som vist på figur 4.12.



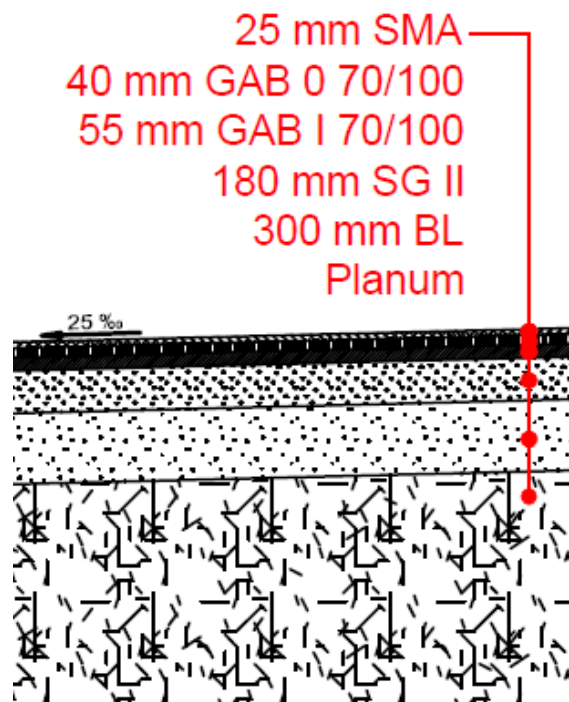
Figur 4.12. Principskitse af vej-kassen

De forskellige lag har forskellige styrker, egenskaber og funktioner. Slidlaget skal skabe jævnhed og komfort samt den nødvendige friktion til køretøjerne, det skal samtidig yde vandaflledning, så vand på vejbanen ikke forekommer eller bliver stillestående og kan trænge ned i vej-kassen. Bindelaget har til formål at binde slidlag og bærelag effektivt sammen på tungt belastede veje og derved modvirke sporkøring. Ved mindre belastninger kan slidlaget udlægges direkte på bærelaget. Bærelaget har til formål at sprede trykket fra trafikken og lægges gerne som 2 eller flere lag. Her findes der både ubundne og bundne bærelag, hvor de bundne består af for eksempel Grusasfaltbeton (GAB) i forskellige klasser. Disse typer er bundet sammen af bitumen. Ubundne bærelag består oftest af Stabilt grus (SG), som udlægges med gummiged og efterfølgende komprimeres. Nederst er bundsikringen som består af et frostsikkert sand og grusmateriale. Formålet med denne er at forhindre frost- og tøbrudsskader. Den hjælper ydermere til bæreevnen på vejen.

4.5.1 Nuværende belægning

Da projektet omhandler en udvidelse af Sohngårdsholmsvej og ikke en nylægning af denne, er det vigtigt at kende den nuværende vejopbygning. Det har ikke været muligt at fremskaffe de fornødne data om vejens nuværende opbygning, derfor arbejdes der videre med en

antaget vejkasse. Vejkassen bliver bestemt med Katalogmetoden, for trafikklasse 3. Dette giver en opbygning og et tværsnit som vist på figur 4.13. Tværsnittet er vist på *Tegning 6* i målestok 1:50.



Figur 4.13. Tværsnit af den nuværende vejkasse.

4.5.2 Belægningsdimensionering

Til beregning af belægningsopbygningen er det vigtigt at have kendskab til geologien i området. Derfor er der lavet en foranalyse af området, som er vist i bilag A. Her vurderes der ud fra enkelte boringer samt kort over jordnære jordarter fra [GEUS, 2017], at undergrunden består af prækvartære jordarter. Her er hovedjordarten skrivekridt. Det vurderes ud fra vejdirektoratets standard bilag 5 "Materialers anvendelighed" [vejdirektoratet, 2012], at skrivekridt og moræner med vandindhold fra 5 - 20% godt kan anvendes som underbund. Der arbejdes derfor videre med en løsning, hvor underbunden vurderes som frosttvivlsom grundet usikkerheden af undergrundens parametre samt en styrke på 40 MPa.

Dimensioneringen forudsætter ydermere, at der fastlægges en dimensionerende trafikmængde og trafikklasse. Trafikklassen samt den dimensionerende trafikmængde N_{10} er fundet ved beregninger i bilag E. Her beregnes der en vej i trafikklasse 3 samt $N_{10} 72.70910/r$. *Der er idisseberegninger i*

Ud fra de ovenstående oplysninger kan der bestemmes en koblingshøjde i forhold til frosthævningsrisiko. Her viser tabel 4.1 minimums tykkelserne for de forskellige vejklasser ved de 3 risikogrupper. Dette giver for projektet en koblingshøjde på minimum 700mm.

Risikogruppe	Frostsikker ¹⁾	Frosttvivlsom ¹⁾	Frostfarlig ¹⁾
Materialetyper	Sand og grus uden betydende partier af silt og siltholdigt ler	Moræneler, ler og stabiliseret underbund ³⁾	Silt og meget siltholdige jordarter med mulighed for vandtilførsel, forbrændingsslagge og flyveaske ²⁾ og stabiliseret underbund ³⁾
Trafikklasse			
T0, T1	Som bestemt ud fra Analytisk-empirisk dimensionering	400 mm	500 mm
T2		500 mm	700 mm
T3		600 mm	800 mm
T4, T5, T6, T7		700 mm	900 mm

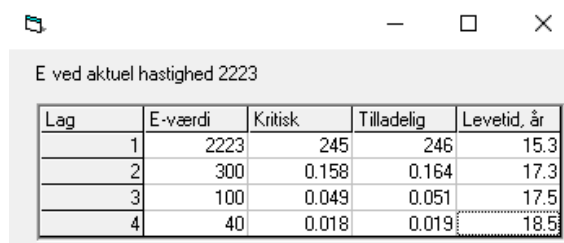
- Noter 1) Som standardværdier for underbundsbetegnelserne "Frostsikker", "Frosttvivlsom" og "Frostfarlig" anvendes i MMOPP 100 MPa, 40 MPa og 20 MPa
- 2) Aktuell frosthævningsrisiko bør fastlægges ved laboratorieundersøgelse
- 3) Ved stabilisering af underbund kan der ikke umiddelbart påregnes nogen forbedring af materialets frosthævningssegenskaber. Der henvises i øvrigt til afsnit 3.8

Tabel 4.1. Krav til minimumstykkelse af vejopbygningen [Vejdirektoratet, 2013].

Ud fra ovenstående værdier kan der nu laves en belægningsdimensionering i programmet Mmopp og denne giver følgende værdier i tabel 4.2. Hvor levetiden for de forskellige lag er vist på figur 4.14

Type	Bitumen	Tykkelse [mm]
Skærvemastix	SMA B70/100	25
Grusafaltbeton	GAB 0 B70/100	40
Grusafaltbeton	GAB I B70/100	95
Stabilt grus	SG II	210
Bundsikringslag	BS	330
Total		700

Tabel 4.2. Vejopbygning af Sohngårdsholmsvej



Lag	E-værdi	Kritisk	Tilladelig	Levetid, år
1	2223	245	246	15.3
2	300	0.158	0.164	17.3
3	100	0.049	0.051	17.5
4	40	0.018	0.019	18.5

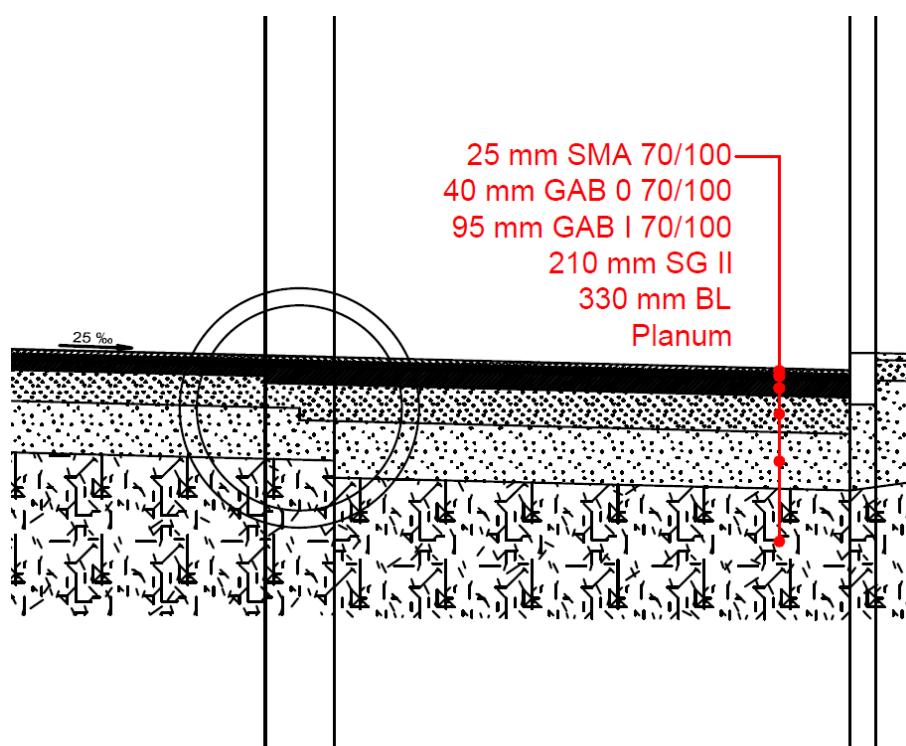
Figur 4.14. Levetider for de forskellige lag. Lag 1: Slidlag + bærelag, Lag 2 = SG, Lag 3 = BL, Lag 4 = Underbunden

Dette vil blive opbygningen for det kommende kørselsareal, hvor der for +bus-sporene ikke vil blive lagt ny belægning. Der bliver ikke lagt ny belægning i disse spor, da en stor del af

belastningen bliver fjernet, ved at der nu kun må køre +Busser. Derfor udvides vejen kun, og der sker ingen større udbedring af det nuværende kørselsareal udover slidlaget, hvor der bliver udlagt nyt med ny farvesammensætning.

4.5.3 Ombygning

Ombygningen af vejen vil ske ved, at der beholdes et areal af den nuværende vejkasse svarende til arealet +Busserne kommer til at køre på. Det konkluderes, at den nuværende vejkasse godt kan holde til +Bus-kørsel. Det kan de fordi, at +Busser alene kommer til at køre i sporene, og der er derfor fjernt en stor belastning fra arealet. Derfor udføres der kun en udvidelse af vejen, og ikke en hel omlægning af hele vejassen. Udvidelsen vil ske ved at skære lige ned i den nuværende vejkasse for efterfølgende af anlægge en trappeform, som den kommende vejkasse kan hvile på. Princippet er vist på figur 4.15.



Figur 4.15. Sammenkoblingen af den gamle vejkasse og nye

Konklusion

5

I forbindelse med Aalborgs vedtaget +Bus-projekt skal der langs linjeføringen ske udvidelser og forbedring af de nuværende vejstrækninger, som kan have brug for det. Ydermere skal disse så vidt muligt have prioriterede +Bus-spor for at forhøje serviceniveauet i BRT-systemet. Derfor skal delstrækningen på Sohngårdsholmsvej udvides, så der gøres plads til den kommende busrute.

Delstrækningen skal håndtere en større mængde trafik nu og holder som minimum det samme trafikniveau i fremtiden. Kapacitetsberegninger i krydset ved Østre Allé viser, at dette kryds er hårdt belastet i flere retninger. En direkte udbygning af dette kryds kan da være svær, og en løsning af kapacitetsproblemerne vil skulle ske ved ombygning af en større del af Østre Allé, som omfatter flere kryds, da disse er tæt placeret.

Af ovenstående grund kan Sohngårdsholmsvej samt krydset ved Østre Allé heller ikke mindskes i svingbaner og kørespor for at gøre plads til +Bus-sporene. Derfor beholder Krydset store dele af sin udformning med samme antal til og frafarter for biltrafikken. Der bliver tillagt en ekstra til- og frafart til +Bus-sporene på Sohngårdsholmsvej. Derfor sker der en udvidelse af hele delstrækningen, hvor der kommer en 2-sporede +Bus-vej som et midtlagt tracé på Sohngårdsholmsvej. Dette for at kunne håndtere trafikken og samtidig holde et højt serviceniveau i BRT-systemet.

Det vises ved hjælp af kapacitetsberegninger at krydset ved Østre Allé med den nye krydsudformning og nye antal faser vil have kapacitets problemer i sporene langs Østre Allé. Tilfartsbanerne der vil være kapacitetsproblemer i afhænger af arbejds trafikken. Disse problemer kommer med den store mængde arbejds trafik, der kører på Østre Allé, og der vil derfor skulle en større udbygning til og krydset vil ikke alene kunne løse disse problemer.

Det kommende tværprofil vil indeholde 2 busspor af hver 3,5 m bredde, 2 kørespor af bredderne 3 m, en cykelsti på hver side med bredden 1,8 m samt et fortov på hver side af vejen med variende bredde dog minimum 1,5 m. Dette er målende for standard tværprofilet. Dette vil dog løbende over linjeføringen ændre sig, hvor det på det smalleste sted vil have et indsnævret +Busspor på 3,5 m, hvor busser ikke vil kunne komme forbi hinanden. Det er vurderet at strækningen er over så lille længde, at dette ikke vil få betydning.

+Bussporene vil beholde den nuværende vejbelægning, hvor de nye kørespor vil få en forstærket belægning.

Litteratur

- Aalborg kommune, 2017a.** Aalborg kommune. *+Bus*. <https://www.aalborg.dk>, 2017. Downloadet: 13-11-2017.
- Aalborg kommune, 2017b.** Aalborg kommune. *Aalborg den attraktive storby*. <http://www.aalborgkommuneplan.dk>, 2017. Downloadet: 13-11-2017.
- Aalborg Kommune, 2017.** Aalborg Kommune. *Drift kort Aalborg Kommune*. <http://drift.kortinfo.net/>, 2017. Downloadet: 29-11-2017.
- Aalborg kommune, 2017.** Aalborg kommune. *Norrdanmarks vækstdynamo*. <http://www.e-pages.dk/aalborgkommune/401/html5/>, 2017. Downloadet: 13-11-2017.
- Aarhus Letbane I/S, 2014.** Aarhus Letbane I/S. *Penge til Aalborg Letbane*. <http://www.letbanen.dk/>, 2014. Downloadet: 20-12-2017.
- Cowi, 2014a.** Cowi. *Aalborg Letbane - Trafikberegninger*. <https://www.aalborg.dk/>, 2014.
- Cowi, 2014b.** A/S Cowi. *Udredningsrapport for Aalborg Letbane/BRT*. page 136, 2014.
- Danmarks Statestik, 2017.** Danmarks Statestik. *Statestikbanken*. <http://www.dst.dk>, 2017. Downloadet: 13-11-2017.
- GEUS, 2017.** GEUS. *jordkort*. <http://www.geus.dk/>, 2017. Downloadet: 13-11-2017.
- Global BRT Data.** Global BRT Data. *Global BRT Data*. <https://brtdata.org/>. Downloadet: 20-12-2017.
- Institute for Transport and Development Policy, 2017.** Institute for Transport and Development Policy. *Save the date for Mobilize*. <https://www.itdp.org>, 2017. Downloadet: 18-12-2017.
- Kommune, 2016.** Aalborg Kommune. *Fremtidens Aalborg - Planer projekter*. page 54, 2016.
- Maja Mohr Mortensen, 2015.** Maja Mohr Mortensen. *Letbane skrottet: Busser på vejen istedet*. <https://www.tv2nord.dk/>, 2015. Downloadet: 20-12-2017.
- Niels Krebs Ovesen og Krogsbøll, 2014.** Gunnar Bagge Niels Krebs Ovesen, Leif Fuglsang og Anette Krogsbøll. *Lærebog i Geoteknik 2. udgave, 2. oplag*. ISBN: 87-502-1042-4, Hardback. Polyteknisk Forlag, 2014.
- Tanvi Misra, 2016.** Tanvi Misra. *Global BRT Data*. <https://www.citylab.com/>, 2016. Downloadet: 20-12-2017.

- Van Hool NV, 2017.** Van Hool NV. *Exquicity (BRT)*. <https://www.vanhool.be/>, 2017. Downloadet: 30-12-2017.
- vejdirektoratet, 2012.** vejdirektoratet. *Materialers anvendelighed*. page 5, 2012.
- Vejdirektoratet, Oktober 2012.** Vejdirektoratet. *Grundlag for udformning af trafikarealer*. Transportministeriet, 2012.
- Vejdirektoratet, November 2013.** Vejdirektoratet. *Dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægnings*. Transportministeriet, 2013.
- vejdirektoratet, 2016a.** vejdirektoratet. *Kollektiv bus trafik og BRT*. page 122, 2016.
- vejdirektoratet, 2012.** vejdirektoratet. *Håndbog i Trafikplanlægning i byer*. page 146, 2012.
- vejdirektoratet, 2016b.** vejdirektoratet. *Tværfiler i Byer*. page 62, 2016.
- Visit Aalborg, 2017.** Visit Aalborg. *Aalborg i udvikling*. <http://www.visitaalborg.dk>, 2017. Downloadet: 13-11-2017.



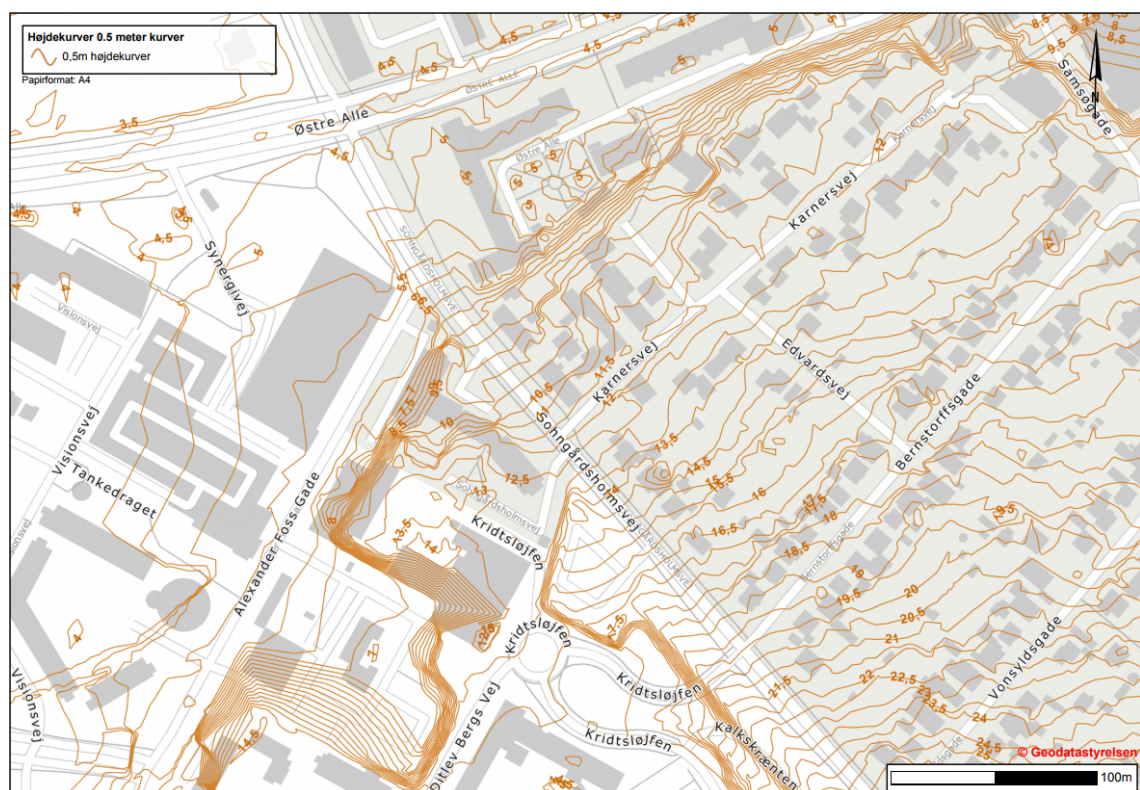
0 50 100 m

I dette bilag blive vil der blive redegjort for de eksisterende forhold på og omkring strækningen, som kan have betydning for projekteringen. Der vil blive redegjort for Jordforholdene, terrænprofilet, grundvandsforholdene og de trafikale forhold. Dette skal tilsammen danne grundlag for den senere detailprojektering.

A.1 Terræn-, Jord-, grundvandsforhold

A.1.1 Terræn

Terrænet for projektsstrækningen er af en mere stigende kategori, og starter i kote 4.5 og slutter i kote 21. Dette giver en signing på op til 5,8%. Selve bakken slutter cirka 500 meter efter projektsstrækningen og ender med en kote på cirka 42. En terrænmodel af projektsstrækningen er vist på A.1.

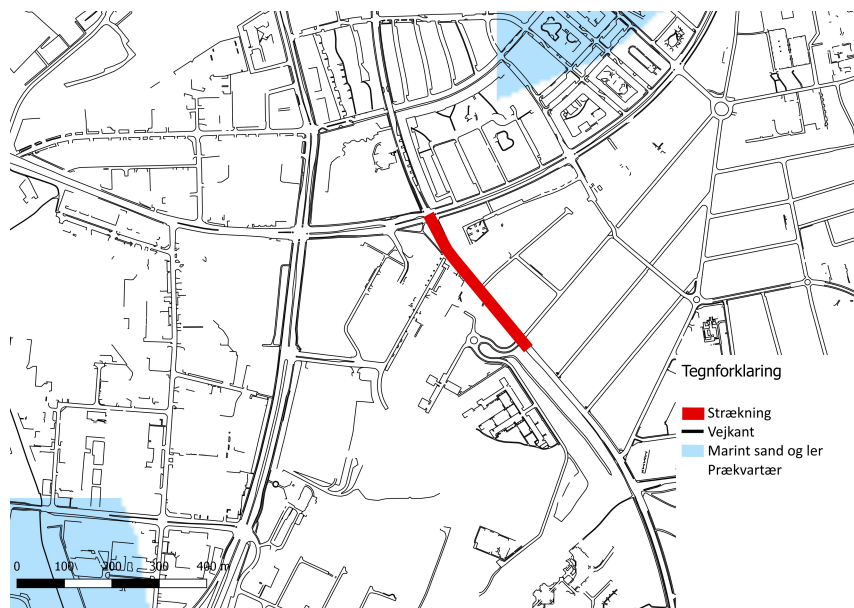


Figur A.1. Terrænet for projektstrækningen [Aalborg Kommune, 2017].

A.1.2 Jordbundsforhold

Da der ikke har været adgang til boreprofiler langs strækningen tages der udgangspunkt i 3 boringer i området omkring Sohngårdsholmsvej. De er placeret i et niveau og en afstand til strækningen, så de kan hjælpe med at danne et billede af jordbundsforholdene, der projekteres på. De 3 boringer er fra henholdsvis år 1968, 1996 og 2011. Der vurderes ud fra de 3 boringer samt figur. A.2, som viser et kort over de jordnære jordarter i projektområdet. Som det ses på A.2 består undergrunden af prækvartære jordarter. Dette er et godt tegn, da disse jordarter er fra før kvartærtiden. Det betyder at jordarterne har været underlagt et enormt tryk over mange tusinde år. Trykket er kommet fra de istider, der er kendetegnet

fra den kvartæretid. Det har gjort at jordarterne ikke længere burde være sætningsgivende, og derfor er fine at bygge veje på [Niels Krebs Ovesen og Krogsbøll, 2014].



Figur A.2. Jordnære jordarter ved strækningen [GEUS, 2017].

Det bekræftes af de 3 boreprofiler som ses i bilag B, at de på figur A.2 viste jordarter er korrekte. Placeringen af boringerne er illustreret på figur. A.3

Boreprofil 1 - Humlebakken, boringen er taget på toppen af Sohngårdsholmsvej og er placeret cirka 450 m fra projektsstrækningen. Boringen viser at undergrunden i de første meter består Muld og sand, hvor der under disse lag befinder sig store mængder kridt.

Boreprofil 2 - Strynøgade 1, boringen er her taget i bunden af Sohngårdsholmsvej i afstand af cirka 250 m fra projektsstrækningen. Hvor det første boreprofil indeholdte muld og sand, indeholder denne boring flere prøver af fyld i toppen, ler og sand i de nedre lag. Det ses at disse nedre lag er smeltevandsaflejret og fra glacial- og senglaciertiden. Fyld, er en nyere jordart, som er kunstigt udlagt og bestående af affaldsjord og omgravet jord. Dette gør denne jordart svær at bestemme styrken på. Ler og sandlagene på dette profil er smeltevandsler og sand. Disse 2 typer af jord gode til fundering og anlæg, da de har gode styrke- og deformationsegenskaber.

Boreprofil 3 - Sohngårdsholmsvej 2, boringen er taget i en afstand af cirka 30 m fra Sohngårdsholmsvej og ligger placeret cirka halvvejs op ad projektsstrækningen. Profilet er det nyeste og kan grundet dets placering give det mest realistiske billede af undergrunden. Profilet bekræfter en antagelse om at undergrunden er stærkt kridtholdig, som oversigtskortet fra GEUS og hentyder med visning af de prækvarter jordarter, som er den tidsperiode skrivekridt er fra. Disse er som skrevet bedre jordarter at anlægge på da skrivekridtet har gode styrke- og deformationsegenskaber.



Figur A.3. Placeringer af de 3 boringer

A.1.3 Grundvand

Det er også vigtigt at få klarlagt grundvandsspejlets placering, da det har en stor effekt på jordens bæreevne samt placering og opbygning af vejkassen. Det skal undgås at placere vejkassen, så vandet trænger ind. Problemet kan dog løses ved grundvandssænkning, men da det er en dyr løsning, skal dette så vidt muligt undgås. Da linjeføringen er placeret på en stigning burde grundvandet kun udgøre et reelt problem i starten. Kortet på figur A.4 viser en cirka placering af grundvandet i området. Det ses her at grundvandet er placeret 2-3 meter nede, og derfor ikke kommer tæt på vejkassen, da denne typisk kommer ned i 1 meter. Derfor burde det i dette tilfælde ikke udgøre et problem. Der burde ved sådanne projekter ikke kun bruges skøn, men derimod suppleres med mere præcise pejlinger fra strækningen.



Figur A.4. Kort over grundvandsdybden for projektområdet [GEUS, 2017]

Boreprofiler

B

Dette bilag indeholder 3 forskellige boreprofiler beliggende omkring projektstrækningen.

Boreporfilerne strækker sig over en periode fra år 1968 til 2011, hvor der er brugt forskellige måder at præsentere boreprofilerne på afhængig af formål og årstallet af boringen.

Placeringen af de forskellige boringer er illustreret på figur B.



Figur B.1. Placering af udvalget boringer.

KOTE + 33,07

+33

+32

+31

+30

+29

+28

+27

1. MULD, sort, let sandet, med enkelte sten
2. SAND, fint, brunt, med sten og grus
3. SAND, fin-mellem, brungråt, grus- og stenholdigt
4. KRIDT, hvidt
5. KRIDT, hvidt, granuleret
6. KRIDT, hvidt, granuleret
7. KRIDT, hvødt, granuleret, med enkelte sandslirer
8. KRIDT, hvidt, granuleret, hårdt
9. KRIDT, hvidt, granuleret med enkelte finsandslirer

+28

+28

+27

10

20

30

%

w

1,8

2,0

2,2

t/m³

γ

10

20

30

t/m²c_v, c_y

10

20

30

40

50

60

70

Sond. modstand

GEODAN
KAMPSAX 1/2

BOREPROFIL

Bor. udf. 23.9.1968.

Sag: 68108. ÅLBORG.

af: A.P.

Sohngårdsholmsvej.

Tegn.: *Eut*

Kontr.:

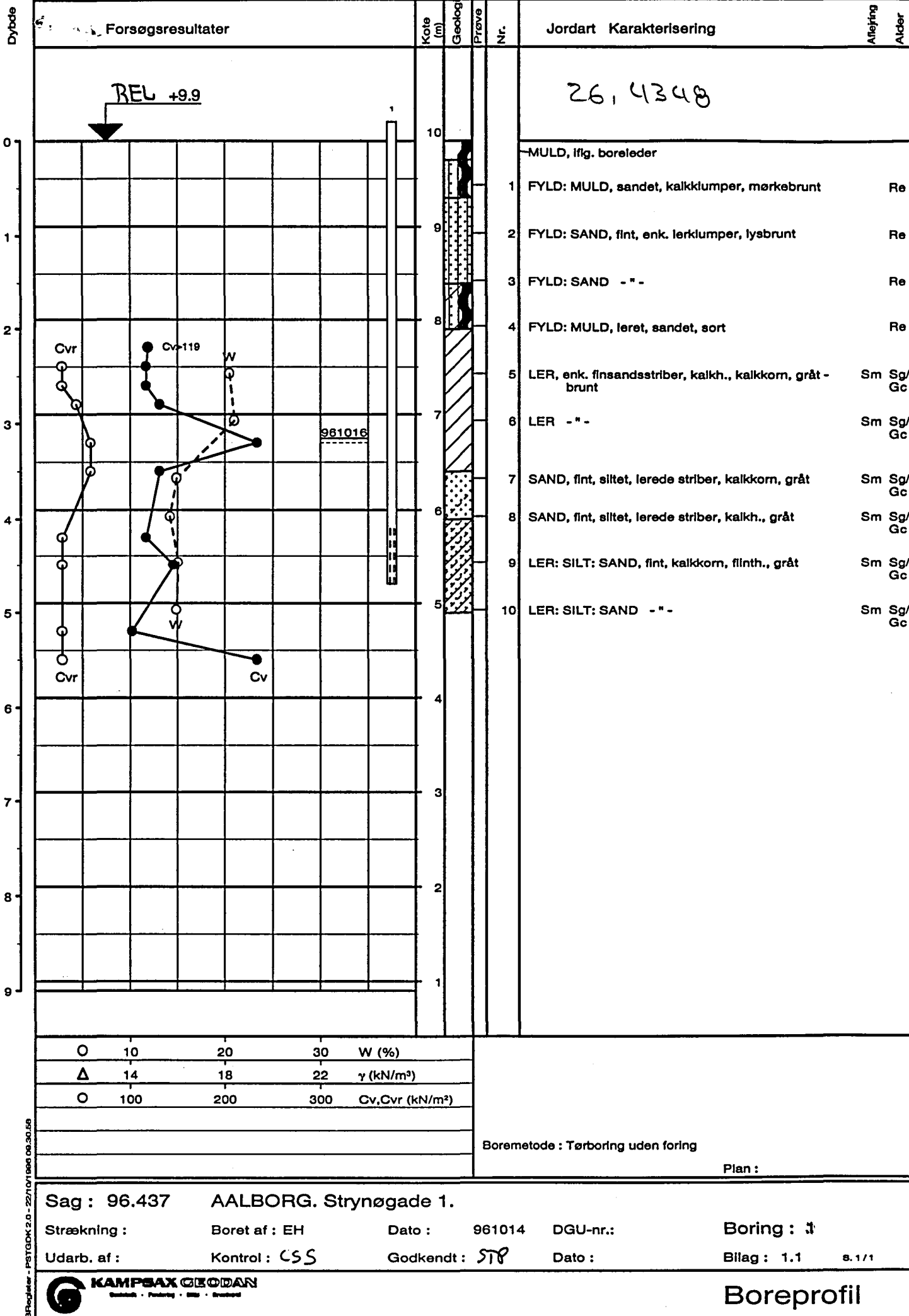
Boring no. D3

Godk.: *...*

d. 2.10.1968.

Bilag no. 5

Signaturforklaring på bilag A.



BORERAPPORT

DGU arkivnr: 26. 5564
Borested : Sohngårdsholmsvej 2
9000 Aalborg

Kommune : Aalborg
Region : Nordjylland

Boringsdato : 29/3 2011

Boringsdybde : 50 meter

Terrænkote : 4,33 meter o. DNN

Brøndbore : A. Højfeldt A/S

MOB-nr :

BB-journr :

BB-bornr :

Prøver
- modtaget : 27/4 2011 **antal** : 50

- beskrevet : 26/9 2012 **af** : HJG

- antal gemt : 0

Formål : Industri/procesvand

Anvendelse :

Boremethode : Lufthæve

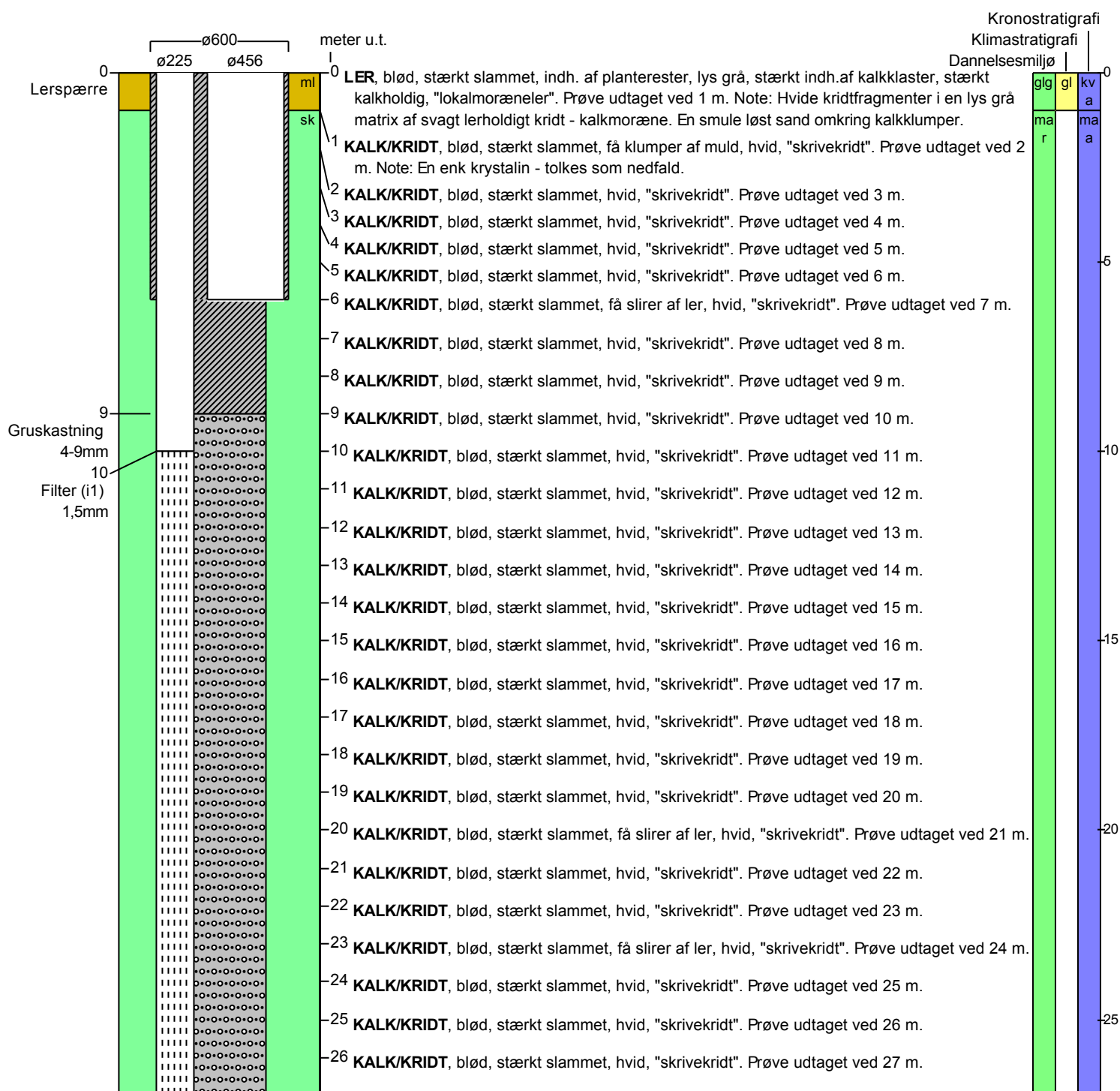
Kortblad : 1317IIISV

UTM-zone : 32

UTM-koord. : 556698, 6321941

Datum : WGS84

Koordinatkilde : Brøndbore

Koordinatmetode : GPS


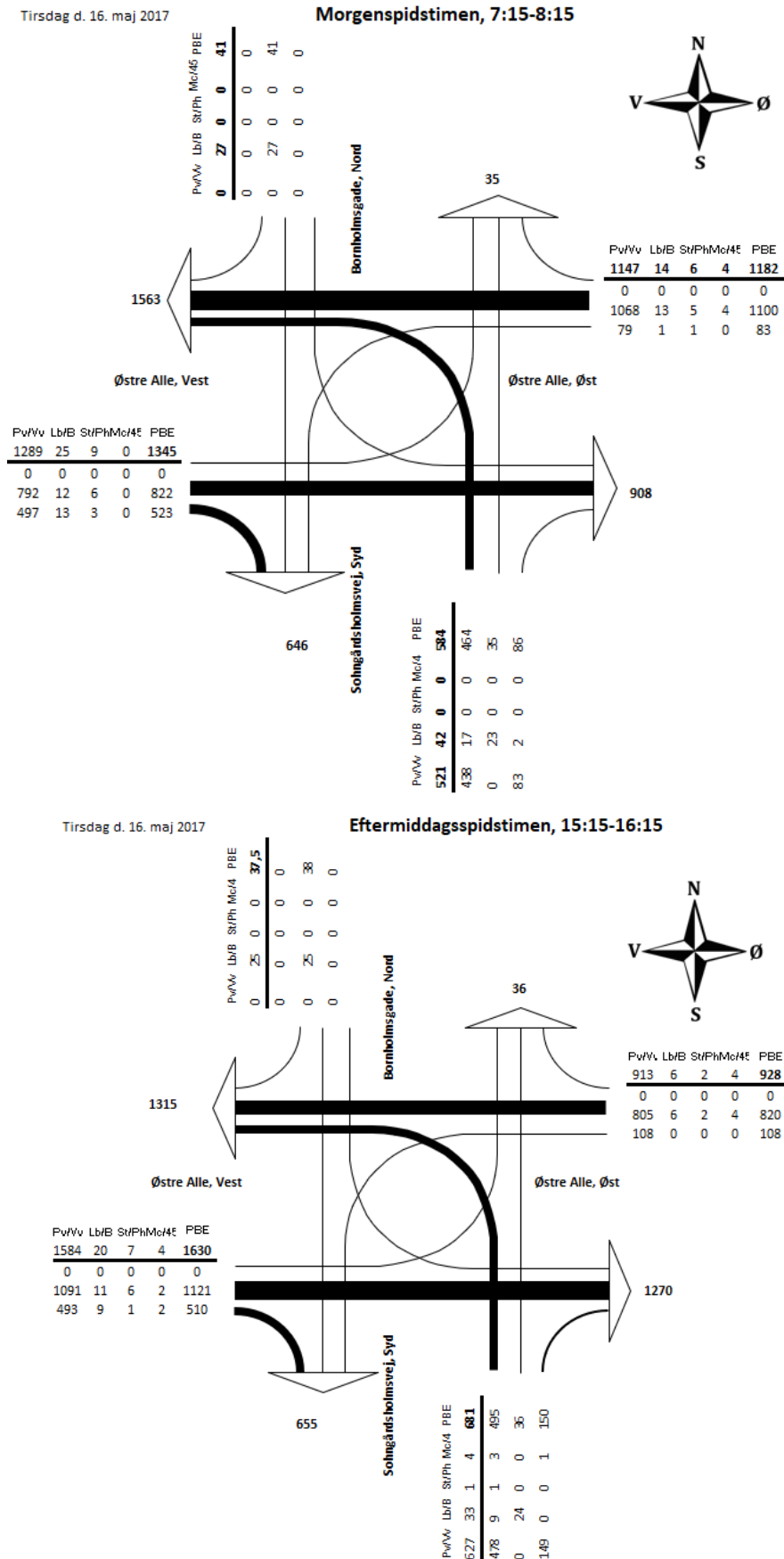
Dankap-Belastnings- beregninger



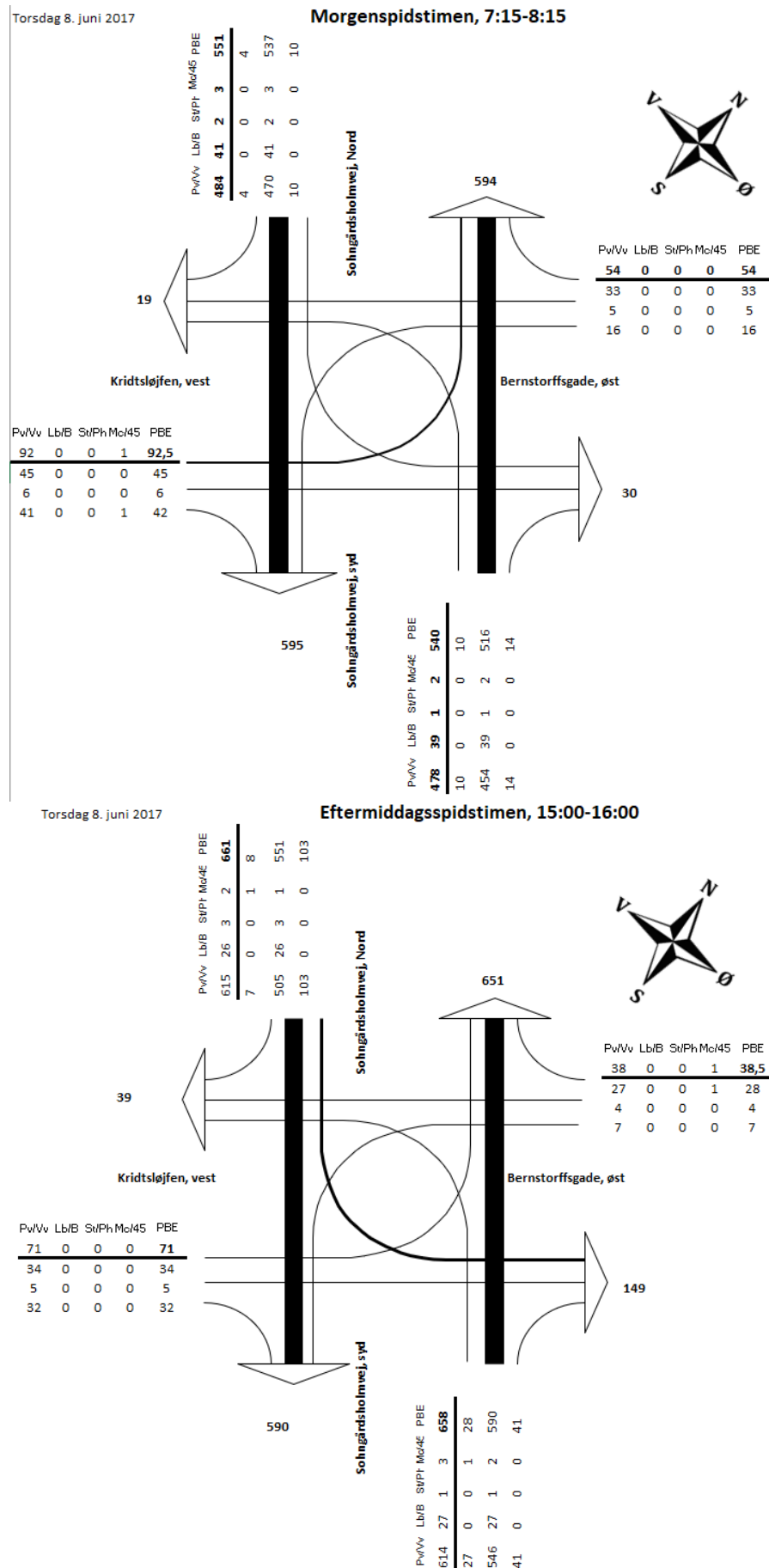
Dette bilag indeholder 4 trafiktællinger i 2 kryds for henholdsvis en morgen- og eftermiddagsspidstid

C.1 Trafiktal

Trafiktællingerne lavet af Aalborg Kommune for henholdsvis krydset ved Østre Allé og krydset ved Kridtsløjfen er vist på figur. C.1 og C.2. Her der er der trafiktællinger for en morgen- og eftermiddagsspidstid i begge kryds.



Figur C.1. Trafiktællinger fra krydset ved Østre Allé for henholdsvis en morgen- og eftermiddagsspidstime



Figur C.2. Trafiktællinger fra krydset ved Østre Allé for henholdsvis en morgen- og eftermiddagsspidstime

Tracering af vej

D

Dette bilag indeholder beregninger af stopsigt samt minimums kurver for linjeføringen og længdeprofilet.

Beregning af minimal horisontalkurveradius med stopsigt, lang kurve

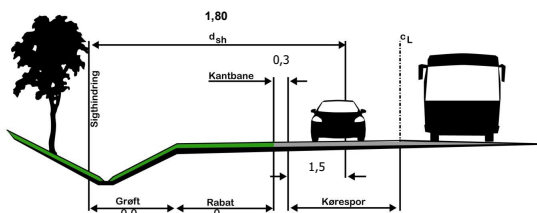
Kurven er længere end sigtlængden

Håndbog "Tracering i åbent land" afsnit 5.5.1

INPUT	
Planlægningshastighed V_p	km/h 50
Dimensionerende hastighed V_d	km/h 50
Den dimensionerende hastighed er som standard $V_p > 20$ km/h ved $V_p < 100$ km/h. Dimensionerende hastighed skal svare til 85% fraktilen af hastigheden for hastigheder under 100 km/h rundet op til nærmeste 10'er	
Kurve	
Længdegradient i ‰ (nedad negativ)	57

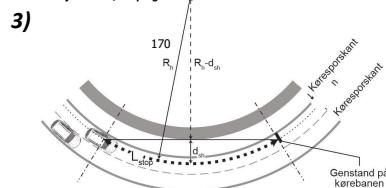
	Oversigts over/langs		
	Yderrabat	Langs kø	Midterrabat
Bidrag til oversigtsareal [m]			
Kørespor (bredde)	3,00	3,00	3,00
Placering af køretøj i kørespor	1,50	1,50	1,50
Kantbane og nødspej (bredde)	0,30	x	x
Indre kantbane (bredde)	x	x	0,30
Afstand fra indre kørebanelkant til autoværn i midterrabat	x	x	0,30
Afstand fra køresporskant til bil i kø	x	0,75	x
Rabat og autoværnstilleg (bredde)	0,00	x	x
Grøft eller trug (bredde)	0,00	x	x

Kun bredder ud til sigthindning medtages. Stopsigt måles i køresporsmidten.



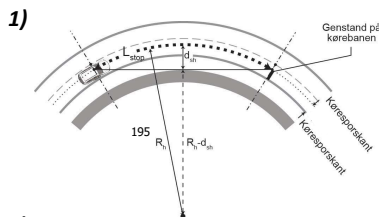
Tilbage til prædefinerende værdier

Oversigtsforholdene over midterrabat i en lang venstredrejet kurve, stopsigt.

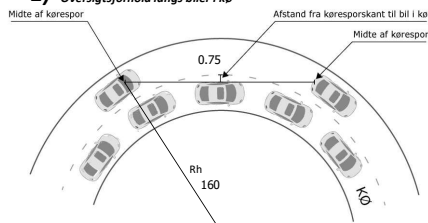


RESULTAT		Oversigt over/langs		
		Yderrabat	Langs kø	Midterrabat
Sigtlængder	L_{sig}	m	53	53
Afstand, over yderrabat	$d_{sh,i}$	m	1,80	
Radius, stopsigt over rabat	$R_{n,min,stop, rabat, uafundet}$	m	195	
Minimumsradius for stopsigt over rabat	$R_{n,min,stop, rabat}$	m	195	
Afstand, langs kø	$d_{sh,kø}$	m		2,25
Radius, stopsigt langs kø	$R_{n,min,stop, kø, uafundet}$	m		156
Minimumsradius for stopsigt langs kø	$R_{n,min,stop, kø}$	m		160
Afstand, midterrabat	$d_{sh,y}$	m		2,10
Radius, stopsigt midterrabat	$R_{n,min,stop, midte, uafundet}$	m		167
Minimumsradius for stopsigt, midterrabat	$R_{n,min,stop, midte}$	m		170
Største minimumsradius for stopsigt	$R_{n,min,stop}$	m	195	

Oversigtsforholdene over yderrabat i en lang højredrejet kurve, stopsigt.



2) Oversigtsforhold langs biler i kø



$$R_h = \frac{L_{sig}^2}{8 \cdot d_{sh}}$$

$$195 \approx \frac{53^2}{8 \cdot 1,8}$$

Tilbage til hovedmenu

Beregning af minimal konkav vertikalkurveradius med stop-, møde- og overhalingssigt ved sigthindring

Kurven er længere end sigtlængden

Håndbog "Tracering i åbent land" afsnit 6.4.3

INPUT

Regnes der på motorvej eller på øvrige veje?

Ved valg af "Motorvej" beregnes møde- og overhalingssigt ikke.

Planlægningshastighed V_p	km/h	50
Dimensionerende hastighed V_d	km/h	50

Den dimensionerende hastighed er som standard $V_p + 20$ km/h ved $V_p < 100$ km/h. Dimensionerende hastighed skal svare til 85% fraktilen af hastigheden for hastigheder under 100 km/h rundet op til nærmeste 10'er. Dimensionerende hastighed benyttes kun ved stopsigt.

Er det i en horisontalkurve eller på lige vej?	Kurve
Længdegradient i ‰ (nedad negativ)	57

Længdegradient har kun indflydelse på stopsigt.

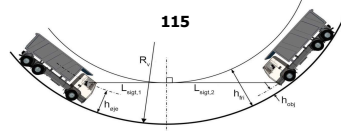
	Højde
Øjepunkthøjde $h_{øje}$	2,50
Objektpunkthøjde, stopsigt $h_{obj,stop}$	0,15
Objektpunkthøjde, møde- og overhalingssigt $h_{obj,møde/overhal}$	1,00
Frihøjde h_{fi}	4,50

$$R_{v,min} = \frac{L_{sig}^2}{2 \cdot (\sqrt{h_{fri} - h_{øje}} + \sqrt{h_{fri} - h_{obj}})^2}$$

Tilbage til
prædefinerende
værdier

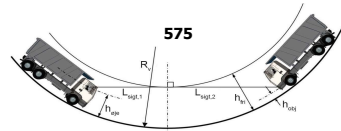
RESULTAT			Stopsigt	Mødesigt	Overhalingssigt
Sigtlængder	L_{sig}	m	53	110	500
Radius, stopsigt	$R_{v,min,stop,uefrundet}$	m	115		
Minimumsradius for stopsigt	$R_{v,min,stop}$	m	115		
Radius, mødesigt	$R_{v,min,møde,uefrundet}$	m		561	
Minimumsradius for mødesigt	$R_{v,min,møde}$	m		575	
Radius, overhalingssigt	$R_{v,min,overhal,uefrundet}$	m			11.583
Minimumsradius for overhalingssigt	$R_{v,min,overhal}$	m			12.000
Minimumsradius for sigt	$R_{v,min}$	m	115	575	12.000

Stopsigt i en lang, konkav vertikalkurve



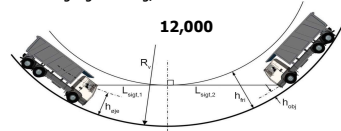
$$115 \approx \frac{53^2}{2 \cdot (\sqrt{(4,5-2,50)} + \sqrt{(4,5-0,15)})^2}$$

Mødesigt i en lang, konkav vertikalkurve



$$575 \approx \frac{110^2}{2 \cdot (\sqrt{(4,5-2,50)} + \sqrt{(4,5-1,00)})^2}$$

Overhalingssigt i en lang, konkav vertikalkurve



$$12000 \approx \frac{500^2}{2 \cdot (\sqrt{(4,5-2,50)} + \sqrt{(4,5-1,00)})^2}$$

Tilbage til hovedmenu

Beregning af minimal horisontalkurveradius og tværfald med dynamik

Håndbog "Tracering i åbent land" afsnit 8.3.1

INPUT - beregning af tværfald

Planlægningshastighed V_p	km/h	50
-----------------------------	------	----

Horisontalradius R_h	m	400
------------------------	---	-----

Minimumsradius for kurver med tagformet fald kan ikke bestemmes af formlen, men fremgår af tracershåndbogen

$$\mu_r + i_r = \frac{V_p^2}{127 \cdot R_h}$$

RESULTAT

Tværfald for dynamik	$i_{r,max}$	‰	0
----------------------	-------------	---	---

Udregningen for tværfald er mindre end 25 ‰

$$\approx \frac{50^2}{127 \cdot 400} - 0,173$$

INPUT - beregning af minimumsradius

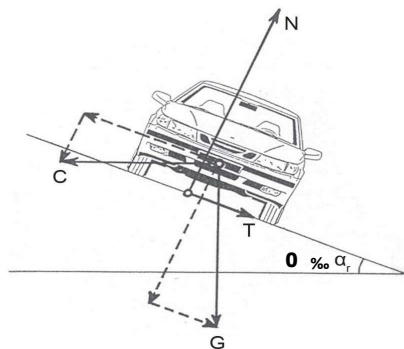
Planlægningshastighed V_p	km/h	50
-----------------------------	------	----

Maksimalt tværfald $i_{r,max}$	‰	3
--------------------------------	---	---

RESULTAT

Radius, dynamik	$R_{h, uafundet}$	m	112
Minimumsradius for dynamik	R_h	m	115

Tilbage til
prædefinerende
værdier



$$115 \approx \frac{50^2}{127 \cdot (0,173 + 0,0025)}$$

Tilbage til hovedmenu

Vejbefæstelse



Der bliver i bilaget gennemgået de nødvendige beregninger for den dimensionsgivende trafikmængde, så der videre kan opstilles belægningsdimensionering i programmet Mmopp. Der tages udgangspunkt i håndbogen 'Dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger' [Vejdirektoratet, 2013].

Den dimensionsgivende trafik, $N_{\text{Æ10}}$, bestemmes ud fra formel E.1.

$$N_{\text{Æ10}} = P \cdot K_F \cdot K_K \cdot K_R \cdot F_{SS} \cdot \sum_i (F_{\text{Æ10},i} \cdot \rho_i \cdot P_L \cdot N_{\text{ÅDT}}) \cdot K_O \quad (\text{E.1})$$

hvor,

P	Vækstfaktoren, der angiver trafikstigningen i levetiden [-]
K_F	Korrektionsfaktor for kørebanebredden [-]
K_K	Korrektionsfaktor for kanaliseringsgraden [-]
K_R	Korrektionsfaktor for rundkørslers kanalisering [-]
F_{SS}	Korrektionsfaktor for effekten af supersingle dæk [-]
$F_{\text{Æ10},i}$	Vejslidsfaktoren, eller standard-Æ10 faktor, for køretøjskategori i [-]
ρ_i	Den andel, som køretøjeskategori i udgør af hele den tunge trafik [-]
P_L	Lastbilprocenten, den andel, som de tunge køretøjer udgør af hele trafikken [-]
$N_{\text{ÅDT}}$	Årsdøgntrafikken [kt]
K_O	Opregningsfaktor, der ved opregning af trafiktællinger kan sættes til 365 ved en antagelse af at der er anvendt 7-døgntælling [-]

Til beregning af vækstfaktoren bruges formel E.2.

$$P = \frac{(1 + \alpha)^n - 1}{\alpha} \quad (\text{E.2})$$

hvor,

α	Relativ stigning [-]
n	Dimensioneringsperioden [år]

α er bestemt i afsnit 3.3 til 0,004, mens dimensioneringsperioden sættes til 15 år. P bliver derfor udregnet til 15,4.

- Sohngårdsholmsvej dimensioneres som 2-sporede vej trods flere svingbaner, hvorfor K_F er 0,5.
- K_K værdien sættes til 2,0, da der forekommer kanaliserede kryds som er hårdt belastet.
- K_R bestemmes til 1, da Sohngårdsholmsvej er en tilnærmelsesvis lige strækning.
- Vejen er kategoriseret som en Kommunevej og F_{SS} er derfor 1,3.

Til beregning af $F_{\text{Æ10},i}$ bruges værdien 0,8, da opdelingen af tunge køretøjer samt deres længder ikke er kendt, hvorfor ρ_i sættes lig med 1,0.

Lastbilprocenten, P_L , sættes til 2% som en antagelse fra krydstællingerne.

$$N_{\text{Æ10}} = 15,40 \cdot 0,5 \cdot 2,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,02 \cdot 11570 \cdot 365 = 1.090.636 \text{ Æ10 (E.3)}$$

For at kunne bestemme trafikklassen skal $N_{\text{Æ10}}$ findes pr. der dimensioneres for, derfor deles denne ud på 15 år. Dermed fås den gennemsnitlige dimensiongivende trafik til 72709 Æ10/år. Derved aflæses det af tabel E.1 at Sohngårdsholmsvej er af Trafikklasse 3.

Klasse	Lastbiler på vejen pr. døgn i begge retninger tilsammen	$N_{\text{Æ10}}$ pr. dag i spor (øvre grænse)	Dimensionerings-trafik $N_{\text{Æ10}}$ /år
T0 ¹⁾	Kun lette køretøjer	-	-
T1	Mindre end 1	0,5	75
T2	Op til 75	20	7.300
T3	75 til 150	50	18.300
T4	150 til 600	200	73.000
T5	600 til 1.400	500	180.000
T6	1.400 til 2.000	800	300.000
T7	Flere end 2.000	1.500 ²⁾	500.000 ²⁾

Noter 1) I klasse T0 bør træffes aktive foranstaltninger mod at bruge tunge køretøjer - herunder snerydningsmateriel - færdes på vejene

2) Principielt ubegrænset - de angivne værdier bruges som standardværdier i dimensioneringsprogram

Tabel E.1. Kapacitet 2045 for en 2+1-vej.

Det ovenstående beregninger fører videre til beregninger i programmet Mmopp.