

An aerial photograph showing a residential neighborhood with houses and green spaces. A proposed road overpass, depicted in dark grey, runs diagonally across the image, crossing over a wooded area and a grassy field. The overpass has multiple lanes and a central section that appears to be a bridge or viaduct. The surrounding landscape is lush with green trees and grass.

OVERDÆKNING AF HOLBÆKMOTORVEJEN I HØJE-TAASTRUP KOMMUNE

forundersøgelse

20 MAJ 2022

FORELØBIGT PRINT
TIL GODKENDELSE



lützen

ATKINS

INDHOLD

1. Baggrund

1. Baggrund
2. Ambition
3. Eksisterende løsninger på støjproblematikken
4. Sundhedsmæssige konsekvenser af trafikstøj
5. Bæredygtighed
6. Proces for udvikling af løsningen

2. Konceptdesign Hedehusene

1. Overordnet beskrivelse
2. Støj
3. Konstruktioner
4. Solenergi
5. Arkitektur
6. Tunnelsikkerhed

3. Konceptdesign Motorring 04

1. Støj
2. Konstruktioner
3. Solenergi
4. Arkitektur

4. Etableringsomkostninger og finansieringsmuligheder

1. Etableringsomkostninger
2. Værdiskabelse og finansiering

5. Konklusioner

20 MAJ 2022

FORELØBIGT PRINT
TIL GODKENDELSE

Denne rapport er udarbejdet af KI Rådgivende Ingeniører ApS, Lützen Arkitekter og Atkins på vegne af Høje-Taastrup Kommune i perioden oktober 2021 til maj 2022.

Rapporten er udarbejdet af:

Einar Thor Ingolfsson, KI Rådgivende Ingeniører
Mads Lützen, Lützen Arkitekter
Ute Stemmann, Atkins
Rune Rasmussen, Atkins
Jørgen Holst, Atkins
Nuno Martins, KI Rådgivende Ingeniører
Mohammad Rahmadian, KI Rådgivende Ingeniører

Derudover, er der modtaget et værdifuldt input fra Jakob Klint, Kuben Management vedrørende etablering af solenergianlæg.



1. BAGGRUND

Baggrund

Motorvejene omkring København skaber støj og gennemskærer og deler lokalsamfundene. Høje-Taastrup Kommune ønsker at undersøge muligheden for at overdække Holbækmotorvejen i to områder:

- Hedehusene og Fløng
- Fra Klovtoftekrydset og ned til Vallensbæk sø



Figur 1: Oversigt over de motorvejsstrækninger som undersøges i forbindelse med nærværende rapport.

Dette tiltag vil fjerne støjen fra motorvejen i de områder, der er særligt hårdt belastede af støj fra motorvejen. I denne rapport præsenteres resultaterne fra en forundersøgelse med henblik på at kortlægge muligheden for at overdække motorvejen på ovennævnte strækninger. Undersøgelsen har følgende hovedformål:

- Teknisk og arkitektonisk redegørelse for mulige overdækninger
- Beskrivelse af den tekniske konstruktion og groft anslåede anlægsomkostninger
- Den forventede reduktion af støjniveau
- Beskrivelse af de afledte positive effekter og konsekvenser for det omgivende bymiljø
- Undersøgelse af den formelle proces for etablering og godkendelse af overdækning i samarbejde med Høje-Taastrup og relevante myndigheder og interessenter
- Overslagsmæssige beregninger af eventuelt solenergianlæg – etablering, drift, rentabilitet

Nærværende undersøgelse har fokus på "lette" overdækninger. Med "lette overdækninger", henvises til delvist eller fuldt overdækkede motorveje, hvor tagkonstruktionen ikke er dimensioneret til at bære andet end støjskærme eller eventuelt lette solpaneler. Betegnelsen "tunge overdækninger" henviser til fuldt overdækkede motorveje, hvor tagkonstruktionen kan tages direkte i brug som en del af det omkringliggende nærmiljø i form af bebyggelse, veje, rekreative områder eller andet. Dette er ikke en del af nærværende undersøgelse.

Ambition

De arkitektoniske og samfundsmæssige ambitioner i projektet er blandt andet:

- Fjerne støj fra motorveje
- Højne kvaliteten af eksisterende byområder
- Skabe nye by-funktioner / rekreative områder
- Udnytte skærme og lette overdækninger til energiproduktion
- Bygge videre på eksisterende viden og erfaringer
- Sikre god fremkommelighed og sikkerhed på de overdækkede veje

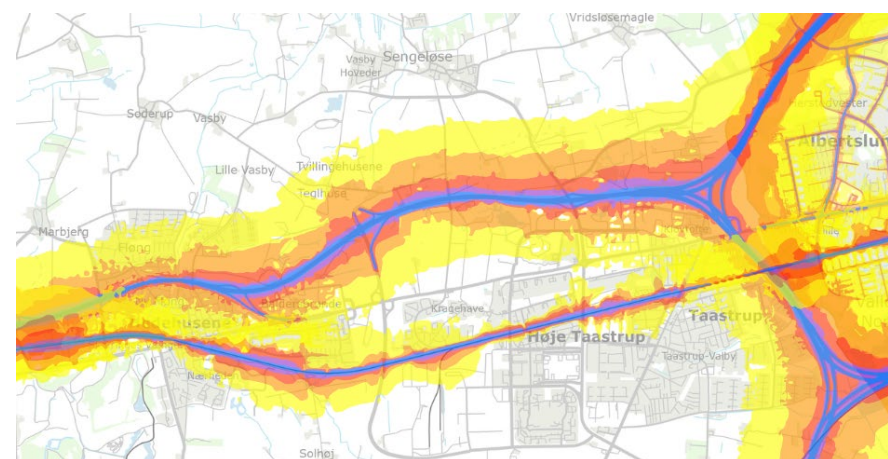
Økonomien kommer til at være det primære omdrejningspunkt for udviklingen og "Uden økonomisk bæredygtige løsninger – ingen løsning på problemet". Innovative tekniske løsninger i tæt sammenspil med god arkitektur og stort fokus på bæredygtighed er midlet til at nå målet. Den overordnede motivation er således at udvikle løsninger, der fjerner støjen og skaber grundlag for etablering af solenergianlæg, og som er bæredygtige og realiserbare ud fra et økonomisk, teknisk, miljømæssigt og arkitektonisk perspektiv.

Eksisterende løsninger på støjproblematikken

I mange kommuner er borgere stærkt plagede af motorvejsstøj, også selvom der er støjskærme langs motorvejene. Mange steder er der opstillet 4-5 meter høje støjskærme, men skærmene reducerer kun støjniveauet for de stærkt belastede boliger helt tæt på motorvejen, mens boliger i op mod en km afstand fortsat har et støjniveau over støjgrænseværdien på 58 dB.

Gennem Hedehusene er der opstillet 4 m høje støjskærme langs motorvejen – alligevel er mere end 1.500 mennesker udsat for trafikstøj fra motorvejen over grænseværdien på 58 dB. På strækningen ved Taastrup Øst er der opstillet 4 m høje støjskærme og volde langs motorvejen – alligevel er mere end 700 mennesker udsat for trafikstøj fra motorvejen over grænseværdien på 58 dB.

I en rapport fra 2018 har WHO påpeget, at de sundhedsmæssige konsekvenser af at leve i støj er endnu værre end tidligere antaget; støjen medvirker til, at mennesker dør for tidligt og får alvorlige sundhedsmæssige udfordringer. WHO anbefaler at støjgrænsen skal nedsættes yderligere fra 58 dB til 53 dB af sundhedsmæssige årsager. I Danmark vil dette betyde, at over 1 mio. boliger og over 2 mio. mennesker vil være udsat for trafikstøj, der har sundhedsmæssige konsekvenser. Et problem der bliver større i takt med øget biltrafik og som ikke kan løses med støjskærme.



Figur 2: Støj kort over de motorvejsstrækninger som undersøges i forbindelse med nærværende rapport.

Sundhedsmæssige konsekvenser af Trafikstøj

I Danmark er antallet af boliger med støjbelastninger fra vejtrafik over 58 dB i gennemsnit opgjort til 723.000. Det svarer til 1,36 millioner borgere på landsplan.

Ifølge WHO kan støj give søvnforstyrrelser ved at ændre søvnmønstret med opvågninger og kortere perioder med dyb søvn. Hos mennesker, der udsættes for en vedvarende støjbelastning, har man målt forhøjet blodtryk og puls samt øget produktion af stresshormoner. Det medfører en direkte forøgelse af risikoen for hjertekarsygdomme, blodpropper, slagtilfælde og diabetes.

Et studie publiceret af Mærsk McKinney Møller Institutet på Syddansk Universitet i Danmark udført på 2 mio. danskere og over en periode fra 2004 til 2017 har vist den samme sammenhæng med forøgede risici mellem trafikstøj og disse sygdomme. Undersøgelsen fra Danmark har yderligere påvist en sammenhæng mellem trafikstøj og demens. Igennem perioden blev folks sygehistorik registreret og sammenlignet med deres bopælsadresser og den trafikstøj som personerne blev eksponeret for. Omfanget af analysedata har gjort det muligt at frasortere andre sammenhænge.

I løbet af perioden fra 2004 og 2017 blev 103.500 personer registreret med en demensdiagnose, hvor der sås en signifikant sammenhæng mellem trafikstøj på hjemmeadressen og risikoen for demensudvikling.

Studiet viste, at risikoen for Alzheimers var øget med ca. 27% for personer bosiddende i støjende omgivelser (>55 dB) i modsætning til folk bosat i mindre støjende omgivelser (<40 dB).

Tilsvarende var risikoen for udvikling af demens af enhver type øget med ca. 18% (al., 2021).

Antallet af demenstilfælde i Danmark i 2017 var i alt 8.475 tilfælde og af disse blev 1.216 knyttet direkte til trafikstøj. Det svarer til, at **100 mennesker om måneden** i 2017 blev ramt af demens som følge af trafikstøj.

Sammenhæng mellem støj og demens, skyldes at kroppen er under konstant stresspåvirkning, hvilket udløser dårlig søvn. Det skaber en træthed, som igen udløser mere stress og øger risikoen for at man udvikler demens. Jo højere støj, jo mere stiger risikoen.

I Den Nationale Vejstøjstrategi fra 2003 fremgår det, at forhøjet blodtryk og hjertesygdom som følge af vejstøj hvert år er årsag til **200-500 for tidlige dødsfald** i Danmark og til ca. **2000 hospitalsindlæggelser**. WHO har i 2011 estimeret, at der i Vesteuropa tabes mindst 1 mio. menneske-år pga. trafikstøj.

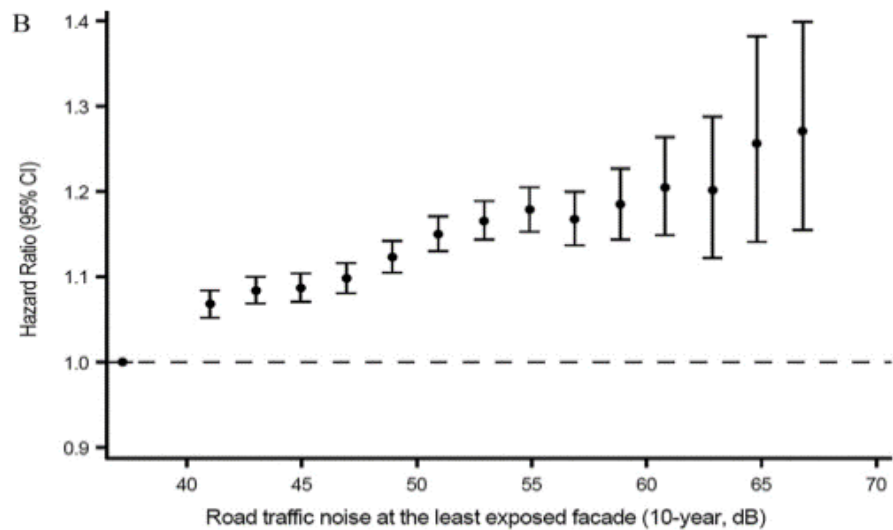
Særlig sammenhæng er påvist mellem støj fra vejtrafikstøj og sundhedseffekter for:

- Blodpropper i hjertet og hjertekarsygdomme
- Slagtilfælde
- Diabetes
- Brystkræft
- Stress og Demens

Udvalgte grafer der viser sammenhængen ml. trafikstøj og diabetes, brystkræft og demens

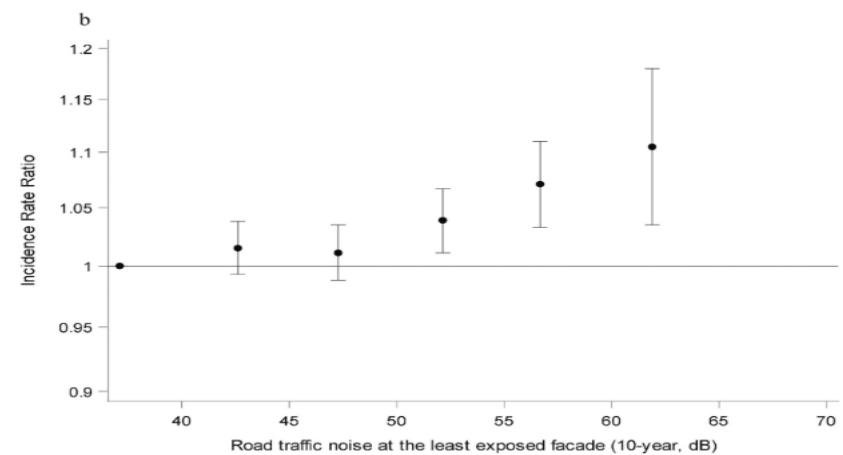
Type 2 diabetes

Forøget risiko med 25% ved vejtrafikstøj på 63 dB fremfor 40 dB
(kurven er indekseret til 1 ved 40 dB)



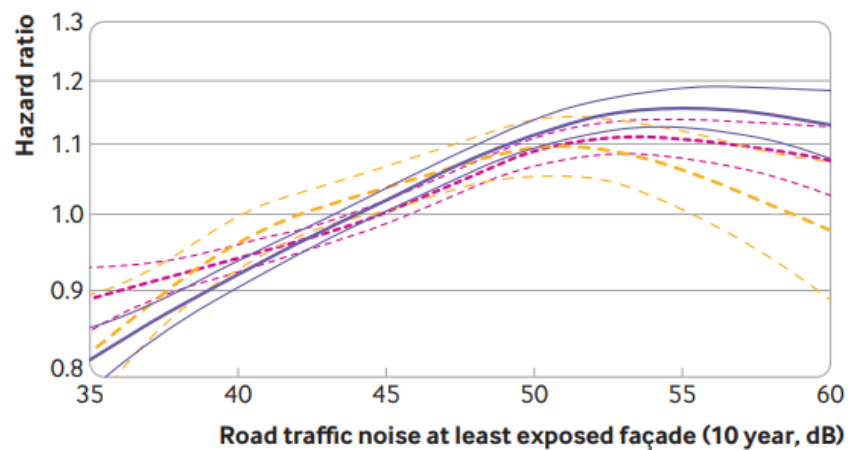
Brystkræft

Forøget risiko med 10% ved vejtrafikstøj på 63 dB fremfor 40 dB
(kurven er indekseret til 1 ved 40 dB)



Demens

Forøget risiko for Alzheimers med 27% ved vejtrafikstøj på 55 dB fremfor 40 dB
Forøget risiko for alle typer Demens med 18% ved vejtrafikstøj på 55 dB fremfor 40 dB
(kurverne er ikke indekserede)



Bæredygtighed

Bæredygtighed er omdrejningspunktet for projektet. I tilgangen til projektet er det essentielt hele tiden at stille spørgsmålet: hvordan løser vi, på en bæredygtig måde, de store udfordringer, vi som samfund står overfor i forhold til støjforurening, klimaforandringer og naturødelæggelse? Projektet vil have en positiv indvirkning på de ovennævnte parametre.

Sundhed: Forskning viser, at støjforurening påvirker sundheden og trivsel og har derfor store konsekvenser for borgere, der lever i støjbelastede områder. Som nævnt vil overdækning af motorvejen fjerne stort set al støj og derved forbedre sundheden i de områder, der ligger tæt på motorvejen. Desuden vil det gøre områderne mere attraktive i forhold til nybyggeri og rekreative områder tæt på motorvejen.

Miljø: Ved at betragte motorvejene som uudnyttede arealer, giver det muligheder for at anvende disse til solenergianlæg og byggeri og således undgå at indtage mere land og sparsom natur. Samtidig vil det være en fordel at placere solenergianlæg tæt på forbrugerne frem for på marker langt fra tæt befolkede områder. Den reducerede støj i de omkringliggende by- og naturområder vil have en positiv indvirkning på dyre- og plantelivet, da studier viser at støjforurening påvirker biodiversiteten negativt.

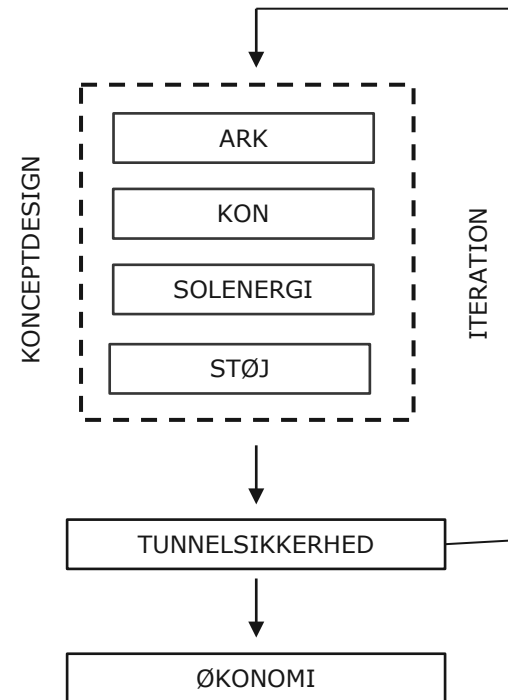
Konstruktioner: Alle dele af konstruktionen er optimerede i forhold til at minimere materialeforbruget og derved undgå unødigt brug af natur- og økonomiressourcer. I den videre udvikling af projektet vil der være fokus på at forske i, hvilke bæredygtige materialer, der kan anvendes, så miljøbelastningen fra konstruktionerne bliver så minimal som muligt.

Grøn omstilling: Solenergi, etableret ovenpå motorvejene bidrager til den grønne omstilling og sikrer en lokal produktion af el-energi tæt på hvor den forbruges. Fremtidig elektrificering af transportsektoren kræver ladestationer og dermed et generelt øget elforbrug.

Proces for udvikling af løsningen

Arbejdsprocessen er iterativ, hvor der tages udgangspunkt i en minimalistisk konstruktion, der netop opfylder funktionskravene i forhold til frihøjder, støjrreduktion og etablering af solceller. Idet overdækningen overstiger den samlede længde på 500 m, træder EU's tunneldirektiv (Direktiv 2004/54/FF af 29. april 2004) i kraft. Den udviklede konstruktion undersøges i forhold til tunnelsikkerhed, og der foretages en iteration af den udviklede konstruktion med henblik på kravopfyldelse af tunnelsikkerheden. Undervejs i processen har der været afholdt enkelte møder med Vejdirektoratet, samt interne møder omkring tunnelsikkerhed.

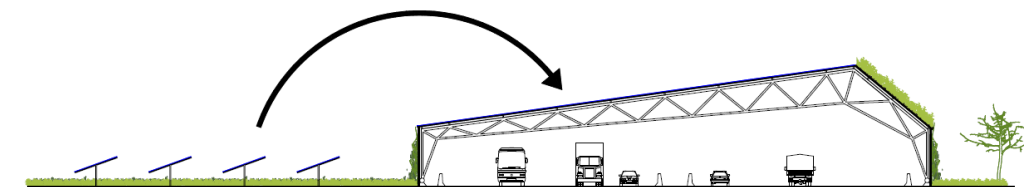
Overslaget af de økonomiske konsekvenser tager udgangspunkt i den udviklede konstruktion og indregner forventede anlægsudgifter, direkte såvel som indirekte (samfundsøkonomiske) indtægter.



Figur 3: Ladestation til elbiler tæt på motorvej (fra Clever)



Figur 4: Foto Better Energy (fra danskenergi.dk)



Figur 5: Ved at betragte motorvejene som uudnyttede arealer, giver det muligheder for at anvende disse til solenergianlæg og således undgå at indtage mere land og sparsom natur i byområderne.

An aerial photograph showing a mix of agricultural fields, some green and some brown, and urban areas with buildings and roads. A dashed white line outlines a large, irregular area that encompasses parts of both the rural and urban landscapes. The text "3. KONCEPTDESIGN – HEDEHUSENE OG FLØNG" is overlaid in the center of the image.

3. KONCEPTDESIGN – HEDEHUSENE OG FLØNG

Overordnet beskrivelse

Det primære formål med overdækning af motorvejen i dette område, er at fjerne støj fra boligerne i Hedehusene og Fløng og samtidig skabe mulighed for etablering af grøn energi. Dette opnås ved en overdækning der strækker sig 2,1 km, begyndende 300 m vest for Vesterled (afkørsel 8) til ca. 300 m øst for Kallerupvej (omkring afkørsel 7b). Dette sikrer den størst mulige støjreduktion i området. Det bør dog overvejes, om der i næste fase skal tilføjes yderligere 500 m i østlig retning for at opnå den bedst mulige reduktion af støjen i området omkring afkørsel 7b.

Høje-Taastrup kommune oplyser, at der ikke er umiddelbare planer om at udvide motorvejen i dette område, og der er hellere ikke planer om nye tilslutninger. Pladsforholdene omkring motorvejen er relativt gode. Der er observeret niveauforskelle i terrænet langs med motorvejen og der er henholdsvis to broer der krydser og to tunneler (stitunnel og vejttunnel). I den østlige del forgrener motorvejen sig i forbindelse med afkørsel 7b (Kallerup) og der skal tages hensyn til tilkørselsrampes ved afkørsel 8 (Fløng).

I det følgende præsenteres det valgte design og den tekniske- og arkitektoniske logik for den valgte løsning. Der etableres solceller på hele strækningen, på den del af taget, der vender mod syd. Dette afsnit indeholder en redegørelse for den opnåede støjreduktion, den tekniske konstruktion og designgrundlag, arkitektur af selve overdækningen og oplevelse i nærområdet, samt en betragtning omkring tunnelsikkerhed og sikkerhedskoncept for overdækningen – herunder krav til brand-ventilation, drift og vedligehold.



Figur 6: Holbækmotorvejen ved Hedehusene / Fløng.



Figur 7: Forslag til en let overdækning over motorvejen igennem Hedehusene og Fløng.

Støj

Resultater

De gennemførte støjberegninger viser et særligt potentiale for fuld overdækning af motorveje ift. almindelige støjskærme i Hedehusene og Fløng-området.

Resultaterne viser, at en overdækning af Holbækmotorvejen fra 350 meter vest for Vesterled, til frakørsel 7b kan bringe omkring 1500 adresser under grænseværdien for gennemsnitlig støjbelastning (se tabel nedenfor).

En strækning der i dag har 4 m høje støjskærme.

Den fulde overdækning er særdeles effektiv for adresser også i større afstande fra motorvejen, hvor almindelige støjskærme har begrænset effekt.

Der er også undersøgt et 350 meter kortere alternativ fra Vesterled til frakørsel 7b, som også viser en tydelig støjreducerende effekt i området.

Alternativet med en kortere støjskærm har dog langt fra samme effekt på de vestlige dele af Hedehusene og Fløng, hvor mange adresser fortsat vil opleve et støjniveau over grænseværdien.

Støjniveau i DB	Antal adresser		
	Nuværende (med eks. støjskærme)	Med ny overdækning	Ændring, som følge af overdækning
58-63	1465	313	-1152
63-68	293	15	-278
68-73	82	27	-55
73+	22	0	-22
Antal adresser over grænseværdi	<u>1862</u>	<u>355</u>	<u>-1507</u>

Tabel 1: Oversigt over antal støjplagede husstande med hhv. nuværende støjskærme og med ny overdækning.

Beregningsmetode

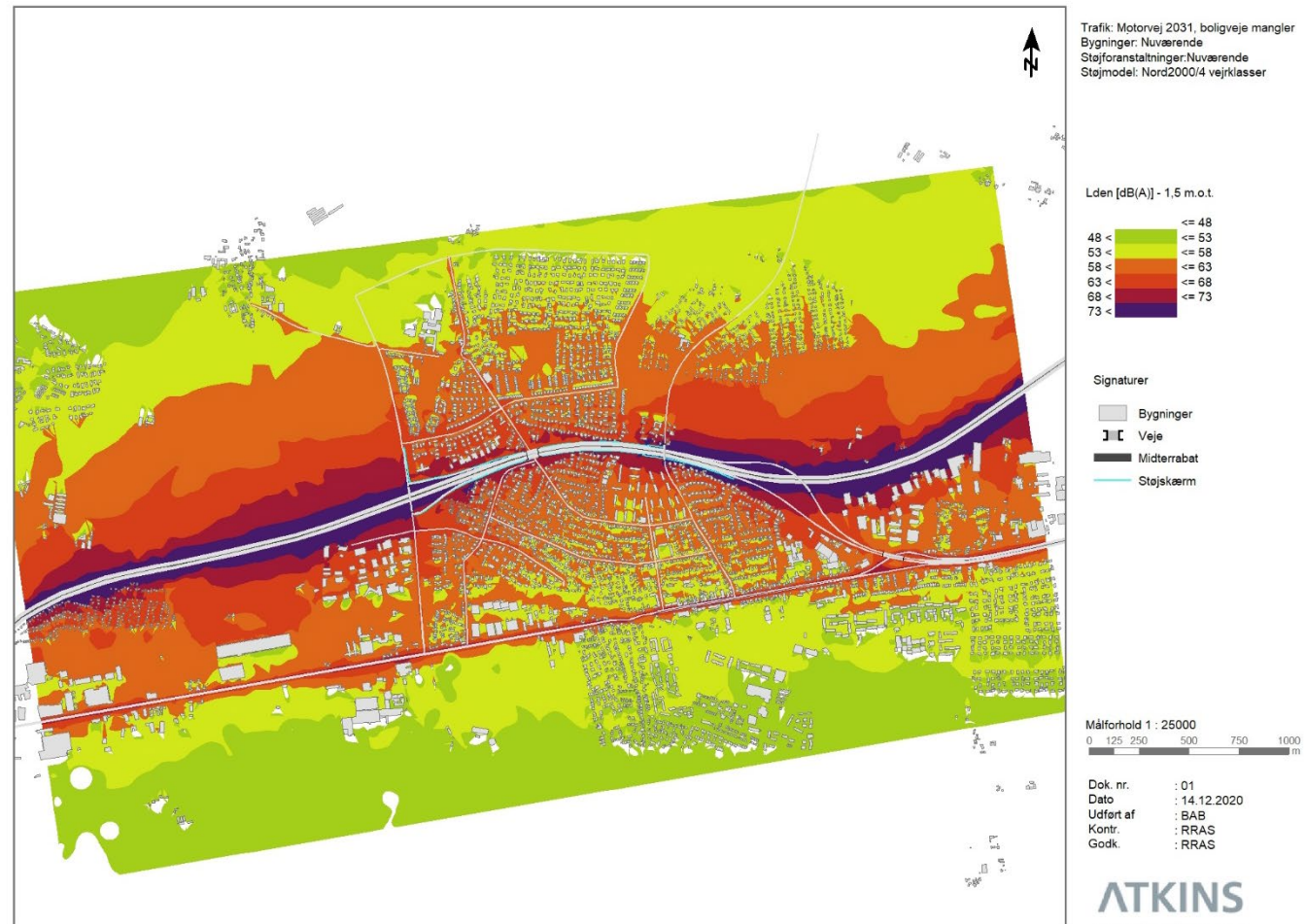
Beregningerne for trafikstøj fra motorvejen er gennemført med beregningsmodel NORD2000, som er en fælles nordisk metode for beregning af støj fra vejtrafik.

Med beregningsmetoden NORD2000 (dansk standard) beregnes lydens udbredelse under forskellige vejforhold, terrænets akustiske egenskaber, refleksioner fra bygninger samt mængden af personbiler, varebiler og lastbiler samt køretøjernes hastigheder.

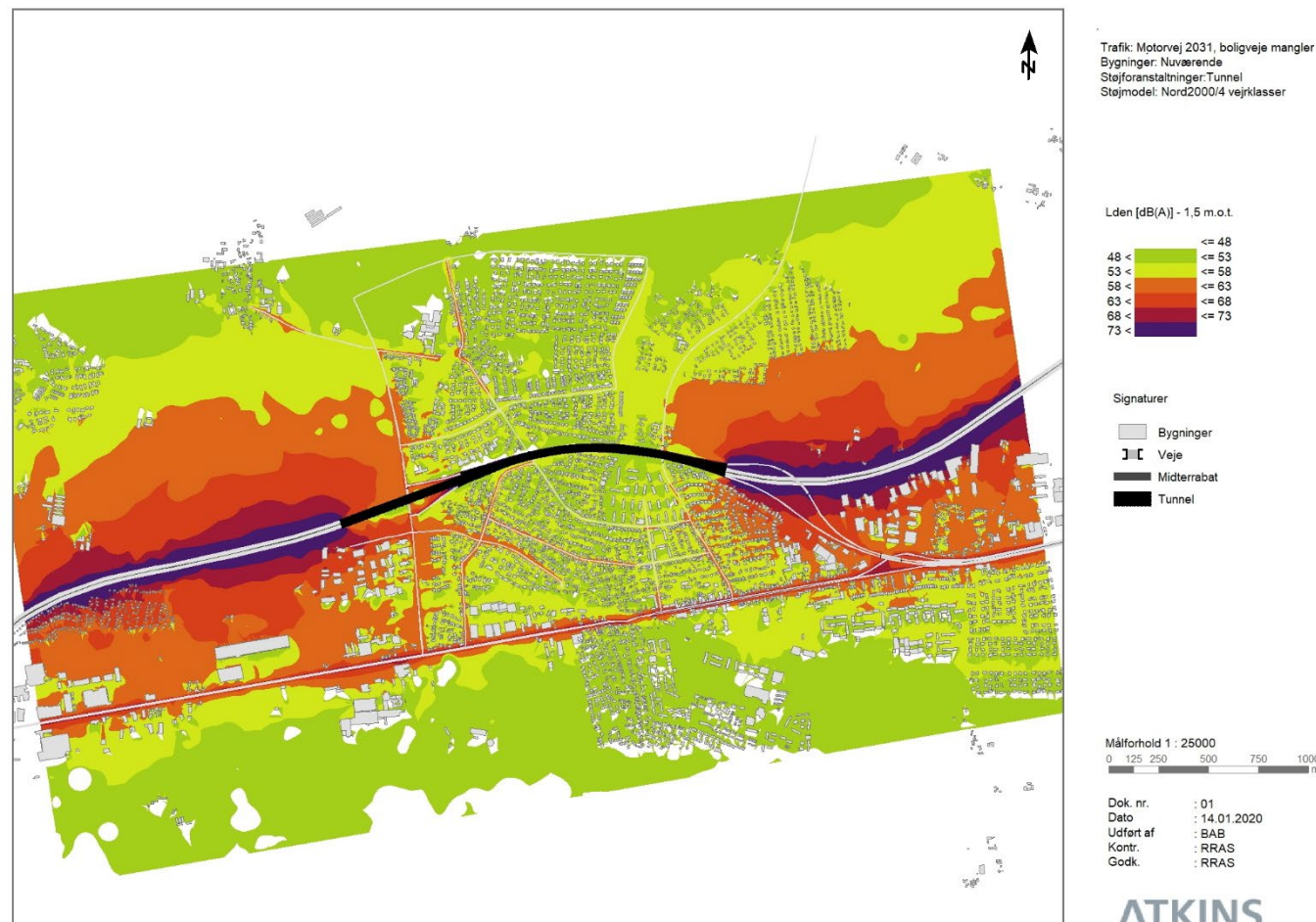
Beregningsresultaterne udtrykker årsmiddelværdien af det vægtede støjniveau for dag-, aften- og natperioden, hvor der tages højde for større gene om aftenen og natten.

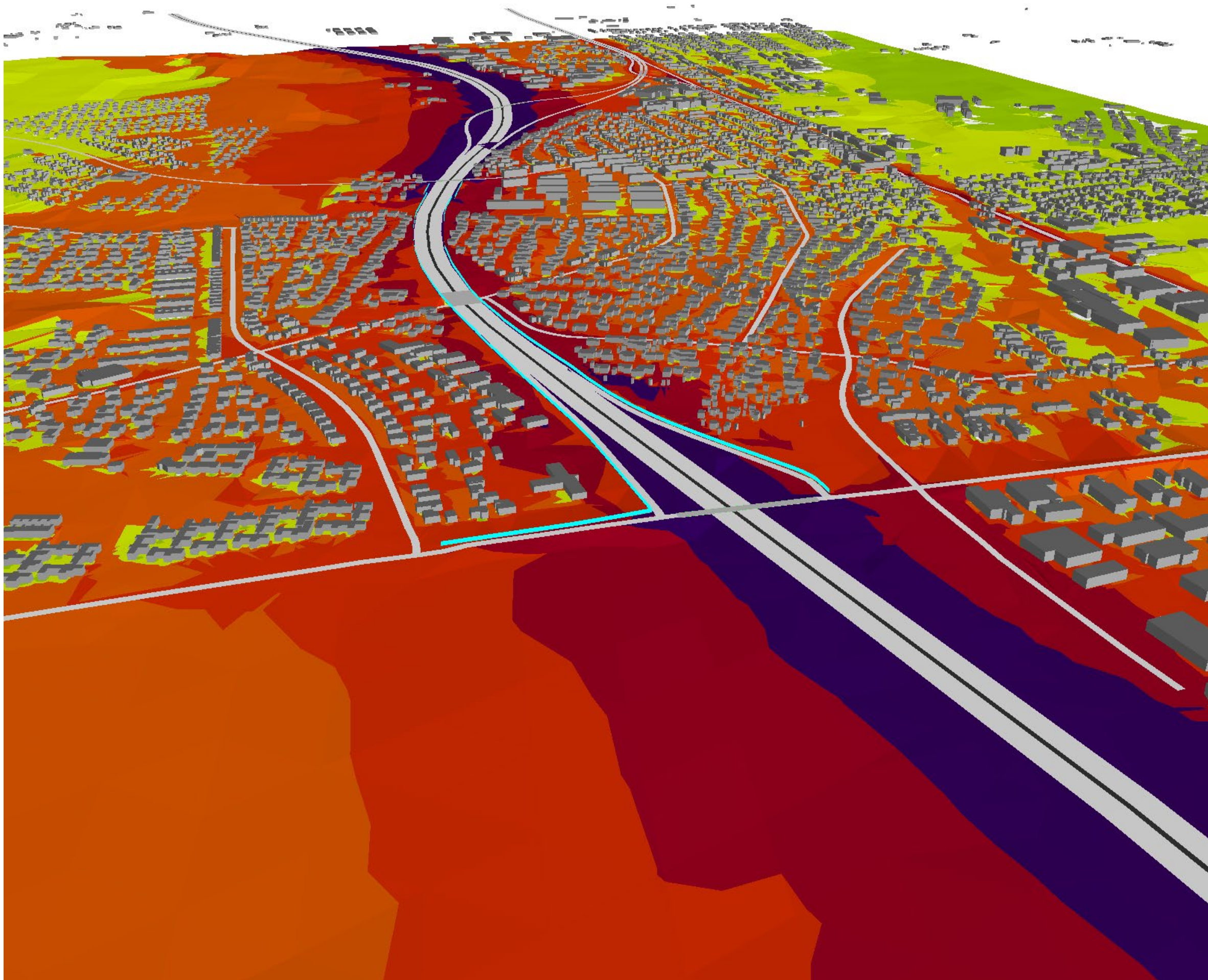
Beregningerne er visualiseret på støjkort dannet på grundlag af konturkort i 5 dB intervaller og med en beregningshøjde 1,5 m over terræn.

Figur 8: Støjkort med nuværende støjskærme.

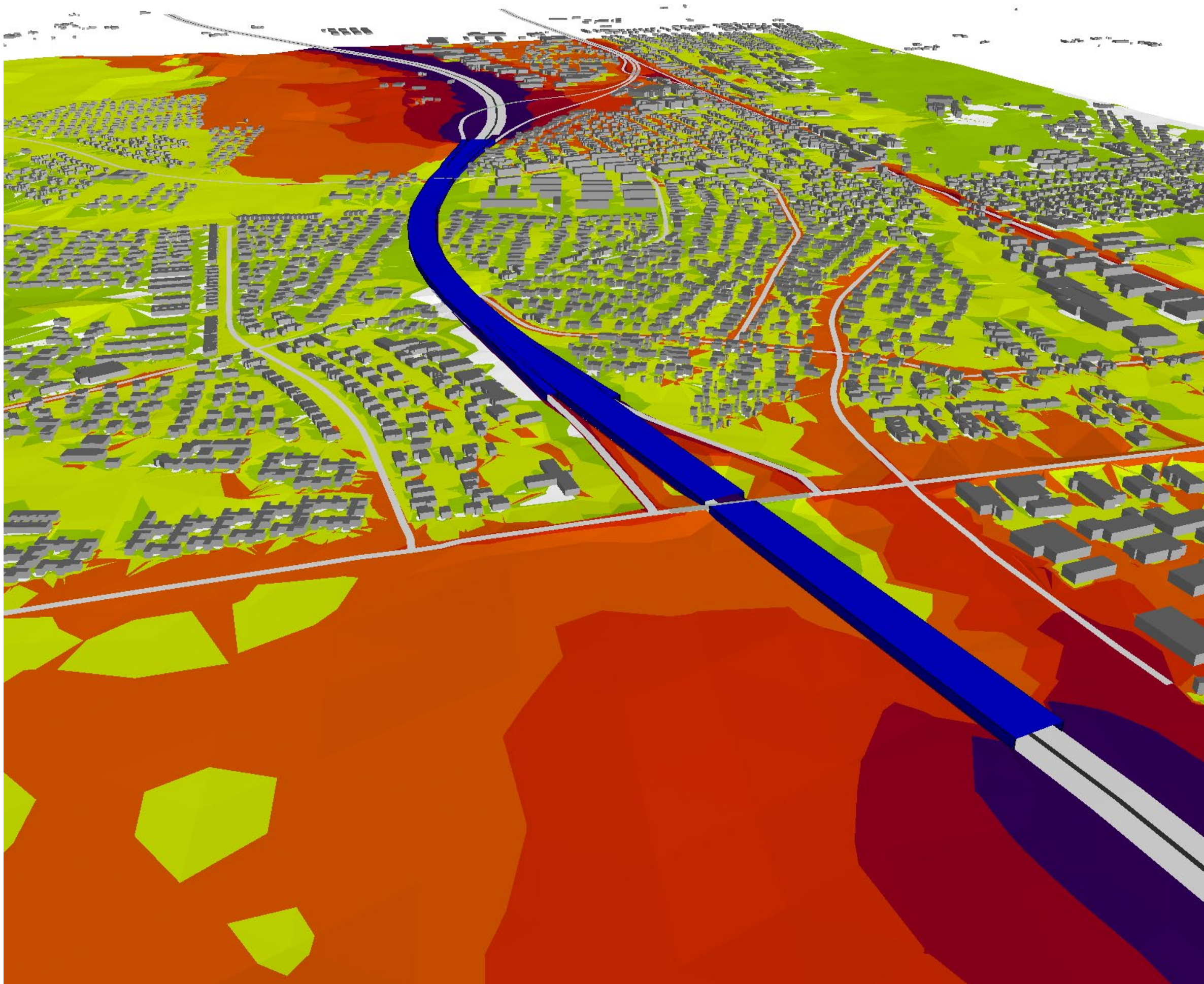


Figur 9: Støjkort efter etablering af en let overdækning.





Figur 10: Støj kort med nuværende støjskærme.



Figur 11: Støj kort efter etablering af en let overdækning.

Konstruktioner

Hovedgeometri

Konstruktionen spænder over motorvejen og har i et normalsnit en bredde på ca. 45 m. Frihøjden under konstruktionen er 4,5 m i nødsporet og 5,0 m over kørebanerne. Derudover skal der gøres plads til infotavler, VMS, kameraer, belysning og vejtafner, hvilket har betydning for den endelige frihøjde over kørebanerne. Konstruktionen udføres med en taghældning på 10 grader i den sydvendte side, hvor der etableres solenergianlæg. Tagkonstruktionens kip placeres excentrisk i forhold til midten af overdækningen for at sikre størst muligt areal af sydvendte solceller, men dog udføres en afskæring af taget i nordsiden for at reduceres skyggevirkningen på de tilstødende områder. Kippen placeres således 6-7 m målt fra yderside af det nordlige rammeben. Rammebenenes højde er den samme i nord- og sydsiden, hvilket definerer hældningen på taget mod nord. Her etableres et grønt tag.

Konstruktionens geometri er således defineret ved relativt få geometriske parametre:

- Fritrumsprofil (h_{Clear}, w_{Clear})
- Højde af rammeben (h_L og h_R)
- Bredde af gitterramme (w_L og w_R)
- Afstand til kip (w_A)
- Taghældning af solcelleside ($\alpha = 10$ grader)
- Hældning af underside (γ)

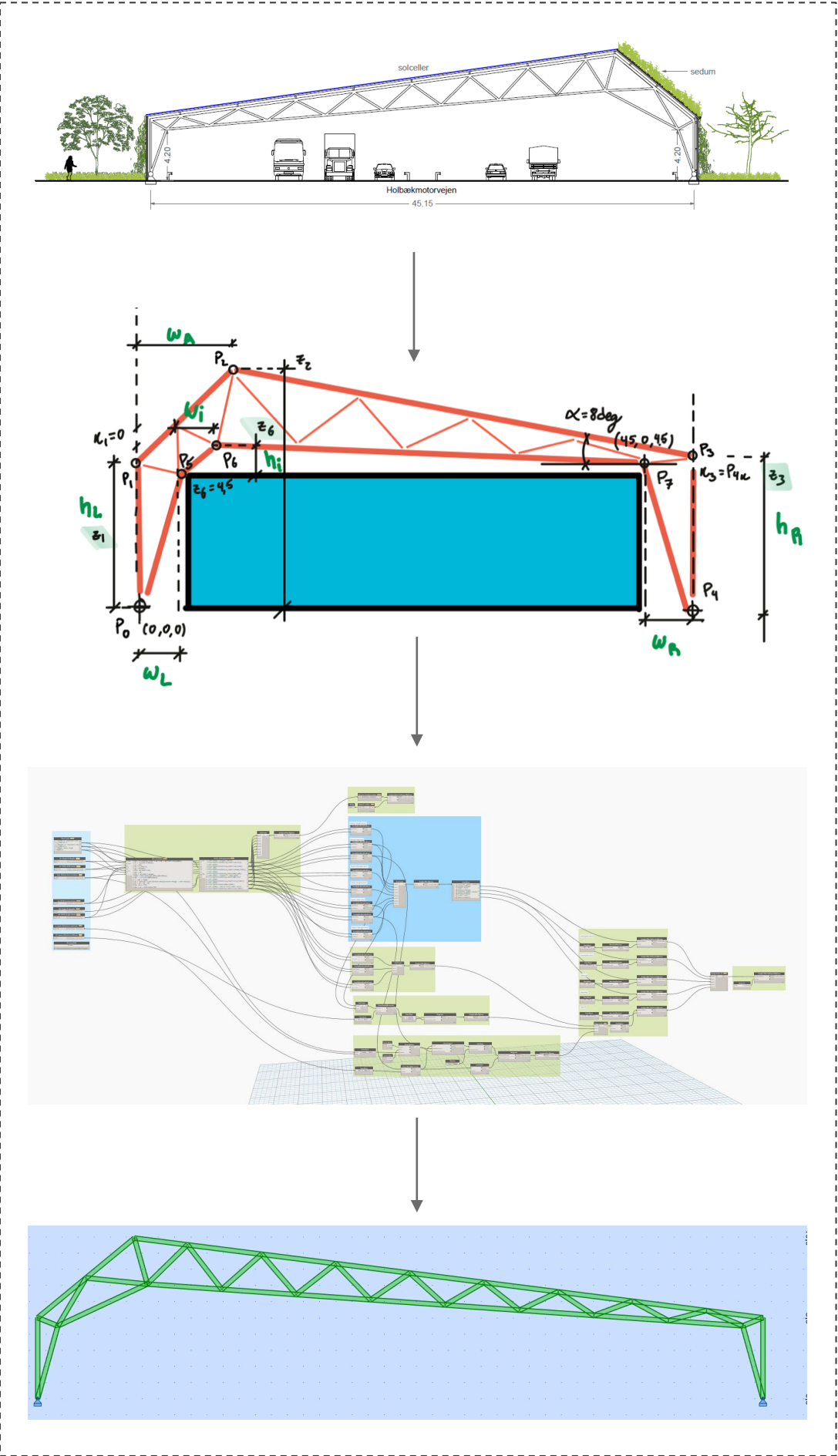
Enkelte af ovenstående parametre er fastlagte på forhånd, eksempelvis taghældningen $\alpha = 10$ grader, der er minimal hældning i forhold til etablering af solceller. Afstanden w_A, målt fra yderside af overdækningen til tagets kip er umiddelbart variable.

Projekteringsgrundlag

Der er foretaget overslagsdimensionering af konstruktionen med henblik på at udvikle det optimale konstruktive princip og minimere konstruktionens vægt. Dimensioneringen er foretaget i henhold til gældende danske konstruktionsnormer (Eurocode 1990 – 1999), sammen med danske nationale annekser (DK NA) og øvrige relevante konstruktive vejledninger. Overdækningen er regnet som en let stålrammekonstruktion med trapezpladetag og direkte påmonterede solceller. Trapezpladerne spænder vinkelret på overdækningens længderetning og bæres af langsgående stålbjælker (tagåse) der spænder mellem hovedrammerne. Hovedrammerne placeres med en indbyrdes afstand af 6 – 12 m afhængigt af den optimale udformning. Det forudsættes at tagkonstruktionens vægt er 50 kg/m². Vindlasten regnes efter Eurocode (DS/EN 1991-1-4) og på den sikre side forudsætter beregningerne Terrænkategori II, hvilket giver et karakteristisk vindhastighedsstryk på 0,89 kN/m². Formfaktorerne udregnes på baggrund af konstruktionens udvendige geometri. Tilsvarende regnes snelasten efter DS/EN 1991-1-3, hvilket giver en karakteristisk terrænværdi på 1,00 kN/m² og formfaktorerne udregnes på baggrund af konstruktionens ydre geometri.

Der er ikke påregnet påkørselslast på rammebenene, idet der etableres et autoværn (type New Jersey), der sikrer konstruktionen mod påkørsel. Tagkonstruktionen sikres mod påkørsel af høje transportere, hvilket etableres i hver ende af tunnelen.

Det forudsættes, at konstruktionen kan funderes direkte på bæredygtigt lag i en dybde på ca. 1 m under terræn og beregningerne tager udgangspunkt i en udrænet forskydningsstyrke på c_u = 100 kPa og/eller en karakteristisk friktionsvinkel på $\phi = 35^\circ$. Fundamentene kan med fordel etableres som pælefundamenter – eksempelvis som borede betonpæle som kan etableres hurtigt og effektivt og dimensioneres til både lodrette og vandrette belastninger. Den valgte funderingsmetode vil afhænge af de faktiske jordbundsforhold det enkelte sted på strækningen.



Figur 12: Parametrisk generering af konstruktionsmodel på baggrund af krav til konstruktionshøjde og fritrumsprofil.

Statisk virkemåde

Den bærende konstruktion dimensioneres som simpelt understøttede gitterrammekonstruktioner, der er selvbærende i sit eget plan, men afstives af de langsgående tagåse og vindkryds i den langsgående retning. Lodrette laster føres ned til fundamenter som bøjning i gitterkonstruktionen, rammehjørnet og afleveres som lodrette og vandrette (udadrettede) reaktioner på fundamentet. Tværlast fra vind overføres som rammevirkning til fundamentet.

Materialevalg

Konstruktionen udføres som en præfabrikeret stålkonstruktion der opsvejses i så store sektioner som muligt med hensyn til transport (længde: 12 – 25 m) og som boltes sammen undervejs i montagen. Stålkonstruktionen er varmgalvaniseret og malet (duplex system) for at opnå maksimal levetid og bolte udføres varmgalvaniserede eller rustfrie. Dersom stålkonstruktionen udføres i rustfrit stål, opnås optimal levetid og et minimalt miljømæssigt aftryk, men dog på bekostning af etableringsprisen. Fundamenter udføres i armeret beton.

Konstruktionstype

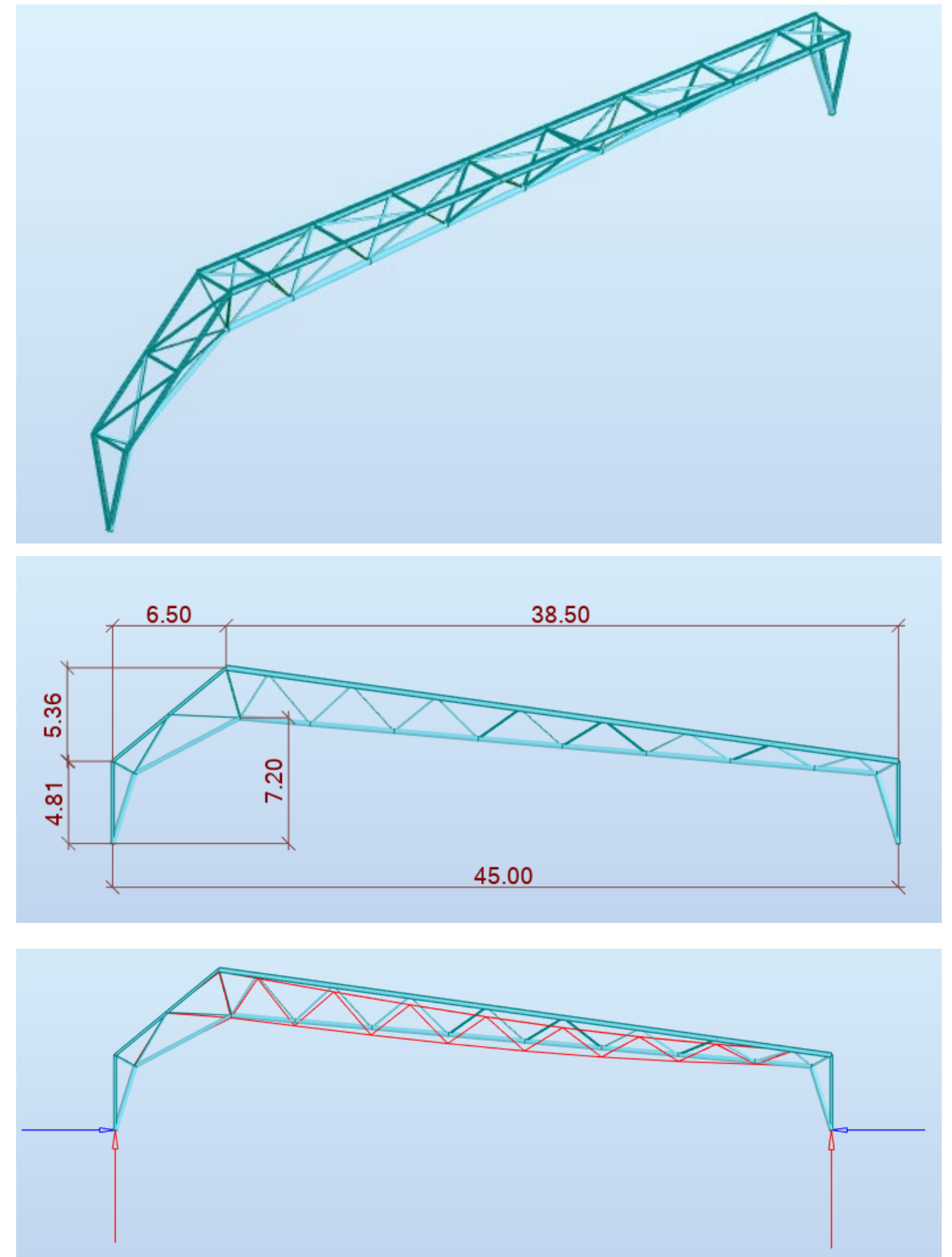
Der er undersøgt forskellige statiske systemer, herunder plane rammekonstruktioner (rammeafstand ca. 5-6 m), plane rammegitre og rumlige rammekonstruktioner (rammeafstand ca. 10 – 12 m). Fordelen ved den rumlige rammekonstruktion er, at underflangen er stabil ud af sit eget plan grundet det trekantformede tværsnit, hvilket gør den velegnet til bæring af lette tagkonstruktioner i områder med opløft på taget. Der er således ikke behov for langsgående afstivning af underflangens profil. Samtidigt reduceres antallet af fundamenter og potentielle trafikgener. Ulempen ved denne type konstruktion er, at den er lidt mere kompliceret at fremstille end en plan ramme. Den valgte konstruktionstype er den rumlige stålrammekonstruktion, placeret med indbyrdes (center-center) afstand på 10 m.

Tagkonstruktion / langsgående afstivning

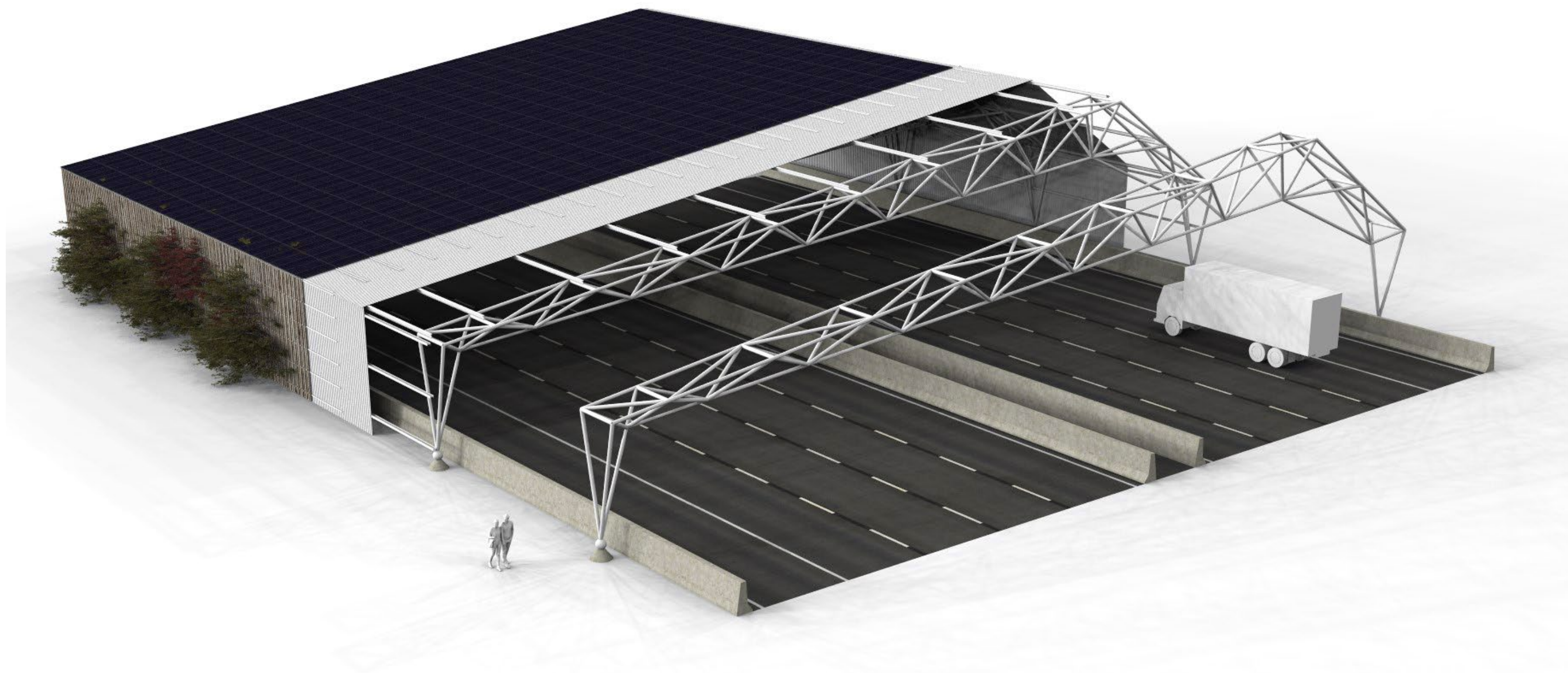
Tagkonstruktionen etableres som et trapezpladetage med en minimumstykkelse på 1,00 mm for at sikre en egenvægt på 15 kg/m² (som netop er forudsætningen for de akustiske beregninger). Trapezpladen har en højde på ca. 120 mm og spænder vinkelret på tunnelens længderetning for at sikre tilstrækkelig afvanding af konstruktionen. Trapezpladerne spænder mellem langsgående I- eller H-bjælker som både afstiver konstruktionen i længderetninger og fastholder gitterkonstruktionens overflange med sideværts udknækning. Rammeafstanden definerer størrelsen af tagåsene, men her vælges 10 m, hvilket giver et frit spænd på 8 m. Tagåsene sikrer sammenhæng imellem rammerne og trapezpladetaget sikrer fastholdelse af overflangen af tagåsene mod udknækning. Der etableres regelmæssige dilatationsfuger i konstruktionen og hver uafhængige felt afstives med vindkryds der sikrer konstruktionen mod langsgående laster (masselast og geometriske imperfektioner).

Funktionskrav

Konstruktionen dimensioneres i brudgrænsetilstanden til at modstå de påsatte belastninger. Det forudsættes, at konstruktionen henføres til høj konsekvensklasse, hvilket medfører en øget sikkerhed på lasten ($K_{F1} = 1,10$). I anvendelsestilstanden kontrolleres gitterkonstruktionen i forhold til en tilladelig nedbøjning på $L/200$, hvor L er konstruktionens spændvidde. Dette krav er gængs for tagkonstruktioner og opfylder kravene til bæring af solceller.

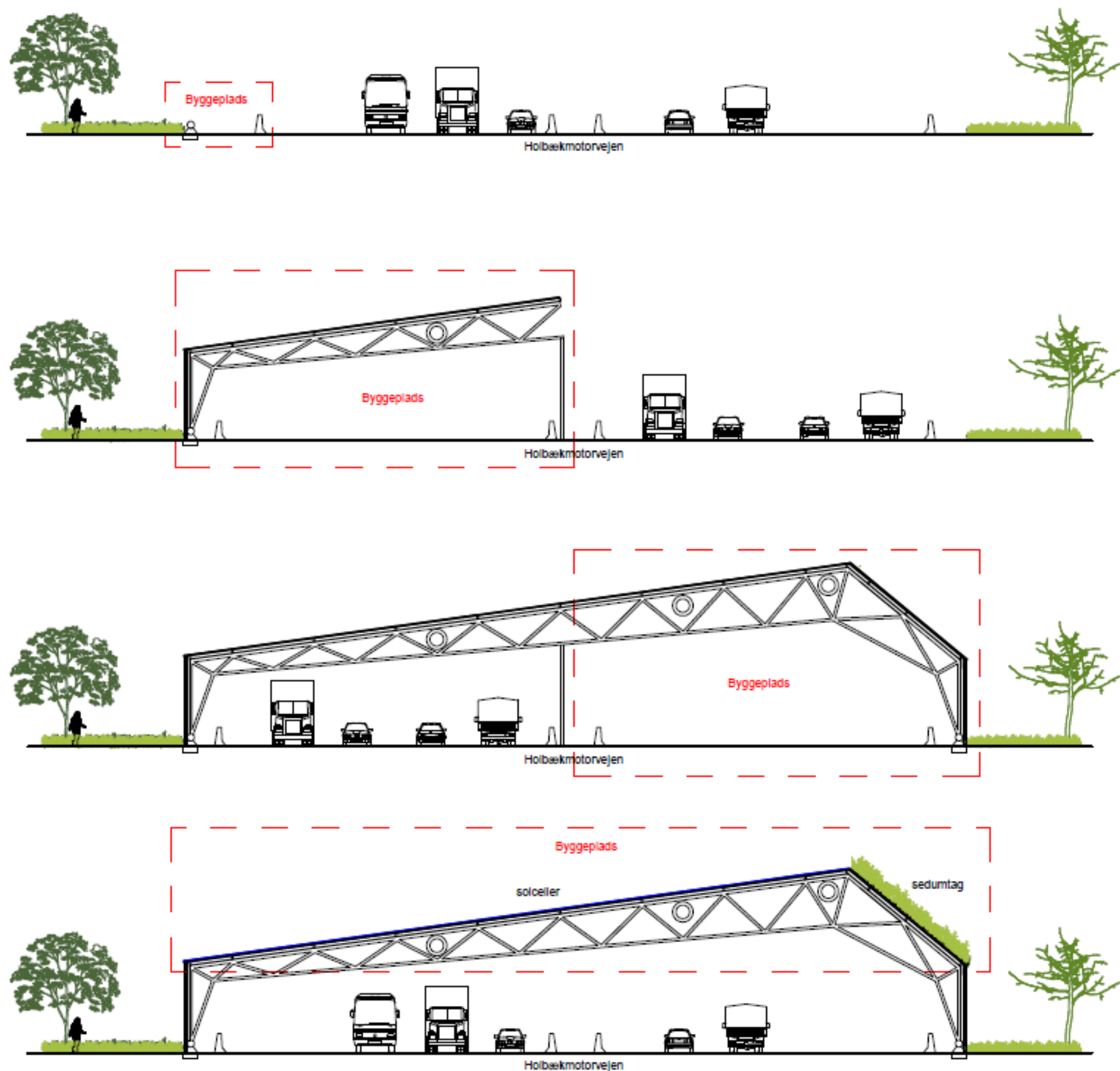


Figur 13: Opsvejst rumgitter rammekonstruktion og statisk virkemåde.



Montage

Indledningsvis etableres fundamenterne på den ene side af motorvejen. Dette gøres ved inddragelse af nødsporet og eventuelt ét spor mere i køreretningen. Borede fundamenter kræver ikke store anlægsmaskiner og kan etableres relativt hurtigt. Direkte funderede konstruktioner kræver en udgravning ned til bæredygtigt lag. Den foretrukne funderingsmetode er således borede pæle eller præfabrikerede betonfundamenter med minimal udgravning. Konstruktionen tænkes monteret i sektioner som illustreret i figuren. Trafikken omlægges i anlægsperioden til 2 x 2 spor med nedsat hastighed på strækningen. Med den lette overdækning monteres konstruktionen således, imens trafikken afvikles – først i den ene kørselsretning, og dernæst i den anden. Midterrabatten bruges til midlertidig understøtning af stålkonstruktionen og konstruktionen dimensioneres til at være selvbærende i denne midlertidige situation. Efter stålrammerne er etableret i den ene side, udlægges trapezplader på tag og sider. Herefter føres trafikken ind under den nyetablerede halve overdækning, imens den anden halvdel bygges. Såfremt konstruktionerne ikke må sammenkobles undervejs i byggefasen, kan der etableres en ny midlertidig søjle som sikrer at konstruktionerne er uafhængige af hinanden i byggefasen og som tillader uforstyrret arbejde på etablering af den anden halvdel. Når konstruktionen er etableret og sammenkoblet, føres trafikken tilbage til de to køreretninger. Da tagkonstruktionen nu er lukket, kan solenergianlæg og sedum etableres sikkert på tagkonstruktionen, imens motorvejen er i fuld funktion.



Figur 14: Forslået montererækkefølge for etablering af en let overdækning.

Solenergi

Forudsætninger

Beregningen tager udgangspunkt i data for anlæg til overdækning af motorvejsanlæg i Høje-Taastrup, hvor 2,1 km motorvej forventes overdækket. Vejen har en øst-vestgående retning og overdækningen etableres, så den har en 10 graders hældning mod syd, hvilket sikrer at solcellerne kan blive placeret på hele arealet med den samme hældning.

Leverandørerne af paneler anbefaler 10 graders hældning, hvilket sikrer, at de er selvrensende via nedbør. Med en 10 graders hældning producere solceller typisk 90% af deres maksimale årlige ydelse sammenlignet med en hældning på 30-40 grader. Ydelsen over dagen vil blive lidt længere i sommerhalvåret, da også sollys fra nordøstlige og nordvestlige retninger vil ramme panelerne. Ydelsen over året vil blive lidt mindre, da sollys i vinterhalvåret vil ramme panelerne med en lav vinkel. Der regnes med et areal på 40.000 m² pr. km motorvej, svarende til 4 ha. Der regnes med at panelerne monteres direkte på trapezpladerne. I det følgende regnes med krystallinske solceller med en høj ydelse på 1.100 kWh pr. kWp om året under danske himmelstrøg.

Et areal på 4 ha giver mulighed for et solcelleanlæg på 5.500kW (5,5 MW) eller i alt 11,5 MW for hele vejstrækningen. Den årlige produktion af el for et sådant anlæg og med 10 graders hældning mod syd vil være i størrelsesordenen 5.500 MWh/km, hvilket svarer til 1.375 husstandes årlige energiforbrug (4.000 kWh pr. husstand). Det samlede anlæg på 2,1 km vil derfor kunne forsyne omkring 3000 husstande.

Etableringsomkostninger

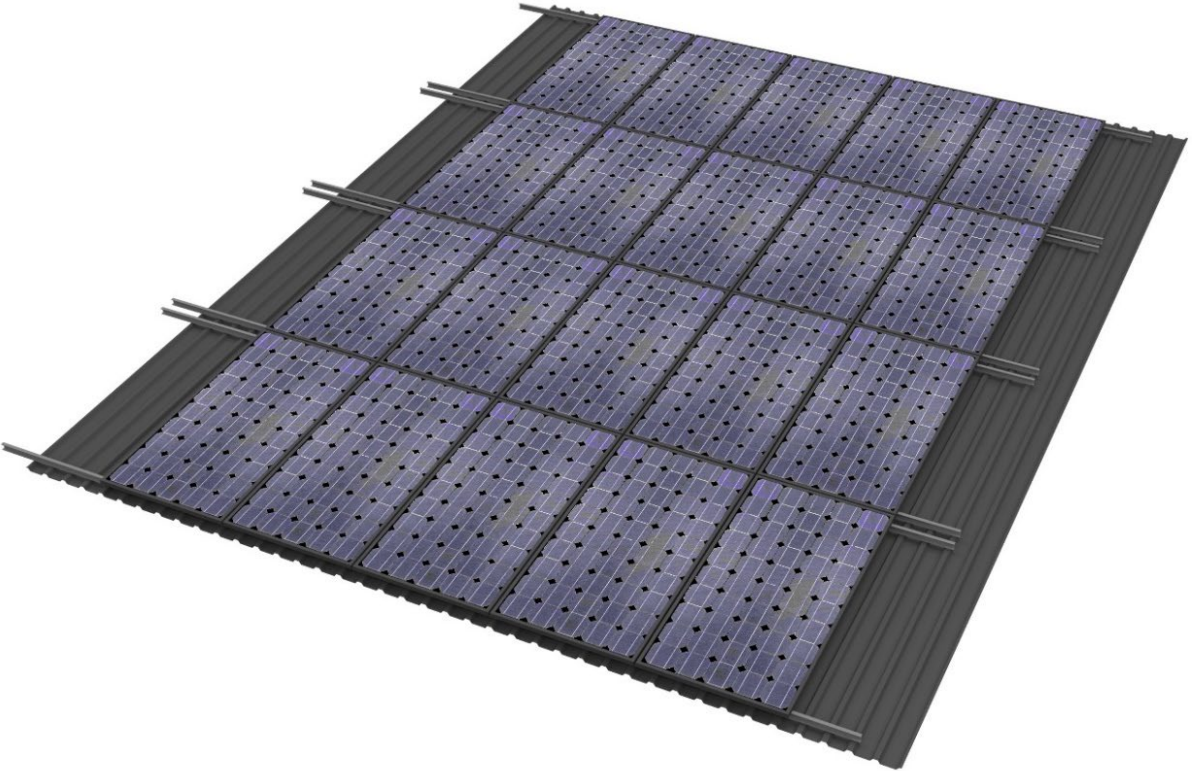
Etableringsomkostningerne er estimeret til ca. 23 mio. kr./km (4.200 kr./ kWp).

Prisen på solcellepaneler er steget med 40% det sidste år, og forventes at falde over tid. Derfor regnes der med en pris 3.200 kr. pr. kWp monteret inklusiv invertere, og 1.000 kr. pr. kWp til målertavler og net-tilslutning. Det vil sige en samlet pris på 4.200 kr. pr. kWp.

Værdien af elproduktionen

En traditionel beregning af elproduktionens værdi giver at 5.500 MWh skaber en indtjening på ca. 2,5 mio. kr. årligt/km (0,45 kr./kWh) når det sælges til nettet. Dette kan beregnes til en simpel tilbagebetalingstid på ca. 15 år og en forrentning på 6-7% af investeringen, eksklusiv omkostninger til drift af selskabet.

Der må dog påregnes en vis usikkerhed i forhold til elprisen og dermed værdien af elproduktion på længere sigt. I skrivende stund (primo Maj 2022) er elprisen tæt på 1 kr./kWh og dennes udvikling på længere afhænger af en række ukendte faktorer, såsom: støt stigende behov for el, udfasning af fossile energikilder og generelle sikkerhedspolitiske hensyn. På samme måde kan etablering af energifællesskaber, der ejes direkte af aftagerne, medvirke til en øget værdi af den producerede strøm for forbrugerne.



Figur 15: Principskitse for montering af solcelleanlæg på trapezplader.



Figur 16: Månedligt energioutput fra PV-systemer (fra <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>)

Arkitektur

Projektets arkitektoniske ambition er at skabe et byggeri af høj designmæssig og funktionel kvalitet, som samtidig tilpasser sig omgivelserne i videst muligt omfang. Når støjen forsvinder, vil tidligere støjbelastede arealer, ændre karakter og blive til attraktive områder både i private haver og på offentlige arealer. Det er derfor vigtigt, at byggeriet har en høj arkitektonisk kvalitet, da det vil indgå som et markant element i området. Udgangspunktet for designet er at begrænse eventuelle skyggedannelser og visuelle barrierer mest muligt og samtidig skabe en arkitektur, der giver værdi til lokalmiljøet. Dette sikres gennem at begrænse højden på de vertikale dele af byggeriet og designe disse, så det giver fleksibilitet i forhold til udtryk og funktion. På illustrationerne er de vertikale flader udført som espalier for klatreplanter. Det sydvendte tag vil have en hældning på 10° og vil være beklædt med solceller. Den lave hældning vil bevirke, at solcelleanlægget vil ligge delvist skjult for omgivelserne. Gennem etablering af en tagflade med en hældning på 45° på den nordvendte del af anlægget sikres der minimal skyggedannelse i de bagvedliggende områder. Denne tagflade beplantes med Sedum og får derved et naturligt udtryk, som vil spille godt sammen med beplantningen langs med motorvejen.

Snit

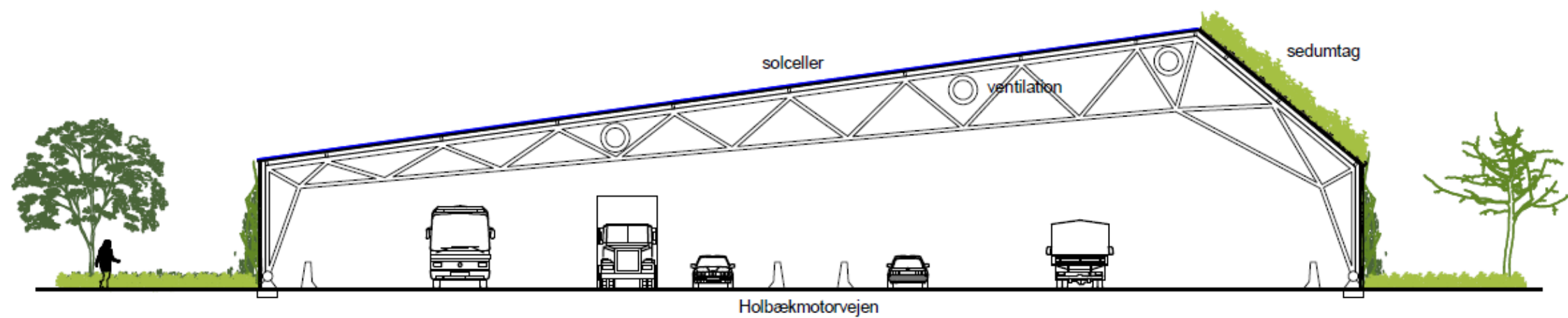
Der tages udgangspunkt i et såkaldt normalsnit, dvs. et tværsnit i overdækningen på en sædvanlig motorvejsstrækning (snit 1-1). Derudover undersøges et specialtilfælde, hvor overdækningen forgrenes (snit 2-2) og en langsgående snit hvor overdækningen møder en vejbro (snit 3-3). Disse snit er undersøgt med henblik på at illustrere hvordan variationer i udformningen håndteres i det forslåede design.



Figur 17: Visualisering af den lette overdækning set fra Fløngvej



Figur 18: Visualisering af den lette overdækning set fra Acacievej

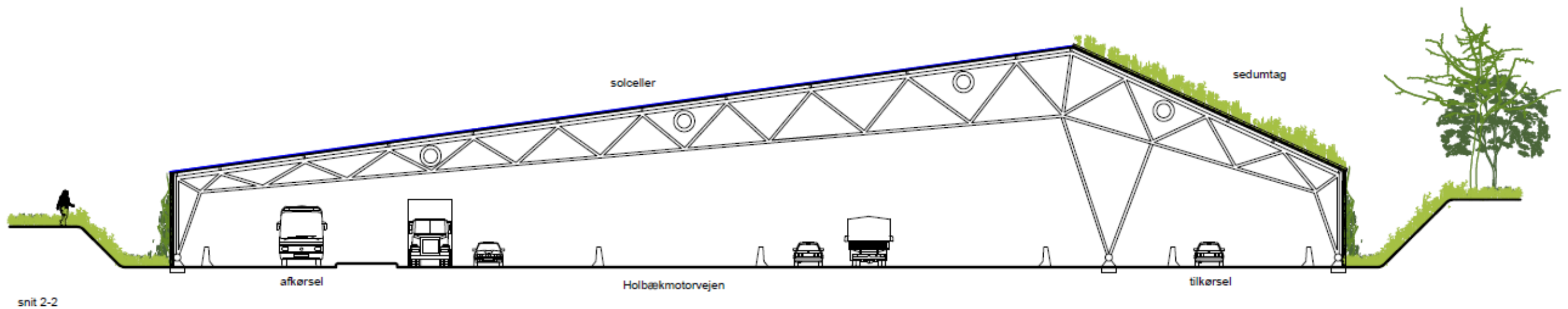


Figur 19: Normalsnit igennem overdækning (Snit 1-1)

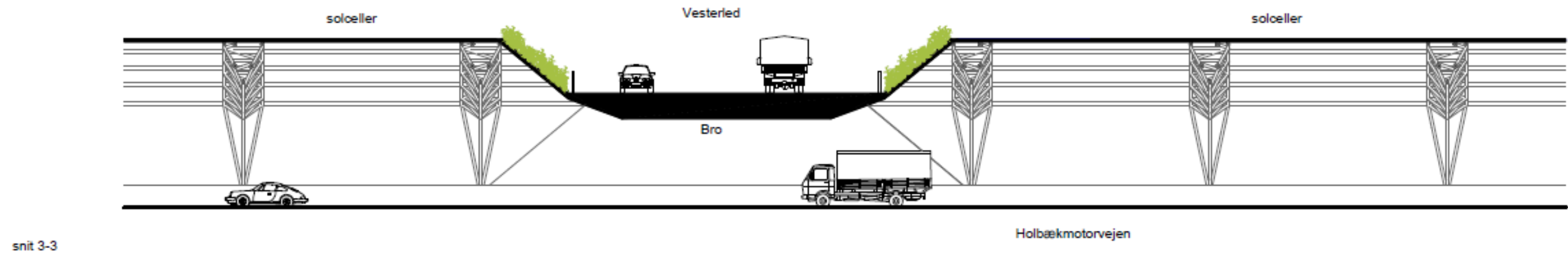
Overdækningen ved forgrening af motorvej og møde med bro

Når motorvejens geometri ændres, eksempelvis ved af- og tilkørsler eller forgreninger, ændres udformningen af overdækningen. Den udviklede løsning udvides og der etableres søjler når spændet på tværs af motorvejen bliver for stort.

På samme måde tilpasses geometrien af overdækningen til tværgående broer, og der etableres sedumdækkede flader i overgangen fra bro til overdækning. Dette er illustreret i snit 2-2 til 3-3.



Figur 20: Snit ved forgrening af motorvej (Snit 2-2)



Figur 21: Snit på langs af motorvej ved Vesterled – Overdækning møder bro (Snit 3-3)

Tunnelsikkerhed

Der er udarbejdet et overordnet sikkerhedskoncept for motorvejsoverdækning. Overdækningen udføres som et lukket hele, dvs. at den i princippet sikkerhedsmæssigt vil fremstå svarende til en vej tunnel. Sikkerhedskonceptet danner grundlag for overordnede kravspecifikationer til anlægskonstruktioner, tekniske installationer, trafikledelses- og informationssystemer for tunnelloøsningen. Dette tjener til brug ved senere projektering og nærværende vurdering af anlægsomkostningerne. Samlet set udgør et sikkerhedskoncept og kravspecifikationer basis for opnåelse af et acceptabelt risikoniveau for fremtidige brugere af motorvejsstrækningen og dermed også basis for de øvrige tekniske og miljømæssige vurderinger senere hen.

Grundlag

Der er ingen tunnelnorm i Danmark eller vejregler med faste retningslinjer for etablering af anlæg af motorvejtunneler/motorvejsoverdækninger. Sikkerhedskonceptet bygger derfor overordnet på den samme sikkerhedsfilosofi, der er indbygget i landets vej tunneler bestyret af Vejdirektoratet, A/S Øresundsforbindelsen og Øresundsbro Konsortiet I/S. Et sikkerhedskoncept for en ny motorvejsoverdækning godkendes endeligt ved anlægslov. Internationale erfaringer omkring sikkerhed på tunnelområdet gennem blandt andet World Road Association (PIARC), vores naboer Norge, Sverige, Tyskland og Storbritannien indarbejdes efterfølgende i kravspecifikationer til konstruktioner og installationer med henblik på at få et tidssvarende og fremtidssikret vejanlæg etableret på et sikkerhedsmæssigt højt og optimalt niveau. EU Direktivets minimumssikkerhedskrav for vej tunneler på TERN veje (EU Direktiv af 29. April 2004) indarbejdes i sin helhed startende fra planlægningsfasen, idet overdækningens længde overstiger 500 m. Nærværende notat tager som udgangspunkt, at det kommende anlæg for motorvejsoverdækning principielt etableres efter de samme retningslinjer, som er gældende for en lukket vej tunnel.

Målsætning

Målsætning at sikre et ensartet højt sikkerhedsniveau for trafikanter på det statslige vejnet og tager udgangspunkt i de øvrige 8 store idriftsatte vej tunneler i Danmark, bestyret af Vejdirektoratet samt Sund & Bælt. Hovedpunkter i sikkerhedskonceptet bygger på en sikkerhedsfilosofi, hvor sikkerhedsniveauet for trafikanter er mindst den samme i overdækningen som udenfor overdækning på åbne vejstrækninger.

- Evakuering af personer skal sikres
- Adgang for brand- og redningskorps skal sikres
- Skader på personer skal begrænses mest muligt
- Skader på konstruktioner og installationer skal begrænses således, at trafikafvikling kan genoprettes hurtigst muligt (sikre fremkommeligheden)
- Gennem sektionering af installationer og systemer til overvågning skal det sikres, at en katastrofesituation kun medfører partielle nedbrud af belysningsanlæg, nødtelefonanlæg, ventilationsanlæg, strømforsyning, trafikreguleringssystemer og brandslukningsanlæg.

Organisation

Ved en ny overdækning kan der med baggrund i EU Direktivet anbefales følgende organisation:

- Den administrative myndighed: Vejdirektoratet
- Tunnelens driftsleder: Vejdirektoratet (eller en af Vejdirektoratets udpegede driftsleder)
- Sikkerhedsansvarlig: Varetages hensigtsmæssigt af Beredskabet
- Inspektionsenhed: Udpeges af Vejdirektoratet

Drift og beredskab

Derudover skal der etableres en organisation til systematisk vedligeholdelse af sikkerhedsfaciliteter i tunnelen i driftsfasen. Der skal på den baggrund opbygges en organisation, der effektivt kan varetage service og funktionskontrol samt løbende drifts - og vedligeholdelsesopgaver i en normal driftssituation omfattende alt teknisk sikkerhedsudstyr og øvrige konstruktioner.

I tilfælde af alvorlige uheld, brand, ødelæggende fejl, forsyningssvigt og katastrofelignende forhold skal der opbygges en beredskabsorganisation bestående af mindst Politi, Redningsmandskab og Brandvæsen. På tilsvarende vis skal der etableres en organisation, der sikrer, at det fastlagte sikkerhedsniveau opretholdes i anlægsfasen.

For anlæg og fremtidig drift af motorvejsoverdækningen skal der udarbejdes beredskabsplaner, der i princippet er en aftale mellem overdækningens ejer og de redningstjenester, der gøres brug af i forbindelse med indsatser ved uheld, brand og katastrofer i området. Gennem beredskabsplaner beskrives ansvarsfordelingen for minimum Overdækningens/Tunnelens Driftsledelse, Den Sikkerhedsansvarlige, Politi, Redningstjeneste, Brandvæsen og Sygehus, når der opstår hændelser i tunnelen. Beredskabsplaner udarbejdes på et tidligt tidspunkt under planlægningen af motorvejsoverdækningen og revideres løbende efter behov. Det er vigtigt, at en beredskabsplan er enkel at anvende, og at der jævnligt afholdes øvelser og træning af indsatsstyrker.

Sikkerhedsanalyser

Der skal som grundlag for en sikkerhedsvurdering af hele motorvejsoverdækningsanlægget gennemføres en overordnet sikkerheds - og risikoanalyse, der samlet set belyser risici for trafikanter i og omkring overdækningen ved som minimum at tage udgangspunkt i alle konstruktionsparametre og trafikale forhold, der påvirker sikkerheden, herunder bl.a. fordeling af trafikkarakterer og type, overdækningslængde og geometri, evakuerings - og flugtvejsforhold, brandforhold samt transport af farligt gods. Formålet med en sikkerhedsanalyse er at verificere at konstruktioner, tekniske installationer og øvrigt sikkerhedsudstyr i overdækningen til enhver tid opfylder de krav, der er indarbejdet i det overordnede sikkerhedskoncept. En samlet sikkerhedsmæssig vurdering skal munde ud i, at anlægget har et sikkerhedsniveau, der er i orden, dvs. at risikoen er nedbragt til et acceptabelt niveau svarende til, hvad der kræves af et sådant tidssvarende og moderne vejanlæg.

For en kommende ny motorvejsoverdækning anbefales som minimum at vurdere sikkerheden og de forbundne risici i forbindelse med følgende forhold:

- Risikoen for at flugtveje er utilgængelige
- Risikoen ved sigtbarhedsnedsættelse i motorvejsoverdækning og ved af -, tilkørselsramper
- Risikoen ved transport af farligt gods
- Risikoen ved havari
- Risikoen ved bilulykke
- Risikoen ved udeladelse af nødspor
- Risikoen for handicappede og lette trafikanter i tunnel

Yderligere anbefales foretaget en vurdering af:

- Evakueringsforhold for personer i motorvejsoverdækning
- De brandmæssige forhold i og ved motorvejsoverdækning
- Brandventilation

Resultaterne fra sikkerhedsanalyser vil ikke grundlæggende kunne ændre forudsætningerne for en gennemførelse af en løsning til overdækning af motorvejen, men danne baggrund for et supplement eller en ændring/forbedring til de allerede eksisterende indbyggede sikkerhedsforanstaltninger.

Brand og ventilation

I tunneler etableres normal ventilationsanlæg, der tjener flere formål. Under normale driftsforhold skal anlægget sikre en acceptabel luftkvalitet for trafikanter i tunnelen samt driftspersonalet ved udførelse af service – og vedligeholdelsesarbejder. Ved en eventuel brand i tunnelen skal anlægget effektivt kunne bortlede røggasser og varm luft, så sluknings – og redningsindsatsen kan gennemføres, og trafikanter kan komme i sikkerhed. Sidst bidrager anlægget til at holde temperaturen nede på konstruktionerne, så skadesomfanget begrænses i videst muligt omfang.

Konstruktioner af stål og beton (vægge og loft) brandbeskyttes ofte med passive systemer som påsprøjtning af specialmaling, specialmørtel, fastgørelse af hårde brandisoleringsplader eller specialbyggede elementer til vægge i kombination med æstetiske forhold. Kabler til installationer fremføres i brandsikre føringsveje.

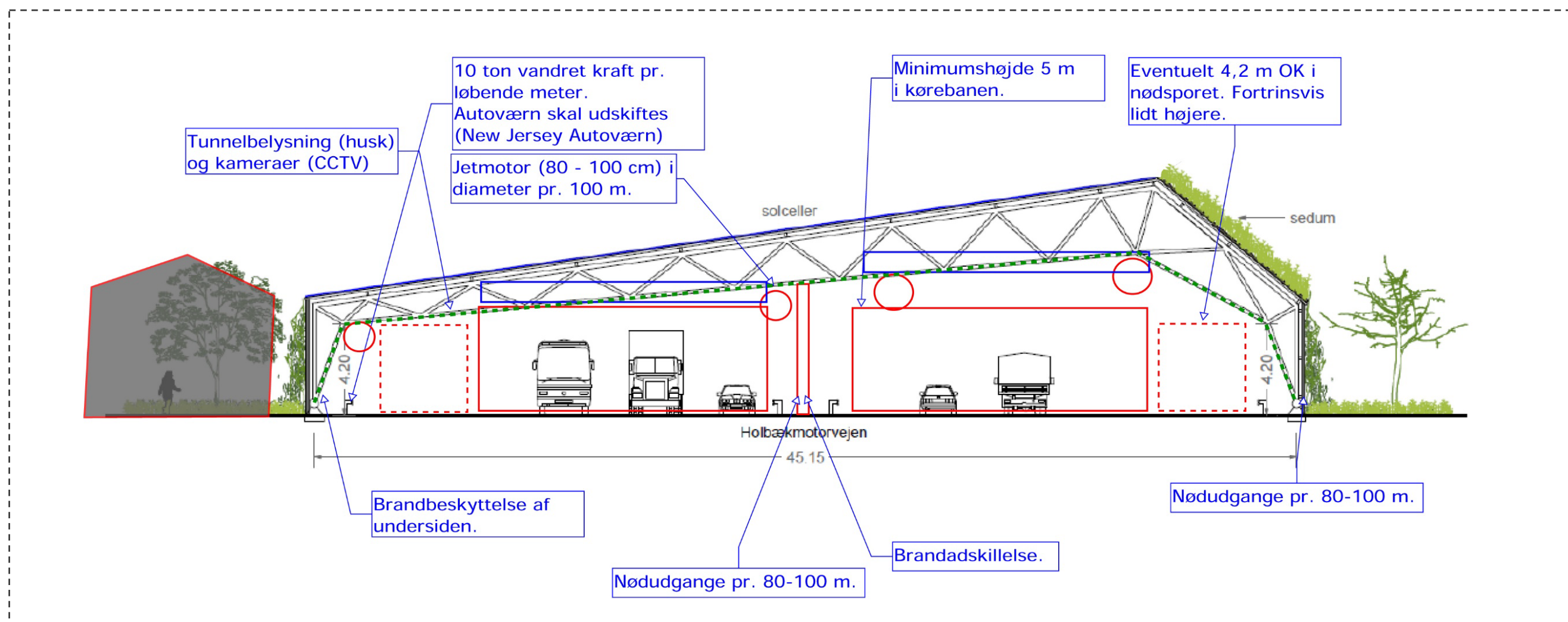
Denne brandbeskyttelse udføres på baggrund af den såkaldte 120-minutters brand og ved anvendelse af Hydrocarbon (HC) brandkurven der udvikler en røggastemperatur på op til ca. 1100 grader efter 20 minutters brand.

Designiteration på baggrund af sikkerhedskoncept

På baggrund af det udarbejdede sikkerhedskoncept og sikkerhedsworkshop, er der opsummeret følgende hovedpunkter i forhold til etablering af den lette overdækning:

- Minimums frihøjde i kørebane (5 m) – evt. mindre i nødspor. Der skal derudover tages hensyn til, at der kan ophænges vejskilte.
- Brandsikring af konstruktioner og eventuel brandadskillelse mellem køreretninger
- Ventilation i tunnel ved jetmotorer
- New Jersey Autoværn for at sikre mod påkørsel af konstruktioner
- Etablering af regelmæssige nødudgange (evt. pr. 80 – 100 m)
- Etablering af tunnelbelysning, skiltning, CCTV etc.
- Eventuel etablering af kontrolcenter for overvågning

Figuren nedenfor viser skitser udarbejdet i forbindelse med workshop omkring tunnelsikkerhed og som har dannet grundlag for en designiteration og betragtninger omkring en optimering af konstruktionen.



Figur 22: Arbejdsnoter fra workshop vedrørende tunnelsikkerhed

Iterativt design

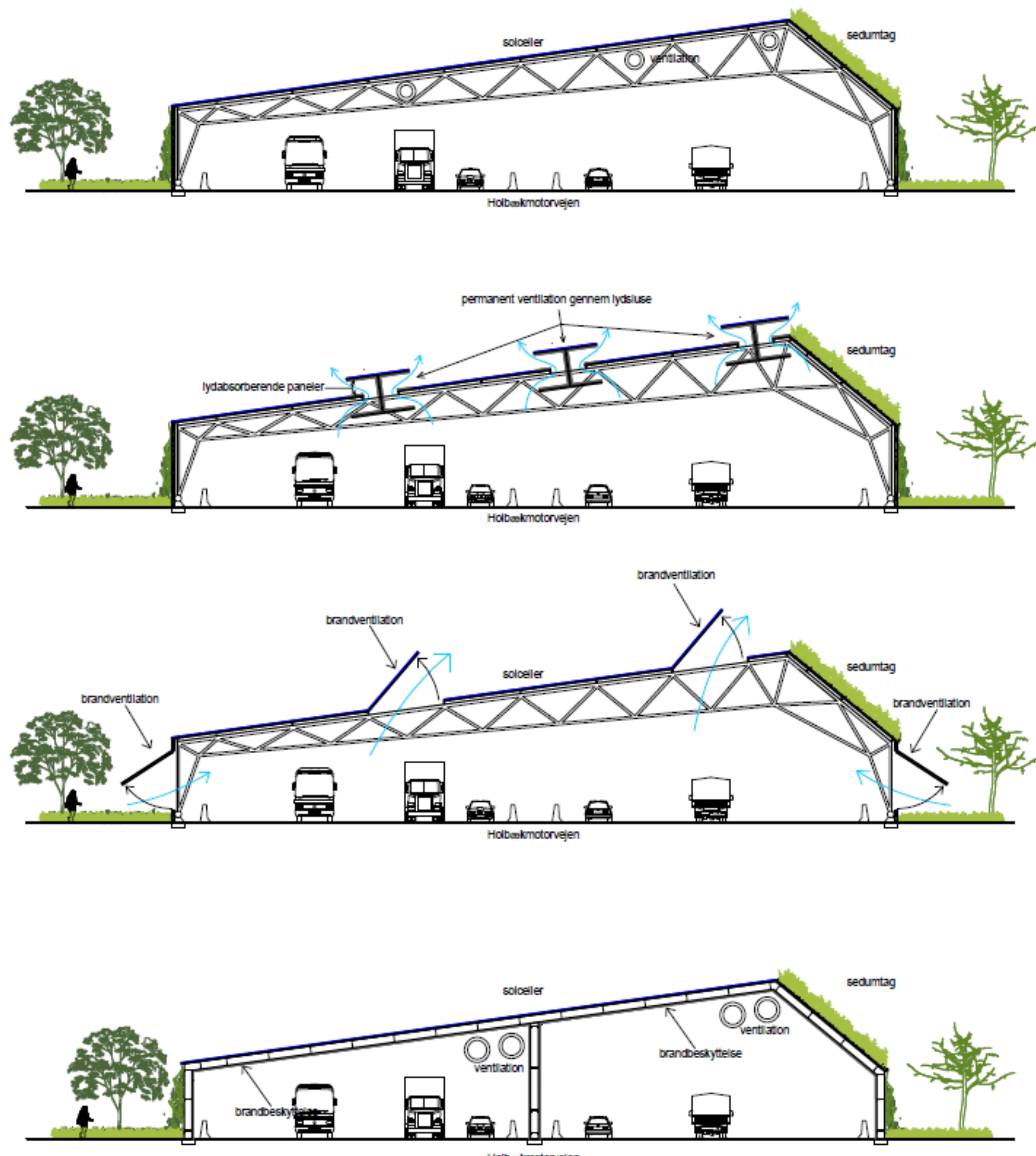
Den oprindelige overdækning som er vist øverst på billedet er udviklet med henblik på en minimalkonstruktion og forudsætter, at overdækningen ikke kræver mekanisk ventilation og kan udføres uden væsentlig brandbeskyttelse. Dette forudsætter en effektiv reduktion af røggastemperaturen i tunnelen og dermed brandbelastningen på konstruktionen.

Etablering af naturlig ventilation, eksempelvis i form af 15% åbninger i konstruktionen, kræver en lydsluse for at sikre en effektiv ventilation samtidigt med at støjen ikke slipper ud af konstruktionen. Dette er illustreret den næstøverste figur til højre. Alternativt kan der etableres brandventilation der åbner i tilfælde af brand og sikrer dermed at røggasserne kan undslippe tunnelen og minimerer brandbelastningen på konstruktionen.

Den sidste designiteration forudsætter at konstruktionen brandbeskyttes på undersiden svarende til 120 minutters HC brand, hvilket kræver et specielt brandhæmmende produkt. Derudover, etableres en midterunderstøtning og en midtervæg der adskiller de to kørselsretninger. På den måde opnås to adskilte rør, der begge er fuldt beskyttede mod brand og udført med mekanisk ventilation. Ved evaluering af anlægsomkostningerne, er den førstnævnte og sidstnævnte konstruktion undersøgt, da de repræsenterer de to yderpoler i forhold til omkostninger ved etablering af overdækningen.

Som tidligere nævnt i rapporten, er der ikke erfaring i Danmark med etablering af lette overdækninger af motorveje, hvorfor behovet for mekanisk ventilation og brandbeskyttelse bør undersøges yderligere i projektets næste faser. Der er et stort potentiale for yderligere optimering af konceptet for etablering af lette overdækninger.

De viste løsninger for mulige ventilationsforhold for frisklufts forsyning gennem tagåbninger samt fjernelse af røggasser ved brand mv. skal undersøges nærmere i næste fase. Dette kræver normalt at der udføres CFD Analyser og brandmodellering (Computational Fluid Dynamics Analysis and Fire Modelling) til at fastlægge konsekvenserne på bl.a. konstruktioner og flugtveje mv.



Figur 23: Designiterationer på baggrund af sikkerhedskoncept for vej-tunneler



4. KONCEPTDESIGN – MOTORRING 04

Overordnet beskrivelse

Det primære formål med overdækning af motorvejen i dette område er at fjerne støj fra boligerne i den østlige del af Taastrup og de rekreative områder omkring motorvejen og samtidig skabe mulighed for etablering af grøn energi. Dette opnås ved en overdækning, der strækker sig over ca. 3,9 km, fra 600 m nord for Roskildevej til den sydlige kommunegrænse.

Der er observeret niveauforskelle i terrænet langs med motorvejen, og der er henholdsvis en jernbanebro, der krydser over motorvejen samt en todelt bro over Roskildevej. Derudover er der 3 stitunneler og 1 stibro. I den nordlige del, forgrener motorvejen sig i østlig og vestlig retning til henholdsvis Ring 4 og Holbækmotorvejen. I den sydlige del, forgrener motorvejen sig i østlig og vestlig retning til henholdsvis Holbækmotorvejen Ring 4. Omkring Roskildevej er der ramper ved afkørsel 5 og 4, hvor overdækningen forgrenes ud i korte ”tunneller”, der fungerer som lydsluser.

Da motorvejsstrækningen har et varierende forløb med udfletninger og niveauforskelle, vil overdækningerne i dette område umiddelbart blive mere komplekse at opføre og projektere. Dette resulterer derfor i højere anlægsomkostninger, end det er tilfældet med strækningen ved Hedehusene/Fløng.

Ifølge Vejdirektoratets rapport 430 - 2012 ”Analyse af kapacitetsforbedringer i ring 4 – korridoren” kan motorvejen i dette område i fremtiden udvides til 8 spor. Dette forhold skal indgå i betragtninger vedrørende eventuel overdækning af vejen og fremtidssikring af løsningen. I dette projekt, tages udgangspunkt i de nuværende forhold, det vil sige 6 spor. Det noteres dog, at pladsforholdene omkring motorvejen er gode, og en eventuel udvidelse af motorvejen kan indarbejdes i nuværende koncept ved at projektere overdækningerne med en større bredde end det viste. Arealet til solenergi vil i den sammenhæng øges fra ca. 200.000 m² til 230.000 m².

I den følgende del af rapporten præsenteres det valgte design på motorring 04 øst for Tåstrup sammen med den tekniske- og arkitektoniske logik for den valgte løsning. Afsnittet indeholder desuden en redegørelse for den opnåede støjreduktion, samt den tekniske konstruktion.



Figur 24: Forslag til en let overdækning over Ring 04 ved Tåstrup øst.

Støj

Resultater for Høje Taastrup Øst

På en kort strækning ved Roskildevej/afkørsel 4 er der i dag eksisterende støjskærme i 4 meters højde, mens der på resten af strækningen er en støjvold i 4-6 meters højde. Volden og skærmen har i dag en vis effekt på trafikstøj fra motorvejen, men støjniveauet fra motorvejen medfører trods vold og skærm fortsat, at op mod 700 boliger i 500-600 meters afstand vest for motorvejen har et støjniveau over grænseværdien på 58 dB..

Resultaterne viser at overdækning på M O4, kan bringe omkring 375 boliger vest for strækningen under grænseværdien på 58 dB (se tabel nedenfor).

Der er ligeledes foretaget beregninger for en afkortet tunnel, som standser ved afkørsel 4. En afkortet version har en effekt på 261 boliger som vil få et støjniveau under grænseværdien på 58 dB (denne er ikke vist).

Støjniveau i dB	Antal adresser		
	Uden overdækning (eksisterende)	Fuld overdækning	Afkortet overdækning
< 58	3259	3634	3520
58 - 63	249	34	125
64 - 68	349	209	218
69 - 73	111	93	107
73+	4	2	2
Antal adresser over grænseværdi	713	338	452

Tabel 2: Oversigt over antal støjplagede husstande med hhv. nuværende støjskærme og med ny overdækning.

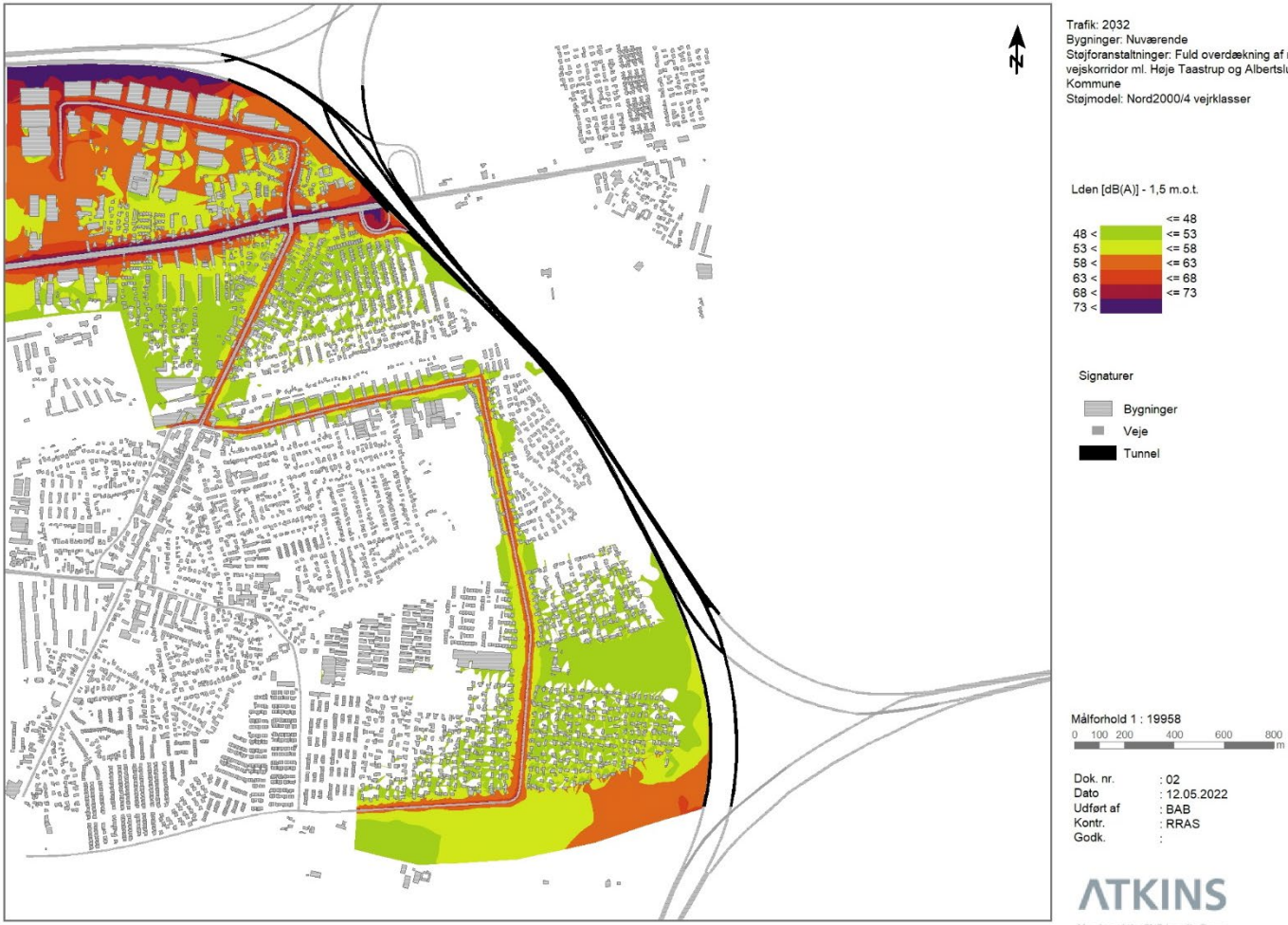
Støjniveau i dB	Antal adresser, ændring som følge af:	
	Fuld overdækning	Afkortet overdækning
< 58	375	261
58 - 63	-215	-124
64 - 68	-140	-131
69 - 73	-18	-4
73+	-2	-2
Antal adresser over grænseværdi	-375	-261

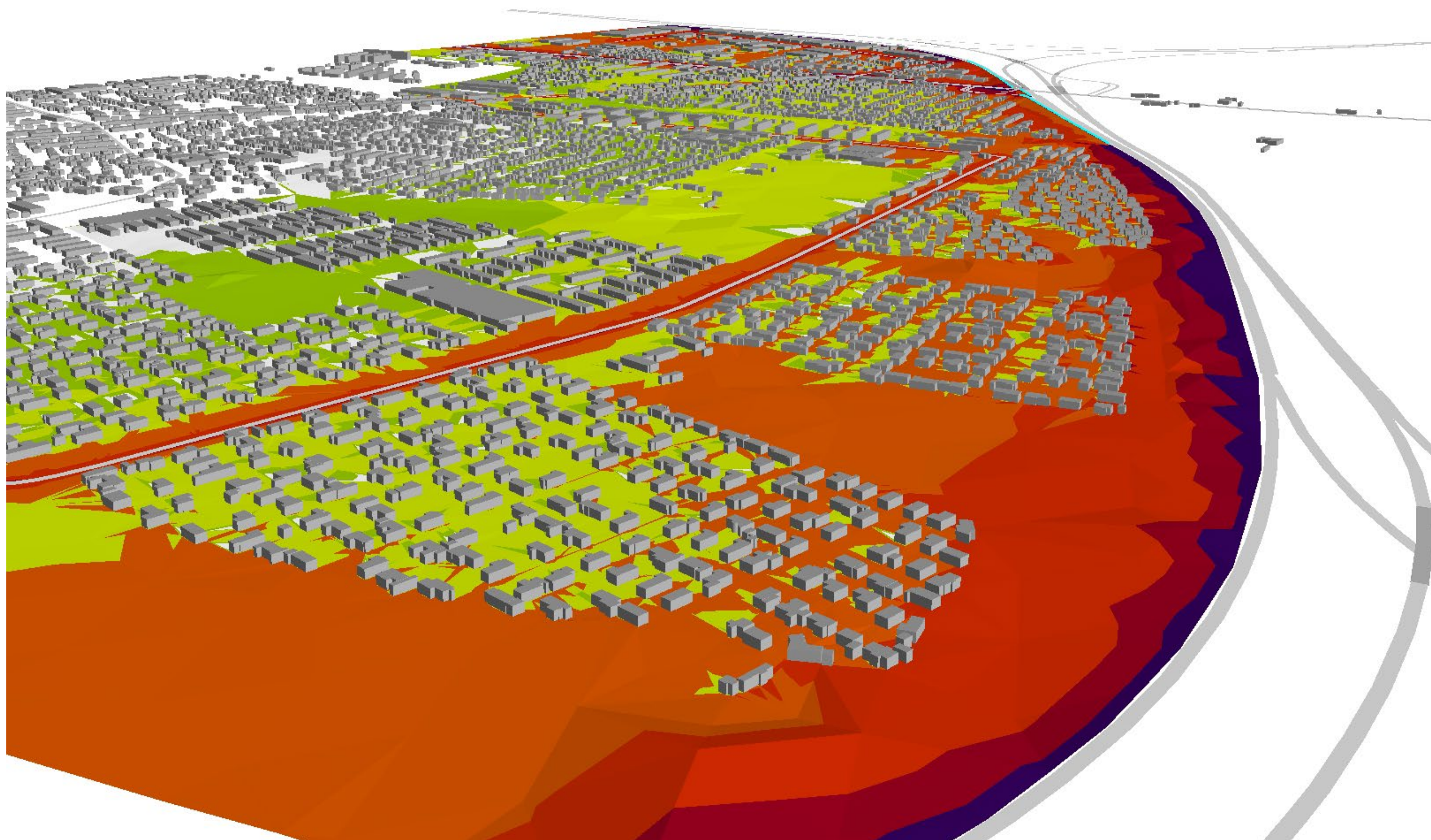
Tabel 3: Ændring som følge af overdækning

Figur 25: Støjkort med nuværende støjskærme.

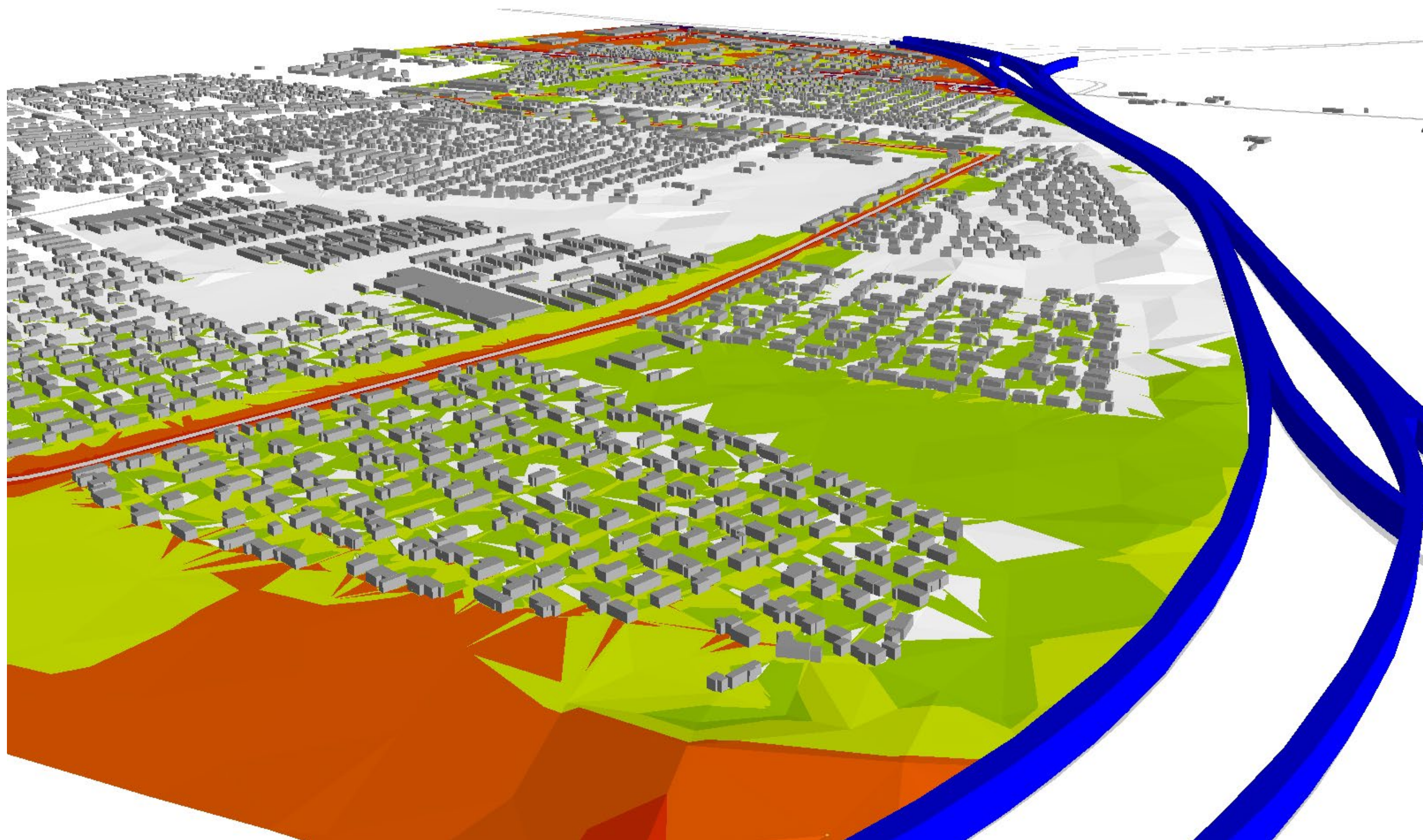


Figur 26: Støjkort efter etablering af en let overdækning.





Figur 27: Støj kort med nuværende støjskærme.



Figur 28: Støjkort efter etablering af en let overdækning.

Konstruktioner

Konstruktionen bygger på samme koncept som tidligere – altså en rumgitterkonstruktion af stål, beklædt med trapezplader som bæres af langsgående sekundære bjælker. Idet vejen primært forløber i nord-syd retning, udføres tagkonstruktionen med kip på midten som dermed giver det størst mulige areal til solceller på en 10 grader taghældning. Ved forgreninger udvides bredden af overdækningen op til en vis bredde (ca. 50 m), hvorefter der indføres en midtersøjle indtil vejene bliver adskilt så meget, at der laves to separate overdækninger. De tre konstruktive typer er overslagsmæssigt beregnet som vist her. Beregninger følger samme princip som beskrevet tidligere i rapporten. Den samlede længde af overdækningen er ca. 3,9 km, men grundet de forskellige forgreninger og lange strækninger med separate overdækninger i hver retning bliver den samlede længde af overdækning ca. 7,7 km – altså en fordobling af længde af den samlede vejstrækning. Dette giver et større areal til solenergi, men tilsvarende større anlægsomkostninger.

Solenergi

Forudsætninger

Beregningsen tager udgangspunkt i en overdækning af den tidligere nævnte 3,9 km strækning (svarende til ca. 7,7 km overdækning). Vejen har en nord-sydgående retning og overdækningen etableres, så den har en 10 graders hældning, hvilket sikrer at solcellerne kan blive placeret på hele arealet med den samme hældning.

Der regnes med et samlet areal på ca. 200.000 m² fordelt over hele strækningen, svarende til 20 ha. Der regnes med, at panelerne monteres direkte på trapezpladerne. I det følgende regnes med krystallinske solceller med en høj ydelse på 1.100 kWh pr. kWp om året under danske himmelstrøg.

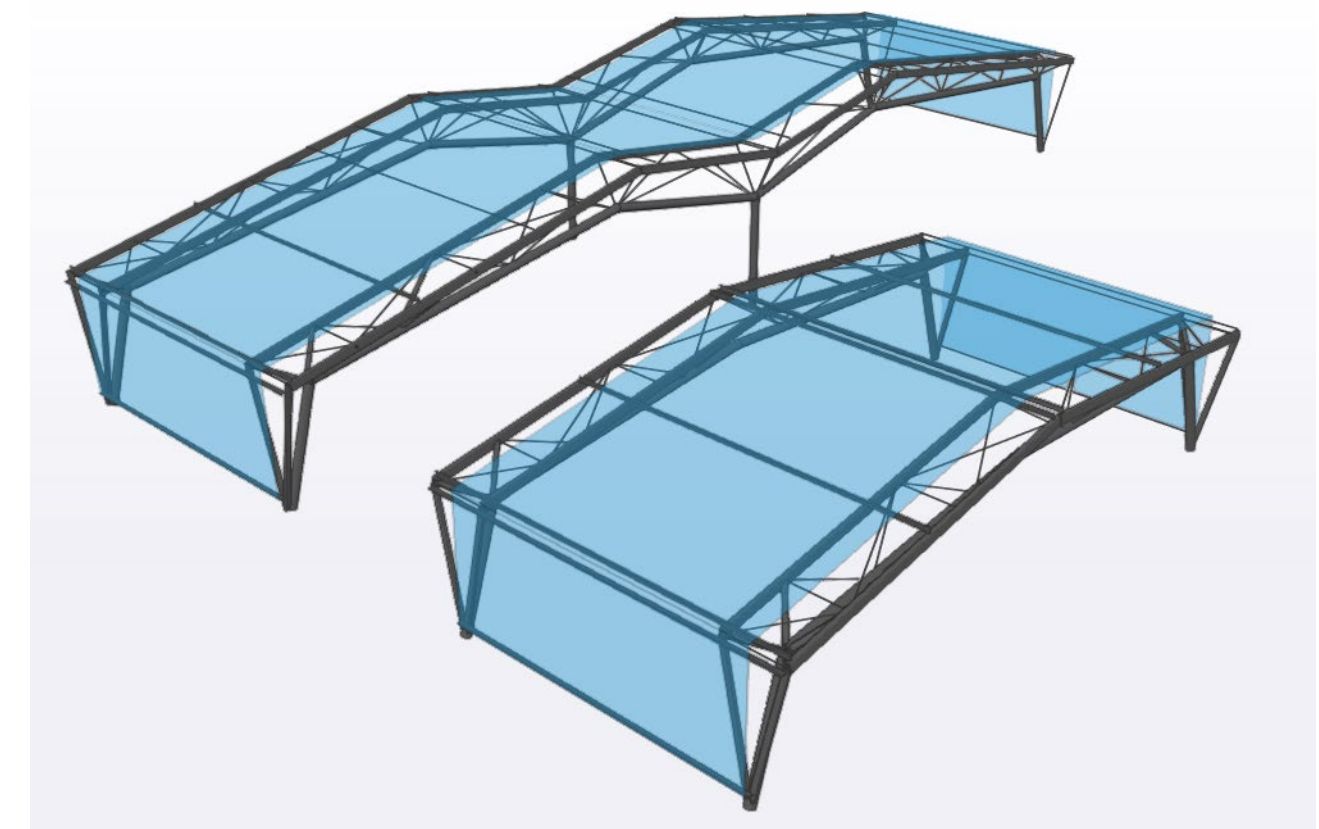
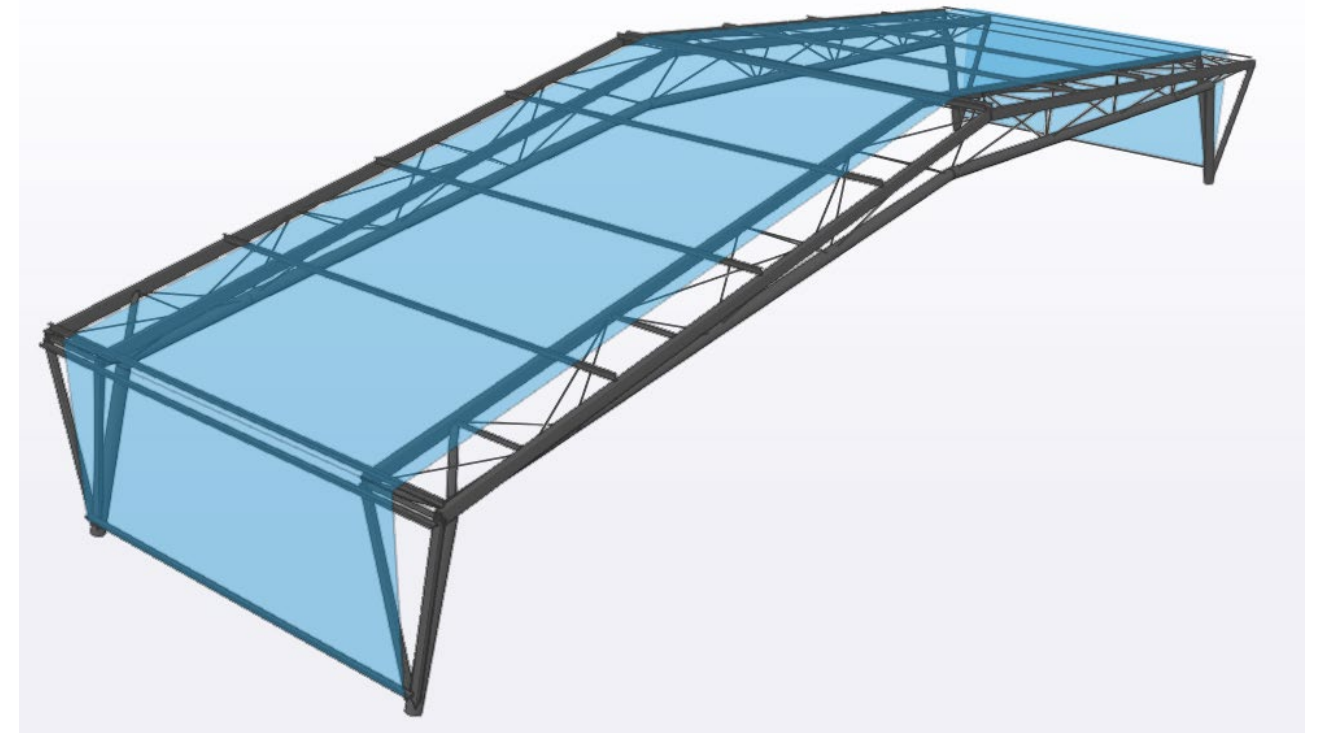
Et areal på 20 ha giver mulighed for et solcelleanlæg på i alt ca. 30 MW for hele vejstrækningen. Den årlige produktion af el for et sådant anlæg og med 10 graders hældning mod øst/vest vil svare til ca. 7500 husstandes årlige energiforbrug (4.000 kWh pr. husstand).

Etableringsomkostninger

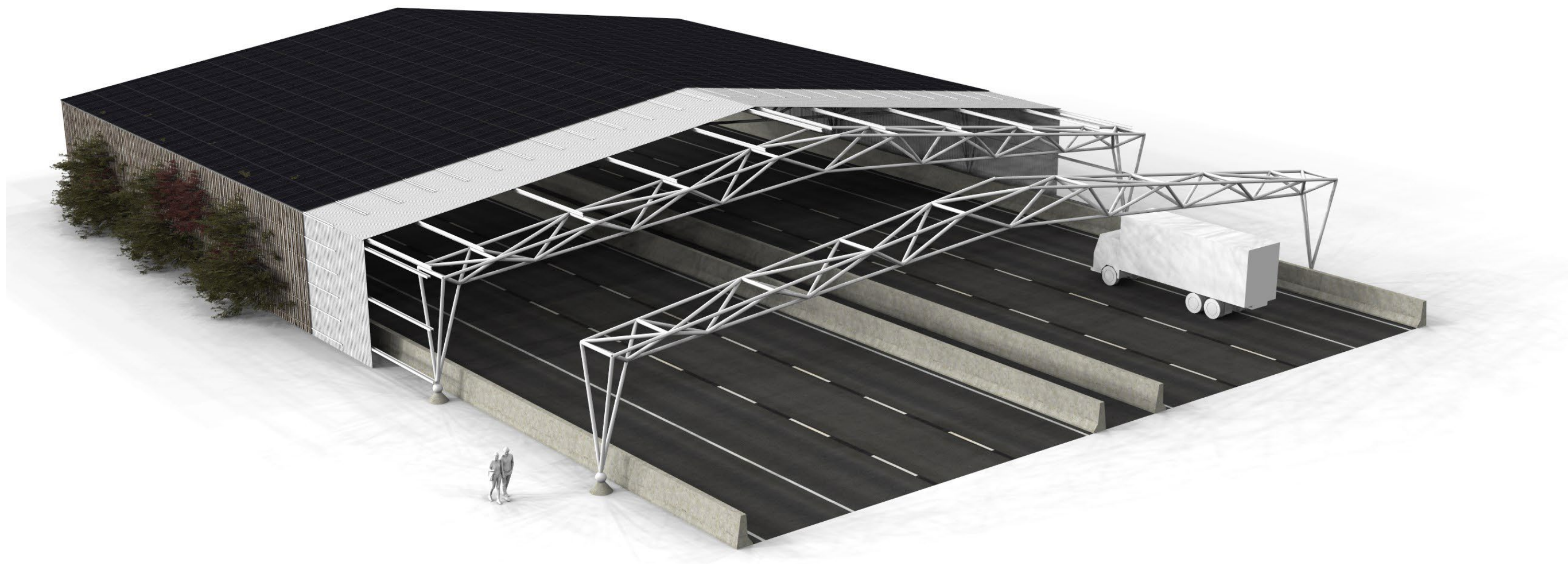
Etableringsomkostningerne er estimeret til 29,7 mio. kr./km (4.200 kr./ kWp), eller i alt 116 mio. kr. for hele vejstrækningen. Prisen på solcellepaneler er steget med 40% det sidste år, og forventes at falde over tid. Derfor regnes der med en pris 3.200 kr. pr. kWp monteret inklusiv invertere, og 1.000 kr. pr. kWp til målertavler og net-tilslutning. Det vil sige en samlet pris på 4.200 kr. pr. kWp.

Værdien af elproduktionen

En traditionel beregning af elproduktionens værdi giver, at 30 MWh skaber en indtjening på ca. 13,6 mio. kr. årligt/km (0,45 kr./kWh), når det sælges til nettet.



Figur 29: Forskellige udformninger af overdækning afhængigt af vejens geometri.



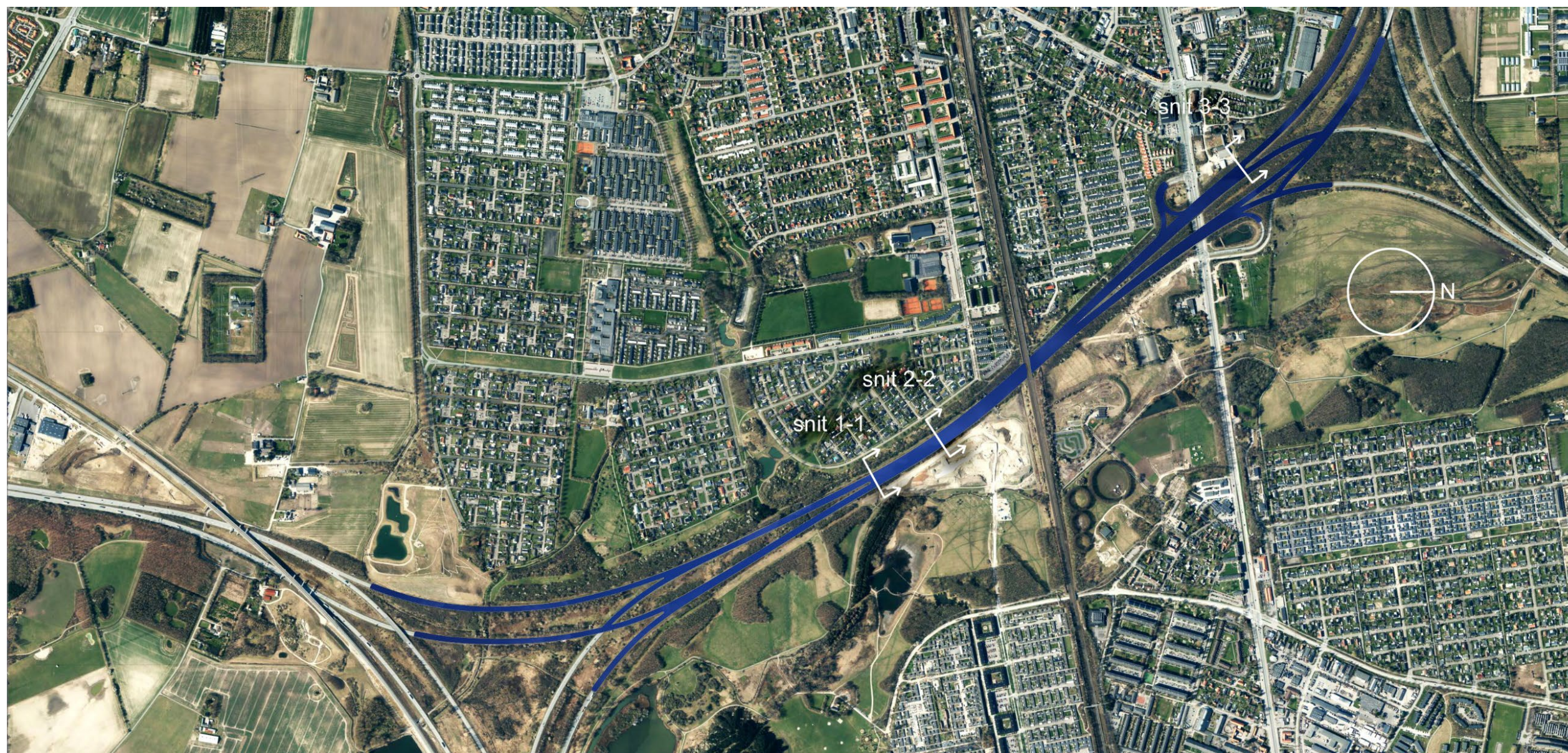
Arkitektur

Projektets arkitektoniske ambition er at skabe en konstruktion af høj designmæssig og funktionel kvalitet, som samtidig tilpasser sig omgivelserne i videst muligt omfang. Når støjen forsvinder, vil tidligere støjbelastede arealer ændre karakter og blive til attraktive områder både i private haver og på de store offentlige grønne arealer. Det er derfor vigtigt, at overdækningen har en høj arkitektonisk kvalitet, da det vil indgå som et markant element i området. Udgangspunktet for designet er at begrænse eventuelle skyggedannelser og visuelle barrierer mest muligt og samtidig skabe en arkitektur, der giver værdi til lokalmiljøet. Dette sikres gennem at begrænse højden på de vertikale dele af byggeriet og designe disse, så det giver fleksibilitet i forhold til udtryk og funktion.

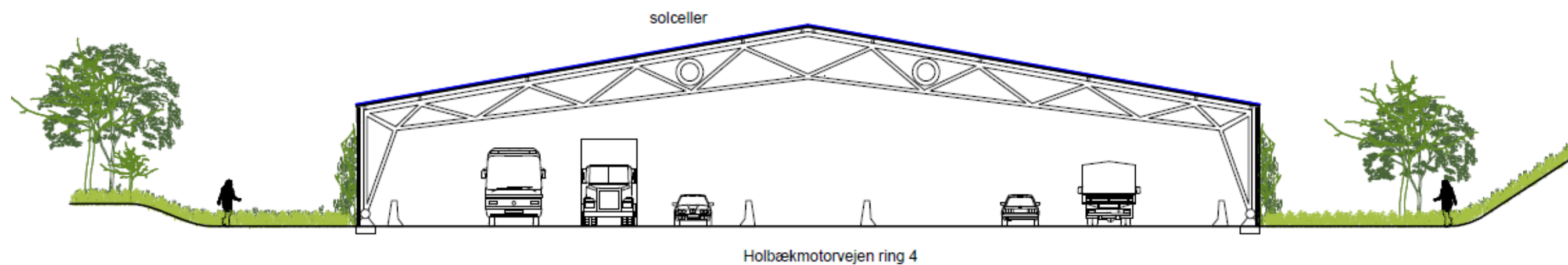
På denne strækning er det oplagt, at de vertikale flader er udført som espalier med klatreplanter, så byggeriet med tiden vil gå i et med de grønne omgivelser der præger denne motorvejsstrækning. Da motorvejen i dette område fortrinsvis går i nordlig-sydlig retning, udføres taget som et saddeltag med en hældning på 10° beklædt med solceller. Den lave hældning vil bevirke, at solcelleanlægget vil ligge delvist skjult for omgivelserne. Der tages udgangspunkt i et såkaldt normalsnit, dvs. et tværsnit i overdækningen på en sædvanlig motorvejsstrækning (snit 2-2). Derudover undersøges et specialtilfælde hvor overdækningen forgrenes (snit 1-1) og hvor den samles (snit 3-3). Disse snit er undersøgt med henblik på at illustrere hvordan variationer i udformningen håndteres i det forslåede design.



Figur 30: Visualisering af den lette overdækning ved ring 4 øst for Taastrup, tæt ved Tueholm Sø



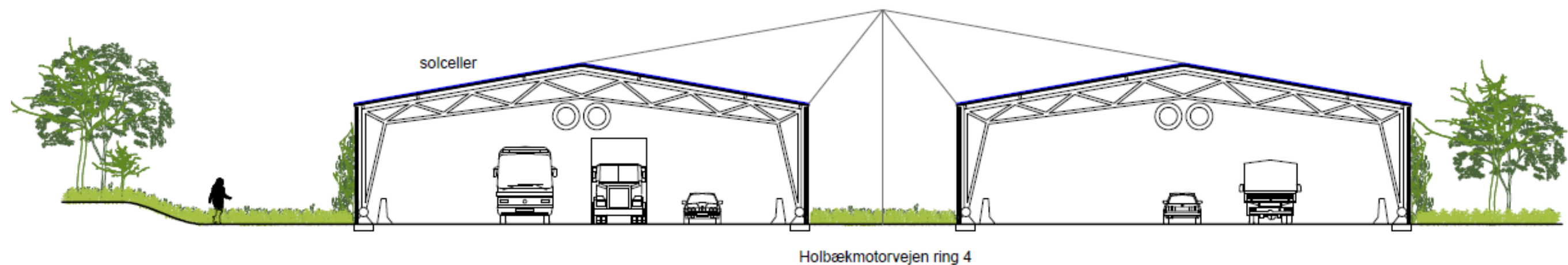
Figur 31: Udstrækning af overdækning af Holbækmotorvejen Ring 04, ved Tåstrup øst.



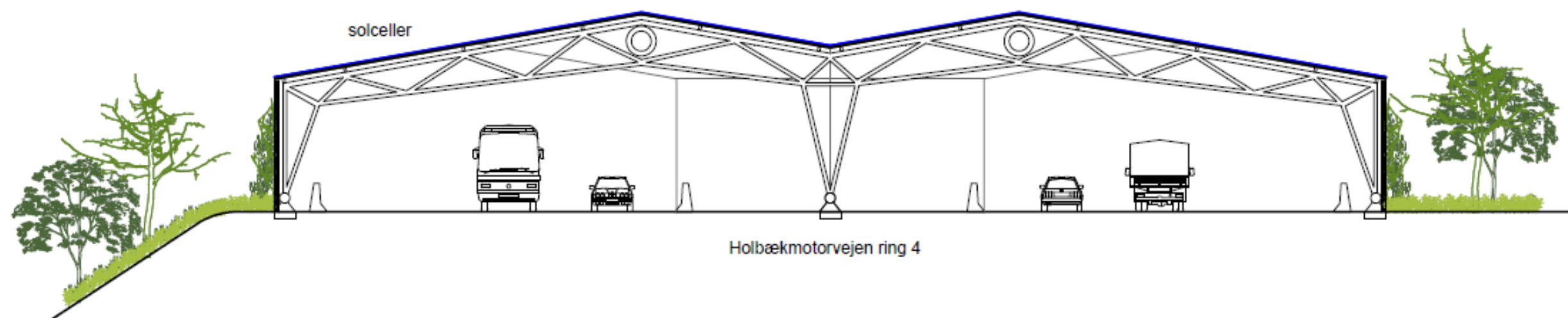
Figur 32: Normalsnit på strækningen (Snit 2-2)

Overdækningen ved forgrening af motorvej

Når motorvejens geometri ændres, eksempelvis ved af- og tilkørsler eller forgreninger, ændres udformningen af overdækningen. Motorring 04 øst for Tåstrup er netop præget af en række forgreninger, som løses ved, at der etableres søjler, når spændet på tværs af motorvejen bliver for stort eller deles op i to separate overdækninger. Denne tilpasning af normalsnittet er udført for den valgte strækning og der er udviklet forskellige løsninger som principielt er illustreret i snit 1-1 og 3-3.



Figur 33: Tværsnit i motorvej med separate overdækninger (forgrening) - (Snit 1-1)



Figur 34: Tværsnit i motorvej ved forgrening med én sammenhængende overdækning (Snit 3-3)

5. ETABLERINGSOMKOSTNINGER OG FINANSIERINGSMULIGHEDER



Etableringsomkostninger

Konstruktioner og fundamenter

Overdækningens bærende konstruktion består af parallelle stålrammer der placeres med 6 – 12 m afstand. Prisen på konstruktionen er udregnet på baggrund af stålængder (tonnage for hovedstål og tagåse), samt areal af tagfladen med hhv. trapeztag og sedum. Prisforskellen på en stålramme udført med rumgitterkonstruktion eller en opsvejt ramme med midtersøjle er relativt lille. Den øgede stålængde i en konstruktion, der spænder over begge kørebaner i forhold til en konstruktion der understøttes på midten, opvejes af at den brandsikrede konstruktion vejer mere (grundet brandbeskyttelsen), og der er et ekstra fundament i midterrabatten, der skal etableres. De rene anlægsomkostninger for etablering af stålkonstruktion og fundamenter er således stort set uafhængige af, hvilket bærende system der vælges. Til gengæld er der forskel på, om der skal etableres brandbeskyttelse på alle indvendige sider af overdækningen – her er der en væsentlig tillægspris ved brandbeskyttelse af stålkonstruktionen.

Diverse konstruktionsarbejder

Denne post inkluderer diverse konstruktionsarbejder, midlertidige og permanente som er påkrævet ved etablering af overdækningen. Dette inkluderer ledningsomlægninger af eksisterende kabler og ledninger, diverse jordarbejder og rydning langs motorvej og ramper mv. Der er inkluderet trafikale omlægninger i anlægsperioden, diverse El-arbejder, tilslutning til ny transformerstation, HV+LV kabler i jord, tilslutning af El til samtlige installationer, brandhydranter og vandforsyning (hvor nødvendigt). Etablering af ny asfalt og nye autoværn (type New Jersey) er ikke inkluderet i det angivne budget, da dette betragtes en del af vejnettet og ikke overdækningen.

Trafikledelsessystem og ITS

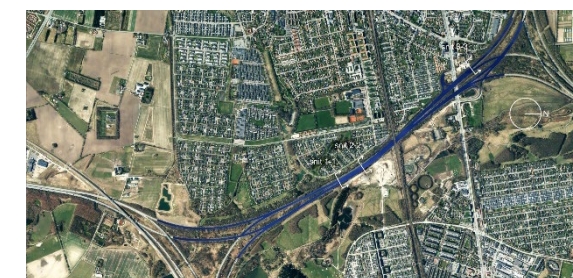
Denne post inkluderer trafikledelsessystemer og ITS (permanente komponenter) inkl. programmering mv., herunder SCADA System, motorvejsportaler, informationstavler, vognbanesignaler, trafikoverledning på åben land, Fjernstyret bomme, Højdedetekteringsanlæg, Incident Detection System (IDS), samt CCTV.

Installationer (M&E) og ITS

Som en generel fingerregel udgør M&E samt ITS ca. 15% af de samlede omkostninger for anlægsbyggeri. Denne procentdel er dog noget større ved en let overdækning pga. mindre konstruktionsomkostninger end ved en egentlig vejttunnel. Mængden af installationer er her differentieret afhængigt af, om der arbejdes med den optimerede lette overdækning med naturlig ventilation og brandventilation, eller om der påregnes fuld M&E-pakke. Installationer og M&E inkluderer nødvendig belysning, UPS System, diverse sensorer (CO, NOx, etc.), ventilationssystem med langsgående Jet Fans i grupper pr. ca. 80 m, flugtvejsdøre pr. ca. 100 m, SOS Skabe med brandalarmering etc., Tværforbindelsesdøre, diverse faste vej- og informationsskilte, samt kommunikationsudstyr til politi, beredskab mv.

Projektering

Projektering + byggeledelse er vurderet som ca. 10% af de estimerede anlægsomkostninger og involverer honorar til de tilknyttede rådgivere på projektet.



Holbækmotorvejen igennem Hedehusene/Fløng

Etableringsomkostninger pr. km let overdækning - Optimeret konstruktion, brandventilation og ventilation	DKK (ex. moms)
Konstruktioner og fundamenter	64.571.500 kr.
Diverse konstruktionsarbejder (anlæg)	24.375.000 kr.
Trafikledelsessystemer og ITS	23.625.000 kr.
Installationer (M&E) og sikkerhedsudstyr	25.480.000 kr.
Solceller	23.178.571 kr.
Projektering + byggeledelse	20.000.000 kr.
Samlede etableringsomkostninger	181.230.071 kr.
Etableringsomkostninger -10% til +30% (pr. km)	165 - 240 mio.

Tabel 4: Estimerede etableringsomkostninger ved brug af optimeret konstruktion med brandventilation

Etableringsomkostninger pr. km let overdækning - optimeret konstruktion, fuldt lukket med mekanisk ventilation	DKK (ex. moms)
Konstruktioner og fundamenter	108.877.980 kr.
Diverse konstruktionsarbejder (anlæg)	29.375.000 kr.
Trafikledelsessystemer og ITS	32.500.000 kr.
Installationer (M&E) og sikkerhedsudstyr	63.480.000 kr.
Solceller	23.178.571 kr.
Projektering + byggeledelse	20.000.000 kr.
Samlede etableringsomkostninger	252.192.320 kr.
Etableringsomkostninger -10% til +30% (pr. km)	250 - 360 mio.

Tabel 5: Estimerede etableringsomkostninger ved brug af optimeret konstruktion med brandventilation

Sammenfatning

Overdækning igennem Hedehusene/Fløng har en samlet længde på 2,1 km, hvilket giver estimerede samlede etableringsomkostninger (ex. moms):

Optimeret konstruktioner / naturlig ventilation: **330 – 480 mio. kr.**
Optimeret konstruktioner / brandbeskyttet: **500 – 720 mio. kr.**

Ovenstående budget, bygger på groft anslåede anlægsomkostninger og det foreliggende skitseprojekt, med en indlagt usikkerhed på -10 til +30% på de beregnede omkostninger.

Holbækmotorvejen – motorring 04

Etableringsomkostninger pr. km let overdækning - Optimeret konstruktion, brandventilation og ventilation	DKK (ex. moms)
Konstruktioner og fundamenter	92.290.765 kr.
Diverse konstruktionsarbejder (anlæg)	41.302.083 kr.
Trafikledelsessystemer og ITS	33.055.288 kr.
Installationer (M&E) og sikkerhedsudstyr	28.910.000 kr.
Solceller	29.968.743 kr.
Projektering + byggeledelse	20.000.000 kr.
Samlede etableringsomkostninger	245.526.880 kr.
Etableringsomkostninger -10% til +30% (pr. km)	225 - 320 mio.

Tabel 6: Estimerede etableringsomkostninger ved brug af optimeret konstruktion med brandventilation

Etableringsomkostninger pr. km let overdækning - optimeret konstruktion, fuldt lukket med mekanisk ventilation	DKK (ex. moms)
Konstruktioner og fundamenter	130.703.446 kr.
Diverse konstruktionsarbejder (anlæg)	51.141.827 kr.
Trafikledelsessystemer og ITS	43.125.000 kr.
Installationer (M&E) og sikkerhedsudstyr	72.025.385 kr.
Solceller	29.968.743 kr.
Projektering + byggeledelse	20.000.000 kr.
Samlede etableringsomkostninger	346.964.400 kr.
Etableringsomkostninger -10% til +30% (pr. km)	315 - 450 mio.

Tabel 7: Estimerede etableringsomkostninger ved brug af optimeret konstruktion med brandventilation

Sammenfatning

Overdækning af Holbækmotorvejen - motorring 04 ved Taastrup øst har en samlet længde på 3,9 km, hvilket giver estimerede samlede etableringsomkostninger (ex moms):

Optimeret konstruktioner / naturlig ventilation: **875 – 1250 mio. kr.**
Optimeret konstruktioner / brandbeskyttet: **1250 – 1750 mio. kr.**

Ovenstående budget, bygger på groft anslåede anlægsomkostninger og det foreliggende skitseprojekt, med en indlagt usikkerhed på -10 til +30% på de beregnede omkostninger.

Værdiskabelse og finansiering

Solenergi

På nuværende tidspunkt er det ikke afklaret hvem der ejer ”luften” over en motorvej og dermed hvem der i fremtiden kommer til at eje en eventuel overdækning, men det forventes at blive kommunen. Et solcelleanlæg kan opsættes af ejeren af arealet, eller arealet kan udlejes til en producent. Det betyder at anlægsejeren som udgangspunkt er el-leverandør, og dermed gælder en række regler fastsat af Energinet. Produktion af el skal sælges via balanceansvarlig, hvilket enten kan ske via Energinet eller en godkendt balanceansvarlig. En nærliggende mulighed er, at ejerskabet af solcelleanlægget ligger hos en forbrugerejet energiproducent. Det kan være via det lokale netselskab, eller en lokal forening eller et andelsselskab, der giver mulighed for at borgere og virksomheder i lokalområdet kan eje andele i solcelleanlæg. Endnu mere oplagt er det at ejerskabet kommer til at ligge hos borgerenergifællesskab, ejet af borgere og virksomheder i området. Dermed kommer provenuet lokalområdet til godet.

Det forudsættes i denne beregning at solenergien kan sælges til 0,45 kr/kWh, hvilket for overdækningen i Hedehusene svarer til en indtjening på knap 5,2 mio. DKK om året eller knap 2,5 mio. DKK pr. år pr. km overdækning. For overdækningen ved motorring 04 – Taastrup øst, haves en tilsvarende indtjening på ca. 13,6 mio. DKK om året, eller knap 3,5 mio. DKK pr. år pr. km. I den sammenhæng er der forskel på værdien af et solcelleanlæg for den direkte aftager af strømmen og værdien af solcelleanlægget når strømmen sælges ud til nettet. Den enkelte forbruger betaler væsentligt mere pr. kWh, hvilket kunne give et incitament til at et energifællesskab kan medfinansiere etableringen af overdækningen, sikre lokal produktion af strøm og bidrage kraftigt til den grønne omstilling. Dette kræver dog en ændring af loven for energifællesskaber.

Værdi af solenergi – Holbækmotorvejen i Hedehusene / Fløng	
Areal:	40000 m2/km
Effekt:	5500 MWh/km
Salgspris:	0,45 kr/kWh
Indtjening:	2,475,000 kr./km/år
Hedehusene/Fløng - 2,1 km	
5,197,500 kr/år	

Værdi af solenergi – Holbækmotorvejen – Motorring 04 ved Taastrup Øst	
Areal:	51200 m2/km
Effekt:	7750 MWh/km
Salgspris:	0,45 kr/kWh
Indtjening:	3,487,500 kr./km/år
Motorring 04 ved Tåstrup Øst - 3,9 km	
13.601.250 kr/år	

Samfundsøkonomiske betragtninger:

Den samfundsøkonomiske analyse af transportprojekter udgør en struktureret tilgang til værdisætning og sammenligning af en række økonomisk kvantificerede effekter. Effekterne omfatter bl.a. et overslag over anlægsomkostninger, drift- og vedligeholdelsesomkostninger, værdi af rejsetidsændringer samt eksterne omkostninger (luftforurening og klima, støj, uheld). Der kan her skelnes mellem to umiddelbare positive effekter, som en motorvejsoverbygning med solceller vil have for de påvirkede borgere og virksomheder:

Reduktion af støj. Motorvejsoverdækningen har en støjafskærmende effekt, dvs. reducerer støjbelastningen især i de tæt bebyggede områder op ad motorvejen i Hedehusene.

Reduktion af CO2-udslip. Solcellerne bidrager til den grønne omstilling ved potentielt at erstatte øvrige, sorte energikilder til strøm som f.eks. kul og gas med solenergi som en grøn energiform. Dermed vil emissionen af CO2 og partikler falde.

Som støjberegningerne har vist, reduceres støjniveauet i området for de husstande i Hedehusene, der i dag er belastet over grænseværdien.

Endvidere er der for Høje Taastrup følgende gennemsnitlige husstandsstørrelse, dvs. det gennemsnitlige antal mennesker på en adresse påvirket af et støjniveau over grænseværdien:

	I alt	Parcel/Stuehuse	Række-, kæde- og dobbelthuse	Etageboliger
Gennemsnitligt antal personer pr. bolig	2,3	2,9	2,3	2

I den samfundsøkonomiske analyse af transportpolitiske tiltag er enhedsprisen for støj defineret ud fra geneomkostninger og sundhedsomkostninger:

Geneomkostningerne udtrykker befolkningens betalingsvillighed for at undgå støjgener. **Sundhedsomkostningerne** består af de samfundsøkonomiske tab ved sygdom og for tidlig død. Tilsammen udgør de to elementer enhedsprisen.

Enhedsprisen for støjpåvirkninger opgøres per såkaldt støjbelastningstal SBT, en vægtet sum af antallet af boliger, der udsættes for støj over den vejledende grænseværdi i et givet område, hvor de mest støjbelastede boliger vejer tungest.

SBT kan bruges til at sammenligne støjgenen i forskellige områder baseret på genevirkningen i stedet for kun at opgøre antallet af støjbelastede boliger.

	Nuværende situation (med eks. støjskærme)	Med ny overdækning (tunnel)	Ændring, som følge af overdækning
SBT	56,6	10,0	-46,6
Årlig samfundsøkonomisk omkostning (mio. DKK; 2022-priser)	2,17	0,38	-1,79

Tabel 8: SBT og samfundsøkonomisk omkostning ved støjbelastede boliger i Hedehusene

Anlæg af en motorvejsoverdækning kan dermed som minimum forventes at mindske de årlige støjomkostninger for beboere i Hedehusene med ca. 1,8 mio. DKK.

Det er i det hele taget vanskeligt at opgøre de økonomiske effekter af støj fordi de påvirker forskellige aktører og aktiviteter i samfundet.

- Der er dog en række forudsætninger i den nuværende metode, der bygger på gene- og sundhedsmkostninger, som har afgørende betydning for effektens størrelse:
- Værdien af et statistisk liv er blevet markant opjusteret i de seneste 10 år
 - Danskere er blevet mere bevidste om de sundhedsskadelige effekter af støj, og i nye undersøgelser er der kortlagt en større betalingsvilje for at undgå at bo i et støjbelastet hus end den hidtidige betalingsvilje opgjort i støjomkostningerne indikerer.
 - Danskere er i et separat studie blevet spurgt til, hvad der generer dem mest, når de opholder sig på grønne arealer og i skove. Det enslydende svar har været, at dette er støj.

Disse forhold tyder på, at støjpåvirkninger af motorvejen tendentielt undervurderes.

Det er vanskeligt at opgøre de samlede økonomiske effekter af støj fordi støj påvirker forskellige aktører og aktiviteter i samfundet. Der findes ikke én samlet metode for at medtage alle disse effekter, ligesom der er en risiko for dobbelttællinger.

- Grundlæggende påvirker støj samfundet på de følgende områder:
- Værditab af huse og boliger, der ligger i støjbelastede områder
 - Øgede sundhedsudgifter fordi antallet af visse sygdomme stiger blandt mennesker, der bor i støjbelastede områder
 - Produktivitetstab som følge af flere sygdomstilfælde og for tidlig død
 - Værditab af rekreative arealer, der ligger i støjbelastede områder
 - Tab af skatteindtægter (ejendomsværdiskat), når boligens værdi falder
- Uanset mulige dobbelttællinger kan en motorvejsoverdækning med solceller bidrage til en bæredygtig business case om hele Høje Taastrup Kommune, hvor alle aktører kan blive en del af fortællingen. En beregning af mulige gevinster er i sig selv kun en nødvendig betingelse for at en motorvejsoverdækning inkl. solceller kan blive en succes.
- Det er derfor vigtigt at:
- Synliggøre de mulige gevinster** (bedre helbred, mere livskvalitet, bæredygtig energiforsyning etc.) overfor aktørerne og hvordan de selv kan profitere fra projektet.

Bringe forskellige samarbejdsformer og finansieringskilder i spil (energifællesskaber, privat investering, søge puljemidler etc.), der vil gøre investeringen mere overskuelig ud fra den enkelte aktørs mulige bidrag.

Nedenfor skitseres de forskellige aktører og deres mulige roller i udvikling og realisering af business casen, og hvordan de samtidig kan profitere:



An aerial photograph of a landscape featuring a residential area with houses and trees in the upper left, and a large green field with a dense line of trees in the center. A semi-transparent road with a dashed center line is overlaid diagonally across the image. The text '6. KONKLUSIONER' is centered over the road.

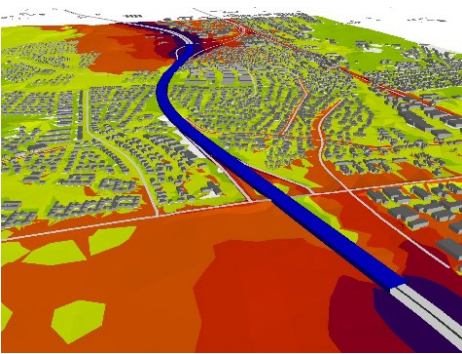
6. KONKLUSIONER

Konklusioner

Det arbejde, som danner grundlag for denne rapport, bygger på et konceptstudie omkring muligheden for at etablere en let overdækning af motorvejene i Høje-Taastrup kommune i de områder, hvor støjen skaber størst mulig gene for beboerne. Formålet var at designe en overdækning, der forudsætter at motorvejen ikke ændres, og etablering skaber mindst mulig gene for trafikanterne.

Overdækningen primære formål er at sikre en tilstrækkelig støjreduktion og samtidig skabe en mulighed for etablering af solenergianlæg på taget af konstruktionen. Dette muliggøres ved en let stålkonstruktion og ved anvendelse af simple og kendte konstruktionsprincipper. Det er påvist, at en overdækning på 2,1 km igennem Hedehusene og Fløng kan reducere antallet af støjplagede boliger fra 1862 til 355 – altså en reduktion på ca. 1500 boliger. En forlængelse af overdækning til øst, vil yderligere reducere antallet af støjplagede boliger. Dette bør undersøges i et eventuelt videre forløb.

Støjniveau i DB	Antal adresser		
	Nuværende (med eks. støjskærme)	Med ny overdækning	Ændring, som følge af overdækning
58-63	1465	313	-1152
63-68	293	15	-278
68-73	82	27	-55
73+	22	0	-22
Antal adresser over grænseværdi	1862	355	-1507



Det vurderes at, overdækningen kan generere 11,5 MWt grøn energi, hvilket svarer til ca. 3000 husstandes årlige energiforbrug. Anvendelse af denne energi og den optimale kapitalisering bør undersøges nærmere i et eventuelt videre forløb. Her bør der ligeledes undersøges muligheden for anvendelse af hybridpaneler, der kan bruges som kombinerede solceller og solfangere. Denne type paneler kan anvendes til opvarmning.

En tilsvarende analyse er foretaget for Holbækmotorvejen ved motorring 04 i Taastrup øst. Her kræves en noget længere overdækning i et område med mange forgreninger og geometriske udfordringer som forårsager væsentligt større anlægsomkostninger. Samtidigt er området ikke ligeså tæt bebygget som Hedehusene/Fløng og effekten af støjreduktionen vi således påvirke færre beboere i dette område. En overdækning på 3,9 km vil reducere antallet af støjplagede boliger fra 713 til 338 – altså en reduktion på 375 boliger. En forkortet overdækning (mod nord), vil sikre en reduktion på 261 boliger og samtidigt kræve mindre anlægsomkostninger. Den fulde overdækning på 3,9 km kan genere ca. 30 MWt grøn energi, hvilket svarer til ca. 7500 husstandes årlige energiforbrug.

Støjniveau i dB	Antal adresser, ændring som følge af:	
	Fuld overdækning	Afkortet overdækning
< 58	375	261
58 - 63	-215	-124
64 - 68	-140	-131
69 - 73	-18	-4
73+	-2	-2
Antal adresser over grænseværdi	-375	-261



Den største usikkerhed i forbindelse med etablering af konstruktionen er behovet for ventilation og brandsikring. De viste løsninger for mulige ventilationsforhold for friskluftsforsyning gennem tagåbninger samt fjernelse af røggasser ved brand mv. skal undersøges nærmere i næste fase. Der skal normalt udføres CFD Analyser og Brandmodellering (Computational Fluid Dynamics Analysis and Fire Modelling) til at fastlægge konsekvenserne på bl.a. konstruktioner og flugtveje mv. Dette vil skabe en større sikkerhed omkring de faktiske etableringsomkostninger, der lige nu spænder fra de mest optimistiske skøn på 165 mio. kr. pr. km til 450 mio. kr. pr. km, svarende til en fuldt sikret tunnel. Prisberegningen er yderligere behæftet med usikkerheder i forhold til afvikling af trafik, og de præcise forhold omkring ledninger i jord og fundering. Der er således både et optimeringspotentiale i forhold til den tekniske løsning og usikkerheder omkring ukendte forhold og risici. Undersøgelser viser, at der er en væsentlig samfundsmæssig gevinst ved at fjerne støjen fra motorvejene. Denne gevinst er kapitaliseret til ca. 1,8 mio. kr. pr. år (for motorvejen igennem Hedehusene/Fløng), hvilket kan retfærdiggøre en samfundsmæssig samfinansiering af et overdækningsprojekt. Muligheden for anvendelse af strømmen i et borgerdrevet energifællesskab kan ligeledes give en øget værdi af den producerede energi og i højere grad bidrage til finansiering og drift af overdækningen.



lützen

ATKINS

Member of the SNC-Lavalin Group



Høje-Taastrup
Kommune