

NORDHAVNSTUNNEL VVM-REDEGØRELSE VEJTUNNEL

TEKNISK RAPPORT, 2016



VVM-REDEGØRELSE NORDHAVNSTUNNEL

TEKNISK RAPPORT - VEJTUNNEL

Revision **0**
Dato **2016-05-31**
Udarbejdet af **JEM**
Kontrolleret af **DOP**
Godkendt af **KMK**

Ref. 1100017745
Dokument ID 95767-1 / NHT-B31-001

INDHOLD

1.	INDLEDNING OG RESUMÉ	1
1.1	Indledning	1
1.2	Resumé	3
2.	GRUNDLAG OG FORUDSÆTNINGER	8
2.1	Generelt	8
2.2	Geologiske og hydrogeologiske forhold	10
2.3	Geotekniske forhold	12
2.4	Trafikale forhold	13
2.5	Geometriske forudsætninger	16
2.6	Belægninger	25
2.7	Sikkerhedskoncept for Nordhavnstunnelen	25
2.8	Afvandingssystem	28
2.9	Konstruktive krav til tunnel	30
2.10	Installationer og udstyr	31
3.	PLANMÆSSIGE FORUDSÆTNINGER	33
3.1	Generelt	33
3.2	Lokalt vej- og stinet	34
3.3	Ledningskortlægning	35
3.4	Støjafskærmning	37
3.5	Trafiksikkerhed	37
4.	VALGTE UDBYGNINGSFORSLAG	38
4.1	Linjeføring til Nordhavn	38
4.2	Linjeføring for en Østlig Ringvej	40
5.	TUNNEL OG VEJFORSLAG	45
5.1	Generelt	45
5.2	Tilslutning til NHV-TKA	47
5.3	Trafiksimulering	48
5.4	Tunnelforslag A: Kattegatvej med forberedelse for ØR	51
5.5	Tunnelforslag B: Kattegatvej uden forberedelse for ØR	56
5.6	Tunnelforslag C: Færgehavsvej med forberedelse for ØR	59
5.7	Tunnelforslag D: Færgehavsvej uden forberedelse for ØR	63
5.8	Udbygningsscenarier i 2025+	66
5.9	Installationer og udstyr (inkl. teknikbygning)	71
6.	FRAVALGTE UDBYGNINGSFORSLAG	79
6.1	Generelt	79
6.2	Fravalgte linjeføringer	79
6.3	Fravalgte udformninger af tilslutningsanlæg	81
7.	GENNEMFØRELSE AF PROJEKTET	83
7.1	Generelt	83
7.2	Midlertidig grundvandssænkning	86
7.3	Anlægstekniske overvejelser	93
7.4	Jordarbejder	96
7.5	Anlægsarbejdet ved tilkoblingsanlægget Nordhavnsvej	100
7.6	Anlægsarbejdet ved krydsning af Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet	106
7.7	Anlægsarbejdet på Nordhavn	112
7.8	Alternative udførelsesmetoder	112
7.9	Anlægstidsplan	121
8.	FORUDSÆTNINGER FOR INPUT TIL ANLÆGSOVERSLAG	129
8.1	Indledning	129
8.2	Generelt	129
8.3	Generelle forudsætninger for input til anlægsoverslagene	129
8.4	Principper anvendt ved mængdeopgørelserne	129
9.	RAPPORTER OG BILAG	135

1. INDLEDNING OG RESUMÉ

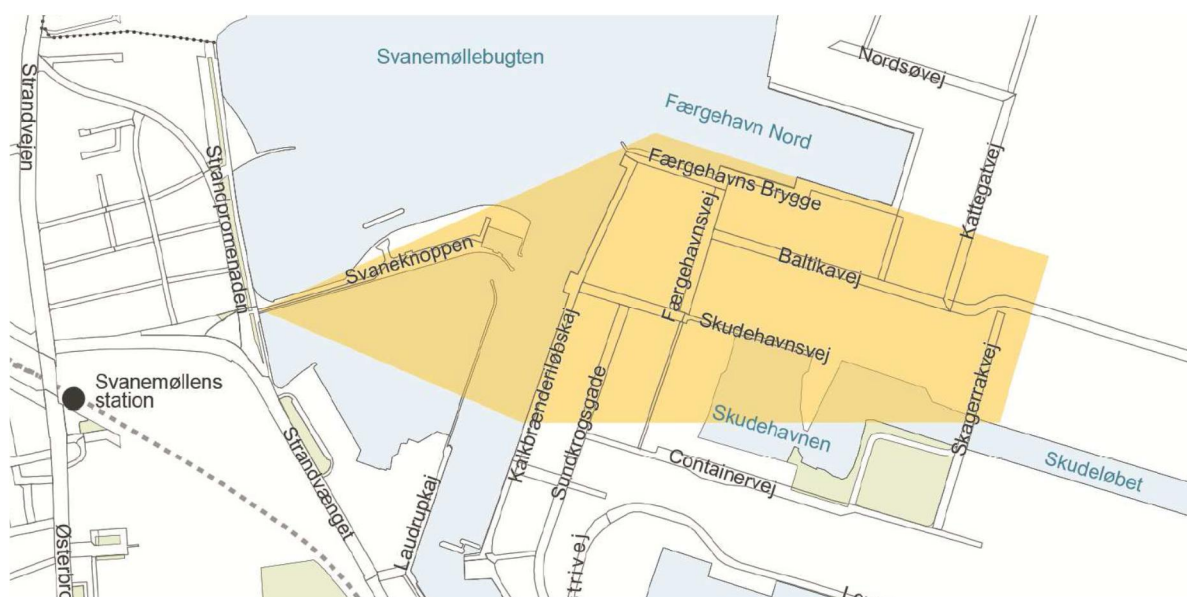
1.1 Indledning

I en principaftale mellem Regeringen og Københavns Kommune blev det i juni 2014 besluttet at følge anbefalingerne fra trængselskommissionen og anlægge en ny vejforbindelse i tunnel mellem Nordhavnsvejen og Nordhavn.

Nordhavn er et område i rivende udvikling og fuldt udviklet og udbygget forventes det at Nordhavn skal rumme 40.000 indbyggere og det tilsvarende antal arbejdspladser. Der vil derfor være et stort behov for at udbygge områdets infrastruktur inkl. kollektive trafik. I denne sammenhæng er første etape af Nordhavnsmetroen under anlæg. Det vurderes at Nordhavn fuldt udbygget skal kunne håndtere en daglig trafik på omkring 65.000 køretøjer. En Nordhavnstunnel vil sikre at størstedelen af denne trafik som også indeholder trafik til containerterminal og krydstogsterminal føres gennem vejturen til Nordhavn og dermed i væsentligt omfang vil aflaste den eksisterende infrastruktur omkring Sundkrogsgade.

Vejforbindelsen mellem Nordhavnsvejen og Nordhavn benævnes Nordhavnstunnelen (NHT) og løber fra Nordhavns vejs (NHV) Tilkoblingsanlæg (TKA) i vest, under Svanemøllehavnen umiddelbart syd for Svaneknoppen, videre under Kalkbrænderiløbet og afsluttes mod øst med et Tilslutningsanlæg på Nordhavn (TSA). Nordhavnstunnelen bliver som Nordhavnsvejen en kommunal vej som med sit samlede forløbet vil forbinde Nordhavn med det overordnede statslige og europæiske vejnet.

Nordhavnstunnelens tracé og placering af rampeanlæg på Nordhavn skal også vurderes i en form der sikrer, at en fremtidig videreførelse af Nordhavnstunnelen i en Østlig Ringvej (fremover forkortet ØR) via Refshaleøen er belyst med fordele og ulemper. Projektets indvirkning på miljøet i anlægs- og driftsfasen skal undersøges i en VVM-undersøgelse og udmøntes i en VVM-redegørelse og et tilhørende beslutningsgrundlag. VVM-undersøgelsen er gennemført i perioden fra august 2015 og frem til maj 2016.



Figur 1-1 – Undersøgelses korridor for Nordhavnstunnelen som defineret i Kommissoriet for VVM-undersøgelsen

Formålet med denne rapport er på en overskuelig form at samle og præsentere de gennemførte tekniske vurderinger af det mulige løsningsrum for en vejtunnel under Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet, herunder de forudsætninger og de tekniske konklusioner, der danner baggrund for det udarbejdede skitseprojekt. Rapporten indeholder en gennemgang af tilvalg såvel som fravalg.

Denne tekniske rapport har basis og baggrund i en lang række udarbejdede tekniske analyser og skitser.

Anlægsarbejderne for Nordhavnstunnelen vil bevirke en hel eller delvis midlertidig lukning af Svanemøllehavnen og Kalkbrænderihavnen. Der er således set nærmere på muligheden for etablering af en midlertidig erstatningshavn på forskellige lokaliteter. Dette er beskrevet nærmere i en selvstændig teknisk rapport om erstatningshavne /8//9//10/.

Endvidere er muligheden for at etablere en stiforbindelse mellem Svaneknoppen og Nordhavn ønsket vurderet. Dette er beskrevet nærmere i en selvstændig teknisk rapport om en stiforbindelse /5//6//7/.

Følgende dokumenter er udarbejdet i sammenhæng med nærværende rapport og bør læses i sammenhæng med denne:

- Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Vejtunnel, Tegningsbilag, 2016, Rambøll/Schønherr.
- Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Vejtunnel, Æstetisk rapport, 2016, Rambøll/Schønherr.

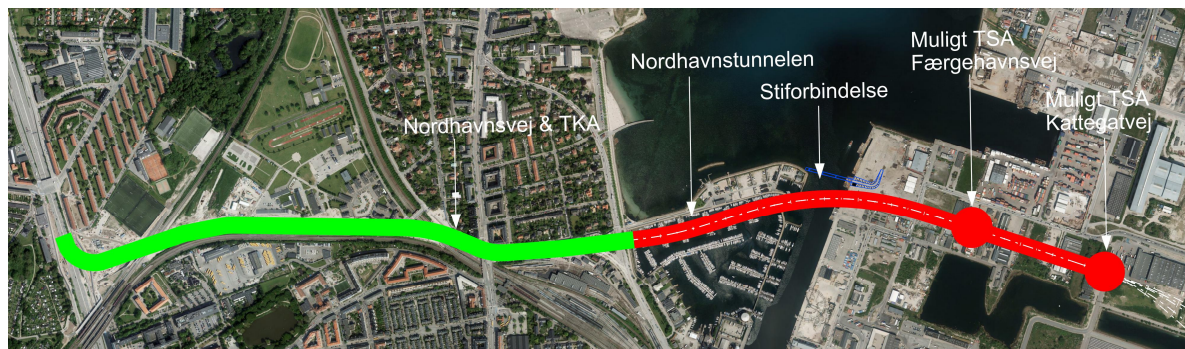
Følgende baggrundsnotater danner grundlag for konklusioner præsenteret i denne rapport:

- Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Geotekniske og hydrogeologiske forundersøgelser, Maj 2016, Rambøll.
- Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Hydrogeologisk tolkningsrapport, Maj 2016, Rambøll.
- Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse Geofysiske forundersøgelser, Maj 2016, Rambøll.

1.2 Resumé

1.1.1 Generelt

I en principaftale mellem Regeringen og Københavns Kommune blev det i juni 2014 besluttet at følge anbefalingerne fra trængselskommissionen og anlægge en ny vejforbindelse i tunnel mellem Nordhavnsvejen (NHV) og Nordhavn.



Figur 1-2: Samlet projektoversigt. Grøn: Igangværende etablering af NHV. Rød: Vurderede løsninger for tunnel til Nordhavn, NHT

Nordhavn er et område som fuldt udviklet og udbygget forventes at rumme godt 40.000 indbyggere og et tilsvarende antal arbejdspladser. Denne udbygning vil generere en væsentlig øget trafik.

En Nordhavnstunnel (NHT) vil sikre, at størstedelen af denne trafik, som også indeholder trafik til containerterminal og krydstogsterminal føres gennem vejttunnelen til Nordhavn og dermed i væsentligt omfang aflaster den eksisterende infrastruktur omkring Sundkrogsvej.

Denne tekniske rapport beskriver mulige løsninger for en sådan forbindelse.

Nordhavnstunnelens tracé og placering af rampeanlæg på Nordhavn skal også vurderes i en form der sikrer, at en fremtidig videreførelse af Nordhavnstunnelen i en Østlig Ringvej. Dette er ligeledes belyst i denne rapport.

1.1.2 Undersøgte vejttunnelforslag

Der er undersøgt fire forskellige udformninger af Nordhavnstunnelen, der omtales som vejttunnelforslag A, B, C og D.

Vejttunnelforslag A er en ca. 1,4 km lang vejttunnel, der anlægges som en fortsættelse af Nordhavnsvej ved Strandvænget og føres frem til Kattegatvejs forlængelse. I denne løsning er vejttunnelen forberedt til en eventuel fremtidig Østlig Ringvej, hvilket betyder, at trafikanterne kører af eller på ved Kattegatvej på tunnelramper placeret på hver sin side af vejttunnelen, og at selve vejttunnelen ender blindt. Denne blinde del af vejttunnelen kan senere videreføres som en Østlig Ringvej til Refshaleøen.

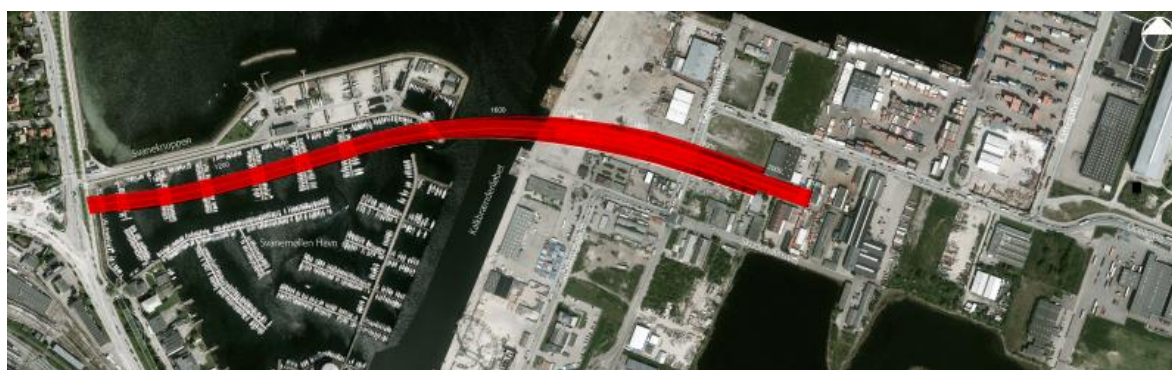
Vejttunnelforslag B adskiller sig fra Forslag A ved ikke at være forberedt til en Østlig Ringvej. Da vejttunnelen ikke skal fortsætte, føres trafikken op til terræn på ramper i umiddelbar forlængelse af vejttunnelen. På alle andre områder svarer Forslag B til Forslag A.

Vejttunnelforslag C er en ca. 1 km lang vejttunnel fra Strandvænget til øst for Færgehavnsvej, som er forberedt til en eventuel fremtidig Østlig Ringvej. I denne løsning forbindes tunnelramper med Baltikavej.

Tunnelforslag D adskiller sig fra løsning C ved kun at være ca. 900 meter lang og ikke at være forberedt til at en Østlig Ringvej kan føres i tunnel hele vejen fra NHT til Refshaleøen.



Figur 1-3 – Linjeføring for vej-tunnelforslag A og B.



Figur 1-4 - Linjeføring for vej-tunnelforslag C og D.

1.1.3 Forudsætninger

Generelle forudsætninger

Generelt er der anvendt forudsætninger svarende til vej-tunnelen på Nordhavnsvejen, som er ved at blive etableret. Derudover er det forudsat at konstruktionens designlevetid skal være 120 år (Nordhavnsvej er designet til 100 år).

Trafik og vejteknik

Herunder er gengivet de primære forudsætninger for infrastrukturen og byudviklingen på Nordhavn i beregningerne. Til fastlæggelse og udformning af trafikanlægget er der set på to byplan-scenarier 2025 og 2025+:

- Byplanscenariet **2025** skal opfattes som åbningsåret, hvor der er sket en udbygning af boliger og arbejdspladser på Nordhavn ved Orientkaj, Sundmolen og Levantkaj Vest. Metroen forventes at være udbygget til Orientkaj og den påbegyndte opfyldning af ydre Nordhavn vil være færdig;
- Byplanscenariet **2025+** skal opfattes som det tidspunkt, hvor alle visionerne for Nordhavn er gennemført; herunder nye holme og kanaler, en fuldt udbygget metrolinje samt store nye områder med boliger og arbejdspladser.

Nordhavnstunnelen planlægges med skiltet hastighed på 60 km/t og en dimensionerende hastighed på 80 km/t. Hastigheden på ramper er dog sat til 50 km/t.

Sikkerhedskoncept

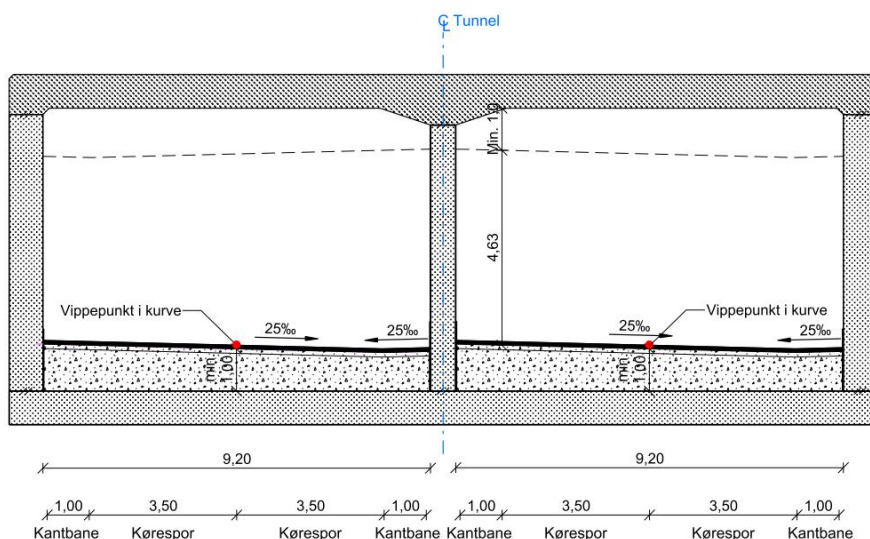
NHV og NHT sammenkobles i tilkoblingsanlægget ved Strandvænget, sammenkoblingen udføres under jorden. De to tunneler vil følgelig herefter fremstå som én tunnel. Sikkerhedskoncept for Nordhavnstunnelen vil derfor følge tilsvarende for Nordhavnsvejen.

Denne samlede tunnel planlægges svarende til opfyldelse af EUs Tunneldirektivet (2004/54/EF).

Sikkerhedskoncept er udarbejdet under den forudsætning, at der sker en reel adskillelse mellem Nordhavnstunnelen og en eventuel fremtidig Østlig Ringvej. Dette kan blandt andet betyde, at der ved senere forlængelse til en Østlig Ringvej skal skabes en større åbning mod det fri i tunnel-loftet. Senere analyser skal vise, hvor stor en sådan åbning skal være.

Geometriske forudsætninger

I Nordhavnsvejprojektet anvendes som standard et tunneltværsnit med et indvendigt profil på 6,65m x 9,2m i hvert tunnelrør. Højden giver plads til ballastbeton, fritrum til trafik på 4,63m samt plads til installationer og skiltning under loftet. Dette profil videreføres til Nordhavnstunnel projektet.



Figur 1-5: Standard tunneltværsnit

Af væsentlige globale geometriske bindinger/forudsætninger skal derudover nævnes:

- Vanddybden i Kalkbrænderiløbet skal være min 3,5 m;
- Vejtunnelen sikres op til en vandstand i kote 3,05 m helt svarende til forudsætningen på NHV.

1.1.4 Tunnelkonstruktioner

Tunnelkonstruktioner forventes udført som in-situ støbt slapt armeret beton, og konstruktionerne skal således opfylde krav til design og udførelse i forhold til gældende normer for denne type konstruktioner. Det primære normsystem vil være Eurocodes herunder også Nationale annekser udgivet i samarbejde mellem VD og Bane Danmark.

Krydsning af havnen

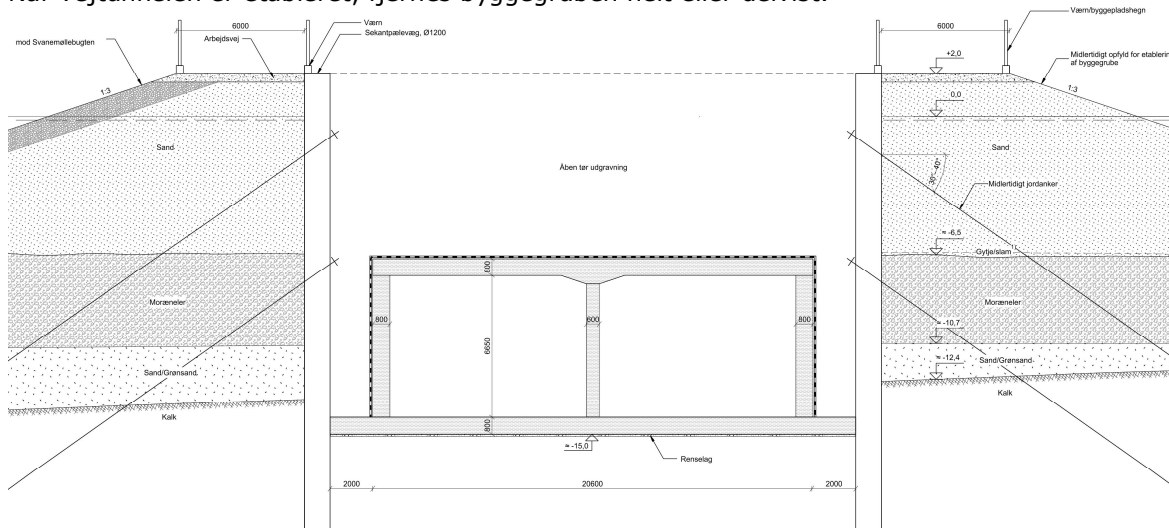
Krydsningen af havnen kan udføres med to principielt forskellige byggemetoder:

- Som in-situ støbt tunnel i tør byggegrube;
- Som sænketunnel.

En in-situ støbt tunnel i havnen kan etableres på to forskellige måder:

- Der etableres en midlertidig opfyldning i havnen, så der opstår en dæmning i det område, hvor vejtunnelen skal bygges. I denne dæmning etableres en byggegrube indfattet af forankrede sekantpæle, hvori vejtunnelen støbes;
- Der etableres en byggegrube bestående af en spunsvæg rammet fra flåde / jack-up, hvori vejtunnelen støbes.

Når vejtunnelen er etableret, fjernes byggegruben helt eller delvist.



Figur 1-6: Anlæg af tunnel i Kalkbrænderiløbet fra dæmning.

Løsningen med en opfyldning i havnen i forhold til en løsning med stålspons rammet fra flåde/jack-up giver nogle anlægstekniske fordele, da det vil give mulighed for både arbejdsveje og arbejdsarealer ude i havnen. Ydermere giver opfyld en robust løsning mod vejrligsforhold som bølger og is.

Afhængigt af den valgte anlægsmetode vil dæmningen eller spunsvæggene enten midlertidigt eller under hele anlægsperioden, lukke for havneindsejlingen. Det betyder, at der i hele anlægsperioden skal stilles en erstatningshavn til rådighed for nogen eller alle havnens lystsejlere og andre brugere.

Byggegrubeindfatningen kan afstives med jordankre eller tværafstivninger. På grund af byggegrubens relativt store bredde på minimum 25,5 meter samt ønske om færrest mulige gener under udførelse, anses en afstivning med jordankre, som værende det mest robuste valg.

For Tunnelforslag A og B er det ved krydsning af Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet, desuden muligt at udføre vejtunnelen som en sænketunnel. En sænketunnel etableres ved, at der graves en rende i havbunden, som tunnelelementerne sænkes ned i.

Ved valg af en løsning med sænketunnel i havnen vil havneindsejlingen blive holdt åben det meste af tiden, og der skal findes erstatningspladser til ca. 600 både. En sænketunnel er ikke mulig ved forslag C, og ved forslag D vil det kræve en række specielle tiltag til at gennemføre løsningen. På den baggrund er sænketunnelen fravalgt for både forslag C og D.

Tunnel på Nordhavn

På selve Nordhavn vil vejtunnelen blive støbt i en byggegrube. Byggegrubeindfatningen kan afstives med jordankre eller tværafstivninger. På grund af byggegrubens relativt store bredde på minimum 25,5 meter samt ønske om færrest mulige gener under udførelse, anses en afstivning med jordankre, som ovenfor, værende det mest robuste valg. Der forventes anvendt sekantpælevægge, som byggegrubeindfatning på størstedelen af strækningen.

Grundvandssænkning

I anlægsfasen er der behov for grundvandssænkning i en periode på samlet ca. 3 år. Omfanget af grundvandssænkningen vil blive påvirket af en kombination af følgende tiltag:

- Valg af vejtunnelforslag;
- Begrænsning af grundvandstilstrømningen med tætte byggegrubevægge ført ned i kalken;
- Reinfiltrering det oppumpede grundvand.

Uanset tiltag nævnt ovenfor, vil grundvandssækningsanlægget være omfattende, men dog med stor forskel mellem korte og lange tunnelforslag.

1.1.5 Vejanlæg og afvanding

Vurderingen af de trafikale konsekvenser af Nordhavnstunnelen er foretaget ud fra modelberegninger hvor ændringerne i Hovedstadsområdets infrastruktur er analyseret.

Analysen har ført til at der for den fremtidige situation (2025+) skal etableres store trafikalanlæg med op til 8 vejbaner (inkl. svingbaner), som kræver arealreservationer svarende hertil.

I åbningsåret (svarende til scenarie 2025) vil der skulle etableres tilslutningsanlæg som følger:

- Tilslutningsanlægget ved Kattegatvej (Tunnelforslag A og B) vil kræve etablering af et signalreguleret kryds for enden af tunnelramperne, hvor de møder forlængelsen af Kattegatvej. Da disse rampekryds vil blive placeret tæt, vil de fungere som ét samlet signalkryds. Med de foreliggende trafikmængder kan der kun etableres passage i niveau for cyklister og fodgængere syd for rampe tilslutningen, samt ved krydsning af selve ramperne;
- Tilslutningsanlægget Øst for Færgehavnsvej (Tunnelforslag C og D) vil kræve etablering af et signalreguleret kryds ved tilslutningen til Baltikavej. Tilslutningsvejen planlægges uden cykelstier og fortov langs med vejtilslutningen til Baltikavej.

1.1.6 Installationer og udstyr

Installationer og udstyr for Nordhavnstunnelen er baseret på principper for Nordhavnsvejen, således at der opstår en synergi i udformningen af vejtunnelens installationer samt den tilhørende drift og vedligehold.

For at sikre at de tekniske anlæg i vejtunnelen kan styres i sammenhæng, skal anlæggene i NHT integreres med anlæggene i NHV.

1.1.7 Udførelsestidsplaner

Der er udarbejdet udførelsestidsplaner for de foreslåede Tunnelforslag som følger:

- Løsning A og B – Uden etapedeling 57 mdr.;
- Løsning A og B – Med etapedeling 63 mdr.;
- Løsning A og B – Sænkningstunnel – 65 mdr.;
- Løsning C og D – Uden etapedeling – 59-60 mdr.;
- Løsning C og D – Med etapedeling – 67-69 mdr.

1.1.8 Videreføring i ØR til Refshaleøen

Efter valget af linjeføringen til Nordhavn placeret midt i mellem Skudehavnsvej og Baltikavej er der efterfølgende undersøgt forskellige linjer videre til Refshaleøen.

Disse undersøgelser har sandsynliggjort, at en fortsættelse til Refshaleøen er traceringsteknisk mulig, med den valgte dimensioneringshastighed på 80 km/t.

2. GRUNDLAG OG FORUDSÆTNINGER

2.1 Generelt

Dette kapitel redegør for det grundlag og de tekniske forudsætninger, der danner basis for det udarbejdede tekniske skitseprojekt, og som danner grundlag for den udarbejdede VVM-redegørelse.

2.1.1 Terrændata

Kortgrundlaget er fremstillet på basis af grundlag fra FOT, Danmarks fælles offentlige geografiske administrationsgrundlag. Den horisontale hhv. den vertikale nøjagtighed er bedre end 15 cm hhv. 5 cm.

Terrænmodellen er afledt af Danmarks Højdemodel 2014 og højdekurver er beregnet ud fra en tidligere højdemodel fra 2007. Desuden er der anvendt informationer opnået ved 3D-scanning af området i 2015.

Der foreligger også ortofotokort baseret på fotooptagelser fra 2014. Dette kort er kun anvendt orienterende.

Der anvendes koordinatsystem DKTM3 og højdesystem DVR90.

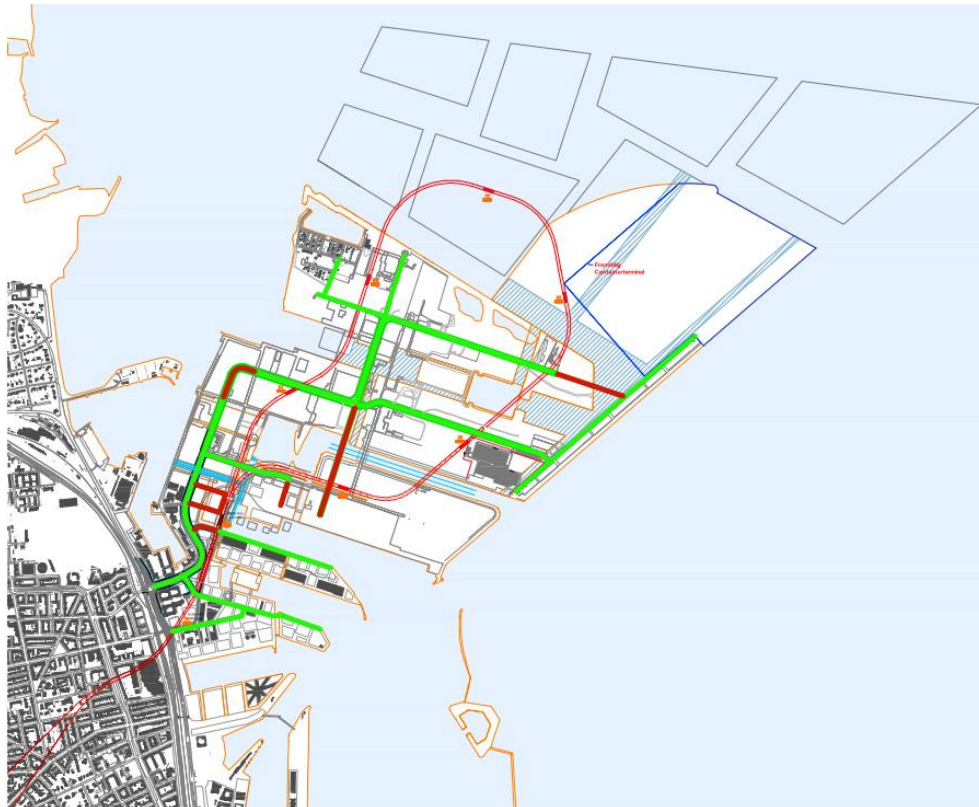
2.1.2 Plandata

Projektet er blevet til i samråd med udviklingsselskabet By & Havn I/S og Københavns Kommune.

Det berørte område på Nordhavn er ikke for nærværende behandlet i en lokalplan. Tilstødende områder er behandlet i følgende vedtagne lokalplaner, alle Københavns Kommune:

- Lokalplan nr. 524, Sundmolen pr. 03.07.2015.
- Lokalplan nr. 500 Levantkaj pr. 19.12.2013
- Lokalplan nr. 499 Trælastholmen pr. 12.12.2013.

By og Havn har leveret en strukturplan model visende de forventede fremtidige veje i området.



Figur 2-1- By & Havn Strukturplan for Nordhavn

Op mod det berørte område på Nordhavn er Frihavnen beliggende. Området for Frihavnen vil blive berørt i forbindelse med etablering af område for midlertidig jorddeponering syd for Oceanvej. Dette vil kræve en flytning af det nuværende Frihavnsgitter. Nuværende virksomheder omfattet af Frihavnens areal forventes fortsat at henhøre hertil uanset denne flytning.



Figur 2-2 Frihavnsområde, Nordhavn

2.2 Geologiske og hydrogeologiske forhold

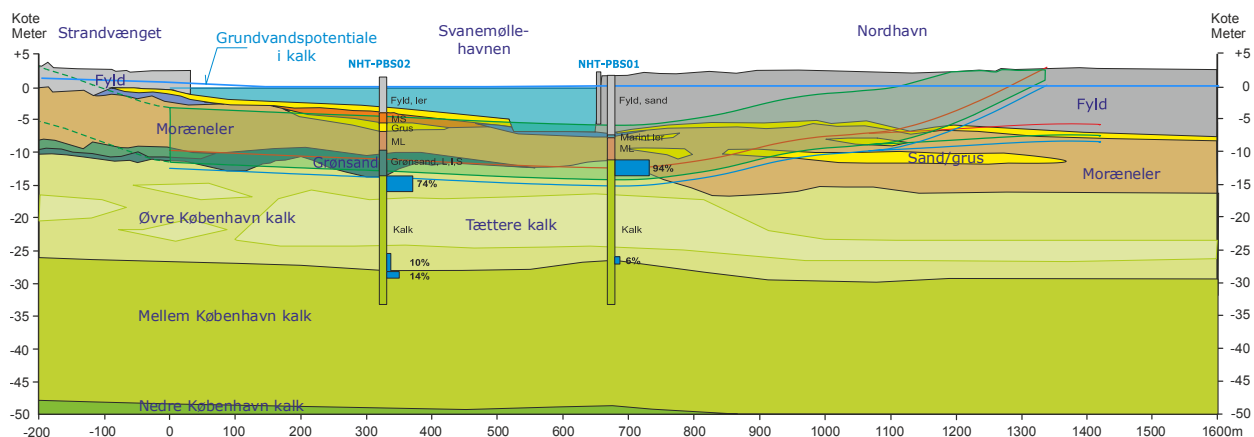
De geologiske og hydrogeologiske forhold langs en del af tunneltraceet er tidligere blevet belyst i forbindelse med VVM undersøgelserne for Nordhavnsvej, hvori der også er blevet gennemført undersøgelser for en boret tunnelløsning.

I forbindelse med udarbejdelsen af VVM-redegørelsen for Nordhavnstunnelen er de foreliggende data blevet suppleret med yderligere nødvendige geotekniske, hydrogeologiske og geofysiske undersøgelser. De gennemførte undersøgelser og resultaterne herfra er beskrevet i de tre baggrundsnotater /16//17//18/.

Det geologiske længdesnit vist på Figur 2-3 giver et overblik over de forventede geologiske forhold langs det planlagte tunneltracé, der mod vest ligger i Svanemøllehavnen og mod øst på Nordhavn, et opfyldt havområde. Under vand/opfyld ligger øverst post-/senglaciale havaflejringer, hvorunder træffes 5 til 10 m kvartære aflejringer, der vurderes helt overvejende at bestå af moræner.

De geofysiske undersøgelser udført i Svanemøllehavnen har vist, at blødbundsaflejringer på havbunden varierer generelt i tykkelse fra 0 til 0,5m med de mindste mægtigheder langs Kalkbrænderiløbskajen.

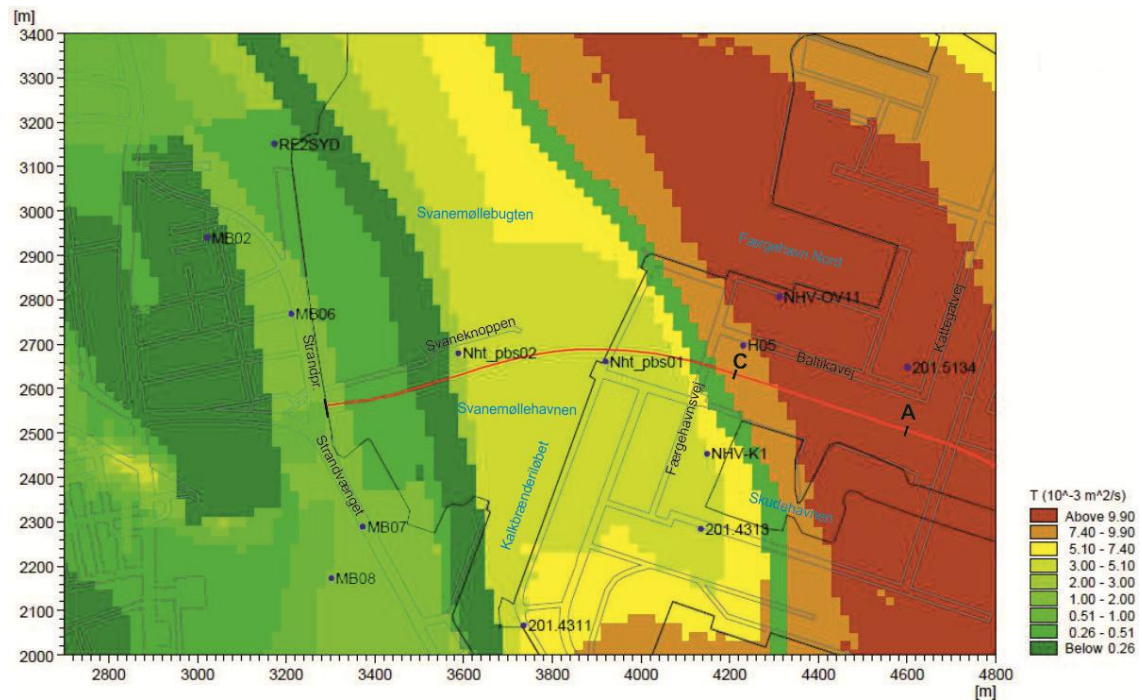
Under Svanemøllehavnen træffes et op til 3 m tykt lag af blandede Grønsandsaflejringer under de kvartære aflejringer, hvorimod de kvartære aflejringer på Nordhavn underlejres direkte af Danienkalk i form af Øvre København kalk.



Figur 2-3 Geologisk længdesnit langs tunnelstrækningen med den planlagte lange Cut & Cover-tunnel indtegnet

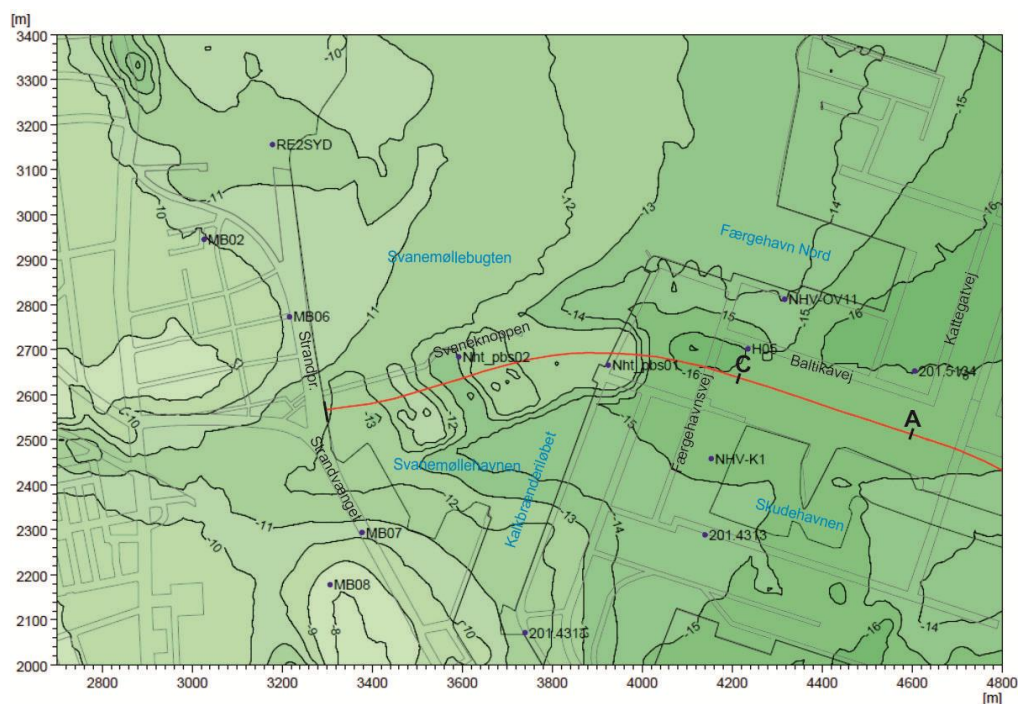
Den øvre del af kalken og eventuelle sand-/gruslag aflejret direkte på kalken udgør et regionalt grundvandsmagasin, det primære magasin. Vandføringsevnen af det primære magasin under Svanemøllehavnen og Nordhavn vurderes at være 3 til 10 gange højere end middel for Københavnsområdet. De meget høje T-værdier vurderes at skyldes, at kalken er foldet/forkastet i området, som betegnes Svanemølleforkastningsområdet. Kalkens vandføringsevne vurderes at følge NNV-SSØ-gående geologiske strukturer i området svarende til de overordnede geologiske strukturer, jf. Figur 2-4.

Det vurderes, at der ikke træffes egentlige sekundære grundvandsmagasiner i sandlag i kvartære lag, da de kvartære lag i områder - som nævnt - vurderes helt overvejende at bestå af moræner. I de tykke fyldlag på Nordhavn vil der stå grundvand og fyldlagene kan være sandholdige.



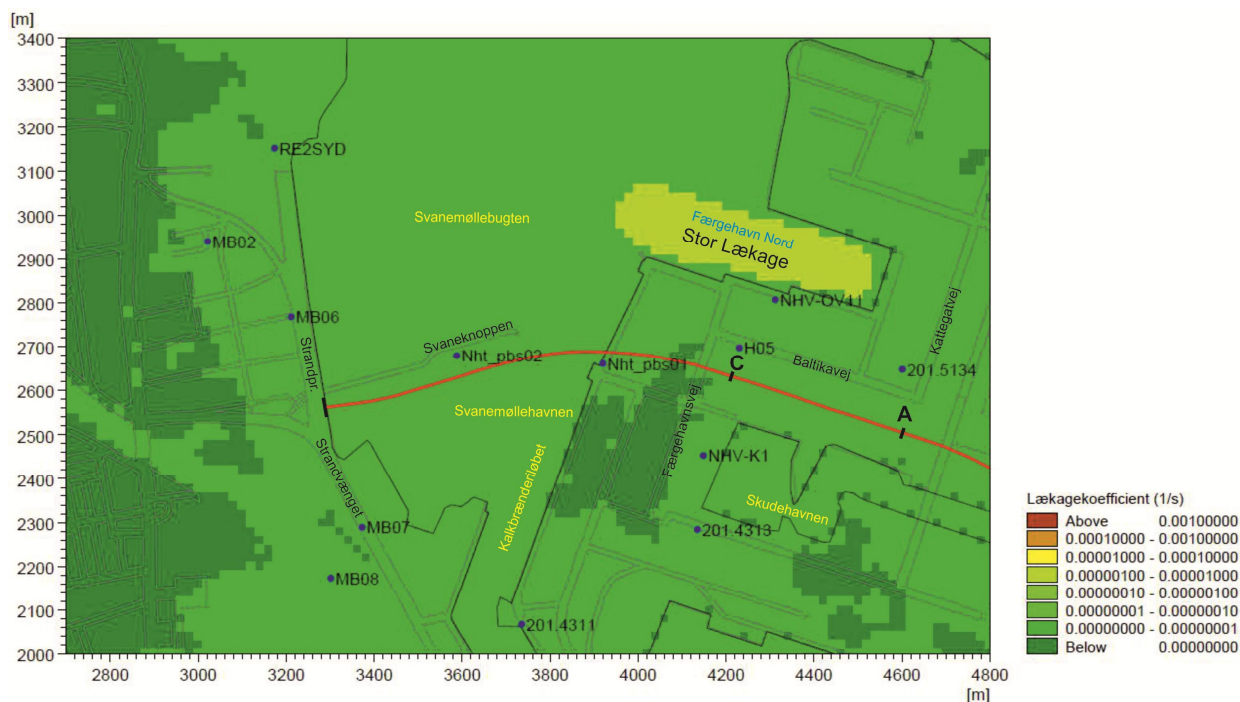
Figur 2-4 Transmissivitetskort for kalken

på Figur 2-5 er vist en vurdering af kalkoverfladens niveau i området. Kalkens overflade vurderes at falde mod øst ind under Nordhavn. Under Svanemøllehavnen er den opdaterede kalkoverflade baseret på geofysiske målinger, hvorfor overfladen her er mere detaljeret beskrevet. Der kan dog her være usikkerhed med hensyn til om det er oversiden af grønsandsaflejringer eller Danienkalken, der ses.



Figur 2-5 Kort over kalkens overfladeniveau, meter

Det vurderes, at der generelt ligger et relativt tæt lag af moræner mellem havbunden og det primære magasin i kalken. Lokalt kan laget af moræner dog mangle. Det gælder specielt, hvis der tidligere er sket uddybninger for sejlerender eller havneløb i havbunden, jf. Figur 2-6.



Figur 2-6 Lækagekort for de kvartære lag over kalken. Lækagekoefficienten angiver, hvor meget ned-sivningen vil øges, hvis vandtryksforskellen hen over de kvartære lag øges med 1 m. Det bemærkes, at der i området nord for den planlagte tunnel på Nordhavn er et område, hvor lækagekoefficienten skøn-nes at være meget høj; det vil sige, at havvandet har let ved at sive ned i grundvandsmagasinet i kalken

2.3 Geotekniske forhold

De geotekniske forhold, som knytter sig til de fundne beskrevne geologiske forhold beskrevet ovenfor, er en afdækning af materialernes egenskaber. Kendskabet til jordens egenskaber er på skitseniveau primært baseret på erfaringstal og målte værdier. I senere faser i projektet skal de målte værdier bringes videre til tolkede værdier og endeligt frem til et dimensioneringsgrundlag for byggegruber og konstruktioner.

De materialeegenskaber, der er konstateret i forbindelse med projektet for Nordhavnsvejen og tilkoblingsanlægget kan forventelig genfindes i inderhavnen. Der foreligger et stort erfaringsgrundlag for morænelerets egenskaber. Moræneleret kan karakteriseres som meget fast og stenet, hvilket betyder at nedbringning af traditionelle spuns vægge forventeligt ikke vil være muligt uden forboring, men at sekantpælevægge vil være en egnet byggegrube.

Grønsandsaflejringer af sand, silt og fed ler er umiddelbart meget tæt lejrede og faste. Erfaringerne om disse materials parametre og egenskaber er færre end for moræneleret, og de skal afdækkes nærmere i detailfasen.

Endeligt findes københavnerkalken, som almindeligvis dækker store dele af Københavns øvre undergrund, og som der er et godt geotekniske kendskab til. Hvor københavnerkalken har et dække af grønsandsaflejringer (i inderhavnen) har det erfaringsmæssigt vist sig, at kalken har været mere fast i de øvre 4-6 m end den normalt plejer at være. Den underliggende kalk ligner københavnerkalk med egenskaber, som svarer til det der sædvanligvis observeres. På Nordhavn forsvinder grønsandsaflejringerne og dermed et "beskyttende lag" over kalken og herefter fremtræder kalken med et normalt genkendeligt forløb hvor den øvre zone er meget opsprækket og knust pga. istidens påvirkninger. Sekantpæle forventes at kunne nedbores i københavnerkalken uden problemer fra stærkt vandførende knusningszoner hidrørende fra Svanemølleforkastningen.

På Nordhavn er der tidligere opfyldt med materialer fra flere af de tidligere byggerier i København. Typisk opfyldningsmateriale er morænelersfyld, som er udlagt direkte ovenpå ældre havbund. Der ses derfor i boringer sporadiske aflejringer af marin gytje under opfyldningerne. Opfyldning af morænelersfyld på op til 9 m vil give fremtidige sætninger fra dels opfyldningsmaterialet og dels fra underliggende gytjeforekomster. Sætninger i fremtiden har betydning for pælefunderede bygværker pga. en fortsat udvikling af negativ overflademodstand. Specielt for ramper vil der skulle ske en teknisk/økonomisk afvejning af udskiftning af sætningsgivende jord med sand-/grusfyld kontra en pælefunderet rampe.

2.4 Trafikale forhold

Vurderingen af de trafikale konsekvenser af Nordhavnstunnelen er foretaget ud fra modelberegninger med OTM trafikmodellen version 5.4, som giver mulighed for at analysere de trafikale konsekvenser af ændringer i Hovedstadsområdets infrastruktur. Modellen beregner trafikken i Hovedstadsregionen og dens fordeling på transportmidler og ruter under givne forudsætninger, der vedrører infrastrukturens udbygning og udviklingen i byplanmæssige/demografiske forhold i regionen.

OTM-modellen har imidlertid en begrænset beskrivelse af den detaljerede trafikafvikling i kryds. Sideløbende med trafikberegningerne med OTM-modellen er der derfor gennemført detaljerede vurderinger af trafikafviklingen i kryds ved anvendelse af Vissim, der er et mikrosimuleringsværktøj. Vissim er i dette projekt anvendt til at belyse trafikafviklingen ved tilslutningsanlægget og de tilstødende kryds på Nordhavn, og resultaterne af simuleringerne er anvendt som dimensionsgrundlag for bl.a. antal og længde på svingbaner samt signalindstillinger i kryds. Trafikafviklingen og fremkommeligheden i de signalregulerede kryds beskrives ved anvendelse af serviceniveau samt kødannelse. Definitionen af serviceniveau tager udgangspunkt i Highway Capacity Manual og fremgår af tabellen herunder.

Tabel 2-1 - Definition af serviceniveauer

Serviceniveau	Forsinkelse i signal (sek)
A	< 10
B	10 - 20
C	20 - 35
D	35 - 55
E	55 - 80
F	> 80

Serviceniveauet er et mål for trafikanternes fremkommelighed i kryds og på strækninger – en kvalitativ beskrivelse af standarden for trafikafviklingen. I myldretidens tætte trafik vil et serviceniveau på C-D normalt vurderes som acceptabelt. I signalregulerede kryds kan et dårligere serviceniveau eventuelt accepteres for sideveje, hvor trafikbelastningen er begrænset.

Den detaljerede vurdering af trafikafviklingen er gengivet i afsnittene under kapitel 5, hvor de enkelte tunnelforslag beskrives.

Detaljerede beskrivelser af forudsætningsgrundlaget for trafikberegningerne findes i følgende dokumenter /14//15/.

OTM er anvendt til at gennemføre en række beregninger med forskellige placeringer af tilslutningsanlæg for Nordhavnstunnelen på Nordhavn – henholdsvis ved Kattegatvej og øst for Færehavnsvej. Desuden er der gennemført beregninger ved forskellige udbygningsgrader af boliger og arbejdspladser på Nordhavn – henholdsvis for 2025 samt 2025+, hvor der i forhold til byudviklingen i 2025 forudsættes en fuld bymæssig udbygning af Nordhavn.

Herunder er gengivet de primære forudsætninger for infrastrukturen og byudviklingen på Nordhavn som er anvendt i beregningerne.

Byplantal:

Der anvendes to byplansscenarier 2025 og 2025+:

- **Byplansscenariet 2025** skal opfattes som åbningsåret, hvor der er sket en udbygning af boliger og arbejdspladser på Nordhavn ved Orientkaj, Sundmolen og Levantkaj Vest. Metroen forventes at være udbygget til Orientkaj og den påbegyndte opfyldning af ydre Nordhavn vil være færdig.
- **Byplansscenariet 2025+** skal tilsvarende opfattes som det tidspunkt, hvor alle visionerne for Nordhavn er gennemført; herunder nye holme og kanaler, en fuldt udbygget metrolinje samt store nye områder med boliger og arbejdspladser.

Tabellen herunder viser befolkningstallet samt antal arbejdspladser på Nordhavn for de to anvendte byplansscenarier.

Tabel 2-2 - Byplandata for Nordhavn for hhv. 2025 og 2025+

	Befolkning		Arbejdspladser	
	2025	2025+	2025	2025+
Indre Nordhavn	4.815	5.027	12.505	18.027
Ydre Nordhavn	2.110	29.640	5.542	24.980
I alt	6.925	34.667	18.047	43.007

Dette skitseprojekt tager udgangspunkt i åbningsåret 2025 for de forskellige Vejtunnelforslag i kapitel 5.2 til 5.5.

I byplansscenariet 2025+ er der to principielle muligheder: enten er Østlig Ringvej bygget og åbnet med trafik eller også er den ikke åbnet/bygget. Forslag til krydsudformning i byplansscenariet 2025+ er beskrevet på et overordnet niveau i kapitel 5.6 med de to principielle muligheder.

Infrastruktur

Udbygningen af infrastrukturen på Nordhavn følger til dels udviklingen i byplantallene for 2025 og 2025+. Således er der i beregningerne forudsat følgende:

- Nordhavnstunnelen forløber i *alle scenarierne* mellem Nordhavnsvej og Nordhavn og er forudsat etableret med en skiltet hastighed på 60 km/t.
- For "2025" beregningerne forudsættes et tilslutningsanlæg etableret ved enten Kattegatvej eller øst for Færgehavnsvej.
- For "2025+ med ØR" beregningerne forudsættes et tilslutningsanlæg etableret ved enten Kattegatvej eller øst for Færgehavnsvej begge med Østlig Ringvej i drift fra Amagermotorvejen til Helsingørmotorvejen. Endvidere forudsættes der fuld udbygning af Nordhavn samt at metrolinje M4 mellem København H og Nordhavn er udbygget med et loop i Nordhavn (fem nye stationer i ydre Nordhavn).
- Yderligere er der for "2025+ uden ØR" gennemført beregninger uden en Østlig Ringvej og med tilslutningsanlæg ved enten Kattegatvej eller øst for Færgehavnsvej på Nordhavn. Endvidere forudsættes der fuld udbygning af Nordhavn samt at metrolinje M4 mellem København H og Nordhavn er udbygget med et loop på Nordhavn (fem nye stationer på ydre Nordhavn).
- Der er forudsat gratis anvendelse af på vejnettet.

Hovedresultaterne fra OTM beregningerne er de forventede trafikmængder på strækninger og svingbevægelser i kryds angivet som hverdagstrafik (dvs. den gennemsnitlige trafik for en hverdag) opgjort for spidstimerne samt et døgn. I nedenstående tabel er vist trafikbelastningerne i forskellige snit på og omkring Nordhavnstunnel.

Nordhavnstunnelen har således i:

- **2025** med tilslutningsanlæg ved Kattegatvej en trafikbelastning på 8.200 køretøjer per hverdagsdøgn, medens trafikbelastningen med tilslutningsanlæg øst for Færgehavnsvej er 9.000 køretøjer per hverdagsdøgn.
Trafikbelastningerne på hver af ramperne ved tilslutningsanlægget er mellem 4.000 og 4.500 køretøjer pr. hverdagsdøgn;
- **2025+ uden ØR** er trafikbelastningen i Nordhavnstunnelen henholdsvis 35.500 og 36.400 køretøjer per hverdagsdøgn.
Trafikbelastningerne på hver af ramperne ved tilslutningsanlægget er mellem 17.500 og 18.300 køretøjer pr. hverdagsdøgn;
- **2025+ med ØR åben** er trafikbelastningerne i Nordhavnstunnelen henholdsvis 50.700 køretøjer med tilslutningsanlæg ved Kattegatvej og 51.600 køretøjer per hverdagsdøgn i med tilslutningsanlæg øst for Færgehavnsvej.
Trafikbelastningerne på hver af ramperne ved tilslutningsanlægget er mellem 9.700 og 12.000 køretøjer pr. hverdagsdøgn.

Tabel 2-3 - Trafikbelastninger 2025 og 2025+ for Nordhavnstunnel og tilstødende vejnet, antal køretøjer pr. hverdagsdøgn

	2025		2025 +		2025+ (inkl. Østlig Ringvej)	
	Kattegat-vej	Færge-havnsvej	Kattegat-vej	Færge-havnsvej	Kattegat-vej	Færge-havnsvej
Strækning						
NHV Helsingør MV – Strandvænget	29.290	29.660	51.350	51.420	63.140	63.370
NHT Strandvænget – Nordhavn	8.160	8.960	35.460	36.360	50.690	51.550
Baltikavej – øst for Kattegatvej	6.140	5.740	24.120	30.560	27.520	32.120
Tilslutningsanlæg						
Forbindelse til Strandvænget	21.130	20.700	15.890	15.070	12.450	11.810
Nordhavn frakørsel – syd	4.030	4.440	17.520	18.110	12.000	11.360
Nordhavn tilkørsel – syd	-	-	-	-	10.510	9.670
Nordhavn frakørsel – nord	-	-	-	-	9.740	10.380
Nordhavn tilkørsel – nord	4.140	4.520	17.940	18.250	11.030	11.960

Til brug for de detaljerede vurderinger af trafikafviklingen i Vissim og hermed dimensioneringsgrundlag er svingbevægelserne for relevante kryds udtrukket af OTM-beregningerne for hhv. morgen- og eftermiddagsspilstimerne. Morgenspidstimerne er i OTM defineret som tidsbåndet kl. 7-9, mens eftermiddagen er defineret som kl. 15-18.

2.5 Geometriske forudsætninger

2.5.1 Stationering

Projektet er stationeret fra Strandpromenaden og mod Nordhavn. Det er valgt at st. 1.000 er placeret, hvor Nordhavnsvejens tilkoblingsanlæg (TKA) slutter og Nordhavnstunnelen dermed starter.



Figur 2-7 - Projekt Nordhavnsvej (NHV).

St. 5.701,76 i Nordhavnsvejens (TKA) stationering, svarer derfor til st. 1.000 i Nordhavnstunnelens stationering.

2.5.2 Hastighedsbegreber

Ved planlægning af vejnettet bliver den enkelte vejs funktion i det samlede trafiknet og vejens hastighedsklasse fastlagt.

Der anvendes flere forskellige hastighedsbegreber i projekteringen, kort gennemgået i det følgende:

"Planlægningshastigheden" benævnes V_p og beskriver den hastighed, som vejmyndigheden ønsker, at trafikanterne kører på strækningen. Den kan altså være lig den generelle hastighedsgrænse afmærket på strækningen. Sidstnævnte refereres ofte til som "den skilte hastighed".

Planlægningshastigheden fastlægges på baggrund af vejens funktion, mængden og sammensætningen af trafikken, trafiksikkerhed, tryghed, omgivelser etc.

Parallelt hermed anvendes begrebet "den dimensionerende hastighed". Hertil kan udelades eller tillægges et "hastighedstillæg". Kort beskrevet skal et hastighedstillæg tage højde for en række situationer, hvor en trafikant, der kører for stærkt, kan komme til at skade andre. I byer regnes der normalt ikke med et hastighedstillæg, idet vejen forventes at være indrettet, så trafikanter kører med planlægningshastigheden.

Den dimensionerende hastighed benævnes V_d og er den hastighed, som fastsættes ud fra kørselsdynamiske forudsætninger og sikkerhedsmæssige overvejelser om trafikanternes hastighedsadfærd og er altså den hastighed, strækningen projekteres til.

Den dimensionerende hastighed vil som udgangspunkt ikke være lavere end planlægningshastigheden.

Nordhavnstunnelen planlægges med følgende forudsætninger:

- Planlægningshastighed, V_p (som også er den skilte hastighed) 60 km/t
- Dimensionerende hastighed V_d 80 km/t

Der anvendes hermed et hastighedstillæg på 20 km/t.

For til- og frakørselsramper i tilslutningsanlæg/krydsområde anvendes 50 km/t uden tillæg som såvel planlægnings- som dimensionerende hastighed.

Til sammenligning er den dimensionerende og skilte hastighed for Nordhavnsvejen 60 km/t, altså uden hastighedstillæg.

2.5.3 Dimensioneringsgivende køretøj

Valg af dimensionsgivende typekøretøj sker for at sikre, at der er det nødvendige arealbehov til stede for typekøretøjet. Arealbehovet er således den flade, som dækkes af et køretøj i bevægelse.

Da Nordhavnstunnelen på sigt forventes at komme til at indgå i basisvejnettet for modulvogntog, er dette det dimensionsgivende køretøj for selve Nordhavnstunnelen, mens det på ramper og i kryds er 15 m busser, der er det dimensionsgivende køretøj. 15 m busser er godkendt af såvel EU kommissionen som af Transportministeriet.

I forbindelsen med udbygning af Nordhavn kan der udover de almindelige sættevognstog forventes specialkøretøjer med byggematerialer. Hertil kommer specialtransport som må vurderes i hvert enkelt tilfælde og håndteres efter de gældende regler på området.

Dimensionsgivende køretøj er samlet set altså:

- Bus 15 m;
- SVT (Sættevogn) 16,5 m;
- MVT (Modulvogntog) 25,25 m;
- SKT (Specialkøretøjer) 22 m.

2.5.4 Fritrumsprofil i tunnel

Fritrumsprofilet angiver hvilket rum, der er nødvendige for den kørende trafik; såvel i bredden som i højden.

Bredden af fritrumsprofilet defineres i et tværprofil, der er et lodret snit vinkelret på vejens længderetning, som beskriver vejoverfladens form i tværretningen.

I fritrumsprofilet indgår tillige en dertil hørende yderzone, idet føreren af et køretøj vil – afhængig af hastigheden – tilstræbe en vis afstand til andre trafikanter og til faste genstande, som eksempelvis en tunnelvæg.

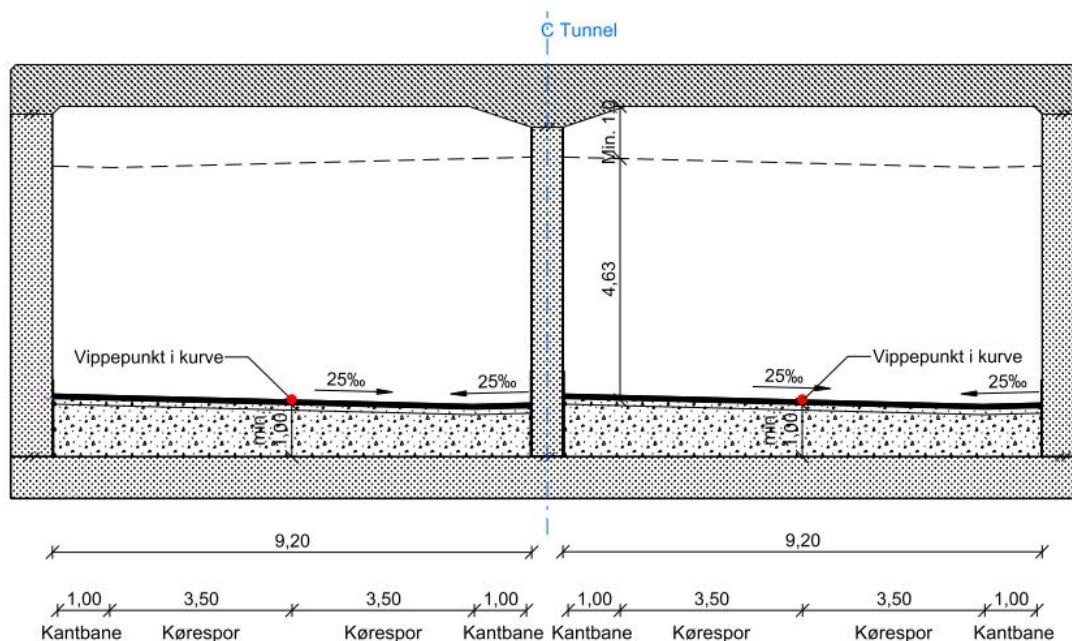
Fritrumsprofilets højde er på det overordnede vejnet generelt fastlagt til 4,63 m over færdig vejbane og rabatter. Hertil tillægges ca. 1 m med plads til ventilation og skilte, hvilket giver en samlet tunnelhøjde på ca. 5,65 m indvendigt mål i den fulde tunnellængde.

Tunneltværsnittet udføres svarende til Nordhavnsvej, hvilket vil sige med fire kørespor uden nødspør. Køresporsbredden udføres med en bredde på 3,50 m.

På ramper anvendes et tværsnit, der sikrer plads til to kørespor i en situation, hvor rampen anvendes til dobbeltrettet trafik; dvs. i nødsituationer og ved planlagt vedligehold. Rampetværsnittet etableres med et kørespor på 3,5 m bredde og en rabat på 3,5 m + 1,0 m yderrabat.

Tabel 2-4 – Tværprofil mål i Nordhavnstunnelen (NHT).

	Bredde i tunnel
Kantbane mod tunnelmidtevæg	1,0 m (0,30 m kantlinje + 0,70 m asfaltstribе)
Kørespor	Vejstrækning i tunnel: 2 x 3,50 m Rampe i tunnel: 3,50 m + spor til dobbeltrettet trafik/rabat på 3,50 m
Kantbane mod tunnelydervæg	1,0 m (0,30 m kantlinje + 0,70 m asfaltstribе)
Vægbeklædning og Tolerancer	2 x 0,1 m
I alt	9,00 m + vægbeklædning og tolerancer



Figur 2-8 Standard tværprofil Nordhavnstunnel

2.5.5 Tværprofiler for vej i terræn

På Nordhavn etableres det nye vejanlæg for den skærende vej i tilslutningsanlægget generelt med 4 kørespor / svingbaner i åbningsåret svarende til tværprofilet for vejtunnelen.

I de anvendte tværprofiler er det tænkt at etablere en bred midterrabat, der vil kunne inddrages til yderligere svingbaner i krydsområdet ved en fremtidig udbygning samtidig med at der vil kunne opretholdes en ventemulighed på hellearealet for fodgængere, der krydser vejen i to tempi.

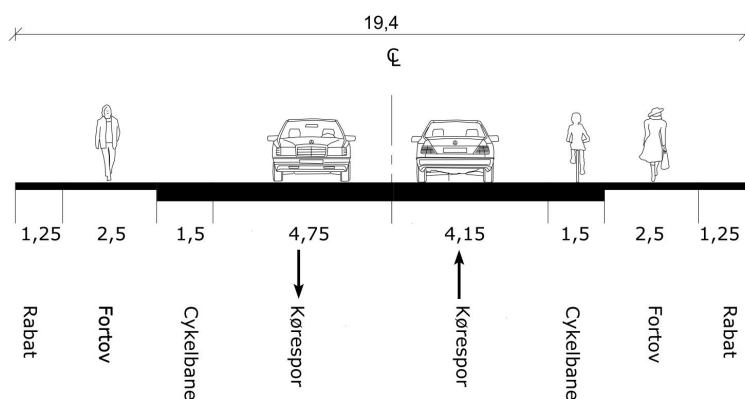
Overordnet planlægger By & Havn med et vejudlæg på 32,5 m for at give en ramme for de kommende vejanlæg på Nordhavn, hvorunder både ændringer i trafikmængde som trafiksamensætning vil skulle håndteres.

Eksisterende Baltikavej har i dag et vejudlæg på ca. 20 m.

I projektet indgår en delvis ombygning af Baltikavej, idet den i åbningsåret opretholdes med 2 kørespor og udbygges med ekstra svingspor i det kryds, hvortil den nye skærende vej i tilslutningsanlægget anlægges. Eksisterende vejprofil udvides på begge sider både mod nord og syd under hensyn til genanvendelse af eksisterende vejbelægninger.

Mod vest tilsluttes eksisterende Baltikavej til eksisterende Sundkrogsvej ved etablering af en ny vejtilslutning kaldet "Ny Baltikavej vest", der sikrer at vejnettet er forbundet henover den nye vejtunnel. Ny Baltikavej Vest etableres i samme bredde som eksisterende Baltikavej og med samme tværprofilelementer.

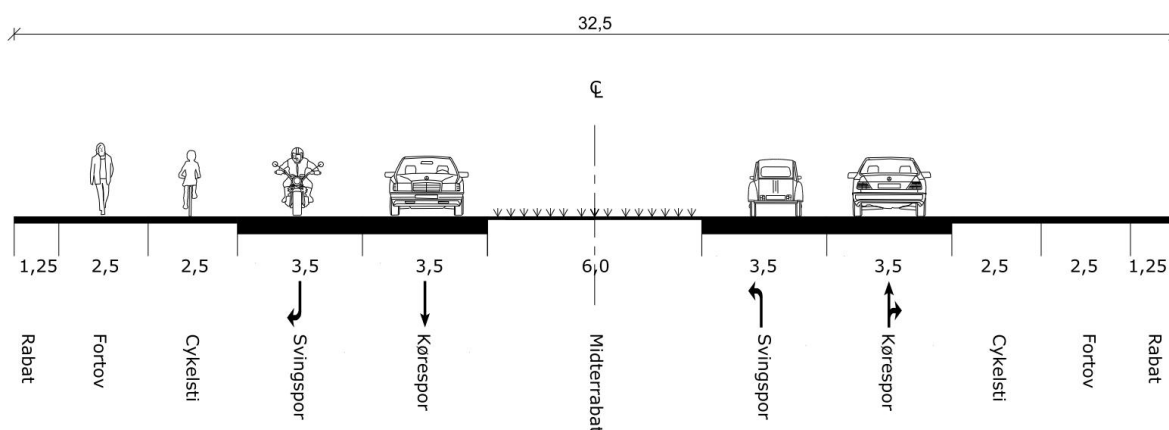
Den nuværende Færgehavnsvej gennemskæres af alle 4 Vejtunnelforslag og lukkes.



Figur 2-9 – Eksisterende Baltikavej hhv. Ny Baltikavej Vest.

Der etableres en ny skærende vej i tilslutningsanlægget, som for Kattegatvejs vedkommende planlægges med cykelsti og fortov i hver vejside, mens den nye skærende vej øst for Færgehavnsvej etableres uden disse vejelementer.

Af Figur 2-10 visende tværprofilet for Kattegatvej fremgår de beskrevne principper; herunder det forventede vejudlæg på 32,5 m.



Figur 2-10 - Tværprofil vejtilslutning Kattegatvej med 4 spor, cykelsti og fortov

For at sikre en fornuftig afvanding af kørebanearealet udføres tværfald på kørebanen som udgangspunkt med 25 promille tværfald.

Plangeometri og længdeprofil

Med udgangspunkt i den valgte dimensionerende hastighed og ud fra det valgte tværsnit fastlægges kravene til valg af minimums- og maksimumsværdier for blandt andet horisontalkurver og gradient. I kombination med udarbejdelse af længdeprofil fastlægges kravene til vertikalkurver ud fra, at der skal sikres såvel stopsigt, oversigt og mødesigt.

Sigtforholdene har stor betydning for sikkerheden og er derfor et vigtigt element i planlægningen. Sigtforholdene afhænger af såvel de horisontale som de vertikale kurver og deres samspil. Det er disse kurver, som er afgørende for, at trafikanterne har blandet andet stop- og mødesigt.

Sammensætning af linjeføring og længdeprofil er således en iterativ proces, da der skal tages hensyn til begge forhold og de må aldrig fastlægges endeligt før, det er sikret, at der er tilstrækkelige sigtlængder.

Linjeføring, horisontalkurver

Krav til minimumsværdi af horisontalradius er fastlagt ud fra at der skal opnås stopsigt i en situation med kødannelse.

Med en dimensioneringshastighed på 80 km/t og en ønsket længdegradient på maksimalt 50 promille, kan stopsigt langs med kø beregnes til 127 m.

Det giver en minimumshorisontalradius på 828,5 m i centerlinjen af tunnel-midtervæg.

Stopsigt, oversigt og mødesigt

Krav til minimumsværdi af vertikalradius er fastlagt ud fra at der skal opnås stopsigt i en situation med kødannelse.

Med en dimensioneringshastighed på 80 km/t ved ensrettet trafik i kurve og med en ønsket længdegradient på maksimalt 50 promille beregnes minimumsværdien af vertikalradius til 3.600 m, mens det i en nødsituation med overledning og dobbeltrettet trafik i ét tunnelrør med 50 km/t, vil være mødesigt, der er den kritiske parameter og som vil kræve en vertikalradius på minimum 1.600 m. Overledning er nærmere beskrevet i afsnit 2.7.4.

Endelig vil sigt til vejvisningsskilte kræve en konkav vertikalradius på minimum 4.100 m.

Længdeprofil

Længdeprofilet er overordnet bundet af følgende mål og værdier:

- Den maksimale gradient for vejtunnelen er 35 promille;
- Den maksimale gradient for ramper er 50 promille;
- Vanddybden i Kalkbrænderiløbet reduceres til minimum 3,5 m;
- Tunnelanlægget sikres imod højvande op i kote 3,05 m.

Da vejtunnelen ikke ønskes udført i en større dybde end nødvendigt, er der set på hvad minimumskoten for længdeprofilets krydsning af Kalkbrænderiløbet ud fra en kommende vanddybde på 3,5 m vil blive.

Endvidere skal alle vejtunnelforslagene føres op til samme vejkode på Nordhavn men i forskellige placeringer af den nye skærende vej; altså med forskelle på vejtunnellængden.

Derudover er der et ønske om af driftsmæssige hensyn at sikre adgang til dybdepumpestationer fra land eller tæt herpå.

Tilsammen udgør disse forhold en vigtig parameter for dybdepunktets placering. Vejtunnelforslagene A og B får fald fra Svane knoppen mod Nordhavn med et dybdepunkt på Nordhavn tæt på kajkanten til Kalkbrænderiløbet, mens vejtunnelforslagene C og D får dybdepunkt ud for Svane knoppen og dermed en stigning mod Nordhavn.

Ved vejtunnelforslag C vil rampekilerne pga. vejtunnellængden blive beliggende i havnen. Dermed bliver den samlede bredde af vejtunnelen i havnen bredere og konstruktionshøjden af toppladen skal være større. Det kritiske snit for længdeprofilet af Nordhavnstunnelen i sejlrende bliver dermed minimumskoten fastsat ud fra følgende forudsætningerne anført i Tabel 2-5.

Tabel 2-5 – Vejkote, Kalkbrænderiløbet

	Vejkote Kalkbrænderiløbet
Kalkbrænderiløbet, vanddybde	-3,50 m
Stensikring	1,00 m
Tunnelkonstruktion, topplade	1,20 m
Skilte og ventilation	1,02 m
Frihøjde jf. vejregler	4,63 m
Reserve til konstruktioner	0,20 m
Tillæg tværfald i rampefletteområde	0,25 m
Kote	-11,80 m

I de øvrige tre vejtunnelforslag vil der kunne optimeres på denne minimumskote i et omfang på ca. 30-40 cm. Dette vil kunne ske i en senere detailfase, når der er valgt et vejtunnelforslag til udførelse.

I nærværende skitseprojekt anvendes dermed den samme kritiske kote ved kajkant på Kalkbrænderiløbet på -11,80 m.

De viste længdeprofiler til Vejtunnelforslag B og D følger henholdsvis Vejtunnelforslag A og C. I det tilfælde at Vejtunnelforslag B eller D vælges kan de to længdeprofiler optimeres marginalt.

Design af kilestrækninger for ramper med forberedelse for ØR (vejtunnelforslagene A og C)

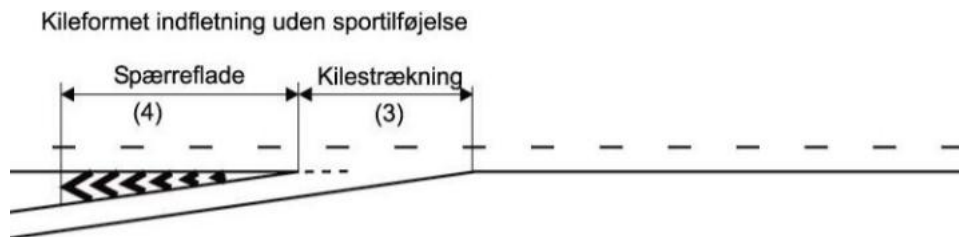
Ved design af kilestrækninger skelnes imellem, om der ses på vejtunnelforslagene A og C med forberedelse for Østlig Ringvej eller om det er vejtunnelforslagene B og D uden denne forberedelse. Dette da ramperne i vejtunnelforslagene A og C designmæssigt vil svare til et toplanskryds; altså at den skærende vej er ude af niveau med den gennemgående vej, som vil være selve ringsvejsfortsættelsen.

I forhold til almindelige vejtermer er der således kun egentlige ramper i vejtunnelforslagene A og C.

Rampekilderne er designet så de opfylder vejreglerne når Nordhavnstunnelen fortsætter i ØR.

Rampekilerne er designet ud fra kravene i vejreglerne. Hvor ramperne på Nordhavn fletter ind henholdsvis ud fra vejtunnelen er kilestrækningerne designet ud fra ét kørspej på rampen; altså vejreglernes såkaldte type A rampe, som baseres på de foreliggende trafikforudsætninger samt gennemførte trafiksimuleringer, som bekræftelse af designet.

Nedenstående figur er fra vejreglerne og viser definitionen på en kilestrækning henholdsvis en tilhørende spærreflade. Der er vist en tilkørselsrampe i et spor.

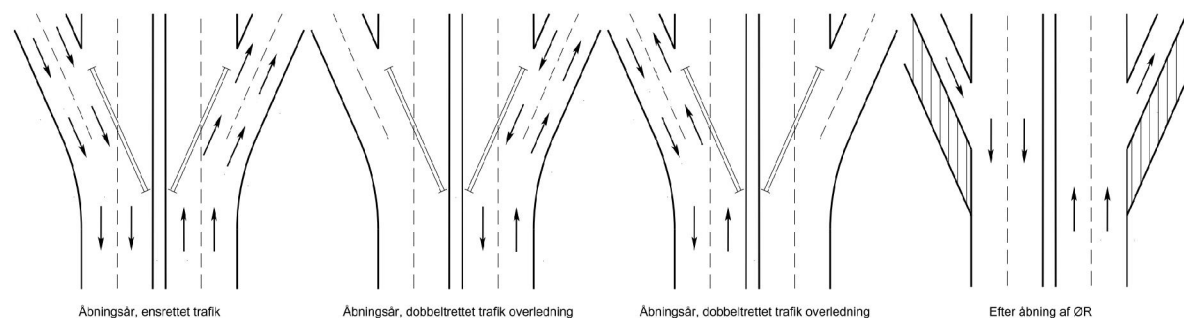


Figur 2-11 – Vejregel definition på kilestrækning

Fastlæggelsen af den indre geometri for konstruktionerne på rampestrækninger på forslag A og C er primært styret af følgende forhold:

- Situationen i åbningsåret hvor ramperne anvendes 2 sporet (ensrettet);
- Situationen i åbningsåret med overledning på ramper (dobbelt rettet trafik);
- Situationen med en Østlig Ringvej i drift.

Det har derfor været nødvendigt at analysere disse tre situationer.



Figur 2-12 – Princip for anvendelse af ramper. Dobbeltrettet trafik vil være i tilfælde af overledning ved f.eks. planlagte serviceopgaver. Ved overledning vil der alene være trafik i det ene tunnelrør.

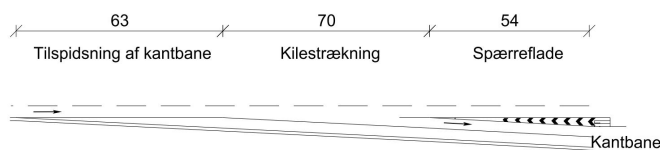
De nævnte forhold vedrørende design af ramper, udstrækning af kilestrækninger og tunnelbredde i ud- og indfletningsområdet er bestemmende for det geometriske design og dermed anlægsøkonomien og udførelsesmetoden. Den grundlæggende parameter for alt dette er trafikprognosen, herunder specielt byplansscenariet 2025+. Såfremt trafikprognosen ændres, vil dette kunne have stor betydning for det endelige geometriske design, udførelsesmetode og anlægsøkonomi.

Den enkeltsporede rampe etableres med en bred rabat/kantbane, der i åbningsåret afmærkes og anvendes 2 sporet for ensrettet trafik. Rampen kan ligeledes anvendes i nødsituationer som et ekstra kørselsspor, hvor der skal være dobbeltrettet trafik i et tunnelrør og på rampetilslutninger; altså i en overledningssituation. Efter en eventuel åbning af Østlig Ringvej vil afstribningen på rampen skulle ændres til et spor med bred rabat/kantbane.

Dobbeltrettet trafikafvikling i et tunnelrør/ramper med overledning kan være i en kortere periode ved nødsituationer, samt ved arbejder i forbindelse med drift og vedligehold. Det skal præciseres, at der er tænkt på relativt kortvarige situationer, der påvirker trafikken med en tidshorisont nærmere på timer end på dage. Det er forudsat, at der ikke er behov for overledning efter etablering af Østlig Ringvej.

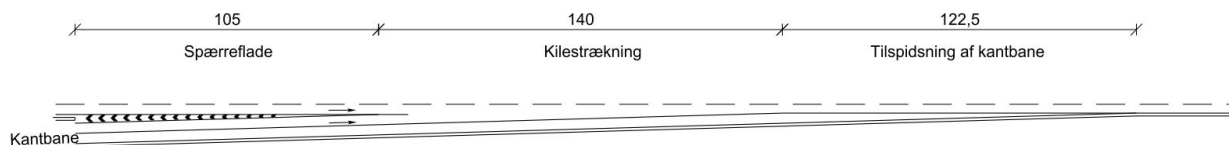
Der skal tilvejebringes en fornuftig overgang til selve kilestrækningen. Dette er kaldt "tilspidsning af kantbane" og indgår som en designparameter. Afhængig af om det er en tilkørsels- eller fra-kørselsrampe, er udstrækningen af det samlede rampe design forskellig jf. Figur 2-13 og Figur 2-14.

Ved en frakørselsrampe vil designet få følgende mål: $63+70+54 = 187 \text{ m}$



Figur 2-13 – Designkrav til frakørselsrampe

Ved en tilkørselsrampe vil designet få følgende mål: $105+140+122,5 = 367,5$ m



Figur 2-14 – Designkrav til tilkørselsrampe

Oversigt ved rampe-tilkørsel

For at skabe den nødvendige oversigt i tilkørselsområdet skal tunnelvæggen trækkes tilbage i forhold til den på Figur 2-14 viste spærreflade.

Rampe-tværsnit for vej-tunnel-delen (vejtunnelforslagene A og C)

Hvor ramperne tilsluttes i vej-tunnelen vil der i hver retning være en vej-tunnel med to gennemgående kørespor plus en rampe med en bredde for to kørebane forberedt til en overledningssituation; altså fire mulige spor i hver retning. Dette vil være gældende indtil en Østlig Ringvej eventuelt anlægges, idet der derefter ikke vil skulle ske overledning, idet vej-tunnelen frem til Nordhavn fra Strandpromenaden så vil kunne tillades lukket.

Hvor ramperne tilsluttes tunnel vil der således være 6 egentlige kørespor plus to rabatter. Det frie indvendige spænd bliver 19,0 m i hvert tunnelrør, hertil ca. 0,1m tillæg til vægbeklædning og tolerancer i konstruktionen i begge vejsider i hvert tunnelrør.

Rampe- og tunnel-tværsnit i terræn (vejtunnelforslagene A og C)

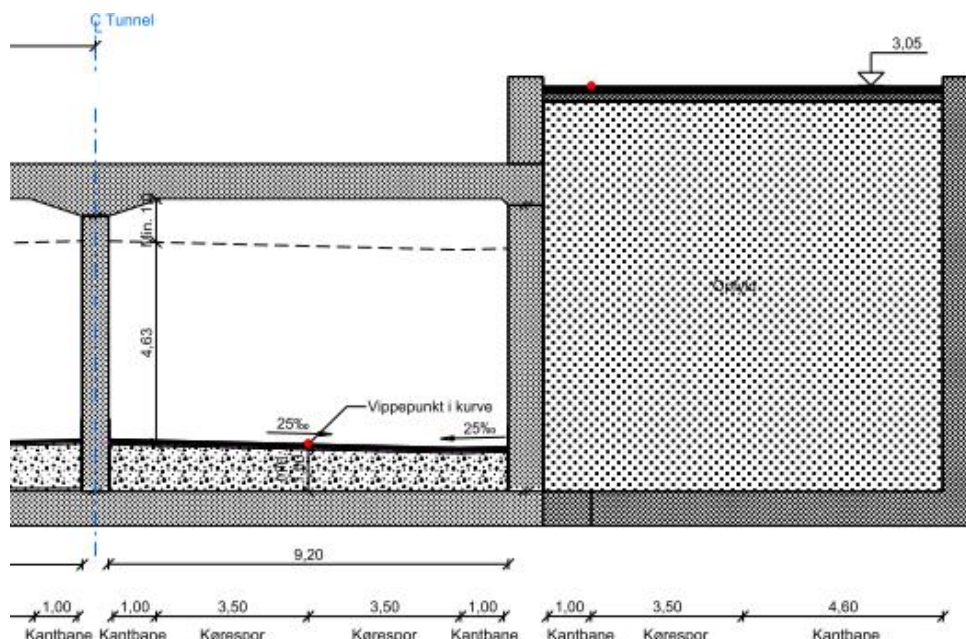
Rampetilslutninger i Nordhavn udføres under hensyn til foreliggende trafiktal, tunnelsikkerhed og overledning i nødsituationer med 2 sporede rampe – indtil en eventuel kommende Østlig Ringvej anlægges - ved tilslutninger til den skærende vej.

Tværsnittet for ramper svarer til et tunnelrør med en bredde på 9,0m plus tillæg for vægbeklædning og tolerancer.

Ramper føres op til terræn på Nordhavn på ydersiden af tunnel tværsnittet jf. Figur 2-15.

I åbningsåret og frem til en eventuel etablering af Østlig Ringvej vil de 2 ramper på ydersiden af selve vej-tunnelen fungere som 2 sporede ramper i den fulde længde pga. overledningssituationen.

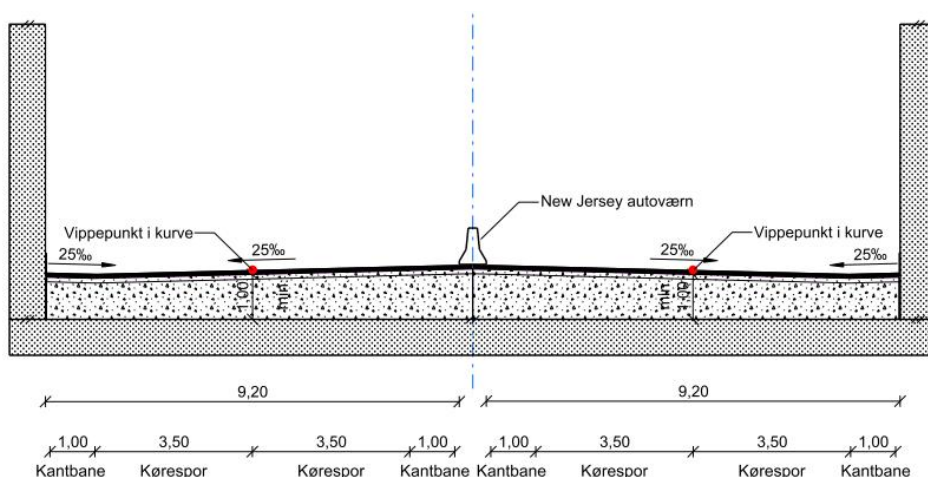
Efter åbning af en Østlig Ringvej vil ramperne kun fungere som ét sporede i henholdsvis frakørsels- og tilkørselspunktet.



Figur 2-15 - Rampe- og tunneltværsnit i terræn Forslag A og C

Rampe- og tunneltværsnit i terræn (vejtunnelforslagene B og D).

I vejtunnelforslagene B og D, altså uden en forberedelse til Østlige Ringvej, føres rampen til terræn som åben rampe i trug. I den situation føres rampen til Nordhavn frem med to kørespor i hver retning og hvor tunnel midtervæggen ophører etableres et beton autoværn af typen New Jersey som adskillelse af de to køreretninger jf. Figur 2-16.



Figur 2-16 - Rampe- og tunneltværsnit i terræn Forslag B og D

2.5.6 Øvrige vejtekniske elementer (autoværn, belysning, skilte og portaler)

Overgangen fra terræn til vejtunnel sikres med autoværn frem mod tunnelvæggene.

Belysningsanlægget i vejtunnelen føres op af de åbne ramper og frem til signalanlægget i terræn. Signalkrydset i Baltikavej belyses jf. vejreglerne. Der er ikke planlagt udført anden vejbelysning på Nordhavn.

På tunnelrampene og på Baltikavej etableres skilte og portaler med ITS-tavler i terræn omkring de nye signalkryds, så trafikanterne kan placere sig korrekt i de dobbelte svingbaner. Det skal vurderes i de følgende faser, hvorvidt disse skal suppleres med ITS – tavler længere væk fra krydsportalerne på Baltikavej.

Det er påtænkt at etablere automatiske bomme, som kan lukke tilkørslen på Nordhavn til vejtunnelen i nødsituationer. De automatiske bomme vil skulle indgå i et samspil med ITS og signalanlæg.

2.6 Belægninger

I vejtunnelen er anvendt en vejbelægning som en brobelægning på betonbund, tilsvarende som på Nordhavnsvej.

I skitseprojektet er der valgt en standard vejbelægning ud fra en VD katalogbelægning. Der er dermed for vejanlæg i terræn – dvs. på Nordhavn – regnet med en overbygningstykkelse (koblingshøjde) på op til 1,0m og der er valgt en standardopbygning for tung trafik og en underbund, der primært er opfyldt.

Der er ikke udført egentlig belægningsdimensionering i forhold til de forventede trafikbelastninger. I en senere fase planlægges en belægningsdimensionering i forhold til de forskellige vejstrækninger og krydsområder.

2.7 Sikkerhedskoncept for Nordhavnstunnelen

2.7.1 Generelt

Nordhavnstunnelen planlægges at blive en del af et system af tunneler bestående af:

- Nordhavnsvej tunnelen (NHV);
- Nordhavnstunnelen (NHT);
- Østlig Ringvej tunnelen (ØR).

EUs Tunneldirektivet (2004/54/EF) er ønsket anvendt som retningslinje. Derudover gælder naturligvis relevante danske standarder og normer.

NHV og NHT sammenkobles i tilkoblingsanlægget ved Strandvænget, sammenkoblingen udføres under jorden. De to tunneler vil følgelig herefter fremstå som én tunnel.

Det er derimod ikke besluttet, om en tilsvarende sammenkobling vil finde sted mellem NHT og ØR – eller om sammenkoblingen vil blive udformet således, at de to tunneler kan betragtes som reelt adskilte i henseende til ventilation både under brandforhold og normal drift. Denne adskillelse skal bl.a. sikre, at der ikke sker en overførsel af røg eller forurening fra portal til portal på de to tunneler.

Nærværende sikkerhedskoncept er udarbejdet under den forudsætning, at der sker en reel adskillelse mellem NHT og ØR.

Konceptet gælder således for den samlede tunnel bestående af NHV og NHT. Anlægget af NHV er langt fremskredet, og der påregnes ikke ændret ved de sikkerhedsrelevante installationer her. Sikkerhedskonceptet for den samlede tunnel skal følgelig udvikles på grundlag af de muligheder og begrænsninger, som dette forhold indebærer.

Der er ikke i NHV forudsat restriktioner mht. transport af farligt gods i vejtunnelen – og denne forudsætning antages videreført i det samlede tunnelsystem.

2.7.2 Tunneldirektivet

Sikkerhedskonceptet for en tunnel bør opbygges således, at det tilgodeser følgende forhold:

- Det primære formål er at tilvejebringe en udformning og indretning af vejtunnelen, der forebygger, at ulykker og andre nødsituationer overhovedet opstår;
- Det sekundære formål er at minimere frekvensen af ulykker og andre nødsituationer samt at minimere konsekvenserne, hvis de indtræffer;
- Det tertiære formål er at udstyre vejtunnelen med de nødvendige systemer og procedurer, som kan sikre, at hvis ulykker og andre nødsituationer indtræffer, så kan de håndteres sikkert af beredskabet.

NHT er forudsat at have samme overordnede udformning som NHV, dvs. med to enkeltrettede tunnelrør med hver 2 kørebaner samt hver med en 1 m bred kantbane i begge sider af hvert rør. I Nordhavnsvej tunnelen er der ikke nødspor eller vigespor.

Selv om NHV er kortere end 1000 m, opfylder den samtlige krav for tunneler med en længde på 1000 – 3000 m defineret i EU's tunneldirektiv. Kravene er oplistet i nedenstående tabel, hvor der refereres til de respektive afsnit i EU-direktivet.

Tabel 2-6 – Krav til tunneller med en længde på 1000 – 3000 m defineret i EU's tunneldirektiv

Afsnit	Krav for tunnellængder på 1000m – 3000m	Bemærkninger
2.2.3	Længde gradient max. 3%	Overskridelse heraf er tilladt, men kræver særlige foranstaltninger på basis af en risikoanalyse Længdehældninger større end 5% tillades ikke
2.3.8	Max. afstand mellem nødudgange 500 m	Nødudgange kan være forbindelser til naborør
2.4.1	Max. afstand mellem tværforbindelser til brug for redningstjenester 1.500 m	Ikke nødvendigvis til køretøjer – men til personale/udstyr
2.4.2	Mulighed for at krydse midterrabatten uden for hver portal	Det må antages, at dette gælder for køretøjer
2.6.1	Bortledning af brændbare og giftige væsker på tværs af tunnelrør	
2.7	Hovedkonstruktionen skal have tilstrækkelig brandmodstandsevne	Lokalt sammenbrud med efterfølgende vandindtrængen skal forhindres
2.8	Krav til normal belysning samt sikkerheds- og evakueringsbelysning	
2.9.2	Krav om mekanisk ventilation	
2.9.3	Længdeventilation (som udført i Nordhavnsvejtunnelen) er kun tilladt under visse omstændigheder	
2.10.3	Max. afstand mellem nødstationer 150 m	
2.11	Krav til brandvandsforsyning og brandhaner med max. 250 m afstand	
2.14.2	Krav til aut. branddetektionsanlæg	... gælder kun under visse omstændigheder
2.15.1	Krav om signaler for spærring af tunnelindkørsler	
2.16.1	Krav til SINE-dækning	
2.17.1	Krav om nødstrømsforsyning	Gælder kun forsyning af sikkerhedsudstyr

På NHV er følgende yderligere tiltag implementeret, som i EU-direktivet kun er obligatoriske for tunnellængder > 3000 m:

- Kontrolcenter;
- Videoovervågning samt automatisk registrering af hændelser;
- Mulighed for at udsende meddelelser på FM-radio.

Endvidere er i NHV installeret et fast, aktivt vandslukningsanlæg (vandtågeanlæg), som ikke er et krav i direktivet – uanset tunnellængden. Dette anlæg er indført efter ønske fra Københavns Brandvæsen.

Sikkerhedskonceptet på NHT for så vidt angår de direkte krav i EU-direktivet vil svare til sikkerhedskonceptet på NHV.

Hvad angår de supplerende tiltag (som nævnt ovenfor og som egentlig først gælder ved tunnel-længder > 3000 m) inkl. vandtågeanlægget, så vil disse ligeledes blive inkluderet i sikkerheds-konceptet for NHT.

Hvad angår sikkerheden for de personer, der arbejder med drift- og vedligeholdelses aktiviteter, skal det sikres, at adgangsforholdene til teknikrum, pumpe-sumpe mv. er forsvarlige og så vidt muligt kan ske uden eksponering for den almindelige trafik. En del vedligeholdelsesaktiviteter må nødvendigvis ske i selve tunnelrørene. Det vil i disse tilfælde ofte være nødvendigt at lukke det pågældende tunnelrør, medens arbejdet foregår.

2.7.3 Risikoanalyse (ORA)

I forbindelse med en senere projektfase skal der gennemføres en ORA (Operational Risk Analysis), hvor forudsætningerne fra NHV projektet skal endeligt verificeres også for det samlede NHV/NHT projekt. Herunder skal behovet for eventuelle supplerende sikkerhedsforbedrende foranstaltninger analyseres og beskrives. I denne analyse skal blandt andet den øgede trafikmængde og øgede tunnellængde i forhold til NHV indarbejdes.

Det skal blandt andet vurderes om følgende sikkerhedsforbedrende foranstaltninger skal indarbejdes for NHT:

- Restriktioner på perioder, hvor der etableres dobbeltrettet trafik i et tunnelrør;
- Nedsat hastighed i uheldssituationer.

Det skal i den forbindelse sikres, at et acceptabelt risikoniveau kan opnås. For NHV er denne fastsat til 0,022 (returperiode på 46 år). Det kan derudover anbefales, at NSURR (Nordhavn, Sikkerhed, Uheld, Redning og Rydning) gruppen inddrages i udarbejdelse af konklusionerne.

2.7.4 Overledning og bomanlæg

I særlige tilfælde kan det blive aktuelt at Nordhavnstunnelen lukkes i det ene eller begge tunnelrør i kortere tid. Dette kan være i forbindelse med ulykker, drift og vedligehold mv.

Der etableres automatiske bomsystem som lukker alle tilkørselsramper i ulykkestilfælde. Signalanlægget på Nordhavn og signalanlægget i Strandvænget går i et signalprogram, som understøtter en lukning.

Når kun ét tunnelrør lukkes kan det tilbageværende rør fortsætte med trafik i begge retninger med en række restriktioner (hastighed, trafikintensitet m.v.).

Der etableres semiautomatiske bomanlæg hvor trafikken overledes til det ene rør før vejtunnelen på Nordhavn eller før Nordhavnsvej tunnelen (fra Helsingør motorvejen) og tilbage igen på den anden side. De skitserede kryds og arealer ved tunnelramperne har det nødvendige areal til at muliggøre sådanne overledninger.

Når man kører ind på Nordhavnsvej fra Helsingørmotorvejen, lige før Nordhavnsvej tunnelen, er der etableret en overlednings mulighed gennem midterrabbatten.

2.8 Afvandingssystem

2.8.1 Designkriterier for vej og tunnel

Vej og ramper

Projektet er beliggende i et område med ca. 620 mm i årsmiddelnedbør. Med baggrund i Spildevandsplan for Københavns kommune fastlægges et samlet sikkerhedstillæg på 1,56. Heri er indregnet klimafaktor på 1,3 samt modelusikkerhed på 1,2. Usikkerhed på fortætning vurderes ikke at være relevant for projektet.

Derved fås de i Tabel 2-7 angivne regn intensiteter og gentagelsesperioder, som er dimensionsgivende for afvandingssystemet uden for vej-tunnelen.

Tabel 2-7 – Dimensioneringskriterier for ledningssystemer uden for tunnel.

Område		Gentagelsesperiode T , år	Intensitet m. tillæg, l/s/ha
Kritisk	Rampestrækninger med fald mod tunnel	25	410
Ikke kritisk	Strækninger med fald væk fra tunnel	2	212

Tunnel

I vej-tunnelen er det vand fra brandslukning, der er dimensionsgivende for afvandingssystemet.

Der skal kunne håndteres følgende vandmængder:

- 1) Vand fra vandtågeanlæg: 5.600 l/minut i det udvidede område ved ramperne, og 2.200 l/minut i øvrige dele af vej-tunnelen – og en varighed på 1 time;
- 2) Vand fra brandhydranter: 2.000 l/minut.

2.8.2 Tunnelafvanding

Afløbsanlægget i rampeanlæg samt for vej i tunnel designes således, at nedløbsbrønde og belægningsdræn som udgangspunkt etableres umiddelbart opstrøms før hver segmentfuge. Nedløbsbrønde tilsluttes med stikledninger til langsgående hovedledninger, der etableres i ballastbetonen under vejbanen i begge tunnelrør. Hovedledningerne fra vej-tunnelen tilsluttes en ny dybdepumpestation, som etableres omkring vej-tunnelens dybdepunkt. Hovedledninger fra de ikke-overdækkede dele af ramperne tilsluttes en ny rampepumpestation, som etableres omkring den laveste del af de åbne ramper.

Der etableres vandlåse på hovedledningsbrønde, således at en brand ikke kan brede sig gennem ledningerne. For at sikre, at vandlåsene ikke tørrer ud, etableres et vandpåfyldningssystem, så vandlåsene på hovedledningerne kan holdes fyldt med vand.

2.8.3 Dybdepumpestation

Dybdepumpestationen dimensioneres med pumpekapacitet til håndtering af vand fra brandslukning (127 l/s). I forbindelse med pumpestationen etableres reservoir for opsamling af evt. forurening fra ulykker i vej-tunnelen (110 m³), samt sandfang og olieudskiller. Da det opsamlede vand må forventes at være mere forurenet end normalt vejvand da det bl.a. indeholder vand fra rengøring af vej-tunnelen, pumpes vandet fra dybdepumpestationen til spildevandssystemet på Nordhavn. Desuden kan forventes behov for en mindre pumpe til daglig drift, der skal håndtere f.eks. indsvivende grundvand, rengøring mv.

Dybdepumpestationen vil desuden Håndtere overløb fra rampepumpestationen ved nedbørshændelser større end $T = 5$ år.

Som udgangspunkt udføres pumpestationen med fuld redundans, dvs. der udføres 2 uafhængige systemer af pumper, pumpeledninger og elsystem.

2.8.4 Rampepumpestation

Rampepumpestationen afvander de dele af ramperne, der ikke er overdækkede. Det svarer til ca. 3.800 m^2 for alle alternativerne. For en 5-års regnhændelse svarer dette til ca. 105 l/s (regnintensitet 274 l/s/ha), og hovedpumperne udlægges derfor for dette. Ved større regnhændelser kan tilløbet til pumpestationen begrænses (overløb), og det overskydende vand ledes så via tunnel-afvandingsystemet til dybdepumpestationen. Herved vil et 100-års regnskyl (regnintensitet 558 l/s/ha , svarende til 212 l/s på ramper) kunne håndteres i reservoiret, uden at der opstår opstuvning på kørebanen. Da dimensioneringskravet for dybdepunktet er, at der ikke må ske opstuvning på kørebanen for en 25-års regnhændelse, er kapaciteten tilstrækkelig.

Pumpestationen bestykkes derudover med en mindre pumpe (ca. 10 l/s), som dels kan anvendes som daglig pumpe ved mindre regnskyl, dels kan anvendes til udpumpning af vand til fyldning af vandlåse i vejturen.

I rampepumpestationen er desuden pumper for vandtågeanlæg og brandhydranter.

Som udgangspunkt udføres pumpestationen med fuld redundans, dvs. der udføres 2 uafhængige systemer af pumper, pumpeledninger og elsystem.

Der etableres pumpebassin samt reservoir for opsamling af regnvand til brug for fyldning af vandlåse. Størrelsen er fastlagt ud fra, at reservoiret skal indeholde vand til 2 genfyldninger af vandlåsene, som foregår med en pumpetid på ca. $\frac{1}{2}$ time, med et flow på 10 l/s . Størrelsen på reservoiret skal dermed være ca. 50 m^3 .

Regnvand afledes direkte til regnvandskloakken på Nordhavn. Der etableres olieudskiller og sandfang i pumpestationen inden pumper.

Reservoir for brandtågeanlæg og brandhydranter skal have en størrelse på ca. 450 m^3 , svarende til drift af vandtågeanlæg og brandhydranter i 1 time. Dette reservoir forsynes fra Vandforsyningsnet.

2.8.5 Dimensionerende vandstand i havnen

Ved valg af dimensionsgivende vandstand tages der hensyn til fremtidige klimaeffekter i form af stigning i middelvandstanden og forøgelsen af højvandsstanden.

Vejturen på Nordhavnsvejen er sikret op til en vandstand i kote $3,05 \text{ m}$ svarende til den forventede situation år 2116, hvilket svarer til en gentagelsesperiode på 10.000 år i designlevetiden for disse anlæg, som er 100 år.

Designlevetiden for Nordhavnstunnelen er 120 år, altså 20 år længere. Ved anvendelse af de samme statistiske forudsætninger vil dette medføre en maksimal vandstandskote på $3,14 \text{ m}$ i år 2140 (svarende til en idriftssættelse i 2020) ved en gentagelsesperiode på 10.000 år.

Da en oversvømmelse af Nordhavnsvejen vil brede sig til Nordhavnstunnelen, er det valgt at anvende den samme maksimale sikringskote for oversvømmelse som anvendt på Nordhavnsvejen, kote $3,05 \text{ m}$ (DVR90).

Anlægget omkring ramper og øvrige nedgange udformes således, at der ikke er risiko for oversvømmelse pga. vandspejlskoter op til 3,05 m i havnen. For konstruktive forhold som f.eks. opdriftssikring, kan man i en detailprojekteringsfase senere beslutte at anvende en højere kote svarende til 3.14 m.

2.9 Konstruktive krav til tunnel

Tunnelkonstruktioner omfatter alle konstruktioner relateret til etableringen af en tunnel til Nordhavn, herunder Cut & Cover tunnel, rampekonstruktioner, teknikbygning og underjordiske pumpebygværker mv.

De primære tunnelkonstruktioner forventes udført i slapt armeret beton, og konstruktionerne skal således opfylde krav til design og udførelse i forhold til gældende normer for denne type konstruktioner. Det primære normsystem vil være Eurocodes herunder også Nationale annekser udgivet i samarbejde mellem VD og Bane Danmark.

I vejturen vil et svigt i konstruktionen med overvejende sandsynlighed medføre tab af menneskeliv. Konstruktioner designs derfor i henhold til krav om høj konsekvensklasse, svarende til CC3+ i normsystemet.

Styrkemæssigt designs tunnelkonstruktionerne til at modstå påvirkninger fra trafik, jord/vand og en række ulykkeslaste. Der er i den sammenhæng forskelle mellem konstruktioner placeret i havnekrydsningen og konstruktioner på Nordhavn, da der ved dimensionering af konstruktioner i havnekrydsninger blandt andet skal tages hensyn til forventede stigninger i havvandspejlet i årene frem mod år 2040. Derudover vil der skulle tages foretages risikovurderinger og muligvis også designtiltag til at sikre konstruktionerne mod påsejling eller grundstødning fra skibe. Det er i skitseprojektet forudsat, at der en grundstødningspude nord for vejturen i Kalkbrænderiløbet, således at skibe med større dybgang end 3,5m standses før der opstår risiko for, at de skader vejturen.

På Nordhavn vil der senere kunne komme ønsker om at tillade bebyggelser eller anden anvendelse af arealerne over vejturen. Sådanne ønsker skal defineres tidligt så det kan indpasses og tages i regning ved det endelige design af konstruktionerne. Således er der i skitseprojekteringen sikret mulighed for at belaste terræn svarende til at der kan anlægges veje over vejturen, hvilket vil sikre en hvis fleksibilitet, men belastninger derudover er ikke taget i regning.

Af ulykkestilfælde kan også nævnes eksplosion og brand. I forhold til disse ulykkeshændelser designs konstruktionerne til at sikre mod svigt, mens der for de alvorligste hændelser må forudses betydelige skader på konstruktionerne, med efterfølgende større reparationsarbejder til følge, og dermed også lukning af vejturen. Hændelser for eksplosion og brand er forudsat at være sammenlignelige med Nordhavnsvejen, som i øjeblikket etableres. Størrelsen af en brand og eksplosionshændelse fastlægges på baggrund af de typer gods, som tillades igennem vejturen, og er ikke udtryk for eventuelle terrorangreb.

Da vejturen på hovedparten af strækningen vil være permanent under vandspejlsniveau, vil sikring af konstruktionens opdriftsstabilitet og vandtæthed være afgørende. Opdriftsstabilitet sikres i videst muligt omfang ved egenvægt af konstruktioner og jord over vejturen, da sikring med egenvægt er en meget veldefineret, robust og ikke mindst vedligeholdelsesfri metode. I områder hvor det ikke er muligt/rationelt at sikre med egenvægt, sikres opdriftsstabiliteten ved at der suppleres med opdriftsankre, typisk efterspændte, for at minimere bevægelser. Eksempler på konstruktioner der vil blive sikret med ankre er åbne ramper, hvor det ikke er muligt at etablere egenvægt over vejens tracé.

Vandtætheden af vejtunnelen og andre konstruktioner forudsættes sikret via krav til betonen, herunder krav til revnevidder, betonsammensætning mv. Det er normalt ikke muligt at opnå 100% tæt betonkonstruktion, men mindre indsvivende vandmængder vil ikke være til fare for konstruktionen. Det vil for især tunneldækket være relevant at overveje supplerende tætning med bitumenmembran således at dryppende vand ikke generer eller gør brugerne utrygge. Desuden kan membran på ydervægge overvejes.

2.10 Installationer og udstyr

Installationer og udstyr for Nordhavnstunnelen er baseret på principper for Nordhavnsvejen, således at der opstår en synergi i udformningen af vejtunnelens installationer samt den tilhørende drift og vedligehold. Dette kapitel beskriver projektgrundlag og forudsætninger for følgende tekniske Installationer og udstyr:

- Brandhydrantanlæg;
- Detektering og skumslukning i pumpesumpe;
- Tunneldøre;
- El-forsyning;
- Belysningsanlæg;
- Sikkerhedsbelysning;
- Branddetektering;
- Sikringsanlæg;
- Luftkvalitet og miljø;
- Nødstationer;
- Tunnelventilation;
- Skadestedsradio;
- Tunnelradio;
- Offentlig mobiltelefoni;
- Videoovervågning;
- Intelligent trafikkontrol;
- Profilkontrol;
- SCADA;
- Teknikbygninger, bygningsinstallationer.

2.10.1 Teknisk integration

NHV og NHT sammenbygges ved tilkoblingsanlægget ved Strandvænget, således at den efterfølgende fremstår som én tunnel.

For at sikre at de tekniske anlæg i vejtunnelen kan styres samtidig, skal anlæggene i NHT integreres med anlæggene i NHV. Dette skal udføres som fuld integration eller via signal-udveksling mellem styre-enheder.

2.10.2 Drift og vedligeholdelse

Efter vejtunnelens åbning forudsættes det at den samlede tunnels drift og vedligehold varetages af samme operatør.

2.10.3 Korrosionsbeskyttelse

Der vil være et aggressivt miljø i vejtunnelen. Fx vil alle udsatte komponenter blive udsat for et ekstraordinært slid pga. sandblæsning fra grus og sand, der tabes fra trafikanter – ikke mindst fra lastbiler. Disse forhold kan imødekommes ved fx ekstra coating, ekstra godstykkelse, ekstra overfladebehandling.

De materialer og udstyr, der anvendes i anlæg og systemer, skal kunne modstå de skadelige virkninger fra det omkringliggende miljø for mindst den angivne levetid. Således må anlæg eller systemdele ikke forringes eller utilsigtet ændre sit visuelle udseende.

Miljøet/omgivelser er inddelt i 6 atmosfæriske korrosionskategorier iht. DS/EN ISO 12944-2. Delanlæggene skal som udgangspunkt dimensioneres ud fra deres lokalitet og korrosionsbeskyttelse iht. ovenstående kategorisering.

2.10.4 Levetider

Installationernes forventede minimum levetid vil som udgangspunkt være følgende:

Tabel 2-8 . Installationers forventede levetid.

Installation	Forventet min. levetid (år)
Transformatorer	30
UPS-anlæg	20
Batteribank – NiCd	10
Kabler, elektriske	30
Optiske fiberkabler	25
Antennekabler	15
Føringsveje	40
Lysarmaturer	25
Ventilatorer	25
Videoovervågningskameraer	15
PC, servere m.m.	8
PLC, switche m.m.	10
Lyssignaler, intelligente skilte m.m. (ITS)	15
Pumper	25
Rørledninger	40
Ventiler, følere m.m.	25
Tunneldøre	40

3. PLANMÆSSIGE FORUDSÆTNINGER

3.1 Generelt

Den overordnede vision for Nordhavn er, at området skal være fremtidens bæredygtige bydel i København. I 2008 blev der afholdt en international idékonkurrence med indlevering af 180 forslag til, hvordan denne udvikling kan ske. Vinderprojektet rummer en strukturplan for udbygningen af hele Nordhavn med ca. 3,5 millioner etagemeter boliger og erhverv, hvilket svarer til ca. 40.000 indbyggere og 40.000 arbejdspladser. Forudsætningen for dette er, at der bliver anlagt metro til Nordhavn, at der bygges en Nordhavnstunnel til biltrafik, og at der anlægges gode cykelforbindelser.

Projektets overordnede idé er at udvide og opdele området i en række mindre holme, der adskilles fra hinanden af kanaler og bassiner. Holmene er tænkt at fungere som selvstændige, lokale kvarterer, hvilket understøtter en langsigtet udvikling i etaper.

I den sydligste del af Nordhavn er forandringen fra frihavnsområde til byområde allerede en realitet med etableringen af Århusgadekvarteret. Her flyttede de første beboere ind i foråret 2015. Orientkaj, Sundmolen og Levantkaj vest er de næste områder, der vil blive bebygget, mens de øvrige områder fortsat primært anvendes til enten havne-, erhvervs- eller rekreative formål.

Udviklingen af Nordhavn som bolig- og erhvervsområde vil ske etapevis fra syd mod nord. Ved at skabe nye boliger og arbejdspladser skal byudviklingen på Nordhavn også være med til at modvirke tendensen med den stigende regionale pendling over større afstande. Dermed vil man kunne cykle til arbejde eller pendle lokalt til centralt beliggende arbejdspladser. Metrolinjen til Nordhavn kommer i første etape til at bestå af to stationer, nemlig en underjordisk metrostation ved den nuværende Nordhavn S-togsstation og en overjordisk metrostation ved Orientkaj i den vestlige ende af Orientbassinet. Begge metrostationer åbner i 2019. Senere vil det være muligt at udbygge metrolinjen med op til fem nye stationer.

3.1.1 Projektstrækningen

Området, hvor vejtunnelen forventes at blive anlagt, er omfattet af lokalplan nr. 177 fra 1990, som er reserveret til havneformål. I dag er området domineret af erhvervsarealer, der er udlejet af By & Havn I/S, og som benyttes til kontor, lager, garageanlæg og lignende. Området huser også engroshandel, produktion og en række serviceerhverv og salgssteder, herunder cafe og pizzeria. I alt er der 22 lejemål, som tilsammen dækker godt 75.000 m². Derudover er der tre ledige, ubebyggede lejemål, som dækker i alt ca. 30.000 m². Der er ingen boligejendomme i området.

3.1.2 Ydre afgrænsninger

Etablering af vejtunnelen vil i anlægsfasen påvirke området ved Strandvænget i forbindelse med afskærmning af byggepladsen samt byggepladstrafikken hertil. Ind- og udkørsel til klubhusene vil blive opretholdt via Strandvænget. Byggepladstrafikken for arbejderne på vejtunnelen kan foregå både via Strandvænget og via Nordhavn.

På Svaneknoppen vil anlæg af en pumpestation kunne komme på tale ved forslag C og D afhængig af valg af forslag, hvilket i mindre grad vil påvirke den fremtidige udformning af østligste del af Svaneknoppen ved søsætningsbassinet.

På Nordhavn vil anlægget påvirke eksisterende bygninger og vejanlæg og kræve nedrivnings- og ombygningsarbejder. Det eksisterende vejnet opretholdes i så stort omfang som muligt under anlægsfasen.

Frihavnsområdet er vist på Figur 2-2. Det forventes at indhegningen af Frihavnsområdet er tilpasset de nødvendige arbejdsarealer inden anlægsarbejderne igangsættes.

3.1.3 Tilkoblingsanlæg Nordhavnsvejen

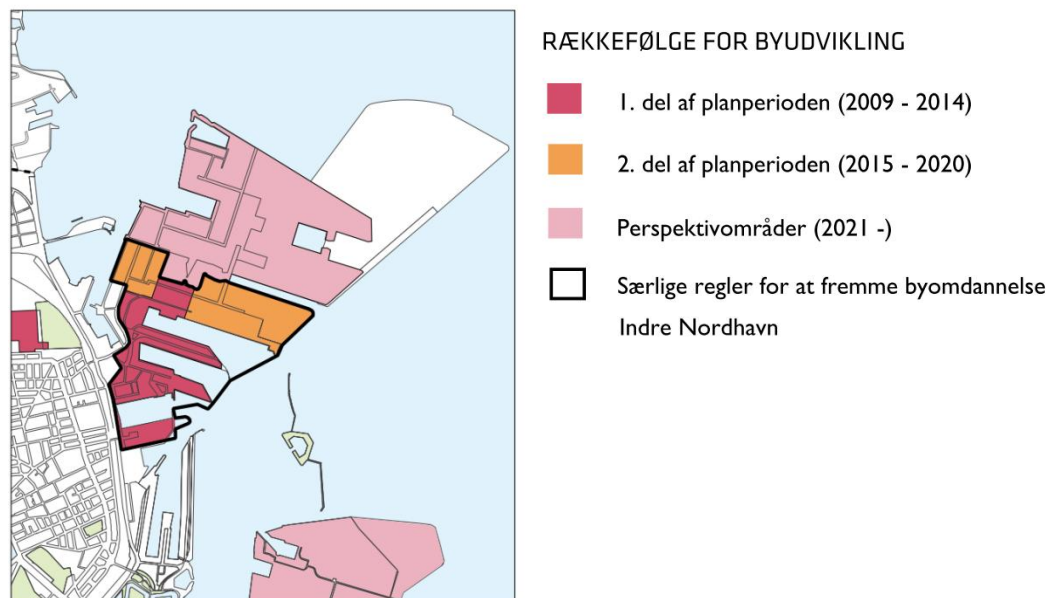
Vejtunnelen til Nordhavn er en fortsættelse af NHV-TKA, som i øjeblikket er under etablering i Strandvænget. I NHV-TKA projektet er der foretaget forberedelse for sammenkoblingen således at da de indre dimensioner af tunnelkonstruktionerne er planlagt identiske i NHV-TKA og i NHT, vil brugerne af vejtunnelen ikke opleve et skift.

3.2 Lokalt vej- og stinet

Den overordnede vej- og stinetstruktur på Nordhavn er bestemt ud fra strukturplan for Nordhavn, der udspringer af Vinderprojektet for Masterplankonkurrence for Nordhavn. Vinderprojektet er siden videreudviklet i form af udviklingsstrategier, bebyggelsesplaner og en række plantemaer, der skal være styrende for den fortsatte udvikling af Nordhavn. Københavns Borgerrepræsentation har samtidig vedtaget de fornødne lokalplaner for udvikling af Indre Nordhavn.

Af lovgrundlaget for byudvikling af Nordhavn fremgår, at udvikling af Indre Nordhavn kan igangsættes med en første fase, der omfatter mindst 400.000 m² nyt byggeri samt bevaring af mindst 70.000 m² eksisterende byggeri. I en fase 2, der tidsmæssigt starter omkring 2018, kan der udvikles yderligere 200.000 m².

Af kommuneplantillæg og lokalplan for Århusgadekvarteret i Nordhavn fremgår kommunens rækkefølgeplan for byudvikling på Nordhavn.



Figur 3-1 – Rækkefølgeplan for byudvikling i Nordhavn, jf. kommuneplantillæg.

Udgangspunktet for udviklingen på Nordhavn er at biltrafik skal foregå på de bløde trafikanters præmisser. Nordhavn planlægges som en bydel med en trafikfordeling på minimum 1/3 cyklister, minimum 1/3 kollektivrejser og maksimum 1/3 bilrejser. Nordhavn planlægges desuden udviklet som en "5-minutters by". Det betyder, at der ikke skal være mere end 5 minutters gang til kollektivtrafik. Trafikstrukturen planlægges indrettet så fodgængere, cyklister og den kollektive trafik kommer så hurtigt og let frem som muligt, ved at gøre deres veje kortere end bilernes.

På Figur 2-1 er strukturplanen for det overordnede vejnet på Nordhavn vist. I grønt er optegnet hovedfærdselsåreerne for biltrafik på Nordhavn. Vejnettet er i høj grad baseret på det eksisterende vejnet – således at omdannelsen fra havneareal til bymæssigt areal kan ske gradvist og i takt med udviklingen. Den primære rute gennem Nordhavn vil være Sundkrogsgade-Baltikavej-Kattegatvej, der på sigt udvides fra de eksisterende 2 spor til 4 gennemgående spor.

'Det grønne loop' med supercykelsti og tracé til en højklasset kollektiv trafikåre skal være det bærende element for cyklister og på sigt metro. 'Det grønne loop' skal fungere som en fælles cykel-, gang- og kollektivforbindelse for hele Nordhavn. Loopet starter i Århusgadekvarteret og skal videreudvikles i de kommende faser. Der etableres en 'supercykelsti' i 'det grønne loop', der skal give cyklisterne optimal fremkommelighed, og den vil i de første udviklingsfaser forløbe parallelt med busbanerne. Udover 'det grønne loop' etableres traditionelle cykelstier langs det overordnede vejnet.

3.3 Ledningskortlægning

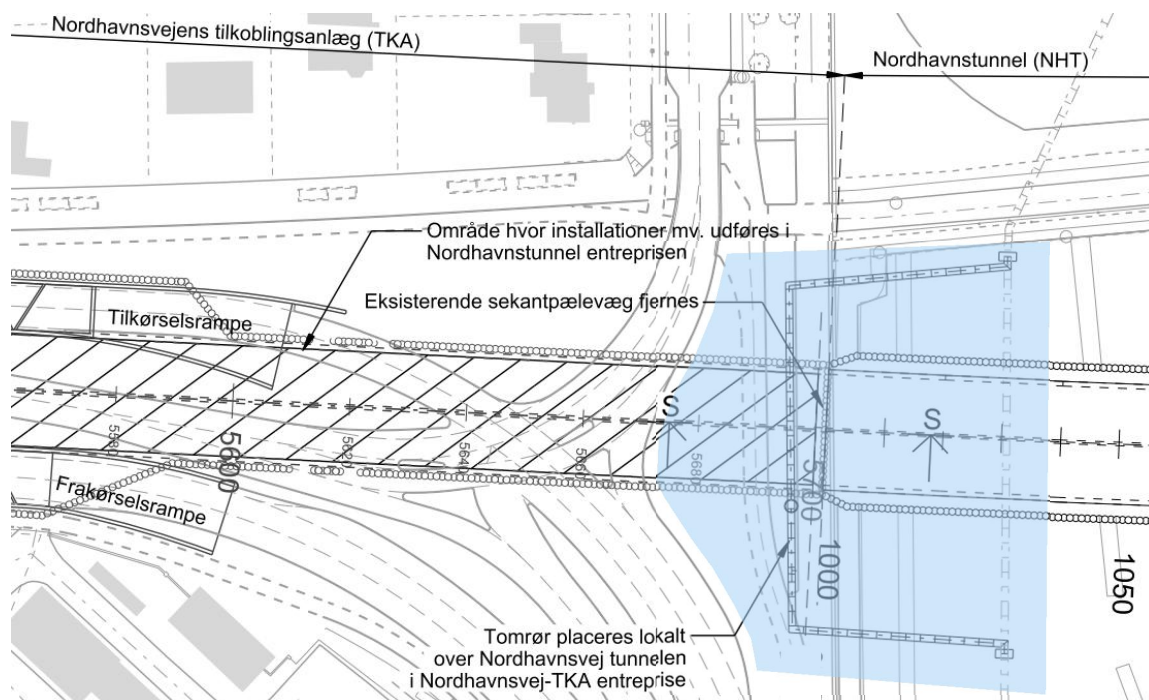
Der er gennemført en indledende ledningskortlægning med afsøgning af alle tilgængelige oplysninger omfattende eksisterende ledning i projektområdet. Der er også rettet henvendelse til forsvarets bygningstjeneste for lokalisering af ledninger af særlig strategisk betydning, der ikke fremgår af LER.

3.3.1 Nordvand

Fra Tuborg Nord og ned til en større pumpestation ved Strandvænget der pumper spildevandet videre ud mod Lynetten, har Nordvand en Ø1000 spildevands trykledning. Denne ledning transporterer alt spildevand fra Gentofte kommune til Rensningsanlæg Lynetten. Ledningen passerer tæt på kysten i Svanemøllehavnen og krydser dermed Nordhavnstunnelens linjeføring i et niveau, der er i konflikt med vejtunnelen.

Trykledningen med spildevand fra Gentofte til Lynetten renseanlæg ejes og drives af Nordvand, på strækningen frem til Strandvænget pumpestation. Fra pumpestation til Lynetten er det en fælles ledning hvor Nordvand og HOFOR er ejere. Det er en forudsætning, at Nordvands trykledning er omlagt før det egentlige anlægsarbejde i forbindelse med vejtunnelen iværksættes. Da ledningen ligger efter gæsteprincip, vil både planlægning og omlægning blive gennemført af Nordvand.

Nordvandsledningen er placeret ca. 30m fra den nuværende kystlinje ved Strandvænget, og forventes lagt ind over NHV TKA. Placeringen skal således ændres fra nuværende krydsning i ca. st. 1.030 til i ca. st. 995. Den samlede længde af omlægningen vil være ca. 140 m og vil inkludere en ny ledningsstrækning og sammenkoblingsbygværker mellem ny og eksisterende ledning.



Figur 3-2 – Omlægning af Nordvandsledningen med forventet arbejdsareal indikeret.

Lokalt over NHV-TKA forventes placeret et tomrør i forbindelse med færdiggørelsen af NHV projektet som forberedelse for omlægningen, dette så der ikke efterfølgende igen skal etableres en byggegrube hen over NHV-TKA tunnelen.

Trykledningen er, hvor den passerer traceet for vejtunnelen, i dag placeret i ca. kote -5, mens opfyld og terrænkote i Strandvænget er i ca. kote +2. Etablering (omlægning) af ny ledning og sammenkoblingsbygværker kræver dermed dybe byggegruber. Samtidig er der behov for at indfatningsvægge til byggegruben er rammet ned i moræneler for at sikre en rimelig vandtæthed og dermed begrænse behovet for grundvandssænkning mest muligt.

Byggegruben forventes etableret fra en lokal opfyldning i havnen. Efter endt omlægning kan opfyldning efterlades for anvendelse i NHT tunnelprojektet. Byggepladsen og opfyld vil betyde behov for en midlertidig nedlæggelse af 20-30 bådepladser nærmest Strandvænget ud over den jollebro, som allerede i dag er nedlagt grundet forlægning af strandvænget/ Strandpromenaden.

Anlægsarbejdet i forbindelse med omlægning af trykledningen forventes at vare 9 måneder. Af hensyn til omkoblingen fra eksisterende til ny ledning, hvor der vil blive udledning af urensset spildevand via trykledning ved Tuborg Nord og langt ud i Øresund, vil omkobling blive tilstræbt udført engang i perioden februar til marts. Selve omkoblingen forventes at tage 2-4 uger.

3.3.2 Svanemølleværket

Svanemølleværket er beliggende i bunden af Kalkbrænderiløbet i overgangen mellem Svanemøllehavnen og Kalkbrænderihavnen. Svanemølleværket har kølevandsindtag placeret i Lautrupskaj mod Kalkbrænderiløbet og er placeret med indløbskote i ca. -4.0m. Udkastet er placeret på det nord-vestlige hjørne af det areal Svanemølleværket ligger på og dermed inde i selve Svanemøllehavnen.

I løsninger med lukkes havneindsejling ("uden etape") sikres en vandudskiftning, der tilgodeser Svanemølleværkets ønske om maksimal vandtemperatur på 20 °C, samt ønsket om en acceptabel vandkvalitet i havnen. For løsninger med lukket havneindsejling ("uden etape") skal der etab-

leres et beredskab, der i tilfælde af skybrudshændelser kan sikre nødvendig overpumpning fra havnen til Svanemøllebugten.

3.3.3 Øvrige ledninger

HOFOR er ved at etablere en skybrudsledning fra Østerbro og til Kalkbrænderihavnen - Projekt Østerbro tunnel. Vejtunnelen er Ø2500 ved sit udløb i Kalkbrænderihavnen lige syd for Svane-mølleværket. Konsekvenserne af udledning af større vandmængder under anlægsarbejderne til Kalkbrænderihavnen i tilfælde af skybrud afhænger af det valgte anlægsprincip – med/uden etapedeling. Evt. overpumpning er medtaget for de løsninger, hvor havneindsejlingen lukkes.

De eksisterende ledninger der er lokaliseret i projektområdet gennem LER og gennem en dialog med By & Havn, består af:

- Elforsyning;
- Gasforsyning;
- Vandforsyning;
- Spildevand;
- Tele.

Det forventes at alle disse ledninger omlægges af ledningsejerne i god tid inden anlægsarbejderne igangsættes.

3.4 Støjafskærmning

Der planlægges ikke udført støjskærme på det færdige anlæg på Nordhavn, da der i åbningsåret ikke forventes boliger og kun meget få erhvervsvirksomheder i området. Eventuel senere etablering af støjskærme tilpasses den kommende bebyggelse og dimensioneres herefter.

Midlertidig støjafskærmning under anlægsarbejdet samt støjkort for eksisterende forhold i åbningsåret 2025 og 2025+ og i anlægsfasen fremgår alle af den Tekniske Rapport, Miljøvurdering /11/.

3.5 Trafiksikkerhed

Der er planlagt gennemført en trafiksikkerhedsrevision, trin 2 af skitseprojektet. Vurderingen heraf og de relevante tiltag vil senere blive indarbejdet i detailprojektet.

4. VALGTE UDBYGNINGSFORSLAG

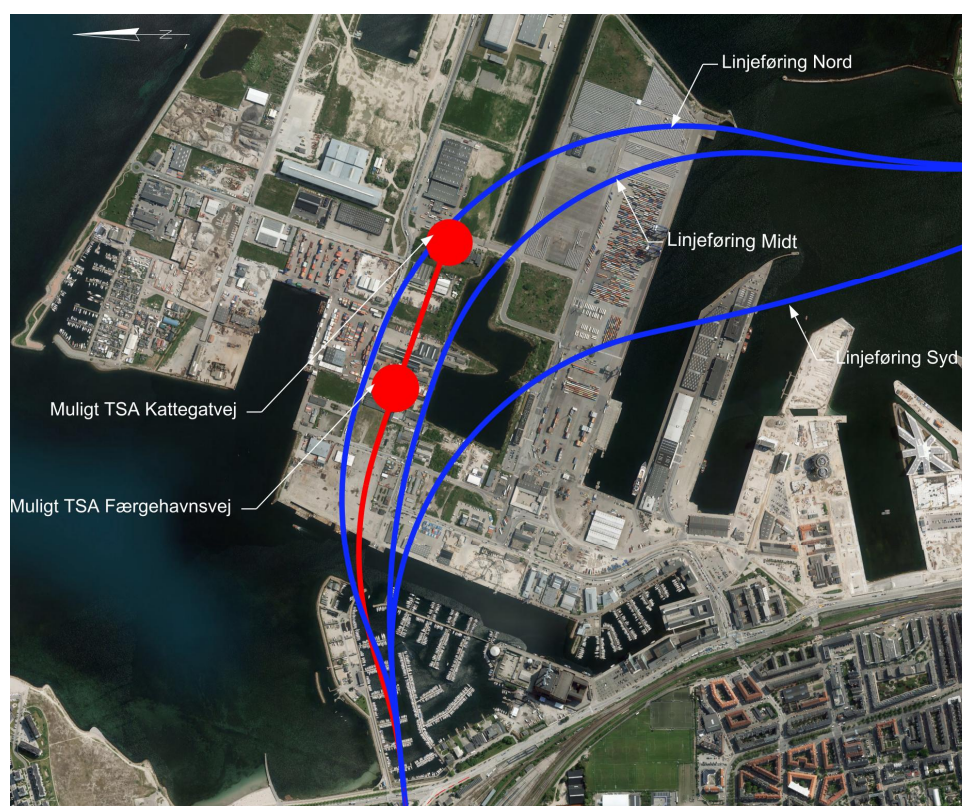
4.1 Linjeføring til Nordhavn

4.1.1 Generelt

Der er indledningsvist undersøgt en række alternative linjeføringer til Nordhavn og videre til Refshaleøen med følgende navngivning:

- "Nord" (Baltikavej);
- "Midt" (Skudehavnsvej);
- "Syd".

Linjerne fremgår af figuren herunder:



Figur 4-1- Indledende linjeføringer til Nordhavn og Refshaleøen.

I den indledende vurdering af linjeføringer blev alle behandlet med et tilslutningsanlæg placeret umiddelbart øst for Færgehavnsvej. Placeringen af rampeanlægget øst for Færgehavnsvej var i vid udstrækning dikteret ud fra et oprindeligt ønske om at minimere tunnellængden.

De fravalgte linjer bliver kort gennemgået i kapitel 6 - Fravalgte udbygningsforslag.

4.1.2 Valgt linjeføring

Det er efter de indledende undersøgelser valgt at arbejde videre med en ny fjerde linje "Mellem", som ligger mellem Baltikavej og Skudehavnsvej.

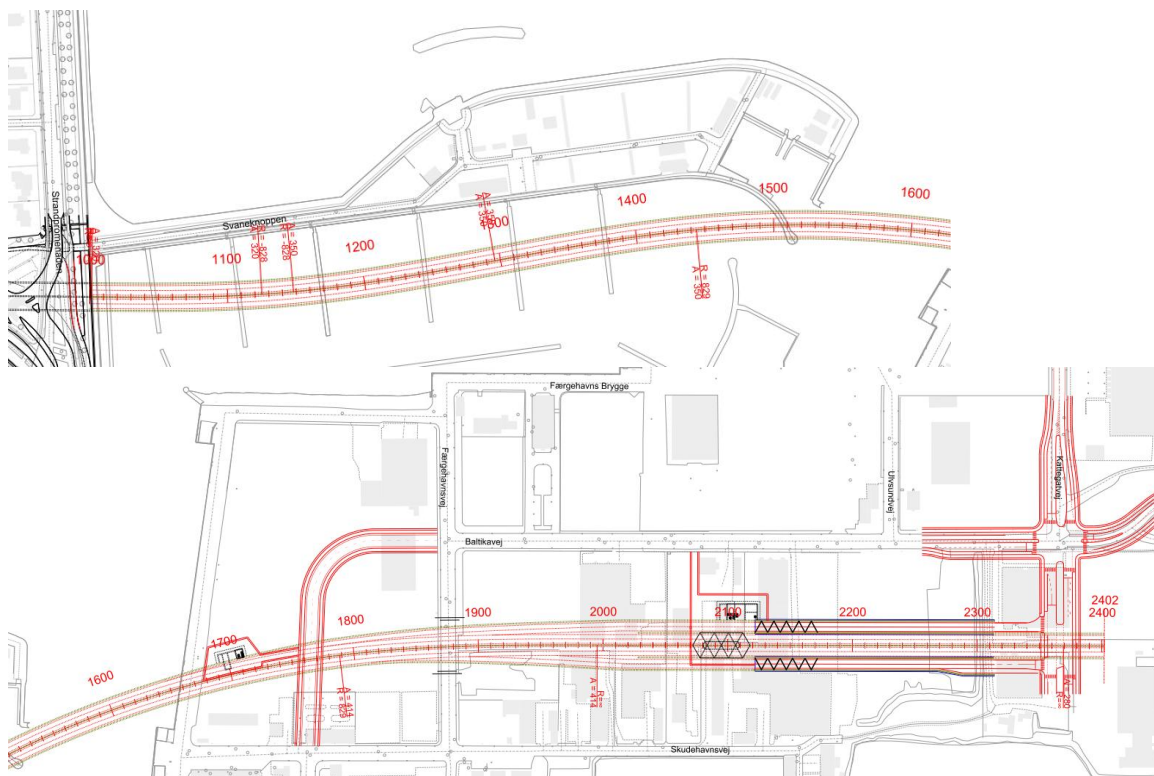
Formålet med denne placering er bl.a. at bevare flere eksisterende veje under anlægsarbejdet og lægge linjen midt i mellem eksisterende veje. Det kan give en bedre trafikafvikling under anlægsarbejdet og formentlig færre ledningsomlægninger.

Herefter danner "Mellem" basis for alle de analyserede linjeføringsforslag A, B, C og D, jf. også definitionen i afsnit 1.1.2.

Traceringselementer, linjeføring

Forskellige traceringsmuligheder er vurderet på den første delstrækning, fra en ret linje over til større og mindre kurvelængder, kombineret med forskellige klotoid parametre imellem Strandvænget og frem til Nordhavn.

Vejtunnelen følger mellem Skudehavnsvej og Baltikavej, en ret linje. Den valgte linje og traceringselementer fremgår af de nedenstående figurer og det udarbejdede tegningsbilag /3/.



Figur 4-2 - Traceringselementer til Nordhavn

4.1.3 Tilslutning på Nordhavn

I de tidlige undersøgelser for en kommende Nordhavnstunnel, var et tilslutningsanlæg placeret tæt på Færgehavnsvej. Denne placering af tilslutningsanlægget var i vid udstrækning dikteret ud fra et oprindeligt ønske om at minimere tunnellængden til Nordhavn.

Med udgangspunkt i ny hovedstruktur for Nordhavn kan et tilslutningsanlæg også placeres ved Kattegatvej.

Der er i denne VVM-redegørelse arbejdet videre med disse to placeringer, benævnt: "Øst for Færgehavnsvej" og "Kattegatvej". De to placeringer kan kombineres henholdsvis med og uden forberedelse for videreførelse af Nordhavnstunnelen i en Østlig Ringvej til i alt fire forslag.

Tilslutningstype

I de indledende undersøgelser er forskellige typer tilslutningsanlæg vurderet. De fravalgte tilslutningsløsninger er kort beskrevet i kapitel 6 – Fravalgte udbygningsforslag.

For at tage hensyn til fremtidige udbygningsmuligheder omkring tilslutningsanlægget i et kommende byrum, er det valgt at tage udgangspunkt i løsninger hvor arealforbruget minimeres. Der

er derfor arbejdet videre med et kompakt smalt tilslutningsanlæg, hvor de 4 spor i vejtunnelen føres samlet op til overfladen eller som et smalt ruderanlæg med selvstændige ramper, der føres op til overfladen på siden af vejtunnelen.

For tilslutningsanlægget Øst for Færgehavsvej vil der blive etableret et signalreguleret kryds ved tilslutningen til Baltikavej. Tilslutningsvejen planlægges uden cykelstier og fortov langs med vej-tilslutningen til Baltikavej

For tilslutningsanlægget ved Kattegatvej vil der også blive etableret et signalreguleret kryds for enden af tunnelramperne hvor de møder forlængelsen af Kattegatvej. Fordi disse kryds vil blive placeret så tæt så vil de komme til at fungerer som ét samlet kompakt signalkryds. Med de foreliggende trafikmængder kan der kun etableres passage for cykelister og fodgængere syd for rampe tilslutningen.

I de kommende projektfaser skal forhold til cykelstier, fodgængere, Metro mv. på Nordhavn analyseres og planlægges mere detaljeret således at forholdene kan optimeres i det endelige projekt for det valgte tilslutningsanlæg.

I den fulde udbygning på Nordhavn i 2025+ skal krydset på Baltikavej flyttes mod nord for at få tilstrækkelig kapacitet, løsningen er beskrevet i kapitel 5 – Tunnel og vejforslag.

4.2 Linjeføring for en Østlig Ringvej

Der er indledningsvis undersøgt forskellige linjer mellem Nordhavnsvej og Refshaleøen over Nordhavn, som tidligere beskrevet.

Efter valget af linjeføringen til Nordhavn placeret midt i mellem Skudehavnsvej og Baltikavej er der efterfølgende undersøgt forskellige linjer videre til Refshaleøen.

Disse undersøgelser har sandsynliggjort at en fortsættelse til Refshaleøen er traceringsteknisk mulige med den valgte dimensioneringshastighed på 80 km/t.

4.2.1 Generelt

Der er på skitseniveau undersøgt en række alternative linjeføringer for en Østlig Ringvej mellem Nordhavn og Refshaleøen med følgende navne:

- Østlig Ringvej "Nord om Trekroner";
- Østlig Ringvej "Under Trekroner";
- Østlig Ringvej "Syd om Trekroner";
- Østlig Ringvej "I Skudeløbet";
- Østlig Ringvej "Midt i Skudeløbet" (dimensioneringshastighed 70 km/t).

Omfang af indgrebet på containerterminal området på Containervej og UNICEF-verdenslager er forskellige i de undersøgte løsninger.

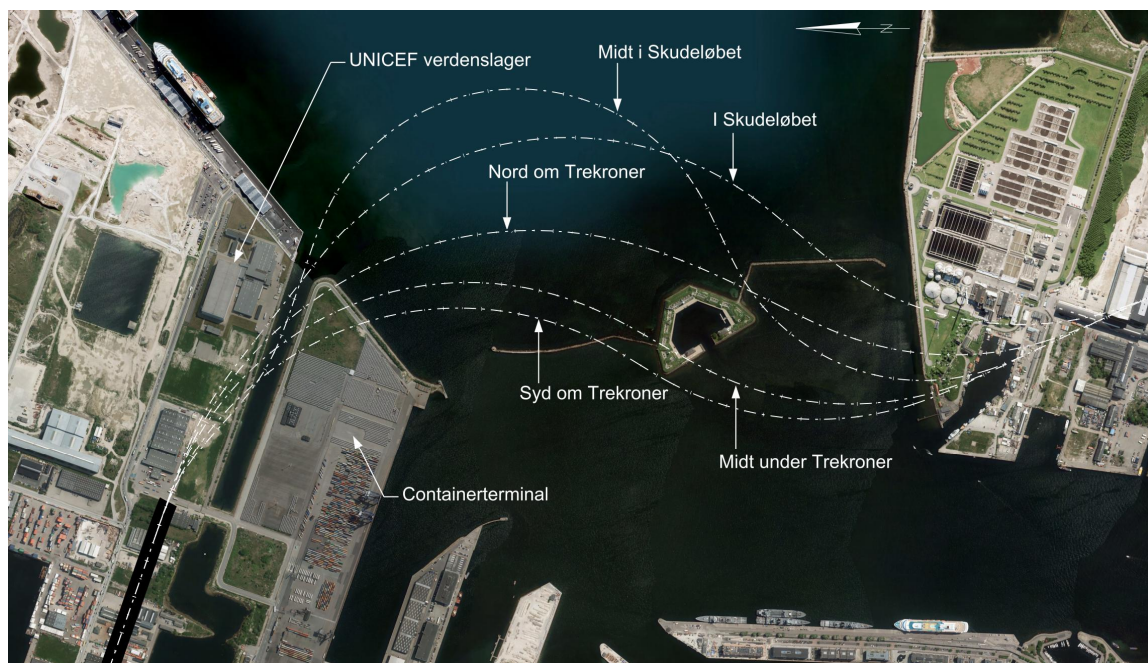
Linjerne nord og syd om Trekroner kan udføres både som boret tunnel eller som sænketunnel.

Linjen under Trekroner kan kun gennemføres som en boret tunnel, for at undgå påvirkning af det eksisterende fæstningsanlæg på Trekroner.

De undersøgte linjeføringer fra Nordhavn til Refshaleøen for de forskellige forslag fremgår af Figur 4-3.

For helt af undgå indgreb på containerterminal området ved containervej er der på skitseniveau undersøgt en linje i "Skudeløbet" som vist på figur herunder.

For både at udgå indgreb på containerterminal området ved containervej og UNICEF – verdensslager er der skitseret yderligere en linje i "Midt i Skudeløbet" som også fremgår af Figur 4-3.



Figur 4-3 – Fortsættelse til Refshaleøen

De forskellige forslag har følgende tunnellængder fra havnekaj ved Strandvænget til tilslutningsanlæg på Refshaleøen.

Tabel 4-1 – Tunnellængder fra havnekaj ved Strandvænget til tilslutningsanlæg på Refshaleøen

	Ca. længde til TSA-punkt (m)	Længde ift. "Syd" (%)
Nord om Trekroner	4.542	+2
Midt under Trekroner	4.510	+1
Syd om Trekroner	4.467	-
I Skudeløbet	4.736	+6
Midt i Skudeløbet	5.104	+14

Ser man på den samlede tunnellængde frem til Refshaleøen, vil anlægsprisen alt andet lige være proportional med tunnellængden. Forslag "Midt i Skudeløbet" vil derfor sandsynligvis være ca. 14 % dyrere end forslag "Syd".

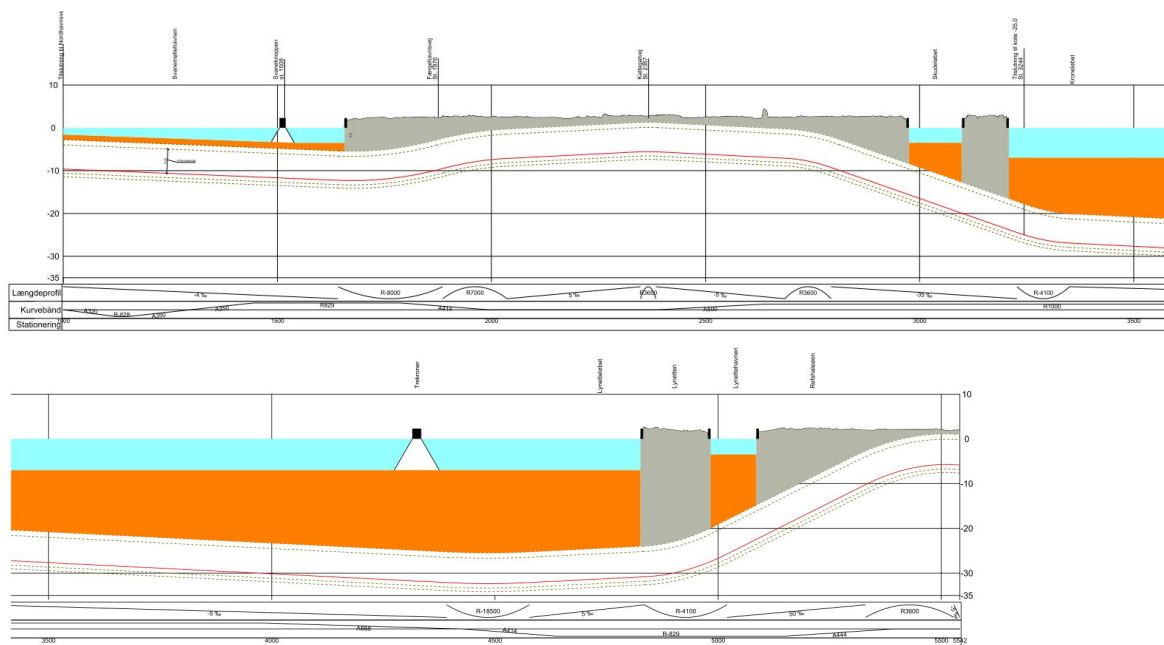
4.2.2 Østlig Ringvej nord om Trekroner

Vejtunnelen til Refshaleøen forventes at kunne etableres som boret tunnel eller som sænketunnel nord om Trekroner.

Linjen påvirker adgangsvejen til UNICEF-verdensslager i byggeanlægsperioden, og vejen skal midlertidigt omlægges.

Linjen påvirker det yderste stykke af containerterminalen minimalt. Ved placering af et tilslutningsanlæg Øst for Færgehavnvej vil en boret tunnel til Refshaleøen kunne blive ført under adgangsvejen til UNICEF-verdenslager og containerterminalen uden midlertidig påvirkning af disse.

Længdeprofilet fremgår af Figur 4-4 for en boret tunnel til Refshaleøen.



Figur 4-4 – Længdeprofil, boret tunnel "Nord om Trekroner" til Refshaleøen.

4.2.3 Østlig Ringvej under Trekroner

Tracering til Refshaleøen kan etableres som boret tunnel under Trekroner.

Linjen påvirker adgangsvejen til UNICEF-verdenslager i byggeperioden, som derfor midlertidigt skal omlægges.

Linjen påvirker i mindre grad det yderste stykke af containerterminalen.

Der er ikke udarbejdet et længdeprofil for denne løsning. Længdeprofilet forventes udformet som princip for linjen "Nord om Trekroner" vist på Figur 4-4.

4.2.4 Østlig Ringvej syd om Trekroner

Tracering til Refshaleøen kan etableres som boret eller som sænketunnel "Syd om Trekroner".

Linjen påvirker adgangsvejen til UNICEF-verdenslager i anlægsperioden, som derfor midlertidigt skal omlægges.

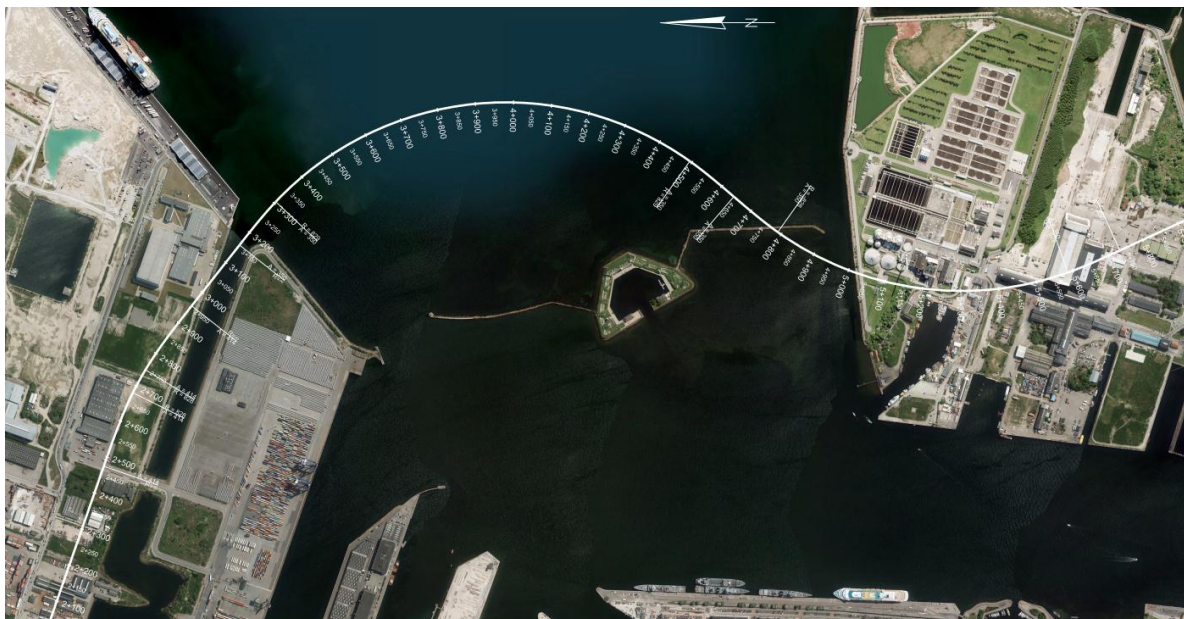
Linjen påvirker det yderste stykke af containerterminalen.

Der er ikke udarbejdet et længdeprofil for denne løsning. Længdeprofilet forventes udformet som princip for linjen "Nord om Trekroner" vist på Figur 4-4.

4.2.5 Østlig Ringvej "I Skudeløbet"

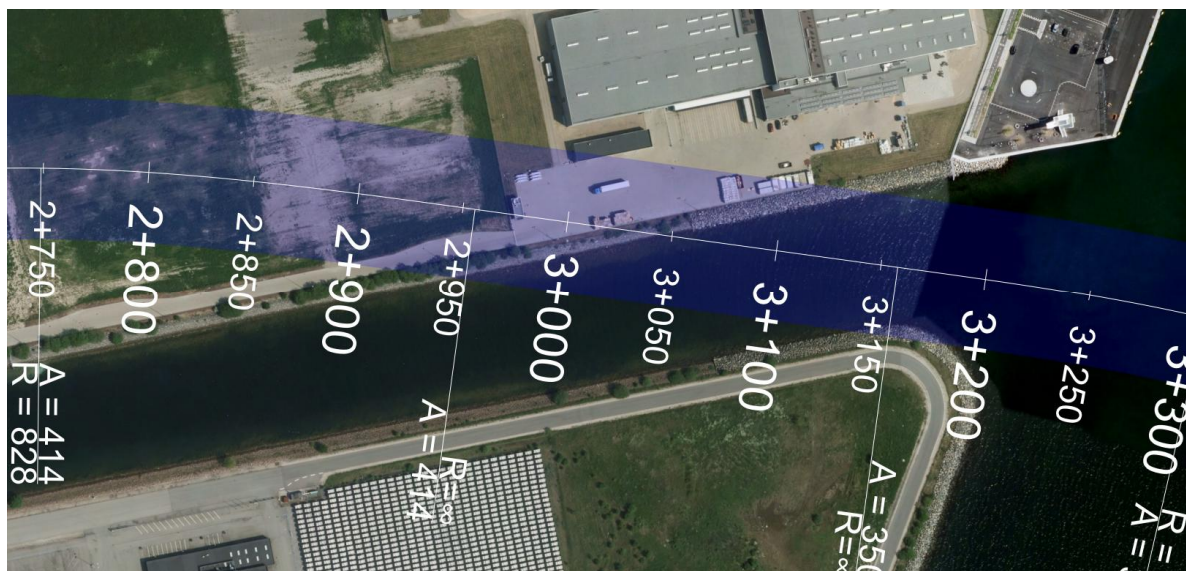
Linjen for en Østlig Ringvej "I Skudeløbet" går fri af containerterminalen. Tracering til Refshaleøen kan etableres som boret tunnel eller som sænketunnel under havnen og med tilsluttende Cut & Cover løsninger på hhv. Nordhavn og på Refshaleøen. Linjeføringen får desværre to ens-vendte

horisontalkurver hvilket vurderes som uhensigtsmæssigt. Der er derudover en kort afstand på ca. 30 m til siloerne på Lynetten fra centerlinjen af vej-tunnelen.



Figur 4-5 – Fortsættelse til Refshaleøen, Østlig Ringvej i Skudeløbet.

I anlægsperioden påvirkes adgangsvejen og port til Unicef-verdenslager af anlægsarbejdet. Adgangsvejen skal midlertidigt omlægges og porten flyttes. Hertil vil områder ved læsseramperne blive indskrænket da manøvrepladsen for køretøjerne begrænses. Påvirkningen fremgår af Figur 4-6.



Figur 4-6 – "I Skudeløbet", nærhed til UNICEF verdenslager.

Linjen påvirker ikke containerterminalen.

Der er ikke udarbejdet et længdeprofil for denne løsning. Længdeprofilet forventes udformet som princip for linjen "Nord for Trekroner".

Ved placering af et tilslutningsanlæg Øst for Færgehavnsvej vil en boret tunnel til Refshaleøen kunne blive boret under adgangsvej/port og forpladsen ved UNICEF-lagerområde.

4.2.6 Østlig Ringvej "Midt i Skudeløbet"

Denne linjeføring er undersøgt ud fra ønsket om at reducere generne for UNICEF-verdenslager mest muligt. Dimensioneringshastighed er reduceret til 70km/t for at opnå mindre kurveradier og fortsat at kunne tilslutte i samme punkt på Refshaleøen, som de øvrige linjeføringsforslag, disse er projekteret for 80 km/t. Minimum traceringsradius reduceres hermed til $R = 554$ m fra 828,5 m.

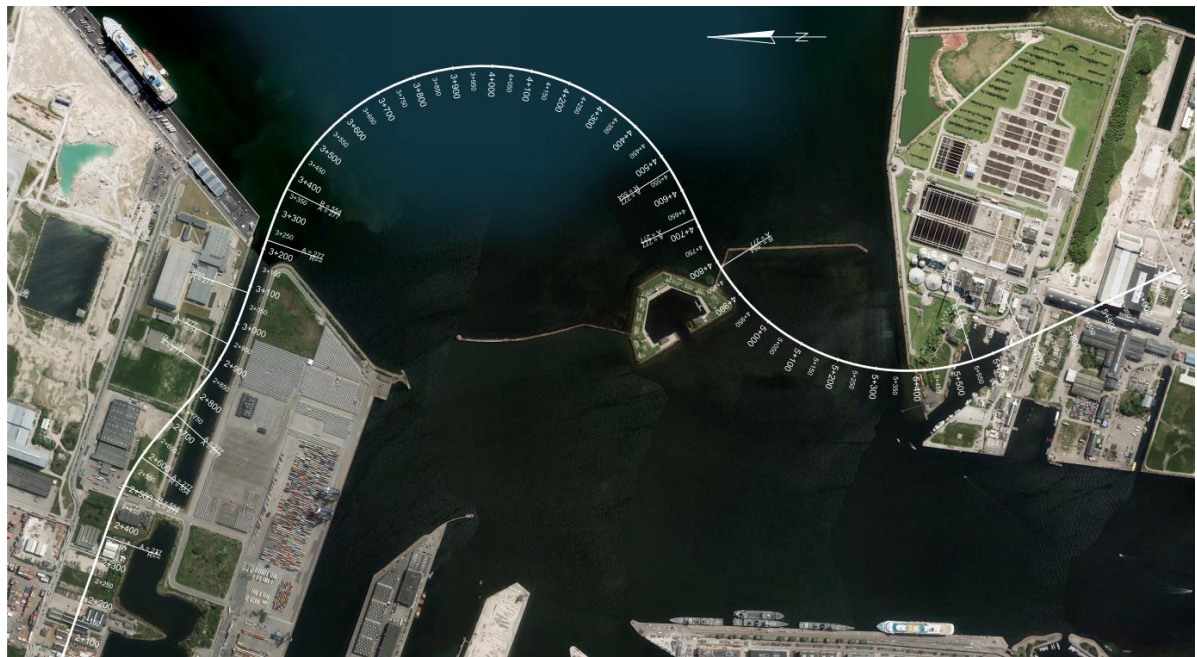
Linjeføringen bliver meget lang og trafikanterne kommer til at køre i lange og forholdsvis snævre kurver.

Linjeføringen påvirker adgangsvejen til UNICEF-verdenslager i byggeperioden som midlertidigt skal omlægges, men påvirker ikke containerterminalen.

Der er ikke udarbejdet et længdeprofil for denne løsning. Længdeprofilet forventes udformet som princip for linjen nord for Trekroner.

Linjeføringen får desværre en S-kurve og korte overgangskurver imellem de to modsat vendte kurver, hvilket er uhensigtsmæssigt, i forhold til den oplevede kørselskomfort.

Afstand til Trekroner fra centerlinjen er, hvor den er mindst, 30m.



Figur 4-7 - Fortsættelse til Refshaleøen, Østlige Ringvej "Midt i Skudeløbet".

5. TUNNEL OG VEJFORSLAG

5.1 Generelt

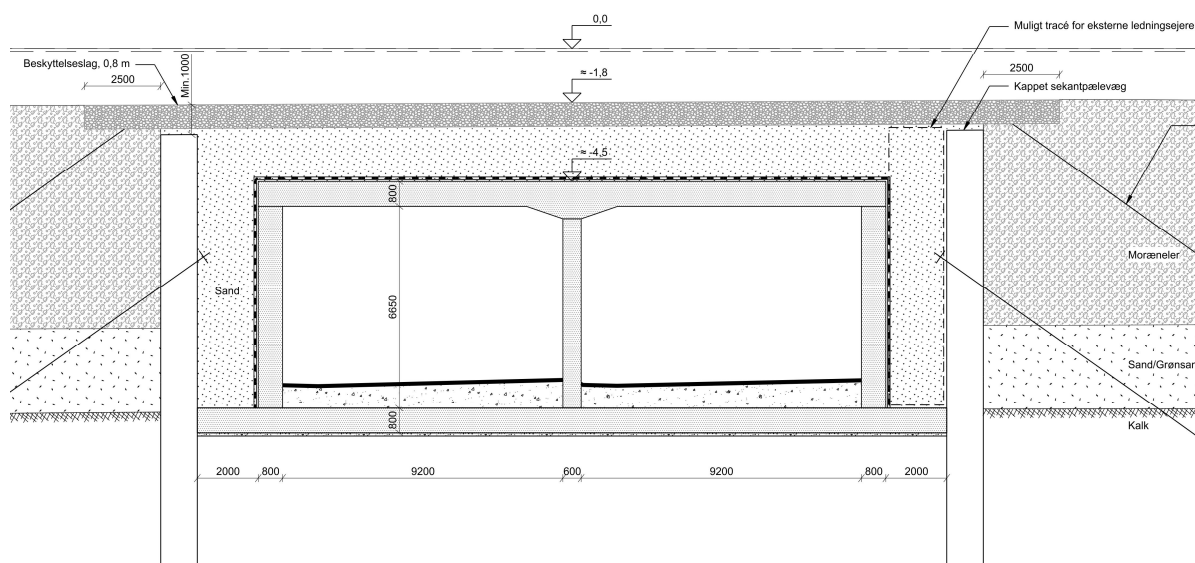
For tunnelkonstruktionen videreføres konstruktionsprincippet fra tilkoblingstunnelen på Nordhavnsvejprojektet. Det betyder, at vejtunnelen som udgangspunkt udføres som Cut & Cover tunnel i in-situ støbt beton, dog med mulighed for sænketunnel i havnekrydsningen.

Afgørende for tunneltværsnittet er fritrumsprofilen i forhold til vejgeometri og linjeføring, sikkerhed imod opdrift, funktionskrav i forhold til vandtæthed og holdbarhed af konstruktionen samt en enkel udførelse af konstruktionen.

I Nordhavnsvejprojektet anvendes et standardtværsnit med et indvendigt fritrumsprofil på 6,65m x 9,2m i hvert tunnelrør. Højden giver plads til ballastbeton, fritrum til trafik på 4,63m samt plads til installationer og skiltning under loftet. Dette tværsnit har vist sig passende i forhold til armeringstæthed og sikre dermed god kvalitet, også ved kritiske støbninger omkring forskydningslåse samt bevægelsesfuger. I Nordhavnstunnel projektet forventes tilsvarende armeringsgrader og konstruktionsudformning, hvorfor samme standardtværsnit benyttes.

Konstruktionens designlevetid skal være 120 år, og dette håndteres for betonkonstruktionerne ved en passende kombination af betondæklag til armering, krav til revnevidder og kvalitet/styrke af betonen. Krav til levetid kombineret med krav om vandtætte konstruktioner betyder, at armeringen i store områder fastlægges med basis i krav til disse forhold, mere end styrkemæssige forhold.

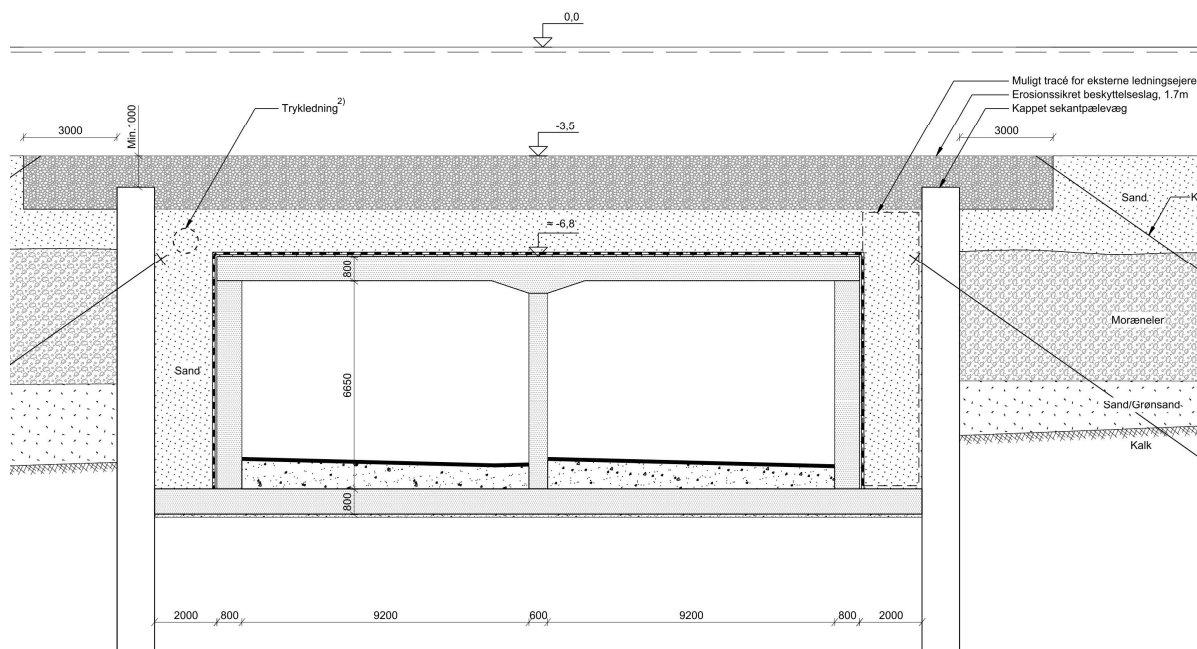
Standardtværsnittet for Cut & Cover vejtunnelen med byggegrube og tilbagefyld i den permanente situation er vist i Figur 5-1 til Figur 5-3 -for et snit i henholdsvis Svanemøllehavnen, Kalkbrænderiløbet og på Nordhavn. Det ses, at der udover konstruktionsbeton støbes et ikke bærende ballastbetonlag oven på bundpladen, hvori vejbrønde, afvandingsledninger samt andre trækrør føres. Tykkelsen af ballastbeton er varierende, som følge af tværfald og vejbredden gennem vejtunnelen, dog er den i standardtværsnittet ca. 0,9 m. Til forskel fra NHV udføres Nordhavnstunnelen med en 2 m "tå" på hver side af konstruktionen. Den ekstra bredde er med til at sikre opdriftsstabiliteten, så anvendelse af permanente jordankre undgås i havnekrydsningen og minimeres på Nordhavn. Samtidig gør den ekstra bredde arbejdsforholdene lettere i forhold til forarbejdet for vægge samt påføring af fugtisolierende membran udvendigt på væggen.



Figur 5-1 - Typisk tværsnit, vejtunnel i Svanemøllehavnen.

For vejtunnelen under havnen eller Kalkbrænderiløbet vil sekantpælene blive skåret ned til 1 m under planlagt bundkote i havnen, og vejtunnelen er generelt placeret minimum 1,7m under planlagt havnebund. 1,7m sikrer etablering af beskyttelseslag (erosionssikring mv) over vejtunnelen med traditionelle metoder med filterlag osv. Lokalt er der dog tilladt ned til 1m lag over vejtunnelen, j.f. også tabel 2-13. 1,0m vil sandsynligvis være tilstrækkeligt også med beskyttelseslag af den traditionelle type, da der er tale om meget lokale områder. Skulle det vise sig utilstrækkeligt, vil det være muligt at etablere andre former for beskyttelse lokalt, f.eks. med cementstabiliserede jordlag. Det er valgt at lade laget blive mindre end 1,7m lokalt, da de økonomiske konsekvenser ved at kræve en general sænkning af hele vejtunnelen ikke vil være rimelige i forhold til merudgiften ved en lokalt forbedret beskyttelsesmetode.

Over vejtunnelen og indtil en afstand på ca. 2 m fra ydersiden af byggegruben placeres et beskyttelseslag. Formålet med dette beskyttelseslag er dels at sikre lystbådernes ankre mod at hænge fast i tunnel eller efterladt byggegrube, dels at sikre mod erosion, således at sikkerhedsniveauet for opdrift opretholdes. Erosionssikringen er kraftigere i Kalkbrænderiløbet end i Svaneøllehavnen grundet forskel i bølge- og strømforhold.

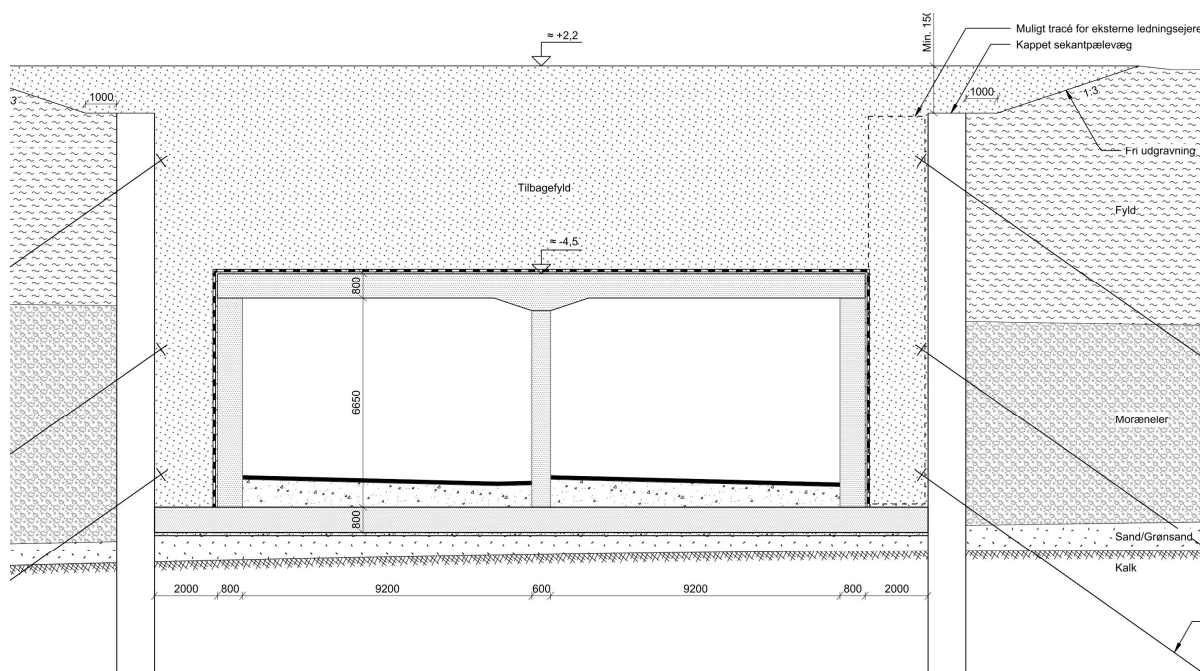


Figur 5-2 - Typisk tværsnit, vejtunnel i Kalkbrænderiløbet.

Cut & Cover vejtunnelen udføres i in-situ støbt armeret beton, hvor betonen udgør den primære vandtætning af vejtunnelen. I fastholdte konstruktionsdele, såsom den langsgående retning af alle konstruktionsdele eller tværretningen for bundpladen, forsynes konstruktionen således med tilstrækkelig armering, så gennemgående revner fra temperaturvariationer eller svind overholder revneviddekriterierne for vandtæthed. Som nævnt i afsnit om konstruktive krav, afsnit 2.9, kan der som sekundær vandtætning af konstruktionen anvendes en fugtisolierende membran på toppladen og vandpåvirkede vægge, hvilket vil placere vejtunnelen i tæthedsklasse 2 i forhold til DS-EN1992-3.

Vejtunnelen forventes opdelt i 20-25 m lange segmenter adskilt med forskydningslåse i vægge for sikring mod differenssætninger samt vandtætte bevægelsesfuger. Fugerne skal optage bevægelser fra temperaturvariationer og svind i tunnelkonstruktionen. Fugerne udføres med både interne og eksterne fugebånd, således at der forekommer dobbelt vandtætning i samlingerne. Som udgangspunkt undgås bevægelsesfuger i pumpestationer og teknikbygninger. Hvis disse kon-

struktioner vælges støbt sammen med vejturen, kan det betyde behov for op til 50m lange tunnelsegmenter lokalt ved disse konstruktioner.



Figur 5-3 - Tværsnit på Nordhavn for vej-tunnel uden forberedelse for ØR.

Vejens tracé er dobbelt krum, mens tunnelsegmenterne af hensyn til udførelsen støbes i et antal rette støbninger, både horisontalt og vertikalt. Segmentlængderne skal således tilpasses vejens tracé, så der ved små knæk i bevægelsesfugerne kan opnås et tunnelforløb, som overholder krav til fritrumsprofilen i vejtunnelen. Som konsekvens af dette forhold, skal tunnelsegmenter udføres med henholdsvis en overbredde og overhøjde (geometrisk tillæg) i tunneltværsnittet.

Udførselsmæssigt har segmentlængder på 25 m vist sig passende på Nordhavnsvej projektet, hvor hver betonstøbning er udført i en arbejdstakt indenfor samme arbejdsdag med god kvalitet til følge.

Opdriftsstabiliteten af vej-tunnelen sikres ved tyngden af konstruktionsbeton, ballastbeton og jorddække. I rampeområdet på Nordhavn suppleres dette med indbyggede tilbagefyldsmaterialer under ballastbetonen (Vejtunnelforslag A og C) samt permanente lodrette jordankre i relevant omfang. Sikkerheden imod opdrift er $1,05 \cdot 1,1 = 1,16$ med forsigtigt ansatte egenlaste, vand-spejl i terræn og uden medregning af friktionskræfter på de lodrette vægflader. I havnekrødsningen er desuden medregnet en reduktion af jorddækket på 0,5 m i forhold til den færdige hav-bund.

5.2 Tilslutning til NHV-TKA

Vejtunnelen til Nordhavn er en fortsættelse af NHV-TKA, som i øjeblikket er under etablering i Strandvænget. I NHT projektet vil der skulle udføres visse konstruktive arbejder i NHV-TKA, primært i området mellem st. 784 og st. 1000. I st. 998,3 skal der ske en strukturel sammenkobling mellem de to projekter. I NHV-TKA projektet er der foretaget forberedelse for sammenkoblingen ved, at der efterlades armeringskoblinger i enden af NHV-TKA, således at der kan etableres et fuldt armeret støbeskel mellem de to konstruktioner. Det kan forventes, at der vil være krav til ruhugning af støbeskellet, og at der vil være behov for fugebånd og injicering for at sikre

vandtætheden, men alle disse tiltag er allerede anvendt ved flere lejligheder på NHV projektet, og kan betragtes som kendt teknologi.

Da de indre dimensioner af tunnelkonstruktionerne er planlagt identiske i NHV-TKA og i NHT, vil brugerne af vejtunnelen ikke opleve et skift, og de strukturelle koncepter kan direkte videreføres.

I NHV-TKA projektet er der antaget, at der etableres en bevægelsesfuge i st. 1000, således at der som i det øvrige NHV projekt er 25m mellem fugerne. Dette giver 1,7m til at sikre sammenkoblingen med NHV-TKA, hvor der skal indstøbes bevægelsesfugebånd osv. Den nøjagtige placering af bevægelsesfugen skal dog afgøres i designet af NHT, og der vil her være mulighed for at optimere på placeringen. I designet af NHT skal der dog være fokus på de forudsætninger, som er gjort i NHV, da en større flytning af bevægelsesfugen kan have en påvirkning af bevægelsesfugen længere inde i NHV-TKA i st. 975.

Inde i NHV-TKA er etableret en tværforbindelse i ca. st. 995 for at sikre mulighed for midlertidig ventilation af NHV-TKA mens denne fortsat er en blind vejtunnelende. Samtidig er der etableret en midlertidig endevæg og pumpeump i samme stationering. Disse midlertidige konstruktioner skal fjernes som en del af NHT projektet, og den midlertidige tværforbindelse i midtervæggen skal lukkes med beton. Derudover vil der i NHV-TKA skulle fjernes en midlertidig tværvæg for enden af fletteområdet i NHV, og der skal støbes ballastbeton som underlag for vejbelægningen. Som en del af NHV-TKA er loftet i vejtunnelen brandisoleret, men i designet af NHV er der desuden forudsat brandisolering 2m ned ad vægge, og derudover skal etableres flisebeklædning på væggenes nederste del. Disse arbejder skal ligeledes udføres i forbindelse med etableringen af NHT.

Anlægsarbejdet ved tilslutningen er beskrevet nærmere i afsnit 7.5

5.3 Trafiksimulering

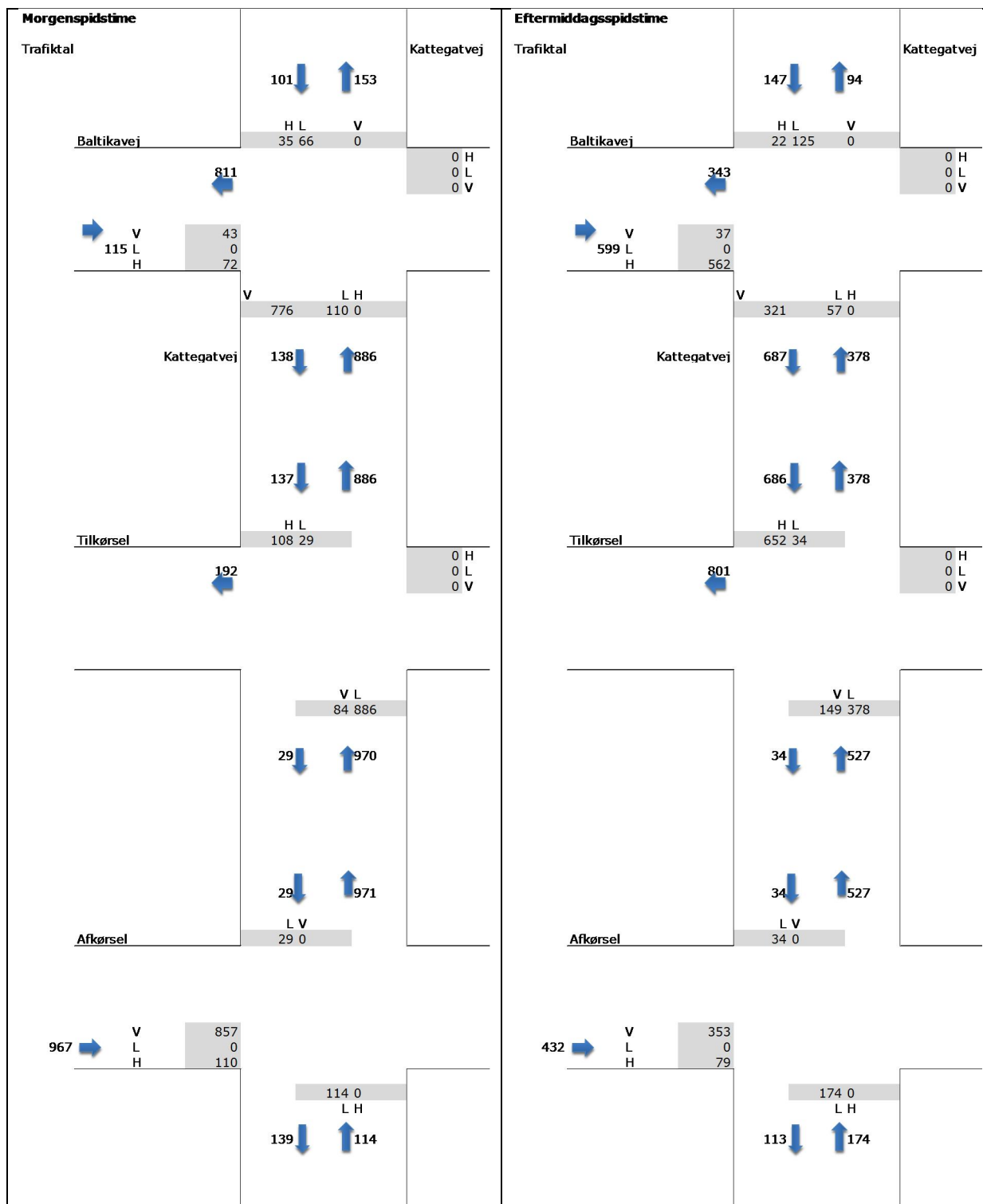
Trafikafviklingen ved tilslutningsanlægget på Nordhavn samt de tilstødende kryds er belyst ved brug af mikrosimulering. Resultaterne af simuleringerne er anvendt som dimensioneringsgrundlag for bl.a. antal og længde på svingbaner samt signalindstillinger i kryds. Trafikafviklingen og fremkommeligheden i de signalregulerede kryds er, som beskrevet i afsnit 2, vurderet ved angivelse af serviceniveau samt kødannelse. Serviceniveauet er for de enkelte svingbevægelser beskrevet ved indeks A-F jf. Tabel 2-1.

For hvert tunnelforslag er der på baggrund af OTM beregningerne opstillet et trafikalt grundlag til brug for trafiksimuleringerne. I hvert kryds er beregnet de enkelte svingbevægelser for henholdsvis morgen- og eftermiddagsspidstimerne.

I Figur 5-4 er vist trafiktal for svingbevægelserne i henholdsvis morgen- og eftermiddagsspidtimen for Tunnelforslag A for åbningsåret 2025. Disse input er brugt til at belyse trafikafviklingen i krydset Kattegatvej/Baltikavej samt ved tilslutningsanlægget.

For hver svingbevægelse er den gennemsnitlige forsinkelse (i sek), serviceniveauet samt kølængden som gennemsnit og max (i m) beregnet. Desuden er krydsets samlede serviceniveau beregnet.

For Vejtunnelforslag A fremgår de detaljerede resultater af Figur 5-5 til Figur 5-8. For Vejtunnelforslag B, C og D er givet en beskrivelse af de bagvedliggende resultater, mens de detaljerede opgørelser af forsinkelser og kølængder ikke er medtaget i denne rapport.



Figur 5-4 - Svingbevægelser i kryds – Tunnelforslag A – 2025.

A - 2025 - Morgen		Forsinkelse (sek)		Kø (m)	
		Gennemsnit		Gennemsnit	Max
Baltikavej Vest	Højre	A	9	1	21
	Ligeud	A	0	2	23
	Venstre	C	33	2	23
Kattegatvej Nord	Højre	A	0	2	25
	Ligeud	C	22	2	25
	Venstre	C	24	1	18
Oceanvej Øst	Højre	A	0	0	0
	Ligeud	A	0	0	0
	Venstre	A	0	0	0
Kattegatvej Syd	Højre	A	0	0	0
	Ligeud	A	1	0	14
	Venstre	A	4	1	56
Kryds total		A	7		

Figur 5-5 - Trafikafvikling og serviceniveau for Tunnelforslag A – 2025 - Morgen for krydset ved Baltikavej.

A - 2025 - Morgen		Forsinkelse (sek)		Kø (m)	
		Gennemsnit		Gennemsnit	Max
Frakørselsrampe Vest	Højre	B	12	74	365
	Venstre	D	35	74	365
Kattegatvej Nord	Højre	A	2	0	13
	Ligeud	C	22	1	22
Kattegatvej Syd	Ligeud	B	17	2	27
	Venstre	B	19	2	27
Kryds total		C	28		

Figur 5-6 - Trafikafvikling og serviceniveau for Tunnelforslag A – 2025 - Morgen for rampekrydset.

A - 2025 - Eftermiddag		Forsinkelse (sek)		Kø (m)	
		Gennemsnit		Gennemsnit	Max
Baltikavej Vest	Højre	C	25	20	161
	Ligeud	D	36	1	14
	Venstre	D	37	1	14
Kattegatvej Nord	Højre	C	23	0	9
	Ligeud	C	28	5	44
	Venstre	E	75	2	24
Oceanvej Øst	Højre	A	0	0	3
	Ligeud	C	33	1	6
	Venstre	A	0	0	0
Kattegatvej Syd	Højre	A	0	0	0
	Ligeud	A	3	0	8
	Venstre	A	4	0	38
Kryds total		B	19		

Figur 5-7 - Trafikafvikling og serviceniveau for Tunnelforslag A – 2025 - Eftermiddag for krydset ved Baltikavej.

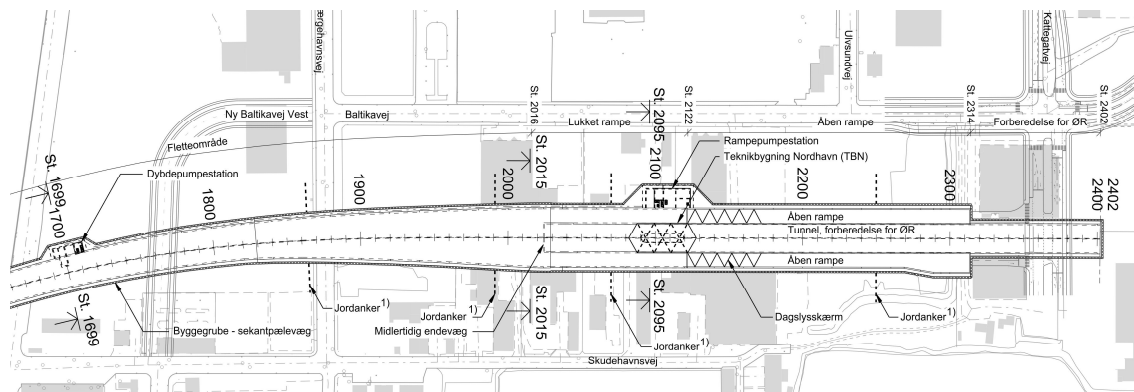
A - 2025 - Eftermiddag		Forsinkelse (sek)		Kø (m)	
		Gennemsnit		Gennemsnit	Max
Frakørselsrampe Vest	Højre	B	12	7	74
	Venstre	B	15	7	74
Kattegatvej Nord	Højre	A	5	4	77
	Ligeud	B	16	0	19
Kattegatvej Syd	Ligeud	B	17	5	44
	Venstre	D	39	5	44
Kryds total		B	13		

Figur 5-8 - Trafikafvikling og serviceniveau for Tunnelforslag A – 2025 - Eftermiddag for rampekrydset.

5.4 Tunnelforslag A: Kattegatvej med forberedelse for ØR

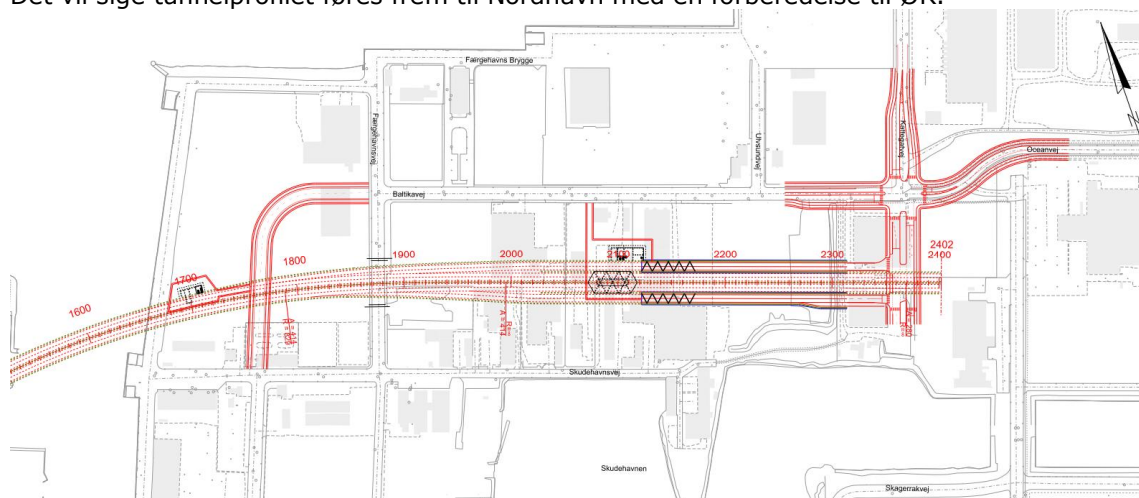
5.4.1 Generelt

Denne løsning vurderes fordelagtig i forhold til helhedsplanen for Nordhavn. Der føres selvstændige ramper op til terræn på ydersiderne af vejtunnelen, samtidig med at vejtunnelen (blind vejtunnelende) føres videre frem til lige efter krydsningen af Kattegatvejs forlængelse.



Figur 5-9 - Vejtunnelforslag A - Oversigtsplan for Nordhavn. Ramper placeres i st. 2.314, og vejtunnelen føres frem til st. 2.402.

Det vil sige tunnelprofilen føres frem til Nordhavn med en forberedelse til ØR.



Figur 5-10 - Vejtunnelforslag A, Kattegatvej, på Nordhavn.

Der placeres en dybde pumpestation i st. 1.700. Ny Baltikavej Vest føres over vejtunnelen i st. 1.765. Teknikbygning (Teknikbygning Nordhavn - TBN) og rampepumpestation placeres i st. 2.100.

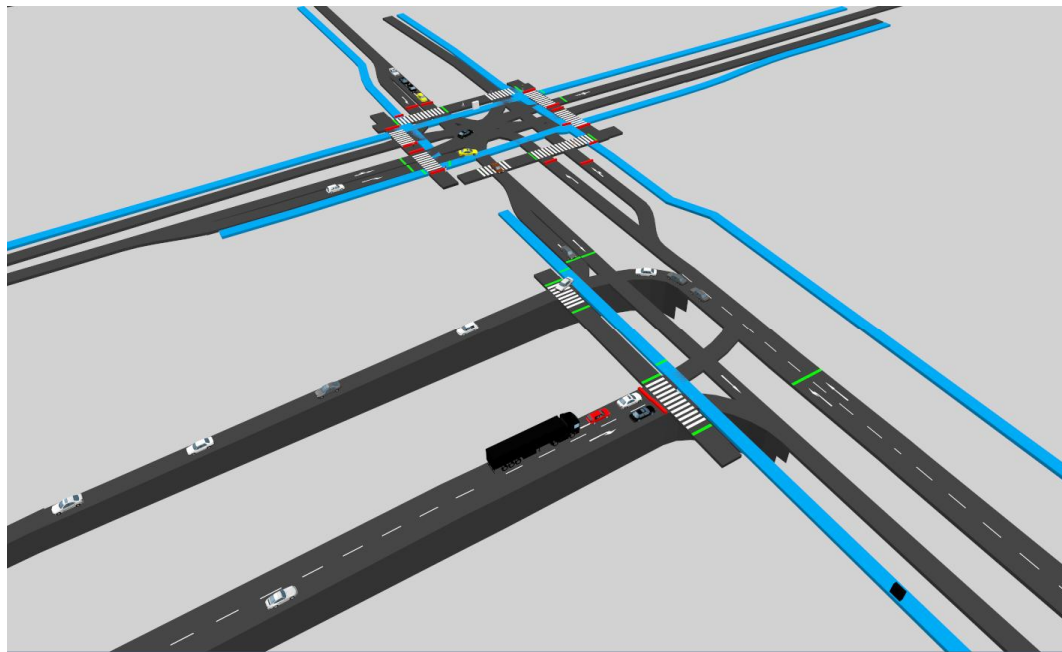
Ramperne føres op til kote + 3,05 i tilslutningsanlægget i st. 2.314. Eksisterende Kattegatvejs forlængelse mod syd skæres i st. 2.367.

Længdeprofilen etableres med en stigning på min. 4-5 promille og max. 35 promille på vejtunnelen og max. 50 promille på ramperne. Med den maksimalt mulige stigning på 50 promille op til den besluttede kote + 3,05 i tilslutningsanlægget vil den samlede tunnellængde til Nordhavn blive 1.314 m.

Den blinde vejttunnelende føres frem til ca. st. 2.402, svarende til en samlet tunnel længde inkl. den blinde vejttunnelende på 1.402 m.

5.4.2 Trafikafvikling

Til vurdering og optimering af trafikafviklingen i åbningsåret 2025 er anvendt trafikberegningerne fra scenariet 2025.



Figur 5-11 – Vejttunnelforslag A, Kattégatvej 2015 med forberedelse for ØR.

På baggrund af de forventede trafiktal i tilslutningsanlægget ved Kattégatvej er der anbefalet ovenstående geometri for krydsene Baltikavej-Kattégatvej og rampetilslutningen.

For at sikre en god og trafiksikker afvikling anbefalet følgende udformning:

- Afstanden mellem krydsene bør være min. 55 m målt fra tilkørselsrampen til cykelstien på Baltikavej for at sikre et tilstrækkeligt opmarcheareal, således at der ikke opstår tilbagestuvning mellem krydsene;
- Fodgængere bør ikke krydse Kattégatvej ved det nordlige rampekryds idet afstanden mellem fodgængerfelterne herved kun bliver ca. 30 m, hvilket ikke giver magasinplads nok mellem signalerne. Fodgængere skal derfor krydse Kattégatvej enten ved det sydlige rampekryds eller ved Baltikavej;
- Der er modelleret med ét spor på tilkørselsrampen, da der afviklingsmæssigt ikke er behov for flere spor med de forudsatte trafikbelastninger i åbningsåret. At tilføje et ekstra spor vil ikke påvirke kapaciteten.

Med de forventede trafiktal og ovenstående udformning kan trafikken i morgenspidstimen afvikles med serviceniveau C i rampekrydset, mens krydset ved Baltikavej har et serviceniveau A. Flere svingbevægelser, særligt venstresvinget fra frakørselsrampen har et dårligere serviceniveau i forhold til det generelle serviceniveau i krydsene.

I eftermiddagsspidstimen afvikles trafikken med serviceniveau B i begge kryds. Venstresvingende fra Kattégatvej mod Oceanvej oplever et væsentligt ringere serviceniveau i forhold til krydsets øvrige vejgrene. Det skal bemærkes at det ikke gør sig gældende i køen, hvor der i gennemsnit holder maksimalt 1 bil i kø.

Det vurderes, at man med trafikstyringsfunktioner kan optimere trafikafviklingen og reducere disse kødannelser. Dette håndteres i en senere fase af projektet.

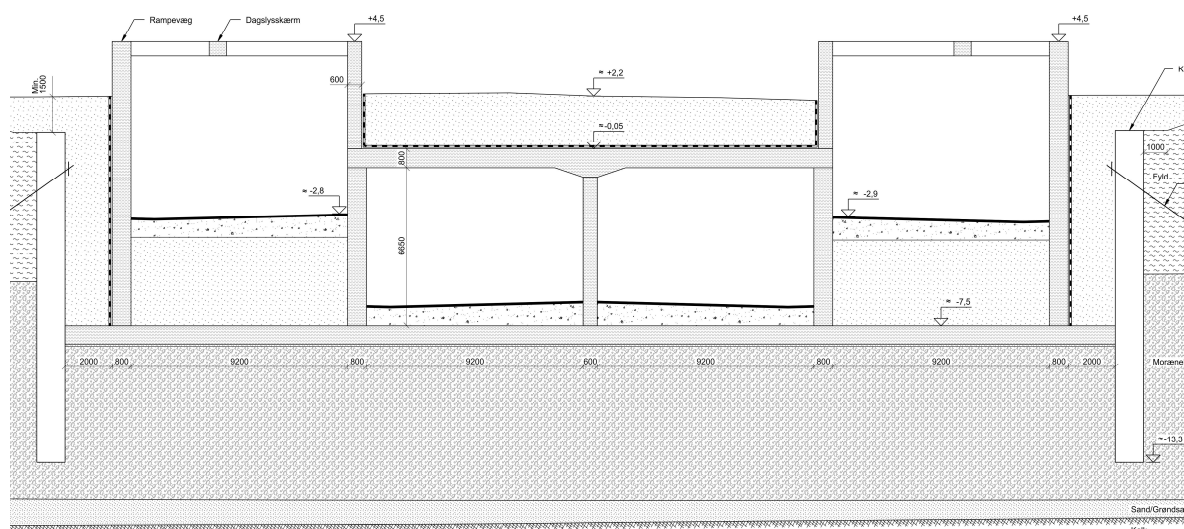
5.4.3 Tunnelanlæg

Vejtunnelen anlægges som en Cut & Cover tunnel, med mulighed for sænketunnel på delstrækningen under Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet. Plan og længdesnit af vejtunnelen kan ses i tegningsbilag /3/.

Vejtunnelen udføres som standard tunneltværsnit fra st. 1.000 – st. 1.648, hvor fletteområdet starter. Herefter øges det frie spænd i hvert tunnelrør fra 9,2 m til 19,0 m fra st. 1.648 – st. 2.016, hvor tværsnittet bliver konstant ind til st. 2.024. I fletteområdet sænkes bundpladen 0,25 m, så den indvendige højde i konstruktionen øges fra 6,65 m til 6,9 m. Dette gøres af hensyn til at opretholde vejens tværfald på 25 promille i fletteområdet.

Af hensyn til rørføringer mv. fastholdes en minimums afstand fra overside tunnelbund til overside vejbelægning på 800 mm. I samme område øges tykkelsen på bundplade og topplade fra 0,8 til 1,2 m, mens vægtykkelsen af ydervægge øges fra 0,8 til 1,0 m pga. lastniveauet under Nordhavn (3-8 m jorddække) samt den øgede spændvidde i konstruktionen.

Fra st. 2.024 til st. 2.122 forsættes vejtunnelen i 4 lukkede rør med et fortsættende standard-tunneltværsnit i midten (tilslutningstunnel til ØR) og ramper på hver side af denne, hvor vejen føres til terræn. På strækningen st. 2.122 – st. 2.314 er der åbne ramper på siden af vejtunnelen, så der kun vil være jorddække på tilslutningstunnelen, som føres videre under Kattegatvej til st. 2.402.



Figur 5-12 - Tværsnit i rampe og tunnelkonstruktion ved forberedelsen for ØR på Nordhavn.

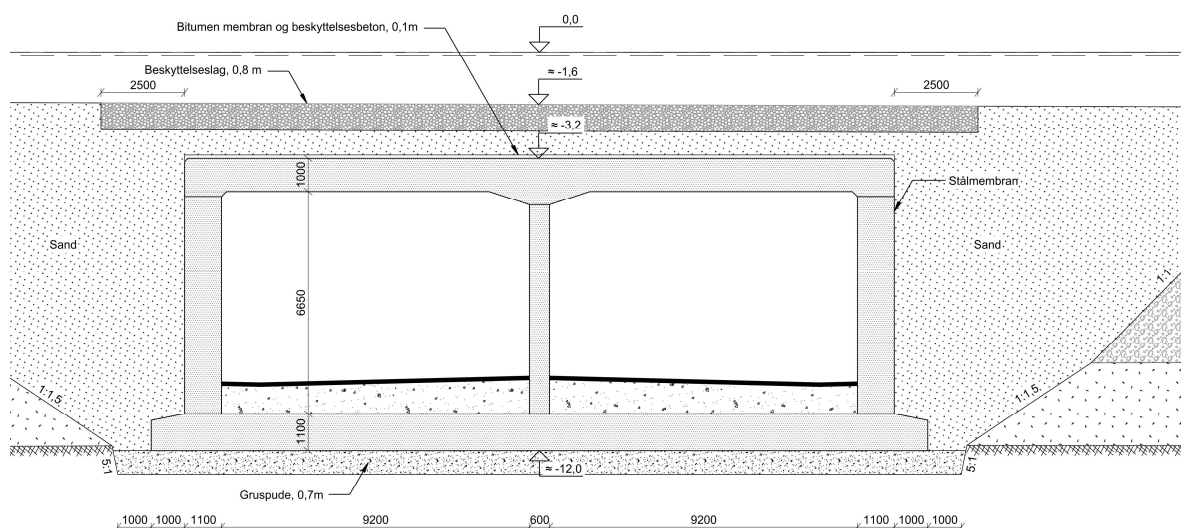
Bundpladen for rampekonstruktionen fortsættes i samme niveau som tilslutningstunnelen for ØR. Herved opretholdes en enkel geometri i tværsnittet, så hele bundpladen for et segment kan støbes i en arbejdsgang, og antallet af lodrette støbeskel minimeres. Desuden undgås indbygning af sandpude eller pælefundering af rampedelen, da hele konstruktionen vil være funderet på bæredygtigt jordlag. Fremgangsmåden giver dog øget materialeforbrug for konstruktionen i form af højere vægge og opfyld indvendigt i rampen, som dog vurderes opvejet af de kvalitets- og tidsmæssige fordele, der opnås ved at opretholde en enkel geometri. Dette forhold skal optimeres i senere projekteringsfaser.

Konstruktionstykkelserne i rampeområdet reduceres til 0,8 m. En forudsætning herfor er dog at dagslysskærmen, der etableres på de første ca. 50 m, når rampen åbner op, kan benyttes konstruktivt, så der opnås en afstivende effekt i toppen af de udvendige rampevægge, se Figur 5-12. Det er samtidig en forudsætning, at der udføres ballastbeton oven på opfyldet i ramperne, som ligeledes kan benyttes som afstivning af udvendige vægge. Indførsel af nævnte forudsætninger minimerer materialeforbruget i de udvendige vægge og sikrer vægkonstruktionen mod uacceptabel udbøjning. I det åbne rampeområde kan tykkelsen af rampevæggen oven på vejtnellen reduceres til 0,6 m.

Armeringsgraden i konstruktionerne er i høj grad styret af krav til vandtæthed og levetid, og som det er tilfældet på Nordhavnsvej konstruktionerne, forventes gangske høje armeringsgrader for at sikre levetiden på 120 år.

Opdriftsstabiliteten sikres i hovedparten af vejturen alene ved konstruktionsbeton, ballastbeton, jorddække og en 2m tå på hver side af konstruktionen. I rampeområdet og tilslutningstunnel for ØR, hvori der ikke udføres ballastbeton før vejturen føres videre til Refshaleøen, er det nødvendigt at sikre opdriftsstabiliteten ved supplerende permanente jordankre på strækningen st. 2.025 – st. 2.150 og i den blinde vejturende under Kattegatvej på strækningen st. 2.314 – st. 2.402.

Delstrækningen under Svanemøllehavnen kan udføres som sænketunnel med et overgangstykke som Cut & Cover ved tilslutningen til Nordhavnsvej i vest og tilslutningen til tunneldelen under Nordhavn i øst. Sænketunnelen kan f.eks. udføres af 5 tunnelelementer, hvor de 4 installeres i sammenhæng mod vest mod Nordhavnsvej tunnelen og det sidste installeres mod øst, hvilket efterlader et mellemrum mellem de to sidste elementer på 2 m, som udstøbes (closure joint) så de to sidste elementer bliver til ét. Derved vil der være 4 elementer á ca. 150m. Tunnelelementerne kan da forventes udført i segmenter af ca. 16 m med fugebånd i støbeskel mellem alle støbninger. Bevægelsesfugerne mellem tunnelelementerne forventes udført med traditionel samlingsmetode for sænketunneler i form af Gina og Omega profiler (dobbelt vandtætning). Afgørende for tunneltværsnittet for sænketunnelen er opdriftsstabiliteten i den midlertidige fase, herunder stabiliteten under flådnings af elementet samt ved installation af vejttunnelen i Svanemøllehavnen. Konstruktionstykkelserne er derfor øget i sammenlignet med Cut & Cover løsningen i havnekrydsningen, hvor toppladen er 1,0 m mens ydervægge og bundpladen er 1,1 m. Desuden etableres en tå på 1,0 m på hver side af vejttunnelen.



Figur 5-13 - Tværsnit i Sænketunnel i Syanemøllehaynen.

Da vandtætheden af sænketunnelen sikres ved stålmembran på bundplade og ydervægge samt bitumenmembran på toppladen i hele konstruktionens levetid, stilles ikke samme designkrav til

vandtætheden af betonkonstruktionen som ved Cut & Cover løsningen. Desuden giver den forøgede godstykkelse af de enkelte konstruktionsdele en større kapacitet i forhold til holdbarhed og brud, hvormed der forventes relativt lavere armeringsgrader end for Cut & Cover. Armeringsgraden forventes at ligge i omegnen 130-145 kg/m³ for de enkelte konstruktionsdele i sænketunnelen.

5.4.4 Afvanding og pumpestationer

Generelle forhold om afvanding og pumpestationer er anført i afsnit 2.7.

Dybdepumpestationen er placeret inden for kajkanten ved Kalkbrænderiløbet, nord for vej-tunnelen. Rampepumpestationen er placeret ca. 250 m øst for Kattegatvej. De forudsatte afledningspunkter er markeret på tegning.

Der sker afledning til recipienter følgende steder, som vist i tegningsbilaget /3/:

- Fra dybdepumpestationen dimensioneret for 127 l/s. Dette afledes til Forsyningsselskabets spildevandssystem nord for vej-tunnelen;
- Fra Rampepumpestationen dimensioneret for 105 l/s. Dette afledes til Forsyningsselskabets regnvandssystem nord for vej-tunnelen;
- Vejvand fra øverste del af rampen samt Kattegatvej, Baltikavej og Oceanvej: I alt ca. 1,64 ha vejareal, svarende til 348 l/s for en 2 års regnhændelse. Vejvandet forventes ved gravitation afledt til forsyningsselskabets regnvandssystem i projektgrænserne.

5.4.5 Vejanlæg på Nordhavn

Generelt arbejdes med en kompakt udformning af tilslutningsanlægget under hensyntagen til ønsket om at beslaglægge mindst muligt areal.

Vejanlægget på Nordhavn består af to 2-sporet åbne ramper (i trug) som føres til terræn på ydersiden af vej-tunnelen.

Ramperne føres op i et nyt signalanlæg ved Kattegatvejs forlængelse. Krydset længere mod nord - Baltikavej/Kattegatvej - udbygges med signalanlæg.

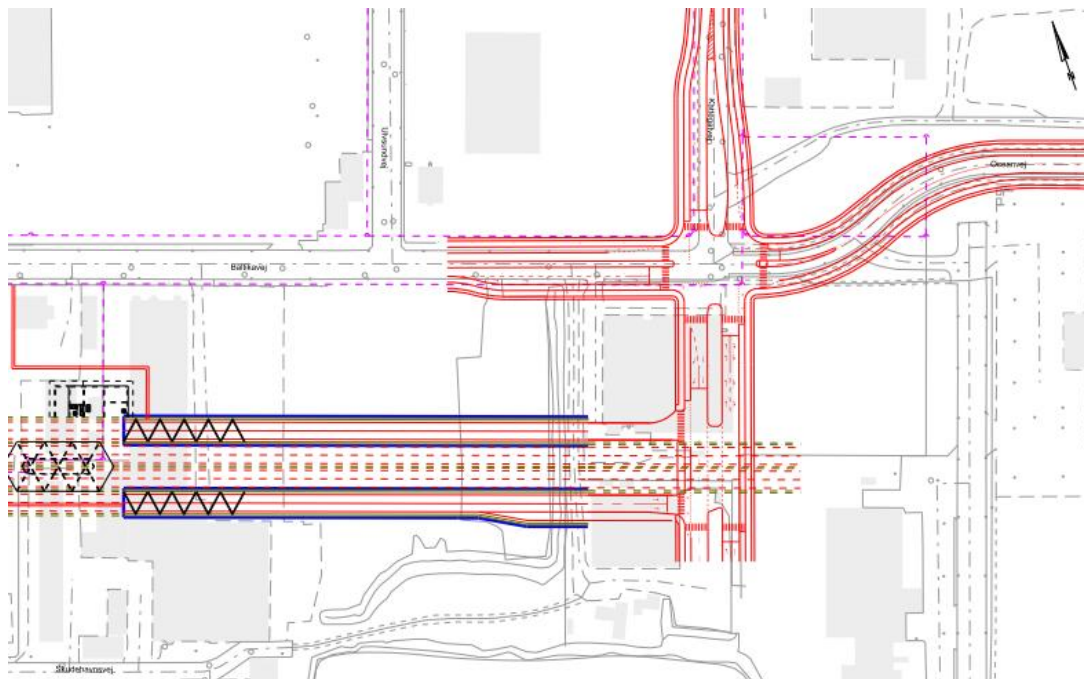
Ved teknikbygning og pumpestation etableres adgangsvej og P-arealer.

De sidste 100 m før krydset er der behov for en ekstra svingbane på frakørsel fra Nordhavnstunnelen. Dette betyder behov for en sideudvidelse af den åbne tunnelrampe på de sidste ca. 40 m af konstruktionen.

Kryds på Nordhavn

De to nye kryds på Nordhavn udformes som vist Figur 5-14. Kattegatvej etableres i åbningsåret med 4 spor hvor vej-tunnelen afsluttes på Nordhavn. Baltikavej udbygges til 3 spor i krydsområdet.

I åbningsåret for NHT kan fodgængere krydse på tværs af Kattegatvej i niveau ved de sydlige ramper. Ønskes der en krydsning på nordsiden bør den være ude af niveau på en bro over vejen eller i en tunnel under vejen.



Figur 5-14 - Vejtunnelforslag A, Kattegatvej.

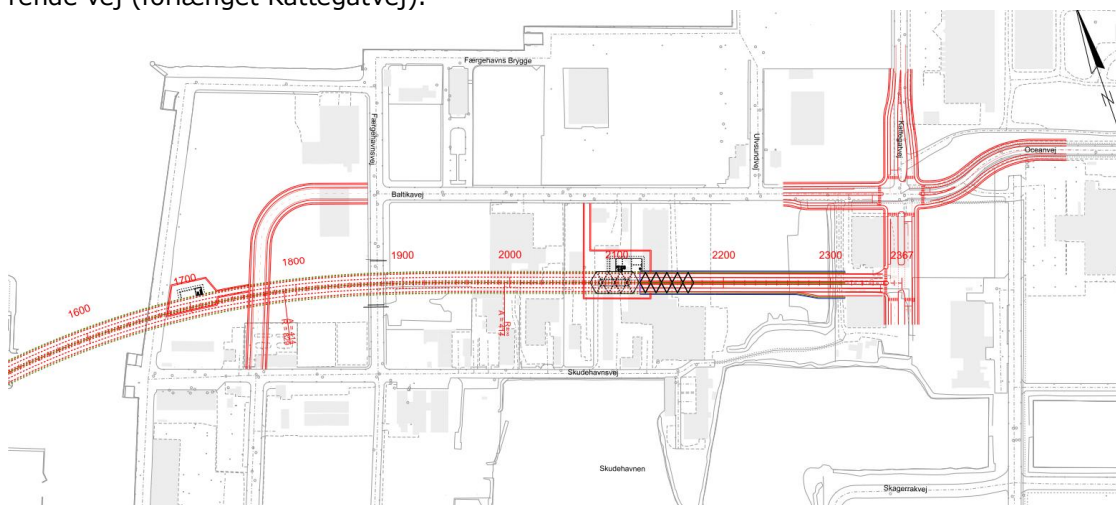
5.5 Tunnelforslag B: Kattegatvej uden forberedelse for ØR

5.5.1 Generelt

En placering af tilslutningsanlæg i Kattegatvej er den mest optimale placering i forhold til helhedsplanen for Nordhavn. Tunnelprofilet føres via ramper direkte op til terræn uden en forberedelse til ØR.

Tilslutningsanlægget placeres i linje med eksisterende Kattegatvejs forlængelse i st. 2.367. Der vil i åbningsåret ikke være forbindelse mod syd i tilslutningsanlægget og der etableres derfor ikke adgang for lette trafikanter.

Vejkrydset/tilslutningsanlægget på Nordhavn etableres med cykelstier og fortov langs den skærende vej (forlænget Kattegatvej).



Figur 5-15 - Vejtunnelforslag B, Kattegatvej, på Nordhavn.

Der placeres en dybdepumpestation i st. 1.500. Ny Baltikavej Vest føres over vejttunnelen i st. 1.765. Teknikbygning og rampepumpestation placeres i st. 2.100.

Ramperne føres op til kote + 3,05 i tilslutningsanlægget i st. 2.314. Eksisterende Kattegatvejs forlængelse mod syd skæres i st. 2.367. Den samlede tunnellængde (inkl. ramper) til Nordhavn bliver 1.314 m.

Længdeprofilen etableres med en stigning på min. 4-5 promille og max. 35 promille på vejttunnelen og max. 50 promille på ramperne.

5.5.2 Trafikafvikling

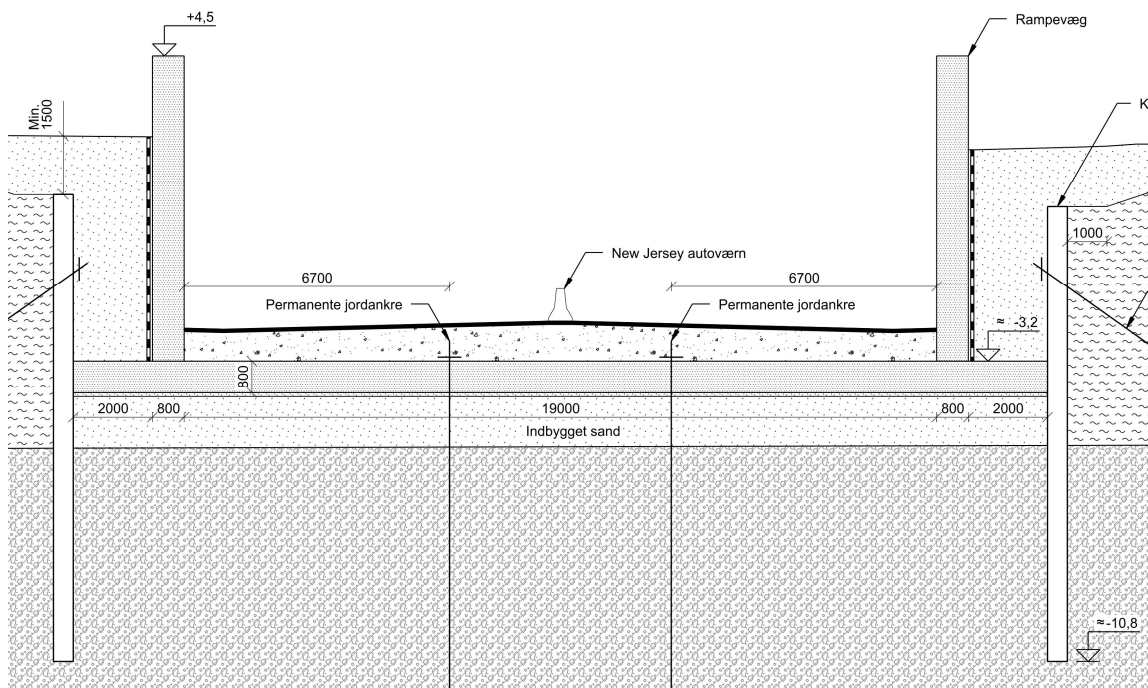
De trafikale forudsætninger i åbningsåret for Tunnelforslag B svarer til Tunnelforslag A, se kapitel 5.4.2.

5.5.3 Tunnelanlæg

Vejtunnelen anlægges som en Cut & Cover tunnel, med mulighed for sænketunnel på delstrækningen under Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet. Plan og længdesnit af vej tunnelen kan findes i tegningsbilaget /3/. For strækningen under havnen, se også beskrivelsen for vej tunnelforslag A

Vejtunnelen udføres som standard tunneltværsnit fra st. 1.000 – st. 2.122, hvor rampen åbner op. Fra st. 2.122 – st. 2.314 er rampen således åben med midtervæg og dagslysskærm på de første ca. 50m fra rampen åbner op.

Alle konstruktionstykker i vejttunnelen er 0,8m. En forudsætning herfor er dog, at dagslysskærmen kan benyttes konstruktivt, så der opnås en afstivende effekt i toppen af de udvendige rampevægge. Herved minimeres materialeforbruget i de udvendige vægge samtidig med uacceptable udbøjninger undgås.



Figur 5-16 - Tværsnit i åben rampe på Nordhavn. Løsning B uden forberedelse for ØR.

Da bundpladen af konstruktionen følger vejens forløb vil undersiden af bundpladen for størstedelen af den åbne rampe ligge i det ikke funderingsegnete fyldlag på Nordhavn. Erfaringsmæssigt er det rentabelt at bortgrave fyldjord og indbygge sandpude som funderingslag indtil lagtykkelser

på 3 m, hvorefter pælefundering er mere egnet. Derfor udføres pælefundering af konstruktionen fra st. 2.230 – st. 2.314. Der anvendes i den forbindelse betonpæle 350x350mm, som føres ca. 3m ned i bæredygtig moræneler. Dette forhold skal optimeres i senere projekteringsfaser.

Opdriftsstabiliteten sikres i hovedparten af vejtunnelen alene ved konstruktionsbeton, ballastbeton, jorddække og en 2m tå på hver side af konstruktionen. I området, hvor rampen åbner op fra st. 2.110 – st. 2.210, er det dog nødvendigt at sikre opdriftsstabiliteten ved at supplere med permanente jordankre.

5.5.4 Afvanding og pumpestationer

Generelle forhold om afvanding og pumpestationer er anført i afsnit 2.7.

Dybdepumpestationen er placeret inden for kajkanten ved Kalkbrænderiløbet, nord for vejtunnelen. Rampepumpestationen er placeret ca. 250m vest for Kattegatvej. De forudsatte afledningspunkter er markeret på tegning.

Der sker afledning til recipienter følgende steder, som vist i tegningsbilaget /3/:

- Fra dybdepumpestationen dimensioneret for 127 l/s. Dette afledes til forsyningsselskabets spildevandssystem nord for vejtunnelen;
- Fra Rampepumpestationen dimensioneret for 105 l/s. Dette afledes til Forsyningsselskabets regnvandssystem nord for vejtunnelen;
- Vejvand fra øverste del af rampen samt Kattegatvej, Baltikavej og Oceanvej: I alt ca. 1,64 ha vejareal, svarende til 348 l/s for en 2 års regnhændelse. Vejvandet forventes ved gravitation afledt til forsyningsselskabets regnvandssystem i projektgrænserne.

5.5.5 Vejanlæg på Nordhavn

Vejanlægget på Nordhavn består af en 4-sporet åben rampe i et trug, som føres op i terræn. Der tilsluttes i et nyt signalanlæg ved Kattegatvej (Kattegatvejs forlængelse).

Krydset Baltikavej/Kattegatvej bliver nu et fire-benet kryds og udbygges med signalanlæg.

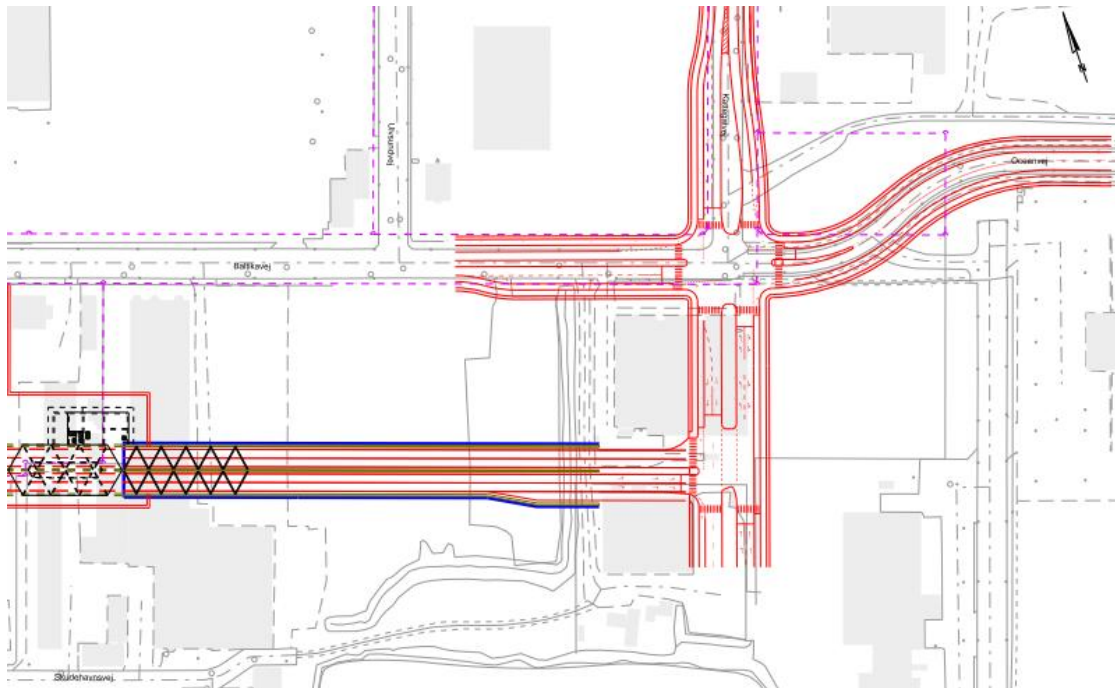
Ved teknikbygning og pumpestation etableres adgangsvej og P-arealer.

Kryds på Nordhavn

De to nye kryds på Nordhavn udformes som vist på Figur 5-17. Kattegatvej etableres i åbningsåret med 4 spor, hvor vejtunnelen tilsluttes Nordhavn (Kattegatvejs forlængelse). Herudover udbygges Baltikavej til 3 spor i krydsområdet.

Tunnelrampen til Nordhavn tilsluttes med 2 + 3 spor således, at der tilføjes en ekstra højresvingbane.

I åbningsåret for NHT kan fodgængere krydse på tværs af Kattegatvej i niveau ved de sydlige ramper. Ønskes der en krydsning på nordsiden bør den være ude af niveau på en bro over vejen eller i en tunnel under vejen.



Figur 5-17 - Vejtunnelforslag B, Kattegatvej.

5.6 Tunnelforslag C: Færgehavsvej med forberedelse for ØR

5.6.1 Generelt

Tilslutningsanlæg placeret øst for Færgehavsvej er den korte løsning til Nordhavn. I denne løsning føres der selvstændige ramper op til terræn på ydersiden af vejtunnelen, samtidigt med at vejtunnelen (blind vejtunnelende) føres videre frem til lige efter krydsningen af den skærende vej som forberedelse for en kommende Østlig Ringvej.

Der anlægges et nyt 3-benet signalreguleret kryds, hvor den skærende vej tilsluttes Baltikavej.

Tilslutningsanlægget placeres ca. 160 m øst for eksisterende Færgehavsvej svarende til st. 2.033, og den blinde vejtunnelende føres frem til ca. st. 2.063.

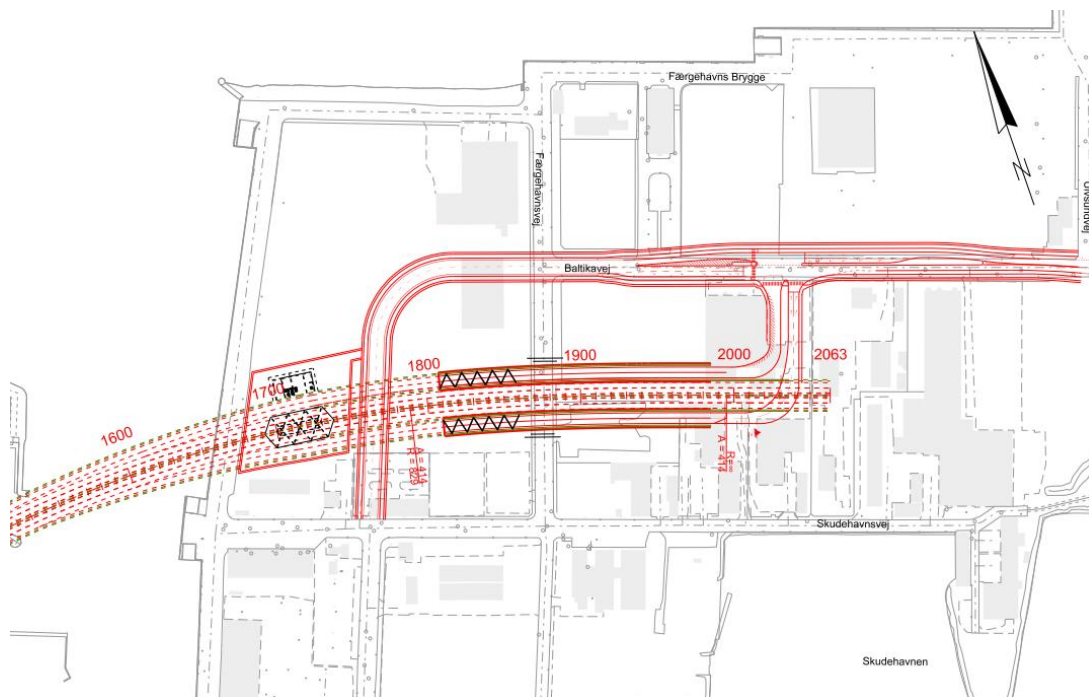
Vejkrydset/tilslutningsanlægget på Nordhavn etableres ikke med cykelstier og fortov langs den skærende vej.

Generelt arbejdes med en kompakt udformning af tilslutningsanlægget under hensyntagen til ønsket om at beslaglægge mindst muligt areal.

Der placeres en dybde pumpestation i st. 1.500. Ny Baltikavej Vest føres over vejtunnelen i st. 1.765. Teknikbygning og rampepumpestation placeres i st. 1.700.

Længdeprofilen etableres med en stigning på min. 4-5 promille og max. 35 promille på vejtunnelen og max. 50 promille på ramperne.

Vejtunnelen føres op til kote + 3,05 ved tilslutningsanlægget i st. 1.985. Tilslutningsvejen placeres i st. 2.033.

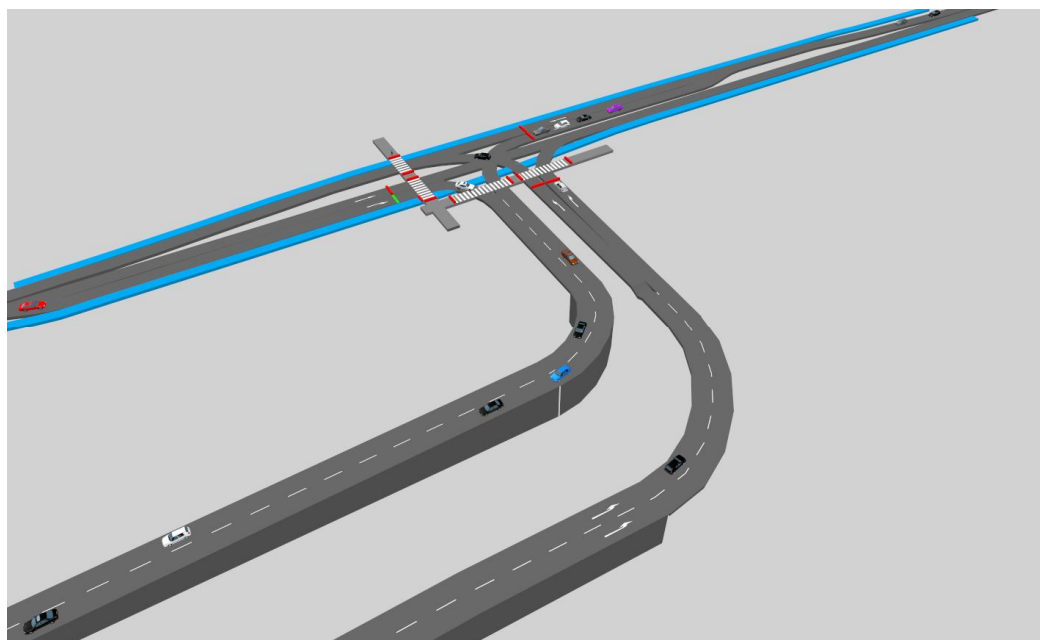


Figur 5-18 – Vejtunnelforslag C, Færgehavnsvej, på Nordhavn.

Kravet om en min. vanddybde i Kalkbrænderiløbet og en maksimale tilladelige stigning på 50 promille op til den besluttede kote + 3,05 i tilslutningsanlægget medfører at tilslutningen til vejnettet på Nordhavn først kan ske ca. 160 m øst for Færgehavnsvej med en samlet tunnellængde til Nordhavn på 985 m. Dermed vil tilslutningsanlægget blive placeret i st. 2.033. Den blinde vejtunnelende føres frem til ca. st. 2.063, svarende til en samlet tunnel længde inkl. den blinde vejtunnelende på 1.063 m.

5.6.2 Trafikafvikling

Til vurdering og optimering af trafikafviklingen i åbningsåret for NHT er anvendt trafikberegninger fra scenariet 2025.



Figur 5-19 - Vejtunnelforslag C, Færgehavnsvej 2015 med forberedelse for ØR.

På baggrund af de forventede trafiktal i tilslutningsanlægget øst for Færgehavnsvej er der skitseprojekteret en geometri for krydsningen mellem den nye skærende vej og Baltikavej. Denne kan ses i tegningsbilaget /3/.

For at sikre en god og trafiksikker afvikling anbefales følgende udformning:

- Afstanden fra tilkørselsrampen til cykelstien på Baltikavej bør være min. 55 m for at sikre et tilstrækkeligt opmarchareal, således at der ikke opstår tilbagestuvning i vejtunnelen;
- Fodgængere kan færdes i krydset med Baltikavej ved to fodgængerovergange, men skal krydse gennem flere omløb pga. prioritering af biltrafikken samt korte grøntider.

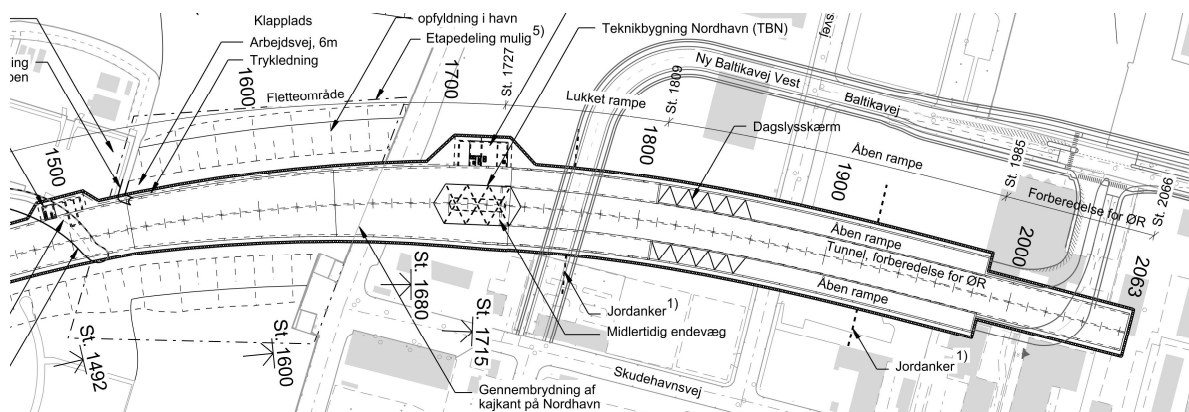
Med de forventede trafiktal og ovenstående udformning kan trafikken i morgenspidstimen afvikles med serviceniveau C. To svingbevægelser, særligt venstresvinget fra Baltikavej har et dårligere serviceniveau i forhold til det generelle serviceniveau i krydset.

I eftermiddagssituationen afvikles trafikken med serviceniveau B. Forsinkelsen i de enkelte svingbevægelser er ikke meget afgivende i forhold til den generelle forsinkelse i krydset.

Det vurderes at man med trafikstyringsfunktioner kan optimere trafikafviklingen og reducere disse kødannelser. Dette håndteres i en senere fase af projektet.

5.6.3 Tunnelanlæg

Vejtunnelen anlægges som en Cut & Cover tunnel. En sænketunnelløsning i havnekrydsningen er ikke hensigtsmæssig, da vejtunnelen har et meget varierende tværsnit i havnekrydsningen pga. fletteområdet samt en dybdpumpestation i Svanemøllehavnen ved Nordmolen. Plan og længdesnit af vejtunnelen kan ses i tegningsbilaget /3/.



Figur 5-20 - Oversigtsplan for fletteområdet i vejtunnelforslag C.

Vejtunnelen udføres med standard tunneltværsnit fra st. 1.000 – st. 1.351, hvor fletteområdet starter. Herefter øges det frie spænd i hvert tunnelrør fra 9,2 m til 19,0 m over strækningen st. 1.351 – st. 1.719, hvorefter tværsnittet bliver konstant indtil st. 1.727. I fletteområdet sænkes bundpladen 0,25 m, så den indvendige højde i konstruktionen øges fra 6,65 m til 6,9 m for at opretholde muligheden for tværfald på vejen på 25 promille, jf. vejtunnelforslag A. I samme område øges tykkelsen på bundplade og topplade fra 0,8 til 1,4 m, mens vægtykkelsen af ydervægge øges fra 0,8 til 1,0 m pga. den øgede spændvidde i tværsnittet. Til trods for den øgede konstruktionstykkelser til 1,4 m for toppladen og bundpladen, er det nødvendigt at reducere lasten på konstruktion til ca. 2 m jorddække sammenholdt med de 4-7 m, som konstruktionen ligger under eksisterende terræn på Nordhavn. Derfor opfyldes med letfyld indtil ca. 2 m under eksisterende terræn og jordfyld de resterende 2m til terræn.

Fra st. 1.727 til st. 1.809 forsættes vejtunnelen i 4 lukkede rør med et fortsættende standard tunneltværsnit i midten (tilslutningstunnel til ØR) og ramper på hver side af denne, hvor vejen føres til terræn. Fra st. 1.809 til st. 1.985 er der åbne ramper, så der kun vil være jorddække på tilslutningstunnelen, som føres videre under vej i terræn og frem til st. 2.063.

Bundpladen for rampekonstruktionen fortsættes i samme niveau som tilslutningstunnelen for ØR. Herved opretholdes en enkel geometri i tværsnittet, så hele bundpladen for et segment kan støbes i en arbejdsgang, og lodrette støbeskel minimeres. Desuden undgås indbygning af sandpude eller pælefundering af rampedelen, da hele konstruktionen vil være funderet på bæredygtigt jordlag. Fremgangsmåden giver dog øget materialeforbrug for konstruktionen i form af højere vægge og opfyldt indvendigt i rampen, som dog bliver opvejet af de kvalitets- og tidsmæssige fordele, der opnås ved at opretholde en enkel geometri. Dette forhold skal optimeres i senere projekteringsfaser.

Konstruktionstykkelserne i rampeområdet reduceres til 0,8 m. En forudsætning herfor er dog, at dagslysskærmen, der etableres på de første ca. 50 m, når rampen åbner op, kan benyttes konstruktivt, så der opnås en afstivende effekt i toppen af de udvendige rampevægge. Det er samtidig en forudsætning, at der udføres ballastbeton oven på opfyldt i ramperne, som ligeledes kan benyttes som afstivning af udvendige vægge. Indførsel af nævnte forudsætninger minimerer materialeforbruget i de udvendige vægge og sikrer vægkonstruktionen mod uacceptabel udbøjning. I det åbne rampeområde kan tykkelsen af rampevæggen oven på vejtunnelen reduceres til 0,6 m, se også Figur 5-12, vejtunnelforslag A.

Som for de øvrige vejtunnelforslag, styres armeringsgraden i standardtværsnittet især af krav til vandtæthed og levetid. Undtaget er dog blandt andet fletteområdet, hvor de store spænd stiller store styrkemæssige krav til konstruktionerne.

Opdriftsstabiliteten sikres i hovedparten af vejtunnelen alene ved konstruktionsbeton, ballastbeton, jorddække og en 2m tå på hver side af konstruktionen. I rampeområdet og tilslutningstunnel for ØR, hvori der ikke udføres ballastbeton, er det nødvendigt at sikre opdriftsstabiliteten ved supplerende permanente jordankre fra st. 1.750 – st. 1.875 og i den blinde vejtunnelende på strækningen st. 1.985 – st. 2.063. Ved senere støbning af ballastbeton i tilslutningstunnelen for ØR vil behovet for permanente jordankre reduceres.

5.6.4 Afvanding og pumpestationer

Generelle forhold om afvanding og pumpestationer er anført i afsnit 2.8.

Dybdepumpestationen er placeret ved Svaneknoppen, nord for vejtunnelen. Rampepumpestationen er placeret ca. 50 m øst for Kalkbrænderiløbskajen. De forudsatte afledningspunkter er markeret på tegning.

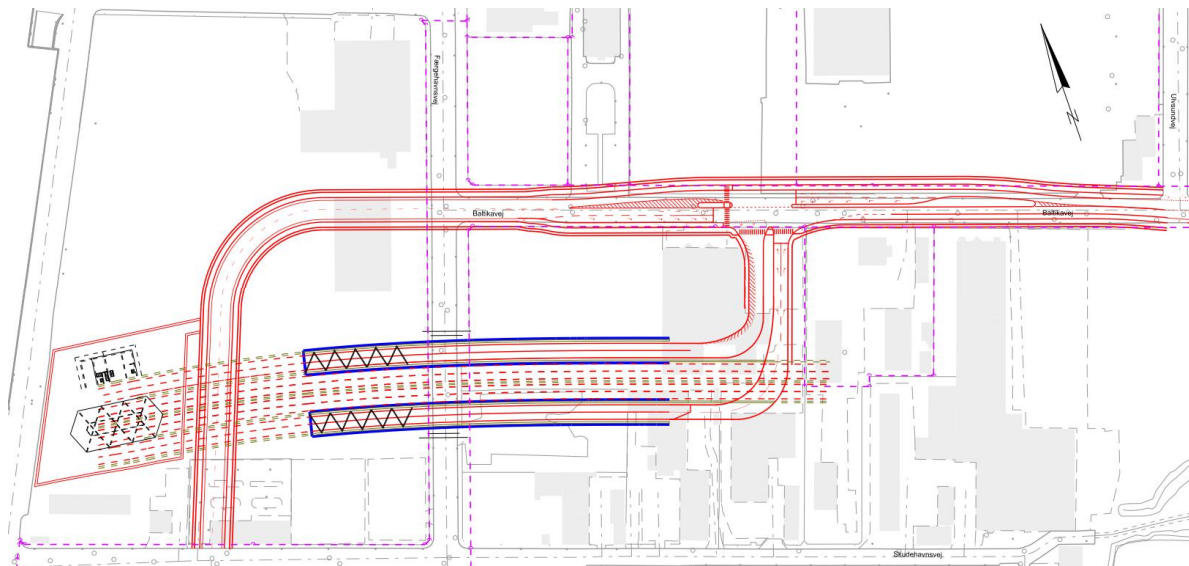
Der sker afledning til recipienter følgende steder, som vist i tegningsbilaget /3/:

- Fra dybdepumpestationen dimensioneret for 127 l/s. Dette afledes til forsyningsselskabets spildevandssystem nord for vejtunnelen.
- Fra Rampepumpestationen dimensioneret for 105 l/s. Dette afledes til Forsyningsselskabets regnvandssystem nord for vejtunnelen.
- Vejvand fra øverste del af rampen samt Kattegatvej, Baltikavej og Oceanvej: I alt ca. 1,64 ha vejareal, svarende til 348 l/s for en 2 års regnhændelse. Vejvandet forventes ved gravitation afledt til forsyningsselskabets regnvandssystem i projektgrænserne.

5.6.5 Vejanlæg på Nordhavn

Vejanlægget på Nordhavn består af to 2-sporede åbne ramper (trug) som føres til terræn på ydersiden af vejtunnelen. I terræn føres vejen i en blød kurve mod nord til den møder Baltikavej. På dette sted etableres et nyt 3-benet kryds. Dette kryds etableres med signalanlæg.

Ved teknikbygning og pumpestation etableres adgangsvej og P-arealer.



Figur 5-21 – Vejtunnelforslag C, Færgehavsvej.

Kryds på Nordhavn

Det nye kryds på Nordhavn udformes som vist på Figur 5-21. Tilslutningsvejen etableres i åbningsåret med 4 spor hvor vejtunnelen tilsluttes Nordhavn. Baltikavej udbygges tilsvarende til 3 spor i krydsområdet.

Trafikmængden i åbningsåret og By & Havns overordnede trafikplan medfører, at der ikke planlægges med en sydgående vejtilslutning. Tilslutningsvejen etableres derfor heller ikke med cykelstier og fortov.

5.7 Tunnelforslag D: Færgehavsvej uden forberedelse for ØR

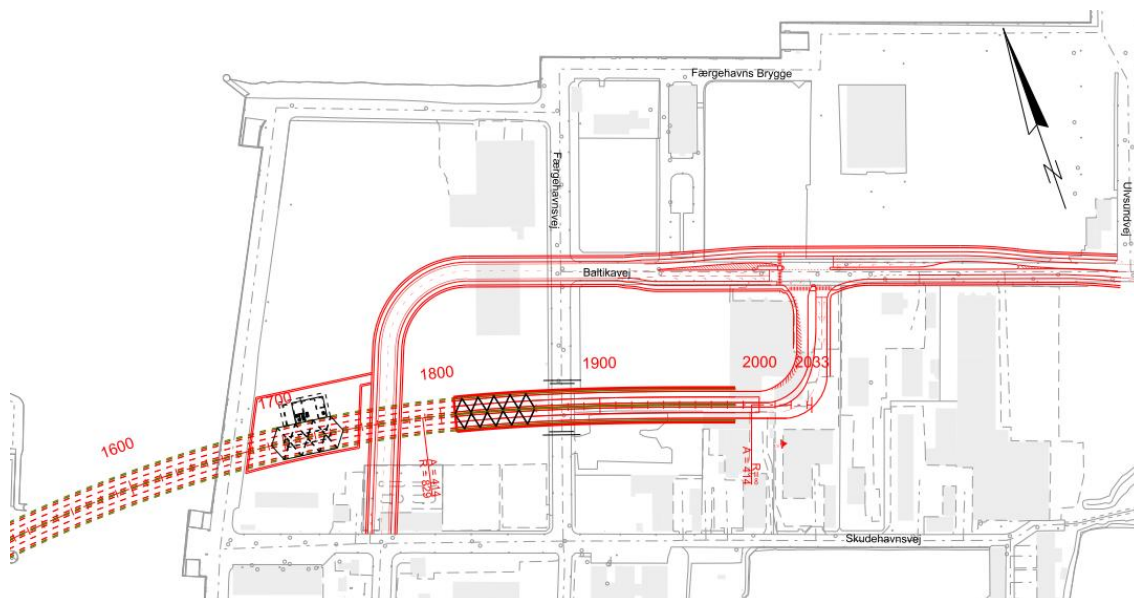
5.7.1 Generelt

Tilslutningsanlæg placeret øst for Færgehavsvej er den kortest mulige løsning for en forbindelse til Nordhavn. Tunnelprofilet føres via ramper direkte til terræn uden en forberedelse til ØR. Tilslutningsanlægget placeres ca. 160 m øst for eksisterende Færgehavsvej svarende til st. 2.033.

Vejkrydset/tilslutningsanlægget på Nordhavn etableres uden cykelstier og fortov langs den skærende vej. Fordi tunnelprofilet føres op til Nordhavn uden en forberedelse for ØR er der ikke selvstændige ramper, det er hele tunnelprofilet, der føres op til overfladen.

Længdeprofilet etableres med en stigning på min. 4-5 promille og max. 35 promille på vejtunnelen og max. 50 promille på ramperne.

Med den maksimale tilladelige stigning på 50 promille op til den besluttede kote + 3,05 i tilslutningsanlægget vil tilslutningen til Nordhavn ske ca. 160 m øst for Færgehavsvej med en samlet tunnellængde 985 m.



Figur 5-22 – Vejtunnelforslag D, Færgehavnsvej, på Nordhavn.

Der placeres en dybdepumpestation i st. 1.500. Ny Baltikavej Vest føres over vejtunnelen i st. 1.765. Teknikbygning og rampepumpestation placeres i st. 1.700. Vejtunnelen føres op til kote + 3,05 i tilslutningsanlægget i st. 1.985. Tilslutningsanlægget forbindes til ny adgangsvej i st. 2.033.

Med en stigning på 50 promille opnås en kote + 3,05 i tilslutningsanlægget ca. 120 m øst for krydsningen under Færgehavnsvej.

5.7.2 Trafikafvikling

Trafikafviklingen i åbningsåret for Tunnelforslag D svarer til Tunnelforslag C i åbningsåret, se afsnit 5.6.2.

5.7.3 Tunnelanlæg

Vejtunnelen anlægges som en Cut & Cover tunnel. En sænketunnelløsning i havnekrydsningen er ikke hensigtsmæssig, da der skal etableres en dybdepumpestation i Svanemøllehavnen ved Nordmolen. Plan og længdesnit af vejtunnelen kan ses i tegningsbilag /3/.

Cut & Cover vejtunnelen udføres som standard tunneltværsnit fra st. 1.000 til st. 1.809, hvor rampen åbner op. Fra st. 1.809 er rampen således åben med midtervæg og dagslysskærm på de første ca. 50 m fra rampen åbner op. Alle konstruktionstykkelse er 0,8 m i hele tunnelforløbet. En forudsætning herfor er dog, at dagslysskærmen kan benyttes konstruktivt, så der opnås en afstivende effekt i toppen af de udvendige rampevægge. Herved minimeres materialeforbruget i de udvendige vægge samtidig med uacceptable udbøjninger undgås. Dette forhold skal optimeres i senere projekteringsfaser.

Som for vejtunnelforslag B funderes rampen på pæle, hvor dybden til intakte jordlag er mere end 3 m.

Armeringsgraden styres i vid udstrækning af krav til vandtæthed og levetid, og vil være meget lig tunnelkonstruktionerne på NHV-projektet.

Opdriftsstabiliteten sikres i hovedparten af vejtunnelen alene ved konstruktionsbeton, ballastbeton, jorddække og en 2m tå på hver side af konstruktionen. I området, hvor rampen åbner op fra

st. 1.800 – st. 1.900, er det dog nødvendigt at sikre opdriftsstabiliteten ved supplerende permanente jordankre.

5.7.4 Afvanding og pumpestationer

Generelle forhold om afvanding og pumpestationer er anført i afsnit 2.7.

Dybdepumpestationen er placeret ved Svaneknoppen, nord for vejtunnelen. Rampepumpestationen er placeret ca. 50 m øst for Kalkbrænderiløbskajen. De forudsatte afledningspunkter er markeret på tegning.

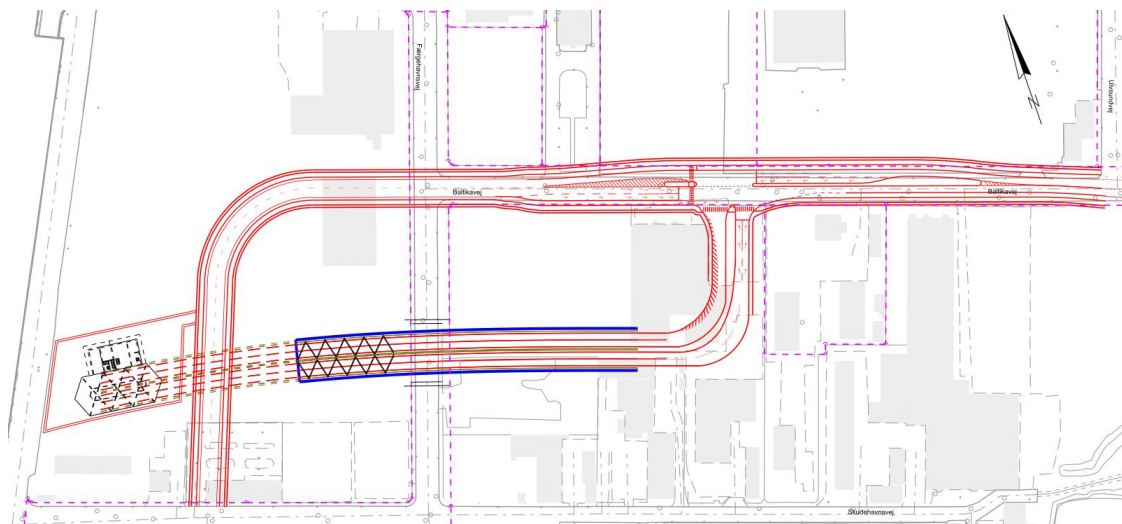
Der sker afledning til recipienter følgende steder, som vist i tegningsbilaget /3/:

- Fra dybdepumpestationen dimensioneret for 127 l/s. Dette afledes til Forsyningsselskabets spildevandssystem nord for vejtunnelen.
- Fra Rampepumpestationen dimensioneret for 105 l/s. Dette afledes til Forsyningsselskabets regnvandssystem nord for vejtunnelen.
- Vejvand fra øverste del af rampen samt Kattegatvej, Baltikavej og Oceanvej: I alt ca. 1,64 ha vejareal, svarende til 348 l/s for en 2 års regnhændelse. Vejvandet forventes ved gravitation afledt til forsyningsselskabets regnvandssystem i projektgrænserne.

5.7.5 Vejanlæg på Nordhavn

Vejanlægget på Nordhavn består af en 4-sporet åben rampe i trug, som kommer op til terræn. I terræn anlægges en ny vej, der føres i en blød kurve mod nord til den møder Baltikavej. Her anlægges et nyt 3-benet signalreguleret kryds.

Ved teknikbygning og pumpestation etableres adgangsvej og P-arealer.



Figur 5-23 – Vejtunnelforslag D, Færgenhavnvej.

Kryds på Nordhavn

Det nye kryds på Nordhavn udformes som vist på Figur 5-23. Tilslutningsvejen etableres i åbningsåret med 4 spor hvor vejtunnelen tilsluttes til Nordhavn. Baltikavej udbygges til 3 spor i krydsområdet.

Trafikmængden i åbningsåret samt By & Havns overordnede trafikplan medfører, at der ikke planlægges med en sydlig vejtilslutning. Tilslutningsvejen etableres derfor heller ikke med cykelstier og fortove.

5.8 Udbygningsscenarier i 2025+

Trafikmængden på Nordhavn stiger efterhånden som Nordhavn udbygges med boliger og erhverv og de enkelte kryds skal tilsvarende udbygges.

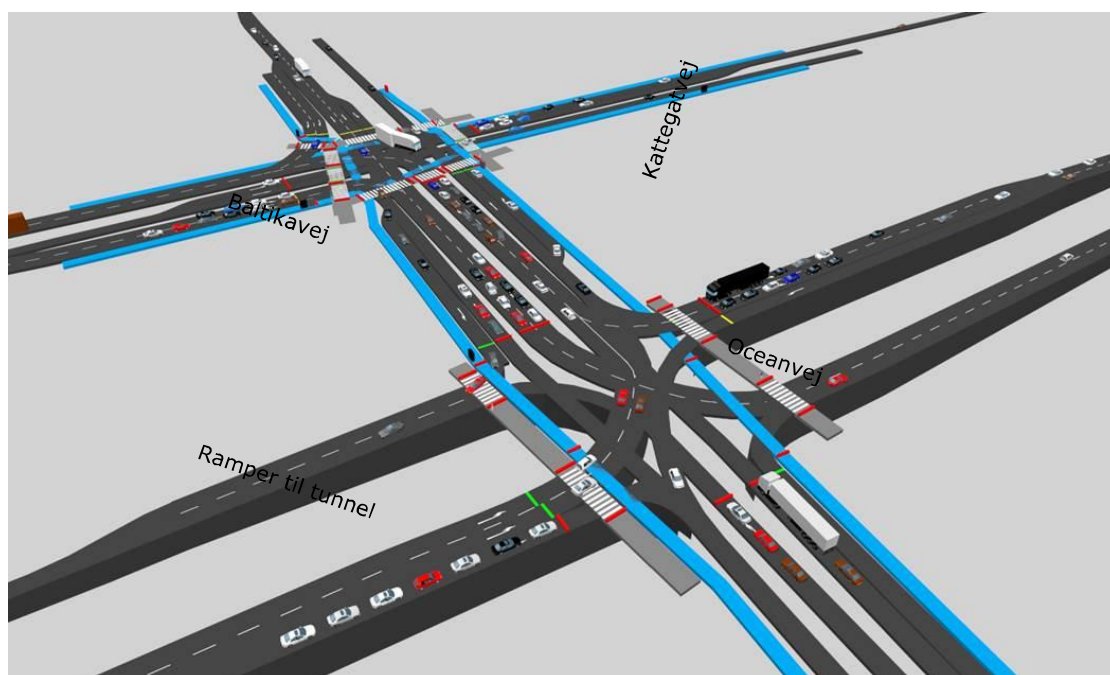
Afvikling af trafikken i 2025+ medfører at for Vejtunnelforslag A, B og C skal krydset ved Baltikavej skal flyttes mod nord svarende til en linje i forlængelse af Oceanvej.

Der er også analyseret, simuleret og modelberegnet på serviceniveau for alle Tunnelforslag – A, B, C og D - trafikscenariet 2025+, for at sikre robustheden af de foreslåede løsninger, og for at sikre muligheden for at kunne gennemføre en fremsynet arealdisposition.

Trafikmængden på Nordhavn stiger efterhånden, som Nordhavn udbygges med boliger og erhverv og de enkelte kryds skal tilsvarende udbygges.

5.8.1 Trafikafvikling for Vejtunnelforslag A med ØR åben 2025+

Til vurdering og optimering af trafikafviklingen er anvendt trafikberegningerne fra scenariet **2025+ (inkl. Østlig Ringvej)**. På baggrund af de forventede trafiktal i tilslutningsanlægget ved Kattegatvej gennemføres der mikro trafikmodel simuleringer. Nedenfor et eksempel på den skematisk tegnede geometri for krydsene Baltikavej-Kattegatvej og rampetilslutningen, der danner baggrund for simuleringerne.



Figur 5-24 - Kattegatvej Trafikmodel 2025+ med ØR åben.

Resultatet af disse simuleringer kan udtrykkes i følgende overordnede konklusioner:

- For at sikre en god trafikafvikling er følgende udformning nødvendig:
 - Afstanden mellem krydsene skal være min. 92m målt fra tilkørselsrampen til cykelstien på Baltikavej;
 - Lette trafikanter kan ikke krydse Kattegatvej i niveau ved rampekrydset;
 - Fodgængere kan ikke krydse Kattegatvej og Baltikavej i det nordlige kryds i én omgang pga. korte grøntider.
- I signalerne er forudsat, at følgende svingbevægelser er separatregulerede:

I rampekrydset:

- Rampe fra vest – Venstresving og højresving;
- Rampe fra øst – Venstresving og højresving;
- Begge venstresving ned på tilkørselsramperne.

I krydset ved Baltikavej:

- Kattegatvej fra syd – venstresving;
- Kattegatvej fra nord – højresving (etablering af fange-ø for cyklerne jfr. illustration);
- Baltikavej fra vest – højresving.

Analyse af svingbevægelser og serviceniveau

Morgensituationen afvikler samlet set trafikken med serviceniveau C i rampekrydset, mens krydset ved Baltikavej har et serviceniveau B.

Eftermiddagssituationen afvikler trafikken med serviceniveau D i det nordlige kryds, mens rampekrydset har et serviceniveau B. Igen er der flere svingbevægelser, der har et væsentligt ringere serviceniveau i forhold til det generelle serviceniveau i krydsene. Særligt er det venstresvingende trafikanter fra Oceanvej og Baltikavej, der oplever et dårligt serviceniveau, F.

Det vurderes, at man med trafikstyringsfunktioner kan optimere trafikafviklingen og reducere disse kødannelser. Dette vil blive analyseret yderligere i en senere fase af projektet.

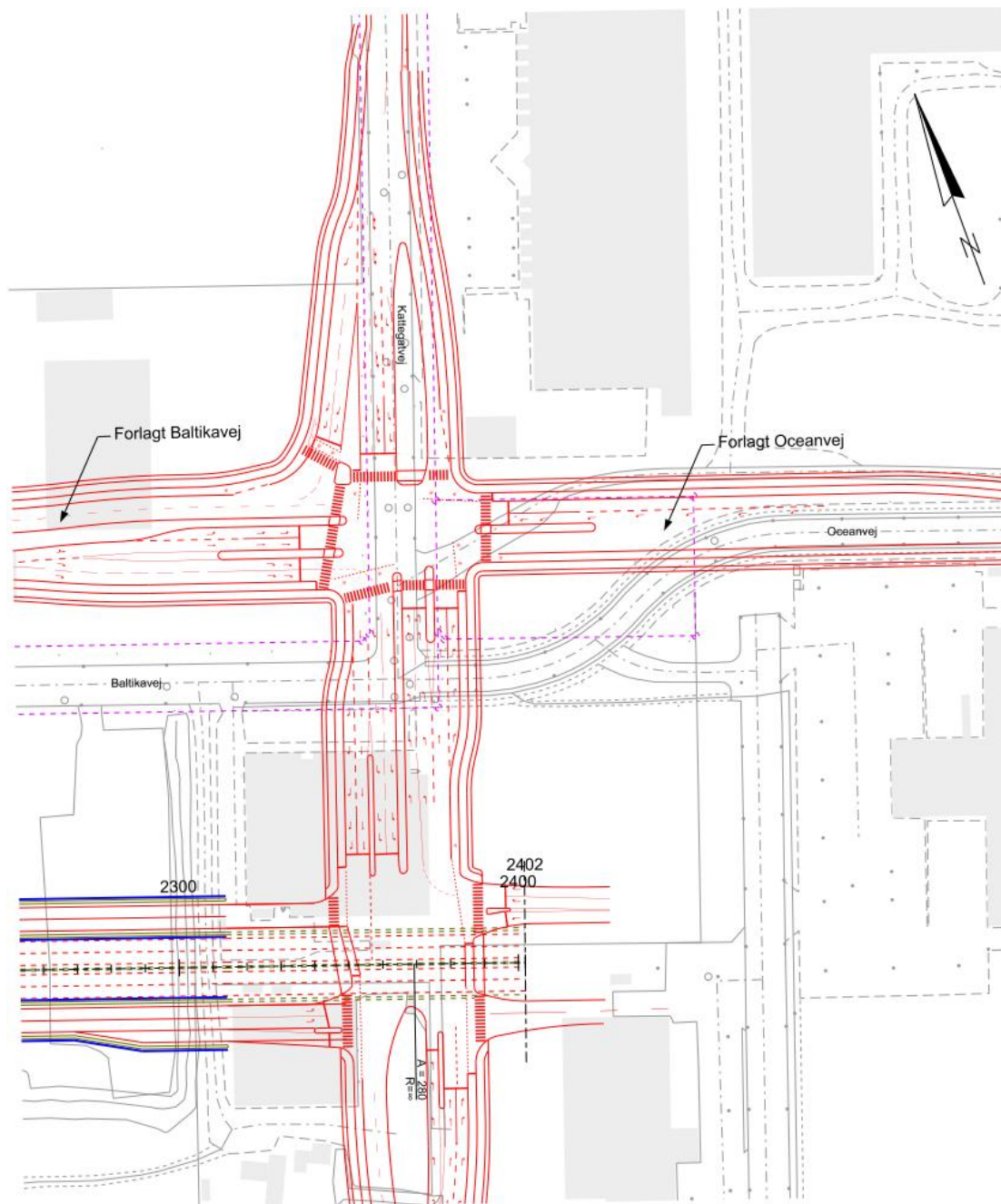
Planforslag krydsdesign 2025+ (ØR åben)

Afvikling af trafikken i 2025+ medfører at krydset ved Baltikavej skal flyttes mod nord svarende til en linje i forlængelse af Oceanvej.

Der skal etableres dobbelt højre og dobbelt venstre sving i flere retninger på Baltikavej og krydset ved tunneltilslutningen.

Tunnelrampen til Nordhavn både fra øst og vest tilsluttes med 3 spor til Kattegatvej.

Planforslag fremgår af figur herunder, se i øvrigt tegningsbilaget /3/ for yderligere illustrationer.



Figur 5-25 – Vejtunnelforslag A, Kattegatvej, planforslag kryds med ØR åben, 2025+

5.8.2 Trafikafvikling for Vejtunnelforslag B, uden forberedelse for ØR 2025+

Som beskrevet i foregående kapitel er samme analyse gennemført for dette scenarie og de tilsvarende delresultater er genereret.

Konklusionerne på de gennemførte mikro trafikmodel simuleringer er.
For at sikre en god trafikafvikling er følgende udformning nødvendig:

- Afstanden mellem krydsene skal være ca. 100 m målt fra tilkørselsrampen til cykelstien på Baltikavej;
- Lette trafikanter kan ikke krydse Kattegatvej i niveau ved rampekrydset;
- Fodgængere kan ikke krydse Kattegatvej og Baltikavej i én omgang pga. korte grøntider.

I signalerne er forudsat, at følgende svingbevægelser er separatregulerede kryds:

I rampekrydset:

- Rampe fra vest – Venstresving og højresving;
- Kattegatvej fra syd – Venstresving ned på tilkørselsramperne;
- Kattegatvej fra nord – Højresving ned på tilkørselsramperne.

I krydset ved Baltikavej:

- Kattegatvej fra syd – venstresving;
- Kattegatvej fra nord – højresving (etablering af fange-ø for cyklerne jfr. illustration);
- Baltikavej fra vest – højresving.

Morgensituationen afvikler trafikken med serviceniveau svarende til C i begge kryds. Flere svingbevægelser, særligt venstresvinget fra Baltikavej har et dårligere serviceniveau i forhold til det generelle serviceniveau i krydsene.

Eftermiddagssituationen afvikler trafikken med serviceniveau C i det nordlige kryds, mens rampekrydset har et serviceniveau B. Igen er det venstresvinget fra Baltikavej, der har et værre serviceniveau i forhold til det generelle serviceniveau i de to kryds.

Det vurderes, at man med trafikstyringsfunktioner kan optimere trafikafviklingen og reducere disse kødannelser. Dette håndteres i en senere fase af projektet.

Planforslag krydsdesign 2025+ (uden ØR)

Afvikling af trafikken i 2025 + medfører at krydset ved Baltikavej skal flyttes mod nord svarende til en linje i forlængelse af Oceanvej. Krydset udbygges svarende til krydset med ØR åben.

5.8.3 Trafikafvikling for Vejtunnelforslag C med forberedelse for ØR 2025+

Som beskrevet i foregående kapitel er samme analyse gennemført for dette scenarie og de tilsvarende delresultater er genereret.

Konklusionerne på de gennemførte mikro trafikmodel simuleringer er:

- Afstanden mellem krydsene skal være ca. 87 m målt fra tilkørselsrampen til cykelstien på Baltikavej;
- Lette trafikanter er ude af niveau i krydset ved Baltikavej;
- Alle svingbevægelser er separatregulerede i dette scenarie;
- Højresvinget ned på den vestgående rampe ledes uden om signalreguleringen.

Morgensituationen afvikler generelt trafikken med serviceniveau B i rampekrydset, mens krydset ved Baltikavej har et serviceniveau C. Generelt er der flere svingbevægelser, der har et dårligere serviceniveau i forhold til det generelle serviceniveau i krydsene.

Eftermiddagssituationen afvikler trafikken med serviceniveau C i det nordlige kryds, mens rampekrydset har et serviceniveau B. Igen er der flere svingbevægelser, der har et væsentligt ringere serviceniveau i forhold til det generelle serviceniveau i krydsene. Særligt er ligeud retningen fra Baltikavej, vest, der har et serviceniveau på E.

Det vurderes, at man med trafikstyringsfunktioner kan optimere trafikafviklingen og reducere disse kødannelser. Dette håndteres i en senere fase af projektet.

Planforslag krydsdesign i 2025+

Afvikling af trafikken i 2025 + medfører at krydset ved Baltikavej skal flyttes mod nord svarende til en linje i forlængelse af Oceanvej.

Trafikmængden i 2025+ medfører, at der ikke er kapacitet til fodgængerpassage på tværs af Kattegatvej ved tunneltilslutningen i niveau. Fodgængere og cykelister skal derfor krydse et andet sted eller ude af niveau på en bro over vejen eller i en tunnel under vejen. En krydsning i niveau kan placeres ca. 100 m syd for krydset bag ved svingbanerne. Alternativt kan man bruge krydset ved Baltikavej ca. 50 m mod nord.

Der skal etableres dobbelt højre og dobbelt venstre sving i flere retninger på Baltikavej og krydset ved tunneltilslutningen.

Tunnelrampen til Nordhavn både fra øst og vest tilsluttes med 3 spor til Kattegatvej.

5.8.4 Trafikafvikling for Vejtunnelforslag D uden forberedelse for ØR 2025+

Som beskrevet i foregående kapitel er samme analyse gennemført for dette scenarie og de tilsvarende delresultater er genereret.

Konklusionerne på de gennemførte mikro trafikmodel simuleringer er:

- Afstanden mellem krydsene skal være ca. 65 m målt fra tilkørselsrampen til cykelstien på Baltikavej;
- Lette trafikanter er ude af niveau i krydset ved Baltikavej;
- Alle svingbevægelser er separatregulerede i dette scenarie.

Morgensituationen afvikler trafikken med serviceniveau C. Tre svingbevægelser, særligt ligeudretningen fra Baltikavej vest har et dårligere serviceniveau i forhold til det generelle serviceniveau i krydset.

Eftermiddagssituationen afvikler trafikken med serviceniveau C. To svingbevægelser, igen er det særligt ligeudretningen fra Baltikavej vest, der har et dårligere serviceniveau i forhold til det generelle serviceniveau i krydset.

Det vurderes, at man med trafikstyringsfunktioner kan optimere trafikafviklingen og reducere disse kødannelser. Dette håndteres i en senere fase af projektet.

Planforslag krydsdesign 2025+

Afvikling af trafikken i 2025 + medfører at krydset ved Baltikavej skal udbygges, men en flytning mod nord vurderes ikke nødvendig.

Krydset udbygges svarende til forslag C, med ØR åben i 2025+.

5.9 Installationer og udstyr (inkl. teknikbygning)

5.9.1 Generelt

Skitseprojekt for Nordhavnstunnelen er baseret på principper for Nordhavnsvejen således, at der opstår en synergi i udformningen af vejtunnelens installationer samt den tilhørende drift og vedligehold.

NHV og NHT sammenbygges ved tilkoblingsanlægget ved Strandvænget, således at den efterfølgende fremstår som én tunnel.

De mekaniske og elektriske installationer består af en række delanlæg, som beskrevet nedenfor.

5.9.2 Brandhydrant

Til brandbekæmpelse i tunnel etableres der brandhydrant- og vandtågeanlæg i vejtunnelen til redningsholdets betjening.

Brandhydrantanlægget skal give brandvæsenet mulighed for tilslutning med slanger til vandfyldt system for brandbekæmpelse. Udtag placeres med en maksimal indbyrdes afstand på 75m. Brandhydrantanlægget tilkobles til NHV's brandhydrantledningsanlæg. Dermed vil det være muligt at forsyne alle brandhydranter fra begge sider af vejtunnelen.

Vandtågeanlægget starter automatisk ved detektering af brand og bidrager dermed til reduktion af brandudvikling. Vandtågeanlægget tilkobles til det eksisterende NHV's brandhydrantledningsanlæg. Dermed vil det være muligt at forsyne alle vandtågeventiler fra begge ender af vejtunnelen.

Der udføres et vandreservoir ved TBN, som forsynes fra den offentlige vandforsyning. Reservoirerne vil være grundlaget for vandforsyningen til brandpumperne og vandtågeanlægget.

5.9.3 Skumslukning og ventilation i pumpeump

Da tilløb af væsker til pumpeumpe kan indeholde brandbart materiale fra f.eks. en lækker tankvogn, vil der kunne opstå risiko for udvikling af eksplosive gasser i pumpeump. Derfor udføres der et automatisk skumslukningsanlæg med tilhørende branddetektering. Dette anlæg placeres i et selvstændigt rum ved pumpeump.

Vandforsyning til skumslukningsanlæg hidrører fra tilslutning på brandhydrantanlæg, muligvis via trykreduktion. Skumgenerering kan foregå ved, at skumvæske og vand blandes og indblæses i sump via skumgeneratorer.

5.9.4 Nøddøre

Nøddøre er døre placeret i skillevæg mellem de to tunnelrør. Formålet med tunneldøre er at give personer mulighed for at flygte fra en farlig situation i det ene rør til sikkerhed i det andet rør, samtidig med at give mulighed for adgang for redningspersonale, brandvæsen etc. ved indsats.

5.9.5 Elanlæg

Der etableres et komplet el-forsyningsanlæg med tilhørende kraftinstallationer, føringsveje, UPS-anlæg og jordingsanlæg. For at opretholde en høj sikkerhedsforsyning, opbygges anlæggene som 100 % redundante. Det skal derfor være muligt, at forsyne installationer fra to adskilte anlæg placeret i samme teknikbygning.

Derudover er der krav om forsyning fra to sider til kritiske anlæg i tunnel. Dette medfører at dele af NHT's anlæg skal forsynes fra Teknikbygning Øst (Strandvænget), som er etableret i forbindelse med etablering af NHV.

5.9.6 Dagslysskærm

Ved tunnelafslutningen (ramperne) på Nordhavn etableres en ca. 50 m overdækning i form af en dagslysskærm, således at en stor del af den kunstige belysning i vejttunnelens ind- og udkørselszoner kan erstattes af naturligt dagslys i dagtimerne.

Dagslysskærmens funktion er at afskærme og reducere det direkte solindfald og himmellys på vejstrækningen under dagslysskærmen, men stadig tillade, at en del af det naturlige lys trænger igennem skærmen og bidrager til belysningen af vejområdet og rampevægge om dagen.

Dagslysskærmen skal sørge for, at vejbanens luminans gradvist reduceres til de niveauer, der foreskrives i starten af vejttunnelen. Ved tunneludkørslen har dagslysskærmen den modsatte funktion.

5.9.7 Belysningsanlæg – tunnel

Tunnelbelysningen udformes således, at trafikken både om dagen og om natten kan afvikles sikkert. For hvert tunnelrør består tunnelbelysningen af en gennemgående belysning med ekstra belysning i ind- og udkørselszonerne.

Den gennemgående belysning etableres i hvert tunnelrør langs tunnelvægge, placeret i en højde af ca. 0,9m over kørebane og i en afstand af ca. 17m.



Figur 5-26: Evakuerings markeringslys

Armaturerne til den ekstra belysning i ind- og udkørselszonerne monteres som enkeltrække langs hver side af tunnel.

Ekstra belysning i indkørselszonerne om dagen sikrer, at trafikanternes dagslystilpassede syn kan nå at omstille sig til belysningen i vejttunnelen. Belysningen ved indkørselszonerne dimensioneres i samspil med dagslysskærmens udformning og under hensyntagen til lysstyringssystemet således, at energiforbrug på det kunstige lys i dagtimerne kan optimeres.

5.9.8 Sikkerhedsbelysning i tunnel

Sikkerhedsbelysning i vejttunnelen består af panikbelysning, flugtvejsbelysning, evakueringsmarkeringslys samt markerings- og orienteringslys ved tunneldøre.

Panikbelysning udføres ved, at armaturer i almenbelysningen i vejttunnelen sikres opretholdt via en UPS-forsyning.

I vejttunnel udføres flugtvejsidentifikation som belyste armaturer med Power-LED lyskilder over tunneldøre og fluorescerende flugtvejsskilte pr. 25 m langs vægge på begge sider af tunnelrøret.



Figur 5-27: Flugtvejsskilt over tunneldør



Figur 5-28: Ubelyst flugtvejsskilt med meter angivelse (NHV)

Til identifikation af nødstationer i vejttunnel etableres der SOS-skilte over nødstationer som belyste armaturer med Power-LED.



Figur 5-29: SOS skilt med flash for åben låge på nødstation

På SOS skiltet etableres der en flash, som aktiveres via dørkontakt, når lågen på Nødstationen åbnes.

Til at sikre en klar indikering af vejens sider, markeres disse med passive reflekter-bare afmærkninger (markeringssøm).



Figur 5-30: Markeringssøm

For at tydeliggøre tunneldøre og derved øge sikkerheden for, at folk kan finde flugtvejen etableres der markerings- og orienteringslys ved tunneldøre.

5.9.9 Branddetektering

Der etableres et fuldt dækkende ABA-anlæg i vejttunnelen, pumpestationer og teknikbygning.

Brandalarmanlæg (ABA) leveres og installeres i henhold til krav fra Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut (DBI).

Anlægget opbygges som to separate anlæg med 2 hovedcentraler og to undercentraler dækkende hhv. tunnel og teknikbygninger.

Det automatiske brandalarmeringsanlæg udføres med automatisk overvågning i tunnel, i form af varmedetekteringskabel i tunnelloft.

Følgende anlæg er en integreret del af ABA-anlægget:

- Automatisk skumslukningsanlæg (ASS);
- Aspirationsanlæg (ASP);
- Automatisk branddørlukningsanlæg (ABDL);
- Automatisk rumslukningsanlæg (ARS);
- Varslingsanlæg i bygninger (AVA).

Derudover etableres følgende anlæg:

- Aspirationsanlæg (ASP) til tidlig detektering af røg i tavler i serverrum i teknikbygning samt i pumpesumpe;
- Automatisk Gas Alarms Anlæg (AGA) med detektorer for henholdsvis CO, NOx og kulbrinter, placeret i grupper i alle tunneler, flugtveje og tværtunneler samt pumpesumpe.

Hovedparten af anlæggene kan via et betjeningspanelet eller brandmandspaneler i TBV, TBO og TBN.

5.9.10 Sikringsanlæg

Der installeres Automatisk Indbruds Alarm (AIA) og Adgangskontrolanlæg (ADK) i teknikbygning og pumpestationer. Anlægget skal sikre bygningen mod indbrud og hærværk og være objektsikring.

5.9.11 Luftkvalitet og miljø

Der skal udføres installationer i tunnel, der sikrer, at luftkvaliteten samt miljøet (sigtbarheden) i tunnel, er tilstrækkelig til, at det er sikkert at køre igennem vejttunnelen.

Formålet med at detektere gasser (NO, NOx, CO) er primært at sikre, at trafikanterne ikke udsættes for høje gaskoncentrationer under deres færden igennem vejttunnelen. Ventilationsanlægget styres bl.a. på baggrund af de målte gaskoncentrationer.

Endvidere detekteres gasforekomster i pumpesumpe og -reservoirer for at sikre, at der afgives alarm ved stigende niveau af kulbrinter.



Figur 5-31: Sigtbarhedsmåler (NHV)

5.9.12 Nødstationer

Nødstationer opbygges i recesser ved fortove nærmest nødspor ud for samme position i begge tunnelrør med en maksimal afstand på 75m.

Nødstationer indeholder 2 stk. pulverslukkere, 1 stk. nødtelefon med direkte kommunikation til alarmcentralen (112) og brandtryk.



Figur 5-32: Nødstation vist uden pulverslukkere (NHV)

5.9.13 Tunnelventilation

Tunnel ventileres ved hjælp af flere rækker impulsventilatorer i hvert tunnelrør, der er placeret jævnt fordelt over længden.



Figur 5-33: Tunnelventilatorer (NHV)

Grænseværdier for forureninger i tunnelrør er fastlagt ud fra PIARC publikationen "Road Tunnels: Vehicle Emissions and Air Demand for Ventilation" 2004.

Impulsventilatorer opsættes direkte på loftet i tunnelrørene. Impulsventilatorer har en maksimal indbygningshøjde på 1000-1200 mm for at begrænse størrelsen af tunneltværsnittet.

Der etableres en ekstra række ventilatorer således, at anlægget har fuld kapacitet selv ved udfald af én række ventilatorer.

Ventilationsanlægget dimensioneres ikke for fjernelse af farlige dampe i uheldssituation uden brand. Dette skal vurderes nærmere efterfølgende i forbindelse med en risikoanalyse.

Ved uheld/brand skal tunnelventilationsanlægget sikre, at evakuering af personer kan ske på en tilsigtet måde ved at forhindre tilbagestrømning af røggasser. Anlægget skal desuden sikre, at redningsmandskab/brandvæsen kan udføre deres slukningsarbejde.

Personer, som skal flygte til fods, skal bevæge sig til nærmeste tunneldør eller udgang (max. 75m).

5.9.14 Skadestedsradio

Formålet med skadestedsradio (SINE) er at sikre politi og redningsberedskab sikker og effektiv kommunikation - særligt i situationer, hvor en ulykke er indtruffet i vej-tunnelen.

Dansk Beredskabskommunikation (DBK) er ansvarlig for drift af SINE i Danmark. SINE Sekretariatet er offentlig myndighed for beredskabskommunikation.

5.9.15 Tunnelradio

Der skal udføres installationer i vej-tunnel, der sikrer, at der kan kommunikeres på en sikker måde via overlejret FM Radio (radio rebroadcast) til trafikanterne.

Formålet med tunnelradio er at sikre, at trafikanterne kan orienteres i klar tale ved uheld eller ved andre driftsmæssige årsager, fx ved motorstop.

5.9.16 Offentlig mobiltelefoni

Der er ikke installeret GSM dækning i NHV og er derfor ikke planlagt i NHT. Antenneløsning for FM radio kan også anvendes til mobildækning, så det anbefales at der i NHT regi etableres denne løsning, som i givet fald da skal dække den samlede tunnelstrækning NHV+NHT.

5.9.17 Videoovervågning (ITV)

Formålet med videoovervågning, kaldet ITV-anlæg, af vej, tunnel, ramper og bom-anlæg, er at kunne overvåge trafik, færdsel og hændelser i tunnel og dertil liggende veje mv. Disse videooptagelser bliver lagret og kan bruges, både i den daglige drift og i beredskabssituationer. Derudover kan optagelserne bruges i en eventuel efterforskning.

Anlægget skal ved input fra ITV-anlægget blandt andet:

- Advare trafikanter om trafikale problemer, såsom stoppet bil i eller tabt gods på vejbane og etc., og derved kan trafikken ledes over i det andet spor;
- Hjælpe beredskabsmandskabet i en udrykningssituation, hvor vejtunnelen kan monitoreres udefra.



Figur 5-34: AID kamera (NHV)

5.9.18 ITS og profilkontrol

Formålet med etablering af et ITS-anlæg på NHV og NHT og det tilstødende vejnet er:

- At opretholde optimal trafikafvikling, sikkerhed og serviceniveau over for trafikanterne i normalsituationen og ved trafikale hændelser;
- At regulere trafikken og eventuelt afspærre vejtunnelen i tilfælde af uheld, ulykker eller andre trafikale hændelser, der har indflydelse på trafikafviklingen og sikkerheden;
- At reducere antallet af følgeuheld;
- Øge sikkerheden ved gennemførelse af drift og vedligeholdelsesarbejde i vejtunnelen;
- Fremskynde og lette rednings og rydningsarbejdet ved uheld, hændelser eller ulykker i vejtunnelen.

ITS-anlægget kan regulere trafikken præventivt eller afværgende alt afhængig af de aktuelle hændelser, som forekommer på det overvågede vejnet. ITS-anlægget skal medvirke til at sikre en realtime regulering af trafikken i forhold til aktuelle hændelser eller tilstande på vejnettet. Anlægget består af variable vejtafler, bomanlæg, lede-lys i kørebanen og særlige signalprogrammer for udvalgte signalanlæg samt profilkontrol, som placeres på strategiske lokaliteter på det tilstødende vejnet.

Visningsbilledet på de variable vejtafviser og informationstavler samt bommenes placering og signalprogrammer i tilstødende signalanlæg styres og ændres af SCADA-anlægget på baggrund af hændelser registreret med AID-kameraer eller øvrige alarmer indmeldt til SCADA-anlægget.

5.9.19 SCADA

Der etableres et SCADA-anlæg, der samler drifts- og alarminformationer fra de forskellige tekniske anlæg på en ensartet grafisk brugerflade, der benyttes både i den daglige drift og ved indsats i tilfælde af ulykker.

Herudover skal der, ved hjælp af systemet, fra den driftsansvarlige, kunne udføres overordnede styringskommandoer til bl.a. ITS-anlæg, ventilationsanlæg og belysningsanlæg.

Et SCADA-anlæg giver en række fordele af både drifts- og indsatsmæssig karakter, herunder:

- Mulighed for at optimere driften af vejtunnelen både med hensyn til fejlfri funktion og forbrug af energi og ressourcer;
- Mulighed for at give indsatsstyrker et effektivt værktøj til hurtigt at få overblik over aktuelle tilstande;
- Mulighed for at kunne fjernstyre relevante tekniske anlæg og installationer, uden at personale skal opholde sig i eller ved vejtunnelen.

6. FRAVALGTE UDBYGNINGSFORSLAG

6.1 Generelt

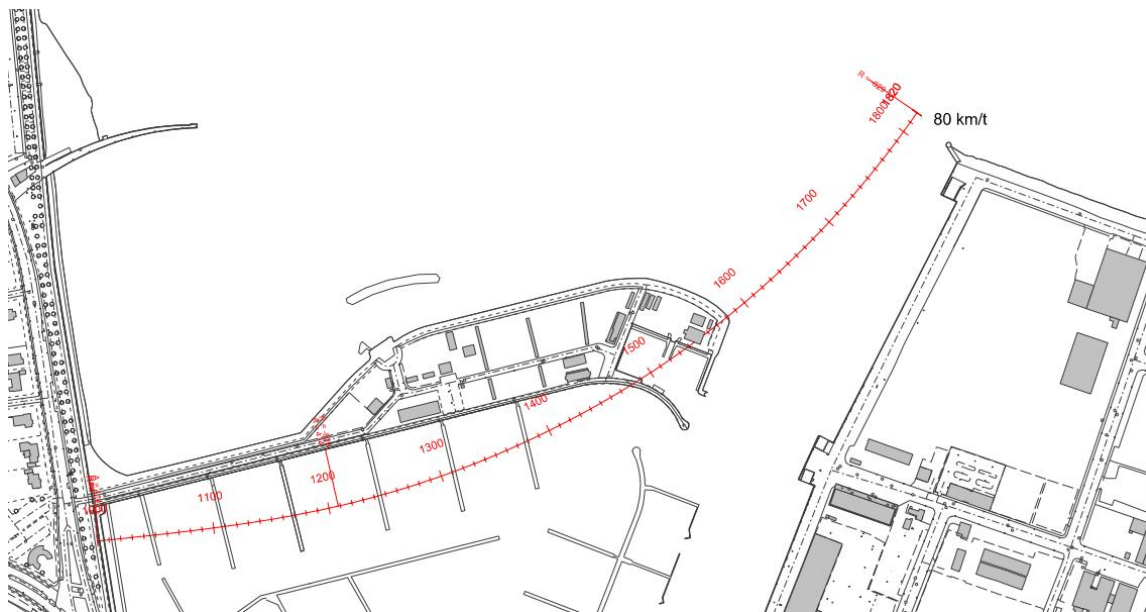
I dette kapitel præsenteres de forslag til linjeføringer for vejturen, som er undersøgt i VVM-processen, men som af forskellige årsager er fundet uegnede og derfor fravalgt.

6.2 Fravalgte linjeføringer

Nordhavnsvejen føres frem i et tilkoblingsanlæg, der afsluttes ud for havnekanten til Svanemøllehavnen. Dette tilkoblingsanlæg danner udgangspunkt for alle de mulige linjeføringer for en kommende Nordhavnstunnel frem til Nordhavn.

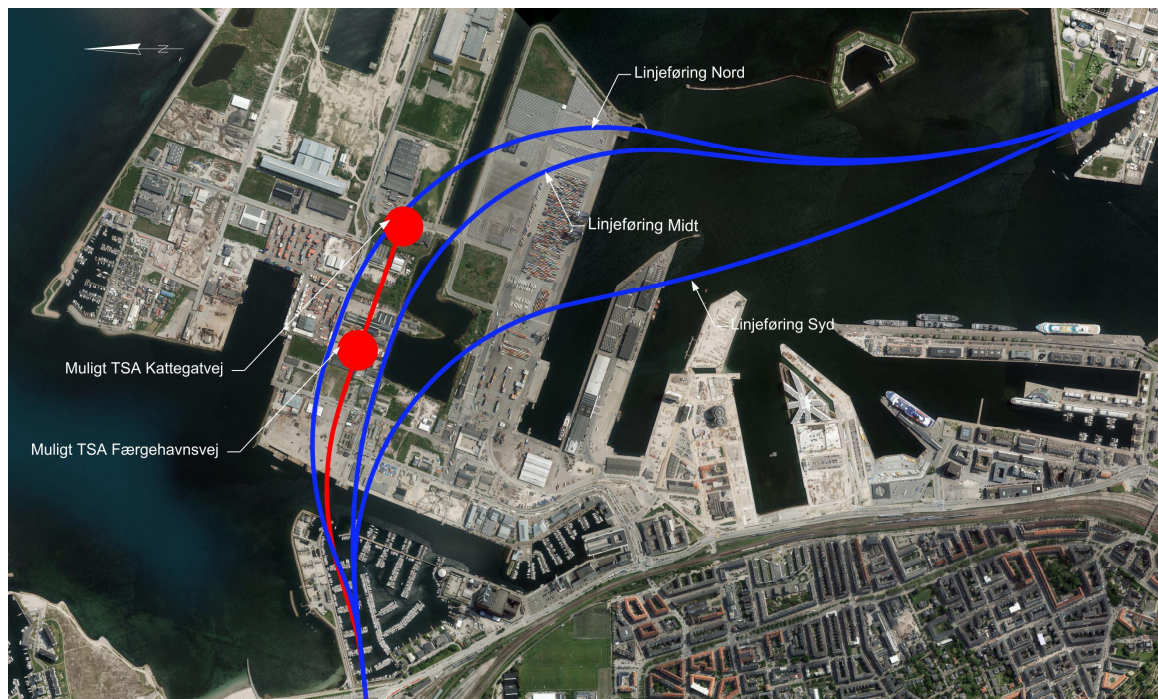
6.2.1 Forslag fremkommet under første offentlighedsfase

Under projektets første høringsperiode blev der stillet forslag om en mulig linjeføring for vejturen nord for Svanemøllehavnen. Det gik ud på, at linjeføringen umiddelbart efter Nordhavnsvejens tilkoblingsanlæg skulle svinge mod nord, krydse Svaneknoppen og derfra forløbe på nordsiden af Svaneknoppen frem til Nordhavn. Desværre er det ikke geometrisk muligt at svinge skarpt mod nord på grund af krav til minimumskurveradier for designhastigheden, der er fastlagt til 80 km/t. Designkrav og gældende vejregler gør, at det ikke vil være muligt at friholde Svaneknoppen, og vejturen vil desuden få et meget langt forløb, før den kan komme i land på Nordhavn.



Figur 6-1 – Nord om Svaneknoppen med designhastighed 80 km/t.

Gennem VVM-processen er der arbejdet med fire linjeføringer. De blev navngivet linjeføring "Nord", linjeføring "Mellem", linjeføring "Midt" og linjeføring "Syd" som et udtryk for deres indbyrdes placering på Nordhavn. På kortet svarer linjeføring "Mellem" til løsning A.



Figur 6-2 – Fravalgte linjeføringer.

Linjerne, der er fravalgt, har følgende navngivning:

- "Nord" (Baltikavej);
- "Midt" (Skudehavnsvej);
- "Syd".

Som kortet viser, udgår alle linjeføringer fra tilkoblingsanlægget på Strandvænget og forbinder til det samme punkt på Refshaleøen. Det blev valgt at gennemføre VVM-undersøgelsen på baggrund af linjeføring "Mellem". Linjeføring "Mellem" er placeret nogenlunde midt mellem linjeføring "Nord" og linjeføring "Midt" og med samme udgangspunkt og slutpunkt. De øvrige tre linjeføringer – "Nord", "Midt" og "Syd" - blev fravalgt af nedenstående årsager.

Linjeføring "Nord" og "Midt":

Over en større strækning er linjeføring "Nord" og "Midt" sammenfaldende med henholdsvis Baltikavej og Skudehavnsvej. Hvis en del eller hele forløbet af disse veje inddrages, mens vejtunnelen etableres, vil det være vanskeligt at opretholde trafikken på Nordhavn i anlægsperioden. Derudover vil det være vanskeligt at etablere tilslutningsanlæg uden en større ombygning af den eksisterende infrastruktur på Nordhavn. Derfor blev begge disse linjeføringer fravalgt.

Linjeføring "Syd":

Denne linjeføring går i sydlig retning mod Refshaleøen og passerer gennem flere af de områder, der i øjeblikket er ved at blive byudviklet, nemlig Orientkaj, Sundkaj mv. Linjeføringen vil derfor skabe problemer for såvel den igangværende som den fremtidige udvikling af disse områder. Det vurderes også, at det vil blive kompliceret at etablere et tilslutningsanlæg i dette område med nyligt etablerede ejendomme og kanaler. Et tilslutningsanlæg på denne linje vil desuden ligge ret sydligt i forhold til tyngdepunktet for udviklingen på det øvrige Nordhavn. Derfor blev også linjeføring Syd fravalgt.

6.2.2 Flytning af kajkant

Et længdeprofil med en flytning af Kalkbrænderiløbets østlige kaj med ca 15m svarende til den nuværende knast på Kalkbrænderikajen for at afkorte tunnellængden er overvejet. I de indleden-

de vurderinger er dog valgt ikke at påføre denne binding på projektet set i forhold til den mulige moderate afkortning af vejtunnelen. En flytning af kajkanten vil også betyde merudgift til nye havnekonstruktioner. Et alternativ kan være en større reduktion af den krævede vanddybde i Kalkbrænderiløbet, men dette er ikke ønsket og dermed ikke undersøgt.

6.3 Fravalgte udformninger af tilslutningsanlæg

Der er indledningsvist undersøgt en række alternative principforslag til udformningen af et tilslutningsanlæg på Nordhavn.

- Fordelerring;
- Ruderanlæg;
- B-anlæg.

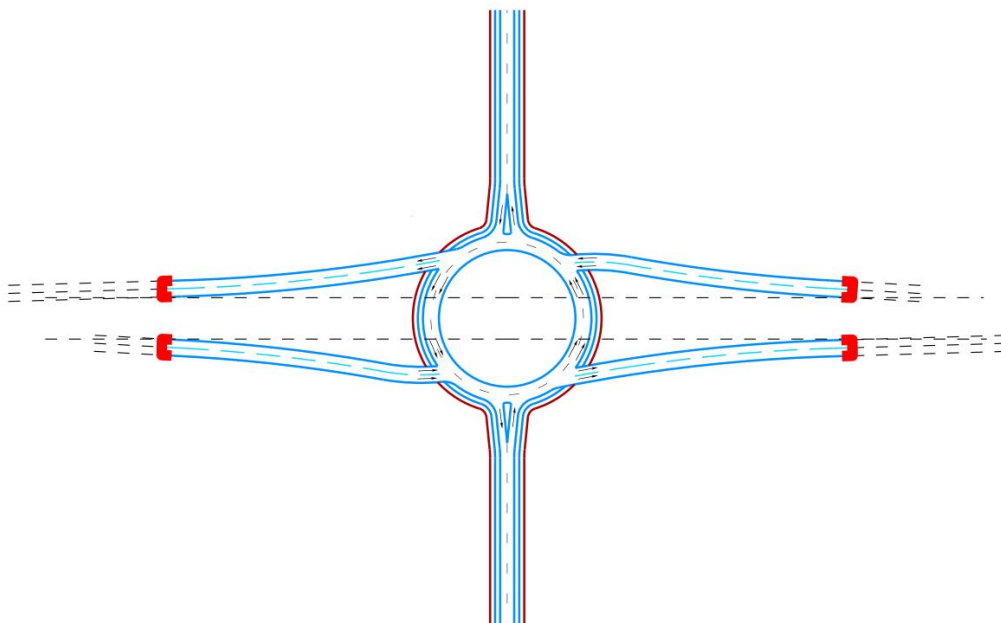
Tilslutningsanlægget bør som udgangspunkt vælges under hensyn til de fremtidige svingretninger og det serviceniveau, som ønskes i tilslutningsanlægget samt trafiksikkerhed, særlig under hensyn til cyklister og fodgængere.

6.3.1 Fordelerring, princip

Fordelerring er anvendt flere steder på motorvejsnettet og muliggør, ud over tilslutning af fire ramper, tilslutning af op til flere tilstødende veje (2-3-4 stk. alt efter ringens størrelse).

En fordelerring og ramper vil sandsynligvis fylde lidt mere i terræn end et traditionelt ruderanlæg. Om muligt bør fodgængere og cyklister krydse i eget niveau. Alternativt kan fordelerringen signalreguleres. Etablering af shunts kan sandsynligvis fremme trafikafviklingen.

Løsningen er fravalgt under hensyn til areal forbrug og den store trafikmængde.



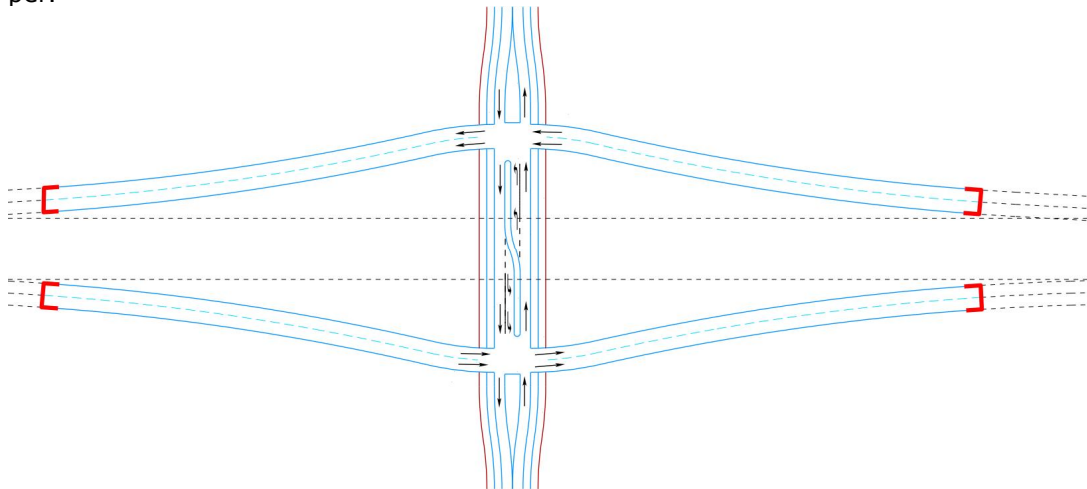
Figur 6-3 – Fordelerring, princip.

6.3.2 Ruderanlæg, princip

Ruderanlæg er det mest udbredte to-plan kryds. Ramper i terræn vil være ca. 150 m lange på begge sider af den skærende vej, i alt ca. 300 m og vil fylde ca. 40 – 50 m i bredden, svarende til afstanden i mellem de to kryds i terræn. Et ruderanlæg med signalregulering vil sikre fodgængere og cyklister.

Anlægget er meget pladskrævende og er derfor fravalgt.

Løsningen er efterfølgende ændret til et kompakt anlæg med et fælles signalanlæg for alle ramper.

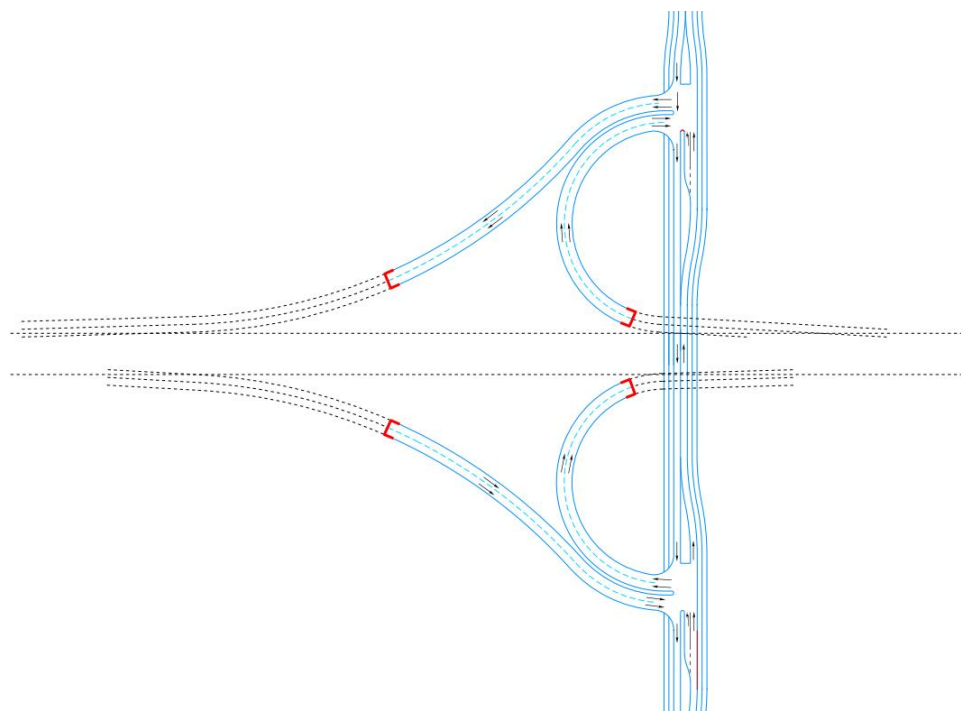


Figur 6-4 – Ruderplan, princip.

6.3.3 B-anlæg, princip

B-anlægget anvendes typisk, hvor svingretninger, længdeprofiler eller eksempelvis areal interesser har afgørende værdi. B-anlægget fylder meget i terræn (ca. 300 x 150 m) i forhold til et traditionelt ruderplan.

B-anlæg skal typisk signalreguleres for at sikre fodgængere og cyklister. Kørsel fra rampe til rampe i samme side vil kræve en U-vending. Anlægget er undersøgt bl.a. for at afkorte den samlede tunnellængde. B-anlægget er også meget pladskrævende og derfor fravalgt.



Figur 6-5 – B-anlæg, princip.

7. GENNEMFØRELSE AF PROJEKTET

Etableringen af en vejtunnel til Nordhavn, som en fortsættelse af Nordhavnsvejens tunnel, som etableres i øjeblikket, medfører en række store anlægsarbejder, uanset hvilken tilgang, der vælges. Arbejderne, som forudses nødvendige for at etablere tunnelforbindelsen, kan grundlæggende deles op i to dele:

- Krydsning af Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet;
- Tunnel på Nordhavn.

Opdelingen mellem arbejder på vand og arbejder på land skyldes ikke mindst store forskelle i nødvendige midlertidige foranstaltninger i forbindelse med anlægsarbejdet.

Nordhavn myndighedsbehandles under Københavns kommune og region hovedstaden, mens havnearealerne myndighedsbehandles af kystdirektoratet.

I dette afsnit findes en beskrivelse af identificerede mulige anlægsmetoder samt begrundelser for de valg, der i den forbindelse er foretaget.

7.1 Generelt

Ved skitseprojekteringen udført i forbindelse med VVM for vejtunnel til Nordhavn, har der været fokus på en robuste konstruktioner og kendte anlægsmetoder. Dette udelukker ikke at de valgte entreprenører inden for fastlagte rammer kan vælge variationer til det viste. Med udgangspunkt i kendte metoder og robuste valg øges antallet af mulige bydende entreprenører, og dermed konkurrencen.

Der findes mange relevante parametre, når projektets gennemførelse skal beskrives

I der efterfølgende afsnit er hovedvægten dog lagt på de elementer, der har størst indflydelse på tid og økonomi. De største bidragsydere stammer fra:

- Byggegrube/jordarbejde;
- Permanente betonkonstruktioner;
- Grundvandssænkning.

7.1.1 Arbejdsarealer

Der er udarbejdet arbejdspladsplaner for de 4 Vejtunnelforslag. Planerne viser udelukkende arbejdsarealer for Vejtunnelarbejderne.

Der er uden på konstruktionen lagt 20 m til arbejdsareal og hertil yderligere en 20 m grænse til reservation for midlertidige jordankre (i alt 40 m). Der er desuden reserveret arealer til jorddeponier og byggeplads/lager.

Arealer til ledningsarbejder/forsyning er ikke vist på arbejdspladsplanen. Primær fordi der sandsynligvis skal tilsluttes til et nyt anlæg, som ikke er kendt for nuværende.

Det er oplyst at Vejtunnelen ikke skal udmatrikuleres. Der er vist forslag til en servitut grænse på arbejdspladsplanen 1 m fra yderside tunnelkonstruktion.

Omkring Baltikavej er der vist fremtidigt skel for en udvidelse til etablering af kryds i åbningsåret.

Arbejdsarealerne er vist i tegningsbilaget /3/, under de enkelte Vejtunnelforslag.

Kortvarig spærring af veje i området vil om muligt blive planlagt som natarbejde eller omkørsel eller interimsvej.

Arealbehov

I forbindelse med anlægsarbejder for Vejtunnelforslag A er der behov for følgende arbejdsareal til gennemførelse af vejtunnel entreprisen:



Figur 7-1 – Vejtunnelforslag A, arealbehov. Grøn: Tunnel og vejarbejdsområder. Mørk blå: omlægning af Nordvands ledning. Lys blå: Mellemdeponi for jord. Blå lodret skravering i Kalkbrænderiløbet: Klapplasser for overskudsjord.

Arbejdsarealer til grundvadssænkning fremgår ikke af arbejdsareal planene.

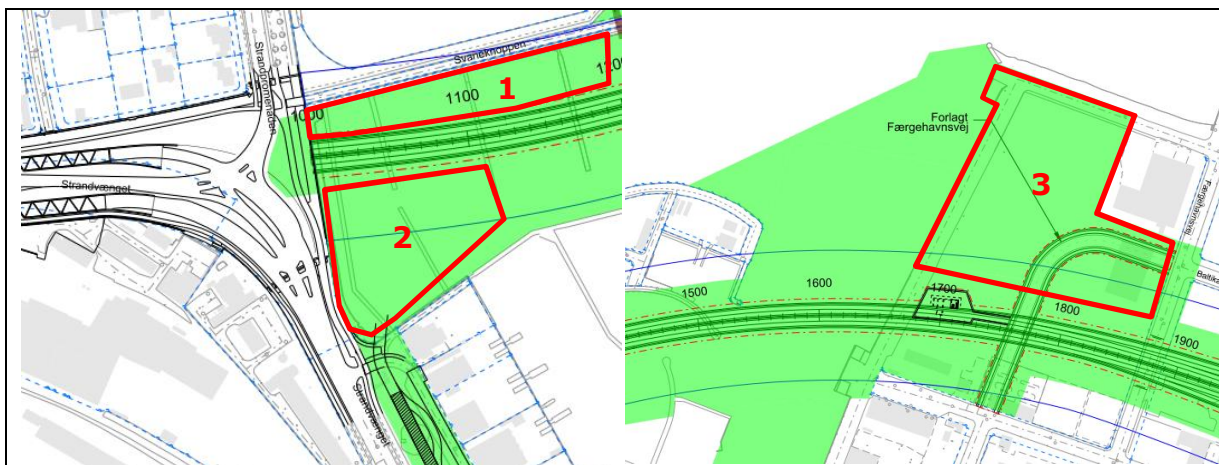
Der skal etableres et rørsystem i gadeniveau, som pumper oppumpet grundvand retur i undergrunden. Systemer er tilsvarende som for Nordhavnvej (blå ledninger).

Anlægsarbejderne på Nordhavn følger i vid udstrækning den metodik, som kendes fra NHV projektet. En væsentlig forskel er dog pladsforholdene, som er væsentligt bedre på Nordhavn, hvilket giver mulighed for en noget bedre anlægslogistik.

Med Nordhavnstunnelens totale udstrækning på op til 1400 meter (for Vejtunnelforslag A), hvoraf de ca. 650 meter befinder sig i Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet, vil en oplagt placering af den primære skurby og opmagasineringsplads for maskiner og materialer være ca. midt på tunneltracéet, svarende til området øst for Kalkbrænderiløbskajen, jf. Figur 7-2.

Vælges der en anlægsmetode med etapeopdeling, vurderes det nødvendigt med en sekundær skurby og opmagasineringsplads ved Strandvænget.

For Nordhavnstunnelens vestlige del vil den mest nærliggende placering af en arbejdspladsplads (på opfyldning) være et areal på ca. 2000 m² mellem Lystbådehavnens nordmole og tunneltracéet [område 1] samt et areal på ca. 8000 m² i den sydlige del af jollebroen mellem tunneltracéet og havnekontoret [område 2], jf. Figur 7-2.



Figur 7-2 - Arbejdsareal ved Strandvænget og på Nordhavn. Område 3 indskrænkes når Ny Baltikavej Vest etableres.

Dele af arealet i havnen vil som følge af anlægsaktiviteterne være afskåret fra normal havneaktivitet igennem hele anlægsperioden og vil derfor forholdsvis problemfrit kunne inddrages til temporær arbejdsplads ved supplerende opfyldning, jf. Figur 7-2.

For Nordhavnstunnelens østlige del vurderes flere områder på Nordhavn placeret tæt på tunnel-tracéet at være mulige positioner for placering af midlertidige arbejdspladser, herunder især et område på ca. 22.800 m² mellem Færgehavnsvej og Skudehavnsvej [3]. Dette areal fungerer for nuværende som opmagasineringsplads for tunnelelementer til metrobyggeriet, jf. Figur 7-2.

Denne arbejdsplads er med sin centrale placering og store størrelse tænkt som den primære arbejdsplads, se Figur 7-2. Fra denne arbejdsplads vil der være en maksimal afstand på ca. 700 meter for mandskab, maskiner og materialer til projektets periferi.

7.1.2 Interimsveje og trafikafvikling i anlægsfasen

Det forventes, at trafikken på eksisterende vejnet opretholdes i videst muligt omfang i hele byggeperioden.

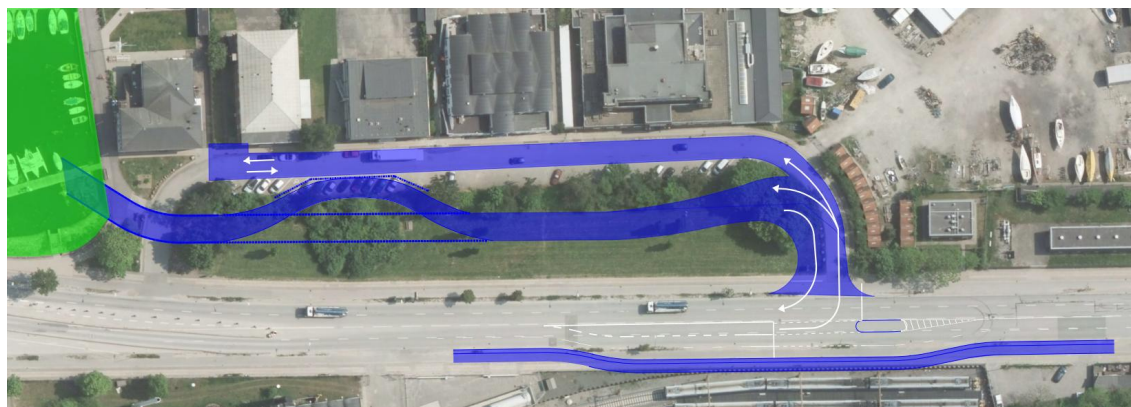
Der kan blive tale om etablering af en til flere, store eller små interimsveje inden for arbejdsarealet, hvis entreprenøren finder det formålstjenestelig og det ikke forringer trafiksituationen i området.

Eksisterende Færgehavnsvej lukkes og flyttes til Baltikavej Vest i løbet af udførelsesperioden.

Vejtunnelentreprenøren vil anvende det eksisterende vejnet til og fra arbejdsområdet med materialer både tilkørsel og bortkørsel af (jord, grus, sten, stål, beton mv.) og materiel og hertil mandskab.

Størstedelen af jordmængder som håndteres i entreprisen skal til og fra via vejnettet. Det gælder også jord til de udlagte depoter (mellemdepoter). Dog vil transporten til og fra mellemdepoter være at betragte som lokal trafik, da depot forventes placeret for enden af vejtunnelens tracé på Nordhavn.

Der etableres en til- og frakørsel til byggepladsen ved Strandvænget 43 via en midlertidig arbejdsvej ud for sejlkлубberne.



Figur 7-3 - Adgangsvej via Strandvænget til arbejdsområdet (med mørkeblå).

Denne adgangsvej forudsætter en opfyldning i havnen langs Strandvænget hvor vanddybden er moderat <2m. Den vestlige adgang kan etableres som skitseret i Figur 7-3.

Den viste løsning i Figur 7-3 er udformet ud fra et ønske om at separere arbejdspladstrafikken til den vestlige del af byggepladsen og trafikken til klubhusene bedst muligt, sådan at arbejdspladstrafikken ikke skal foregå direkte forbi klubhusene på lokalgaden. Derfor påtænkes arbejdspladsvejen placeret på det grønne område (vist med mørkeblå) vest for lokalgaden (vist med lysere blå). Arbejdsvejen er ensrettet, mens lokalgaden dobbeltrettes med en ny midlertidig vendeplads mod nord.

Der etableres adgang til såvel arbejdspladsvejen som lokalvejen i et nyt midlertidigt signalreguleret kryds på Strandvænget. For at skabe tilstrækkelig plads til venstresvingsbanen, er det nødvendigt at forlægge den nuværende vestlige cykelsti langs Strandvænget lidt mod vest, men fortsat inden for vejarealet. Arbejdspladstrafikken vil have udkørsel til Strandvænget via den nuværende udkørsel fra lokalvejen, mens trafikken fra lokalgaden vil have udkørsel i det nye midlertidige kryds.

På Figur 7-3 er der yderligere skitseret en alternativ mere "lige" arbejdsvej. Denne løsning vil gå igennem en eksisterende bunker. Det vides ikke for nærværende, om det kan tillades at nedbryde bunkeren og dermed etablere den midlertidige arbejdsvej her.

7.2 Midlertidig grundvandssænkning

Det er konservativt forudsat, at grundvandssænkningen for cut & coverløsninger for Vejtunnelforslag A og C kører i en samlet periode på ca. 3 år. I denne sammenhæng regnes anlægsperioden fra det tidspunkt hvor opgravning for byggegrube begyndes og indtil der er etableret tilbagefyld over vejtunnelen på den samlede strækning. I realiteten, vil grundvandssænkningens anlægget kunne lukkes gradvist ned efterhånden som tilbagefyld er udført.

For Vejtunnelforslag A med sænketunnel forudsættes behov for grundvandssænkning i 2 år for et kammer ved Strandvænget og udgravningen på Nordhavn, samt yderligere 1 år med sænkning alene for udgravningen på Nordhavn, altså samlet 3 år med sænkning. Den kortere sænkningsperiode på Nordhavn skyldes, at arbejdet i havnen ligger på den kritiske vej.

Omfanget af grundvandssænkningen kan reguleres ved:

- at begrænse grundvandstilstrømningen med tætte byggegrubevægge ført ned i kalken;
- at reinfiltrere det oppumpede grundvand.

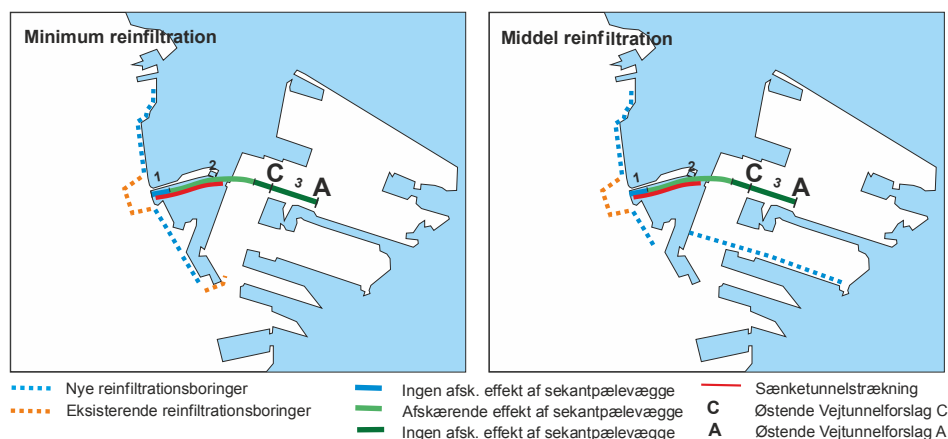
Vandmængder og sænkningstragte er blevet vurderet for ovenfor nævnte vejtunnelforslag for forskelligt omfang af reinfiltration. Baseret på viden om undergrunden, er det desuden valgt at

regne med afskærende effekt af byggegruben på tilstrømmende grundvand på delstrækning 2 (primært havnekrydsningen) jf. også Figur 7-4. Den afskærende effekt er her opnået med den spidskote af væg, der svarer til det nødvendige af hensyn til geoteknisk bæreevne.

Konfigurationen af de reinfiltrationsscenarier, der er blevet simuleret er:

- Ingen reinfiltration;
- Minimum reinfiltration, der svarer til den reinfiltration, der netop vurderes at være nødvendig for at sikre mod påvirkning af bygværker og forureninger på vestsiden af Svanemøllebugten og i den indre del af Nordhavn;
- Middel reinfiltration, der ved etablering af et større antal reinfiltrationsboringer sikrer en større del af Nordhavn mod sænkninger. Dette scenarie giver mindre udledning til havnen;
- Maksimal reinfiltration med minimal udledning til havnen.

I figuren nedenfor er angivet placering af reinfiltrationsboringer for tilfælde "minimum" og "middel". Ved "maksimal" reinfiltration skal der desuden etableres reinfiltrationsboringer på den nordøstlige kyst af Nordhavn.



Figur 7-4 - Placering af reinfiltrationsboringer. Tunnelstrækningen er inddelt i tre strækninger (1-3), hvor sekantpælevæggens forventede grundvandsafskærende effekt er angivet.

Grundvandssænkningsscenarierne er blevet simuleret med en grundvandsmodel sat op med programmet MIKE SHE. I det følgende beskrives resultaterne fra udvalgte scenarier.

7.2.1 Vejtunnelforslag A

Resultaterne af de simulerede oppumpninger og reinfiltrationsscenarier er angivet i Tabel 7-1 - og de resulterende sænkninger i den øvre del af kalken efter 1 år er vist for scenarie 1) og 2) på Figur 7-5 - og Figur 7-6 - .

I Færgehavn Nord er det ud fra tidligere undersøgelser vurderet, at der er god hydraulisk kontakt mellem havet og kalken. Som et supplerende følsomhedsscenarie er der blevet gennemført en simulering af scenariet med minimum reinfiltration, hvor havbunden under Færgehavn Nord er gjort lige så tæt som i den øvrige del af havnen. Resultaterne herfra er vist i parentes i Tabel 7-1 - og på Figur 7-5 - . Det er fundet, at sænkningen i de øvre jordlag vil være begrænset, jf. Figur 7-7.

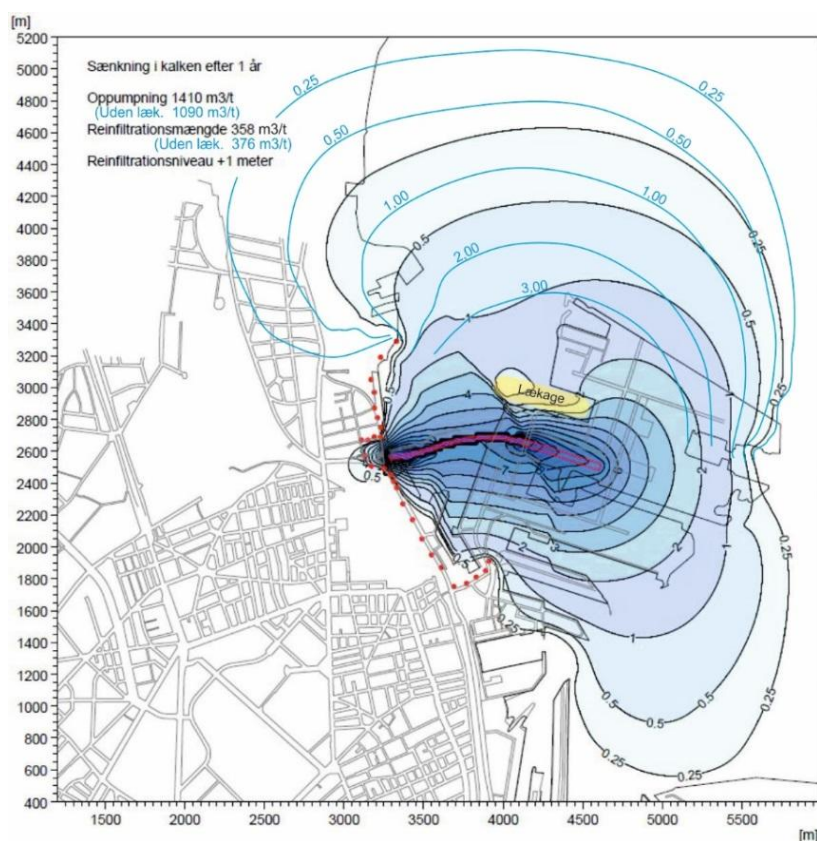
De oppumpede vandmængder er mellem 1.271 og 1.734 m³/t, og reinfiltrationen mellem 0 og 1.717 m³/t.

Den simulerede sænkning for scenariet uden reinfiltration strækker sig langt ind under København, og løsningen vurderes derfor at være uacceptabel.

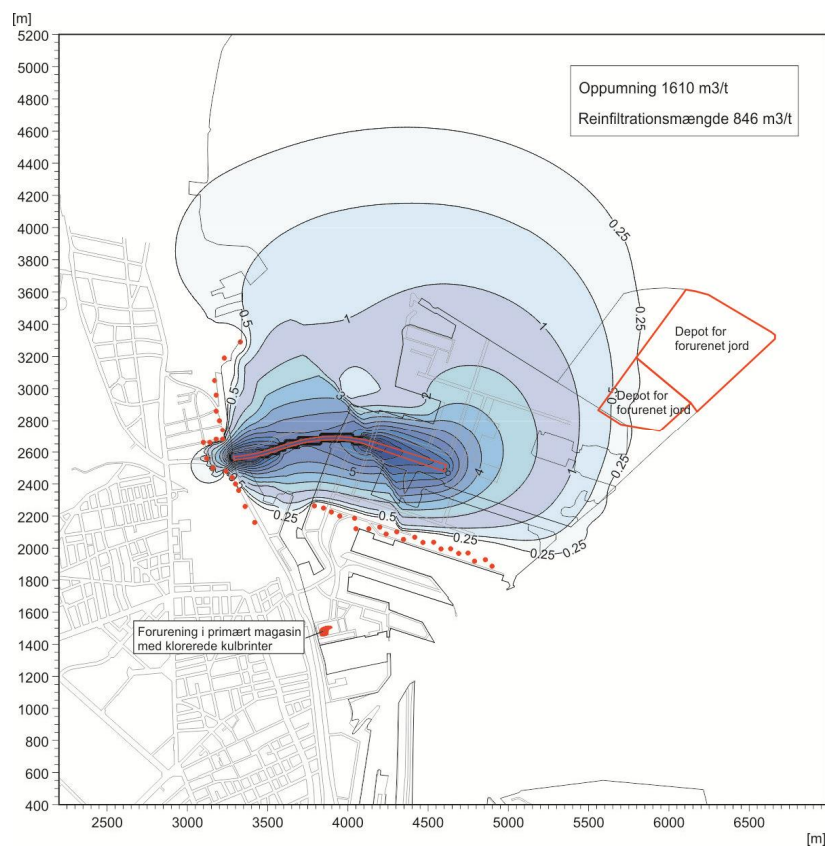
Tilfældet med maksimal reinfiltration er ikke vist i figurene, men sænkningen i kalken holdes for dette scenarie stort set indenfor området afgrænset af reinfiltrationsboringer, dvs. på Nordhavn.

Tabel 7-1 - Vejtunnelforslag A. Betydningen af ændring af reinfiltrationens størrelse. Tal i parentes: "utæthed" i havnbunden med pga. sandlomme lige nord for Svaneknoppen er negligeret.

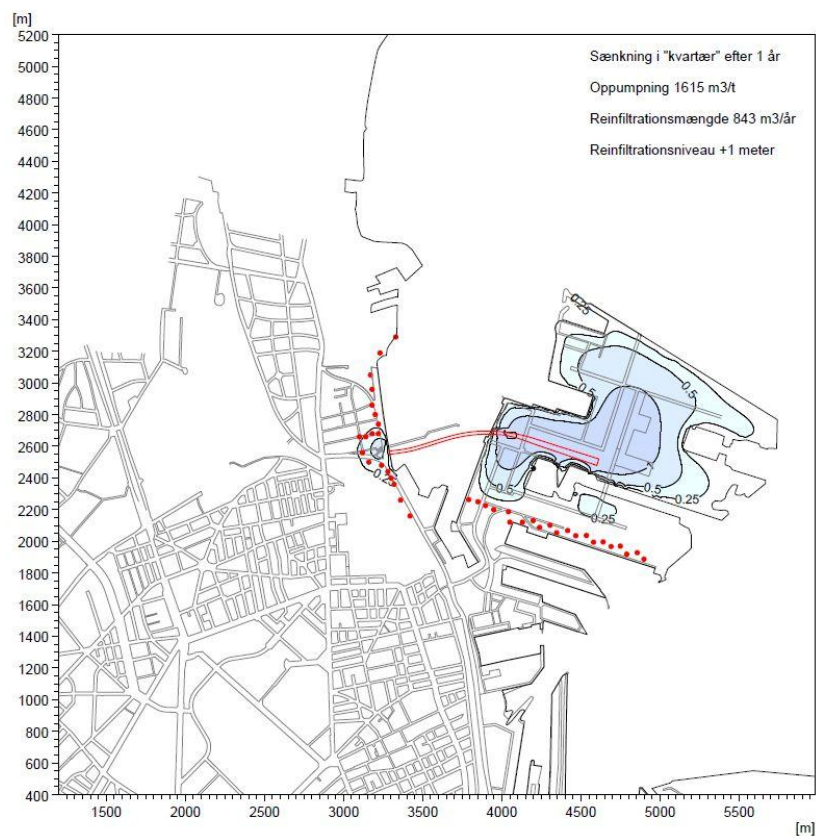
Scenarie for Vejtunnelforslag A	Oppumpning m ³ /t	Reinfiltration m ³ /t	Udl. havn m ³ /t
0. Reinf. ingen	1271	0	1271
1. Reinf. minimum (uden lækage)	1410(1090)	358(376)	1052(714)
2. Reinf. middel	1610	846	764
3. Reinf. maksimum	1734	1717	17



Figur 7-5 - Vejtunnelforslag A. Minimum reinfiltration samt effekt af fjernelse af område med lækage i modellen; blå linjer er sænkningen uden lækageområdet. Grundvandssænkningen i det primære grundvandsmagasin i kalken efter 1 års drift



Figur 7-6 - Vejtunnelforslag A. Middel reinfiltration. Grundvandssænkningen i det primære grundvandsmagasin i kalken efter 1 års drift.



Figur 7-7 - Vejtunnelforslag A. Afskæring middel. Grundvandssænkningen i de øverste jordlag efter 1 års drift.

7.2.2 Vejtunnelforslag C

De simulerede oppumpninger og reinfiltrationer for de forskellige reinfiltrationsscenarier er angivet i Tabel 7-2.

Sænkningstragterne er mindre for Vejtunnelforslag C end for A, men de overordnede resultater er de samme, blot er sænkningen mindre mod øst i forslag C, dvs. mindre ud under Øresund.

De oppumpede vandmængderne ligger på mellem 468 m³/t og ca. 700 m³/t. Vandmængderne er således væsentligt mindre end for Vejtunnelscenarie A.

For scenariet uden reinfiltration breder grundvandssænkningen sig langt ind under Østerbro og Gentofte, og som for vejtunnelforslag A, anses dette for uacceptabelt.

Tabel 7-2 - Vejtunnelforslag C, betydningen af ændring af reinfiltrationens størrelse.

Scenarie for Vejtunnelforslag C	Oppumpning m ³ /t	Reinfiltration m ³ /t	Udl. havn m ³ /t
0. Reinf. ingen	468	0	468
1. Reinf. minimum	Ca. 550	Ca. 200	350
2. Reinf. middel	629	489	140
3. Reinf. maksimum	Ca. 700	Ca. 700	0

Sænkning i de øvre jordlag er ikke vurderet nærmere for Vejtunnelforslag C, men kan forventes at være mindre omfattende end vist for Vejtunnelforslag A jf. Figur 7-7 -

7.2.3 Vejtunnelforslag A med sænketunnel

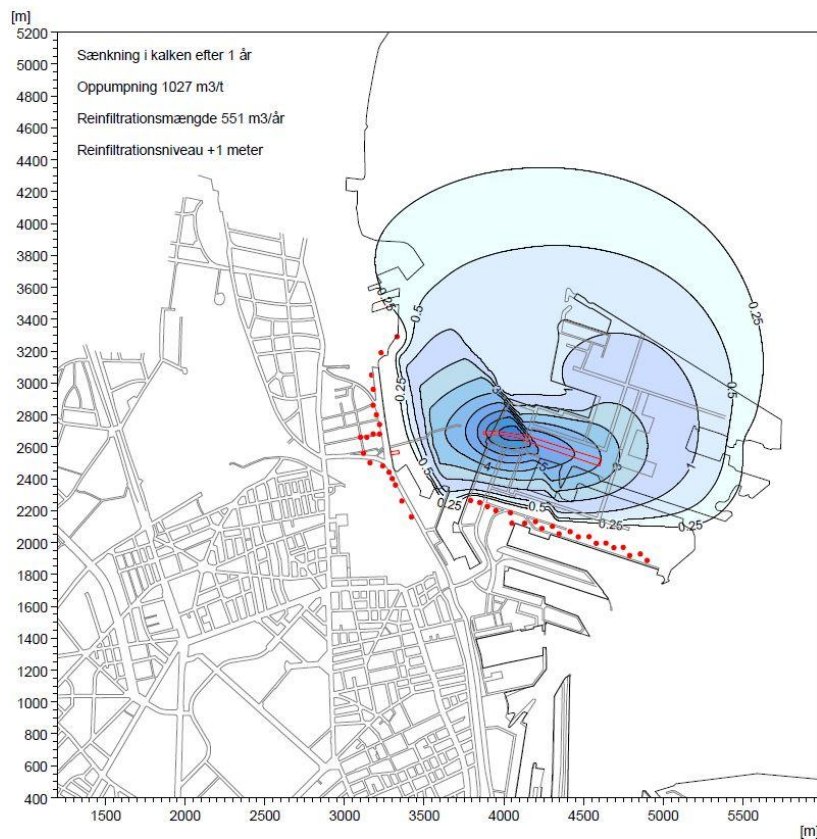
Det forudsættes, at der de første 2 år sker sænkning fra byggegruben til tilslutningskammeret ved Strandvænget samt for tunnelbyggegrube på Nordhavn. Fra 2'nd til 3'rd år sker sænkningen kun på Nordhavn. På selve sænketunnelstrækningen sker der ingen grundvandssænkning.

De simulerede oppumpninger og reinfiltrationer for scenarierne er angivet i Tabel 7-3. Det er fundet, at med sænkning på Nordhavn og i vestlig ende af tracéet, ligner sænkningstragten meget Vejtunnelforslag A, og der er således meget begrænset effekt af, at der ikke sænkes i havnen. Dette fremgår også af tabellen nedenfor, hvor det ses, at de pumpede mængder stort set er identiske med Vejtunnelforslag A.

Tabel 7-3 - Vejtunnelforslag A med Sænketunnel, scenarie med middel reinfiltration og scenarie uden reinfiltration.

Scenarie for Vejtunnelforslag A med sænketunnel	Oppumpning m ³ /t	Reinfiltration m ³ /t
0. Reinf. ingen	1357	0
1. Reinf. middel efter 1 år	1715	877
1. Reinf. middel efter 3 år	1027	551

Når anlægsarbejdet i vest er afsluttet, vil der alene være sænkning på Nordhavn. I dette tilfælde er sænkningstragtens udbredelse mindre, og behovet for reinfiltration i vest derfor mindre. Sækningsområdet er vist i Figur 7-6 -



Figur 7-8 - Vejtunnelforslag A med sænketunnel. Middel reinfiltration. Grundvandssænkningen i det primære grundvandsmagasin i kalken efter 3 års drift, hvor sænkningen ved Strandvænget er ophørt.

Sænkningen i de øvre jordlag på Nordhavn vil være meget lig forholdene for Vejtunnelforslag A.

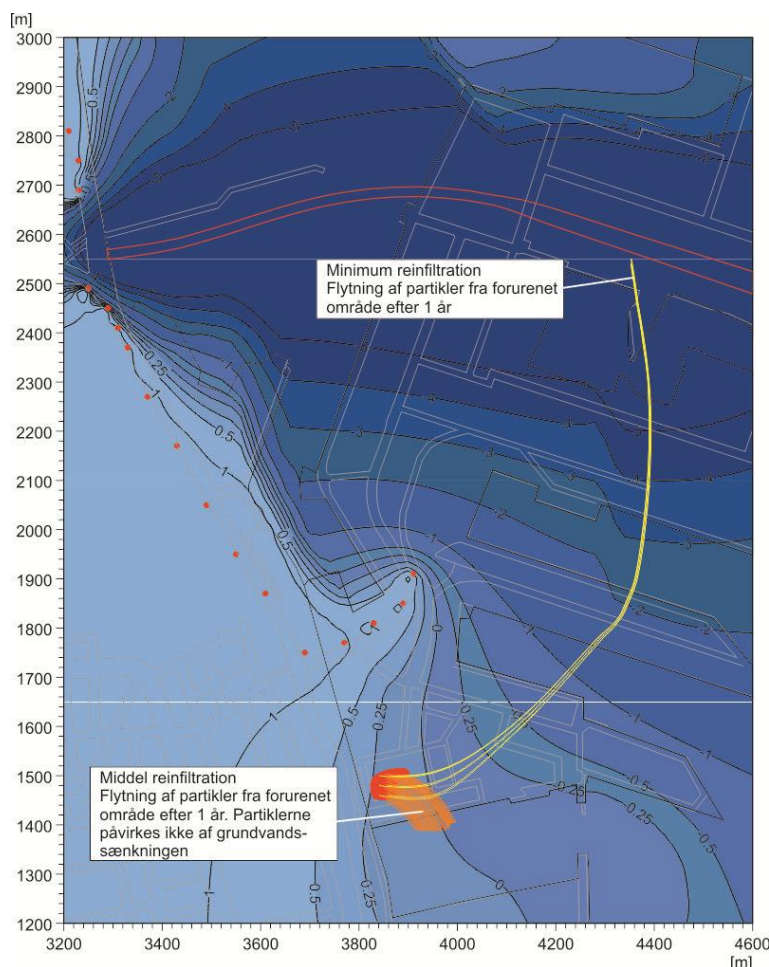
7.2.4 Kendte forureninger

Der er kendskab til forureninger med klorerede kulbrinter i Indre Nordhavn. Omfanget er blevet kendt i forbindelse med Metrobyggeriet. Desuden er der kendskab til KMC jorddepot på ydre Nordhavn, hvor der er anlagt depot for modtagelse af forurenede jord. Formålet med dette afsnit er at belyse eventuelle konsekvenser af disse kendte forureninger for NHT projektet.

Risiko for flytning af forureninger med klorerede kulbrinter i Indre Nordhavn

Simulering uden påvirkning af grundvandssænkninger i området viser, at forureningen med klorerede kulbrinter i den indre del af Nordhavn strømmer mod sydøst, mod Nordhavn bassin, hvor det vurderes, at der er direkte hydraulisk kontakt mellem det primære magasin og havet.

På Figur 7-9 - ses den simulerede bevægelse af partikler efter et års grundvandssænkning for Vejtunnelforslag A med henholdsvis minimum og middel reinfiltration.



Figur 7-9 - Den simulerede bevægelse af partikler efter et års grundvandssænkning for Vejtunnelforslag A med henholdsvis minimum og middel reinfiltration.

Det fremgår af figuren, at der teoretisk set kan ske en meget hurtig spredning af forureningen mod NNØ, mod udgravningen for Nordhavnstunnelen for Vejtunnelforslag A, med minimum reinfiltration. Ved simuleringen er det antaget, at kalken har en effektiv porøsitet på 10%, hvilket medfører at fronten af forureningen næsten er nået frem til pumpeboringerne ved Nordhavnstunnelen efter 1 år.

Grundvandssænkningen for Vejtunnelforslag A med middel reinfiltration påvirker ikke forureningen. Dette fremgår også af Figur 7-6 -, hvor det ses, at der ingen sænkning sker i dette område. Dette antyder, at der ved en mere detaljeret gennemgang og dimensionering af grundvandssækningsanlægget kan optimeres på omfanget af reinfiltrationsboringer på indre Nordhavn, således at der opnås en reinfiltrationsløsning med omfang mellem minimum og middel scenariet.

Risiko for flytning af forureninger fra KMC depot (på ydre Nordhavn) med forurennet jord

På Figur 7-6 - er vist den simulerede grundvandssænkning under depotet med forurennet jord for Vejtunnelforslag A med middel reinfiltration. Det fremgår at der sænkes mellem 0,25 og 0,7 m i den syd-vestligste del af depotet.

I miljøgodkendelsen af KMC depotet for forurennet jord, er det under afgørelse og godkendelsesvilkår anført, at:

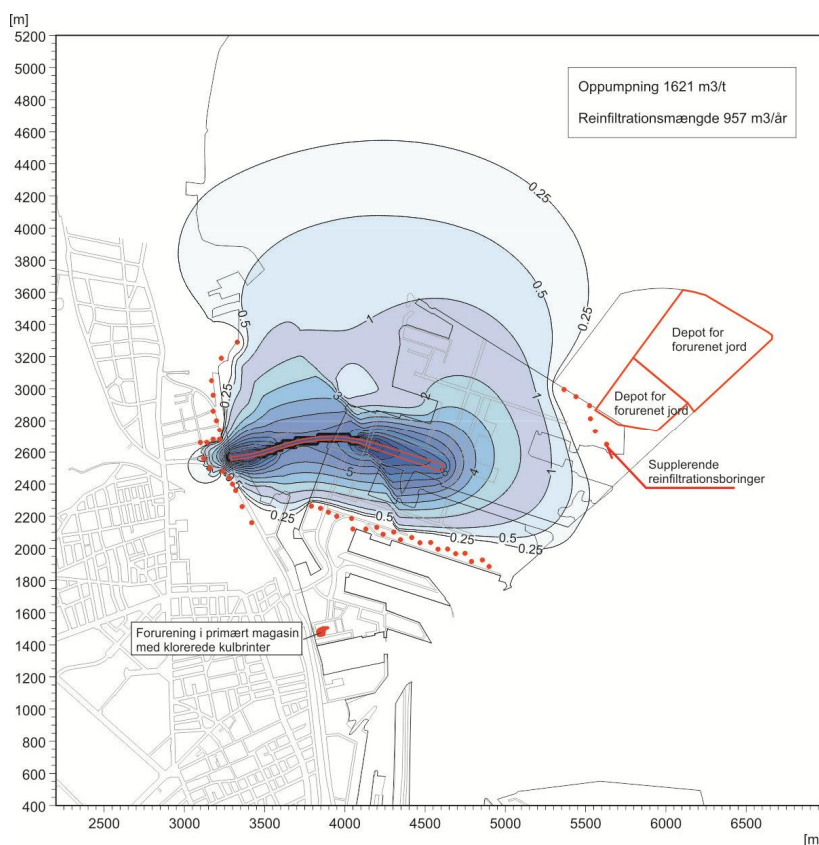
”Depotets bund skal have en tæthed, der som minimum svarer til 2 meter tykke aflejringer med en permeabilitetskoefficient på maksimalt $1,0 \times 10^{-9}$ m/s”.

Hvis det forudsættes, at membranen under depotet er 2 m tyk og har en permeabilitet på $1,0 \times 10^{-9}$ m/s vil et tryktab på 0,7 m hen over membranen kunne drive ca. 3,5 cm vand/perkolat ned i membranen på 3 år. Hvis den effektive porøsitet af membranen er 10%, betyder det, at vand/perkolat vil trænge ca. 35 cm ned i membranen. Det bemærkes, at med minimum reinfiltation bliver den simulerede afsækning under depotet op til 1 m.

Da jordpoterne netop vil være etableret, når grundvandssækningen for Nordhavnstunnelen starter, forventes det, at der ikke vil være – og heller ikke komme – perkolatforurenset grundvand under depotet under grundvandssækningsperioden på ca. 3 år.

Det vurderes derfor, at der ikke er behov for at indføre specielle tiltag til sikring mod at perkolat fra depotet trækkes ind under Nordhavn mod grundvandssækningen for Nordhavnstunnelen.

Som et beredskab kan der være forberedt for etablering af og reinfiltrering i reinfiltrationsboringer mellem Nordhavnstunnelen og jorddepotet; jf. Figur 7-10, som viser, hvorledes vandtrykket kan opretholdes under jorddepotet ved en reinfiltration på ca. $100 \text{ m}^3/\text{t}$.



Figur 7-10 - Vejtunnelforslag A. Middel reinfiltration med reinfiltration i boringer mellem vej tunnel og jorddepot til sikring af grundvandstrykket i det primære magasin under depotet . Simuleret grundvands-sækning er vist vist efter 1 års drift.

7.3 Anlægstekniske overvejelser

Ved etablering af tunnelforbindelser, kan der overordnet skelnes mellem højtliggende og dybtliggende tunneler. Med udgangspunkt i kendte metoder for anlæg af tunneler samt det projektspecifikke grundlag og dertilhørende forudsætninger, er det vurderet, at den mest fordelagtige anlægsmetode for Nordhavnstunnelens krydsning af Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet, er en højtliggende tunnelkonstruktion, enten som in situ støbt tunnel cut & cover tunnel (Cut & Cover tunnel) eller en sænketunnel med stålmembran.

Det vurderes, at en dybtliggende anlægsmetode såsom en gennempreset eller boret tunnel, vil være åbenlyst uøkonomisk og/eller åbenlys teknisk ikke mulig og samtidig uden nogen gavnlig indvirkning på overfladeaktiviteterne i Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet, da kravene til minimum jorddække over de dybe tunneltyper vil betyde, at havnen stort set vil være passeret, når det er muligt at skifte fra Cut & Cover tunnel til en dybtliggende tunneltype.

På Nordhavn er det vurderet, at en højtliggende in-situ støbt tunnel udført i en byggegrube af forankrede indfatningsvægge er den foretrukne anlægsmetode, uafhængigt af valgt anlægsmetode for krydsningen af Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet. Denne metode svarer helt til den anlægsmetode, der anvendes på det igangværende NHV tunnelprojekt.

Som højtliggende tunneltype, er Cut & Cover tunnel det umiddelbart mest robuste valg, med de fordele, som er beskrevet i indledningen til dette afsnit. I de følgende afsnit beskrives anlægsmetoden for en Cut & Cover tunnel etableret i tør byggegrube på hele strækningen, mens en sænk-tunnel i havnen er beskrevet nærmere i afsnit 7.8.2.

Byggegrubeindfatningen kan afstives med jordankre eller tværafstivninger. På grund af byggegrubens relativt store bredde på minimum 25,5 meter samt ønske om færrest mulige gener under udførelse, anses en afstivning med jordankre, som værende det mest robuste valg. Der forventes anvendt sekantpælevægge, som byggegrubeindfatning på størstedelen af strækningen, både under havnen og på Nordhavn. Når byggegruben etableres med sekantpælevægge, kræves der mulighed for at pæleboremaskiner kan placeres på fast underlag. Udførelse af sekantpæle i havnen kræver derfor at der først etableres en opfyldning hvorpå arbejdet med sekantpæle kan foregå.

Opfyld i havnen giver samtidig nogle anlægstekniske fordele, da det vil give mulighed for både arbejdsveje og arbejdsarealer ude i havnen. Ydermere giver opfyld en robust løsning mod vejrlighsforhold som bølger og is.

7.3.1 Sekantpælevægge

Sekantpælevægge er borede pæle i armeret beton. Løsningen kendes blandt andet fra NHV projektet, hvor metoden er anvendt på store dele af tunnelstrækningen.



Figur 7-11: Sekantpæleboremskine og færdig sekantpælevæg, Nordhavnsvejens Tilkoblingsanlæg

Sekantpælevægge er særligt velegnede, hvor der er behov for dybe byggegruber med ønske om vandtætte vægge og/eller høje krav til at begrænse sætninger i terræn. Hvis der er områder,

hvor det ikke er lykkedes at etablere en tæt væg, findes der velafprøvede injiceringsmetoder til sikring af en tæt konstruktion.

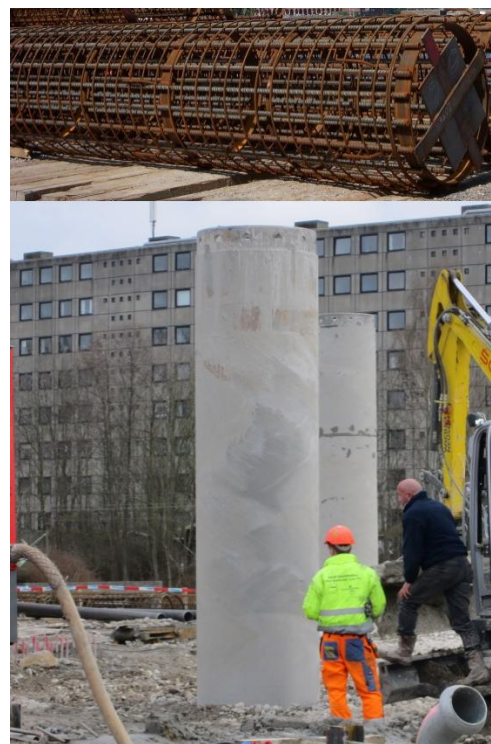
Sekantvægge eller andre former for gravede indfatningsvægge er det robuste valg i områder, hvor det er overvejende sandsynligt, at der er områder med store sten i de glaciale aflejringer eller flintbanker i kalken. Begge typer aflejringer findes under hele Nordhavnstunnelens tracé, jf. også 2.2 om geologi.

Boringen sker typisk i en stålforing, når der arbejdes i sand og leraflejringer, hvilket sikrer mod indfald af jord og dermed sætninger i terræn under arbejdet med etablering af væggen. Stålforing sikrer samtidig en høj grad af ensartethed for pælene og dermed kvaliteten af den færdige væg, herunder vandtæthed, styrke og potentielt også levetiden.

Levetid kan være relevant hvis sekantpælene skal indgå i den permanente konstruktion, hvilket dog ikke forventes på nuværende tidspunkt.

Længere nede i kalkaflejringerne, hvilket på NHT projektet generelt er i kote -12 til -15, hvor kalken har en tilstrækkelig styrke kan væggene udføres uden stålforing.

Efter at der er boret for pælen, nedsænkes en armeringskurv, og pælen udstøbes med beton samtidig med at stålforingen trækkes op.



Figur 7-12 - Borehoved til kalk, tv, Armeringskurv for sekantpæl øverst th, Foringsrør nederst th.

7.3.2 Nedbringning af spunsprofiler

For at opnå en succesfuld nedbringning af spunsprofiler er det essentielt, at der både under design og udførelse tages behørigt hensyn til profilets egenskaber og jordens beskaffenhed.

En succesfuld nedbringning opnås, når der sikres en passende afvejning mellem fremdrift, placeringstolerancer og økonomi samt i nogle sammenhænge også støj og vibrationer.

For at undgå beskadigelse af spunsprofiler under nedbringning er det nødvendigt at spunsprofilerne har et tilstrækkeligt kraftigt tværsnit til at kunne modstå dels belastningen fra den pågældende nedbringningsmetode samt modstanden fra jorden og eventuelle hindringer heri.

Et spunsprofils nedbringningsevne (driveability) er heraf en funktion af:

- Nedbringningsmetode;
- Belastning af profilet og varighed under nedbringning;
- Jordbundsforhold;
- Spunsprofilets tværsnitskarakteristik, længde og stålstyrke.

De gængse metoder til nedbringning af spunsprofiler i Danmark er ramning, vibrering og pressing, hvor den første metode er mest effektiv og mest støjende, og mindst for den sidstnævnte metode.

Baseret på kendskab til geologien i havnen og på Nordhavn, jf. også Figur 2-3 under geoteknik, og den krævede dybde af byggegruben, jf. også tegningsbilag /3/, er det dog vurderet, at det ikke vil være muligt/fordelagtigt at anvende spuns på hele strækningen for vejttunnelen, da jordbunden de fleste steder er meget hård, og med ukendt forekomst af stenblokke. Nedbringning af spuns vil derfor uanset valgt nedbringningsmetode formentlig kræve en forboring for spunsprofilerne, ikke alene for spunslåsen, men for hele profilet.

Disse forhold vil medføre, at prisen for byggegrube indfattet med spuns vil være ligeværdig eller dyrere end f.eks. en sekantpælevæg, og derudover kan forventes større udfordringer med en spuns til at sikre vandtætheden end en sekantpælevæg (krav om svejsning af spunssamlinger). Af disse grunde er anvendelse af spuns fravalgt som primære byggegrubeindfatning, dog med undtagelse af vejttunnelløsninger uden forberedelse for ØR (Vejttunnelforslag B+D), hvor rampeafslutningen for disse løsninger for en del af strækningen vil være placeret i fyldlaget.

Det kan ikke udelukkes, at det vil være muligt at nedbringe spuns ved ramning på større strækning end vist i skitseprojektet, også uden forboring for profilerne, men det vil kræve bedre viden om geologien og dermed flere supplerende undersøgelser af geologien på Nordhavn, samt muligvis også udførelse af prøveramninger, før egnetheden kan afgøres. Dette kan overvejes udført i forbindelse med de kommende projekteringsfaser.

I havnekrydsningen vil det muligvis være muligt (men med nuværende viden usikkert) at etablere spuns fra en flåde (jack-up) uden at der skal etableres en opfyldning i havnen. En byggegrube etableret uden opfyld vil dog give udfordringer i forhold til bølge- og islaster og der vil være øgede krav til oversidekoten af byggegruben for at undgå at bølger slår ind over byggegruben.

Med den ovenfor beskrevne baggrund er løsningen fravalgt i en videre bearbejdning af arbejderne i havnen. Lidt anlægstekniske overvejelser er dog foretaget i afsnit 7.8.3

7.4 Jordarbejder

Etablering af en vejttunnel til Nordhavn medfører et omfattende jordarbejde, uanset om der er tale om Cut & Cover tunnel eller sænkettunnel ved havnekrydsningen, men alt efter den valgte metode vil jordhåndteringen blive forskellig. De største forskelle er omfanget af jordarbejdet, som skal foregå vådt, dvs. arbejde med gravemaskine/back hook fra en pram eller lignende. Jord, der udgraves vådt, er sværere at håndtere, og medmindre det udgravede materiale er friktionsjord, vil det være vanskeligt at bruge det udgravede jord til genindbygning i projektet.

I det følgende gives der en introduktion til, hvordan jordhåndteringen kan forekomme for løsnin-
ger uden sænketunnel hhv. med sænketunnel. Arbejderne på Nordhavn vil ikke afhænge af tun-
neltypen i havnen.

Der er forud for bearbejdningen af jordhåndteringen defineret nogle forudsætninger for arbejdet.
Forudsætningerne er fastlagt som en del af miljøvurderingen suppleret med projektspecifikke
vurderinger.

De vigtigste forudsætninger for jordhåndteringen er:

- Jord opgravet i havnen kan placeres i Kalkbrænderiløbet, bortskaffes eller genindbygges i
tracé i havnen. Undtaget er havneslam, som forudsættes forurenset og skal bortskaffes;
- Jord opgravet på Nordhavn opdeles i fyld og intakt jord som følger:
 - Intakt jord defineres som værende rent;
 - Fyld er 40% rent, 40% lettere forurenset, 20% forurenset. Lettere forurenset jord kan gen-
indbygges på projektet og forurenset jord skal bortskaffes;
- Der etableres en klapplads i Kalkbrænderiløbet til klappning af overskudsjord opgravet i hav-
nen. Klapplads er området indtil ca. 50m nord for en mulig fremtidig stiforbindelse og indtil
Svanemølleværket i syd. Krav til vanddybde definerer overside indfyldt materiale i kote -3,5.
Det er forudsat, at jord indbygges i Kalkbrænderiløbet med en bulk densitet på 15 kN/m³,
dvs 80% af den opgravede densitet.

7.4.1 Geologi

Geologien i tracéet for den kommende Nordhavnstunnel er beskrevet i afsnit 2.3.

Overordnet består geologien af enten kalk, intaktaflejring eller fyld. Da Nordhavn er en kunstig ø,
findes der her store mængder fyldmaterialer, og dybden af fyldlagene er generelt i størrelsesor-
denen 7-8m. Fyldlagene kan ikke regnes bæredygtige. Under fyldlag kan der være gytje/marint
ler mv. i mindre omfang, og derunder er intakte aflejringer. Intakte aflejringer er primært moræ-
neler, og under moræneler findes Københavnerkalk.

7.4.2 Genindbygningsegnethed

Der er ønske om at genanvende opgravede materialer i så stort omfang som muligt. Der er for-
skel på de forskellige jordarter genindbygningsegnethed, og på hvordan de skal behandles og
deponeres for at være egnet til genanvendelse.

Jordarterne kan kategoriseres i intervallet uanvendelig til velegnet. Der er på basis af kendte
geotekniske borer, supplerende forundersøgelser udført i forbindelse med VVM for NHT vurde-
ret og erfaringer fra anlægsarbejder i området vurderet følgende inddeling af den jord, som op-
graves i tunnelprojektet. "Velegnet" er typisk sand og grus, hvor opbevaring, transport og ind-
bygning ikke kræver særlige tiltag eller forholdsregler. I NHT projektet forventes det alene at
være tilførte friktionsmaterialer, som vil falde i denne kategori. "Anvendeligt" er typisk materia-
ler, som ikke kan genanvendes, hvis det er opgravet i våd tilstand, men ellers er velegnet til at
genindbygge. "Betinget anvendeligt" kræver særlige foranstaltninger for at være egnet, og lem-
pelige krav til fremtidige sætninger i terræn mv.

Tabel 7-4 - Genindbygningsegnethed - grov inddeling.

	Velegnet	Anvendeligt	Betinget an- vendeligt	Uanvendeligt
Havneslam				X
Fyld på Nordhan			X	
Moræneler			Tør udgravning	Våd udgravning
Morænesand		Tør udgravning	Våd udgravning	
Gytje				X
Grønsandsler				X
Kalk			Tør udgravning	Våd udgravning
Sand/grus	X			

Som sammenfatning på genanvendeligheden i forhold til de forventede jordmængder, er det således overordnet vurderet at fordelingen af anvendelighed til indbygning over eller omkring vejtunnelen, er som angivet i Tabel 7-5. I Tabel 7-5 angiver miljø, om jorden er forurenet til at blive genanvendt. Det er forudsat, at fyld opgravet på Nordhavn defineret som værende rent (40%) og fyld defineret som lettere forurenet (40%) kan anvendes til genindbygning på Nordhavn.

Således er der for fyld på Nordhavn kun anvendt 80%, da 20% allerede på forhånd kasseres grundet de skønnede forureningsgrader.

Tabel 7-5 - Grov vurdering af geoteknisk genanvendelighed baseret på gennemsnitlige udsætningsprocenter Tabellen angiver den geotekniske anvendelig kombineret med den andel af materialet som kan tillades genanvendt baseret på forureningsgrad og angiver dermed samlede genanvendelighed.

	Anvendeligt	Betinget anvendeligt	Uanvendeligt
Cut & Cover tunnel i Havn	$75\% \times 1,0 = \mathbf{75\%}$	$20\% \times 1,0 = \mathbf{20\%}$	5%
Sænketunnel i Havn			100%
Nordhavn - Fyld	$15\% \times 0,8 = \mathbf{12,5\%}$	$70\% \times 0,8 = \mathbf{56\%}$	$15\% + 0,2 \times \mathbf{15\%} + 0,2 \times 70\% = \mathbf{32\%}$
Nordhavn - Intakt jord	$30\% \times 1,0 = \mathbf{30\%}$	$60\% \times 1,0 = \mathbf{60\%}$	10%
Boremateriale - sekantvægge			100%

7.4.3 Jordbalance

Jordbalancen i projektet for vejtunnel til Nordhavn afhænger i høj grad af valgt løsning og valgt udførelsesmetode. Der er dog en række fælles træk og forudsætninger, som vil blive beskrevet i dette afsnit. Uanset vejtunnelløsning og udførelsesmetode, vil der være et stort overskud af jord. Med afsæt i Tabel 7-5 er det fundet, at der i projektet findes tilstrækkelige egnede jordmængder til genindbygning omkring vejtunnelen.

De miljømæssige forudsætninger for jordbalancen er kort gengivet nedenfor:

Generelt:

- Opgravet jord i hhv. Svanemøllehavnen og på Nordhavn skal håndteres separat;
- Fyldjorden i vejtunnelens tracé på Nordhavn for-klassificeres, så det er muligt at flytte forurenet jord direkte i slutdeponi uden mellemdeponering på Nordhavn;
- Kun jord opgravet i havnen eller nye rene materialer må indbygges/klappes i havnen eller på eksterne klappladser;
- Intakte aflejringer er "ren jord" og kan genindbygges, såfremt de er egnede til genindbygning;
- Opgravet jord genanvendes i projektet i størst muligt omfang;
- Opgravet jord til genindbygning forudsættes i jordbalancevurderingen at blive placeret i mellemdeponi på Nordhavn.

Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet:

- Al havneslam forudsættes forurenet og skal bortskaffes fra områder, hvor der er planlagt etableret midlertidig opfyld i havnen;
- Kalkbrænderiløbet kan benyttes som klapplads for opgravede intakte aflejringer under forudsætning af opretholdelse af vanddybde til kote -3,5 i forhold til DVR 90. Det forudsættes, at de intakte aflejringer kan placeres direkte oven på havneslammet, der her har meget ringe mægtighed i Kalkbrænderiløbet (<0,3m);

- Ved ind-/udsejlingen til Svanemøllehavnen kan opgravede intakte aflejringer klappes indtil 50m nord for mulig fremtidig stiforbindelse, hvor klappladsen kan virke som delvis påsejlingsbeskyttelse;
- Indpumpede/ tilkørte rene friktionsmaterialer for etablering af den midlertidige dæmning/byggegrube kan genanvendes eller bortpumpes og genanvendes på land;
- Der opfyldes med friktionsmaterialer i hele området mellem byggegruben og Svaneknoppen i byggefasen;
- Der opfyldes med friktionsmaterialer i området mellem byggegruben og vestlig indkørsel til byggepladsen ved Strandvænget 43.

Nordhavn:

- Opgravet fyldjord kategoriseres i 3 forskellige forureningsgrader: Ren/ Lettere forurennet/ Forurennet med en fordeling på 40/40/20;
- Rent og lettere forurennet fyldjord kan genindbygges;
- På Nordhavn forsøges genindbygget så meget lettere forurennet jord som muligt, således at det tilstræbes at bortskaffe rene materialer;
- Der kan lokalt efterlades forurening under anlægget.

Med ovenstående forudsætninger, og med reference til de anlægsmetoder, som beskrives i afsnit 7.1 til 7.3 er der fundet følgende mængder for hver af de beskrevne tunnelløsninger og anlægsmetoder. Mængderne er alene for tunnelarbejder, og dækker ikke veje i terræn mv.

Tabel 7-6 - Jordbalance for vejttunnelforslag. Mængder angivet i 1000m³ og er teoretisk komprimerede mængder.

	Indkøb		Klapplads	Bortskaffelse						Mellemdeponi
Vejttunnelforslag	Sand/grus	Beskyttelseslag	Kalkbrænderiløbet	Boreslam fra sekant-pæle	Havneslam	Rent jord	Let forurennet jord	Forurennet jord	Netto bortskaffelse	
A	237	21	128	66	16	363	13	44	502	184
B	239	21	128	54	16	291	7	24	392	121
C	273	24	126	51	17	372	8	26	474	117
D	255	21	128	40	17	272	3	11	343	80
A med sænketunnel	158	21	121	38	14	338	13	44	447	152
B med sænketunnel	161	21	121	21	14	268	7	24	334	90

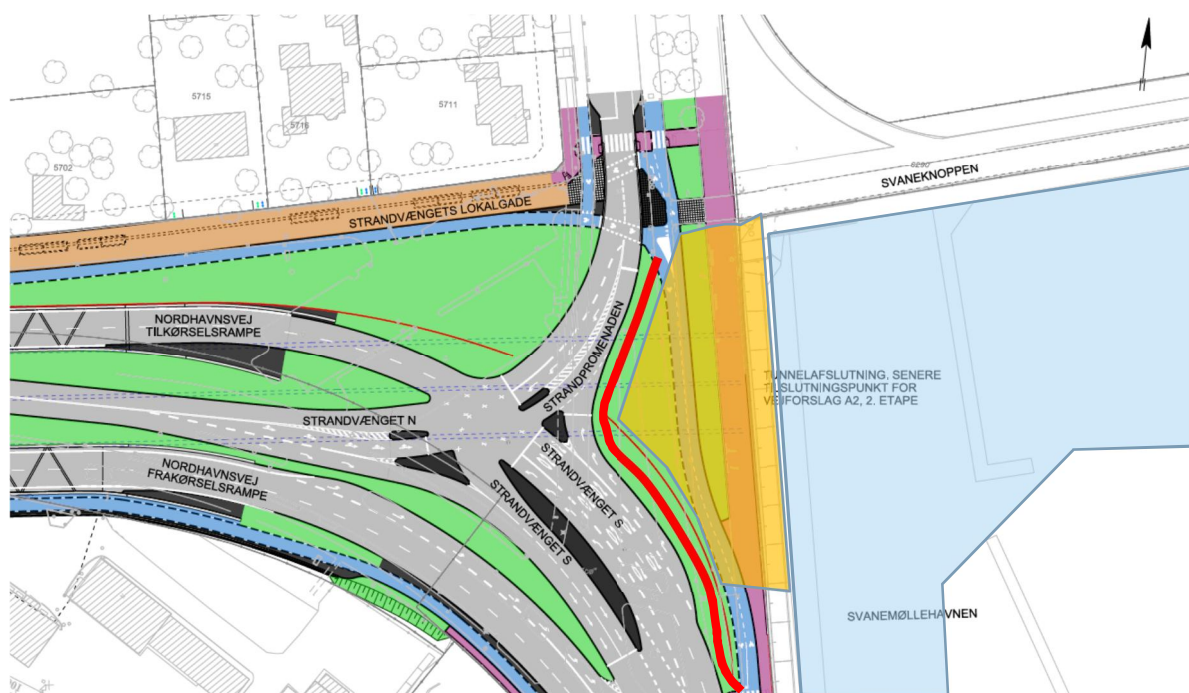
Mellemdeponiet størrelse er fastlagt ud fra at det skal kunne rumme den samlede jordmængde, som skal anvendes ved tilbagefyld omkring/over den færdige tunnel. Der vil være mulighed for at mindske depotvolumen ved god planlægning af jordlogistikken, således at en del de opgravede jordmængder kan flyttes og indbygges direkte på den endelige position, f.eks. kan sandopfyld i

havnen flyttes direkte fra yderside byggegrube og ind over tunnel uden først at blive transporteret til mellemdeponi.

Der er på nuværende tidspunkt ikke foretaget detaljerede analyser af densiteterne af intakt versus deponeret materiale, hvorfor der må forventes variationer i forhold til de volumener, der reelt er plads til i Kalkbrænderiløbet. De angivne mængder er teoretiske kompakterede mængder, hvor læsefaktor på 0,8 er anvendt ved bestemmelse af volumen af indbygning i Kalkbrænderiløbet.

7.5 Anlægsarbejdet ved tilkoblingsanlægget Nordhavnsvej

Anlægsarbejdet for Nordhavnsvejens Tilkoblingsanlæg (NHV-TKA) forventes afsluttet ultimo 2017, og er således afsluttet før arbejdet på en kommende Nordhavnstunnel (NHT) igangsættes. NHV-TKA efterlader en tunnel med en blind ende tæt på vandkanten i Svanemøllehavnen.

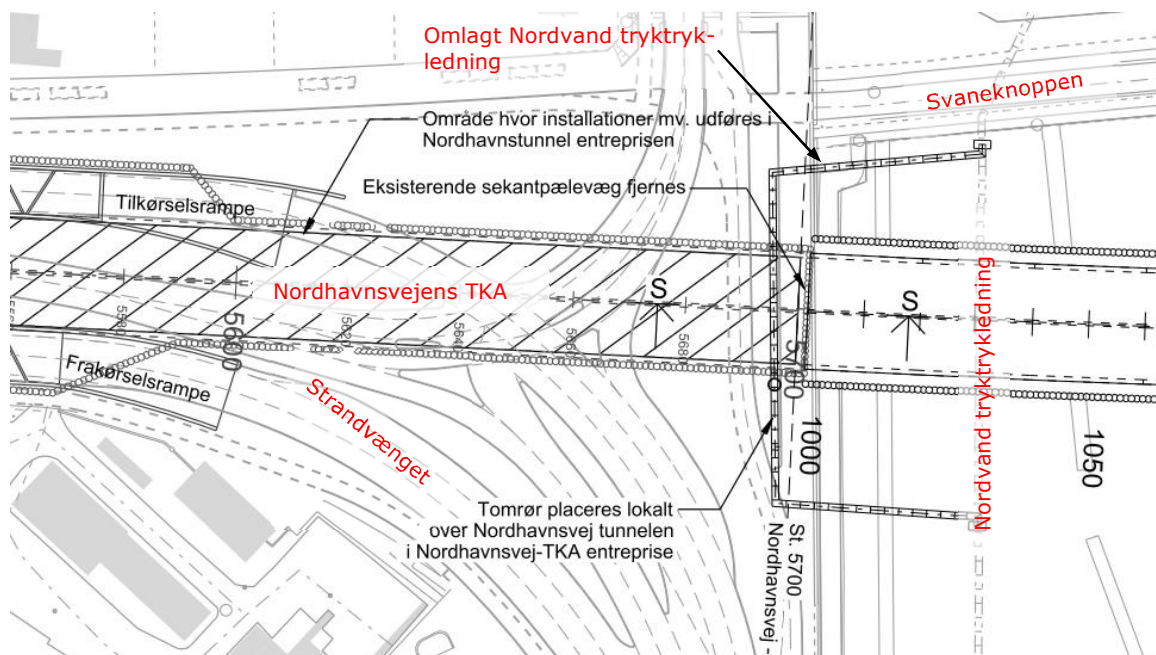


Figur 7-13 - NHV TKA vejanlæg i terræn ved Strandvænget. Rød fed linje viser midlertidig placering af cykelsti, mens området vest for cykelstien er inddraget til byggeplads (orange). Blåt område indikerer omfanget af opfyld i havnen. For flere detaljer til byggeplads henvises til relevante tegninger.

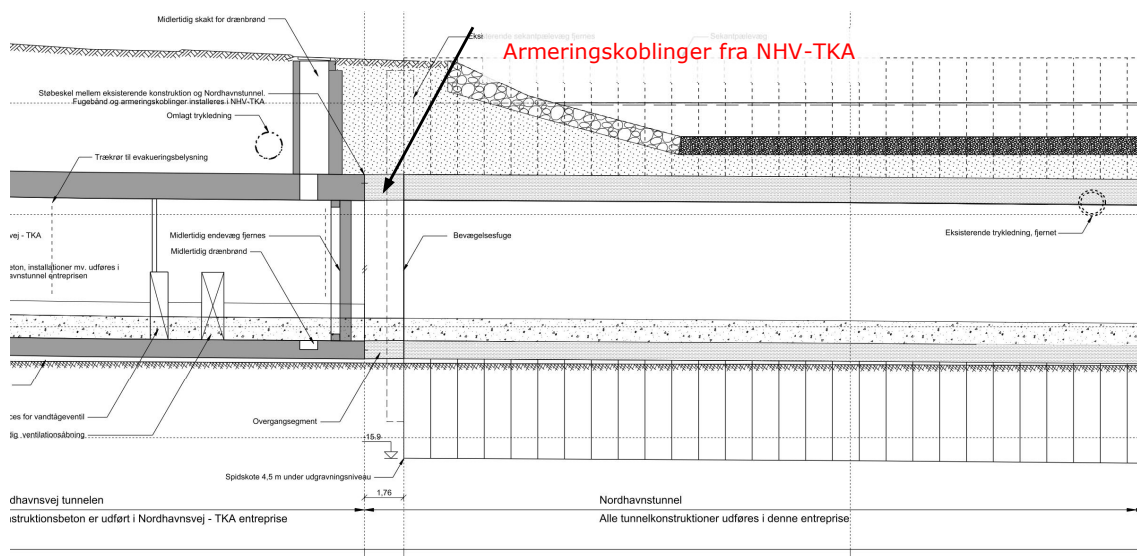
NHV-TKA er en Cut & Cover tunnel med en tykkelse på 800mm i alle ydre konstruktionsdele. 500 mm inde i NHV TKA er der etableret en midlertidig endevæg i beton. Væggen er designet til at modstå jord og vandtryk, og sikrer vandtætheden af NHV TKA.

Nordhavnsvejens tunnel er armeret til at sikre en kontrolleret revnedannelse, så betonkonstruktionen udgør den primære vandtætning. Vejtunnelen er i længderetningen armeret for fuld fastholdelse med svind og krybning efter kvadratrodsformelen i DK-NA til DS/EN1992-1-1. NHV afsluttes ca. 1m før den sekantpælevæg, som er etableret som endevæg i byggegrube ud mod Svanemøllehavnen.

I NHV TKA er afslutningen af vejtunnelen formelt defineret som st. 5.700 mens enden af segment 39 (det østligste segment på TKA) kan findes som st. 5.701,76, svarende til st. 1.000 i NHT projektet. Det er i NHV projektet besluttet at efterlade armeringskoblinger i hele endefladerne mod NHT, således at der kan etableres et støbeskel i segment 39. I den sidste del af segment 39 er der plads til indstøbning af bevægelsesfugebånd.



Figur 7-14 – Tilkobling til Nordhavnsvejens TKA - plan.



Figur 7-15 - Sammenkobling med Nordhavnsvejens TKA – Længdesnit.

Formålet med at placere armeringskoblinger i NHV-TKA fremfor at lade skiftet mellem NHV-TKA og NHT være i en bevægelsesfuge er, at det ikke er ønskværdigt at efterlade et fugebånd i jorden som forberedelse til NHT, når det endnu er uvist hvornår NHT vil blive etableret. Bevægelsesfuger er en primær vandtætning, og skader på fugebånd er ikke umiddelbart mulige at reparere.

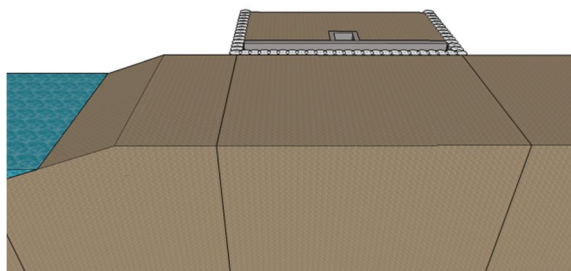
Af hensyn til fremdriften og ønsket om en sammenhængende byggeplads, vurderes det dog som sandsynligt, at sammenstøbningen med segment 39 og det efterfølgende segment 40 vil blive udført sent i forløbet, og tidligst når de tre første segmenter i Nordhavnstunnelen er støbt. Hermed sikres at der er god mulighed for at passere henover vej-tunnelen mellem den nordlige og sydlige side af byggegruben i traceets vestlige ende. Derudover forventes der et behov for at sikre mulighed for at lastbiler kan passere mellem det østgående og vestgående tunnelrør, især af hensyn til at få støbt ballastbetonen i vej-tunnelen. Denne midlertidige overledning kan opnås

ved en meget sen støbning af segment 40, eller ved etablering af åbning i midtervæggen som støbes til før åbning af vejtunnelen.

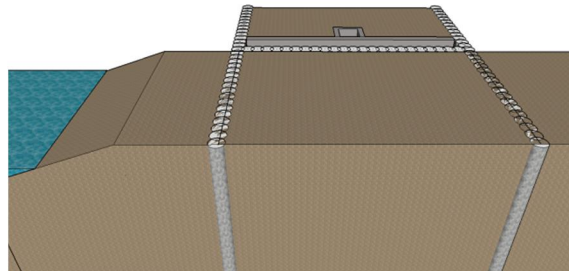
Overordnet vil rækkefølgen i anlægsarbejdet ved sammenkoblingen til NHV uanset den videre tunnelløsning være:

1. Flytning af både i havnen og opfyld i havnen;
2. Byggegrubeindfatning;
3. Etablering af grundvandssænkning for sikring af tør byggegrube;
4. udgravning og afstivende ankre for byggegrube;
5. Fjernelse af sekantvæg i st. 1.001;
6. Armerings og støbearbejde for bund, vægge og dæk, samt membran arbejder;
7. tilbagefyld omkring og over tunnel;
8. Støbning af ballastbeton i NHV TKA og ind i NHT (fra st. 785) Ballastbeton køres ind fra øst (Nordhavn);
9. Evt. tilstøbning af vægåbning i segment 40 for midlertidig overledning af lastbiler (hvis etableret).

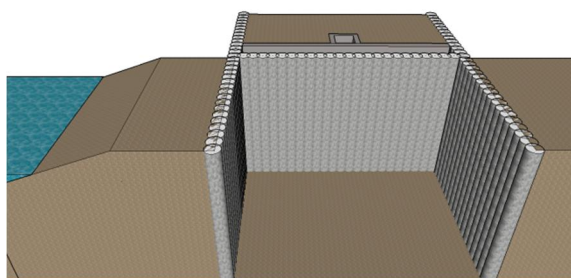
Nedbrydning af den midlertidige endevæg i NHV TKA fjernes først når det samlede NHT tunnel er udført.



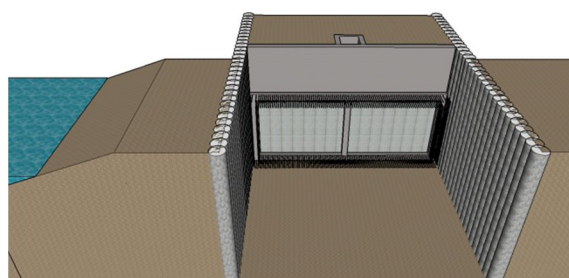
Figur 7-16 - Opfyld i havnen.



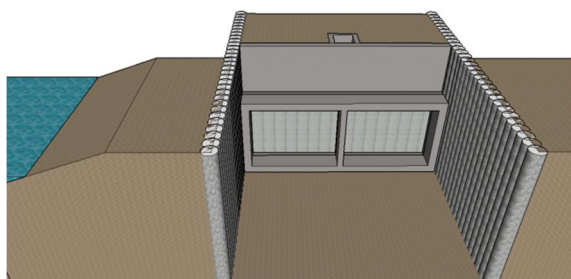
Figur 7-17 - Etablering af sekantpælevæg.



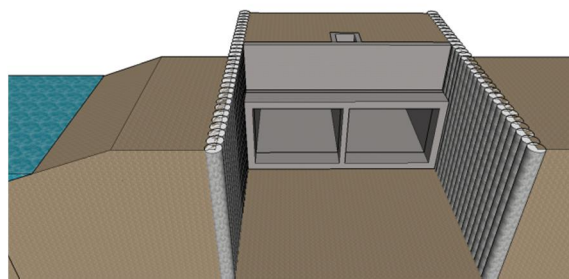
Figur 7-18 - Udgravning, etablering af jordankre og jordvandssænkning.



Figur 7-19 - Endesekantpælevæg nedskæres og endeblader ru-hugges. Placering af fugebånd og armering.



Figur 7-20- Støbning af afslutning af segment 39 inkl. indstøbning af bevægelsesfugebånd.



Figur 7-21 - Endevæg ind mod NHV-TKA fjernes når hele anlægget er vandtæt.

Nedenfor gives mere uddybende information om hvert trin og en mulig metode til at gennemføre arbejdet.

7.5.1 Flytning af både og opfyld i havnen

Før anlægsarbejdet på vejtunnelen kan iværksættes, skal der etableres arbejdsarealer. Arbejdet med at flytte både er beskrevet i den tekniske rapport for erstatningshavne. Når erstatningshavne er etableret, og bådene flyttet, inkl. fjernelse af eksisterende flydende pontonbroer mv., etableres en opfyldning i havnen.

Alt efter ønsket tidsplan og anlægslogistik kan opfyldningen foretages i hele havnen på én gang, eller først nærmest land, og senere på den resterende strækning, hvilket kan påvirke tidspunktet hvor der er behov for erstatningspladser til både

Forhold som kan påvirke anlægslogistiske valg er arbejder i forbindelse med Nordvands omlægning af trykledning nær Strandvænget, som også beskrevet i afsnit 7.5.2. Arbejdet skal planlægges og koordineres under hensyntagen til de senere arbejder med NHT.

Perioden hvor der skal findes erstatningspladser til bådene vil afhænge af anlægsperioden. Des større overlap der er muligt mellem aktiviteterne på den kritiske vej, des kortere kan anlægsperioden gøres. I forhold til anlægstidsplaner og forudsætninger gjort i den henseende henvises til afsnit 0

7.5.2 Omlægning af Nordvands trykledning

Det er en forudsætning, at Nordvands trykledning er omlagt før det egentlige anlægsarbejde i forbindelse med NHT iværksættes. Nordvandsledningen er placeret ca. 30m fra den nuværende kystlinje, og forventes lagt ind over NHV TKA. Placeringen skal således ændres fra nuværende krydsning i ca. st. 1.030 til i ca. st. 995, se Figur 7-14.

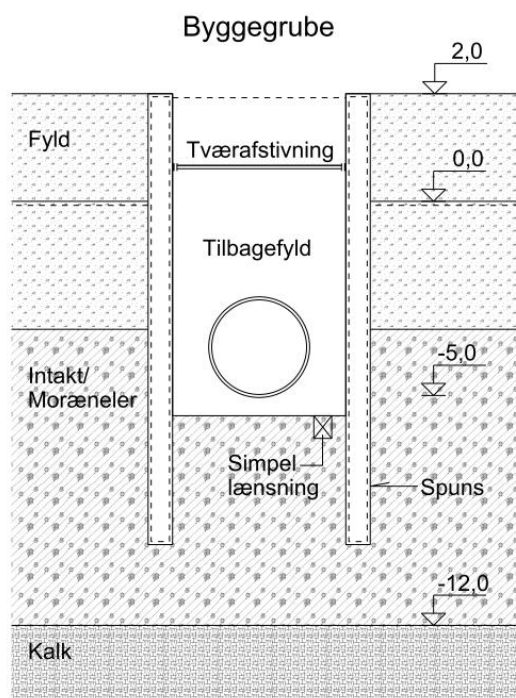
Jf. Figur 7-15 er trykledningen i dag placeret i ca. kote -5, mens opfyld og terrænkote i Strandvænget er i ca. kote +2. Etablering af ny ledning og sammenkoblingsbygværker kræver dermed dybe byggegruber. Samtidig er der behov for at indfatningsvægge til byggegruben er rammet ned i moræneler for at sikre en rimelig vandtæthed og dermed begrænse behovet for grundvandssænkning mest muligt.

Lokalt over NHV-TKA forventes placeret et tomrør, formentlig i PP, i forbindelse med NHV projektet, som forberedelse for omlægningen, således, at der ikke skal etableres en byggegrube hen over vejtunnelen. Det tiltag skal både forhindre skader på NHT-TKA vejtunnelen i forbindelsen med etablering af byggegruben for omlægningsarbejdet samt mindske omfanget af retableringsarbejder i terræn.

Princippet for byggegruben er illustreret på Figur 7-22. Nedbringning af spuns vil muligvis kræve forboring for spunsåse, da moræneaflejringerne er hårde i området. Det forventes, at byggegruben kan holdes tør ved simpel lænsning, da moræneler vil begrænse mængden af tilstrømmende vand. Der forventes 6-7m moræneler under udgravningsniveau, hvilket indledningsvist vurderes tilstrækkelig til at sikre mod grundbrud uden etablering af et egentligt grundvandssænkningssystem.

Ud over rørledningen, som er illustreret ovenfor, skal etableres sammenkobling mellem den eksisterende betonledning og den nye PP ledning.

Inde ved Strandvænget skal ledningen kobles sammen med tomrøret, som er placeret over vejtunnelen i forbindelse med NHV-TKA projektet. Ved begge tilkoblingerne på land skal forventes etableret brønde. Før etablering af brønde skal sekantvægge for NHV-TKA lokalt nedbrydes for at opnå adgang til det efterladte rør.



Figur 7-22 - Muligt tværsnit i lokal byggegrube for Nordvands trykledning.

7.5.3 Byggegrube

Byggegruben ved tilkoblingen til NHV-TKA forudsættes udført med sekantpælevægge. Først og fremmest af grunde beskrevet i afsnit 7.2, men også af hensyn til ønsket om at sikre en vandtæt sammenkobling med byggegruben, som udføres som en del af NHV-TKA projektet, som også er en sekantpælevæg.

Sekantpælevæggen etableres med sekantboremaskiner placeret på opfyld i havnen. Der forventes ikke plads til mere end en enkelt sekantpæleboremaskine lokalt ved sammenkoblingen. Afhængig af de endelige tilladelser til arbejdstider, kan en sekantpæleboremaskine udføre 2 pæle dagligt, svarende til 1,8m byggegrubevæg ved $\varnothing 1200$ pæle.

Ved tilkoblingen forventes spidsen af pælene at være i ca. kote -16, i alt 18m fra top til spids, dvs. ca. 20m^3 beton per pæl. Betonmængden svarer til 3 betonbiler pr. pæl som afhængig af tidspunkt for etablering af sammenkoblingen vil ske enten fra Nordhavn, via den midlertidige dæmning i havnen, eller fra vest via indkørslen som etableres nær Strandvænget 43.

Derudover skal leveres og installeres armeringskurve til sekantpælene samt midlertidige jordankre til afstivning af byggegruben.

7.5.4 Grundvandssænkning

Før udgravningen af byggegruben foretages, skal der etableres et grundvandssænkingsanlæg til sikring af byggegrubens tørholdelse. I området ved Strandvænget placeres pumpeboringerne udenfor byggegruben, da sekantpælevæggen i dette område ikke har væsentlig afskærende effekt på grundvandstilstrømningen.

7.5.5 Fjernelse af sekantpælevæg

Ved afslutningen af NHV-TKA placeres en sekantpælevæg, jf. også Figur 7-15 og billedet i Figur 7-11.

Væggen kan fjernes, når der er etableret byggegrube for NHT projektet.

Væggen ventes fjernet ved nedskæring, f.eks. med wire. Nedskæring er en lempelig og kontrolleret metode, der minimerer risikoen for utilsigtede skader på den del af byggegruben som skal forblive intakt og vandtæt.

7.5.6 Betonarbejdet

Sammenstøbningen med NHV-TKA sker i et støbeskel i st. 998. I NHV-TKA placeres armeringskoblinger i hele endefladerne mod NHT. Armeringen for NHT placeres i disse koblinger, og der armeres, placeres fugebånd mv. før betonen støbes.

I forbindelse med betonarbejdet kan det være nødvendigt med en adgang gennem midtervæggen i et af de første segmenter i NHT vejttunnelen.

Når betonarbejdet er afsluttet tilbagefyldes med materialer fra mellemdeponi på Nordhavn. Ballastbeton støbes først når tunnel er færdig i hele havnen. Ballastbeton tilkøres fra Nordhavn. Ballastbeton støbes typisk i to lag, først nederste del med en grov afretning og siden det øverste afrettende lag der skal være forberedt for vejbelægning.

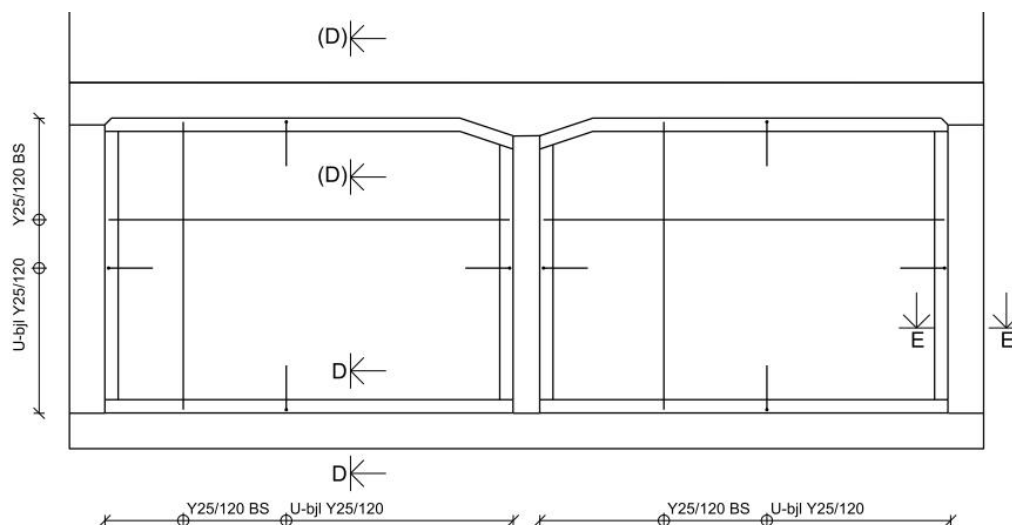
Det eventuelle hul i midtervæggen skal støbes ud når hovedparten af arbejderne i vejttunnelen er udført, og kan derfor forventes at blive udført som noget af det sidste.

7.5.7 Nedbrydning midlertidig endevæg

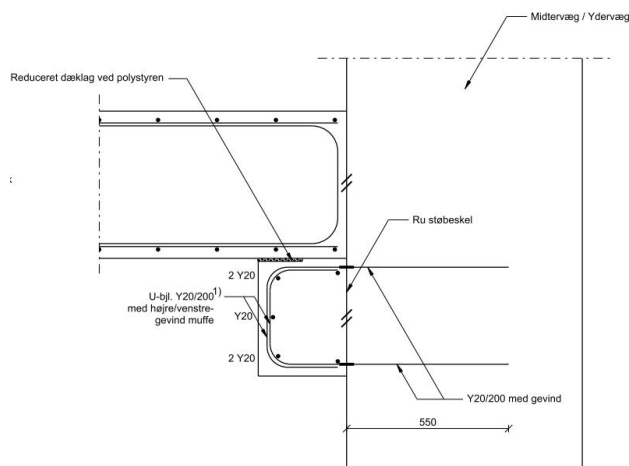
Når anlægsarbejderne på NHT er afsluttet, kan den midlertidige endevæg i NHV-TKA fjernes. Det kan ikke tillades at forudsætte at væggen kan fjernes tidligere, medmindre en risikovurdering viser, at dette ikke vil medføre en risiko for oversvømmelse af NHV, som er i drift på dette tidspunkt. Der kan således ikke forventes adgang til byggepladsen for NHT gennem NHV før dette tidspunkt, og kun hvis det kan dokumenteres, at det er trafiksikkerhedsmæssigt forsvarligt.

Endevæggens er placeret 500 mm inde i forhold til der, hvor tunnelstøbningen i NHV-TKA afsluttes. Denne tilbageetrækning skal sikre, at det er muligt at etablere forarbejde mv. i forbindelse med arbejdet på NHT uden at beskadige endevæggen.

Støbeskellet mellem endevæg og vægge/dæk i vejttunnelen er udført med armeringskoblinger, så væggen kan fjernes ved skæring og borthugning og efterlade en jævn overflade. Uddrag af samlingsløsningen fremgår af Figur 7-23 og Figur 7-24.



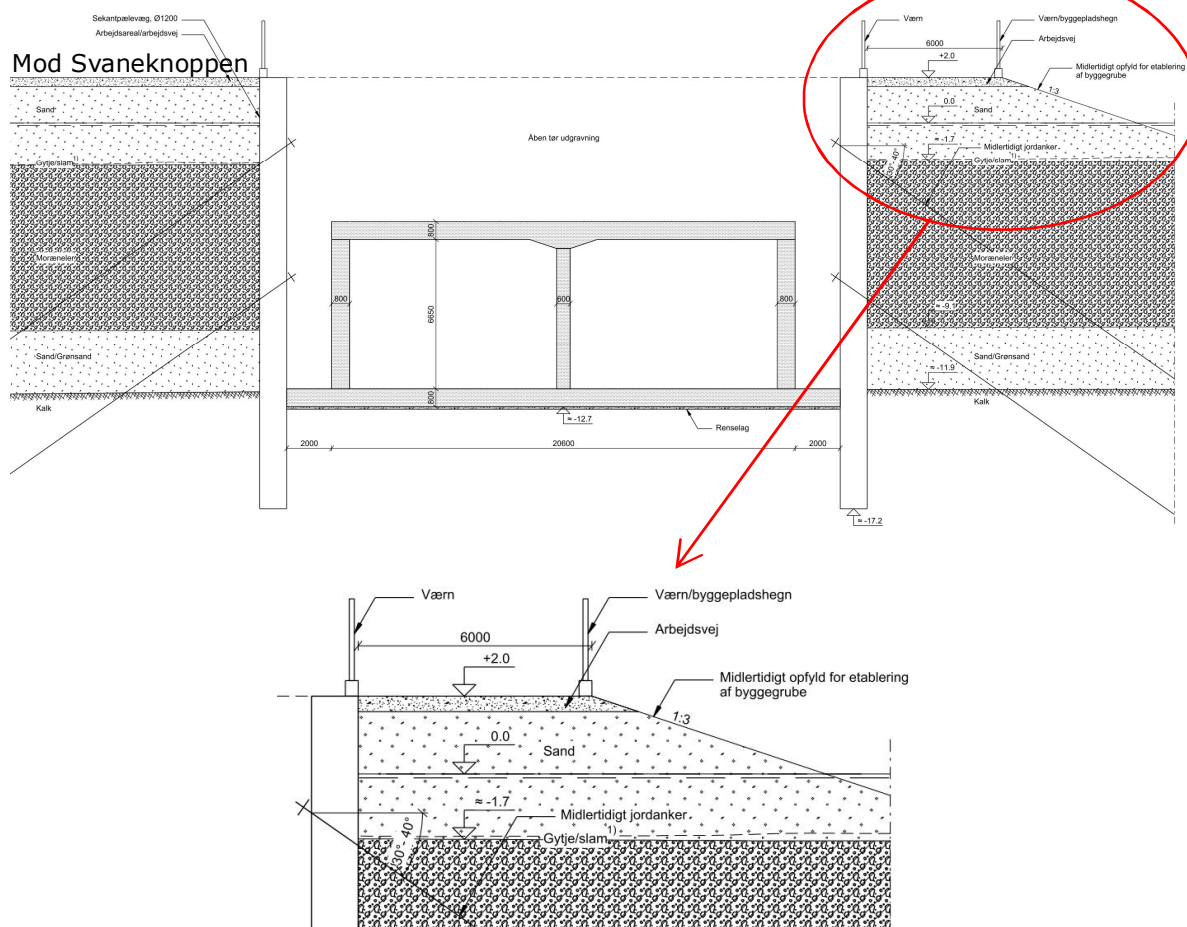
Figur 7-23 - Opstalt - midlertidig endevæg i NHV-TKA.



Figur 7-24 - Snit i konsol ved væg, Snit E-E.

7.6 Anlægsarbejdet ved krydsning af Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet

Arbejdet ved krydsningen af Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet er stationeringsmæssigt placeret mellem ca. st. 1.000 og st. 1.654. I afsnit 7.3 fremgår, at der forudsættes etableret en tør byggegrube i en midlertidig opfyldning i havnen. I forbindelse med bølgeforhold er der blevet set på forskellen mellem en byggegrube etableret i en opfyldning og en uden. Ved løsningen med opfyldning skal overløbskoten i byggeperioden være i ca. kote +2,0, mens løsningen uden opfyldning vil overkanten i Kalkbrænderiløbet, af hensyn til bølgeoverskyld skulle hæves til kote +3,5m.



Figur 7-25 - Byggegrube med opfyld i havnen og etablering af tunnel i tør byggegrube (principsnit i st 1150).

Nordhavnstunnelen udført traditionelt som en in situ støbt tunnel i en tør byggegrube, kan som udgangspunkt gennemføres som én lang byggegrube hvor Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet gennemskæres igennem hele byggeperioden.

For i videst mulig omfang at tilgodese overfladeaktiviteter, herunder især sejllads til og fra Lystbådehavnen, vil det være muligt at opdele anlægsarbejdet i etaper for derved i videst mulige omfang at opretholde adgangen til havnen og dermed dele af aktiviteterne i denne. En sådan etapedeling vil skulle placeres omtrent midt i Kalkbrænderiløbet, svarende til stationering 550. En etapedeling vurderes dog at have en negativ effekt på anlægslogistikken og dermed også både pris og tidsplan. Disse forhold er behandlet lidt nærmere i afsnit 7.8.1. Hvis der foretages en etapedeling, vil der være behov for erstatningshavn til ca. 600 både, mens samtlige både (ca. 1.420 både) i Svanemøllehavnen og Kalkbrænderihavnen skal flyttes midlertidigt, hvis der ikke foretages en etapedeling og havnen dermed lukkes i hele anlægsperioden.

7.6.1 Opfyld og arbejdsplads

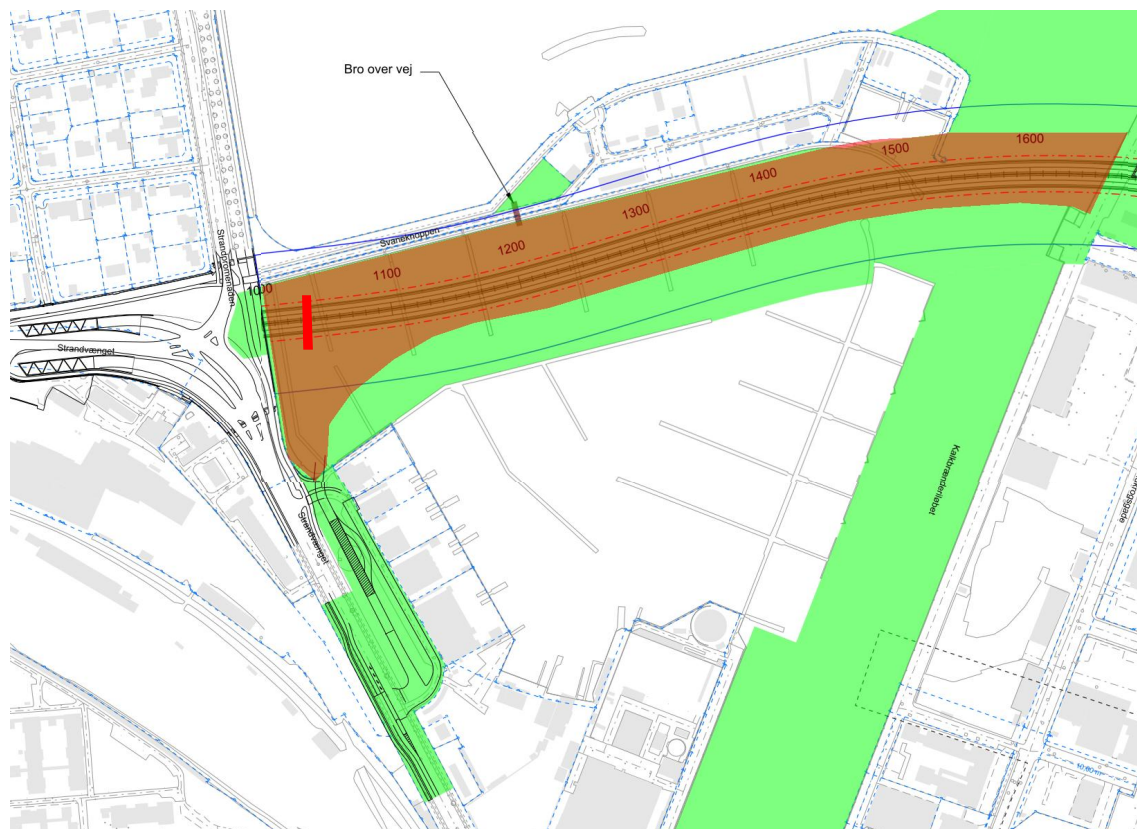
Opfyldning kan ske enten som dæmning med frie skråninger eller som dæmning hvor skråningerne i vist omfang er begrænset af spuns. Det er for nuværende dog vurderet, at uanset fremgangsmåde, vil det ikke være muligt at opretholde sejleraktiviteter i bassinet nærmest Nordmøllen (nærmest Svaneknoppen), hvorfor begrænsning af dæmningsskråningen ikke medfører mærkbare fordele. Det er derfor forudsat, at der arbejdes med fire dæmningsskråninger. Det er fortsat uvist hvorfra materialer til opfyld i havnen kommer. Det er forventningen, at det vil være muligt at etablere en stabil fri skråning med hældning 1:2 når det er over vandspejl, mens 1:3 er mere realistisk under vandspejlet. Til at vurdere udstrækningen af dæmningen i havnen er der for nuværende dog antaget 1:3 på hele skråningen fra krone til havbund.

En dæmning med frie skråninger vil variere i bredden afhængig af vanddybden.

Før opfyld i havnen kan udføres, skal området ved Svaneknoppen rømmes for både og flydepon-toner. I det direkte berørte område er i dag ca. 600 bådpladser til større og mindre både. Opfyld i havnen forventes for hovedpartens vedkommende at ske med marine materialer, forventeligt marint sand. Det er forventningen, at opfyld vil ske ved indpumpning, hvorefter materialet kan fordeles til en dæmning med gravemaskiner fra dæmning hhv. jack-up. Vanddybden i havnen varierer mellem 6,5 m i Kalkbrænderiløbet til fra 1,5 - 3m i havnen. Afhængig af de anvendte pramme, vil der være en begrænsning for hvor langt de kan trænge ind i havnen. Disse forhold kan afgøre længden af rør til indpumpning af materialerne. Som alternativ til marine materialer kan anvendes tilkørte friktionsmaterialer.

Der forudsættes opfyldt helt ind mod Svaneknoppen, da vanddybden her er begrænset, og opfyld derfor vil være en moderat merudgift. Desuden vil det ikke være ønskeligt, at der efterlades små vandhuller mellem den etablerede dæmning og Svaneknoppen, da det vil give "sure" huller med stillestående vand. Som en sidegevinst vil området give en god og rummelig plads til anlægsaktiviteterne, herunder også materialeoplag.

På øvrige strækninger forudsættes dæmningen at fra krone til krone at være 12m bredere end byggegruben (6m på hver side), hvorved der etableres gode muligheder for at køre på langs af byggegruben, inkl. plads til tårnkraner mv. Dette vil være med til at sikre en hurtig og arbejdsmiljømæssig god gennemførelse af projektet, jf. Figur 7-25. En detailplanlægning vil afgøre om dæmning placeres symmetrisk omkring tracé, eller om andre placeringer vil være mere fordelagtige.



Figur 7-26 - Arbejdsareal i havnen - Brunt område er opfyldt op til kote ca. +2,0. Rød streg er forventet krydsning af tracé med arbejdspladsvej.

Områder markeret med grønt i ovenstående figur er områder som kan være berørt af anlægsarbejdet, f.eks. hvis entreprenøren vælger at anvende pramme eller skibe i forbindelse med anlægsarbejdet. I Kalkbrænderiløbet forventes det grønne område anvendt til klapning af materialer udgravet i havnen.

Opfyld i havnen har som tidligere nævnt en positiv effekt i forhold til at begrænse bølgeoverskyl, noget der primært er relevant ved den nuværende indsejling til Kalkbrænderiløbet, markeret på Figur 7-26. Da opfyldningen skal bruges som både bølgesikring og arbejdsvej, vil det være nødvendigt at etablere en erosionssikring af den midlertidige dæmning. Erosionssikringen kan bestå af diverse sten/grus filterlag, som indbygges vådt på nordsiden af opfyldningen i Kalkbrænderiløbet.

I områderne langs med og på siden af den kommende byggegrube indbygges et lag bundsikringsgrus og stabilgrus som arbejdsvej.

7.6.2 Byggegrube

Etablering af byggegrube med sekantpælevægge udføres efter samme principper som på NHV projektet. Når væggene etableres fra en dæmning i havnen, er der ikke væsentlige forskelle i metode eller fremdrift i forhold til det som kendes fra NHV. Dog er der enkelte fordele ved at pælene bliver etableret fra en dæmning fremfor fra terræn. Blandt andet vil dæmningen være udført af et ensartet materiale, hvorfor der ikke i de øverste lag vil blive truffet store stenblokke, som dem der til tider har været generende for borearbejdet på Nordhavnsvej. Dette udelukker dog ikke forekomsten af store blokke nede i moræneleren. På Nordhavnsvej har der været nogle tilfælde, hvor det har været nødvendigt at anvende hydraulisk mejsel til at bryde stenblokke i foringsrøret for sekantpælen. Spidskoten af byggegruben føres ned til ca. 4,5m under planlagt udgravningsniveau for at sikre den nødvendige bæreevne.

Når sekantpælevæggen er etableret udgraves og etableres afstivende jordankre som også beskrevet i afsnit 7.3. I havnekrydsningen forventes 2-3 ankerniveauer til at sikre væggenes stabilitet. Ankrene etableres med hældning på ca. 30°-40° i forhold til vandret, og forankres i kalken. Dette betyder at det øverste anker i visse områder kan være mere end 25m langt.

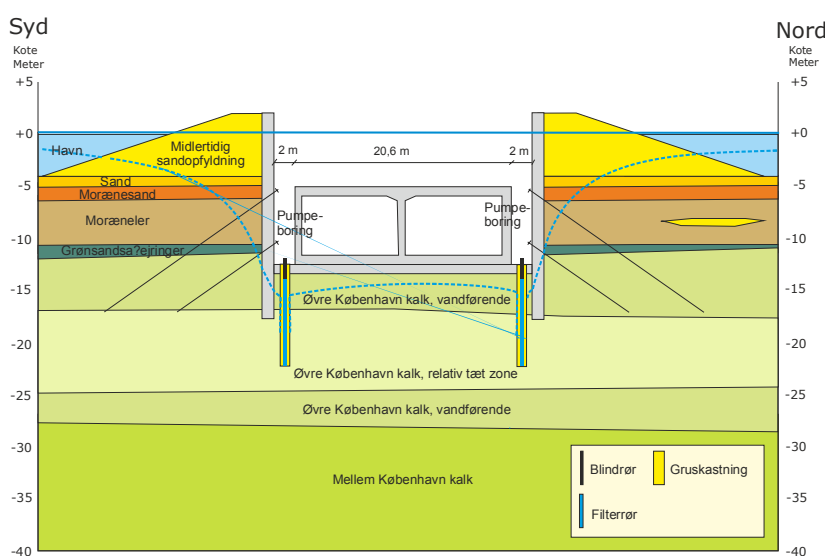
I forhold til grundvand og vandtætning af byggegruben i det hele taget skal det fremhæves at der er en væsentlig forskel mellem byggegruben for Nordhavnsvej og Nordhavnstunnelen (ved krydsning af Svanemøllebugten). Ved krydsning af havnen er der konstant vandtryk på væggen. Det er derfor for byggegruben i havnen vigtigt, at vælge en metode, der bedst muligt sikrer vandtæthed.

Ved etablering af byggegruber i åbent vand, skal der tages passende forholdsregler for belastninger fra is. Det kan overordnet vælges at dimensionere væggen for islast, eller at etablere afværgeforanstaltninger så belastningen fra is undgås. Belastning fra is kan især komme fra drivende is. Islast anses alene relevant for den del som er placeret ud mod Svanemøllebugten. For en løsning hvor byggegruben er etableret fra en opfyldt dæmning, og hvor dæmningskronen er minimum 6 m bred mellem byggegrube og det frie vandspejl, og dæmningsniveau er 2m over dagligt vand, da vil belastning fra is ikke være relevant.

Bredden af byggegruben er valgt at være 2x2 m bredere end bredden af den færdige tunnel.. Denne ekstra plads sikrer mulighed for fornuftige arbejdsforhold ved forarbejde samt påsmøring eller svejsning af vandtættende membraner. Derudover sikrer denne ekstra plads at det er muligt at placere stillads og trapper på ydersiden af tunnelvæggen. Trapper ses som en naturlig del af flugtveje fra byggegruben, f.eks. i tilfælde af ulykker, herunder en oversvømmelse.

7.6.3 Grundvandssænkning

Grundvandssænkning i forbindelse med anlægget i havnen forventes udført på en anden måde end ved arbejderne på NHV-projektet. Som tidligere beskrevet er spidskoten ført ca. 4,5 m ned i kalken. Denne dybde sikrer samtidig en god afskærende effekt på tilstrømmende grundvand. Jf. afsnit 7.2 om grundvandsænkning, kan det ses, at den pumpede vandmængde reduceres med ca. 60% på strækning 2 i havnen. For at opnå gavn af den afskærende effekt er pumpeboringerne placeret indenfor byggegruben.



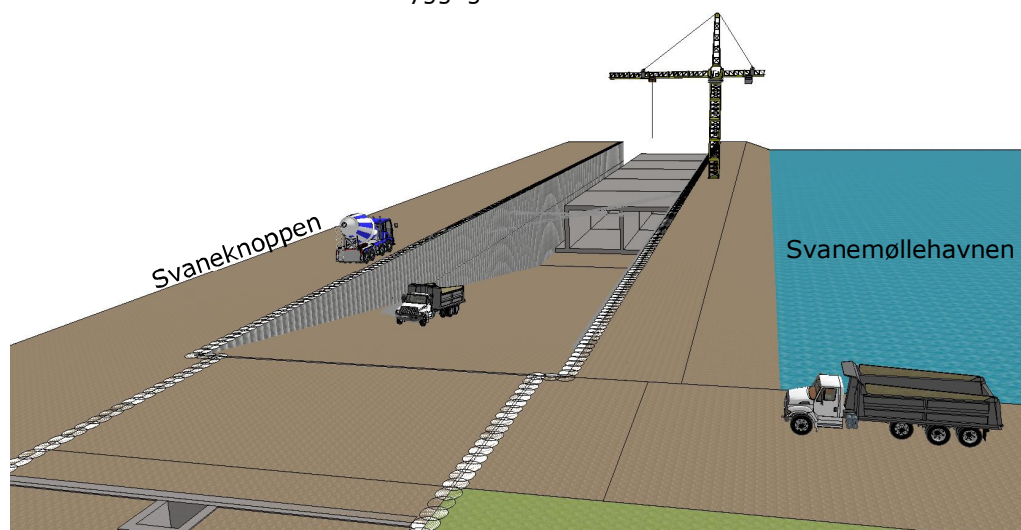
Figur 7-27 - Byggegrube med pumpebrønde inde i byggegruben.

Etablering af pumpeboringer indenfor byggegruben vil udgøre en mindre gene for anlægsarbejdet, men det er vurderet, at den reducerede vandmængde vil mere end opveje disse gener. Prin-

cippet med sænkning indenfor byggegruben kendes fra talrige projekter, herunder Nordhavn Metrostation, Malmø City tunnel, operaprojektet m.fl.

7.6.4 Permanente konstruktioner

Der forventes anlagt et større arbejdsområde mellem vejtunnelens tracé og Svaneknoppen som antydnet på Figur 7-26, hvortil der vil være behov for adgang i den vestlige ende af Nordhavns-vejtunnelens tracé. Behovet vil være relevant i alle vejtunnelforslag med Cut & Cover tunnel i havnen, uanset etapedeling eller ej, men behovet vil dog være mest presserende ved en etapedeling (se afsnit 7.8.1), da det ellers ikke vil være muligt at transportere materialer frit langs byggegruben i terrænniveau. Arealet syd for byggegruben er bredt nok til, at der kan anlægges en vej eller placeres en tårnkran, men er ikke bredt nok til at der kan foretages vendinger med lastbiler, så uden en adgang til nordsiden af tracé vil tilkørsel af materialer som armering, beton osv. blive besværliggjort og dermed vil arbejdsperioden også blive forlænget. Adgangen kan sikres ved sen etablering af tunnelsegmenter nær Strandvænget som indikeret på figuren nedenfor, eller med interimsbro hen over byggegruben.

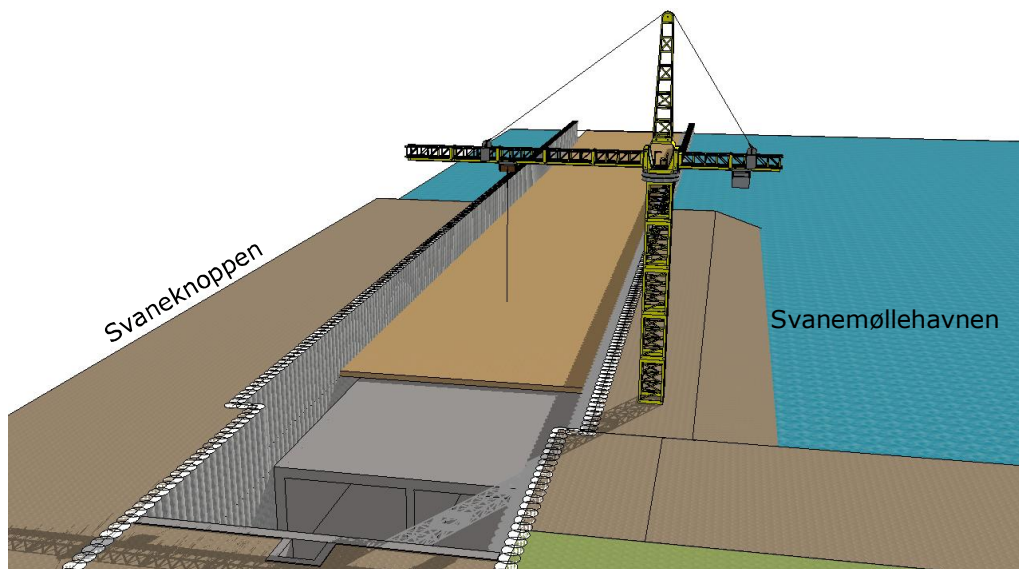


Figur 7-28 - Opfyld i havnen og rampe ned til byggegrube, set fra Strandvænget.

Der er som udgangspunkt forudsat en arbejdstakt med 2 fronter i havnen. Den ene kan starte på Nordhavn gående mod Svaneknoppen (øst mod vest) med den primære arbejdsplads placeret på Nordhavn, og den anden kan starte midt i havnen gående mod Strandvænget (øst mod vest). For at sikre en god anlægslogistik og god fremdrift, vil der blive etableret en sekundær arbejdsplads i vest. For derfor til alle tider at sikre en tilstrækkelig anlægslogistik for det 1.400 meter lange anlægstracé, vurderes det nødvendigt, at der uagtet anlægsmetode etableres til- og frakørselsmuligheder fra tunneltracé til både Strandvænget og til Nordhavn, således at der til alle tider er muligt at opretholde fremdrift på 2 fronter i havnen.

Med de mange samtidigt igangværende arbejder og den megen modsatrettede trafik i samme tunneltracé vil anlægslogistikken uden fuld adgang fra vest være udfordret og der vil være stor risiko for afbrydelser af arbejdet og stilstand ved uforudsete hændelser.

I forbindelse med etableringen af de permanente konstruktioner forventes adgangen fra vest især nødvendig på dage med stort behov for transport, f.eks. dage med støbning. Figur 7-28.



Figur 7-29 - Etablering af afsluttende arbejder i vest.

På denne måde bliver det muligt at tilbagefylde og begynde bortskaffelsen af opfyldet i den østlige del af tracé samtidig med at tunnelarbejderne afsluttes i vest. Andre fremgangsmåder er også mulige, og valg af metode vil blandt andet afhænge af, om bortskaffelsen sker ad søvejen eller til lands.

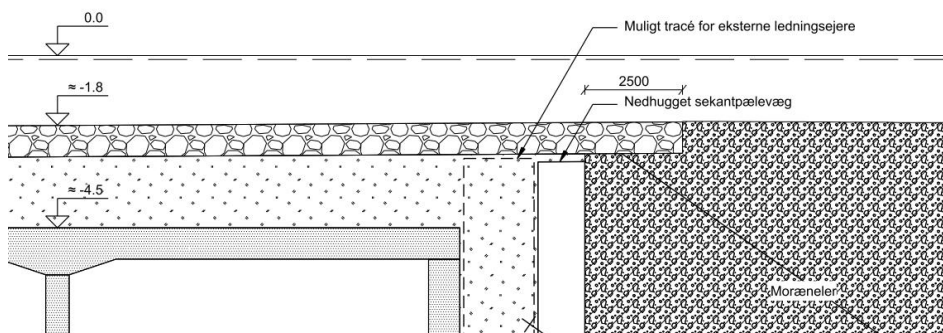
Det forventes, at langt størstedelen af arbejdskørslen kan holdes indenfor eget arbejdsområde og på den måde begrænse belastningen af eksisterende infrastruktur.

7.6.5 Afsluttende arbejder

Når de permanente konstruktioner er udført, fjernes den midlertidige dæmning i havnen.

Sandfyldet fra dæmningen forudsættes egnet til klappning på klapplads i Øresund eller i Kalkbrænderiløbet, alt efter hvad der passer bedst i logistikken. En del af dæmningen kan dog også flyttes direkte fra yderside af byggegrube og ind omkring og over vej-tunnelen, men som beskrevet i afsnit 7.4.3, så forudsættes det foreløbigt, at al jord til genindbygning har været i mellemdeponi på Nordhavn.

Dæmningen fjernes ned til ca. 1m under endeligt niveau i havnen til det niveau hvor sekantpælevæggen skal skæres/hugges ned. Herefter placeres der et ca. 1 m tykt beskyttende lag over vej-tunnelen.

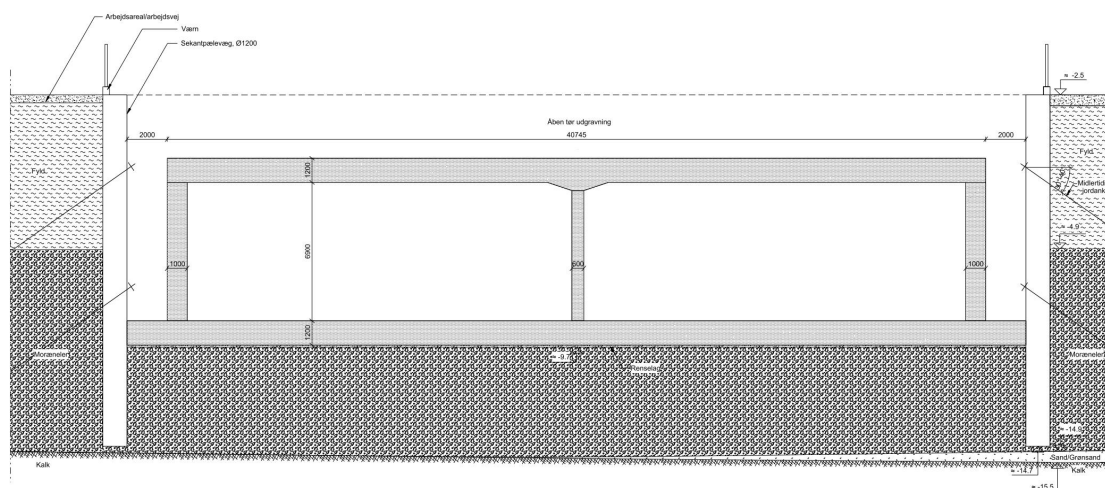


Figur 7-30 - Nedhugning/skæring af sekantpælevæg og beskyttelseslag.

7.7 Anlægsarbejdet på Nordhavn

Anlægsmetoderne for arbejdet på Nordhavn er meget lig arbejdet på Nordhavnsvej, men der er dog væsentligt bedre pladsforhold på Nordhavn, hvilket giver muligheder for en bedre anlægsoptik.

Alle konstruktioner er forudsat etableret i tør byggegrube. Byggegruben forventes på hovedparten af strækningen etableret med sekantpælevægge med 2 ankerniveauer, som beskrevet i tidligere afsnit. I områder med mindre dybe konstruktioner, som f.eks. rampekonstruktionerne til vej-tunnelforslag B og D vil det forventeligt være fordelagtigt at anvende spunsvægge i stedet.



Figur 7-31 - Typisk tværsnit på Nordhavn.

På Nordhavn forventes byggegrubens indfatningsvægge af hensyn til bæreevnen at have spidskote ca. 4,5m under udgravningsniveau. På Nordhavn er overside kalk placeret dybt, og den øverste del af kalken er meget vandførende, hvorfor indfatningsvægge til byggegruben ikke vil give nogen væsentlig reduktion i den tilstrømmende vandmængde. Hvis byggegrubens vægge skal opnå en afskærende effekt, vil det være nødvendigt at føre væggen ca. 10m dybere ned end nødvendigt af hensyn til bæreevnen. En sådan meget dybere væg vil af økonomiske hensyn ikke være relevant.

På Nordhavn er pumpeboringer derfor forudsat placeret udenfor byggegruben, så de anlægstekniske gener undgås.

Øvrige metoder og arbejdsgange svarer til de der er beskrevet ved krydsningen af havnen.

7.8 Alternative udførelsesmetoder

Alternativer til de udførelsesmetoder for tunnelanlægget i havnen, der ovenfor er beskrevet, vil i det efterfølgende blive beskrevet kort.

Det vurderes, at der for tunnelanlægget på Nordhavn ikke er reelle alternativer til en traditionel Cut & Cover løsning svarende til den der er anvendt på HNV-projektet.

7.8.1 Cut & Cover tunnel med etapedeling i Kalkbrænderiløbet

Ved en etapeopdeling af anlægsmetoden "In situ støbt tunnel med opfyldning" vil etableringen af vej-tunnelen i Kalkbrænderiløbet udføres i to etaper, for på den måde at sikre, at der i Kalkbrænderiløbet som minimum findes en gennemsejlingsmulighed på ca. 40 meters bredde.

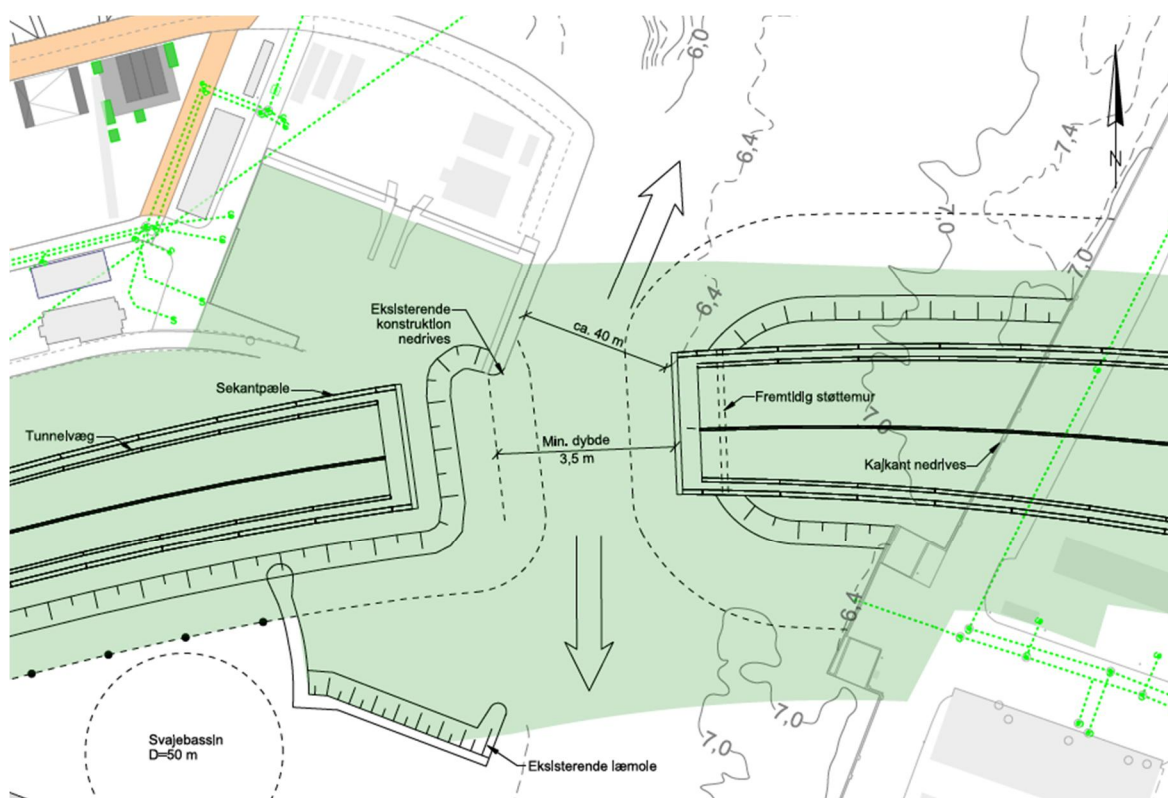
I Svanemøllen Lystbådehavn fra stationering st. 1.000 til st. 1.500 vil en etapeopdeling ikke have nogen gavnlig indvirkning på overfladeaktiviteterne, hvorfor denne strækning fortsat forudsættes gennemført som én lang byggegrube, hvor Lystbådehavnen gennemskæres uafbrudt igennem hele byggeperioden, svarende til metoden beskrevet i 7.6

Etableringen af Nordhavnstunnelen vil heraf medføre en midlertidig udflytning af ca. 500 bådspladser primært fra Nordmolen og den nordlige side af Midtermolen ligesom den eksisterende indsejling til Svanemøllehavnen vil blive midlertidigt spærret.

Til trods for at der er tale om en etapeløsning, vil Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet være lukket i en periode af 5 måneder.

Etapeopdelingen i Kalkbrænderiløbet vil foregå ved, at der indledningsvis etableres opfyldning og forankret byggegrubeindfatning fra Nordhavn i øst og indtil stationering st. 1.575 i vest, hvor der afsluttes med etableringen af en midlertidig tværvæg i byggegruben. Den midlertidige tværvæg afstives med horisontale skrå- og tværafstivninger i det øverste niveau for at undgå "frie" jordankre over havbunds niveau. De resterende afstivningsniveauer udføres med skrå jordankre.

Når byggegrubeindfatningen er afstivet afgraves opfyldningen indtil kote -3,5 meter foran tværvæggen og ca. 10 meter rundt om byggegrubens hjørner, jf. Figur 7-32.

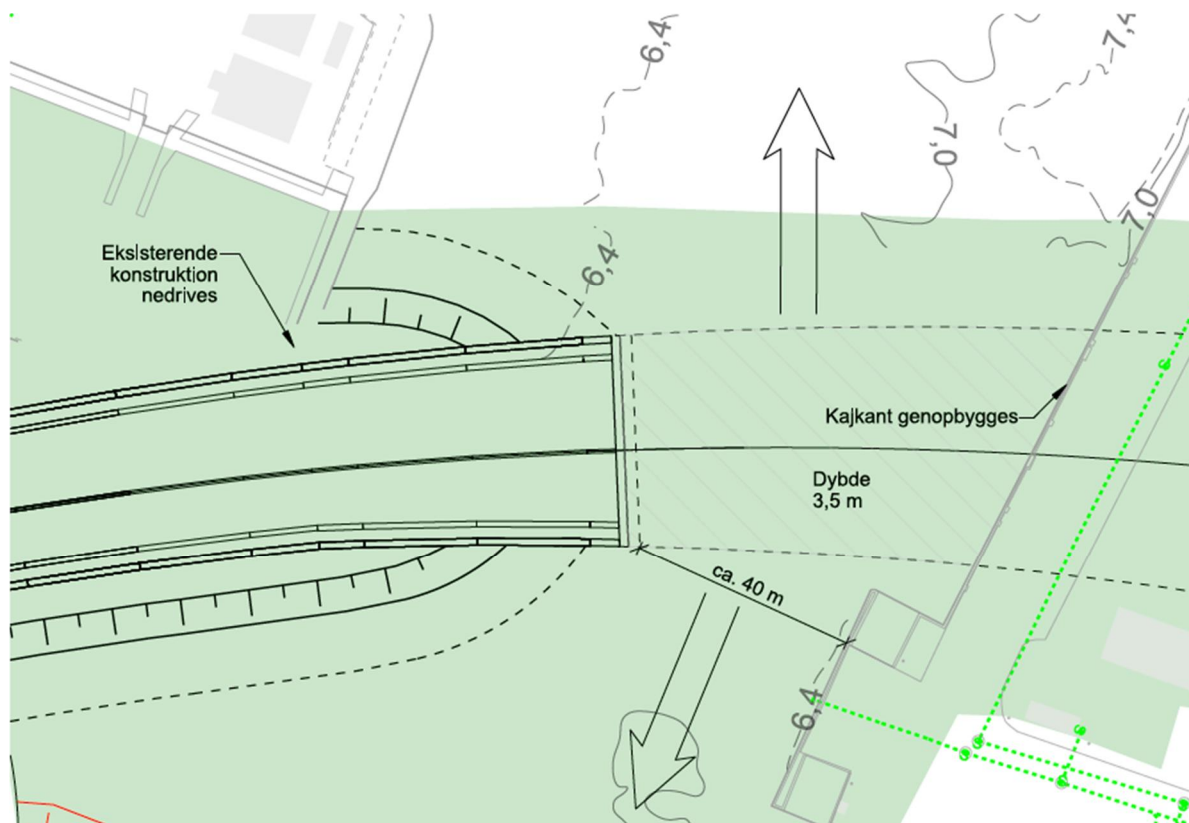


Figur 7-32 - Plan af første fase af etapeopdeling i Kalkbrænderiløbet.

Efter endt udgravning støbes der tunnel fra st. 1.580 og til st. 1.680 på Nordhavn. Der er forudsat en minimumsafstand mellem inderside midlertidig tværvæg og "første" tunnelelement på 5 meter. Ovenpå det "første" tunnelelement støbes der minimum 5 meter fra dennes forkant to tværgående fikseringsplinte for fastholdelse af en midlertidig stålsponsvæg. Den tværgående stålsponsvæg monteres imellem fikseringsplintene, omkringstøbes og afstives i toppen med skråafstivere fastgjort i vestlig retning ovenpå toppladen/tåen. Stålsponsvæggen tættes til siderne af den midlertidige byggegrube og til siderne af den permanente tunnelkonstruktion.

Efter endt støbning retableres Kalkbrænderiløbskajen ovenpå vejtunnelen og der tilbagefyldes på landsiden. I Kalkbrænderiløbet tilbagefyldes byggegruben fra Nordhavn og frem til den midlertidige stålpunsvæg i st. 1.585. Der opfyldes indvendigt i byggegruben og afgraves udvendigt indtil kote -5,2 meter, svarende til 1,7 meter under fremtidig havbund.

Når den østlige del af Kalkbrænderiløbet er tilbagefyldt indtil kote -5,2 meter, Kalkbrænderiløbskajen er retableret og der er etableret opfyldning og forankret byggegrubeindfatning hele vejen igennem Svanemøllehavnen, lukkes der midlertidigt for indsejlingen i Kalkbrænderiløbet, for at etablere opfyldning og forankret byggegrube fra st. 1.505 og til st. 1.575, jf. Figur 7-33.



Figur 7-33 - Plan for sidste fase af etapeopdeling i Kalkbrænderiløbet.

Efter endt etablering af opfyldning og byggegrubeindfatning i den vestlige del af Kalkbrænderiløbet, fjernes den midlertidige indfatningsvæg samt de skrå jordankre i den østlige del af Kalkbrænderiløbet indtil overside opfyldning/afgravning, og der afsluttes med etableringen af 1,7 meter permanent erosionsbeskyttelse til fremtidig havbund i kote -3,5 meter, jf. Figur 7-32 samt Figur 7-33.

Med åbnet sejlrende i Kalkbrænderiløbets østlige del udgraves den vestlige del og den midlertidige tværvæg fjernes i st. 1.575 og st. 1.505, hvorefter den resterende del af vejtunnelen færdiggøres i Svanemøllehavnen og i den vestlige del af Kalkbrænderiløbet.

Efter endt støbning tilbagefyldes byggegruben fra Svaneknoppen og frem til den midlertidige stålpunsvæg i st. 1.585. Der opfyldes indvendigt i byggegruben og afgraves udvendigt indtil kote -5,2 meter, svarende til 1,7 meter under fremtidig havbund.

7.8.2 Sænketunnel med stålmembran

Ved sænketunnel som løsningsmetode ved krydsning af havnen er vejtunnelens indvendige dimensioner identiske med cut & cover vejtunnelen, mens dimensionerne for bundplade, ydervæg-

ge og topplade er øget af hensyn til de midlertidige faser i forbindelse med byggeriet af sænketunnelen.

Det er ikke muligt at etablere en normal betonsænketunnel (som på Øresund), hvor tunnelelementer støbes i tørdok og sejles til stedet. Dette skyldes at vanddybden i Svanemøllebugten ikke er tilstrækkelig til flådning af de færdige betonelementer. Et alternativ til at støbe sænketunnelelementerne i en tørdok i tunneltraceet, kan være at støbe elementerne i eget tracé, hvor der etableres tørdok på Nordhavn. Denne løsning er dog også umiddelbart udelukket, da det vil betyde en stor forsinkelse på de Cut & Cover arbejder, som skal udføres på Nordhavn, og anlægsperioden vil dermed samlet blive forlænget med 2-3 år i forhold til andre sammenlignelige løsninger.

I det følgende beskrives derfor en løsning med sænketunnel med stålmembran. I denne løsning produceres en stålmembran (stålskrog) på værft, hvor også det første armerings- og betonarbejde udføres. Dernæst sejles (bugseres) stålskroget til anlægsområdet, hvor den resterende del af betonen støbes ved kaj i Kalkbrænderiløbet mens stålskroget ligger i vandet. På denne vis reduceres dybgangen mens elementet flådes til Nordhavn, og der vil alene være behov for en lokal uddybning i havnen og i vejtunnelens tracé. Samme behov og metode er anvendt til Söderström tunnelen i Stockholm, hvorfra billederne i Figur 7-34 til Figur 7-38 stammer.

Den beskrevne løsning er alene vurderet relevant for vejtunnelforslag A og B, mens den er fra-valgt for C og D grundet placering af dybddepumpestation ude i havnen og for C desuden også grundet det varierende betontværsnit, som er en del af forberedelsen for Østlig Ringvej. Et varierende betontværsnit giver kompliceret arbejde ved fuger mv, men også (og væsentligst) dårligere flådeegenskaber og meget vanskelige nedsækningsforhold, da et varierende tværsnit ikke vil være i naturlig balance på samme måde som et tunnelelement med konstant tværsnit.

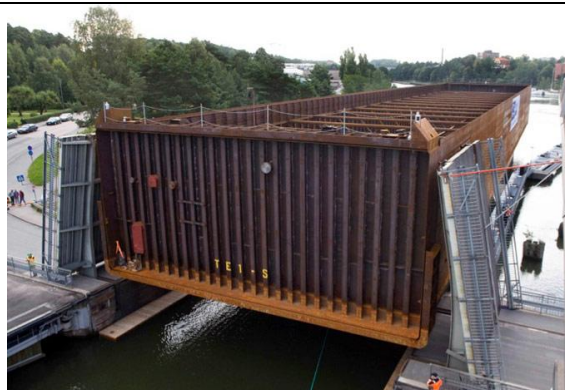
Længden af tunnelelementerne er bestemt under hensyntagen til de geometriske bindinger i havnen, behovet for at kontrollere langsgående deformationer samt den totale længde af sænketunnelen. Der foreslås 5 tunnelelementer; nr. 1, 2, 3, 4a og 4b. Nummer 1 til 3 er ca. 160m lange, mens nummer 4a og 4b hver er 78,4m lange. Når vejtunnelen er bygget vil element 4a og 4b virke som et monolitisk element, da de samles med en closure joint, der er et kort stykke in-situ støbt tunnel.

Vandtætheden af vejtunnelen sikres med en 10mm stålmembran på sider og bund, mens en bitumenmembran sikrer at toppladen er vandtæt. På grund af membranen kan krav til revnevidder i betonen reduceres til 0,20 mm hvorved mængden af armering reduceres i forhold til en Cut & Cover tunnel uden stålmembran.

Tunnelelementerne udføres med bevægelsesfuger i alle elementsamlingerne. Der anvendes et Gina profil og et omega profil, for at sikre en dobbelt vandtæt samling.

Ved Strandvænget etableres et mindre tilslutningsbygværk på 10-20 meters længde, hvis formål alene er at sikre en god stabil overgang fra den eksisterende Cut & Cover tunnel til sænketunnelen.

Tilslutningsbygværket består af en Cut & Cover tunnel, der har et tværsnit som Cut & Cover vejtunnelen i Strandvænget, dog med den variation at tværsnittets geometri på de yderste 2 m er som tværsnittet på sænketunnelen.



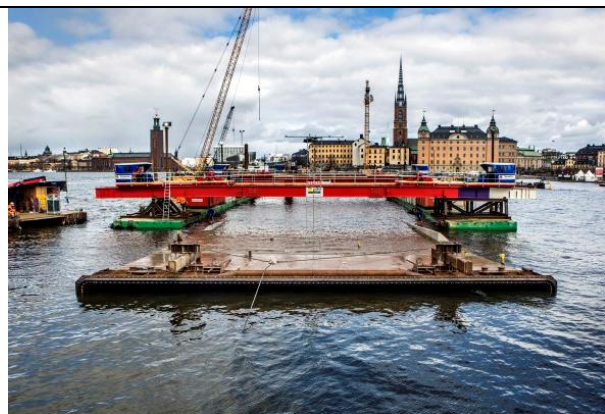
Figur 7-34 - Transport af stålkonstruktion gennem sluse ved Södertälje (tunneltalk.com).



Figur 7-35 - Flådning af stålmembran for Söderström tunnel (trafikverket.se).



Figur 7-36 - Udrustningsplads ved kaj i Stockholm (tsurumi.eu).



Figur 7-37 - Klar til nedsækning af tunnelement ([Mikael Ullén](#)).

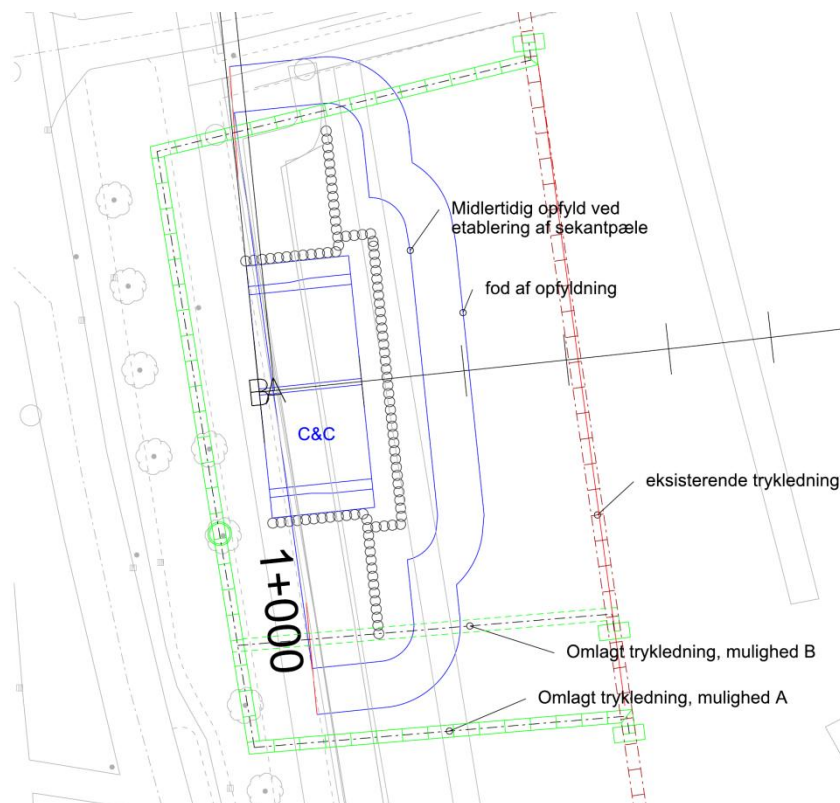


Figur 7-38 - Sækning af tunnelement (youtube.com).

Samlingen mellem cut & cover vejtunnelen på land og sænketunnelen er styret af et minimumskrav til vanddybde, da det er vandtrykket på endeskottet, der sikrer et passende tryk i fugen og dermed gør samlingen vandtæt. Samlingen mellem tilslutningsbygværket og tunnelementet udføres på samme måde som samlingerne mellem de enkelte tunnelementer. Erfaringsmæssigt vil et krav om 3 meter vandtryk i oversiden af vejtunnelen ved middelvandspejl være tilfredsstillende.

Ved at lave tilslutningsbygværket relativt kort minimeres byggegruben og tilhørende grundvands-sænkning i Strandvænget. Ved at lave tilslutningsbygværket 10 m langt kan dette støbes uden lodrette støbeskel, hvilket vil minimere arbejdets omfang og tid i Strandvænget.

I forbindelse med etablering af tilslutningsbygværket etableres en tør byggegrube, sandsynligvis med sekantpæle som vist på Figur 7-39. Efterfølgende støbes tilslutningsbygværket, som en traditionelt Cut & Cover tunnel.



Figur 7-39 - Midlertidig byggegrube til etablering af tilslutningsbygværk.

Efter Cut & Cover vej-tunnelen er støbt monteres et endeskot hvorefter sekantpælevæggen foran vej-tunnelen kan fjernes.

Tilslutningsbygværk i Strandvænget kræver en byggeplads ved Strandvænget, og der skal forventes opfyldt på langs af Strandvænget svanrede til behovet for Cut & Cover tunnel, som også beskrevet i afsnit 7.1.2. Alle transporter skal tilgå arbejdspladsen fra Vest (jord, beton osv.)

Ved Nordhavn etableres tilslutningsbygværket som en del af Cut & Cover vej-tunnelen på Nordhavn. Overgangen fra Cut & Cover til sænketunnel er lagt i st. 1.645 af hensyn til fletteområde, hvis vej-tunnelen skal forberedes for ØR, men også for at undgå konflikt med dybdepumpesump og kaj-konstruktionen på Nordhavn.

Efter tunnelelementerne er placeret med vandtætte samlinger fyldes tilbage omkring, og ovenpå vej-tunnelen, så eksisterende havbund i Svanemøllehavnen reetableres. I Kalkbrænderiløbet fyldes tilbage på siderne, og etableres et beskyttelseslag over vej-tunnelen.

Der er både i Danmark og internationalt gode erfaringer med etablering af en sænketunnelløsning som den foreslåede. Ved en sænketunnelløsning udføres en meget stor del af arbejderne vådt. Marine anlægsarbejder vil dog alt andet lige medføre større risici for kvalitetssvigt end arbejder på land.

Da NHV er i drift, på det tidspunkt hvor NHT skal etableres, er det en forudsætning, at endevæggen, som etableres ved grænsen til Svanemøllehavnen som en del af NHT-TKA ikke nedbrydes før der er etableret en tæt tunnel hele vejen til Nordhavn. Dette betyder blandt andet at udstøbning af ballastbeton ikke kan udføres før sænketunnelen er helt færdig. De nævnte forudsætninger bevirker, at anlægsperioden for en sænketunnel bliver i alt ca. 3,5 år fra erstatningshavnene er etableret og indtil vejtunnelen kan åbne for trafik. Etablering af sænketunnelen ude i havnen ligger på den kritiske vej.

7.8.3 Løsning uden opfyldning i Svanemøllehavnen

Nordhavnstunnelen udført som en in situ støbt tunnel uden opfyldning nødvendiggør etablering af byggegrubeindfatning fra flåde (jack-up) i Lystbådehavnen og Kalkbrænderiløbet. Det vil med denne metode ikke være muligt at etablere sekantvægge. En byggegrubeindfatning uden opfyldning vil derfor skulle udføres med stålsponsvæg.

Som beskrevet i afsnit 7.3.2 vil etablering af spunsvæg kræve forboring.

På vand vil en forboring kræve, at boregrejet stabiliseres på havbunden for ikke at "trække" skævt i borehullet, fx ved brug af en temporær flytbar ledevæg (guidewall) af stål. Som for "in situ støbt tunnel med opfyldning" vil en opdeling af byggegruben i etaper være mulig. Uden opfyldning i havnen, er det endvidere muligt, at der konstrueres en midlertidig vandbro henover byggegruben for på den måde at sikre havneaktivitet på tværs af tracéet. For yderligere beskrivelse vedrørende vandbro henvises til afsnit 7.8.4.

For at sikre en vandtætning af spunslåsene vil disse skulle svejses.

En stålsponsvæg vil ikke kunne forankres med jordankre over havbunden, hvorfor væggene skal afstives med indvendige tværafstivninger, eventuelt kombineret med jordankre under havbunds-niveau. Med vejtunnelens gradvise forøgelse af bredden fra ca. 25 meter i st. 125 til ca. 50 meter i st. 650 ved vejtunnelforslag C, vil et øvre afstivningsniveau med tværafstivninger skulle midter understøttes med yderligere besværliggørelse af udgravning og støbning af vejtunnelen til følge. En løsning uden opfyld i havnen anses derfor ikke relevant for vejtunnelforslag C.

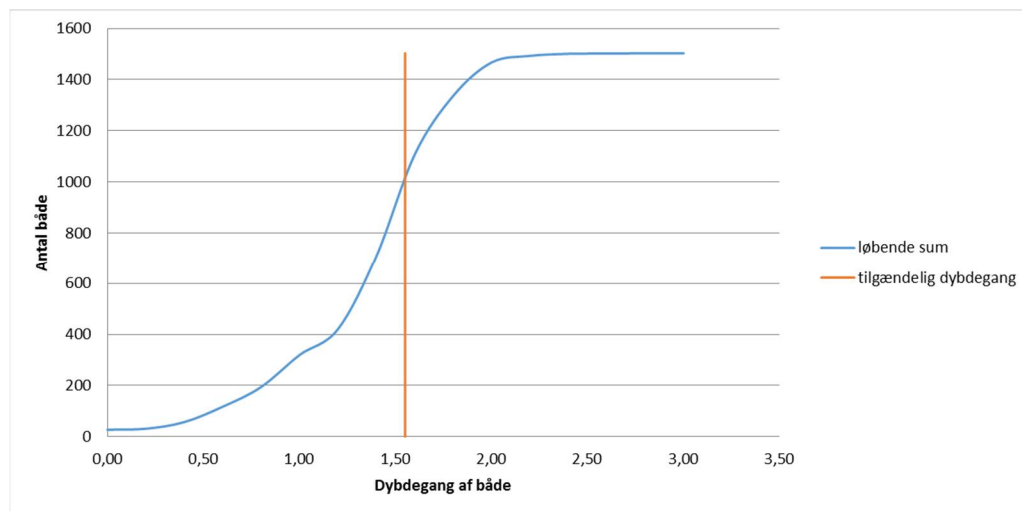
For at opnå en tør byggegrube og begrænse grundvandsænkningen mest muligt, har det jf. afsnit om grundvandssænkning vist sig fordelagtigt, at afskærme grundvandet dybere end til udgravningsniveau. For at opnå den afskærende effekt på grundvandet vil det være nødvendigt at etablere spidskote væg ca. 4m under udgravningsniveau. De her nævnte alternative metoder anses for at have en væsentligt øget risiko for problemer med at sikre vandtætheden af byggegruben og i havnen vil en konsekvens ved ikke tilstrækkelig dyb spidskote være øgede vandmængder ved grundvandssænkning. I korte træk kan nævnes følgende fordele og ulemper ved en løsning uden opfyld i havnen:

7.8.4 Vandbro

Etablering af en vandbro ses som en mulighed for at opretholde skibstrafikken til Svanemøllehavnen.

Den kommende vejtunnel placeres på sydsiden af Svaneknoppen, hvilket vil kræve at ca. 600 både nærmest Svaneknoppen fjernes midlertidigt i anlægsperioden. Fjernes 551 ud af i alt de 1.420 både er der ca. 800 både tilbage. I listen modtaget fra havnen indgår dog 1.503 både, men det er her indtrykket, at det øgede antal i havnens liste skyldes både uden faste pladser, og som generelt har lav dybgang, såsom små motorbåde. Det vælges derfor at anvende den vanddybde som sikrer at de 1.000 både med den mindste dybgang skal kunne passere broen. Den lodrette linje i Figur 7-40 angiver 1.000 både. Heraf fremgår, at hvis de 600 både, der har den

største dybgang fjernes fra havnen, vil den båd, der er tilbage med størst dybgang, stikke ca. 1,6m. Det ses også af grafen, at "tyngden" af bådenes dybgang er i intervallet 1,4-1,8m



Figur 7-40- Fordeling af bådenes dybgang – Svanemøllehavnen.

Vanddybden i vandbroen, der fastlagt ud fra krav/forudsætninger som anført i tabellen nedenfor:

Tabel 7-7 - Krævet vanddybde på vandbro.

Største dybgang	1,6 m
Hensyn til frigang og bølger	0,3 m
Hensyn til lavvande	0,3 m
Ønsket minimums vanddybde	2,2m

Der arbejdes således videre med en dybde på 2,2m ved dagligt vande.

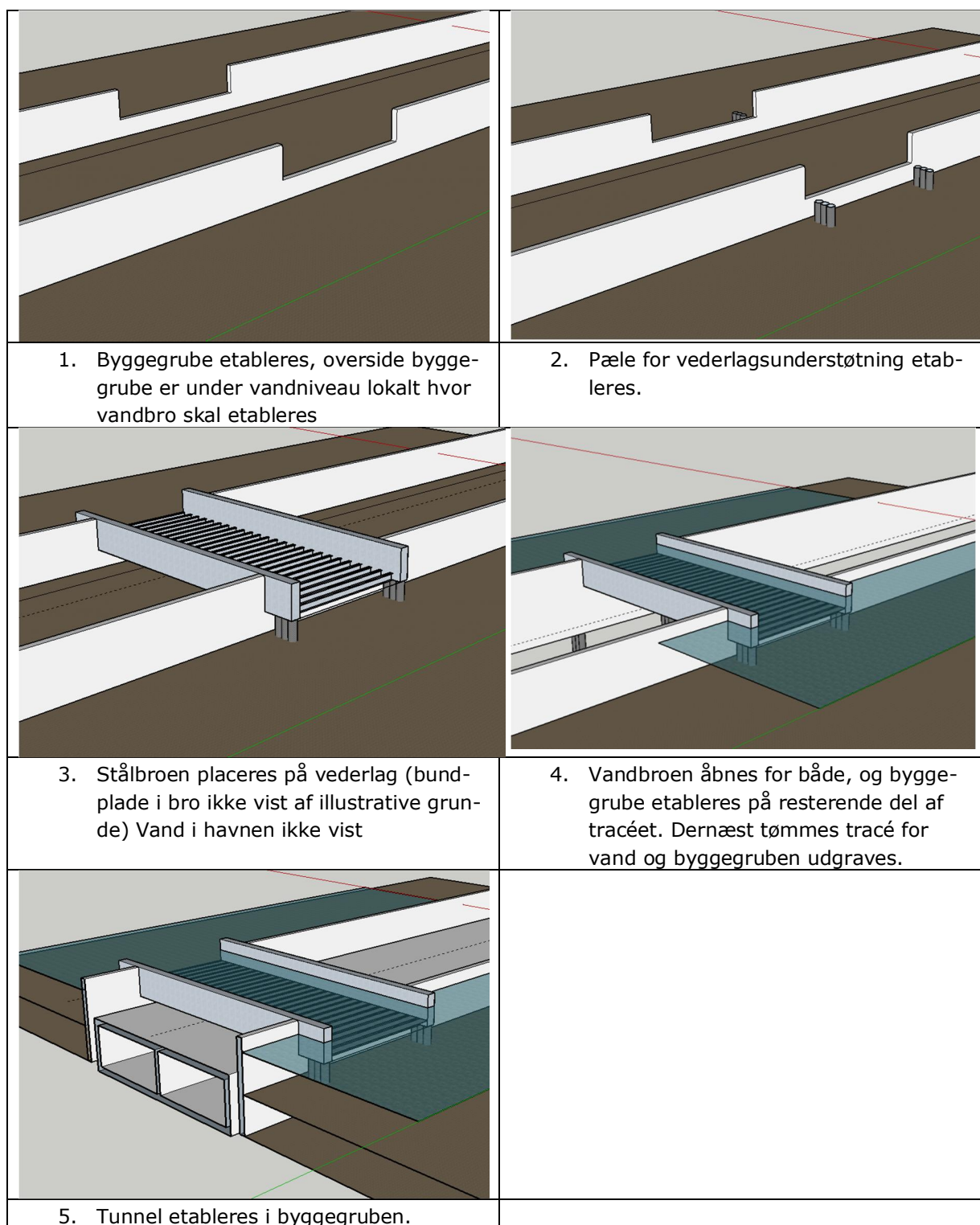
Når denne foreslåede vanddybde sammenholdes med vejtunnelens kotemæssige placering, er det fundet at konstruktionshøjden for vandbroen skal begrænses til 1m. En større konstruktionshøjde vil medføre, at pladsen fra overside tunneldæk til underside vandbro bliver for lille til at sikre acceptable arbejdsforhold.

En defineret maksimal konstruktionshøjde ned i byggegruben kombineret med en vanddybde på broen på 2,2 m medfører, at broens spænd skal begrænses til 20-25m hvis broen er enkelt-spændt.

For vejtunnelforslag C, vil byggegruben være op til 50m bred ved kajindfatningen på Nordhavn, og på det smalleste sted i Kalkbrænderiløbet vil byggegruben være 40m bred. I det tilfælde skal broen etableres med 2 hoveddragere, og et antal tværbjælker. Her vil broens maksimale bredde målt på langs af vejtunneltracéet være 25m grundet begrænsningen på tværbjælkernes højde. En vandbro med hoveddrager og tværbjælker vil være væsentligt tungere og mere kompliceret end den enkeltspændte bro.

Det at sikre en tæt forbindelse til byggegruben anses for særligt vanskeligt og kritisk, da arbejdet vil skulle udføres under vand, og da tætningen samtidig skal være så robust, at der kan optages bevægelser grundet variation i vandspejl, længdeændringer i broen pga. temperaturvariationer mv.

Udførelse af en bro med hoveddrager og tværbjælker kan f.eks. udføres som skitseret i figuren nedenfor



Figur 7-41 - Illustration af udførelsesrækkefølge ved anvendelse af vandbro.

Samme forhold er gældende for andre dybtliggende tunneltyper.

7.9 Anlægstidsplan

Etableringen af vejtunnelanlægget kan deles op i følgende hovedelementer:

- Tunnel i Svanemøllehavnen;
- Tunnel og ramper på Nordhavn;
- M&E installationer;
- Vejanlæg og diverse øvrige arbejder i terræn.

Vejtunnelanlægget krydser lystbådehavnen langs med og umiddelbart syd for Svaneknoppen. Det medfører, at lystbådehavnens faciliteter vil blive påvirket således, at havnen må lukkes helt eller delvist og både må flyttes til anden lokalitet.

Påvirkningen af og den tid det tager at udføre anlægget i lystbådehavnen afhænger af den valgte udførelsesmetode. Der kan som tidligere anført (se afsnit 7.3 og 7.8) forudsættes tre forskellige udførelsesmetoder i havnen:

- Udførelse på opfyldning uden etapedeling, hvor havnen lukkes helt i størstedelen af byggeperioden;
- Udførelse på opfyldning med etapedeling, således at store dele af lystbådehavnen kan opretholdes i byggeperioden;
- Udførelse som en sænketunnel, således at store dele af lystbådehavnen kan opretholdes i byggeperioden.

Udførelsestidsplanerne for henholdsvis løsning A og B samt henholdsvis for løsning C og D er parvis ens.

Der er i det efterfølgende givet et bud på den samlede udførelsestidsplan for:

- Løsning A og B – Uden etapedeling;
- Løsning A og B – Med etapedeling;
- Løsning A og B – Sænketunnel;
- Løsning C og D – Uden etapedeling;
- Løsning C og D – Med etapedeling.

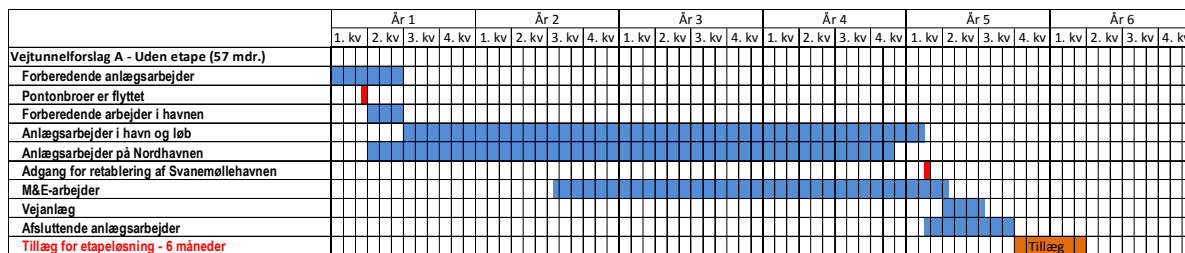
Der er i tidsplanerne forudsat følgende:

- Løsningerne med etapedeling og med sænketunnel forudsætter lille erstatningshavn;
- Løsningerne uden etapedeling forudsætter stor erstatningshavn;
- Det er desuden forudsat, at projektering og udbud af erstatningshavn sker separat og forud for projektering og udbud af vejtunnelen.

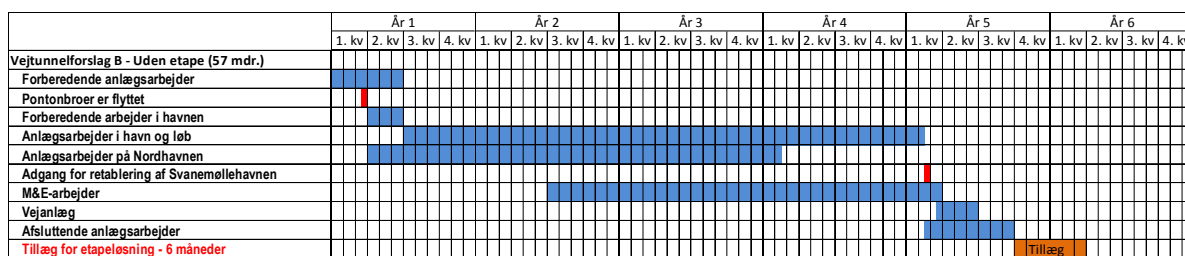
Med ovennævnte forudsætninger er der i det efterfølgende vist overordnede udførelsestidsplaner for alle de fire løsninger A og B samt C og D for hver af de relevante udførelsesmetoder.

Den samlede periode for anlægsarbejderne for vejtunnelanlægget ekskl. projektering og udbud og ekskl. arbejdet med erstatningshavne vurderes til mellem 4år + 9 mdr. og 4år + 10 mdr.

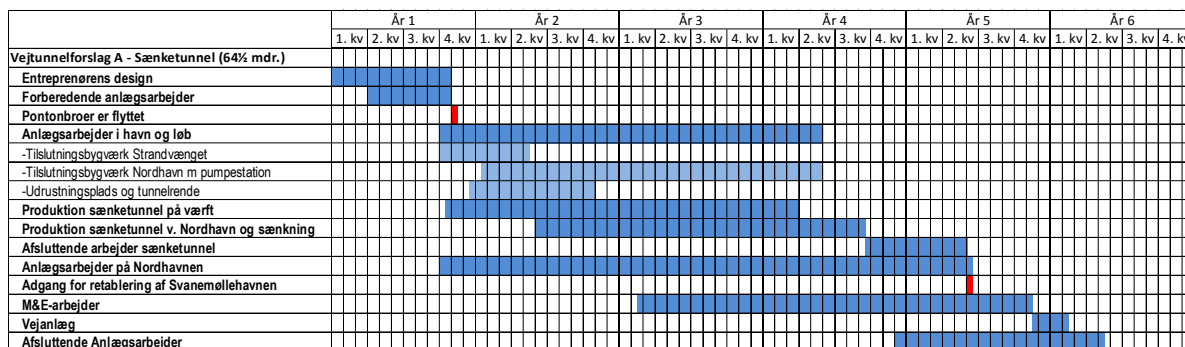
- 7.9.1 Anlægstidsplaner - TSA i Kattegatvej: Løsning A og løsning B inkl. mulig løsning som sænketunnel. For tidsplanerne med Cut & Cover tunnel i havnen, er der i de følgende tidsplaner fastsat krav om åbning af erstatningshavn/flytning af pontonbroer senest 3 måneder før det egentlige anlægsarbejde i havnen. Den mellemliggende periode anvendes til at rydde de permanente havnekonstruktioner



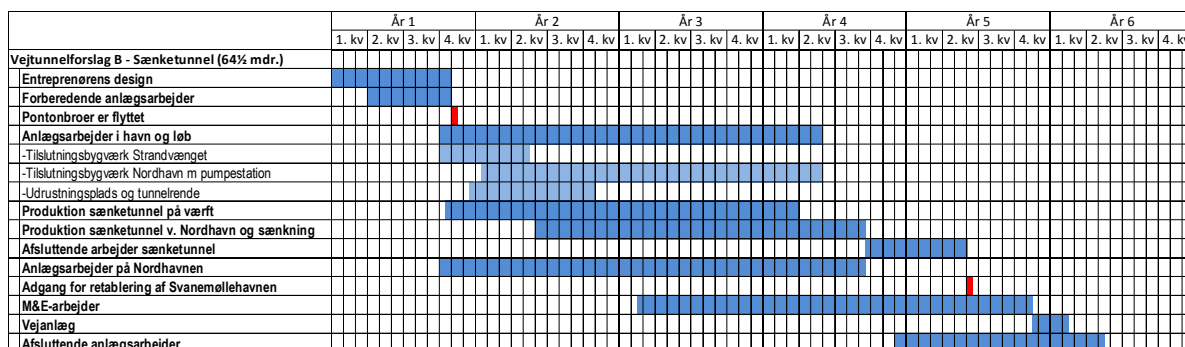
Figur 7-42 - Tidsplan for vejtunnelforslag A udført som Cut & Cover på hele strækningen. Tillæg til tid ved etapedelning er indikeret.



Figur 7-43 - Tidsplan for vejtunnelforslag B udført som Cut & Cover på hele strækningen. Tillæg til tid ved etapedelning er indikeret.

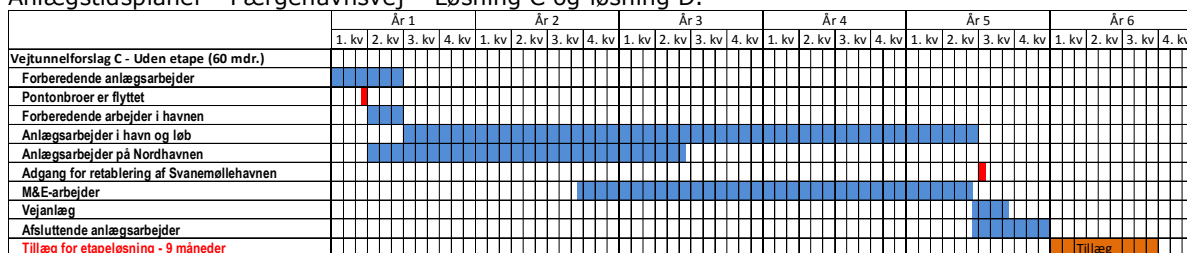


Figur 7-44 - Tidsplan for vejtunnelforslag A udført som sænketunnel i havnen.

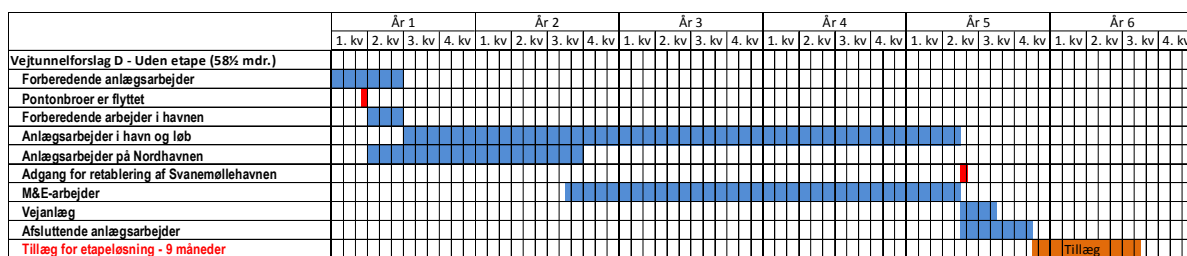


Figur 7-45 - Tidsplan for vejtunnelforslag B udført som sænketunnel i havnen.

7.9.2 Anlægstidsplaner - Færgehavnsvej – Løsning C og løsning D.



Figur 7-46 - Tidsplan for vejtunnelforslag C udført som Cut & Cover på hele strækningen. Tillæg til tid ved etapedelning er indikeret.



Figur 7-47 - Tidsplan for vejtunnelforslag D udført som Cut & Cover på hele strækningen. Tillæg til tid ved etapedelning er indikeret.

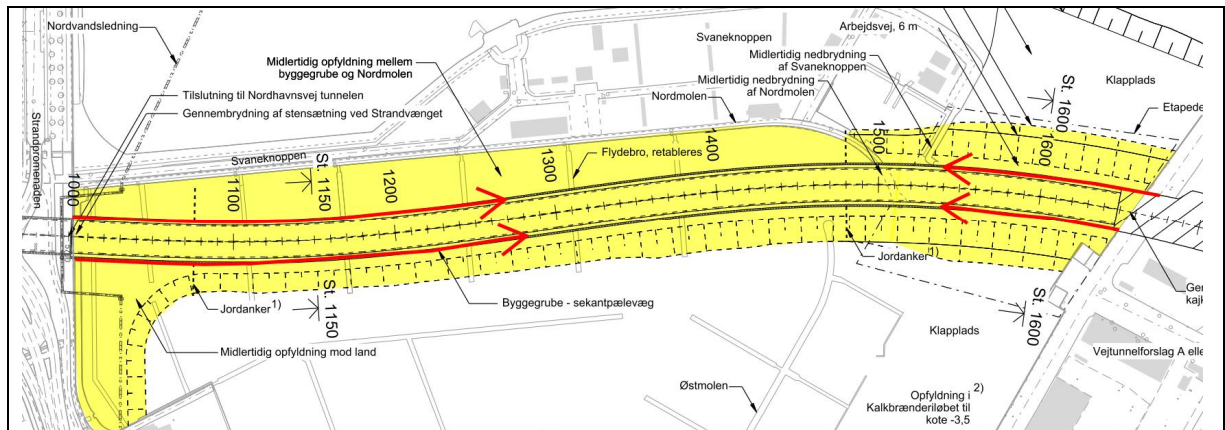
7.9.3 Mulig faseinddeling

I forhold til etableringen af vejtunnelforbindelsen, vil planlægningen og udførelsesrækkefølgen i meget høj grad afhænge af entreprenørens valg. Den følgende beskrivelse derfor alene ses som et indledende bud på en mulig faseinddeling.

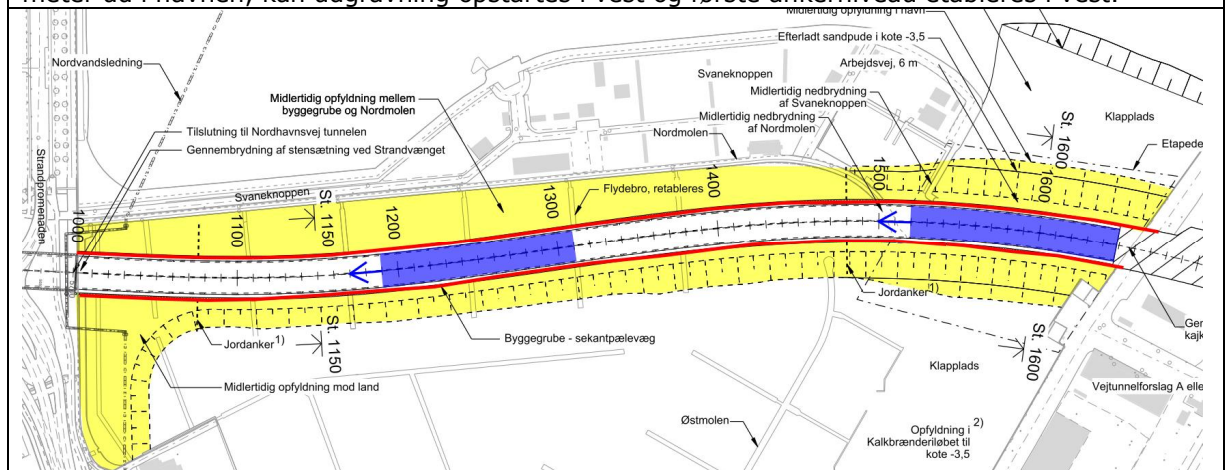
Der er i faseplanerne i det følgende fokuseret på arbejdet i havnen, da det vil her at valg af tunnelloøsning primært vil påvirke faseplanerne. På Nordhavn forventes de korte tunnelloøsninger at blive udført med en enkelt arbejdsfront mens de lange løsninger forventes etableret med 2 arbejdsfronter. En arbejdsfront er i de indledende undersøgelser defineret som etablering af byggegrube med 2 sekantpælemaskiner og en enkelt støbefront ved etablering af vejtunnelen.

Tunnel uden etapedelning

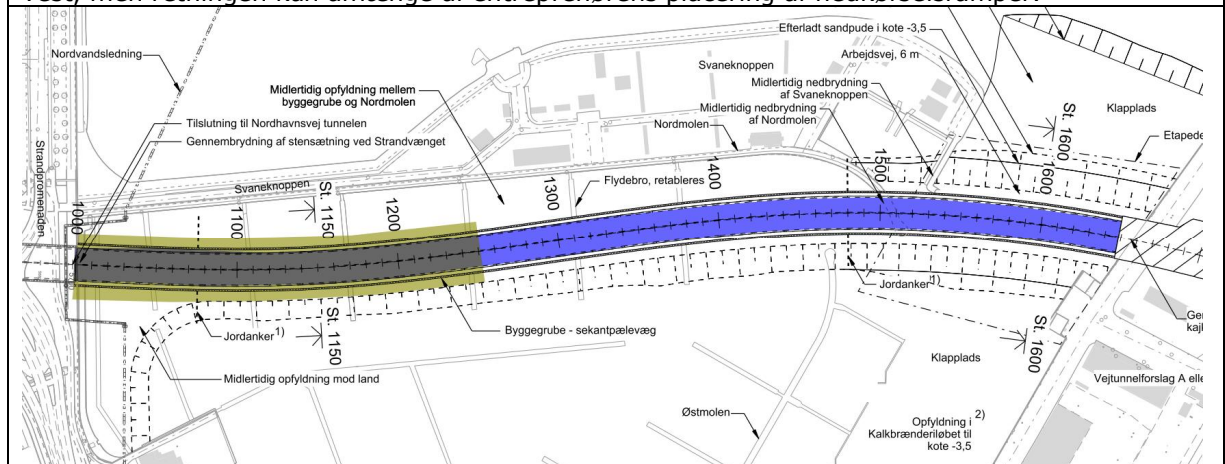




Fase 2: Efter endt opfyldning i havn mobiliseres endnu en front for sekantpælemaskiner i øst, i alt 4 maskiner arbejder i havnekrydsningen. Når sekantmaskinen i vest er nået nogle hundrede meter ud i havnen, kan udgravning opstartes i vest og første ankerniveau etableres i vest.



Fase 3: Når grundvands sænkingsanlæg er i fuld drift og udgravning af byggegruben udført, opstartes støbning af vejtunnelen. Der arbejdes i to fronter, begge er vist arbejde fra øst mod vest, men retningen kan afhænge af entreprenørens placering af nedkørselsramper.



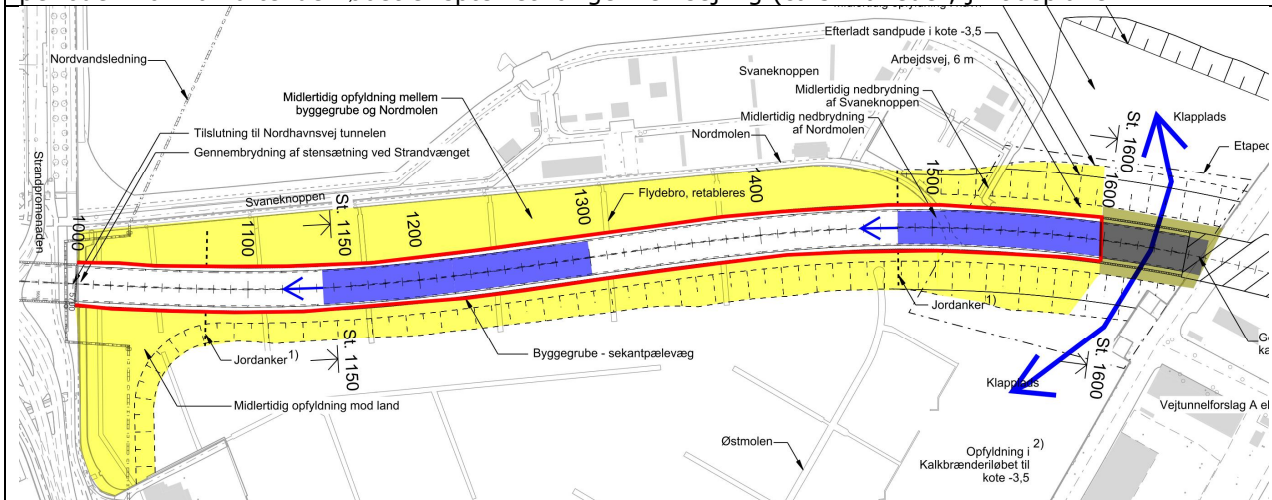
Fase 4: Når vejtunnelen er støbt færdig, fyldes tilbage over vejtunnelen, sekantpælene skæres ned til under endelig havbundsniveau, og der etableres erosionsbeskyttelse over vejtunnelen, her vist etableret fra vest mod øst. Samtidig med dette arbejde opstarter arbejdet inde i vejtunnelen med ballastbeton, M&E og endelig vejbelægninger, aptering mv.

This technical drawing illustrates the construction plan for the Østergade tunnel. The main feature is a long, yellow-shaded rectangular area representing the tunnel's footprint, oriented horizontally. Key elements and labels include:

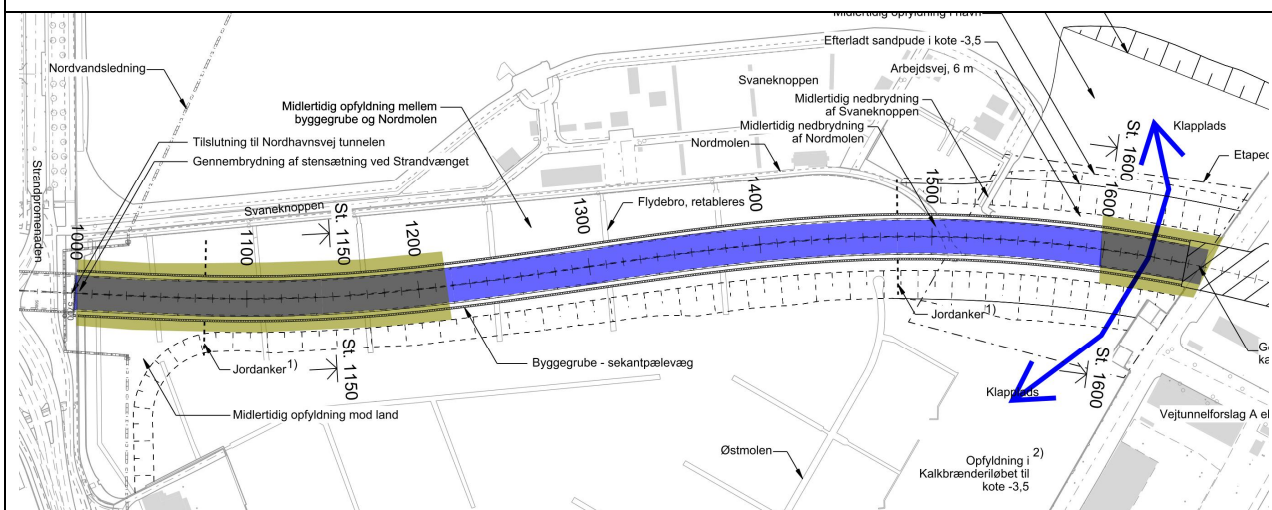
- Infrastructure and Surroundings:**
 - Strandpromenaden:** Located on the left side of the drawing.
 - Nordvandsledning:** A water main running parallel to the tunnel on the left.
 - Tilslutning til Nordhavnsvej tunnelen:** Connection point to the Nordhavnsvej tunnel.
 - Gennembrydning af stensætning ved Strandvænget:** Crossing of a stone setting at Strandvænget.
 - Svaneknoppen:** A specific location or structure marked along the tunnel's length.
 - Nordmolen:** A structure located above the tunnel.
 - Østmolen:** A structure located below the tunnel.
 - Klappads:** Two areas at the right end of the tunnel, one above and one below.
 - St. 1600:** Two points marked on the right side of the tunnel.
 - Etapedi:** A point marked on the right side of the tunnel.
 - Ge. kaj:** A quay area on the far right.
 - Vejtunnelforslag A og B:** Proposed road tunnel alternatives on the far right.
- Tunnel Construction Details:**
 - Flydebro, retableres:** A movable bridge structure within the tunnel.
 - Byggegrube - sekantpælevæg:** A construction pit with a secant pile wall.
 - Jordanker¹⁾:** Two points marked along the bottom edge of the tunnel.
 - Midlertidig opfyldning mellem byggegrube og Nordmolen:** Temporary filling between the construction pit and Nordmolen.
 - Midlertidig nedbrydning af Svaneknoppen:** Temporary dismantling of Svaneknoppen.
 - Midlertidig nedbrydning af Nordmolen:** Temporary dismantling of Nordmolen.
 - Midlertidig opfyldning mod land:** Temporary filling towards the land.
- Other Labels:**
 - Efterladt sandpude i kote -3,5:** Remaining sand cushion at elevation -3.5.
 - Arbejdsvej, 6 m:** A 6m workway at the top right.
 - Opfyldning i²⁾ Kalkbrænderiløbet til kote -3,5:** Filling in the lime burner's runoff at elevation -3.5.

Fase 3: Når grundvandssænkingsanlæg er i fuld drift og udgravning af byggegruben udført, opstartes

støbning af vejtunnelen i havnekrydsningen. Der arbejdes i to fronter. Når tunnel i øst er støbt færdig, tilbagefyldes over tunnel, og sekantvæg fjernes i det østlige Kalkbrænderiløb. Delvist parallelt hermed opfyldes i det vestlige Kalkbrænderiløb og der etableres sekantvægge. Der vil her være behov for en periode hvor Kalkbrænderiløbet er spærret for gennemsejling (ca 5 måneder, jf. tidsplanen).

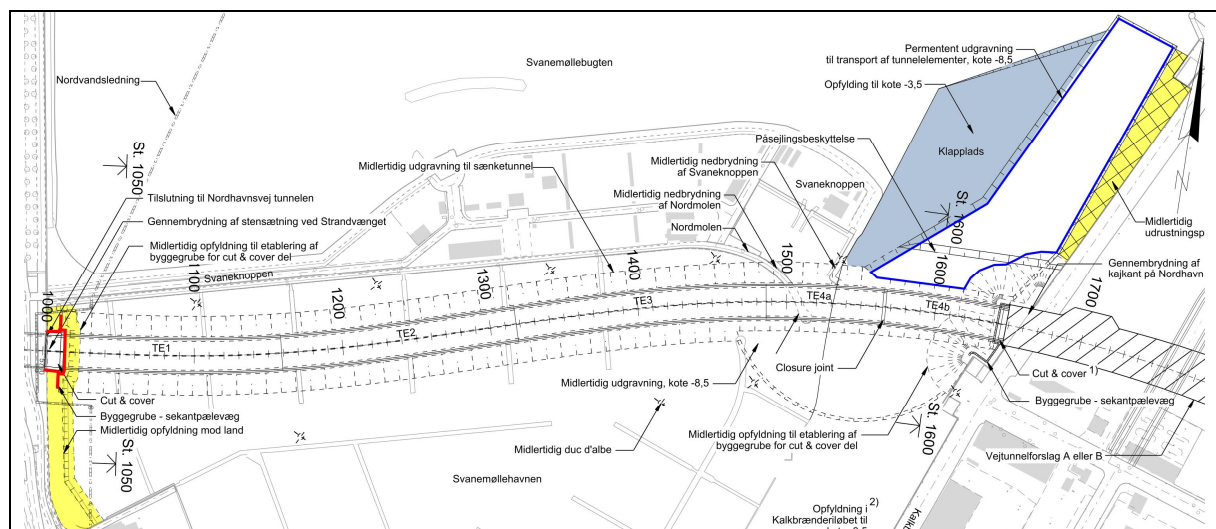


Fase 4: Kalkbrænderiløbet åbnes for gennemsejling i en østlig passage. Byggegruben udgraves i den vestlige del af Kalkbrænderiløbet, og støbearbejdet fortsættes med to arbejdsfronter.



Fase 5: Når vejtunnelen er støbt færdig, fyldes tilbage over vejtunnelen, sekantpælene skæres ned til under endelig havbunds niveau, og der etableres erosionsbeskyttelse over vejtunnelen, her vist etableret fra vest mod øst. Samtidig med dette arbejde opstarter arbejdet inde i vejtunnelen med ballastbeton, M&E og endelig vejbelægninger, aptering mv.

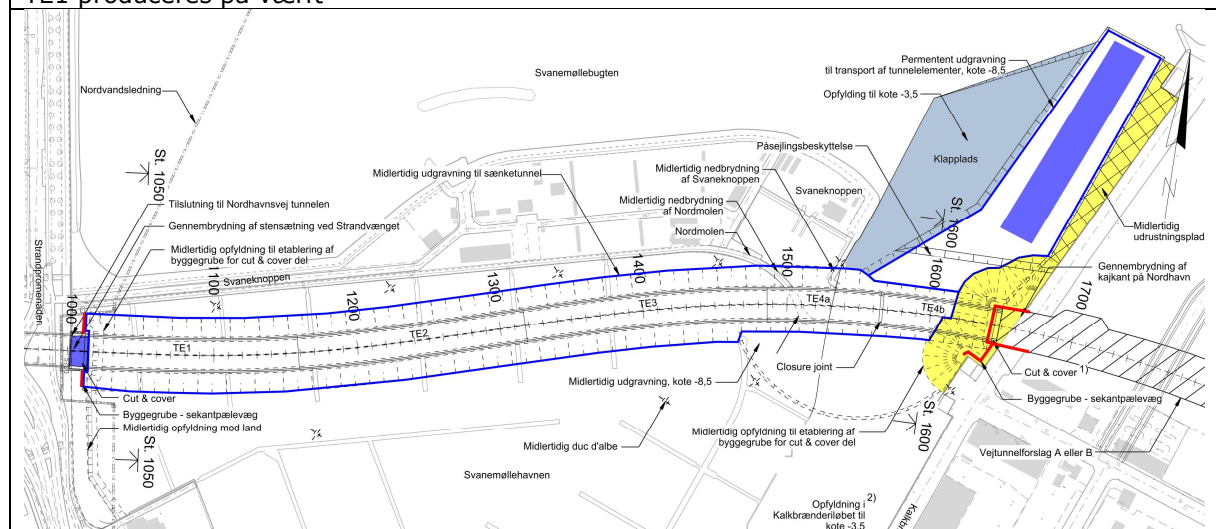
Sænketunnel



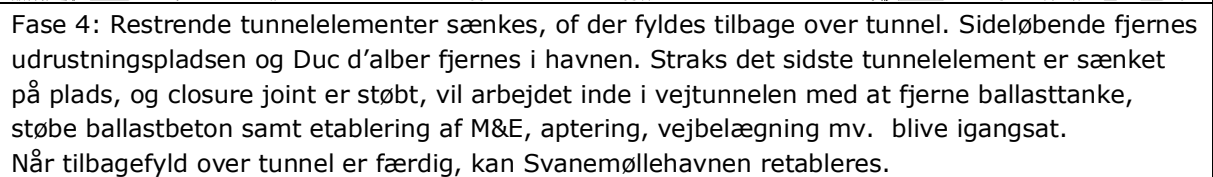
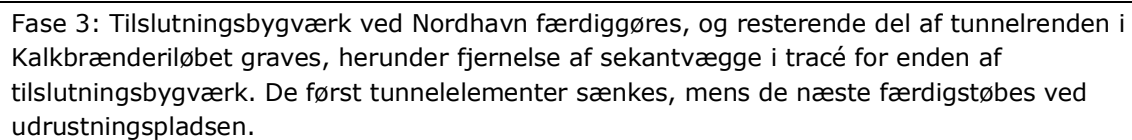
Fase 1: Etablering af udrustningsplads ved Nordhavn, og ramning af duc d'alber samt uddybning ved udrustningsplads

Etablering af byggegrube og midlertidig adgangsvej fra Strandvænget.

Nedlæggelse af enkelte bådpladser ved duc d'alber i havnen samt tilslutningsbygværk TE1 produceres på værft



Fase 2: Tilslutningsbygværk ved Strandvænget støbes, lokal opfyld i vest fjernes og der udgraves rende for sænketunnel i havnen. Efter etablering af rende for tunnel fjernes sekantvægge i tracé ved tilslutningsbygværket i Strandvænget. Samtidig opfyldes lokalt i østlige del af Kalkbrænderiløbet, og byggegrube for tilslutningsbygværk øst etableres. Første tunnelelement er ankommet fra værft og færdiggøres ved udrustningspladsen.



8. FORUDSÆTNINGER FOR INPUT TIL ANLÆGSOVERSLAG

8.1 Indledning

Dette afsnit beskriver forudsætningerne for beregning af anlægsoverslag for etablering af vejturen på projektet for Nordhavnsvejen.

Vejtunnel forslagene A – D er baseret på en cut & cover løsning uden etapedeling; dvs. en fuldstændig lukning af havnen i en periode, som dermed vil kræve en fuld udflytning af lystbådehavnen.

Vejtunnel forslagene er ført frem til to mulige placeringer af tilslutningsanlæg på Nordhavn og er henholdsvis med (forslag A og C) og uden en forberedelse (forslag B og D) for en kommende Østlig Ringvej.

Endvidere indgår en opfyldning af Kalkbrænderiløbet til en mindre vanddybde end den nuværende.

Input til anlægsoverslag er baseret på en skitseprojektering pr. marts 2016.

8.2 Generelt

Skitseprojekteringen er gennemført svarende til Vejdirektoratets fase 2 niveau.

Principperne for beregning af anlægsoverslag og samfundsøkonomi er nærmere beskrevet i den "Sammenfattende rapport" for VVM-redegørelsen.

8.3 Generelle forudsætninger for input til anlægsoverslagene

Strækningen behandles som én samlet etape ved udarbejdelse af anlægsoverslagene. Der er taget udgangspunkt i en Cut & Cover tunnel med opfyldning af havnen mens en tillægspris for etapedeling tilsvarende er vurderet. Endvidere er udførelse som sænketunnel behandlet som separate anlægsoverslag.

Der er forudsat en arbejdsdag på 12 timer og en 5-dages arbejdsuge i snit.

Generelt er der kun medtaget anlæg, der etableres i åbningsåret. Anlæg, der senere skal etableres i takt med udviklingen af Nordhavn er således ikke medtaget.

8.4 Principper anvendt ved mængdeopgørelserne

Arbejdsplads, færdselsregulerende foranstaltninger og generelle miljøforanstaltninger

Arbejdspladsomkostninger fastsættes som en procentsats af det samlede fysikoverslag baseret på erfaring for niveau fra tilsvarende anlægsarbejder. Der er behov for foranstaltninger for at kunne afvikle trafikken på Nordhavn, mens anlægsarbejderne pågår.

Der er indregnet en midlertidig arbejdsvej i den kommende "Ny Baltikavej Vest" på Nordhavn og som adgangsvej fra vest ved Strandvænget til arbejdspladsen er der indregnet en midlertidig arbejdsvej fra Strandvænget samt en midlertidig signalregulering af dette kryds.

Omkostninger for opretholdelse af adgang til naboparcellerne på Nordhavn er ikke medtaget. Under generelle miljøforanstaltninger er indregnet en midlertidig 4 m høj støjafskærmning ved Strandvænget og dele af Svaneknoppen langs byggegruben i anlægsfasen.

Arealforhold

Det er forudsat, at området på Nordhavn modtages ryddet og planeret ved anlægsstart; dvs. at bygninger i tracéet er fjernet.

Grundvandsforhold

Der er udført flere forskellige modelberegninger for midlertidig grundvandssænkning.

Omkostning for etablering af midlertidig grundvandssænkning er baseret på løsningen med midlertidig reinfiltration og udledning af overskydende vandmængder til Øresund.

Jordarbejde og -håndtering

Det er forudsat, at der under udførelsen udføres forklassificering af jorden for at sikre en bedre jordlogistik. Der igennem opnås en bedre specifikation af mængder af de forskellige typer jord, herunder eventuelle forureningsgrader. Dermed kan der tages nærmere stilling til på hvilken måde, den enkelte jordfraktion skal håndteres på for at give en økonomisk forsvarlig håndtering.

Materiale udgravet i Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet klappes i selve Kalkbrænderiløbet og på andre eksisterende klappingspladser i Øresund.

For jordhåndteringen er forudsat, at der i størst muligt omfang genanvendes lettere forurenede jord på Nordhavn. Det forurenede jord såvel som overskudende ren jord bortskaffes til godkendte modtagepladser i Storkøbenhavn indenfor en afstand af 30 km. På selve Nordhavn er der i anlægsperioden forudsat at der vil blive etableret et område for midlertidig jord deponering.

For anlægsarbejderne i Svanemøllehavnen og Kalkbrænderiløbet skal følgende jordtyper transporteres:

- Intakte aflejringer;
- Havneslam;
- Materialer indbygget i den midlertidige dæmning i havneområdet;
- Materiale for boring af sekantpælevægge.

Jord, der skal anvendes til genindbygning transporteres på lastbil til mellemdepot på Nordhavn. Opboret materiale fra sekantpælevægge transporteres på lastbil til godkendt deponi. Øvrig jord transporteres bort på pramme/skibe og klappes i Svanemøllehavnen eller anden godkendt klappingsplads. Materialer til indbygning i den midlertidige dæmning forudsættes tilbragt med skib/pramme.

For anlægsarbejderne på Nordhavn skal jordtyper følgende transporteres:

- Intakte aflejringer;
- Eksisterende fyldmaterialer;
- Forurenede jord;
- Materiale for boring af sekantpælevægge.

Jord, der skal anvendes til genindbygning transporteres på lastbil til mellemdepot på Nordhavn. Forurenede jord transporteres på lastbil til godkendt deponi uden for projektområdet. Øvrig jord transporteres bort på lastbil til godkendt deponi.

Der er forudsat en fordeling på 40 % ren jord, 40 % lettere forurenede jord og 20 % forurenede jord i anlægsoverslagene. Der er indregnet transport- og deponeringsafgifter for jord, der bortskaffes "på land", mens kun transportafgifter er indregnet, for jord der bortskaffes "på vand" til klapping. Der er gennemført en overordnet vurdering af jordens egnethed som indbygningsmateriale og underbunden på baggrund af indsamlede geotekniske undersøgelsesdata og eksisterende karte-

ringskort. Bortset fra forekomster af blød bund vurderes jorden generelt at være egnet til indbygning/ genanvendelse. Der er dog, på grundlag af generelle anlægsmæssige erfaringer, regnet med, at 10% af de intakte jordlag er geoteknisk uanvendelige til genindbygning, mens det forventes at gælde 15% af fyldjorden på Nordhavn og som derfor må bortskaffes.

Byggegrube

For etablering af tør byggegrube i havnen, er det forudsat, at der etableres arbejdsarealer ved etablering af sand/grusopfyld i havnen. I anlægsoverslag er forudsat at materialerne indvindes fra marint råstofområde og sejles til Svanemøllehavnen.

Det er forudsat, at alle opborede materialer/jord skal bortskaffes, da det ikke vil være umiddelbart egnet til genanvendelse.

Fordelingen mellem pæle i kalk og pæle i øvrige intakte aflejringer er baseret på geotekniske borer og 3D opmålinger med geoseismik, jf. desuden også Datarapporterne /16//17//18/.

Konstruktioner

Alle betonkonstruktioner er forudsat støbt in-situ, og beton og armering leveres til arbejdspladsen med lastbiler. Betonen forudsættes leveret fra et eksisterende betonværk i Københavnsområdet.

I anlægsoverslaget er prissat beton hhv. armering. I betonarbejdet er inkluderet udgifter til form, fuger, støbning og diverse øvrige udgifter relateret til udførelsen. Desuden er indeholdt udgifter til brandisolering af loft og øverste 2 m af synlige tunnelvægge samt flisebeklædning på den resterende del af synlige tunnelvægge.

Armeringsmængder er beregnet på baggrund af indledende tværsnitsberegninger, hvoraf der er fundet krævede armeringsmængder for hvert af konstruktionsdelene tunnelbundplade, tunnelvægge og tunneldæk. Der er foretaget tværsnitsberegninger for et antal delstrækninger så der er sikret variation i forhold til den aktuelle belastning på vejtunnelen. I prisen er inkluderet levering og binding af armeringen.

Vægbeklædning i tunnel er indregnet som en flisebeklædning svarende til vejtunnelen på NHV. På tunnelloft er indregnet udført en brandisolering.

Ledningsforhold

Der er medio 2015 foretaget indsamling af data fra alle ledningsejere, der findes i LER (Ledningsregisteret), således at det har været muligt at vurdere omlægning og beskyttelse af kendte, større ledninger.

Det er derefter ved prissætningen forudsat, at alle ledningsomlægninger er omfattet af gæstprincipper, hvorfor omkostninger til ledningsomlægninger ikke er medtaget i anlægsoverslaget. Med hensyn til omlægning af Nordvands spildevandsledning ved krydsning af tracé for vejtunnel varetages og finansieres dette arbejde af Nordvand og er derfor ikke indeholdt i anlægsoverslagene.

Der er ikke identificeret andre større ledninger.

Afvanding

Der er regnet med etablering af nyt afvandingssystem, som ved området ved Strandvænget tilsluttes afvandingssystemet i Nordhavnsvej, mens det på Nordhavn er forudsat tilsluttet det eksisterende kommunale afvandingssystem.

Der etableres langsgående tunnelafvandning i begge vejsider samt en dybdepumpestation og en rampepumpestation. Afhængig af vejtunnel forslag varierer beliggenheden af de nævnte pumpestationer.

For vejanlæg i terræn – dvs. på Nordhavn – er der regnet med et traditionelt afvandingsystem bestående af kantopsamling af alt vand, der strømmer af kørebanearealer til brønde med riste. Pumpestationer er kalkuleret til at koste det samme som på Nordhavnsvej, da kravene vil være af samme størrelse uanset vejtunnelens længde, mens vejafvandingsystemet er kalkuleret som en meterpris pr. meter tunnel.

Belægningsarbejder

I selve vejtunnelen er anvendt en vejbelægning som en brobelægning på betonbund, tilsvarende som på Nordhavnsvej.

I skitseprojektet er der valgt en standard vejbelægning ud fra en VD katalogbelægning. Der er dermed for vejanlæg i terræn – dvs. på Nordhavn – regnet med en overbygningstykkelse (koblingshøjde) på op til 1,0 m og der er valgt en standardopbygning for tung trafik og en underbund, der primært er opfyldt.

Der er ikke udført egentlig belægningsdimensionering i forhold til de forventede trafikbelastninger. I en senere fase planlægges en belægningsdimensionering i forhold til de forskellige vejstrækninger og krydsområder.

Vejanlæg

Vejtunnel anlægget føres op til en ny skærende vej på Nordhavn, der er forudsat anlagt som en 4 sporet vejtilslutning med tilhørende svingbaner og midterrabat, der tilsluttes det eksisterende vejnet. Den nye skærende vej føres ca. 10 m syd for tilslutningen af den sydlige rampe for forbedelse af fremtidig vej.

I løsningerne uden forberedelse for Østlig Ringvej føres vejtunnel anlægget op på Nordhavn uden rampeanlæg, mens der i løsningerne med forberedelse for Østlig Ringvej anlægges separate rampeanlæg der føres op på Nordhavn.

Alle nye eller væsentligt ombyggede vejkryds er forudsat at skulle signalreguleres.

Vejudstyr

Skilte, afmærkning, autoværn mv. medregnes på grundlag af erfaringspriser pr. km veje, mv. i overensstemmelse med VD's standarder.

Antallet af portaler og større tavler opsat på fundament er estimeret. Autoværn er ligeledes beregnet på et overordnet niveau.

Der er forudsat at være autoværn ved til- og frakørselsramper fra vejtunnelendevæg til den skærende vej på Nordhavn.

Bortset fra vejregelbestemt belysning i vejkrydsene opsættes der ikke vejbelysning. Signalanlæg er indregnet på et overordnet niveau som en erfaringspris pr. anlæg i ét stort vejkryds.

Beplantning

Der indgår ikke beplantning i projektet.

M&E installationer

Der er generelt anvendt de samme forudsætninger for omfang og bestykning af installationer som på Nordhavnsvejs projektet.

Elforsyningsanlæg

Elforsyning etableres som på Nordhavnsvejen med redundante transformere og der etableres et 10kv link kabel til anlæg i TBO. Der er ikke medtaget generatoranlæg.

Sikkerhedsforanstaltninger i tunnel

Der er dermed etableret nedenstående sikkerhedsudstyr med en afstand på 75 m:

- Brandhydranter
- Tunneldøre.
- Nødstationer indeholdende nødtelefon, brandtryk og pulversluger

Derudover etableres fuldt dækkende vandtågeanlæg og branddetektering i tunnel – som på Nordhavnsvej.

Vandreservoir for forsyning af vandtåge- og brandhydrantanlæg etableres ved Teknikbygning Nordhavn (TBN).

Belysningsanlæg

Der etableres belysningsanlæg i tunnel, herunder sikkerhedsbelysning, almen lys og ind- og ud-kørsels lys. Det er forudsat, at der etableres dagslysskærm tilsvarende den på Nordhavnsvej.

Der etableres luftkvalitets- og miljømålinger i samme omfang som på Nordhavnsvej, hvilket indbefatter gasmåling, sigtbarhedsmåling, vindhastighedsmåling og vejrstation.

Mht. ventilation er det forudsat, at der kan anvendes sammen ventilations princip (længdeventilation) som på Nordhavnsvej; dvs. med ventilations grupper af 3 stk. i en ca. afstand af 200-250 meter mellem hver gruppe. Der anvendes samme type ventilatorer.

Øvrige anlæg

Der etableres tunnelradio bestående af fuld FM-dækning og mulighed for varsling via FM. Det er forudsat at dette etableres via det allerede indkøbte udstyr på Nordhavnsvej, idet anlæg skal integreres.

Idet etablering af antenne netværk til sikring af mobildækning ikke er etableret på Nordhavnsvej, er det ikke medtaget i nærværende projekt.

Der etableres fuld videoovervågning i tunnel, Videoovervågningen dækker både generel overvågning af vej og teknikbygning via PTZ-kameraer, automatisk detektering af ulykker, kødannelse, tabt gods/mennesker på kørebanen mv. via AID-system i tunnel, automatisk registrering af køretøjers registreringsnummerplade og farligt godsregistrering via ANPR-system. Billeder er forudsat overført til kontrolrum i Teknikbygning vest på Nordhavnsvej.

Der etableres SCADA med samme infrastruktur og netværk som på Nordhavnsvej. Dette sammenkobles med anlægget på Nordhavnsvej således at den fulde redundans sikres.

ITS i tunnel

Det er antaget, at der opsættes dynamiske tavler med samme frekvens og i samme udstrækning som ved Strandvænget; dvs. som på Nordhavnsvejs projektet.

Der er indregnet opsætning af bomanlæg ved ramperne på Nordhavn og ved vejbanes slut- og startsted.

Der etableres hændelsesdetektering og højdeprofilkontrol.

Teknikbygning Nordhavn

Der er forudsat, at den aftalte plads i Teknikbygning Øst på Nordhavnsvej anvendes og at der etableres en ny teknikbygning på Nordhavn svarende til førnævnte, idet det antages at der ikke skal etableres mandskabsfaciliteter.

9. RAPPORTER OG BILAG

Denne rapport udgør en del af den samlede afrapportering for VVM-redegørelsen for Nordhavnstunnelen. De øvrige rapporter fremgår af følgende opstilling.

- /1/ Nordhavnstunnel, Sammenfattende rapport, VVM-redegørelse, rapport 557-2016, Vejdirektoratet.
- /2/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Vejtunnel, teknisk rapport, 2016, Rambøll/Schønherr.
- /3/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Vejtunnel, tegningsbilag, 2016, Rambøll/Schønherr.
- /4/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Vejtunnel, Æstetisk rapport, 2016, Rambøll/Schønherr.
- /5/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Stiforbindelse teknisk rapport, 2016, Rambøll/Schønherr.
- /6/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Stiforbindelse tegningsbilag, 2016, Rambøll/Schønherr.
- /7/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Stiforbindelse æstetisk rapport, 2016, Rambøll/Schønherr.
- /8/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Erstatningshavne teknisk rapport, 2016, Rambøll/Schønherr.
- /9/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Erstatningshavne tegningsbilag, 2016, Rambøll/Schønherr.
- /10/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Erstatningshavne æstetisk rapport, 2016, Rambøll.
- /11/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Miljøvurdering, teknisk rapport 2016, COWI.
- /12/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Hydraulik, Badevand og Vandkvalitet, teknisk rapport 2016, DHI.
- /13/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Bølgeforhold ved og i midlertidig lystbådehavn, teknisk rapport 2016, DHI.
- /14/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Trafikberegninger Nordhavnstunnel - Beregningsforudsætninger 2025, november 2015, MOE Tetraplan.
- /15/ Trafikberegninger Nordhavnstunnel - Trafikale konsekvensberegninger, februar 2016, MOE Tetraplan.
- /16/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Geotekniske og hydrogeologiske forundersøgelser, Maj 2016, Rambøll.
- /17/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse, Hydrogeologisk tolkningsrapport, Maj 2016, Rambøll.
- /18/ Nordhavnstunnel, VVM-redegørelse Geofysiske forundersøgelser, Maj 2016, Rambøll.

NORDHAVNSTUNNEL 2016



SCHØNHERR