

O16

Optimalisering ontwerp,
realisatie en beheer integrale
leidingentunnels.

Leidraad voor optimalisatie ontwerp, aanleg en
beheer van wel of niet menstoegankelijke integrale
kabel- en leidingentunnels

O16

Optimalisering ontwerp, realisatie en beheer integrale leidingentunnels

Leidraad voor optimalisatie ontwerp, aanleg en beheer van wel of niet
menstoegankelijke integrale kabel- en leidingentunnels

Inhoud

Voorwoord	7
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Opdracht	12
1.3 Scope van O16	13
1.4 Relatie met andere onderzoeksgroepen COB	13
1.5 Opzet van het onderzoek	13
1.6 Relatie systemengineering en integrale leidingentunnels	14
1.7 Betrokken Integrale Leidingentunnels bij onderzoek	14
1.8 Omgaan met voortschrijdend inzicht	15
2 Waarom integrale leidingentunnels?	17
2.1 Waarom een voorziening?	17
2.1.1 Strategisch belang	17
2.1.2 Eisen vergunningverleners.	17
2.1.3 Gebrek aan beschikbare ruimte.	17
2.2 Strategie en mogelijkheden optimalisatie	17
2.3 Kansen voor Integrale Leidingentunnel	18
2.4 Bedreigingen voor Integrale Leidingentunnel	18
2.4.1 Financiering	18
2.4.2 Beperking combinatiemogelijkheden.	19
2.4.3 Projectplanning	19
3 Proces	21
3.1 Contractvorm	21
3.2 Initiatieffase	21
3.3 Ontwerpfase	21
3.4 Uitvoeringsfase	22
3.5 Beheersproces	22
4 Indeling ILT's naar ligging, constructie en functie	23
4.1 Vaststellen kaders	23
4.2 Indeling op basis van ligging ILT	23
4.3 Indeling op basis van functie	23
4.4 Transportfunctie	24
4.5 Distributiefunctie	25
4.6 Indeling ILT's in dit rapport	26
5 Kabels en leidingen in een integrale leidingentunnel	27
5.1 Algemeen	27
5.2 Ophanging / oplegging van leidingen in tunnel	27
5.3 Locatie in de tunnel	28
5.4 Wanddoorvoer in- en uitgang	29
5.4.1 Doorvoeringen Mahlerlaan	29

5.4.2	Doorvoeringen Buisleidingenstraat	29
5.4.3	Doorvoeringen ILT Calandkanaal	29
5.4.4	Adviezen doorvoeringen in-/uitgang	30
5.5	Wanddoorvoer t.b.v. distributievoorziening	30
5.5.1	Positionering ILT t.o.v. bebouwing	30
5.5.2	Afsluiters en moffen.	30
5.6	Invoermogelijkheid in tunnel	31
5.7	Invoermogelijkheid in schacht	31
5.8	Weefgebieden	33
5.9	Normen	34
5.10	Koelen, verwarmen en ventileren	34
5.11	Materialen	34
5.12	Inspecteerbaarheid	35
5.13	Specifieke eigenschappen diverse Media	35
5.13.1	Drinkwater	35
5.13.2	Aardgas en andere gevaarlijke stoffen	35
5.13.3	Elektriciteit	39
5.13.4	Data	39
5.13.5	Stadsverwarming	39
6	Civieltechnische aspecten ILT ("de schil")	41
6.1	Dimensionering	41
6.2	Capaciteit	43
6.3	Begaanbaarheid	43
6.4	Diepteligging	45
6.5	Aanlegtechniek	45
6.6	Locatie	46
6.7	Levensduur	46
6.8	Constructieve aspecten	46
6.8.1	Belastingen	46
6.8.2	Normen	47
6.8.3	Keuring	48
6.9	Uitvoeringstechnische aspecten	48
6.9.1	Technisch kritische aspecten per uitvoeringstechniek.	48
6.9.2	Lokale situatie	49
6.9.3	Diepteligging	49
6.9.4	Overgangconstructies en aansluitingen	50
6.10	Materialen	50
6.11	Veiligheid	51
7	Tunneltechnische installaties	53
7.1	Inleiding	53
7.2	Indeling tunnels in risicocategorieën	53
7.3	Tunnel technische installaties	54
7.3.1	Klimaatbeheersing	55
7.3.2	Verlichting	55
7.3.3	Ontwatering	55
7.3.4	Detectie gassen en vloeistoffen	56
7.3.5	Toegangsdetectie	57
7.3.6	Communicatiemiddelen	57

7.3.7	Noodstroomvoorzieningen	58
7.3.8	Brandwerende voorzieningen	58
7.3.9	Voorzieningen inbrengen kabels en leidingen	59
7.3.10	Bliksemafleiding	59
7.3.11	Veiligheidsvoorzieningen	59
7.3.12	Aarding	59
7.3.13	Bekabeling	59
7.4	Normen	60
8	Beheersaspecten ILT's	61
8.1	Eigendom- en beheersituatie	61
8.1.1	Eigendom	61
8.1.2	Beheer van de tunnels	61
8.2	Beheer van de kabels en Leidingen	61
8.3	Ervaringen met het beheer van Mantoegankelijke leidingentunnels	61
8.3.1	Buisleidingenstraat	61
8.3.2	Gemeente Arnhem	63
8.3.3	Havenbedrijf Rotterdam Nv	63
8.3.4	A2-Tunnel Utrecht (Eneco)	63
8.4	Inspectie menstoegankelijke ILT's	63
8.5	Niet mantoegankelijke leidingentunnels	64
8.5.1	Buisleidingenstraat	64
8.5.2	Gemeente Almere	64
8.6	Afweging beheeraspecten mantoegankelijke en niet mantoegankelijk tunnels	64
9	Kostenaspecten Integrale Leidingentunnel	65
10	Universeel concept voor ILT's en optimalisatie	67
10.1	Universeel concept	67
10.2	Optimalisaties	67
10.2.1	Tips voor optimalisaties	67
10.2.2	Nader te onderzoeken optimalisatiemogelijkheden	67
	Bijlage A: Interviews	69
	Bijlage B: Begrippenkader	71
	Bijlage C: Procesaspecten	73

Voorwoord

De kabel en leiding infrastructuur in Nederland wordt traditioneel in de grond onder de straten gelegd. Vernieuwingen op het gebied van ontwikkeling bedrijventerreinen en stadsontwikkeling (stedelijke verdichting, kwaliteit van openbare ruimte) en nutsvoorzieningen (liberalisering, gescheiden rioolsystemen, warmte/koude opslag, afvalinzameling, stadsverwarming, districtskoeling, etc.) maken de vraag actueel of dit niet anders kan. Bijvoorbeeld door kabels en leidingen te bundelen in een Integrale Leidingentunnel (ILT). Daarmee is ook de behoefte aan kennis over bundeling toegenomen.

Tegen deze achtergrond hebben een tiental partijen, verenigd in het COB College van Opdrachtgevers Integrale Leidingentunnels, het initiatief genomen om in COB verband een drietal studies uit te voeren:

- **Risico's:** het ontwikkelen van een beoordelingsmethodiek voor risico's van bundeling van kabels en leidingen; een instrument waarmee betrokken partijen gezamenlijk tot een goede afweging van risico's kunnen komen en noodzakelijke preventieve maatregelen kunnen vaststellen (COB O-13, augustus 2006);
- **Economie:** het ontwikkelen van een kosten-batenanalyse voor het ondergronds bundelen van kabels en leidingen, waarmee op een gestructureerde wijze de kosten en baten van bundeling van kabels en leidingen kwantitatief kunnen worden geanalyseerd; een instrument dat kan bijdragen aan de objectivering van de kosten en baten van bundeling van kabels en leidingen in infrastructuren en daarmee aan de acceptatie van nieuwe concepten voor ruimtegebruik. (COB O-15, februari 2007);
- **Techniek:** het ontwikkelen van een leidraad "optimalisatie ontwerp, aanleg en beheer van wel of niet menstoegankelijke integrale kabel- en leidingentunnels". De in Nederland belangrijkste gerealiseerde ILT's zijn onderzocht en geanalyseerd. Mede op basis van een gestructureerde terugkoppeling met de deelnemers aan het onderzoek is vervolgens een leidraad opgesteld. (COB O-16, maart 2008). Deze leidraad ligt voor u.

Met deze eindrapportage O-16 wordt een belangrijke stap gezet om het bouwen en beheren van Integrale Leidingentunnels te bevorderen. Voor het eerst in Nederland zijn op een gestructureerde wijze de ervaringen met ontwerp, aanleg en beheer van bundeling van kabels en leidingen inzichtelijk gemaakt en geanalyseerd.

Daarnaast is dankzij de uitvoering van dit onderzoek vertrouwen gegroeid tussen de samenwerkende partijen (gemeenten, netbeheerders, leveranciers van nutsvoorzieningen, grondeigenaren, aannemers, kennisinstututen en adviseurs): het vertrouwen dat samenwerking loont. Dat is een tweede belangrijke verdienste van dit project.

De COB uitvoeringscommissie O-16 en het College van Opdrachtgevers Integrale Leidingentunnels hebben er alle vertrouwen in dat het gebruik van deze leidraad zal bijdragen aan de noodzakelijke ordening van de ondergrondse ruimte en dat de hinder in de openbare ruimte ten gevolge van ondergrondse infrastructuur sterk zal reduceren.

Frans Taselaar
Voorzitter COB Kennisplatform Kabels
en Leidingen

Piet Kunst
Voorzitter COB Uitvoeringscommissie
'Optimalisering ontwerp, realisatie en beheer
integrale leidingentunnels' COB O-16

Dit onderzoek is mogelijk gemaakt door het College van Opdrachtgevers dat bestond uit:

Organisatie	Naam
Stichting Buisleidingenstraat	ing. J.A.H. Haeck
Continuon, mede namens EnergieNed	ir. F.K.A.M. Wiercx
Duinwaterbedrijf Zuid Holland	W. Boonsma
EnergieNed	H. van Bruchem
Gemeente Amsterdam	drs. F.M. Taselaar
Gemeente Arnhem	drs M. Robben ing. M.C.W. de Ruiter
Gemeente Den Haag	drs. C.H. Schaapman (v.a. mei 2005) ing. J. Snoeren (tot mei 2005)
Gemeentewerken Rotterdam	ir. G.L. Slee
Gemeente Utrecht	drs. S.F. van der Weide
Ingenieursbureau Den Haag	H.J. Hogenbirk MSc
NUON Assetmanagement mede namens NUON Warmte	ing. C. den Hartog
Port of Rotterdam	ing. P.H.M. Verheijen R. Kaptein
VEWIN	drs. R.J. Eijsink
Zeeland Seaports	ir. D. Engelhardt N. Durinck

Het onderzoek is begeleid en/of uitgevoerd door
Uitvoeringscommissie O16

Organisatie	Naam
Grontmij Nederland bv	Ing. D.J. de Bijl
Zeeland Seaports	N. Durinck D. Engelhardt
TNO Bouw en Ondergrond	W. Jonkhoff
COB	drs. A.W.M. Kamphuis
Royal Haskoning	ir. P.A.J.C. Kunst
Stichting Economisch Onderzoek	M. Nooij
TNO Bouw en Ondergrond	drs. Th.A.M. Reijs
RIGO Research en Advies BV	F. Rosenberg
Balance Technisch Management B.V.	ing. M.C.W. de Rooter
Hompe & Taselaar	drs. F.M. Taselaar
Gemeente Amsterdam Ingenieursbureau (IBA)	de heer W. de Vaal
TNO Bouw en Ondergrond	dr.ir. P.H. Waarts
Continuon Netbeheer	ir. F.K.A.M. Wiercx
KEMA Nederland B.V.	ir. T. van Wingerden

1 Inleiding

Zoals de subtitel al aangeeft bevat dit rapport de leidraad voor optimalisatie van ontwerp, aanleg en beheer van wel of niet mantoegankelijke integrale kabel- en leidingentunnels.

Deze leidraad is opgesteld door de werkgroep O16 van het COB. Een van de randvoorwaarden, die door het College van Opdrachtgevers tijdens de opdrachtlening aan de werkgroep heeft gesteld, is dat de focus van de werkgroep gericht moest zijn op de techniek. Bij een onderzoek naar ILT's is het onvermijdelijk dat de procesaspecten aan de orde komen. Dat is ook wel gebleken tijdens de interviews in de eerste fase van het onderzoek. Proces en techniek zijn erg met elkaar verweven.

Om te voorkomen dat het proces te veel focus krijgt in dit rapport is hiervan in het rapport alleen een samenvatting opgenomen (hoofdstuk 3). Bijlage C bevat meer informatie over het proces.

Het rapport bevat de volgende onderdelen:

- Een inleidend hoofdstuk waarin de aanleiding tot het onderzoek en het onderzoek zelf beschreven worden;
- Een hoofdstuk waarin een samenvatting is opgenomen van de procesaspecten;
- Een opzet om ILT's in te delen naar ligging, constructie en functie. Deze indeling is nodig als kader voor de rest van het rapport;
- Een overzicht van bijzondere aandachtspunten wanneer bepaalde kabels en leidingen in een ILT worden gelegd. Met eventuele specifieke aandachtspunten per medium;
- Een beschrijving van specifieke civieltechnische aspecten die bij het realiseren van een ILT ("de schil") aan de orde zijn;
- Een opsomming van en toelichting op de mogelijke tunneltechnische installaties;
- Het rapport sluit af met hoofdstukken waarin aanbevelingen worden gedaan voor optimalisaties bij ontwerp, aanleg en beheer van een ILT. In de bijlagen is een begripkader opgenomen.

1.1 Aanleiding

In Nederland zijn de laatste decennia al veel Integrale kabel- en Leidingen Tunnels (ILT's) gebouwd. De oudste tunnels zijn aangelegd door de Buisleidingenstraat (vanaf 1972)¹ en kruisen auto-, spoor- en waterwegen in het traject Rotterdam – Antwerpen.

Het betreft tunnels waarin voornamelijk industriële leidingen zijn aangelegd. De meest recente ILT's, zoals de tunnel in de Mahlerlaan te Amsterdam, de tunnel in de stationsomgeving van Arnhem en de tunnel onder de A2-Utrecht, zijn tunnels met een transport- en/of distributiefunctie in de bebouwde kom of onder snelwegen. Deze ILT's zijn gerealiseerd en in gebruik genomen vanaf het jaar 2000.

Doordat zo veel ILT's zijn ontworpen en aangelegd en worden beheerd, hebben veel organisaties kennis en ervaring op dit gebied. Alleen is deze kennis erg versnipperd. Bij elk nieuw project wordt "het wiel weer opnieuw uitgevonden".

¹ De IJ-tunnel gebouwd in 1957 bevat ook al een separate menstoegankelijk K&L-tunnel.

Een groep bedrijven en instellingen, die betrokken is op het gebied van ontwerp, aanleg en beheer van Integrale Leidingtunnels hebben zich, op initiatief van het COB, verenigd en hebben een College van Opdrachtgevers (COP) gevormd. Dit COP heeft onderzoek geïnitieerd om de opgedane kennis en ervaring op het gebied van aanleg, bouw en beheer van Integrale Leidingtunnels te borgen en waar mogelijk te optimaliseren.



Afbeelding 1.1 ILT onder emplacement Utrecht CS

1.2 Opdracht

Het College van Opdrachtgevers (COP) Integrale Leidingtunnels heeft in februari 2006 het basisprojectplan (BPP) voor het uit te voeren onderzoek O16 opgesteld². In dit BPP wordt als doelstelling van het onderzoek genoemd: "Optimalisatie ontwerp/bouw/aanleg van ILT's in combinatie met de beheerfunctie, waarbij gestreefd wordt naar een universeel concept per categorie ILT (woningen, bedrijven, industrie). In het BPP wordt voorgesteld bestaande ILT's als casus te bestuderen en te analyseren hoe het ontwerp, de inrichting en het beheer geoptimaliseerd kunnen worden.

Het COB heeft op basis van dit Basisprojectplan (BPP), conform de gebruikelijk procedure, bedrijven benaderd en gevraagd hoe zijn invulling willen/kunnen geven aan het voorgesteld onderzoek. Een groep bedrijven heeft in overleg met het COP en COB aangegeven hoe zij het onderzoek willen uitwerken. De insteek is dat de opgedane kennis en ervaring via interviews wordt aangeboord, de leermomenten worden gedestilleerd en in een leidraad voor ontwerp, aanleg en beheer van Integrale Leidingtunnels wordt vastgelegd en geborgd. Op basis van de analyse aan de ontvouwde kennis worden voorstellen gegenereerd voor de optimalisatie van ontwerp, aanleg en beheer.

Op basis van dit voorstel heeft het COP opdracht gegeven voor het onderzoek.

Het voorliggende rapport is het tweede resultaat van deze opdracht.

² Basisprojectplan O16, versie 3, datum 08-02-2006

1.3 Scope van O16

De scope van het O16 is gericht op integrale leidingentunnels (Integrale Leidingentunnel). Het kernbegrip voor een Integrale Leidingentunnel is menstoegankelijkheid, zie bijlage B (begrippenkader). In het basisprojectplan (BPP) van O16 is opgenomen, dat ducts niet in dit onderzoek zijn opgenomen. Alleen in de hoofdstuk 8 wordt vanuit het beheeraspect aandacht besteed aan een vergelijking tussen mens- en niet menstoegankelijke tunnels.

1.4 Relatie met andere onderzoeksgroepen COB

Binnen het COB zijn drie onderzoeksgroepen actief (geweest) op het gebied van ILT's. De eerste onderzoeksgroep heeft zich bezig gehouden met risicoaspecten, (O13)³. De tweede groep heeft onderzoek gedaan naar de economische aspecten (O15) van bundeling van ondergrondse infrastructuur⁴. Het derde onderzoek, waarvan een deel van de resultaten in dit rapport zijn vastgelegd, is gericht op de optimalisering van bouw/aanleg techniek in combinatie met de beheerfunctie (O16).

1.5 Opzet van het onderzoek

Dit onderzoek bestaat uit vier fasen:

1. Aanboren kennis, inkaderen onderzoek en definiëren van begrippen.

In de eerste fase zijn acht experts geïnterviewd, die trekkers waren van en/of inhoudelijk sturing hebben gegeven aan projecten op gebied van initiatie, ontwerp, aanleg en beheer van Integrale Leidingentunnels. In bijlage A is de lijst met geïnterviewde personen opgenomen. Tevens is een Programma van Eisen ontwikkeld en is een begrippenkader opgesteld.

2. Analyseren uitkomsten interviews en opstellen aanzet leidraad

In de twee fase zijn de bouwstenen vanuit de eerste fase bijeengebracht en hiermee is een aanzet gegeven voor de op te stellen leidraad. In deze eerste aanzet zijn de uitkomsten van de interviews verwerkt en is aangegeven wat de leemten in kennis zijn, waar overeenkomsten en verschillen bestaan bij de "state of art" en zijn leemten in kennis aangegeven. Ook zijn mogelijkheden voor optimalisatie binnen de levenscyclus van een Integrale Leidingentunnel aangegeven. Deze punten zijn verwerkt in een rapport en dit rapport heeft als basisdocument gediend voor de te houden workshop in de derde fase.

3. Houden van een workshop

Het houden van de workshop is de derde fase. De workshop is gehouden op 5 oktober 2007. Het doel van deze workshop was een "verdiepingsslag", zodat leemten in kennis waar mogelijk kunnen worden gereduceerd, verschillen in zienswijze waar mogelijk kunnen worden verkleind of consensus kan worden verkregen en mogelijkheden voor optimalisaties worden verkend en benoemd. De workshop heeft geheel aan zijn doel voldaan. In een constructieve en creatieve ambiance heeft een verdieping en verrijkings-slag plaatsgevonden.

³ Onderzoeksrapport O13-06-01 "Risicoanalyse en risicobeoordeling van bundeling van kabels en leidingen".

⁴ Onderzoeksrapport O15-07-07 "Evaluatie ondergrondse infrastructuur".

4. Opstellen definitieve leidraad

De resultaten van het onderzoek en workshop zijn in dit rapport verwerkt tot het gewenste resultaat van het College van Opdrachtgevers, de leidraad.

Deze leidraad kan worden geraadpleegd door organisaties die overwegen een Integrale Leidingtunnel aan te leggen. Het rapport ondersteunt de beantwoording van vragen zoals:

- Waarom zou ik voor een ILT kiezen?
- Waar moet ik aan denken bij het bouwen van een ILT?
- Welke lessen hebben ontwerpers, bouwers en beheerders van ILT's al geleerd en welke 'wielen' zijn al uitgevonden?

1.6 Relatie systemengineering en integrale leidingtunnels

Tijdens de workshop is ingebracht, dat bij de ontwikkeling van Integrale Leidingtunnel's System engineering een belangrijke tool is.

De onderzoekers onderschrijven dit. In wezen is ook de doel van het onderzoek om alle aspecten tijdens de levenscyclus van een Integrale Leidingtunnel zodanig af te wegen, dat een optimum ontstaat.

1.7 Betrokken Integrale Leidingtunnels bij onderzoek

Bij het onderzoek zijn de volgende gerealiseerde Integrale Leidingtunnels betrokken:

1. Mahlerlaan te Amsterdam;
2. Arnhem Centrum;
3. Calandtunnel te Rotterdam;
4. Tunnel onder Oude Maas te Rotterdam;
5. Lloyd' s Kwartier te Rotterdam;
6. Integrale Leidingtunnels Buisleidingenstraat (in totaal 11 tunnels);
7. Duct te Almere;
8. A2 te Utrecht (navelstreng Leidsche Rijn).

In dit onderzoek is de ervaringskennis van 18 gerealiseerde Integrale Leidingtunnels gerealiseerd op heel diverse locaties samengebald.



Afbeelding 1.2 Tunnel A2 Utrecht

1.8 Omgaan met voortschrijdend inzicht

Uit de workshop kwam naar voren, dat deze leidraad niet het eindpunt is.

De leidraad is wel een eindpunt van dit onderzoeksproject, maar niet het einde van de kennis- en ervaringsontwikkeling. Sterker nog, deze leidraad staat aan het begin.

Dit document moet gaan functioneren als een intermediair tussen theorie en praktijk en zal een "levend" document moeten worden.

Bestaande ervaringen van andere branches (bijvoorbeeld scheepvaart en energieopwekking) en toekomstige kennis en ervaringen zouden weer ingebed kunnen worden in een volgende versie van deze leidraad. Op deze wijze kan continue de opgedane kennis en ervaring, soms door schade en schande verworven binnen de "BV Nederland" ontsloten en toegankelijk worden gemaakt. Het werkend leren.

in het verlengde van dit initiatief zou het een taak van COB kunnen zijn, om nieuwe inzichten, technieken en ervaringen in het vervolg van deze versie van de leidraad te verwerken.

2 Waarom integrale leidingentunnels?

2.1 Waarom een voorziening?

Bij de interviews is aan de ontwerpers, bouwers en beheerders van bestaande ILT's gevraagd waarom zij gekozen hebben voor een ILT. De gegeven antwoorden zijn als volgt te rubriceren :

1. Strategisch belang;
2. Eisen vergunningverleners;
3. Gebrek aan beschikbare ruimte.

2.1.1 Strategisch belang

Bundeling van kabels en leidingen dient een hoger/strategisch belang.

De aanleg van Integrale Leidingentunnel is een must om grondstoffen voor de industrie veilig en zeker te vervoeren. Voorbeelden hiervan zijn de Integrale Leidingentunnels in de Buisleidingenstraat en in Rotterdam de Caland- en de Oude Maastunnel.

2.1.2 Eisen vergunningverleners.

Vergunningverleners staan niet toe dat hoofdassen voor andere infrastructuur (bijvoorbeeld wegen en rivieren/vaarwegen) op relatieve korte afstand door een groot aantal kabels en leidingen worden gekruist. Voorbeelden zijn ILT's in de Buisleidingenstraat en in Rotterdam onder de A15.

2.1.3 Gebrek aan beschikbare ruimte.

In binnensteden en bij hoogwaardige bedrijventerreinen is fysiek te weinig ondergrondse ruimte beschikbaar om alle benodigde voorziening aan te brengen. Voorbeelden:

De in ontwikkeling zijnde wijk Y-burg in Amsterdam, ILT's Mahlerlaan in Amsterdam, A2 bij Utrecht, Arnhem, Lloyds kwartier en tunnels Oude Maas en Calandkanaal.

2.2 Strategie en mogelijkheden optimalisatie

De opdrachtgevers van strategisch belangrijke Integrale Leidingen-tunnels hebben heel duidelijk een lange termijnvisie. Zij anticiperen op toekomstige ontwikkelingen en accepteren aanloopverliezen door onderbezetting van de tunnel in de beginfase. Door de aanwezigheid van de tunnel willen zij toegevoegde waarde genereren voor regionale gebiedsontwikkelingen. Voorbeelden zijn de ILT's in de Buisleidingenstraat, onder de Oude Maas en Calandkanaal.

Er is bij deze categorie geen directe relatie tussen ontwerper en de gebruiker. De ontwerper ontwerpt op basis van een prognose en de tunnel is in de eerste jaren beperkt gevuld.

Gezien de grote afstand in tijd tussen bouw van de ILT en vulling van de tunnel en omdat bij bouw van de tunnel nog niet bekend is welk type kabels en leidingen er uiteindelijk in komen te liggen, lijkt optimalisatie van ontwerp en beheer hier moeilijk te verwezenlijken.

Maar bij concrete ontwikkelingsprojecten, zoals aanleg van de Integrale Leidingentunnel in de Mahlerlaan te Amsterdam en de Integrale Leidingentunnel onder de A2 bij Utrecht, is er een belangrijke relatie tussen ontwerper en beheerder leidingen. Want bij deze projecten maakt de ILT een onderdeel uit van een groot, concreet ontwikkelingsproject en is kort na de aanleg grotendeels gevuld. Natuurlijk spelen hier nog onzekere toekomstige ontwikkelingen een rol, maar de invloed hiervan is een stuk kleiner dan bij de eerste insteek. Optimalisatie tussen ontwerp en beheer lijkt hier meer mogelijkheden te bieden.

2.3 Kansen voor Integrale Leidingentunnels

Eén van de resultaten van het onderzoek is, dat de belangrijkste motor achter de aanleg van Integrale Leidingentunnels de toenemende druk op de ondergrondse ruimte in complexe gebieden is. Het bundelen van alle kabels en leidingen in deze gebieden in één ILT schept orde en ruimte.

De groeiende aandacht voor veiligheid pleit ook voor ILT's. Er worden nog steeds leidingen met gevaarlijke stoffen bij graafwerkzaamheden geraakt. Door de nieuwe, Wet informatie-uitwisseling ondergrondse Netten (WION) zal dit risico worden verkleind. Maar ook in deze complexe gebieden met een hoge dynamiek zal een ILT de kans op schade door derden verder verkleinen.

De wens om te komen tot efficiënt beheer en flexibele uitbreidings-mogelijkheden pleit ook voor het bouwen van ILT's. Een goed ontworpen en gebouwde ILT vergemakkelijkt immers het beheer en biedt mogelijkheid voor uitbreiding van het aantal kabels en leidingen met minimale overlast voor de omgeving.

Met behulp van de bij O15 ontwikkelde systematiek kan per project een maatschappelijke kosten- en batenanalyse worden uitgevoerd.

De oudste ILT's zijn gemaakt met als doel bundeling van kabels en leidingen bij kruisingen van grote infra-structuren, zoals weg-, spoor- en waterwegen. Deze reden om een ILT te maken zal blijven bestaan en relatief constant blijven.

De echte 'groeimarkt' voor ILT's is gelegen in toepassing van ILT's in dichtbebouwde stedelijke gebieden met de nadruk op hoogwaardige bedrijventerreinen, zoals de Integrale Leidingentunnel in de Mahlerlaan in Amsterdam en in de stadscentra van Arnhem en Almere. De vermindering van beschikbare ruimte in deze gebieden zal resulteren in toename van het aantal ILT's.

2.4 Bedreigingen voor Integrale Leidingentunnels

2.4.1 Financiering

Uit de interviews komt naar voren dat de belangrijkste bedreiging voor toepassing van een ILT de financiering is.

Tijdens het interview gaf de heer De Ruiter (gemeente Arnhem) aan, dat de Integrale Leidingentunnel als autonoom project in Arnhem niet zou zijn uitgevoerd. Alleen het opnemen van de Integrale Leidingentunnel in het totale project Arnhem Centraal heeft geleid tot de realisatie.

Zoals hiervoor al is vermeld, levert het onderzoek gedaan bij O15 een betrouwbare methode op, om de maatschappelijke kosten- en batenanalyse per project inzichtelijk te maken. Op basis van de kosten- en batenanalyse kunnen goede afwegingen worden gemaakt. Maar de kosten zijn niet de enige discriminerende factor.

2.4.2 Beperking combinatiemogelijkheden.

De discussie over het wel of niet combineren van bepaalde typen kabels en leidingen in één ILT uit oogpunt van veiligheid en beheer is nog niet afgerond. Hiervoor biedt het COB-project O13 (risicoanalyse van gebundelde infrastructuur) een goede systematiek op projectniveau aan. Maar de praktijk blijkt weerbarstig. Er heerst bij diverse partijen een gevoel van aversie tegen het combineren van bepaalde typen kabels en leidingen.

In Rotterdam zijn problemen met HS-kabels met hoge voltages in tunnels. In Almere en Amsterdam worden HS-kabels (lagere voltages) zonder problemen toegepast. Problemen met HS-kabels zijn voornamelijk de gevolgen van de warmteontwikkeling en de EMC-invloeden. De werkgroep constateert echter dat er voldoende "State-of-the-art" technieken beschikbaar zijn om deze problemen op te lossen. Met de juiste maatregelen en voorzieningen is het altijd mogelijk HS-kabels in ILT's op te nemen.

De werkgroep trekt dezelfde conclusie voor het kunnen combineren van aardgasleidingen in de ILT met andere kabels en leidingen. Ook dan geldt dat door het doen van een gedegen risicoanalyse, de juiste materiaalkeuzes, bijzonder aandacht voor de veiligheidsaspecten en het opnemen van adequate voorzieningen de aanleg van aardgasleidingen in een ILT geen probleem behoeft te zijn.

2.4.3 Projectplanning

Ook de projectplanning kan de keus voor een ILT frustreren. De besluitvorming over verleggen van kabels en leidingen in open ontgraving of met sleufloze technieken inclusief de keuze voor nieuwe tracés gaat veel sneller dan het moeizame traject om met alle belanghebbenden te komen tot een akkoord over toepassing van een ILT.

De heer De Ruiters geeft in zijn interview aan, dat opdrachtgevers de moed moeten hebben een beleidslijn uit te zetten en partijen hiermee te confronteren. Op iets langere termijn wordt zo'n beleid gewaardeerd.

3 Proces

Het proces om te komen tot een ILT verschilt per locatie en is in de loop der jaren ook veranderd, onder andere door het toepassing van nieuwe contractvormen. In de interviews is naast techniek ook heel veel gesproken over het proces. Omdat de focus in deze leidraad op de techniek ligt zijn deze resultaten van het onderzoek (de zienswijze van de geïnterviewden over proces) opgenomen in bijlage C. Dit hoofdstuk beperkt zicht tot een samenvatting van de procesmatige aspecten.

3.1 Contractvorm

Veel tunnels die bij het onderzoek betrokken zijn, zijn ontworpen en gebouwd middels traditionele contractvormen. Bij de recent gebouwde tunnels is meer gebruik gemaakt van nieuwere contractvormen zoals "bouwteam, Design en Construct (D&C) en Design-, Built, Finance-Operate and Transfercontract (DBFOT-contract)". De ervaringen met deze nieuwe contractvormen zijn niet onverdeeld gunstig. Maar dit is geen specifiek onderwerp voor dit onderzoek, maar wel weer een reminder om toch ook bij deze projecten aan contractvorming de nodige aandacht te besteden.

3.2 Initiatieffase

In de initiatieffase moeten alle belanghebbenden bij elkaar gebracht worden. In deze fase kunnen tegenstrijdige belangen naar voren komen. Om te voorkomen dat hierdoor het proces stagneert, worden mee op basis van de interviews de volgende handreikingen gegeven:

- Ducts en ILT's in stedelijk gebied kunnen het best gefinancierd als onderdeel van de totale bouwplannen in een gebied;
- Wacht niet totdat alle nutsbedrijven mee willen betalen aan de tunnel maar investeer zelf als gemeente of als planontwikkelaars (zie hierboven);
- Creëer draagvlak voor het realiseren van een ILT door het uitvoeren van een Maatschappelijke kosten- en batenanalyse;
- Creëer consensus voor de juridische randvoorwaarden vastgelegd in een K&L-verordening en het bijbehorende vergunningstelsel.

3.3 Ontwerpfase

Zoals altijd kunnen veel problemen in de bouw- en beheersfase worden voorkomen door reeds in de ontwerpfase rekening te houden met lessen uit het verleden. Of anders gezegd: systemengineering is een belangrijke tool bij de ontwikkeling van een Integrale Leidingentunnel.

Uit de analyse van de interviews komen de volgende aandachtspunten aan de orde:

1. Doorvoeringen ten behoeve van voeding naastliggende objecten;
2. Ontwikkelen van een uniform ophangstelsel;
3. Voorkomen van opdrijven en torderen van de tunnel;

4. Zorgdragen van en goede waterdichtheid van eventuele lassen tussen tunnelsegmenten (alleen bij afzinktunnels);
5. Aandacht besteden aan “transportopeningen”;
6. Ontwerpen van goede overgangen van tunnel naar stijgschacht en vanuit de stijgschacht naar buiten;
7. Hanteren van een adequate veiligheidsfilosofie.

Op zich behoren deze punten tot de “state of art” van de civiele engineering, maar deze aandachtspunten spelen de sector nog steeds parten, zo blijkt uit de interviews.

3.4 Uitvoeringsfase

In de uitvoeringsfase is veel aandacht nodig voor “omgevings-management” zo blijkt uit het interview over de Integrale Leidingtunnel A2 te Utrecht. Uit de interviews van de heren Ottema en Verheijen van Port of Rotterdam blijkt, dat verschillende uitvoeringsmethoden bij één tunnel leiden tot problemen zoals lekkage en ruimtegebrek.

3.5 Beheersproces

Vanuit het beheersproces zijn de volgende aandachtspunten gesignaleerd.

1. Wat te doen als een vraag naar ruimte de beschikbare ruimte in een tunnel overstijgt. Hoe flexibel moet een tunnel zijn;
2. Goed onderhoud is essentieel voor de veiligheid. Daarvoor is menstoegankelijkheid een eis. Dit geldt nog meer voor tunnels met industriële leidingen.

4 Indeling ILT's naar ligging, constructie en functie

4.1 Vaststellen kaders

Als inleiding op de latere hoofdstukken van dit rapport, die meer details bevatten, wordt in deze paragraaf eerst aandacht besteed aan een indeling van ILT's op hoofdlijnen en specifieke aandachtspunten bij bepaalde typen ILT's.

In het Basisprojectplan wordt aangegeven dat ILT's ruimtelijk als volgt zijn ingedeeld:

1. stads/woonwijken; ILT's hoofdzakelijk gericht voor nutsvoorzieningen;
2. bedrijventerrein, ILT's met een nuts- als transportfunctie gelegen in bedrijventerreinen;
3. industriecomplexen; ILT's bestemd voor industrie – nutsleidingen.

Zoals uit de analyse van de interviews naar voren komt, is deze bovenstaande indeling niet hanteerbaar. Uit de praktijk, op basis van de interviews, volgen twee mogelijkheden voor een indeling;

1. Indeling op basis van ligging ILT;
2. Indeling op basis van functie ILT.

4.2 Indeling op basis van ligging ILT

1. ILT's in woon- en bedrijvengebieden

Dit betreft ducts en/of tunnels die insitu zijn gebouwd of opgebouwd uit prefabdelen. Uitvoeringswijze in opensleuf of geboord. De tunnallengte is circa 500 meter. Het betreft hier de tunnels die in de stadscentra zijn gerealiseerd, zoals de ILT Arnhem Centraal en Mahlerlaan.

2. ILT's die infrastructuur kruisen

Tunnels die waterwegen kruisen. Deze ILT's in dit onderzoek zijn geboord of afgezonken. De lengte varieert van 130 tot 1.750 meter. Tunnel onder auto- en spoorwegen, Deze ILT's zijn aangelegd door middel boringen. Lengte tot 150 meter. Een nieuwe tunnel wordt getrokken onder de A15 bij Rotterdam.

4.3 Indeling op basis van functie

1. Transport

Ducts en tunnels bestemd voor doorgaande kabels en leidingen. Voorbeelden zijn de Integrale Leidingentunnels in de Buisleidingenstraat en tunnels onder de Oude Maas en Calandkanaal; Deze categorie kan weer onderverdeeld worden in :

- Tunnels in woon- en bedrijvengebieden;
- Tunnels die infrastructuur kruisen.

2. Distributie

Tunnels die naast de transportfunctie ook bestemd zijn voor kabels en leidingen met een distributiefunctie ten behoeve van naastliggende gebouwen. Voorbeelden zijn de Integrale Leidingtunnel in de Mahlerlaan en stationsomgeving Arnhem.

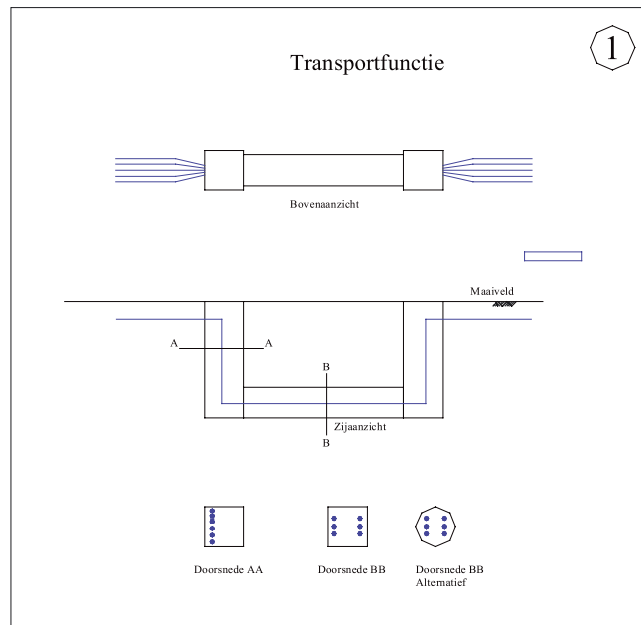
Bijna alle tunnels zijn uitsluitend voor 'transport' bedoeld. Alleen vanuit de tunnels Amsterdam Mahlerlaan en Arnhem worden naastliggende gebouwencomplexen gevoed.

Deze verschillende typen Integrale Leidingtunnels hebben grote consequenties voor ontwerp en uitvoering van de tunnels.

4.4 Transportfunctie

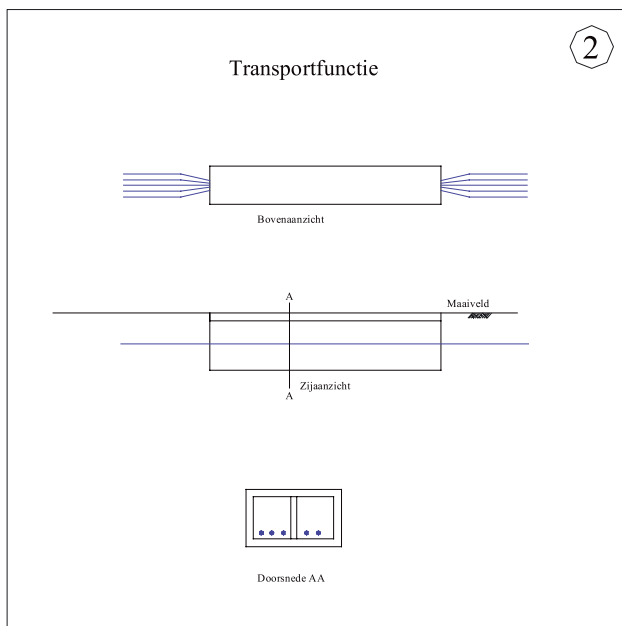
In deze groep gaat het om ILT's voor kabels en leidingen met een transportfunctie op zowel grotere diepte als direct onder maaiveld gelegen.

ILT's veelal aangelegd op grote diepte (10 tot 25 meter onder maaiveld) worden afgedwongen door de te kruisen infrastructuur zoals een grote rivier, zoals Oude Maas en Calandkanaal. Door de grote diepte is er veel aandacht nodig voor ontwerp en inrichting van de stijpunten aan beide zijden van de tunnelbuis.



Afbeelding 4.1 Schematische weergave ILT transportfunctie diep

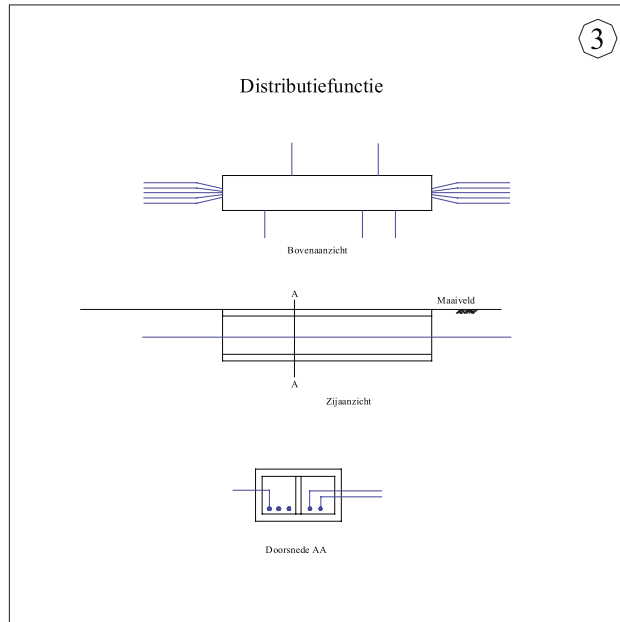
Ondiepe tunnels met een transportfunctie komen voor bij kruisingen met ondiepe infrastructuur (snelwegen) en in stadscentra waar de tunnel een heel specifiek doel heeft. Kenmerk van deze tunnels is dat zij aan weerszijden geen schachten hebben, maar direct aansluiten op de leidingen in de "koude" grond.



Afbeelding 4.2 Schematische weergave ILT transportfunctie ondiep

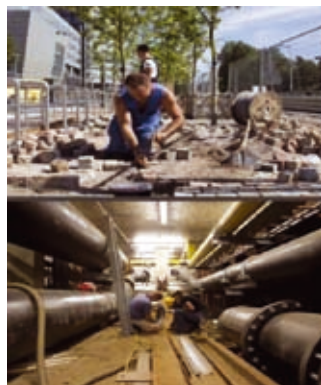
4.5 Distributiefunctie

Kenmerkend voor deze ondiep gelegen ILT's met een distributiefunctie is dat vanuit de tunnel naastliggende gebouwen worden gevoed. In recent aangelegde tunnels komt dit voor in de Mahlerlaan en de stationsomgeving van Arnhem. Bij ontwerp, aanleg en beheer van deze tunnels moet bijzondere aandacht uitgaan naar de constructie van doorvoeringen in de zijwanden van de tunnels. Vanwege de distributiefunctie komen er in deze tunnels meer moffen, bogen, afsluiters, T-stukken en andere bijzondere appendages/componenten voor dan in een ILT met transportfunctie. Deze componenten vereisen ruimte en dat stelt bijzondere eisen aan de inrichting van de ILT en de ophanging van kabels en leidingen.



Afbeelding 4.3 Schematische weergave ILT distributiefunctie ondiep

NB : Qua systematiek zou ook een diepgelegen Integrale Leidingtunnel met distributiefunctie kunnen worden ontworpen. Het standpunt van de onderzoekers is, dat deze variant niet logisch is. Ook bij de interviews is deze variant niet naar voren gekomen. Dus deze theoretische variant wordt verder niet behandeld.



Afbeelding 4.4 Inwendige ILT aanbrengen kabels en leidingen

4.6 Indeling ILT's in dit rapport

In paragraaf 4.2 wordt gesproken over een indeling op basis van ligging. Paragraaf 4.3 geeft een indeling op basis van functie. Er is een parallel te zien tussen deze indelingen.

- ILT's in woon- en bedrijvengebieden hebben meestal een distributiefunctie;
- ILT's die infrastructuur kruisen hebben in de meeste gevallen een transportfunctie.

Er zijn uitzonderingen en tussenvormen. In dit rapport wordt verder alleen de indeling op basis van functie gehanteerd.

5 Kabels en leidingen in een integrale leidingentunnel

5.1 Algemeen

Bij het ontwerp van een leidingentunnel is de functie van de tunnel (herbergen kabels en leidingen) de belangrijkste randvoorwaarde. De civiele constructie, "de schil" wordt hier "omheen" ontworpen. Het is belangrijk om eerst een ontwerp te maken voor de inrichting alvorens zich te storten op de relatief kostbare initiële civieltechnische investering van de ruwbouw. Bij het vaststellen van de benodigde ruimte is er een aantal aspecten waarmee men rekening dient te houden. Deze worden in dit hoofdstuk kort belicht. Daarnaast zullen per medium de aandachtspunten worden aangegeven. Deze lijst is niet uitputtend. De volgende hoofdstukken zijn op basis van de interview en de kennis en ervaring van het onderzoeksteam tot stand gekomen.

5.2 Ophanging / oplegging van leidingen in tunnel

Leidingen moeten zodanig ondersteund worden dat zij vrij kunnen krimpen of uitzetten. De meest voor de hand liggende oplossing is het gebruik van rekken met oplegzadels.



Afbeelding 5.1 Oplegging van leidingen

Ergens in de constructie moeten horizontale krachten kunnen worden opgenomen. Bij een symmetrische tunnel kan dit relatief eenvoudig in het midden opgelost worden. Bij een asymmetrische tunnel vergt dit wat meer aandacht.

Het kan nodig zijn om (in de schachten) ruimte te creëren om expansielussen op te nemen in de leidingen.

Leidingen moeten beveiligd zijn tegen opdrijven indien zij dat in lege staat fysiek kunnen (bij stalen leidingen geldt bijv. als vuistregel >16" is een opdrijf risico).

In de schachten, in het bijzonder bij hoge schachten, is het afdragen van de verticale belastingen uit de leidingen een bijzonder aandachtspunt. Ophanging aan het dak ligt voor de hand, maar vereist een verzwaarde dakconstructie. Ook het ondersteunen van de leidingen op de schachtbodem is een goede mogelijkheid en gewenst bij zware leidingen.

5.3 Locatie in de tunnel

In ducts en tunnels, die deel uitmaken van het onderzoek ligt het gehele scala van kabels en leidingen. Uit de interviews valt op dat voor de tunnels in woon- /bedrijfsgebied (Arnhem en Utrecht) besloten is dat er geen gasleiding in mag liggen, terwijl gas in Amsterdam Mahlerlaan wel aanwezig is. De commissie is van mening dat aardgas wel degelijk in een stedelijke distributietunnel kan worden geaccommodeerd.

De tunnels onder waterwegen betreffen nagenoeg allemaal industrie leidingen. Dat zijn ook de enige tunnels met brandgevaarlijke en explosieve vloeistoffen. Dergelijke stoffen komen niet voor in de Nederlandse 'stadstunnels' (uitgezonderd gas in Mahlerlaan), maar wel in buitenlandse stadstunnels.

Geadviseerd wordt:

- Vloeistofleidingen onderin in de tunnel leggen. Bij calamiteiten loopt het medium over zo min mogelijk leidingen en de zwaarste leidingen liggen het laagst wat qua constructie het meest eenvoudig is;
- Isoleren van warmte- of koudeleidingen, omdat warmte en koude invloed kunnen uitoefenen op andere aanwezige kabels, leidingen en te transporteren stoffen. Houdt er rekening mee dat isolatie erg veel ruimte kan innemen;
- Elektriciteitskabels niet direct naast telecommunicatie kabels met koperen aders leggen vanwege de EMC⁵-invloeden. Glasvezel is ongevoelig voor EMC;
- Grote diameters onderin in de tunnel leggen;
- Per rek zoveel mogelijk gelijke diameters. Dit bevordert de bereikbaarheid;
- Rekening houden met aanbrengen van leidingen. Ook de laatste leiding moet verantwoord kunnen worden ingebracht. Bij het ontwerpen en dimensioneren van schachten en de tunnelbuis hiermee rekening houden;
- Bij het ontwerpen van de leidingen en rekconstructie rekening houden met de inspecteerbaarheid van leidingen. Deze dienen rondom bekeken te kunnen worden met bijvoorbeeld een spiegel. Hiervoor is rondom 150 mm wenselijk;
- Rekening houden met een evenwichtige gewichtsverdeling bij een ronde tunnel i.v.m. torsie van de tunnel;
- Zorgdragen voor aarding van leidingen vanwege bijvoorbeeld blikseminslag en/of EMC- invloeden. Aarding kan echter weer problemen geven bij stalen leidingen met kathodische bescherming. In die situaties moeten speciale aardingsconcepten worden toegepast;

⁵ Elektro Magnetische Compatibiliteit

- Kabels en leidingen t.b.v. tunneltechnische installaties zoveel mogelijk bovenin positioneren in een aparte goot zodat zij goed bereikbaar zijn en pas in laatste instantie in het "water" komen liggen bij lekkage;
- Bij voorkeur geen appendages en afsluiters in een transporttunnel;
- Bewuste keuze maken voor locatie afsluiters in distributietunnel. Allemaal in de tunnel (monitoring centraal), in de koude grond (geen monitoring) of in de kelders van de aangesloten gebouwen (monitoring in iedere kelder).

NB : in de scheepvaart en bij energiecentrales komen appendages voor in beperkte ruimten. Voorgesteld wordt deze ervaringen bij Integrale Leidingentunnel te betrekken en een uitwisselingsprogramma op te starten. Dit kan een vervolg zijn op deze leidraad.

Voor het invoeren van leidingen in een leidingentunnel moet rekening worden gehouden met de lengte en het gewicht van de in te voeren elementen. Over het algemeen zullen kabels vanaf een haspel naar binnen worden getrokken. Dat betekent dat er rekening moet worden gehouden met het aanbrengen van rollen waarlangs de kabels gemakkelijk ingetrokken kunnen worden. Bij diep gelegen tunnels kan worden gedacht aan een aparte schacht waarlangs de samengestelde buisleiding naar de tunnelbuis wordt getransporteerd, een lanceerbuis.

5.4 Wanddoorvoer in- en uitgang

Daar waar de leidingen de tunnel zullen verlaten zullen uiteindelijk gaten komen in de schachtwand. Voor de aanleg van dit leidingwerk is het wenselijk dat deze zones eenvoudig te doorboren zijn. In de praktijk kan deze wens niet altijd gerealiseerd worden als gevolg van belastingen tijdens de uitvoering (bijvoorbeeld mobiele kranen).

Uit de interviews blijkt dat er geen landelijke consensus is over de wanddoorvoer. Een belangrijk aandachtspunt bij wanddoorvoeringen is het zettingsgedrag van de grond. Ter illustratie wordt een aantal voorbeelden aangehaald die komen uit de interviews.

5.4.1 Doorvoeringen Mahlerlaan

Bij de ILT Mahlerlaan is het einde van de tunnel (spreidingskelder) afgesloten met een betonnen wand. De kabels en leidingen kruisen deze wand in mantelbuizen. Deze mantelbuizen hebben een lengte van circa 30 m en zijn overmaats (diameter leidingen vermeerderd met 0,10 m). De extra lengte wordt gebruikt om nabijgelegen weginfrastructuur te kruisen.

5.4.2 Doorvoeringen Buisleidingenstraat

Bij de Buisleidingenstraat zitten ter plaatse van de muren, waar kabels en leidingen doorgevoerd worden, verdunningen in de wand en in deze dunnere delen zitten overmaatse gaten. De leidingen worden door de overmaatse gaten gevoerd en met rubberen manchetten afgesloten.

5.4.3 Doorvoeringen ILT Calandkanaal

In de leidingentunnel Calandkanaal zijn geen sparingen aangebracht aangezien de telekranen die noodzakelijk waren voor in en uithijzen van de TBM te grote belastingen opleverden voor deze geplande zwakke zones.

5.4.4 Adviezen doorvoeringen in-/uitgang

Pasklare oplossingen kunnen niet worden aangereikt. Het is wel mogelijk advies te geven over een aantal oplossingsrichtingen en aandachtspunten:

- Geef in het ontwerp veel aandacht aan het voorkomen van zettingsverschillen tussen schacht en omgeving van de schacht;
- Pas eventueel een raamwerk toe (een breekpunt met shields) waar de K&L doorgevoerd kunnen worden;
- Probeer vóór aanleg van de ILT al nauwkeurig te bepalen hoeveel (bescherm)buizen er, ook met het oog op toekomstige uitbreiding, aangebracht moeten worden;
- Construeer een overgangsconstructie tussen schacht en de zettende omgeving.

5.5 Wanddoorvoer t.b.v. distributievoorziening

Een Integrale Leidingentunnel met een distributiefunctie heeft veel consequenties. De belangrijkste aandachtspunten worden hier gemeld.

5.5.1 Positionering ILT t.o.v. bebouwing

In Amsterdam (Mahlerlaan) wordt de tunnel in de openbare ruimte geprojecteerd. In Arnhem maakt de tunnel onderdeel uit van de gebouwde omgeving. Beide keuzen hebben gevolgen voor de verbindingen tussen de tunnel en gebouwen. Opties zijn prefab sparingen meenemen (zoals in Amsterdam) of boren (Arnhem). Indien de tunnel niet geïntegreerd is met het gebouw, moet bijzonder aandacht worden besteed aan onttrekken van grondwater bij het aanbrengen van de verbindingen.

5.5.2 Afsluiters en moffen.

Distributie betekent splitsingen in leidingen. Dit kan betekenen dat er ruimte voor afsluiters nodig is. Afsluiters zijn bovendien mogelijke verzwakkingen van een leiding. Hiervoor moet een doordachte strategie worden bepaald. Splitsing betekent een keuze voor verbindingssystemen in de tunnel. Distributie betekent ook dat er aansluitingen in de tunnel gemaakt moeten worden wat meer werkruimte vraagt in de doorsnede van de tunnelbuis dan bij een zuivere transport-tunnel doordat leidingen verder van elkaar moeten liggen om aan deze leidingen te kunnen werken.

Voorbeeld

Bij de tunnel in de Mahlerlaan is deze kruising als volgt opgelost :
De tunnel ligt op 2 m afstand van de belendende percelen. In de tunnelwand zijn 8 stroken van 19 m aanwezig waarin 12 stalen mantelbuizen (inclusief reservebuizen) zitten. De mantelbuizen vormen de verbindingen tussen de ILT's en de parkeerkelders. De diameter van de mantelbuizen zijn 0,10 m groter dan de diameter van de desbetreffende kabel of leiding. Als een kabel of leiding de tunnel binnen komt, wordt eerst een expansiestuk aangebracht en daarna wordt de kabel of leiding ingesloten in de door-gaande kabel of leiding.

5.6 Invoermogelijkheid in tunnel

De vorm van een leidingentunnel is in de regel zodanig dat leidingen niet als één geheel kunnen worden ingetrokken. De schachten maken dit onmogelijk. Een oplossing om dit toch te kunnen doen is de aanleg van een lanceerbuis, een buis die vanaf de schachtbodembodem omhoog loopt naar het maaiveld. Indien een lanceerbuis niet aanwezig is, zullen de leidingen op de schachtbodembodem gemonteerd (lassen) moeten worden en vervolgens doorgeschoven in de tunnel. Er moet ruimte zijn om de leiding te zekeren tegen wegglijden bij een verticaal gekromde tunnel. Laswerk in de tunnel is in de regel fysiek niet mogelijk en moet gezien de effecten op andere kabels en leidingen niet worden toegestaan. Het monteren van de leidingen is een relatief risicovolle activiteit zodra er productleidingen in gebruik zijn. Denk aan hijswerkzaamheden, vonken, hitte, etc. Niet iedere willekeurige leidingaannemer kan dit werk verrichten. Leidingwerk vereist een zeker oppervlak op de schachtbodembodem. Hoe groter het oppervlak van de schacht, hoe langer de leidingsecties kunnen zijn, hoe goedkoper het plaatsingsproces wordt maar hoe duurder de civiele constructie. In de praktijk zal er een werkschacht zijn en een ontvangstput. De werkschacht heeft een groter oppervlak nodig dan de ontvangstput. Een groot luik op de werkschacht vereenvoudigt het werk en verkleint de hijsrisico's. Aan de andere kant belemmert een groot luik potentieel de ophangmogelijkheden van leidingen. Voor een goede ordening van de kabels en leidingen net buiten de tunnel kunnen speciale weefvakken gehanteerd worden.

Voorbeeld 1

Buisleidingenstraat staat lassen in de tunnels niet toe. De grote leidingen worden op het voorterrein samengesteld en gelast en daarna via de invoerschacht naar binnen getrokken. De bochtstralen van de tunnels zijn zodanig gekozen dat de leidingen elastisch kunnen worden gelegd.

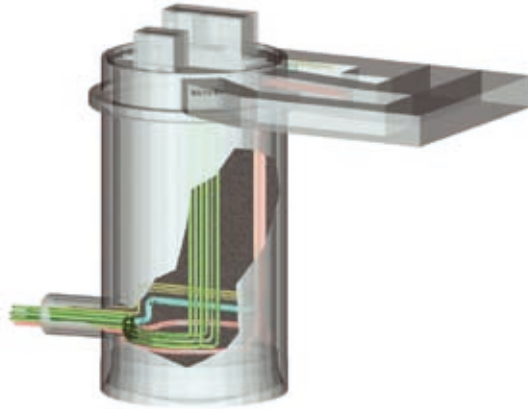
Voorbeeld 2

In de ILT Arnhem Centraal zitten aan de kopse kanten van de tunnel in het dak "brievenbussen". Afmetingen 8-12m lang, 2 m breed afgedekt met een betonnen plaat. Hierdoor kunnen leidingen in de tunnel binnenkomen. Er is ook nog een opening halverwege de tunnel. Ook hier kunnen langere stukken de tunnel binnen komen. Het zelfde geldt via de personeelsingangen. Hier kunnen stukken met een lengte tot maximaal 3 m worden ingevoerd. Transport van materialen is mogelijk via karretjes onder de aanwezige leidingen.

5.7 Invoermogelijkheid in schacht

In de regel zal een tunnel, die infrastructuur kruist (met name grote waterwegen) een relatief diepe schacht krijgen. Voorbeelden zijn tunnels onder de Oude Maas, en Calandkanaal. De schachten zijn 25 m diep. Het is fysiek erg lastig om een steiger te bouwen om vandaar af de leiding te monteren. Eenvoudiger is het prefabriceren van de standers met al zijn bochten buiten de schacht. Deze stander kan met behulp van een kraan in de schacht geplaatst worden. Dit vereist een luik met een flinke dimensie.

In de volgende figuren zijn de geplande leidingen in de schacht van de leidingentunnel Calandkanaal te zien.



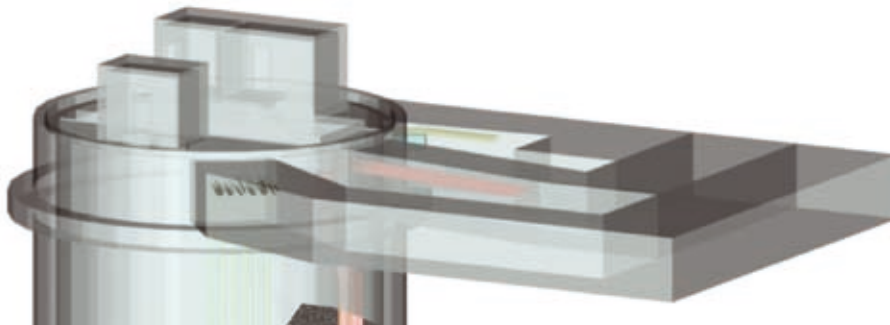
Afbeelding 5.2 Schachtkooi



Afbeelding 5.3 Inwendig



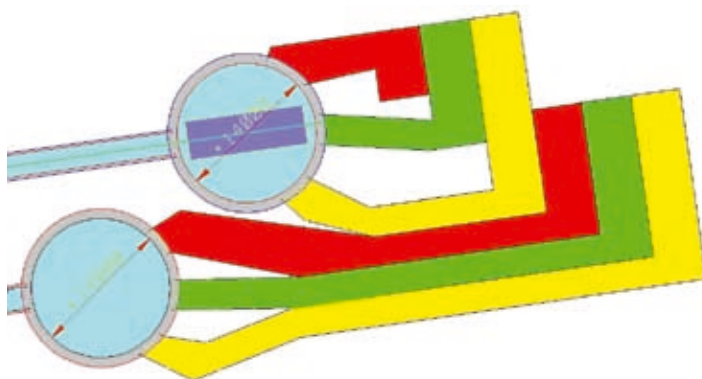
Afbeelding 5.4 Boring Calandtunnel



Afbeelding 5.5 Detail kop schacht

5.8 Weefgebieden

Bij leidingentunnels die als toekomstige voorziening zijn of worden aangelegd, vindt de vulling van de leidingen over een lange periode plaats. De doorsnede van de tunnel kent een optimale inrichting zodat de capaciteit van de tunnel maximaal is. Deze wordt bereikt door kleine en grote diameters optimaal over de doorsnede te verdelen. De aanlegvolgorde van de leidingen is daar echter niet op afgestemd, die worden gedreven door externe factoren. Buiten de tunnel liggen de leidingen in een corridor zoals de Rotterdamse leidingenstrook of de buisleidingenstraat. In deze corridor wordt een nieuwe leiding telkens naast de bestaande leidingen gelegd op een vaste dagmaat. In de tunnel zal zeer waarschijnlijk een andere volorde gewenst zijn, derhalve moet de leiding voordat deze de tunnel in gaat, voorgesorteerd worden naar de juiste locatie. Hiervoor zijn zogenaamde weefvakken noodzakelijk. In Afbeelding 5.6 is een voorbeeld gegeven van de weefvakken bij de leidingentunnel Calandkanaal (inclusief de toekomstige uitbreidingsmogelijkheid van een tweede tunnel). In Afbeelding 5.6 zijn de gele zones bestemd voor kleine diameters leidingen (<8"), de groene zones voor het invoeren van dikke leidingen 20" tot 26" en de rode zones voor de tussenmaat leidingen. Deze weefvakken hebben als kenmerken dat zij breder zijn dan de aansluitende leidingencorridor en dat zij dieper zijn dan de corridor omdat leidingen elkaar voor de schacht moeten kunnen kruisen met voorgeschreven tussenafstanden (in Rotterdam 2,5 m).



Afbeelding 5.6 Bovenaanzicht weefvakken

5.9 Normen

Een leidingentunnel moet uiteraard aan de bekende vigerende normen voldoen. Er zijn echter een paar bijzondere, minder bekende normen waaraan ook moet worden voldaan:

- Als er leidingen met mogelijk gevaarlijke stoffen door de tunnel worden gelegd, is de ATEX 95 (Atmosphere Explosive) richtlijn van toepassing op de tunnel technische installaties. De ATEX schrijft onder andere een verplichte risicoanalyse voor. Deze is sowieso ook aanbevelenswaardig voor niet ATEX tunnels;
- De tunnelbuis zelf kan eventueel als een leiding beschouwd worden en dus kan de NEN 3650 op de tunnelbuis van toepassing worden verklaard;
- De Arbo-wet.

Buisleidingenstraat stelt, dat leidingen moeten voldoen aan NEN 3650 en 3651.

In deze norm staat dat de wanddikte van een leiding bij kruisingen 20% hoger moet zijn, dan bij een landstrekking. Ook aan het testen van de leiding worden in deze normen extra eisen gesteld

Iedere tunnel is volgens de Arbo-wet een besloten ruimte. Derhalve dient deze minimaal vanwege de luchtkwaliteit geventileerd te worden. Daarnaast kunnen er vanuit de media in de tunnel eisen gesteld worden aan ventilatie capaciteit. Luchtstroming (minimale luchtsnelheid van 0,5 m/s) opgewekt door ventilatie is ook noodzakelijk voor het goed functioneren van detectiesystemen voor vaststellen van lekkende leidingen.

Ventilatie heeft invloed op de temperatuur in de tunnel evenals medium voerende leidingen en hoogspanningskabels. Hiervoor dient een thermische analyse gemaakt te worden die uitwijst of de tunnel koel- of verwarmingscapaciteit nodig heeft. Het naderhand aanbrengen van koel- of verwarmingscapaciteit is slecht uitvoerbaar.

5.10 Koelen, verwarmen en ventileren

Aandacht moet worden besteed aan het ventileren met een lagere buitenlucht-temperatuur dan de temperatuur in de tunnel. Dit zal leiden tot condensatie van vocht op de leidingen en mogelijk (bij vorst) tot bevriezing van watervoerende leidingen. Verder is aandacht nodig voor de mogelijkheid dat wrijving van vaste deeltjes in bewegende lucht een statische elektriciteit laat ontstaan bij kunststofleidingen.

Indien er warmtebronnen in een tunnel zijn zoals hoogspanning of stadsverwarming, moet de warmteontwikkeling op voorhand worden voorspeld. Preventieve maatregelen zijn veel goedkoper dan correctieve maatregelen.

5.11 Materialen

Leidingen in een tunnel kunnen van alle standaard materialen gemaakt worden.

Denk aan PE, GRP, of staal. RVS is geen verstandige keuze als leidingen gelast worden in de tunnel. Lasspetters op RVS leidingen kunnen desastreuze schade tot gevolg hebben,. RVS wordt derhalve afgeraden als leidingmateriaal. De uiteindelijke keuze van materialen is afhankelijk van het te transporteren medium en keuze van het al dan niet lassen in ILT's.

5.12 Inspecteerbaarheid

Leidingen dienen inspecteerbaar te zijn. Dit kan fysiek/visueel door mensen gebeuren in een toegankelijke tunnel. Dit vereist een onderlinge minimale afstand. De leidingbeheerder heeft hierin zijn specifieke wensen. Bij de Buisleidingenstraat wordt ingezet op maninspectie van leidingen en tunnels. Daarnaast dienen bijvoorbeeld hoofdgastransportleidingen in een tunnel, maar eigenlijk overal, piggable te zijn zodat deze eenvoudig over de hele lengte met een pig geïnspecteerd kan worden. Dit stelt eisen aan een leiding, zoals niet te scherpe bochten (in de regel minimaal 5D) en geen vernauwingen in de leiding aanbrengen zoals bij afsluiters.

5.13 Specifieke eigenschappen diverse Media

Naast de algemene aspecten genoemd in de paragrafen 5.13.1 tot en met 5.13.5 gelden voor een aantal stoffen nog een aantal bijzonder aandachtspunten.

5.13.1 Drinkwater

Bij drinkwater is het belangrijk de temperatuur van het water binnen marges te houden. Altijd boven 0 graden i.v.m. vorst risico en altijd onder 20 graden⁶ i.v.m. kwaliteitsrisico. Isolatie is een goede optie, maar neemt veel ruimte in beslag.

5.13.2 Aardgas en andere gevaarlijke stoffen

Bij het transport van gevaarlijke stoffen (vloeibaar of gasvormig) is men gebonden aan de ATEX regelgeving. Een belangrijke stap is allereerst het vaststellen van de juiste ATEX zoneringsgrenzen. Hiervoor dient een risicobeoordeling te worden opgesteld. Van belang zijn hierbij de eigenschappen van de stoffen, het gebruik van de tunnel en de kans op een explosieve situatie. In onderstaande tabel staan de meest voorkomende stoffen in industrieel gebied opgesomd.

De T klasse geeft aan bij welke omgevingstemperatuur de stof spontaan ontbrand.

De explosiegroep het risico, IIA is laag en IIC is een hoog risico op ontploffing.

Maatregelen bestaan hoofdzakelijk uit het installeren van detectiesystemen en mogelijk vonkvrije apparatuur. Indien er alleen met aardgas (methaan) wordt gewerkt (in stedelijk gebied) zijn er bescheiden maatregelen nodig. Heel anders is het bij industriële tunnels zoals die in de Rotterdamse haven en de Buisleidingenstraat liggen.

⁶ Norm volgens VEWIN werkblad "Aanleg van leidingwaterinstallaties".

Keuze van de temperatuurklasse										
		Temperatuurklasse						Explosiegroep		
Gassen en dampen	T-ontsteek in °C	T1 > 450	T2 300-400	T3 200-300	T4 135-200	T5 100-135	T6 85-100	IIA	IIB	IIC
Acetaldehyde	140				•			•		
Aceton	540	•						•		
Acetyleen	305		•							•
Ammoniak	630	•						•		
Benzine	220-300			•				•		
Benzol (puur)	555	•						•		
Cyclohexanon	430		•					•		
Dieselbrandstoffen	220-300			•				•		
Azijnzuren	485	•						•		
Azijnzuuranhydride	330		•					•		
Etheen	515	•						•		
Ethylacetaat	460	•						•		
Ethylalcohol	425		•						•	
Ethylchloride	510	•						•		
Ethyleen	425		•						•	
Ethylether	170				•				•	
Ethylglycol	235			•					•	
Stookolie	220-300			•				•		
Kooloxyde	605	•						•	•	
Methaan	595	•						•		
Methanol	455	•						•		
Methylchloride	625	•						•		

Afbeelding 5.7 ATEX temperatuurklassen

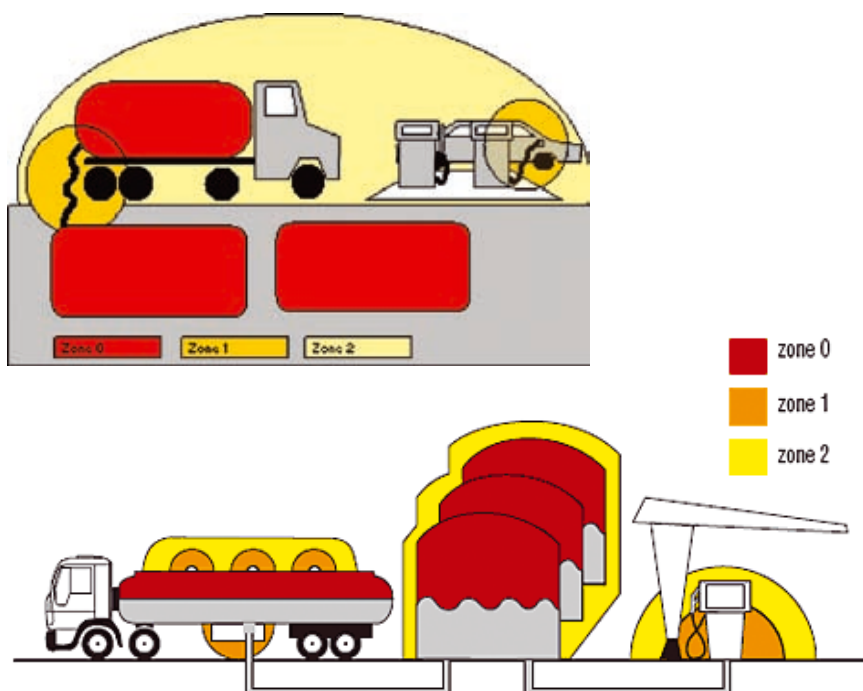
	T- ontsteek in °C	Temperatuurklasse						Explosiegroep		
		T1 > 450	T2 300- 400	T3 200- 300	T4 135- 200	T5 100- 135	T6 85- 100	IIA	IIB	IIC
Gassen en dampen										
Naftaline	540	•						•		
n-Butaan	365		•					•		
n-Butylalcohol	340		•					•		
n-Hexaan	240			•				•		
Fenol	595	•						•		
Propaan	470	•						•		
Zwavelkoolstof	95						•			•
Zwavelwaterstof	270			•					•	
Stadsgas	560	•							•	
Tutol	535	•						•		
Waterstof	560	•								•

Afbeelding 5.7 ATEX temperatuurklassen

De zonering zal in de regel uitvallen richting zone 2, het laagste risicoprofiel. Ter illustratie is de indeling rondom een benzinepomp weergegeven. Buiten zone 2 is er dus geen sprake van een ATEX regime.

De zonering			
	Gas	stof	In een leidingentunnel
explosieve atmosfeer voortdurend, gedurende lange perioden of herhaaldelijk aanwezig	Zone 0	zone 20	Lekkende gasleiding
explosieve atmosfeer tijdens normaal bedrijf af en toe aanwezig tussen 10 en 1000 uur per jaar	Zone 1	zone 21	Afsluiters in de tunnel
explosieve atmosfeer normaal bedrijf niet waarschijnlijk en bij aanwezigheid van korte duur is, minder dan 10 uur per jaar.	Zone 2	zone 22	Alleen monolieten leidingen in de tunnel
Geen explosieve atmosfeer	Veilig gebied	Veilig gebied	Achter gasdichte deuren of buiten

Afbeelding 5.8 Zonering



Afbeelding 5.9 Zonering bij tankstation

5.13.3 Elektriciteit

Bij hoogspanningskabels moet men rekening houden met warmteproductie. Dit kan mogelijk andere leidingen beïnvloeden. Warmteontwikkeling leidt tot expansie. Om de expansie van de kabels te kunnen opvangen, kunnen deze 'gesnaked' (golvend) opgehangen worden (zie Afbeelding 5.10). Hiermee wordt ook schuren voorkomen hetgeen wel optreedt bij het leggen van de kabels op een betonnen vloer.



Afbeelding 5.10 150 kV kabels in Leidingentunnel Oude Maas 'Gesnaked' opgehangen

Uiteraard is bij hoogspanning Elektromagnetische Compatibiliteit (EMC) een aandachtspunt. De uiteindelijke veldsterkte is o.a. afhankelijk van de kabelconfiguratie en dient verder door een specialist bepaald te worden.

Warmteontwikkeling door het gebruik van hoogspanningskabels mag niet onderschat worden. Het is noodzakelijk deze warmteproductie vooraf in te schatten met reële verwachtingswaarden inzake het toekomstige vermogen dat door de kabels zal gaan lopen. Indien de voorspelde warmteontwikkeling te hoog is, zijn preventieve maatregelen noodzakelijk. Dit in de vorm van ventilatie of bijvoorbeeld waterkoeling van de stroomkabels.

5.13.4 Data

Voor koperen datakabels in combinatie met elektrakabels is EMC een issue dat aandacht verdient. In de regel kunnen deze voldoende uit elkaar geplaatst worden zodat er geen problemen zijn. Bij glasvezelkabels is dit geen issue.

Glasvezelkabels hoeven niet in een duct/mantelbuis geplaatst te worden zoals vaak wordt gedaan. Door de kabels direct in een goot te plaatsen zijn met minimaal ruimte beslag grote aantallen datakabels in een tunnel te accommoderen.

5.13.5 Stadsverwarming

Stadsverwarmingleidingen zijn gewoon geïsoleerde waterleidingen. Expansie is uiteraard een issue, zeker als de leidingen ook voor koudetransport worden gebruikt. De ervaring bij de ILT A2 Utrecht leert dat expansie van stadsverwarmingleidingen bijzondere eisen stelt aan de ophangconstructie.

Tevens kan stadsverwarming een grote bron van opwarming zijn voor leidingentunnels. Dit dient vooraf bepaald te worden om verrassingen achteraf te vermijden.

6 Civieltechnische aspecten ILT ("de schil")

6.1 Dimensionering

De afmetingen van een leidingtunnel zijn het resultaat van een aantal factoren, die individueel of samengesteld bepalend zijn voor de afmetingen. Voor de dimensionering wordt een onderverdeling gemaakt naar de te onderscheiden hoofdonderdelen:

1. Bovengrondse constructie
2. Schacht
3. Tunnel

De dimensionering betreft een bepaling van:

1. Vorm (bijvoorbeeld rond, rechthoekig)
2. Lengte
3. Breedte
4. Diameter
5. Bochtstralen
6. Wanddikte

Bepalende factoren bij de dimensionering

Bepalende factoren bij de dimensionering zijn de situatie, de planfase (nieuw te ontwikkelen gebied of bestaande situatie) en de beschikbare ruimte waarin de tunnel wordt aangelegd, de aanlegmethode (aanleg in een sleuf of sleufloos aanleggen), de grondslag, aanwezigheid van andere ondergrondse infrastructuur en de kosten.

Ook de aanlegfase dient beschouwd te zijn. In verband hiermee is te noemen de ruimte benodigd voor de apparatuur en vereiste vluchtroute.

Indien voldoende ruimte aanwezig is en gegraven kan worden is elke vorm van de tunnel mogelijk. De benodigde capaciteit en de kosten bepalen dan de vorm.



Afbeelding 6.1 Prefabtunnelement



Afbeelding 6.2 In te graven tunnelement

Indien beperkte ruimte aanwezig is, is dit de bepalende factor, zoals bij de tunnel in Arnhem. Indien geboord wordt, is bij de huidige stand van de techniek alleen een ronde vorm mogelijk.



Afbeelding 6.3 Voorbeeld van boorbuisen

Bij het trekken van tunnels met beperkte lengte, zoals bij de tunnel van de Buisleidingenstraat onder de A15, kan ook een rechthoekige vorm gekozen worden.

Capaciteit en configuratie van de leidingen in tunnel en schacht alsmede het eventueel benodigde weefgebied buiten de tunnel.

6.2 Capaciteit

Inventarisatie van de transportbehoefte / gebruik in een bepaalde regio/gebied op korte en langere termijn is de basis voor de dimensionering van ILT.

De capaciteitsbehoefte wordt vastgesteld op basis van de daadwerkelijke vraag en door een inschatting van de toekomstige doorvoer van kabels en leidingen. Voor industriële gebieden is naar aanleiding van (bestemmings)plannen veelal de toekomstige behoefte in te schatten. Met de verschillende logistieke bedrijven moet worden vastgesteld welk gedeelte van de capaciteit via de tunnel wordt getransporteerd. Hierover moet consensus bestaan, zodat voorkomen wordt, dat capaciteit via andere (goedkopere/ suboptimale) routes weglekt. Met de door O15 ontwikkelde Maatschappelijk Kosten en Baten Analyse kunnen verschillende scenario's worden berekend en kan zo consensus tussen partijen ontstaan. De aan de consensus gekoppelde transportcapaciteiten via de ILT zijn bepalend voor het ontwerp van de tunnel- en schachtindeling en daarmee de doorsnede van de Integrale Leidingentunnel. De dimensies van de schacht en de tunnel worden vastgesteld door onder andere het aantal leidingen en kabels, diameters, ruimtebehoefte rond leidingen, ordening, bereikbaarheid, veiligheidseisen, spreidingsmogelijkheden in de schacht.



Afbeelding 6.4 Tunnelbuis Leidingentunnel Oude Maas

6.3 Begaanbaarheid

Indien een tunnel mantoegankelijk moet zijn is dit medebepalend bij de dimensionering. Voor de begaanbaarheid dient voor de hoofdonderdelen zowel de aanleg- als de gebruiksfase beschouwd te worden. Ordening nabij de ingang kan geheel afhankelijk zijn van de situatie in de directe omgeving van de leidingentunnel. Houdt rekening met de mogelijkheid van het invoeren van leidingen en kabels, maar ook met het hiervoor benodigde materieel. Ook de opstelling en bereikbaarheid van het materieel en de tijdelijke werkplek bij de aanleg van leidingsecties, waarbij het samenstellen van de secties veelal in het schachtgedeelte plaatsvindt, dient meegenomen te zijn in het ontwerp. Ook inspectie- en onderhoudswerkzaamheden van tunnel en leidingen vereisen mogelijk extra ruimte. Niet alleen de noodzakelijke ruimte voor de hiervoor genoemde werkzaamheden dient te worden beschouwd maar tevens de ruimte en begaanbaarheid welke

noodzakelijk is vanwege de bereikbaarheid door hulpdiensten in geval van calamiteiten. Toetsing van de wettelijke eisen betreffende de noodzakelijke ruimte en begaanbaarheid op het gebied van ARBO en veiligheid is vereist.

Aangezien de ordening van de leidingen in de tunnel vrijwel nooit overeen zal komen met de aanlegvolgorde van leidingen is het nodig om voor de ingang van de tunnel ruimte te hebben om de leidingen te kunnen voorsorteren richting de juiste ingang van de tunnel opdat deze goed in de tunnel geplaatst kunnen worden.

Dit speelt met name bij leidingentunnels in industrieel gebied.

Specifieke aandachtspunten per hoofdonderdeel zijn:

Bovengrondse constructie

Lokale mogelijkheden vanwege bestemmingsplan, overlast omgeving.

Rekening houden met de overheersende windrichting i.v.m. toegangsfaciliteit tot de tunnel.

Indien het bedieningsgebouw op de schacht geplaatst wordt kan dit consequenties hebben in verband met de gestelde veiligheidsvoorzieningen (ATEX) hetgeen kostenverhogend is. Bij binnenstedelijke situaties is het aan te bevelen de mogelijkheid te onderzoeken of het bedieningsgebouw ondergebracht kan worden in naastliggende bebouwing. Bij elke ontwerp dient de betreedbaarheid van het gebouw en de bediening van de tunnelinstallatie onder alle omstandigheden / calamiteiten geborgd te zijn.

Schacht

Belangrijke aandachtspunten in de schacht zijn:

- Trap / lift (let op afscherming bij vluchtfunctie);
- Invoer kabels en leidingen;
- Spreiding vanuit de tunnel;
- Verticaal transport;
- Bochtstralen (minimale) van leidingen en kabels;
- Gasdichte afdichting van het tunnelcomplex;
- Opstelruimte voor installaties.

Een voorbeeld is gegeven in Afbeelding 6.4



Afbeelding 6.5 Schachtvloer Leidingentunnel Oude Maas

Tunnel

- Hart op hart afstand leidingen en kabels i.v.m. onderhoud en inspectie;
- Tunneltechnische installaties t.b.v.. veiligheid, detectie etc.;
- Loopruimte;
- Vloeistof in koker;
- Berekening van de gehele tunnelbuis.

6.4 Diepteligging

Bij beperkte diepteligging is een combinatie van grond- en verkeersbelasting mede dimensiebepalend voor de tunnelconstructie, terwijl op grotere diepte alleen de grondbelasting een rol speelt. Het opdrijven van de constructie bij geringe diepteligging, kan maatgevend zijn voor de noodzakelijke massa van de constructie of bij een rechthoekige constructie de vorm van de opdrijfzanden.

6.5 Aanlegtechniek

Voor tunnels en ducts die middels een ontgraving aangelegd worden, is de aanlegtechniek over het algemeen niet maatgevend voor de dimensionering. Bij de geboorde constructies is dit echter wel het geval. De volgende technieken zijn bij tunnelboringen te onderscheiden:

- schildboring door boren van buiselementen, zie Afbeelding 6.6;
- Schildboring middels ringbouwmethode (tubbingen), zie afbeeldingen 6.7 en 6.8.



Afbeelding 6.6 Voorbeeld van een boring



Afbeelding 6.7 Element voor ringbouwmethode (Tubbingen)



Afbeelding 6.8 Tunnel gebouwd met ringbouwmethode

Bij het boren van een tunnel worden de toelaatbare perskrachten bepaald door de diameter, wanddikte, lengte en bochtstralen van de tunnel. De perskrachten en buislengte zijn bepalend voor de afmetingen van de (tijdelijke) persinstallatie en perskuip. De maximale diameter van een tunnel bij toepassing van de doorperstechniek is begrensd. Vanwege oplopende perskrachten en logistieke aspecten wordt deze techniek toegepast tot inwendige diameters van ca. 3,5 meter. Bij grotere diameters gaat men over op de duurdere techniek volgens de ringbouwmethode, waarbij de boormachine zich afdrukt tegen hierachter geplaatste segmenten.

6.6 Locatie

Tunnels kunnen maatwerk zijn, bijvoorbeeld Arnhem en de ILT aan de Mahlerlaan in Amsterdam. Andere tunnels zijn veel uniformer in vorm en afmetingen. Met name de ronde, geboorde tunnels. Locatiespecifieke randvoorwaarden kunnen zowel boven- als ondergronds bepalend zijn. Dit geldt vooral in binnenstedelijke gebieden. Te noemen zijn: ruimtebeperking door bestaande bebouwing of ondergrondse constructies, architectonische eisen, bestemmingsplannen en bereikbaarheid.

6.7 Levensduur

Eisen gesteld aan de levensduur kunnen van invloed zijn op de dimensionering. Gebruikelijke eisen voor de levensduur zijn 50 tot 100 jaar. Bij betonnen constructies is middels onder andere de DuraCrete methode te voorspellen wat het risico op corrosie van de wapening in de tijd is. Bij deze methode, welke controlerend kan worden ingezet bij het ontwerpproces, wordt de levensduur voorspeld door de meting van chloride indringing bij een bekende kwaliteit en dikte van de dekking op de wapening.

6.8 Constructieve aspecten

6.8.1 Belastingen

De belastingen die optreden kunnen zowel een interne als externe oorsprong hebben. Er dient bij de beschouwing van deze optredende belastingen een onderscheid gemaakt te worden tussen de aanleg- en gebruiksfase. In beide fasen is een juiste combinatie van belastingen uiteindelijk bepalend voor het ontwerp. Voor elk project dienen de afzonderlijke belastingen en hun onderlinge samenwerking te worden vastgesteld. Hieronder wordt een overzicht gegeven van de meest voorkomende belastingen op een ILT.

Externe belastingen

- Verkeersbelasting;
- Gronddruk;
- Grondwater: belasting door opdrijven – waterdruk op afdichtingen;
- Aanlegmethode: perskrachten bij boringen, hijskrachten (o.a. hijsen van Tunnelboormachine (TBM));
- Zettingbelasting bij ongelede constructies – tunnel/schachtverbinding.

Interne belastingen

- Eigen gewicht tunnel;
- Gewicht leidingen en kabels - torsie door eenzijdige oplegging van leidingen en/of kabels;
- Temperatuur: uitzetting van de gemonteerde leidingen – temperatuurgradiënt in- en uitwendige tunnelconstructie veroorzaakt tangentiële krachten - uitzetting van de tunnelsectie veroorzaakt axiale krachten.

Calamiteitenbelasting

- Explosie;
- Waterbelasting door lekkage (van buitenaf in combinatie met externe steundruk);
- Temperatuurbelasting bij brand (Rotterdam hanteert een koolwaterstof brandkromme voor haar industriële tunnels. Dit is een zware belasting voor een constructie);
- Chemische aantasting door calamiteit met productleidingen;
- Inundatie van tunnel (regenwater, grondwater, rivieroverstroming of stormvloed).

6.8.2 Normen

Elk in Europa gebouwde constructie dient te voldoen aan de Europese normering vast-gelegd in een EN norm met toevoeging van de eventuele nationale aanvullingen. Indien geen Europese norm van toepassing is, geldt de nationale regelgeving. Bij de ILT's kan het voorkomen dat de normgeving onvoldoende duidelijk is of ontbreekt. In die gevallen dient vooraf aan de opdrachtgever en hiertoe aangewezen overheidsinstellingen de gebruikte rekenmethoden te worden overlegd en/of afgestemd. Een voorbeeld hiervan zijn de perskrachtenberekeningen bij boorbuizen waar de methode van Amerikaanse of Duitse oorsprong is. In verband hiermee en ter voorkoming van onvoorziene kosten is het raadzaam, ook bij D&C projecten, de toe te passen norm en overige minimale eisen goed vast te leggen in de vraagspecificatie.

Van toepassing zijnde normen bij de aanleg van ILT's

- NEN 6700 serie; Algemene normen met hierin begrepen de rekenregels voor betonnen en stalen constructies;
- NEN 3650 en 3651 (eisen voor pijpleidingsystemen als ook voor een geboorde tunnelbuis);
- Productspecifieke beoordelingsrichtlijnen (BRL's);
- Bouw- en bouwstoffenbesluit;
- Naar aanleiding van een (projectspecifieke) risicoanalyse, stem het ontwerp goed af op het risiconiveau in verband met veiligheid enerzijds en kosten anderzijds;
- Specifieke eisen door de opdrachtgever gesteld. Hierbij dient te worden gedacht aan constructies voor de petrochemische industrie of aanvullende eisen gesteld door

Rijkswaterstaat (ROBK en Richtlijn Boortechnieken) bij de kruising van waterwegen en snelwegen en voorschriften (OVS) van ProRail bij de kruising van spoorwegen;

- Ook exploitatiekosten kunnen normerend zijn voor het ontwerp;
- Bij system-engineering waarbij optimalisatie door een integraal ontwerp centraal staat, dienen normering / eisen van elk systeem beschouwd te zijn. Te noemen voorbeelden zijn; in de wand gestorte elektraleidingen of stalen draagconstructies.

6.8.3 Keuring

Verificatie van juist toegepaste schematisering van belastingen, de gehanteerde rekenmethoden en toegepaste normen en richtlijnen dienen in een vooraf aan het ontwerpproces vastgestelde procedure te zijn vastgelegd.

6.9 Uitvoeringstechnische aspecten

6.9.1 Technisch kritische aspecten per uitvoeringstechniek

Aanleg door middel van ontgraven

De vormgeving is vrij. Zowel rond als rechthoekige doorsneden zijn bij deze techniek mogelijk. De diepteligging van deze constructies is veelal beperkt. Het grote voordeel van de vormvrijheid is vooral een verruimde mogelijkheid bij de indeling van de tunnel, de bereikbaarheid en veelal de kosten van aanleg.

Voorbeelden van een dergelijke tunnel zijn de ILT's Arnhem en aan de Mahlerlaan te Amsterdam.

Aanleg door middel van boringen

Vorm rond als gevolg van boorproces.

Waterdruk vormt bij diepe tunnels een groot risico. Dit geldt ook voor het boorproces. Bij meer dan 3 bar waterdruk is de boorkamer en de ruimte bij het boorschild niet meer onder atmosferische luchtdruk betreedbaar. De afdichting tussen tunnel en schacht is een kritisch onderdeel gebleken. De afdichting van de onderwaterbetonvloer is een secundair kritisch aandachtspunt.

De volgende schachtbouwmethoden zijn gebruikelijk:

- Diepwand (staal of beton);
- Afzinkschacht van gestapelde betonnen ringen (prefab of insitu gestort);
- Boorpalen;
- Combiwand;
- Damwandkuip.

Diepe schachten opgebouwd uit diepwanden zijn relatief goedkoop maar blijken vrijwel nooit waterdicht te zijn.



Afbeelding 6.9 Voorbeeld van schachtconstructie bij boring

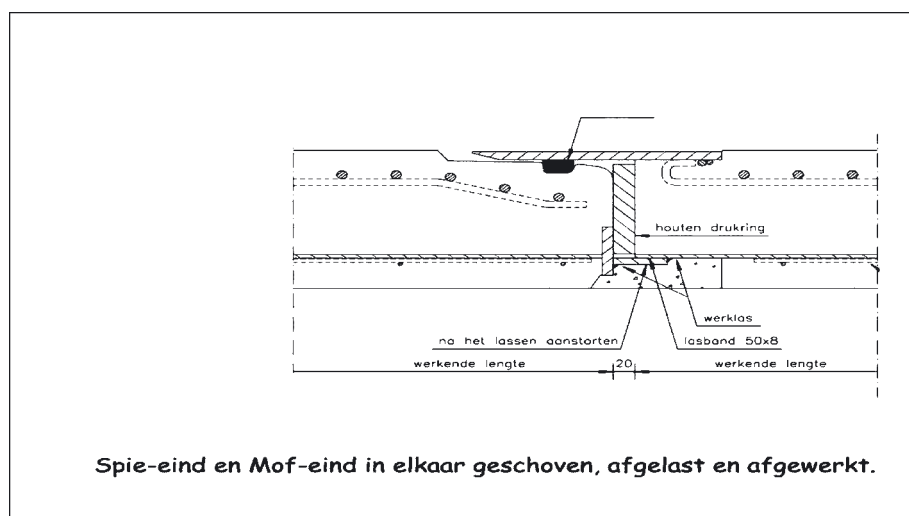
6.9.2 Lokale situatie

Het is voorstelbaar dat in binnenstedelijke gebieden niet elke gewenste aanlegtechniek ingezet kan worden. Een boring heeft vanwege het geringe ruimtebeslag van pers- en ontvangstuip ten opzichte van een opensleufmontage veelal de voorkeur. In de oude binnensteden dient het risico van het mislukken van de boring door het vastlopen op onbekende ondergrondse obstakels echter niet onderschat te worden.

Het onttrekken van grondwater bij open ontgraving kan grote gevolgen hebben voor de directe omgeving. Voorbeelden van schade door onder andere zettingen van naastgelegen panden komen regelmatig in de krant.

6.9.3 Diepteligging

Afdichten van de onderlinge onderdelen kan als gevolg van de optredende grondwaterdruk een lastige opgave zijn. Bij een ongelede constructie is het onderling lassen van de verbindingen een veel gebruikte methode bij het gebruik van boorbuizen met een stalen kern. (zie Afbeelding 6.10)



Afbeelding 6.10 Constructie lasverbinding (Betonson)

Bij gelede constructies welke in bepaalde situaties de voorkeur genieten boven de momentvaste verbindingen zal de afdichting verzorgd worden door een rubberen profiel of elastische verlijming. In alle gevallen dient de waterdruk en optredende spanningen door langsmomenten in de constructie beschouwd te zijn om tot een juiste afdichtingkeuze te kunnen komen.

6.9.4 Overgangconstructies en aansluitingen

Bijzondere aandacht dient er te zijn voor de aansluitingen tussen de hoofdonderdelen. Vooral de schacht- tunnelconstructie is kritisch daar dit veelal een overgangsonwerp betreft tussen een zettingsgevoelige tunnelbuis en het zettingsvrije schachtgedeelte. De tot op heden toegepaste constructies blijken te zijn afgeleid van buitenlandse ontwerpen waarbij zetting vanwege andere grondcondities minder bepalend is. Bij de Nederlandse omstandigheden met slappe grond en hoge grondwaterniveaus, dient bij deze constructie rekening te worden gehouden met een zekere rotatiemogelijkheid in de verbinding of direct na de verbinding door bijvoorbeeld een pendelbuisconstructie toe te passen. Alternatieve oplossingen zijn mogelijk te vinden binnen de (petro)chemische industrie waar vergelijkbare problematiek voorstelbaar is. Vanwege het, soms onvermijdelijke lekkagerisico, worden specifieke voorzieningen getroffen als een gootconstructie met lensput en pomp. Het is denkbaar dat een beheersbare lekkage vanwege de kosten de voorkeur geniet boven een complexe en dure afdichting.

De rotatievrijheid dient tevens beschouwd te worden bij het ontwerp van de opgelegde leidingen intern. Ook de doorvoer van de kabels en leidingen door de schachtwand behoeft de aandacht vanwege zettingen van het maaiveld. Zettingsproblemen bij doorvoeringen kunnen voorkomen worden door de zetting geleidelijk in te leiden door gebruikmaking van een overgangsconstructie. Dit kan een scharnierende leidingondersteunende overgangsplaat zijn welke op de schachtconstructie rust.

In alle gevallen waar zetting risico's op kan leveren dient grondonderzoek en een prognoseberekening van de zetting onderdeel te zijn van de ontwerpfase. Probeer zettingen te voorkomen en indien onvermijdelijk beheersbaar te maken.

De aansluiting tussen schachtwand en het onderwaterbeton van de bodemconstructie is bij diepe schachten zeer gevoelig voor lekkage. Dit vereist een goede detaillering en uitvoering.

6.10 Materialen

Een juiste keuze van materialen is mede bepalend voor de levensduur van de constructie en de frequentie van onderhouds- en inspectiewerkzaamheden. Atmosferische corrosie (condens) in een tunnel is vrijwel onvermijdelijk. Het voorkomen van schade door corrosie is bij het ontwerp en de keuze van materialen telkens weer een kritisch aspect.

Schades door corrosie aan een tunnelconstructie zijn moeilijk of niet bereikbaar waardoor reparaties beperkt of zelfs onmogelijk zijn. Bij de keuze van de beschermende maatregelen dienen duurzaamheid en gevoeligheid voor schade overwogen te worden.

Voor betonconstructies is de keuze bepaald door: milieuklasse, cementsoort en vereiste dekking van wapening. Bij de bescherming van stalen onderdelen zijn de volgende opties beschikbaar: de materiaalkeuze (RVS), de oppervlaktebehandeling (Verzinken, kunststof coating met bijvoorbeeld epoxy of PE/ PU) en in bepaalde gevallen kathodische bescherming

6.11 Veiligheid

Aandachtspunten:

- Zetting van de tunnel tijdens de aanleg vanwege lekkage en grondinstroom waardoor steundrukproblemen kunnen ontstaan;
- Zetting van de tunnel op langere termijn en risico's op lekkage en grondinstroom;
- Vluchtroute tijdens aanleg en beheersfase;
- Brandwerendheid;
- Belasting door explosie en mogelijke ontlastvoorzieningen;
- Elektrische aarding van de constructie;
- Trapvoorziening open of gesloten.

7 Tunneltechnische installaties

7.1 Inleiding

Onder tunneltechnische installaties wordt in dit kader verstaan voorzieningen om een tunnel te exploiteren. Dit kan variëren van verlichting tot geavanceerde detectie apparatuur voor stoffen welke door de tunnel worden getransporteerd.

Deze installaties zijn een randvoorwaarden voor de functionaliteit van een ILT. Ze zorgen voor beheersbaarheid: De levensduur van de kabels en leidingen in een ILT worden verhoogd door bijv. een optimale klimaatbeheersing waarbij gelijktijdig de onderhoudskosten beperkt kunnen worden. Dit geldt eveneens voor de levensduur van de tunnel. De kans op falen van bijv. een leiding in de tunnel wordt verlaagd door een monitoring (wat de mogelijkheid geeft tot pro actief onderhoud te plegen).

In de bestaande, in dit kader beschouwde, tunnels is een verschil vast te stellen in de hoeveelheid installaties. Industriële tunnels zoals die voorkomen in de buisleidingenstraat en Rotterdam, hebben een hoge graad van installatietechniek; een ILT in bijv. Almere bevat daarentegen nagenoeg geen installaties.

Voor de "total cost of ownership" zijn de tunneltechnische installaties (TTI) een belangrijke factor: zij bepalen een groot deel van deze kosten. Tijdens de vaststelling van het programma van eisen is het dus zinvol om de noodzakelijkheid van TTI goed te overwegen.

7.2 Indeling tunnels in risicocategorieën

In het onderzoek is de achtergrond van bepaalde tunneltechnische installaties zeer divers. Eenduidigheid hierover is niet verkregen echter een vaak genoemd uitgangspunt is "geen TTI, tenzij." Dit "tenzij" is een ongrijpbaar ontwerpcriterium wat vaak uitmondt in "toch maar".

Om hier ordening in aan te brengen is een categorisering op basis van risicoanalyse een mogelijk hulpmiddel, analoog aan bijv. verkeerstunnels.

Een risico analyse is hierbij het uitgangspunt waar de factoren kans en effect maatgevend zijn.

Voor de factor "kans" kan in zijn algemeenheid gesteld worden dat de kans op falen van kabels en leidingen in een ILT lager is dan in de volle grond ligging. Denk alleen maar aan graafschades.

De kans op persoonlijk letsel van beheerders wordt mede bepaald door de frequentie waarmee de tunnel betreden wordt.

Voor de factor "effect" kan daarentegen in het algemeen gesteld worden dat dit in een ILT hoger is dan in de volle grond ligging. Te denken hierbij aan het mogelijke domino-effect bij falen van één leiding. Daarnaast speelt mee, bij falen, het maatschappelijk belang van een ILT, de impact op de omgeving en het economisch belang (leveringszekerheid). Dit kan per medium ook nog eens variëren.

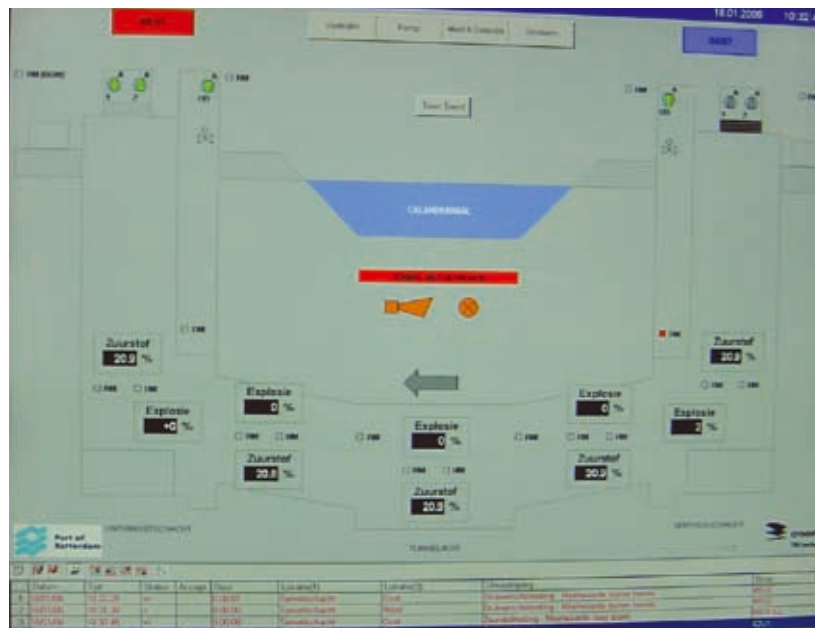
Aan de hand van de categorisering is een onderbouwing te geven voor het aantal TTI. Laag risico (kans x effect) resulteert in weinig tot geen monitoring (zowel op afstand als fysiek door beheerders.) Hoog risico kan leiden tot geavanceerde monitoring op afstand en hoog frequente fysieke inspecties. De hoeveelheid tunneltechnische installaties kunnen vervolgens hieraan worden gekoppeld.

In dit onderzoek is van de categorisering nog geen inhoudelijke onderbouwing gemaakt; dit vergt nader onderzoek met onder andere de koppeling naar O 13 "Risico inventarisatie".

7.3 Tunnel technische installaties

Hieronder volgt een opsomming van technische installaties die voor kunnen komen in een tunnel; een aantal hiervan worden in verdere paragrafen verder uitgediept.

1. Klimaatbeheersing;
2. Verlichting;
3. Ontwatering;
4. Detectie gassen en vloeistoffen;
5. Toegangsdetectie;
6. Communicatiemiddelen;
7. Noodstroomvoorzieningen;
8. Brandwerende voorzieningen;
9. Installaties voor inbrengen kabels en leidingen;
10. Bliksemafleiding;
11. Veiligheidsvoorzieningen;
12. Aarding;
13. Bekabeling.



Afbeelding 7.1 Paneel Meet-/Detectieapparatuur Calandertunnel

7.3.1 Klimaatbeheersing

Klimaatbeheersing is een belangrijke voorwaarde om de functie en duurzaamheid van de kabels en leidingen in een ILT te beheersen. Zo is de luchtvochtigheid van belang voor duurzaamheid. Een niet te hoge temperatuur is belangrijk bij bijv. de functionaliteit van waterleidingen. Klimaatbeheersing is ook nodig om de tunnel zelf niet onnodig te belasten: warmteontwikkeling van bijv. hoogspanningskabels kan tot cumulatieve temperatuurstijging leiden en zo tot grote spanningen in de tunnel.

Tijdens het vast stellen van het programma van eisen is de maximale temperatuur in de tunnel een belangrijke, vast te stellen ontwerpparameter, op basis van daggemiddelden. Vaak zijn het meerdere kabels en / of leidingen die de temperatuur in de tunnel beïnvloeden.

Luchtkoeling kan vereist zijn in de vorm van een airco om ook in de zomermaanden goed te kunnen koelen. Zinvol is om ook naar hergebruik van de vrijgekomen warmte te kijken.

Naast de temperatuur en luchtvochtigheid kan de luchtkwaliteit een te reguleren factor zijn. Door ventilatie worden verontreinigende stoffen uit de tunnel verwijderd en bijv. het zuurstofgehalte op peil gehouden. Een relevante factor is de verversingsgraad: bij de Buisleidingenstraat hanteert men bijv. factor 3

Belangrijk bij het ventilatieregime is de omgang met calamiteiten: naar welke zijde worden de evt. gassen verwijderd in relatie tot het betreden van de tunnel door hulpdiensten. Daarnaast is aandacht vereist voor statische elektriciteit, welke kan ontstaan door wrijving van de lucht langs kabels en leidingen.

7.3.2 Verlichting

Bij betreding van de tunnel lijkt het wenselijk dat de tunnel verlicht wordt met permanent aangebrachte verlichting. Als lichtsterkte kan 200 lux op roostervloer worden aangehouden.

7.3.3 Ontwatering

In tunnels ontstaan in de meeste gevallen water op de vloer. Oorzaak is condens en lekkage van de tunnel zelf. Voorzieningen voor afwatering, opvang en afpompen dienen getroffen te worden. Regeling van de pompen kan met een niveausignalering. Daarnaast is een niveausignalering voor calamiteiten belangrijk bijv. bij het niet goed functioneren van de pompen of bij een calamiteit.



Afbeelding 7.2 TTI Calandtunnel

7.3.4 Detectie gassen en vloeistoffen

Detectie van gassen en vloeistoffen is een van de methoden om pro actief problemen of zelfs calamiteiten de voorkomen. Daarnaast is detectie van belang tijdens het betreden van de tunnel: kan men de tunnel betreden waarbij bijv. het zuurstofgehalte voldoende hoog is of komen er stoffen voor boven de Lowest Explosion Level (LEL). Bij gassen is detectie belangrijk omdat deze vaak onzichtbaar zijn; soms zelfs geurloos. Betreding van de ILT bij schadelijke gassen moet zoveel mogelijk voorkomen worden; detectie kan hierbij een belangrijk hulpmiddel zijn om de ventilatie te regelen. Lekkage van vloeistoffen is vaak zichtbaar echter detectie kan ook hier de gevolgen beperken.



Afbeelding 7.3 LEL metingapparaat

Zoals in par. 7.2 gesteld, hangt dit nauw samen met de risico's verbonden aan betreffende tunnel. De daaruit voortvloeiende beheersingsmaatregelen kunnen resulteren in:

- geen detectie apparatuur: tijdens betreden wordt e.e.a. (bijv. zuurstofgehalte, LEL) gemeten (conform o.a. de Arbo wetgeving);
- uitgebreide detectie apparatuur voor elk te transporteren medium met uitlezing en signalering op afstand.

Opgemerkt wordt, dat bij tunnels waardoor gevaarlijke stoffen vervoerd worden de eisen hoger liggen dan bij een tunnel waardoor deze stoffen niet worden vervoerd.

Categorisering kan hierbij een onderbouwing voor de detectieapparatuur geven.

NB. Een gehoorde kritisch kanttekening tijdens het onderzoek betrof de betrouwbaarheid van de apparatuur en meetresultaten:

"Het risico verplaatst zich van de kabels en leidingen en hun inhoud naar de detectie-apparatuur".

Dit is een item wat in overweging kan worden genomen bij de vaststelling van de hoeveelheid detectie apparatuur en de betrouwbaarheid (met hieraan gerelateerde acties) van de meetresultaten.

Een uitgesproken mening over detectie heeft de Stichting Buisleidingenstraat:

"De visie van de Buisleidingenstraat is dat elke stof een eigen detectiesysteem moet hebben. Handmeting is niet voldoende, gezien de getransporteerde stoffen en grote horizontale en verticale afstand bij aantal ILT's in de Buisleidingenstraat. Op maaiveld-niveau kunnen geen vrijkomende, schadelijke stoffen worden gedetecteerd, maar als mensen tunnels ingaan, kunnen op grotere diepten ontoelaatbare concentraties optreden.

*Ook de invloed van lengte van ILT's doet zich gelden. Stel in de tunnel onder het Hollands Diep zit een lek in een leiding aan noordzijde van de tunnel en mensen betreden de tunnel aan zuidzijde en meten geen verhoogde concentraties, maar halverwege tunnel komt gaswolk hen tegemoet. Dan is er een groot probleem ontstaan. Dit heeft wel grote consequenties. Want om detectiekoppen goed te laten werken, moet een minimale luchtsnelheid van 0,5m/s worden gehandhaafd. De kostentechnische consequenties hiervan zijn aanzienlijk. De exploitatiekosten worden sterk beïnvloed door de energiekosten voor de ventilatie en de detectiekoppen moeten 2x per jaar worden geijkt.”
De gemeente Rotterdam en het Havenbedrijf Rotterdam NV delen deze visie.*

Naast detectie kan compartimentering van leidingen ervoor zorgen dat de geloosde hoeveelheid vloeistof en gas beperkt blijft.

7.3.5 Toegangsdetectie

Bewaking van een ILT om te voorkomen dat onbevoegden toegang hebben kan door middel van detectie op de toegang van de ILT, een soort inbraakalarm. Daarnaast kunnen beheerders op afstand signaleren of de ILT open of gesloten is.

Een camerasysteem is een aanvulling om bewegingen in de ILT op afstand te monitoren. Met geavanceerde systemen is het mogelijk om op basis van geregistreerde bewegingen een alarmering af te laten gaan.

Camerasystemen kunnen ook een aanvulling zijn op de detectie zoals in vorige paragraaf beschreven.

7.3.6 Communicatiemiddelen

Communicatie in een ILT is niet vanzelfsprekend; mobiele telefoons werken vaak niet of kunnen, i.v.m. explosiegevaar niet gebruikt worden. Portofoons kunnen dan uitkomst bieden; deze kunnen bij de in- / uitgangen worden aangebracht en op plaatsen verderop in de tunnel. Een batterijlader is noodzakelijk.

De ILT onder de Oude maas en het Calandkanaal zijn direct aangesloten op de centrale meldkamer van de brandweer.



Afbeelding 7.4 Telefoon in Calandtunnel

7.3.7 Noodstroomvoorzieningen

Noodstroomvoorzieningen hangen samen met het risico. De mening in bestaande situaties variëren van "noodzakelijk" tot "niet nodig".

Niet vreemd is dat bijv. de Stichting Buisleidingenstraat, de gemeente Rotterdam en het Havenbedrijf Rotterdam NV duidelijk voorstander van noodstroomvoorzieningen zijn: *"Buisleidingenstraat en gemeente Rotterdam vinden het belangrijk dat bij stroomuitval de noodzakelijke voorzieningen (ventilatie, detectie, verlichting en communicatie) in een Integrale Leidingentunnel blijven functioneren. Hiervoor is een (automatische) noodstroomvoorziening noodzakelijk."*

7.3.8 Brandwerende voorzieningen

Brandwerende voorzieningen worden in overleg met de lokale brandweer vastgesteld en kunnen derhalve variëren per ILT. In Arnhem wordt gesproken over compartimentering om zo de gevolgen van een eventuele brand in de tunnel te beperken. Dit is locatie specifiek omdat de tunnel gedeeltelijk in een parkeergarage ligt. Voor andere tunnels, bijvoorbeeld de leidingentunnel onder het Hollands Diep lijkt dit haast een onmogelijke eis.

De uiteindelijke eisen hangen ook samen met de producten in de tunnel en de hiermee gerelateerde risico's. Voor de industriële tunnels in Rotterdam wordt bijv. een zware koolwaterstof brandkromme als maatgevende belasting gehanteerd. Dit resulteert in extra dikke schachtwanden, hier mag een significante laag beton afspringen. De tunnelbuis van de Oude Maas tunnel is met spuitbeton brandwerend gemaakt, de buis van de Calandtunnel d.m.v. het instorten van PE vezels in de beton. Dit is echter een zich continue ontwikkelende wetenschap waarbij de ontwerpende partij zich (internationaal) verder moet oriënteren.

Voortschrijdend inzicht van bijv. de Rotterdamse brandweer heeft er toe geleid dat een open demontabele stalen trap, zoals toegepast in de schachten van de Oude Maas tunnel niet meer mogen worden toegepast. Het trappenhuis inclusief de brancard hijskoker dient gasdicht en een uur brandwerend te zijn. Dit betekent dat de trappen in grote betonnen kokers zijn opgeborgen. Deze zijn niet verwijderbaar en nemen veel ruimte in en beïnvloeden de gebruiksmogelijkheden van de tunnel significant.

Daarnaast zijn blusdekens, brandblussers, zuurstofmaskers etc. in sommige tunnels aanwezig.



Afbeelding 7.5 Handmelder in Calandtunnel

7.3.9 Voorzieningen inbrengen kabels en leidingen

Uit interviews met de Buisleidingenstraat is naar voren gekomen, dat het aanbrengen van specifieke voorzieningen in de tunnel niet zinvol is, omdat aannemers toch eigen werkwijzen hanteren en eigen materieel inzetten.

7.3.10 Bliksemafleiding

Blikseminslag is een weinig gemeld risico. De gedachte leeft dat de kans op inslag niet groter is dan bij volle grond ligging.

“Volgens onderzoek van Buisleidingenstraat bestaan grote gevaren voor de veiligheid van het personeel in de tunnel bij bliksem. De Stichting Buisleidingenstraat is echter de enige beheerder die hiervan gewag doet.”

Een ander signaal tijdens de workshop was, dat met goede aarding het probleem is op te lossen.

Gezien de verschillen in inzicht, is dit een punt, gezien de mogelijke veiligheidsconsequenties voor het personeel, dat verder onderzoek vereist.

7.3.11 Veiligheidsvoorzieningen

In de tunnel kunnen voorzieningen aangebracht zijn resp. aanwezig zijn voor het geval van calamiteiten Reddingsvoorzieningen zijn bijv. rollgliss voor het naar boven takelen van slachtoffers, vluchtlongen, helmen, explosieveilige lampen, EHBO voorzieningen, lift voor transport gewonden, voldoende vluchtwegen etc.

Ook een ontruimingssignaal, aanduiding vluchtwegen etc. zijn van belang.



Afbeelding 7.6 Ontruimingssignaal Calandtunnel (hoorn en flitslicht)

7.3.12 Aarding

T.b.v. aarding dienen voorzieningen in de tunnel getroffen worden. Dit kan door bijvoorbeeld een portaal met leidingsupports hiervoor expliciet aan te wijzen.

7.3.13 Bekabeling

Aan signaal en overige installatiekabels van de tunnels kunnen bijzondere eisen gesteld worden. Denk hierbij aan onbrandbare kabels, kabels die niet statisch kunnen worden en extra sterke kabels.



Afbeelding 7.7 Bekabeling TTI Calandtunnel

7.4 Normen

Een tunnel is een besloten ruimte. Dit brengt bijzondere gevaren met zich mee. Indien er door de tunnel ook nog gevaarlijke stoffen worden getransporteerd komen er aanvullende maatregelen op basis van de regelgeving om de hoek kijken.

ATEX 137 is een richtlijn over de minimumvoorschriften voor de verbetering van gezondheidsbescherming en veiligheid van werknemers in ontploffingsgevaarlijke omgevingen. Deze voorschriften zijn geïmplementeerd in het Arbo besluit (hoofdstuk 3, Inrichting Arbeidsplaatsen).

De algemene consensus is dat ATEX 137 een verplichting is zodra een tunnel door personen wordt betreden. Bij een zeer lage betredingsfrequentie kunnen de voorzieningen, voortvloeiend uit deze norm, een tijdelijk karakter hebben.

Een tunnel die niet toegankelijk wordt verklaard, zou hier buiten kunnen vallen.

ATEX 95 is een richtlijn voor eisen, te stellen aan apparatuur welke gebruikt wordt op plaatsen waar ontploffingsgevaar heerst. De te transporteren stoffen bepalen de inhoudelijke eisen van de apparatuur.

Daarnaast is onderhoudsregime van de apparatuur een aandachtspunt: voldoet de apparatuur nog aan de normen en moet de apparatuur bijv. opnieuw geijkt worden.

In paragraaf 5.13.2 is de tabel met ATEX temperatuurklassen opgenomen. Met uitzondering van pompen geldt vrij algemeen dat er weinig verschil in kosten is tussen het toepassen van de temperatuurklassen T4 en T6.

8 Beheeraspecten ILT's

8.1 Eigendom- en beheersituatie

8.1.1 Eigendom

De eigendomsituatie van de tunnels is divers. De tunnel onder de A2 bij Utrecht is eigendom van Eneco Energie Infra b.v. De Rotterdamse tunnels, de tunnels onder het Calandkanaal en Oude Maas, zijn eigendom van het Havenbedrijf Rotterdam NV. Alle overige Ducts en ILT's zijn eigendom van een overheid (gemeenten of Rijkswaterstaat).

8.1.2 Beheer van de tunnels

Het beheer van de tunnels ligt meestal bij de tunneleigenaren met uitzondering van :

- De tunnels in de Buisleidingenstraat. Deze zijn in beheer van de Stichting Buisleidingenstraat Zuidwest Nederland;
- Calandtunnel en Oude Maas. Het functioneel beheer ligt bij Havenbedrijf Rotterdam NV en het technisch beheer is uitbesteed.

8.2 Beheer van de kabels en Leidingen

Het beheer van de kabels en leidingen in de tunnels ligt bij de eigenaren van de kabels en leidingen.

8.3 Ervaringen met het beheer van Mantoegankelijke leidingentunnels

In deze paragraaf komen ervaringen van de beheerders van de tunnels naar voren.

8.3.1 Buisleidingenstraat

Veiligheid is bij de ILT's in de Buisleidingenstraat het belangrijkste item en hier is het beheer op gericht.

Een van de beheeractiviteiten is het inspecteren van de toestand van de tunnels en de leidingen.

8.3.1.1 Zetting en deformatie

Veiligheid is alleen te waarborgen bij goede, stelsmatige inspectie. In kader kwaliteitssystemen eisen leidingeigenaren 2 x per jaar controle van hun leidingen. Ook eisen de leidingeigenaren, dat de ILT's stabiel zijn. Hiervoor moet de Buisleidingenstraat weer inspecties uitvoeren om dit aantoonbaar te maken. Buisleidingenstraat controleert zelf ieder kwartaal de tunnels en voert ook ieder jaar een deformatiemeting (zettingmeting) en dekkingsmeting (grond boven de tunnels in rivieren). Het bewegen van tunnels en leidingen zijn aandachtspunten bij het beheer.

8.3.1.2 Visuele controle

Visuele controle is naar de mening van Buisleidingenstraat de beste controle. 90% van de storingen komt van de elektronica die de tunnel bewaakt. Het steeds meer toepassen van elektronica voor bewaking ILT's, zonder visuele controle, verhoogt het risico.

8.3.1.3 Detectiesysteem

Voor het bewaken van de tunnels heeft Buisleidingenstraat een detectiesysteem waarbij elke stof die door de tunnel wordt getransporteerd apart gemeten wordt. Voor het goed functioneren van het systeem is het noodzakelijk, dat lucht vrijwel continu met een snelheid van minimaal 0,5 m per seconde langs de detectoren wordt geblazen. Dit betekent een adequaat ventilatiesysteem.

8.3.1.4 Vijfjarige inspectie en advies

Eenmaal per vijf jaar worden de inspecties door een bureau gedaan. Dit bureau brengt tevens een advies uit over de onderhoudstoestand en eventueel te nemen maatregelen. Hierbij wordt onderzoek gedaan aan:

- Constructie leidingen (opleggingen);
- Constructie tunnels;
- Toestand betonnen wand tunnel;
- Elektromechanisch gedeelte en detectieapparatuur.

8.3.1.5 Test apparatuur

Twee keer per jaar wordt elektromechanische- en detectieapparatuur getest via een speciaal contract met gecertificeerde bureaus. De resultaten van deze onderzoeken van de integriteit van de ILT's worden gerapporteerd aan de leidingeigenaren.

8.3.1.6 Driejaarlijks statusrapport bevoegd gezag

Tevens willen de vergunningverleners, waaronder provincies, gemeenten, Rijkswaterstaat, ProRail en waterschappen, 1x in de 3 jaar een statusrapport van de toestand van de leidingen en tunnels en een onderhoudsprognose. Ook VROM wil als voortvloeiende van de Taskforce leidingen een audit van de ILT's .

8.3.1.7 Compartimentering

Volgens Buisleidingenstraat is compartimentering van tunnels uit oogpunt van veiligheid niet mogelijk. Volgens de ervaring van Buisleidingenstraat is het invoeren van leidingen bij compartimentering van de tunnels niet mogelijk.

8.3.1.8 Blikseminslag

Buisleidingenstraat heeft vastgesteld, dat de effecten van blikseminslag op leidingen, die net voordat zij de tunnels binnegaan bovengronds liggen, op de veiligheid van personeel erg groot zijn. Buisleidingenstraat is bezig een onderzoek na dit verschijnsel op te starten.

8.3.1.9 Verschillen tussen leidingeigenaren

Ook de leidingeigenaren vullen beheer op heel verschillende wijze in is de ervaring van de Buisleidingenstraat . Er zijn leidingeigenaren die onderhoud aan gespecialiseerde bedrijven hebben uitbesteed en andere bedrijven combineren inspecties met eigen inspecties van Buisleidingenstraat.

8.3.1.10 Wel of niet menstoegankelijk

Gezien de goede inspectiemogelijkheden is de buisleidingenstraat voorstander van mantoegankelijke tunnels.

8.3.2 Gemeente Arnhem

De ILT Arnhem Centrum heeft een geheel andere configuratie als de ILT's in de Buisleidingenstraat en ook de te transporteren stoffen via de leidingen wijken sterk af. Hier is wel een compartimentering (brandscheidingsmuren) aangebracht en hierop zijn de vluchtwegen gebaseerd.

8.3.3 Havenbedrijf Rotterdam Nv

8.3.3.1 Calandtunnel

Hier heeft men last van extreme condensvorming. In het ontwerp was rekening gehouden dat twee uur per week geventileerd moest worden. In de praktijk is twee uur per dag noodzakelijk gebleken. De oorzaak van het condensprobleem is niet bekend.

8.3.3.2 Oude Maas

De gebruikerseisen zijn niet doorvertaald naar het ontwerp van de tunneltechnische installaties. Er is geen rekening gehouden met koeling van HS-kabels. Nu recent HS-kabels zijn aangebracht blijkt capaciteit van het ventilatiesysteem onvoldoende te zijn. Het aanpassen van de ventilatie is complex en in de ontwerpfase zouden door bouwtechnische oplossingen (bouwen van separate ruimten voor de aanleg van de kabels) het problemen hebben voorkomen. De schachten vertonen vochtdoorslag.

8.3.4 A2-Tunnel Utrecht (Eneco)

Ervaringen in de beheerfase zijn dat de doorvoering van stadsverwarmingleidingen in de achterwanden een knelpunt is. De grond buiten de tunnel zakt en oefent druk uit op deze leidingen.

8.4 Inspectie menstoegankelijke ILT's

Tijdens de workshop is een aantal kanttekeningen geplaatst bij het beheer van Integrale Leidingentunnels.

Sommige tunnelbeheerders, zoals Buisleidingenstraat menen dat mensinspectie essentieel is. Deze mening wordt echter niet door iedereen gedeeld.

Mensinspectie levert door de aanwezigheid van mensen in de tunnel extra veiligheidsvoorzieningen op, waardoor de kosten voor veiligheidsvoorzieningen worden verhoogd. Gesuggereerd werd om robot-remote control-technieken te gebruiken om Integrale Leidingentunnels te inspecteren. Op dit moment is dit geen optie. Dergelijke systemen, die mensen kunnen vervangen zijn nog niet operationeel. Er zijn wel camerasystemen, maar die kunnen geen compleet beeld geven van de toestand van de aanwezige infrastructuur in een Integrale Leidingentunnel.

Organoleptisch onderzoek gepaard met menselijke intelligentie en ervaring is nog steeds een efficiënte en effectieve methode voor de beoordeling van de toestand van de kabels en leidingen, de schil en de toegangsschachten.

Als een tunnel menstoegankelijk is worden er extra eisen gesteld, die niet gelden voor bundeling in de volle grond. Dit is nadelig voor de keuze om een ILT toe te passen.

Opgemerkt wordt, dat een van de redenen, om voor een Integrale Leidingentunnel te kiezen, het gebrek aan beschikbare ruimte in de ondergrond is. In verband met toekomstige ontwikkelingen, wordt ook nog reservecapaciteit ingepland. Om deze reserve te benutten, zal deze ruimte betreden moeten worden. Dus de eisen vloeien voort uit de functie/gebruik.

8.5 Niet mantoegankelijke leidingentunnels

8.5.1 Buisleidingenstraat

Buisleidingenstraat heeft een niet mantoegankelijke koker. Deze wordt 1x per 2 jaar geïnspecteerd. Inspectie is erg lastig, omdat het drie dagen duurt de koker toegankelijk te maken. Ook wijzigingen in de toestand van de koker en de aanwezige kabels en leidingen zijn moeilijk te volgen.

Uit oogpunt van veiligheid heeft deze vorm niet de voorkeur van Buisleidingenstraat.

8.5.2 Gemeente Almere

De visie van de gemeente is dat de duct een faciliteit van de gemeente aan de nutsbedrijven. De verantwoordelijkheden zijn in de praktijk overgedragen aan de gebruikers.

8.6 Afweging beheeraspecten mantoegankelijke en niet mantoegankelijk tunnels

Een goed voorbeeld zijn de leidingen in de Buisleidingenstraat, daar liggen kabels en leidingen in de volle grond (B1) en in tunnels (B3).

De mantoegankelijke tunnels vragen voorzieningen en dus investeringen i.v.m. veiligheid van personen. Bij leidingen in de grond (indeling B1) zijn deze voorzieningen niet aanwezig.

In het kader van een afweging, is de vraag, rekening houdend met functionaliteit en kosten, of een mantoegankelijke tunnel veel meerwaarde heeft ten opzichte van een niet mantoegankelijke tunnel. Hier ligt een duidelijke relatie met projecten O13 en O15. Deze relatie zal verder moeten uitgewerkt.

Hierbij enkele handvatten voor het maken van deze afweging :

- De aard, de omvang van het aantal kabels en leidingen is een belangrijk criterium. Om een chargerende uitspraak te doen : voor alleen telecom ducts zal geen Integrale Leidingentunnel worden ontwikkeld;
- Het risicoprofiel van de aanwezige kabels en leidingen en grote economische waarde (met name economische effecten en de ontstane overlast bij het uitvallen van deze infrastructuur) zullen belangrijke criteria bij het afwegingsproces zijn;
- Bereikbaarheid van de ducts/ Integrale Leidingentunnel. Als de voorziening over grote delen vanaf het maaiveld bereikbaar is, is een Integrale Leidingentunnel niet voor de hand liggend;
- Last but not least de kostenaspecten. Een duct is aanmerkelijk goedkoper, orde grootte 60%.

9 Kostenaspecten Integrale Leidingentunnel

Tijdens de interviews zijn investeringen genoemd voor de aanleg van Integrale Leidingentunnels. Op basis van deze informatie zijn de volgende kostenkengetallen ontwikkeld:

Project	Lengte (m)	Doorsnede (m ²)	Volume (m ³)	Aanleg Kosten (in milj. €)	Jaar In gebruik	Kosten Per m ² vloeropp. (in €)	Kosten Per m ³ (in €)
Mahlerlaan	500	16,25	8125	10	2005	3.100	1.231
A2 Utrecht	150	7,0	1.060	1,2	2004	nvt	1.132
Calandkanaal	400	6,15	2460	7,1	2006	nvt	2.881
Oude Maas	300	15,2	4560	5,5	1998	nvt	1.214
Calandkanaal	400	6,15	8270	10		nvt	858
Oude Maas	300	15,2	13500	10		nvt	714

Afbeelding 9.1

NB : Bij deze kostenkengetallen moeten de volgende kanttekeningen worden geplaatst

1. Leidingentunnel Oude Maas is aanmerkelijk ouder dan de andere tunnels.
Dit kostenkengetal moet worden geïndexeerd;
2. de aanlegmethoden van de tunnels zijn verschillend;
3. de opbouw van de aanlegkosten is niet uniform;
4. het aantal kostenkengetallen is beperkt.

Gezien bovenstaande kanttekeningen hebben de kostenkengetallen geen absolute waarde, maar kunnen wel als een indicatie gebruikt worden.

Geadviseerd wordt, dat bij het COB een database wordt opgebouwd waar, indien nieuwe projecten worden uitgevoerd, de opdrachtgevers de kostengetallen in deze database opnemen. Hiervoor zal wel een format moeten ontwikkeld, zodat de kostenkengetallen vergelijkbaar worden.

10 Universeel concept voor ILT's en optimalisatie

10.1 Universeel concept

Uit het onderzoek is gebleken, dat alle Integrale Leidingentunnels locatiespecifiek ontworpen en gerealiseerd zijn. Alleen de Integrale Leidingentunnels onder waterwegen hebben een redelijke mate van gelijkheid. Alleen zijn de omvang van de schachten in Rotterdam erg omvangrijk. De diameter varieert van 10 tot 18 m. en de diepte bedraagt 25 m. Het is daarom moeilijk een universeel concept voor Integrale Leidingentunnels te ontwikkelen. Elke Integrale Leidingentunnel zal een hoge mate van maatwerk met zich meedragen. De werkgroep O16 concludeert dat het niet mogelijk is om met generieke aanbevelingen te komen voor een universeel concept voor Integrale Leidingentunnels.

10.2 Optimalisaties

Een universeel concept is niet mogelijk, maar door het maken van een goede indeling zijn wel standaardisaties mogelijk.

Het is mogelijk om aanbevelingen te doen voor optimalisatie van Integrale Leidingentunnels. In deze aanbevelingen wordt onderscheid gemaakt tussen "tips" en "Nader te onderzoeken punten".

10.2.1 Tips voor optimalisaties

In de voorgaande hoofdstukken van dit rapport zijn al diverse adviezen opgenomen voor optimalisatie. Verder kunnen nog de volgende optimalisatiemogelijkheden worden genoemd:

- Splitsen van grote tunnels in een aantal kleinere tunnels die te prefab zijn;
- Onderzoeken of het aantal tunneltechnische installaties kan worden gereduceerd. De indruk bestaat, dat er te veel veiligheidssystemen worden ingebouwd en die geven weer nieuwe risico's en genereren hoge kosten (tevens onderwerp voor nader onderzoek);
- Tunnels tot maaiveld laten doorlopen. Hierdoor kunnen kostbare toegangsschachten worden voorkomen;
- Bij toepassen van boringen meer aandacht besteden aan pers- en ontvangkuipen.

10.2.2 Nader te onderzoeken optimalisatiemogelijkheden

De volgende mogelijkheden voor optimalisaties kunnen in één of meerdere vervolgonderzoeken verder worden uitgewerkt:

- Categoriseren van tunnels op basis van functies en voor elke categorie volgende punten verder uitwerken;
- Verbeteren / optimaliseren van processen en procedures;
- Uitwerken van standaarddetails (bijvoorbeeld van trappen, spreidingskelders, doorvoeren, ophangconstructies etc.);
- Ontwikkelen/toepassen van prefab constructies voor ILT's;

- Onderzoeken of het aantal tunneltechnische installaties kan worden gereduceerd. De indruk bestaat, dat er te veel veiligheidssystemen worden ingebouwd en die geven weer nieuwe risico's en generen hoge kosten;
- Ontwikkelen van het veiligheidsclassificaties voor Integrale Leidingtunnels op basis van het gedane onderzoek O13;
- Het onderzoeken van kennis en ervaring uit andere branches. Zo komen in de scheepvaart en bij energiecentrales appendages voor in beperkte ruimten. Voorgesteld wordt deze ervaringen bij Integrale Leidingtunnel te betrekken en een uitwisselings-programma op te starten. Dit kan een vervolg zijn op deze leidraad.

Bijlage A: Interviews

Interview met Dhr. Y.W. Ottema / ILT Calandkanaal
Interview met Dhr. Y.W. Ottema / ILT Oude Maas
Interview Dhr. W. Prins / Ducts Almere
Interview met Dhr.. M. de Ruiter / ILT Arnhem Centraal
Interview met Dhr. F. Taselaar / ILT Mahlerlaan Amsterdam
Interview Dhr. P. Schepers / Buisleidingenstraat Nederland
Interview Dhr. P. Schepers / Buisleidingenstraat Nederland over beheer Integrale
Leidingentunnels
Interview met Dhr. P.H.M. Verheijen / ILT's Oude Maas en Calandkanaal
Interview met Dhr. J. van Wijk / Rijksweg A2

Bijlage B: Begrippenkader

Integrale leidingen tunnels

Een ondergrondse tunnel voor kabels en leidingen, welke toegankelijk is voor personen en waarin het aantal kabels en leidingen eenvoudig uitgebreid zou kunnen worden. De kabels en leidingen mogen geen onacceptabele hinder ondervinden van het feit dat deze nu gezamenlijk in een tunnel liggen.

Ducts

Een duct is een andere benaming voor een afgedekte goot, waarin één of meerdere kabels liggen.

Distributiefunctie

Vanuit de ILT of duct de naast liggende objecten voorzien van voeding.

Transportfunctie

ILT of duct welke is bestemd voor doorgaande kabels en leidingen.

Beheer

Het geheel van activiteiten, zodat wordt voldaan aan de eisen ten aanzien van betrouwbaarheid, beschikbaarheid, onderhoudbaarheid, veiligheid, omgeving en economie.

Interventieniveau

Het niveau waarop onderhoud wordt gepleegd wanneer een vooraf afgesproken kritisch onderhoudsniveau wordt bereikt.

Betrouwbaarheid

Interval waarvan men met een bepaalde zekerheid de faalkans kan voorspellen, zodat voldaan wordt aan de gestelde (technische) eisen.

Beschikbaarheid

Het waarborgen van de functies van de ILT in een 'gewenste situatie' en bij calamiteiten.

Onderhoudbaarheid

De onderhoudbaarheid kan worden onderverdeeld in de volgende categorieën: onderhoudsarm, optimale minimalisatie van het ontwerp ten aanzien van onderhoud; toegankelijkheid voor onderhoud; onderhoudbaarheid voor de gebruiker (kabels en leidingen).

Veiligheid

Veiligheid omvat de volgende onderdelen:

- ARBO;
- Voldoen aan de arbeidsomstandigheden wet;
- Constructieve veiligheid;
- Voldoen aan de constructieve normen;
- Detectie (gas, water, elektriciteit);
- Zorg dragen voor preventie;
- Onbevoegde toegang.

Omgeving

De omgeving van een ILT is een breed begrip en kan dan ook volgens de volgende aspecten worden gerangschikt:

1. Archeologie: de aanwezigheid van historisch van belang zijnde objecten;
2. Planologie: de inrichting van de onder- en bovengrondse ruimte nu en in de toekomst (bestemmingsplan, archeologische waarden);
3. Stakeholders: de belanghebbenden: gebruikers, beheerders, omwonenden en investeerders;
4. Waterkering: indien er een dijkkring wordt doorsneden dient er een afsluitvoorziening te worden getroffen.

Economie

1. Exploitatie: bedrijfsvoering van een ILT tijdens de gebruiksfase;
2. Life cycle costs: Life cycle costs omvatten de kosten en baten gedurende de volgende fases van een ILT als gevolg van:
 - Grondwaarde;
 - Ontwerp;
 - Aanleg;
 - Beheer en onderhoud;
 - Sloop.

Onderhoud

Operationele werkzaamheden aan een ILT om de bestaande functionaliteit en kwaliteit op het gewenste en vereiste kwaliteitsniveau te houden.

Beheerder

Verantwoordelijke voor het naar behoren functioneren en exploiteren van het infrastructurele object.

Gebruiker

Deze maakt gebruik van de ILT om zijn kabels en leidingen daarin onder te brengen en eventueel op een nader te bepalen tijdstip te modificeren.

Kwaliteit

Voldoen aan de eisen en wensen van de gebruiker en het naleven van de gestelde normen.

ATEX richtlijn

De ATEX richtlijn is van toepassing op alle plaatsen waar ontploffingsgevaar kan heersen. De richtlijn heeft een breed werkingsgebied en omvat naast gasexplosiegevaar ook stofexplosiegevaar.

Proces

Verloop, ontwikkelingsgang, werking in te onderscheiden stappen of tijdsvolgordelijkheid beschouwd.

Bijlage C: Procesaspecten

Contractvorm

Veel tunnels zijn nog ontworpen en gebouwd middels traditionele contract-vormen. Een modificatie hierop is de ILT Utrecht A2 waar wel een bestek is gemaakt, maar de detailengineering aan de aannemer is opgedragen. Verder is de tunnel voor ondergronds afvaltransport te Almere gerealiseerd volgens het principe "bouwteam en UAV-GC" gewerkt is. De Calandtunnel en Oude Maas te Rotterdam kennen een design-Construct- en Maintenance contract. De volgende tabel toont de contractvorm per ILT.

Integrale Leidingen Tunnel	Contractvorm
Amsterdam Mahlerlaan	Traditioneel VO/DO, Bestek, aanbesteding
Arnhem Centrum	Traditioneel (VO/DO, Bestek, aanbesteding)
Rotterdam Calandtunnel	Design-Construct & Maintenance
Rotterdam Oude Maas	Design-Construct & Maintenance
Rotterdam Lloyds kwartier	Traditioneel VO/DO, Bestek, aanbesteding
Buisleidingstraat aantal Ducts en ILT's, waaronder tunnel Hollands Diep	Traditioneel VO/DO, Bestek, aanbesteding
Almere OAT	Bouwteam en UAV GC
Almere Duct	Traditioneel voor deel van gemeente Almere
Utrecht A2 Integrale Leidingentunnel Eneco	VO/DO, Bestek, D&C-contract voor detailontwerp

Initiatieffase

In de initiatieffase moeten alle belanghebbenden bij elkaar gebracht worden. In deze fase kunnen tegenstrijdige belangen naar voren komen. Om te voorkomen dat hierdoor het proces stagneert kunnen de volgende handreikingen worden gedaan:

- Ducts en ILT's in stedelijk gebied kunnen het best gefinancierd worden door de tunnel niet als afzonderlijk project te financieren maar als onderdeel van de totale bouwplannen in een gebied. De aanlegkosten worden dan betaald door de planontwikkelaars en verwerkt in prijzen voor huur en koop van de andere objecten in het plangebied;
- Wacht niet totdat alle nutsbedrijven mee willen betalen aan de tunnel maar investeer zelf als gemeente of als planontwikkelaars (zie hierboven). De mogelijkheden om in het plangebied een alternatief te realiseren nemen daardoor sterk af. Het gebruik van de duct of ILT wordt dan vanzelf de meest optimale variant;

- Creëer draagvlak voor het realiseren van een ILT door het uitvoeren van een Maatschappelijke kosten- en batenanalyse waarvoor O15 de systematiek heeft ontwikkeld. Op deze wijze kan met Niet meer dan Anders (NMDA)-principe wordt geconcretiseerd voor een bestaande situatie; Creëer draagvlak tussen de publieke en private partijen door consensus te verkrijgen voor de juridische randvoorwaarden vastgelegd in een K&L-verordening en het bijbehorende vergunningenstelsel.

Ontwerpfase

Zoals altijd kunnen veel problemen in de bouw- en beheersfase worden voorkomen door reeds in de ontwerpfase rekening te houden met lessen uit het verleden. Uit de evaluatie van de gebouwde ILT's door de werkgroep O16 blijkt dat in de ontwerpfase aandacht moet worden gegeven aan de volgende aspecten:

- Indien vanuit de ILT naastliggende objecten worden gevoed moet er heel goed nagedacht worden over een flexibele manier om vanuit de tunnel doorvoeringen te maken;
- Het is van groot belang afspraken te maken over een uniform ophangstelsel. De druk van leidingbeheerders om afwijkende systemen te gaan gebruiken is telkens aanwezig;
- In Nederland heb je altijd te maken met water. Bij het ontwerp moet al worden nagedacht over goede maatregelen tegen opdrijven van de tunnel, over wateronttrekking en lozing tijdens de bouw en over goede waterdichtheid van eventuele lassen tussen tunnel-segmenten;
- Er moet ruime aandacht zijn voor de "transportopeningen" die nodig zijn om nieuwe kabels en leidingen in de tunnel te krijgen;
- Bij meerdere tunnels zijn letterlijk knelpunten ontstaan op de overgangen van tunnel naar stijgschacht en bij de doorvoering vanuit stijgschacht naar het gebied buiten de tunnel;
- De te hanteren veiligheidsfilosofie voor mensen in de tunnel kan serieuze impact hebben op het ontwerp en vereist bovendien grondige afstemming met de autoriteiten (o.a. de brandweer).

Uitvoeringsfase

Bij recent aangelegde tunnels blijken omgevingsfactoren zoals ruimtegebrek, omwonenden en onverwachte eisen van bevoegd gezag bij vergunningverlening regelmatig te leiden tot vertraging van het project.

Verskillende uitvoeringsmethoden voor één tunnel kunnen leiden tot problemen zoals lekkage en ruimtegebrek.

Beheersfase

Bij meerdere tunnels zijn letterlijk knelpunten ontstaan op de overgangen van tunnel naar stijgschacht en bij de doorvoering vanuit stijgschacht naar het gebied buiten de tunnel. Ook is sprake van torsiebewegingen en lengteveranderingen ten gevolge van druk- en temperatuurswisselingen bijvoorbeeld bij stadsverwarmingleidingen.

Er blijft beweging zitten in de tunnels en de aanwezige kabels en leidingen.

Een niet menstoegankelijke tunnel kent vaak lagere beheerskosten dan een man-toegankelijke tunnel. Inspecteerbaarheid van leidingen is echter meer kostbaar evenals het bijplaatsen of wijzigen van leidingen. Een keuze voor ontoegankelijkheid is kiezen voor lage kosten en lage flexibiliteit.

Colofon

Auteurs

Dick de Bijl (Grontmij)
Erik Broos (Gemeentewerken Rotterdam)
Frits Hobelman (Movares)
Gerard Piek (Betonsol)
Bart Welvaarts (Heijmans)

Grafisch ontwerp

Sirene Ontwerpers, Rotterdam

Uitgave

COB – Nederlands kenniscentrum voor ondergronds bouwen en ondergronds ruimtegebruik

ISBN

978-90-77374-18-4

Auteursrechten

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van COB. Het is toegestaan overeenkomstig artikel 15a Auteurswet 1912 gegevens uit deze uitgave te citeren in artikelen, scripties en boeken, mits de bron op duidelijke wijze wordt vermeld, alsmede de aanduiding van de maker, indien deze in de bron voorkomt. 'O16-08-01' 'Optimalisering ontwerp, realisatie en beheer integrale leidingtunnels', januari 2008, Stichting COB, Gouda."

Aansprakelijkheid

COB en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze uitgave. Nochtans moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er toch fouten en onvolledigheden in deze uitgave voorkomen. Ieder gebruik van deze uitgave en gegevens daaruit is geheel voor eigen risico van de gebruiker en COB sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze uitgave en de daarin opgenomen gegevens, tenzij de schade mocht voortvloeien uit opzet of grove schuld tijdens COB en/of degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt.

De kabel en leiding infrastructuur in Nederland wordt traditioneel in de grond onder de straten gelegd. Vernieuwingen op het gebied van ontwikkeling bedrijventerreinen en stadsontwikkeling (stedelijke verdichting, kwaliteit van openbare ruimte) en nutsvoorzieningen (liberalisering, gescheiden rioolssystemen, warmte/koude opslag, afvalinzameling, stadsverwarming, districtskoeling, etc.) maken de vraag actueel of dit niet anders kan. Bijvoorbeeld door kabels en leidingen te bundelen in een Integrale Leidingentunnel (ILT). Daarmee is ook de behoefte aan kennis over bundeling toegenomen.

Tegen deze achtergrond hebben een tiental partijen, verenigd in het COB College van Opdrachtgevers Integrale Leidingentunnels, het initiatief genomen om in COB verband een drietal studies uit te voeren:

- **Risico's:** het ontwikkelen van een beoordelingsmethodiek voor risico's van bundeling van kabels en leidingen; een instrument waarmee betrokken partijen gezamenlijk tot een goede afweging van risico's kunnen komen en noodzakelijke preventieve maatregelen kunnen vaststellen (COB O-13, augustus 2006);
- **Economie:** het ontwikkelen van een kosten-batenanalyse voor het ondergronds bundelen van kabels en leidingen, waarmee op een gestructureerde wijze de kosten en baten van bundeling van kabels en leidingen kwantitatief kunnen worden geanalyseerd; een instrument dat kan bijdragen aan de objectivering van de kosten en baten van bundeling van kabels en leidingen in infrastructuren en daarmee aan de acceptatie van nieuwe concepten voor ruimtegebruik. (COB O-15, februari 2007);
- **Techniek:** het ontwikkelen van een leidraad "optimalisatie ontwerp, aanleg en beheer van wel of niet menstoegankelijke integrale kabel- en leidingentunnels". De in Nederland belangrijkste gerealiseerde ILT's zijn onderzocht en geanalyseerd. Mede op basis van een gestructureerde terugkoppeling met de deelnemers aan het onderzoek is vervolgens een leidraad opgesteld. (COB O-16, maart 2008). Deze leidraad ligt voor u.

Met deze eindrapportage O-16 wordt een belangrijke stap gezet om het bouwen en beheren van Integrale Leidingentunnels te bevorderen. Voor het eerst in Nederland zijn op een gestructureerde wijze de ervaringen met ontwerp, aanleg en beheer van bundeling van kabels en leidingen inzichtelijk gemaakt en geanalyseerd.

Daarnaast is dankzij de uitvoering van dit onderzoek vertrouwen gegroeid tussen de samenwerkende partijen (gemeenten, netbeheerders, leveranciers van nutsvoorzieningen, grondeigenaren, aannemers, kennisinstututen en adviseurs): het vertrouwen dat samenwerking loont. Dat is een tweede belangrijke verdienste van dit project.

De COB uitvoeringscommissie O-16 en het College van Opdrachtgevers Integrale Leidingentunnels hebben er alle vertrouwen in dat het gebruik van deze leidraad zal bijdragen aan de noodzakelijke ordening van de ondergrondse ruimte en dat de hinder in de openbare ruimte ten gevolge van ondergrondse infrastructuur sterk zal reduceren.