



Udgivet 01.02.2022
Godkendt 06.01.2022

Antal sider i alt: 46

Overordnet ansvar:
Ansvar for indhold:
Ansvar for fremstilling:

Adm. direktør
Sikkerhedschef
Rune Kessel

Ledningsanlæg på Aarhus Letbanes arealer

Letbanenorm LBN1-13-4

INDHOLD

1.	<u>INDLEDNING</u>	5
2.	<u>IKRAFTTRÆDEN</u>	5
3.	<u>OVERGANGSBESTEMMELSER</u>	5
4.	<u>REFERENCER</u>	5
5.	<u>DEFINITIONER</u>	8
6.	<u>DESKRIPTORER</u>	11
7.	<u>ANVENDELSESOMRÅDE</u>	12
8.	<u>DISPENSATION</u>	13
9.	<u>HISTORIK</u>	13
10.	<u>LBN1 SIKKERHEDSMÆSSIGE KRAV</u>	14
10.1	Opgravningsfri ledningsetablering	14
10.2	Kabelpløjning	14
10.3	Nedgravning af langsgående interne ledninger på dæmninger	14
10.4	Forudsætninger ved beregning	15
10.4.1	Ledningsanlæg og eventuelle beskyttelsesrør af plast	15
10.4.2	Ledningsanlæg af beton	16
10.4.3	Ledningsanlæg og eventuelle beskyttelsesrør af stål	16
10.5	Supplerende krav til ledninger med indvendigt overtryk og beskyttelsesrør	17

10.5.1	Krav til gas- og olieledninger	17
11.	<u>LBN2 FÆLLES KRAV</u>	21
11.1	Forundersøgelse	21
11.2	Tracé og placering	22
11.2.1	Tværgående (krydsende) ledninger	22
11.2.2	Langsgående ledninger	23
11.3	Udførelse	23
11.4	Dokumentation og afmærkning	24
12.	<u>LBN2 SUPPLERENDE KRAV TIL LEDNINGSTYPER OG UDFØRELSESMETODER</u>	25
12.1	Opgravningsfri ledningsetablering	25
12.1.1	Lægningsdybde	26
12.1.2	Udførelse	26
12.2	Ledningsanlæg i åben grav	29
12.3	Korrosionsbeskyttelse af stålør	29
12.3.1	Supplerende krav til beskyttelsesør	31
12.4	Gennemløb	31
12.5	Elkabler	31
12.6	Aarhus Letbanes egne ledninger	31
12.6.1	Tracé og placering	32
12.6.2	Udførelse	33

12.6.3 Nedpløjning af kabler	33
12.6.4 Ledninger på terræn	34
12.7 Supplerende krav til ledninger med indvendigt overtryk	34
13. <u>LBN2 SUPPLERENDE KRAV TIL BESKYTTELSESRØR</u>	35
13.1 Beskyttelsesrør for gas- og olieledninger	35
13.1.1 Konstruktive forhold for anvendelse af beskyttelsesrør til olie- og gasledninger	36
13.1.2 Konstruktive forhold vedrørende ventilation af beskyttelsesrør til olie- og gasledninger	37
13.2 Beskyttelsesrør for øvrige ledninger med indre overtryk	37
<u>BILAGSOVERSIGT</u>	39
Bilag 2 Vejledende parametre til beregning af rør (Informativt)	41
Bilag 2.1 Fyld, som overvejende består af friktionsfyld	41
Bilag 2.2 Morænelersfyld	41
Bilag 2.3 Moræneler	41
Bilag 2.4 Glacialt smeltevandsler	42
Bilag 2.5 Intakte, glaciale sandaflejringer	42
Bilag 3 Beregning af betonelementrør (Informativt)	43
Bilag 4 Dimensionering af stålrør i henhold til Spanglers formel (Informativt)	45

1. INDLEDNING

Det er formålet med Letbanenormen at have et samlet regelsæt om ledningsanlæg på Aarhus Letbanes arealer og under Aarhus Letbanes spor, så behandlingen af sager med ledningsanlæg bliver udført effektivt og ensartet.

Letbanenormen er udarbejdet i henhold til [32], hvor normniveauerne LBN1, LBN2 og LBN3 er defineret.

Udgivet af:

Aarhus Letbane
P. Hiort-Lorenzens Vej 71-95
8000 Aarhus C

2. IKRAFTTRÆDEN

Denne Letbanenorm træder i kraft ved udgivelsen.

Denne letbanenorm ophæver LBN1-13-3

3. OVERGANGSBESTEMMELSER

Der er ingen overgangsbestemmelser i denne letbanenorm.

4. REFERENCER

Nogle steder henviser Letbanenormen til andre bestemmelser. Disse henvisninger er angivet ved en reference [referencenr.]. Betydningen af referencen kan læses nedenfor. Hvis der ikke er nævnt andet, gælder sidst udsendte version af det dokument, der henvises til.

Med mindre andet er nævnt gælder, at referencer er normative på LBN1- eller LBN2-niveau afhængig af den sammenhæng, de optræder i.

Nogle af denne Letbanenorms krav kan være en skærpelse af regler angivet i referencelisten. I så fald er reglerne i referencelisten ikke gældende med hensyn til netop disse krav.

- [1] Letbanenorm LBN1-6 "Tværprofiler for ballasteret spor", Aarhus Letbane.
- [2] Letbanenorm LBN1-11 "Afvanding af sporarealer", Aarhus Letbane.
- [3] DS 437:1986 (rettet 2012-udgave) "Norm for lægning af stive ledninger af beton mv i jord, 1.3.1986", Dansk Standard
- [4] Håndbog om nærføring 3. udgave, version maj 2008, Nærføringudvalget.
- [5] DS 462:1995 "Norm for registrering af ledninger", Dansk Standard.
- [6] Tegning EN 244.12 R nr. 4827, Kabelskilte af 27.11.1970, DSB.
- [7] Stærkstrømsbekendtgørelsen, Bekendtgørelse nr. 1114 af 18/08/2016 om sikkerhed for udførelse af elektriske anlæg herunder Bekendtgørelse nr. 811 af 14.08.2019 om ændringer i Bekendtgørelse nr. 1114,, Bekendtgørelse nr.1113 af 18/08/2016 om sikkerhed for drift af elektriske anlæg, Bekendtgørelse nr. 1112 af 18/08/2016 om sikkerhed for udførelse af ikke-elektrisk arbejde i nærheden af elektriske anlæg, Bekendtgørelse nr. 1082 af 12/07/2016 om sikkerhed for udførelse og drift af elektriske installationer, Sikkerhedsstyrelsen.
- [8] "GPTC-Guide for Gas Transmission and Distribution Piping Systems 1998-2000", American Gas Association, med tillæg "At-vejledning F.0.1, Juli 2001, Naturgasanlæg", Arbejdstilsynet.
- [9] DS 475:2012 "Norm for etablering af ledningsanlæg i jord" inkl. tillæg, Dansk Standard.
- [10] Letbanenorm LBN1-59 "Belastnings- og beregningsforskrift for sporbærende broer og jordkonstruktioner", Aarhus Letbane.
- [11] "Kabellægning med Kabelplov" af 04.02.2003, Banestyrelsen (nu Banedanmark).
- [12] Vejregler "Udbuds- og anlægfsforskrifter, Etablering af ledningsanlæg i jord. Almindelig arbejdsbeskrivelse" (AAB) af oktober 1994, Vejdirektoratet.
- [13] "Aarhus Letbanes Kørestrømsinstruks (LKI)", Aarhus Letbane
- [14] DS 430:1986 (rettet 2012-udgave) "Norm for lægning af fleksible ledninger af plast i jord, 1.1.1986", Dansk Standard.
- [15] DS/EN 1997-1:2007, DS/EN 1997-1/A1:2014 , DS/EN 1997-1 DK NA:2015, DS/EN 1997-2 + AC:2011 og DS/EN 1997-2 DK NA:2013 – Eurocode 7: Geoteknik samt tilhørende Danske Nationale Anneks, Dansk Standard
- [16] Samarbejdet mellem banetjenesten og elektrotjenesten, Maskinelt sporarbejde, DSB (nu Banedanmark), kun forhold vedrørende ledningsanlæg.
- [17] DS/EN 1610:2015 "Lægning og prøvning af rør til afløbssystemer", Dansk Standard.
- [18] TSF, Trafikal sikkerhedsforskrift for Aarhus Letbane", Aarhus Letbane.
- [19] DS 442:1989 (rettet 2014-udgave) "Norm for almene vandforsyningsanlæg", Dansk Standard.

- [20] DS/EN 13941 + A1:2010 " Design og installation af præisolerede fastrør systemer til fjernvarme", Dansk Standard.
- [21] DS/EN 12889:2000 "Opgravningsfri lægning og prøvning af afløbsledninger", Dansk Standard.
- [22] DS/EN ISO 9001:2015 " Kvalitetsstyringssystemer – Systemkrav", Dansk Standard.
- [23] "Tekniske bestemmelser" af 2015 og "Metodebeskrivelser" af 17. juni 2008, Kontrolordning for styret boring og gennempresning.
- [24] Vejregler "Udbuds- og anlægfsforskrifter. Stabilt grus. Almindelig arbejdsbeskrivelse (AAB)" af 1. december 2016, Vejdirektoratet.
- [25] DS 2131.2:1982 "PEM og PEH ledninger. Rør, formstykker og samlinger af polyethylen type PEM og PEH til gasledninger i jord.
- [26] Bekendtgørelse om sikkerhedsbestemmelser for naturgasanlæg efter lov om arbejdsmiljø, Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 414 af 8. juli 1988 med senere ændringer.
- [27] DS 443:1985 "Dansk Ingeniørforenings norm for gasledninger af PEH og PEM i jord".
- [28] DS/EN 1594, "Gasforsyningssystemer. Rørledninger til tryk over 16 bar. Funktionskrav", Marts 2000.
- [29] ISO 13623:2000 "Petroleum and natural gas industries – Pipeline transportation systems".
- [30] DS/EN 12501-1:2003 Protection of metallic materials against corrosion – Corrosion likelihood in soil – Part 1: General
- [31] DS/EN 12501-2:2003 Protection of metallic materials against corrosion – Corrosion likelihood in soil – Part 2: Low alloyed and non-alloyed ferrous materials
- [32] Letbanenorm LBN2-1 "Struktur, udseende og udvikling af Letbanenormer", Aarhus Letbane.

5. DEFINITIONER

I denne Letbanenorm gælder følgende definitioner:

Begreb	Definition
Aarhus Letbanes arealer	Aarhus Letbanes arealer defineres som værende arealer, hvor Aarhus Letbane er infrastrukturforvalter.
Beregningstryk	Det indre tryk som en given ledning skal beregnes for ved en given temperatur. Beregningstrykket er mindst lig med det maksimale driftstryk, som kan opstå overhovedet.
Beskyttelsesrør	Rør, som sikrer banen i tilfælde af brud på ledningen. Ved elkabler er beskyttelsesrøret dog et rør, som sikrer elkablet mod skader fra sten/skærver i den omgivende jord.
Borefront	Jordflade, som er åben i fronten af en ledning, som føres under banen ved ubemandede styrbare metoder eller ved snegleboring i rør.
Boremudder	Vand tilsat additiv, f.eks. bentonit.
BS 2000	Belastningstog. Der henvises til [10].
Class location	Klassifikation af et geografisk område ud fra et kriterium bestående af et områdes befolkningstæthed og anvendelse.
Design faktor	Faktor F, som multipliceres på SMYS for stålør til fastlæggelse af den tilladelige spænding, F-SMYS.
Distributionsledning	En rørledning med et driftstryk, der ikke overstiger 4 bar.
Effektiv godstykkelse	Godstykkelsen af røret (kun den bærende del fx stål) når der regnes med fradrag fra korrosion. Der henvises til At-vejledning F.0.1 i [8].
Fordelingsledning	En rørledning med et driftstryk større end 4 bar, hvor driftstrykket medfører en ringspænding, der for stålledninger er mindre end 20 pct. af SMYS.

Begreb	Definition
Fri bane	Benyttes som sporbenævnelse mellem stationer. Den del af banestrækningen, der ligger uden for stationsgrænsen. Begrebet fri bane finder anvendelse for spor i eget trace. Alle spor i særligt og delt trace skal i forbindelse med læsning af denne norm opfattes som fri bane.
Føringsrør	Rør, som sikrer passage gennem jorden til en ledning.
Gennempresning	Arbejdsmetode, hvor et rør trykkes gennem jorden under banen, eventuelt suppleret med gravning eller underboring. Ubemandede styrbare metoder er mikrotunnellering og pilotrørsmetoden. Bemandet metode er rørgennempresning.
Gennemløb	Et ledningsanlæg, som fører grøfte- eller drænvand på tværs under sporene.
Gravefront	Jordflade, som er åben i fronten af en ledning, som føres under banen ved rørgennempresning.
Jordfortrængning	Etablering af en ledning uden ledningsgrav på en sådan måde, at der skabes plads til ledningen, uden at den tilsvarende jord fjernes.
Jorddækning	Den korteste afstand mellem terræn (overside af skærver) og ydersiden af en ledning (evt. føringsrør eller beskyttelsesrør)
Kabler	Ledninger til transport af elektricitet eller lys.
Kabelrende	En kasse med låg, der benyttes til føringsvej for kabelanlæg.
Ledning	Kabel eller rørledning.
Ledningsanlæg	Ledning eller sammenhørende ledninger, evt. med beskyttelseskonstruktion.
Ledningsanlæg med indre overtryk	Ledningsanlæg, der har et overtryk større end 1 bar.
Medierør	Det egentlige rør, som skal lægges for at føre et medie (vand, el, gas osv.)
Myndighed	Den til enhver tid gældende myndighed på jernbane og letbane området i Danmark.

Begreb	Definition
Nedpløjning	Etablering af ledning i jord med en ledningsplov, hvis skær ved passage gennem jorden efterlader en eller flere ledninger og evt. advarselsbånd eller afdækning.
Opgravningsfri lednings-etablering	Omfatter alle metoder til etablering af en ledning uden ledningsgrav.
Reamer	En udvider, der anvendes ved styret boring til at udvide borehullet med.
Råjordsplanum	Grænsen mellem underballast og den underliggende råjord.
Sidespor	Benyttes som sporbenævnelse på stationer. Spor som ikke er togvejsspor kaldes sidespor.
SO	Skinneoverkant
SMYS	Specified Minimum Yield Strength: Specificeret minimums flydespænding, se [8].
Sporsagkyndig person (eftersyn)	Person der er uddannet i og godkendt til at gennemføre sporteknisk tilstandsvurdering og sætte i drift efter sporarbejde
Styret boring	Etablering af en ledning uden ledningsgrav, hvor ledningens placering styres fra terrænet over ledningen. Ved styret boring fortrænges noget af jorden, og noget af jorden ledes væk ved hjælp af vand tilsat additiv, f.eks. bentonit.
Togvejsspor	Benyttes som sporbenævnelse på stationer. Togvejsspor er spor hvortil eller hvorfra, der kan stilles signal.
Transmissionsledning	Rørledning (i stål), hvor der anvendes et driftstryk, som medfører en ringspænding på 20 pct. af SMYS eller mere.
Underballast	Betegnelse for den del af et tværprofil, som ligger umiddelbart under ballastlaget og over råjordsplanum. Underballasten består typisk af grus.
Underboring	Etablering af en ledning uden ledningsgrav på en sådan måde, at jorden fjernes i det volumen, som udfyldes af ledningen eller af et føringsrør.

6. DESKRIPTORER

Advarselsmarkering	Beskyttelsesrør	Damp
Drift	Dræn	Fjernvarme
Fornyelse	Fortrængning	Gas
Gennemløb	Gennempresning	Indvendigt overtryk
Kabelpløjning	Kabelmærkning	Kabelrender
Kabler	Korrosionsbeskyttelse	Krydsende ledning
Ledning	Ledningsanlæg	Lægningsdybde
Mikrotunnelering	Naturgas	Nedgravningsdybde
Nyanlæg	Olie	Opgravningsfri ledningsetablering
Råolie	Sprængning	Spuling
Styret boring	Tværgående ledning	Underboring
Varmt vand	Vedligeholdelse	

7. ANVENDELSESOMRÅDE

Letbanenormen gælder for:

- Alle nye ledningsanlæg samt ændringer, fornyelse og fjernelse af eksisterende ledningsanlæg på Aarhus Letbanes areal og ved i drift værende spor/arealer under Aarhus Letbanes ansvar som infrastrukturforvalter.
- Ledningsanlæg med indvendig diameter mindre end 2 m.

Note 7-1

Underføringer (herunder ledninger) med spændvidde eller indvendig diameter større end eller lig med 2 m betragtes af Aarhus Letbane som broer/tunneler.

- Ledningsanlæg inkl. føringskanaler (rør og kabelrender), som er lagt i jorden eller oven på jorden.
- Ledninger, som fører gas hen til et sporskifte.
- De dele af et kørestrømsanlæg, som kan sammenlignes med ledningsanlæg.

Letbanenormen gælder ikke for:

- Ledningsanlæg i huse og hytter eller fritliggende kabler, som forbindes til sporet.
- De af Aarhus Letbanes ledningsanlæg, som lokalt ved sporskifter fører gas til sporskiftevarme.

For definitionen af Aarhus Letbanes arealer se afsnit 5 "DEFINITIONER".

8. DISPENSATION

Dispensationer fra gældende LBN1-krav kan kun gives af den normansvarlige chef i Aarhus Letbane efter godkendelse af myndigheden.

Dispensationer fra gældende LBN2-krav kan kun gives af den normansvarlige chef i Aarhus Letbane.

Endvidere fremgår proces for dispensation fra tekniske regler af Aarhus Letbanes ledelsessystem, hvor til der henvises.

9. HISTORIK

I forhold til version LBN1-13-3 er der sket tilretning i afsnit 3. Ændringen omfatter, at begrænsningen af anvendelsen af den tekniske sikkerhedsregel til kun at dække drift- og vedligeholdelsesaktiviteter er fjernet.

10. LBN1 SIKKERHEDSMÆSSIGE KRAV

Nedenstående LBN1-krav er minimumskrav. Der er fastsat skærpede LBN2-krav i henhold til afsnit 11, 12 og 13, som også skal overholdes.

10.1 Opgravningsfri ledningsetablering

Der skal altid være en sporsagkyndig person (eftersyn) til stede under hele udførelsen af ledningsetableringen. Denne person skal i tilfælde af uregelmæssigheder i sporarealet som følge af pressearbejdet (f.eks. sænkninger/hævninger i spor eller ballastlaget, revner i banketter og skred i dæmningskråninger) straks standse arbejdet og underrette den ansvarlige for spor i Aarhus Letbane. Personen skal også vurdere, om toggangen skal stoppes, eller om hastigheden skal sættes ned.

10.2 Kabelpløjning

Ved kabelpløjning må der ikke nedpløjjes kabler, hvor der på dæmninger er stabilt grus som underballast.

Kabelpløjning på dæmninger med stabilt grus som underballast tillades dog, hvis begge nedenstående krav er opfyldt:

- Oversiden af underballasten komprimeres, så overfladen er helt jævn med hældning 40 ‰ mod dæmningsiden. Hvis det er nødvendigt at supplere med underballast for at opfylde kravet, skal der suppleres med stabilt grus. Komprimeringen af stabilt grus skal opfylde kravene i [24].
- Kablet placeres så langt uden for ballastprofilet, at ovenstående komprimering kan udføres uden at beskadige ballastprofilet.

10.3 Nedgravning af langsgående interne ledninger på dæmninger

På dæmninger, hvor SO er mere end 2,0 m over terræn gælder:

Ved nedgravning af langsgående ledninger, tillades den opgravede råjord indbygget under råjordsplanum, hvis alle nedenstående krav er opfyldt:

- Råjorden adskilles ved opgravningen fra ballast og underballast.

- Råjorden er ikke opblødt.
- Råjorden tilbagefyldes på samme sted, som den er gravet op.

Hvis ikke alle ovenstående krav kan opfyldes, skal der i stedet tilfyldes med stabilt grus.

Råjordsplanum skal komprimeres ved at køre 4 gange over med en pladevibrator.

Da stabilt grus indeholder sten og derfor kan give skader på nogle ledningsmaterialer, skal det vurderes, om der skal udføres en beskyttelse af ledningerne.

10.4 Forudsætninger ved beregning

Krav til beregning af ledningsanlæg og beskyttelsesrør er angivet i afsnit 10.4.1 - 10.4.3.

Hvis der anvendes beskyttelsesrør tillades det at se bort fra den ydre belastning ved beregning af ledningen i beskyttelsesrøret.

For ledninger under spor skal anvendes høj sikkerhedsklasse.

Ledningsanlæg og eventuelle beskyttelsesrør skal beregnes for de sætninger, som kan forventes.

For jordens stivhed (konsolideringsmodul) skal anvendes partialkoefficienten 2.

Note 10.4-1

Der er angivet vejledende værdier for konsolideringsmoduler for fyld i Bilag 2.

På sporarealer skal midlertidig afstivning af udgravninger beregnes efter [15] for en togbelastning, som angivet i [10].

10.4.1 Ledningsanlæg og eventuelle beskyttelsesrør af plast

Ledningsanlæg, herunder rør, formstykker og eventuelle beskyttelsesrør udført i plast af PE-typerne PEM eller PEH, skal beregnes iht. [14] og skal opfylde kravene i [8], [25] og [27].

Beregning af belastningen fra toglast skal ske på basis af formeludtrykkene i [3]. Trafiklasten skal dog forøges til BS 2000 ved at forøge akseltrykket til 540 kN og linjelasten (metervægten) til 110 kN/m.

For ledninger, beskyttelsesrør og føringsrør af plast tillades kravet om, at disse skal dimensioneres for den ydre belastning fra jord og trafik, frafaldet i tilfælde, hvor kravene anført i begge nedenstående punkter alle er opfyldt:

- Beskyttelsesrøret kan modstå et indre overtryk på 10 bar (TN10 rør), idet ringspændingen ikke må overskride en maksimal regningsmæssig trækspænding på $\sigma_s = 5 \text{ MPa}$ for både PE80 og for PE100.

Note 10.4.1-1

Ovenstående krav svarer til at $S = \frac{1}{2} (d_e / e - 1) \leq 5$, hvor betegnelserne S , d_e og e fremgår af [14]. Anvendelse af samme spændingskrav på 5 MPa for PE100 er begrundet i ønsket om at sikre en tilstrækkelig stivhed.

- Beskyttelsesrøret opfylder følgende øvrige krav:
 - Jorddækning ved toglast: Maksimalt 6,0 m
 - Ydre rørdiameter: Maksimalt 1100 mm
 - Jorddækning/ydre rørdiameter: $>2,0$

10.4.2 Ledningsanlæg af beton

Ledningsanlæg af beton skal beregnes efter [3]. Trafiklasten skal dog forøges til BS 2000 ved at forøge akseltrykket til 540 kN og linjelasten (metervægten) til 110 kN/m.

Betonrør, som udføres ved opgravningsfri ledningsetablering, skal behandles som stive rør. Det tillades at undlade at behandle betonelementrør som stive rør, hvis udførelsen sikrer en særlig god kontakt til det omgivende intakte jordlag.

Note 10.4.2-1

Der er angivet vejledende beregningsmetode til beregning af betonelementrør i Bilag 3.

10.4.3 Ledningsanlæg og eventuelle beskyttelsesrør af stål

Ledningsanlæg og eventuelle beskyttelsesrør af stål skal beregnes efter principperne i [14]. Beregning af belastningen fra toglast skal ske på basis af formeludtrykkene i [3]. Trafiklasten skal dog forøges til BS 2000 ved at forøge akseltrykket til 540 kN og linjelasten (metervægten) til 110 kN/m.

Ved dimensionering af vægtykkelsen af et stålrør skal der tages højde for den forventede korrosion af røret, som kan opstå i rørets levetid.

Note 10.4.3-1

I Bilag 4 er angivet Spanglers formel i henhold til [8] tilpasset Letbanenormen.

10.5 Supplerende krav til ledninger med indvendigt overtryk og beskyttelsesrør

Krav i dette afsnit til ledningers og beskyttelsesrørs afstand fra foden af banedæmningen, afstand fra baneskel, afstand fra spormidte og afstand fra bygværker gælder ikke for gas- og olieledninger, der fører hen til anlæg, som ifølge deres funktion er nødt til at være ved spor eller på perroner. For disse tilfælde skal der gennemføres en risikoscreening, der godtgør, at risikoen er minimeret i praktisk muligt omfang.

Ledningsanlæg med et indre overtryk (f.eks. gas-, olie-, trykvand-, trykkloak-, og fjernvarmeledninger) skal anbringes i beskyttelsesrør.

Beskyttelsesrør skal udover den ydre belastning af jord og trafik beregnes for det indre tryk, som kan opstå i forbindelse med brud på ledningen i beskyttelsesrøret. Sidstnævnte lasttilfælde kan betragtes som et ulykkeslasttilfælde.

Ved eftervisning af beskyttelsesrørets bæreevne ved rørsprængning af ledninger for fjernvarme, damp og varmt vand skal derudover forudsættes en maksimal varmepåvirkning fra rørsprængningen, idet varmetransport/-afgivelse til omgivelserne ikke må indregnes.

Beskyttelsesrør af metal må ikke anvendes på banestrækninger elektrificeret med jævnstrøm. Beskyttelsesrør skal afsluttes mindst 3 m fra foden af banedæmningen, og mindst 1 m uden for baneskel.

10.5.1 Krav til gas- og olieledninger

Gasledninger skal overholde kravene i [8]. Olieledninger skal overholde kravene i [29].

I forbindelse med designkrav for gas- og olieledninger skal "class location" fastlægges i henhold til [8] for gasledninger og i henhold til [29] for olieledninger. Alle gas- og olieledninger på Aarhus Letbanes arealer eller uden for Aarhus Letbanes arealer indenfor de i figur 10.5.1.1-1

anførte minimumsafstande skal henføres til Class location 4 (CL4), svarende til en design faktor på 0,40.

I forbindelse med beregning, projektering, udførelse samt drift af naturgasanlæg skal Arbejdsministeriets bekendtgørelse jf. [26] overholdes.

Transmissions-, fordelings- og distributionsledning til olie og gas tillades ikke udført i plast med mindre krav i [8], [25] og [27] kan eftervises opfyldt.

Inden for en afstand af 15 m fra nærmeste spormidte skal jorddækningen være mindst 1,5 m. Inden for en afstand af 15 -25 m fra nærmeste spormidte skal jorddækningen være mindst 1 m. Der er angivet supplerende krav til lægningsdybde i afsnit 11.2.

10.5.1.1 *Krav til gas- og olielednings afstand fra spormidte*

Ud over det generelle krav som er angivet i afsnit 10.5s indledende afsnit, skal den mindste vandrette afstand fra spormidte til afslutning af beskyttelsesrør for gas- og olieledning overholde kravene i fig. 10.5.1.1-1.

	1 bar ≤ Ledningstryk ≤ 4 bar	Ledningstryk > 4 bar
Mindste afstand fra nærmeste spormidte	8 m	15 m

Figur 10.5.1.1-1 Mindste vandrette afstand fra spormidte til afslutning af beskyttelsesrør for gas- og olieledning.

Langsgående gas- og olieledninger uden for baneskel skal overholde de samme afstandskrav som afslutningen af et beskyttelsesrør.

Afhængig af trykket i ledningen skal der være et område, jfr. figur 10.5.1.1-2 fra nærmeste spormidte, hvor der ikke må anbringes ventiler, måler- og regulatorstationer eller andre overjordiske dele af ledningsanlægget.

	1 bar ≤ Ledningstryk ≤ 4 bar	Ledningstryk > 4 bar
Mindste afstand fra nærmeste spormidte	15 m	25 m

Figur 10.5.1.1-2 Mindste afstand fra spormidte til overjordiske dele af ledningsanlæg.

10.5.1.2 *Krav til gas- og olieledningers afstand fra bygværker*

Afstanden fra ledningen til bygværker, overkørsler m.v. skal altid være størst mulig.

Minimumsafstanden bestemmes som den største værdi af:

- afstand i figur 10.5.1.2-1
- $0,75 \cdot D \cdot P$

hvor

D = udvendig rørdiameter (meter)

P = ledningens beregningstryk (bar)

I figur 10.5.1.2-1 er vist det ene krav til mindste afstande fra bygværker. Kravene til afstande fra bygværker skal dog også overholde kravene i afsnit 11.2 og 12.1.

Bygværk m.v.	1 bar ≤ Ledningstryk ≤ 4 bar	Ledningstryk > 4 bar
Fundamenter, master, sporstopper m.v.	2 m	10 m
Broer, bygninger, overkørsler, overgange og ender af perroner	2 m	20 m
Relæhuse	10 m	10 m
Relæskabe	5 m	5 m

Figur 10.5.1.2-1 Det ene krav til mindste afstande fra ledninger til bygværker m.v.

Hvis de krævede afstande til bygværker ikke kan opfyldes, eller hvis der ikke er mulighed for afledning fra beskyttelsesrørets ender, skal beskyttelsesrøret beregnes for det samme indvendige tryk som ledningen.

Ledninger må ikke krydse centrale stationsområder, f.eks. perronanlæg. Ledninger, som krydser stationsområder, skal overholde ovennævnte krav til afstande fra overgange og fra ender af perroner.

Note 10.5.1.2-1

Med hensyn til gasselskabernes specifikke krav henvises til det aktuelle gasselskab.

11. LBN2 FÆLLES KRAV

Nogle af denne Letbanenorms krav kan være en skærpelse af andre regler angivet i referencelisten. I så fald er reglerne i referencelisten ikke gældende med hensyn til netop disse krav.

Ud over fælles krav i afsnit 11, er der i afsnit 12, og 13 angivet supplerende krav til specielle ledningstyper og udførelsesmetoder. Hvor der i afsnit 12, og 13 er skærpede krav i forhold til de fælles krav i afsnit 11, er det de skærpede krav, som er gældende.

Der skal ansøges om etablering af eksterne ledningsanlæg hos Aarhus Letbane.

11.1 Forundersøgelse

Inden et nyt ledningsanlæg påbegyndes, skal det undersøges, om der på arbejdsområdet findes andre ledningsanlæg.

Der skal udføres tilstrækkelige forundersøgelser til, at det kan dokumenteres, at der ikke sker skade på banens anlæg under arbejdets udførelse.

For ledninger med en indvendig diameter $d \geq 0,5$ m skal der udføres en geoteknisk undersøgelse til vurdering af jordbunds- og grundvandsforholdene, herunder om primære eller sekundære vandspejl vil medføre en risiko for banens stabilitet under arbejdets udførelse, og hvad man i givet fald kan gøre for at undgå denne risiko. Kopi af geotekniske rapporter for undersøgelser skal sendes til Aarhus Letbanes arkiv.

Note 11.1-1

En geoteknisk undersøgelse skal normalt indeholde en boring på hver side af banen og et tværprofil af sporarealet, hvorpå borerne og ledningen er indtegnet. Ved brede sporarealer bør der udføres flere borer, så der højst er 25 m mellem borerne. Bemærk, at der i afsnit 12.1 er specielle krav til både grundvand og stabilitet, når ledningen etableres ved opgravningsfri ledningsetablering.

På stationsarealer skal der indhentes oplysninger fra Aarhus Letbane, om der er forurening på stedet.

Note 11.1-2

Bemærk, at der skal indhentes tilladelse til bortskaffelse eller deponering af forurenede jord hos miljømyndighederne.

11.2 Tracé og placering

Eksterne (fremmede) ledninger må ikke anbringes permanent ophængt på broer.

Væskebærende ledninger tillades ikke fremført i eventuelle indstøbte foringsrør i Aarhus Letbanes broer og tunneler.

Ledninger skal lægges, så der er tilstrækkelig sikkerhed mod brud og deformation af nærliggende eksisterende eller projekterede konstruktioner (broer, bygninger, dæmninger, relæhuse, master, sporstoppere mv.). Sikkerheden skal vurderes som angivet i [15].

11.2.1 Tværgående (krydsende) ledninger

Kravene i dette afsnit gælder ikke for tværgående ledninger, som kun placeres i perroner.

Tværgående ledninger skal lægges vinkelret på sporet med en afvigelse på højst 15°.

Tværgående eksterne ledninger skal lægges under kabler og ledninger, der går langs sporet.

Afstanden fra en krydsende ledning til et kabel / ledningsanlæg, som går langs sporet, skal overholde afstandene i den vejledende tekst/tabel i [9]. Afstanden skal dog mindst være 0,40 m målt lodret.

Tværgående ledningsanlæg må ikke gå under sporskifter og sporskæringer.

Afstanden fra laveste skinneoverkant (SO) og til øverste overflade på tværgående ledningsanlæg (evt. føringsrør eller beskyttelsesrør) skal mindst være 1,6 m målt lodret. For olie- og gasledninger skal denne afstand dog være større, se figur 13.1-1. Der er angivet skærpede krav for opgravningsfri ledningsetablering i afsnit 12.1.

Fra bund af en banegrøft, der opfylder kravet til tværprofil angivet for større ombygning i [2], skal der, målt lodret, mindst være 0,50 m ned til øverste overflade på ledningsanlægget.

Note 11.2.1-1

Den faktiske banegrøft ligger ofte højere end angivet på tværprofilet i [2].

Rør, som lægges under eksisterende fri bane og togvejsspor, skal udføres ved opgravningsfri ledningsetablering.

11.2.2 Langsgående ledninger

Eksterne ledninger må ikke føres langs med sporet på Aarhus Letbanes areal. Undtaget herfor er dog ledninger i perroner.

Afstanden mellem parallelførte ledninger skal overholde afstandene i de vejledende tekster/tabeller i [9].

11.3 Udførelse

Ledninger skal udføres efter [3], [9], [14], [17], [19] og [20].

Gas- og olieledninger skal udføres efter [8], olieledninger skal tillige udføres efter [29].

Intet arbejde med eksterne ledninger må påbegyndes inden for Aarhus Letbanes areal, før der er givet skriftlig tilladelse dertil, se afsnit 11's indledende afsnit.

Ledningsanlæg på eller uden for Aarhus Letbanes areal skal udføres uden at bringe sikkerheden af Aarhus Letbanes anlæg i fare.

Note 11.3-1

For krav vedrørende arbejde i spor henvises til [18]. For krav vedrørende midlertidige udgravninger henvises til [1] og [13].

Hvis der i forbindelse med udgravningen stødes på ukendt forurening, skal miljømyndighederne og Aarhus Letbane underrettes. Både bortskaffelse og deponering af jord kræver miljømyndighedernes tilladelse.

11.4 Dokumentation og afmærkning

Registrering af eksterne ledningsanlæg skal ske i henhold til [5]. Ledninger og tilhørende komponenter skal være afmærket i henhold til gældende standard for ledningsanlægget. Hvor ledningen krydser spor, skal afmærkningen vise ejerskabet til ledningen.

For ledningsanlæg, der fører gas, vand, fjernvarme, kloak mv., skal der i skellet opsættes pæle over ledningen med identifikation. På brede sporarealer kan der stilles krav om supplerende pæle nær spor. Ved gasledninger skal afmærkningspælene være forsynet med navn og telefonnummer på ledningsejerens fejlretningstjeneste.

Hvor der etableres højspændingskabler, skal der skiltes som anført i [6].

Ved eksterne ledningsetableringer under spor med ydre rørdiameter større end 200 mm skal det dokumenteres, at spor ikke har fået sætninger som følge af arbejdet med ledningen. Der skal derfor udføres nivellement af alle skinners overside i en strækningsslængde og med målepunktafstande som angivet i fig. 11.4-1. Midten af strækningsslængden skal placeres over ledningen. Nivellementet skal udføres med 1 mm nøjagtighed før og 1 år efter arbejdets udførelse. Afhængigt af ledningsdiameter og jordbundsforhold kan der kræves flere nivellementer.

	Max. dybde under SO til ledningsbund			
	3 m	6 m	9 m	12 m
Største afstand mellem målepunkter på hver skinne	2 m	3 m	4 m	5 m
Mindste strækningsslængde til nivellement	10 m	20 m	30 m	40 m

Figur 11.4-1 Længde af strækning og afstand mellem målepunkter, hvor skinnerne skal nivelles.

12. LBN2 SUPPLERENDE KRAV TIL LEDNINGSTYPER OG UDFØRELSESMETODER

Ledningsanlæg skal overholde de fælles krav i afsnit 11. Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende specielle krav. For beskyttelsesrør skal kravene i afsnit 13 også være opfyldt.

12.1 Opgravningsfri ledningsetablering

Ledninger, som udføres ved opgravningsfri lægning, skal opfylde kravene i [21]. Af de ikke styrbare metoder må kun anvendes snegleboring i rør.

Entreprenører, der udfører ledningsarbejder på Aarhus Letbanes areal, skal have et kvalitetsstyringssystem, der efterlever intentionerne i [22]. Samtidig skal entreprenørerne opfylde kravene, som er angivet i Bilag 1 og i [23], bortset fra de dele af [23], som vedrører medlemskab af kontrolordningen.

Ledninger, som udføres ved opgravningsfri lægning, skal overholde de i [13] og [15] angivne afstande til eksisterende konstruktioner, idet ledningen sidestilles med en uafstivet udgravning.

Det skal dokumenteres, at rørledningsmaterialet under installationen ikke udsættes for et spændingsniveau der er større end det spændingsniveau, som rørledningen er dimensioneret for.

Med hensyn til krav i forbindelse med korrosion af et beskyttelsesrør, der bruges som føringsrør, henvises til afsnit 12.3.

Ved opgravningsfri ledningsetablering, som udføres ved styret boring, skal afstanden til drænledninger mindst være 2 m.

Hvis der skal etableres flere ledninger ved opgravningsfri ledningsetablering, skal afstanden mellem ledningerne være lige så stor som afstanden fra laveste skinneoverkant (SO) og til øverste overflade på tværgående ledningsanlæg (evt. føringsrør eller beskyttelsesrør).

Det cirkulære hulrum (kaldet "overcut" i [21]) omkring en installeret ledning skal efterinjiceres med fast materiale, hvis overcutter er større end:

- 25 mm for ledninger med diameter mindre end 400 mm
- 10 mm for ledninger med diameter $400 \text{ mm} < d < 800 \text{ mm}$
- 0 mm for ledninger med diameter større end 800 mm

Efterinjiceringen tillades ved styret boring udført i samme proces, hvor det ydre rør trækkes gennem borehullet, hvis efterinjiceringen udfylder hulrummet og mindst opnår styrke og stivhed som den omgivne naturlige aflejring.

Note 12.1-1

Det cirkulære hulrum ("overcut") omkring en installeret ledning dannes overvejende ved at bruge borehoved eller reamer med en større diameter end den ydre diameter af den installerede ledning.

Ved styret boring kan materialet, som udfylder hulrummet, mindst opnå en styrke og stivhed som den omgivne naturlige aflejring ved f.eks. at injicere med cement eller andet materiale i rette forhold gennem en eller flere separate slanger.

Afstanden mellem ledningens eller beskyttelsesrørets yderside og føringsrørets inderside skal være mindst mulig og maksimalt 20 mm. Hvis mellemrummet fyldes med fast materiale, bortfalder afstandskravet på 20 mm.

12.1.1 Lægningsdybde

Hvis der foretages opgravningsfri etablering af et rør, skal afstanden fra laveste skinneoverkant (SO) og til øverste overflade på tværgående ledningsanlæg (evt. føringsrør eller beskyttelsesrør) mindst være:

- 10 gange ledningsdiametere plus 1,0 m ved opgravningsfri ledningsetablering med styrbar jordfortrængning (lukket rør). Kravet i afsnit 11.2 skal dog også være opfyldt.
- 2,0 m under SO ved underboring og gennempresning uden jordfortrængning.
- 7 gange reamerens diameter + 1,0 m ved styret boring.

12.1.2 Udførelse

Ved opgravningsfri ledningsetablering skal de sikkerhedsmæssige krav i afsnit 10.1 være opfyldt. Derudover gælder nedenstående krav.

Hvis der foretages opgravningsfri ledningsetablering med styrbar jordfortrængning (f.eks. pilotrørsmetoden), må rørets udvendige diameter ikke overstige 200 mm.

Hvis der foretages opgravningsfri ledningsetablering ved styret boring, må rørets udvendige diameter ikke overstige 400 mm.

Følgende skal være opfyldt ved en ubemandet gennempresning eller underboring af et rør, med mindre der anvendes en metode med stabiliseret borefront:

- Den indvendige diameter må ikke overstige 1 m, uden at der etableres en skinneafstivning.
- Der skal til enhver tid være en prop af jord i fronten af røret med en længde på 4 gange rørets diameter.

Hvis en gennempresning udføres med manuel udgravning, må ledningsdiametere ikke overstige 1,2-1,5 m afhængig af jordbundsforholdene, uden at der etableres en skinneafstivning.

Presse- og modtagegrube for eksterne ledninger skal etableres uden for skel, dog maksimalt 25 m fra skel. Begge gruber skal være udgravet, inden den opgravningsfri ledningsetablering påbegyndes.

Inden udførelse af opgravningsfri ledningsetablering med en åben bore- eller gravefront skal et eventuelt grundvandsspejl være sænket til under rørets bund på hele den opgravningsfri ledningsstrækning. Hvis jordbundsforholdene indebærer en risiko for, at der kan stødes på vandfyldte sandlommer under den opgravningsfri ledningsetablering, skal der fastlægges en strategi for, hvordan fronten af røret kan lukkes hurtigt, hvis man støder ind i vandførende sandlommer. Inden bore- eller gravefronten åbnes igen, skal sandlommen være afvandet.

Note 12.1.2-1

I moræneaflejringer og i fyldlag, som indeholder ler, er der altid en risiko for, at der er vandfyldte sandlommer.

Det er en fordel at udføre ledningsetableringen fra den side, hvor bundkoten er lavest, da vand så nemmere kan løbe ud.

Ved pauser i en opgravningsfri ledningsetablering skal bore- eller gravefronten lukkes, så udflydning og evt. skred hindres.

Der må ikke anvendes spuling eller vibrationer ved etablering af ledninger under banen.

Der må ikke anvendes sprængning til fjernelse af forhindringer foran rør, som udføres ved opgravningsfri lægning.

Hvis der er risiko for banens stabilitet, skal det vurderes, om der skal indlægges en skinneafstivning i sporet.

Note 12.1.2-2

Vurdering af banens stabilitet fremgår af den geotekniske rapport, jfr. afsnit 11.1.

Hvis der skal anvendes skinneafstivninger, skal skinneafstivningerne have en længde, så de går uden for linjer med anlæg 1,5 (dvs. den vandrette længde er 1,5 gange den lodrette længde) fra begge sider på ledningens bredeste sted til svelleunderside. Understøtningerne af skinneafstivningerne skal beregnes, så de kan tåle, at jorden inden for de 2 linjer skrider væk.

Hvis der ved opgravningsfri ledningsetablering bruges boremudder, skal boremuddertrykket løbende kontrolleres i enhver af de delprocesser, hvor der anvendes boremudder under tryk. Forholdsregler skal tages for at undgå terrænhævninger eller opskydninger på grund af højt boremuddertryk. Det skal også løbende vurderes, om der er tegn på overforbrug af boremudder. Hvis der er det, skal trykket på boremudderet nedsættes.

Ved opgravningsfri ledningsetablering under en dæmning skal det vurderes, om der skal udføres en sikring af dæmningssiden på modtagesiden.

Note 12.1.2-3

En sikring af dæmningssiden kan f.eks. udføres ved at lægge noget friktionsmateriale op på dæmningssiden.

Efter ledningsetableringen skal det vurderes, om sporkassen eller afvandingssystemet er blevet tilstoppet i forbindelse med opgravningsfri ledningsetablering. Hvis der er mistanke om det, skal dette undersøges nærmere ved f.eks. TV-undersøgelse og/eller opgravning. Derefter skal det vurderes, om skærver og/eller afvandingssystemet skal renses, og om drængrus skal udskiftes.

12.2 Ledningsanlæg i åben grav

Hvis ledningsarbejdet udføres under trafikeret spor, skal udgravningen afstives med en tæt afstivning, og sporafstivning eller skinneafstivning skal indlægges.

Ud over kravene i afsnit 11.3 skal følgende krav til udførelsen være opfyldt:

- Støtte og udjævningslag skal udføres af grovbeton.
- På sporarealer skal tilfyldning ske med sand eller grus, som komprimeres, således at det opfylder kravene i [12].
- Ballastgrus og skærveballast skal retableres, så kravene i [1] er opfyldt.

Større kabelanlæg, som føres på tværs af spor, skal lægges i hulblokke eller omstøbte beskyttelsesrør. Det tillades, at to enkelte rør i samme niveau lægges side om side uden omstøbning. Afstanden mellem rørene skal opfylde kravene i afsnit 11.2.

Eventuelle gravekasser skal i forbindelse med komprimeringen løftes i takt med, at omkringfyldningen komprimeres.

Olie- og gasledninger må ikke aktiveres i en åben grav. Før trykprøvning, drift m.v. af olie- eller gasledningen skal graven tilbagefyldes med fyldmateriale. Konstruktive forhold omkring etablering af olie- eller gasledninger i åben grav skal tillige følge retningslinierne i [29] hhv. [8].

Note 12.2-1

Eksempel på retningslinier er, at metoden anvendt til tilbagefyldning skal sikre, at der ikke udøves skade på rør såvel som på overfladebehandlingen på rørledningen.

12.3 Korrosionsbeskyttelse af stålrør

Korrosion af stålrør i jord skal nøje vurderes jf. [30] og [31], og der skal iværksættes en effektiv korrosionsbeskyttelse, som sikrer at stålrøret i hele dets levetid har tilstrækkelig sikkerhed overfor de påvirkninger, som røret er dimensioneret for.

Hvor der anvendes beskyttelsesrør skal risikoen for korrosion som følge af miljøet i selve beskyttelsesrøret nøje kortlægges og forebygges. Det gælder både stålledningen og et eventuelt beskyttelsesrør af stål.

Note 12.3-1

Anvendelse af katodisk beskyttelse i sammenhæng med beskyttelsesrør kræver nøje overvejelser, da beskyttelsesrøret kan reducere effektiviteten af den katodiske beskyttelse.

Note 12.3-2

Der henvises til [8] vedrørende krav om, at forslag til korrosionsbeskyttelse af transmissionsledninger skal forelægges Arbejdstilsynet til godkendelse.

Der henvises til [26] vedrørende krav, om at den korrosionsbeskyttende overfladebehandling skal suppleres med katodisk beskyttelse, inklusiv inspektionsplaner og –procedurer, som skal være indrettet således, at dens effektivitet kan overvåges.

Olie- og gasledninger samt beskyttelsesrør skal udvendigt forsynes med en korrosionsbeskyttende overfladebehandling. Integriteten af rørets overfladebehandling skal dokumenteres før installation ved anvendelse af en "holiday detector" (gnistprøvning).

Note 12.3-3

Hvis røret bruges som føringsrør ved en opgravningsfri ledningsetablering, bør der anvendes en slidstærk overfladebehandling som polypropylen eller tilsvarende.

Note 12.3-4

Anvendelsen af overfladebehandling af beskyttelsesrør i stål, som benyttes som føringsrør ved en opgravningsfri ledningsetablering bør vurderes i forhold til korrosionsrisikoen, herunder den som hidrører fra miljøet i beskyttelsesrøret. Dette kan føre til at den passive korrosionsbeskyttelse i form af overfladebehandlingen bør suppleres med en aktiv i form af en påtrykt strøm. Såfremt der anvendes en overfladebehandling bør denne kontrolleres for defekter efter etablering.

Samlinger af beskyttelsesrør skal overholde de samme krav som beskyttelsesrøret med hensyn til korrosion.

12.3.1 Supplerende krav til beskyttelsesrør

Olie- og gasledninger må ikke have metallisk forbindelse med beskyttelsesrør af stål.

Olie- eller gasledningen, der føres i beskyttelsesrøret, skal forsynes med et tilstrækkeligt antal elektrisk isolerende afstandsholdere, for at undgå muligheden for kontakt mellem rørledningen og beskyttelsesrøret. Afstandsholderne skal placeres ækvidistant igennem beskyttelsesrøret samt være beregnet for en last svarende til, at rørledningen, der føres i beskyttelsesrøret, er vandfyldt. Ved beskyttelsesrørets ender skal afstandsholderne regnes for et lastbidrag som følge af risiko for sætninger jf. [28].

12.4 Gennemløb

Gennemløb under banen skal dimensioneres og udføres som angivet i [2].

12.5 Elkabler

Eksterne stærkstrømskabler skal lægges i beskyttelsesrør, hvis de er tættere end 5 m fra nærmeste spormidte, eller hvis de skal under banedæmninger.

Note 12.5-1

Vedrørende øvrige krav til elkabler henvises til [7].

12.6 Aarhus Letbanes egne ledninger

Bortset fra de krav, som er angivet specielt for eksterne ledninger, skal Aarhus Letbanes egne ledninger opfylde kravene i Letbanenormen. I dette afsnit er angivet supplerende krav til Aarhus Letbanes egne ledninger.

Note 12.6-1

Vedrørende øvrige regler for interne ledningsanlæg henvises til [16].

Ledningsanlæg, som bruges til afvanding af spor, skal foruden denne Letbanenorm også udføres efter [2]. Hvor der for disse ledninger er forskel på krav i [2] og i denne Letbanenorm, er det kravene i [2], som er gældende.

Der skal indhentes tilladelse hos Aarhus Letbane til ophængning af ledninger på bygværker som tunneler, broer, støttemure m.m.

Note 12.6-2

For øvrige krav til udførelse af ledningsanlæg til Aarhus Letbanes infrastrukturanlæg, som ophænges på broer, henvises til [13].

Ledningsanlæg eller komponenter til ledningsanlæg (f.eks. kabelrender) må ikke hindre afvandning af sporet eller selv fungere som drænsystem.

Kabelrender, der benyttes til gassporskiftevarme, må kun indeholde gasrør samt tilhørende kabler til styring og overvågning af gassporskiftevarmen. Kabelrenderne må ikke have forbindelse til andre kabelrender, da eventuel udsivende gas kan trænge ind i f.eks. bygninger via andre kabelrender.

Kabler, som krydser spor, skal lægges beskyttet - fortrinsvis i hulblok eller beskyttelsesrør.

12.6.1 Tracé og placering

Kravene i dette afsnit gælder ikke for ledninger, som kun placeres i perroner.

Langsgående ledningsanlæg, som fører frem til Aarhus Letbanes infrastrukturanlæg (f.eks. spor) eller indgår i dette, skal etableres i en afstand på mindst 2,50 m fra spormidte, målt vandret. På stationsområder tillades sådanne ledningsanlæg dog placeret midt mellem sporene. Komponenter over jorden (brønde, kabelrender m.v.), som indgår i ledningsanlæg, skal holde samme afstand, regnet til nærmeste flade mod spormidten. Hvor pladsforholdene kræver det, tillades brønde dog placeret mindst 2,3 m fra nærmeste spormidte.

For langsgående ledningsanlæg, som placeres nærmere end 3,5 m fra nærmeste spormidte, gælder, at afstanden fra laveste skinneoverkant (SO) og til øverste overflade på ledningsanlægget mindst skal være 1,3 m målt lodret.

Ledningsanlæg, som placeres længere væk end 3,5 m fra spormidte, skal lægges mindst 0,5 m under terræn på fri strækning og 0,75 m under terræn på stationsområder. Strømførende ledninger tillades dog helt lokalt ved Aarhus Letbanes infrastrukturanlæg placeret højere.

Tværgående stropper for beskyttelsesjording på stationsområder, hvor der færdes rangerpersonale, skal føres i kabelrør, der skal nedgraves i en dybde af 10-20 cm under overfladen af ballastlaget.

Signal/telekabler skal føres i eksisterende kabelrør og -brønde. Hvor dette ikke er muligt, kan der søges om dispensation til alternative placeringer som angivet i afsnit 8.

12.6.2 Udførelse

Nedgravning af langsgående ledninger på dæmninger skal opfylde kravene i afsnit 10.3.

Ved opgravninger for ledninger må det opgravede materiale ikke lægges på ballasten eller på underballasten.

Hvis opgravningen er udført ved sugning, må ler ikke genindbygges som råjord i ledningsgrave.

Ved tilbagefyldning i ledningsgrave skal råjorden under råjordsplanum komprimeres ved at køre 4 gange over med en pladevibrator. Ballasten og underballasten skal retableres med de laggrænser, der var inden udgravningen. Underballasten skal retableres med samme materiale, som der var inden udgravningen, dvs. med stabilt grus, hvor der var stabilt grus, og med veldrænende grus, hvor der var veldrænende grus.

Oversiden af underballast af stabilt grus komprimeres ved at køre 4 gange over med en pladevibrator. Oversiden af underballast af veldrænende grus komprimeres ved at køre 1 gang over med en pladevibrator.

Oversiden af underballasten skal efter arbejdets udførelse have en helt jævn overflade med hældning 40 ‰ mod dæmningsiden.

12.6.3 Nedpløjning af kabler

Ved nedpløjning af kabler skal de sikkerhedsmæssige krav i afsnit 10.2 være opfyldt.

Note 12.6.3-1

Ved nedpløjning af kabler på smalle dæmninger kan der søges om dispensation fra de krav, der i afsnit 12.6.1 er angivet til afstanden fra spormidten. For krav vedrørende udførelse af kabelpløjning henvises til [11].

12.6.4 Ledninger på terræn

Kun ledninger, der anvendes til udvendige anlægsdele i sikrings- og køreledningsanlæg, må etableres permanent direkte på terræn eller i rør på terræn.

Hvis kabler lægges i kabelrender parallelt med sporet, skal kabelrenden opfylde kravet til afstand fra spormidte, som er angivet i afsnit 12.6.1.

Under anlægsarbejder og lign. skal kabler og kabelbundter sikres ved afmærkning (indhegning) med reflekterende guirlandebånd for at hindre, at de bliver snublegenstande.

12.7 Supplerende krav til ledninger med indvendigt overtryk

Ledningerne skal være forsynet med afmærkede stopventiler på begge sider af banen, med mindre ledningsejeren kan dokumentere, at ledninger, der fører væske under tryk (f.eks. olie, trykvand, trykkloak og fjernvarmeledninger) kan stoppes hurtigt ved brud. Ved ikke ringforbundne ledninger er det dog nok at have en afmærket stopventil på tryksiden af banen, hvis det kan dokumenteres, at væsketrykket aftager hurtigt på den anden side af banen. Stopventiler må ikke placeres i en brønd, der skal aflede væsker ved eventuelt brud.

13. LBN2 SUPPLERENDE KRAV TIL BESKYTTELSESRØR

Kravene i nærværende afsnit gælder for beskyttelsesrør om ledninger med indre overtryk.

Beskyttelsesrør skal overholde kravene i afsnittene 10, 11 og 12. Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende specielle krav.

Beskyttelsesrør må ikke være af beton.

Samlinger af beskyttelsesrør skal overholde de samme krav som beskyttelsesrøret.

Beskyttelsesrør for ledninger med indre overtryk skal lægges med et ensidigt fald på mindst 3 ‰. Hvis der skal etableres en brønd ved beskyttelsesrøret, skal faldet på ledningen have retning mod brønden.

Hvis der anvendes føringsrør til etableringen af et beskyttelsesrør, skal beskyttelsesrørets ender mindst være 0,5 m uden for enderne af føringsrøret.

Ledninger af stål eller duktilt støbejern, som er anbragt i beskyttelsesrør, skal forsynes med støtte eller centreringsanordning, udformet så ydre kræfter ikke overføres til ledningen, og således at overfladebehandlingen ikke beskadiges.

Note 13-1

For øvrige krav til beskyttelsesrør for kabelanlæg henvises til [7].

13.1 Beskyttelsesrør for gas- og olieledninger

De bestemmelser om gasledningers kvalitet, afprøvning og inspektion, som findes i [8], gælder også for beskyttelsesrør.

Hvis mellemrummet mellem gasrøret og beskyttelsesrøret skal lukkes, må der ikke bruges svejsninger eller andre påvirkninger, som kan medføre en svækkelse af gasrøret.

Krav til mindste lodrette afstand fra laveste skinneoverkant (SO) til beskyttelsesrørets top fremgår af figur 13.1-1. Hvis beskyttelsesrøret etableres ved en opgravningsfri ledningsetablering, skal krav til lodrette afstande i afsnit 12.1.1 også overholdes.

	1 bar ≤ Ledningstryk ≤ 4 bar	Gas- og olieledning med ledningstryk ≤ 4 bar	Ledningstryk > 4 bar
Mindste lodrette afstand	1,6 m	2,0 m	2,4 m

Figur 13.1-1 Mindste afstand fra laveste skinneoverkant (SO) til beskyttelsesrørets top

13.1.1 Konstruktive forhold for anvendelse af beskyttelsesrør til olie- og gasledninger

Ved anvendelse af beskyttelsesrør til olie- og gasledninger skal beskyttelsesrøret projekteres under tilstrækkelig hensyntagen til følgende forhold:

- En eventuel risiko for vandindtrængning i beskyttelsesrøret skal, såfremt etableringen af beskyttelsesrøret finder sted uden etablering af brønd, elimineres i henhold til [8].
- Beskyttelsesrørets indvendige diameter skal som minimum have en dimension, som tillader en installation af rørledningen, der ikke vil medføre beskadigelse af overfladebehandlingen som beskrevet i afsnit 12.3
- Anvendes tillige katodisk beskyttelse af olie- eller gasledningen, skal der tages hensyn hertil under projekteringen af beskyttelsesrørets indvendige diameter.
- Ved en eventuel sektionering af beskyttelsesrør skal samlinger udføres tæt.

Krav om korrosionsbeskyttelse jf. afsnit 12.3 skal overholdes.

Note 13.1.1-1

Som vejledning for beskyttelsesrørets overstørrelse i forhold til rørledningen, der føres i beskyttelsesrøret, bør den indvendige diameter af beskyttelsesrøret ud over bidrag fra eventuel katodisk beskyttelse være minimum som følgende:

Overstørrelse ≥ 50 mm for rørledningsdiameter < 150 mm

Overstørrelse ≥ 100 mm for rørledningsdiameter ≥ 150 mm

Tallene er kun vejledende og skal i alle tilfælde tilpasses den konkrete situation, herunder beskyttelsesrørets længde.

13.1.2 Konstruktive forhold vedrørende ventilation af beskyttelsesrør til olie- og gasledninger

Der skal være mulighed for afledning af udstrømmende gas fra en eller begge ender af beskyttelsesrøret.

Ved udformning af mulighed for ventilering af beskyttelsesrør skal følgende konstruktive forhold iagttages, bl.a. under hensyntagen til krav fremsat i [8] og [29]:

- Ved anvendelse af afluftningskanaler skal disse beskyttes mod vejrlig således, at risiko for vandindtrængning i beskyttelsesrøret hindres. Desuden skal de udføres robust, således at de er sikret mod hærværk.
- Såfremt mulighed for afledning af udstrømmende gas etableres i form af en sandlomme med overflade i terræn, skal sandlommen mindst have et areal på 1 m² i hele dybden fra terræn til ledningen.
- Hvis beskyttelsesrøret for en naturgasledning kun har afledning for udstrømmende gas i den ene ende, skal røret have sådanne dimensioner, at gennemstrømningsarealet mellem beskyttelsesrør og ledning er mindst lige så stort som ledningens tværsnitsareal.
- Hvis beskyttelsesrøret for en naturgasledning har afledning i begge ender, skal gennemstrømningsarealet mellem beskyttelsesrør og ledning mindst være halvt så stort som ledningens tværsnitsareal.
- Beskyttelsesrør for olieledninger skal lukkes olie- og gastæt i den ene ende. I den anden ende skal der etableres afledning for udstrømmende gas og olie.

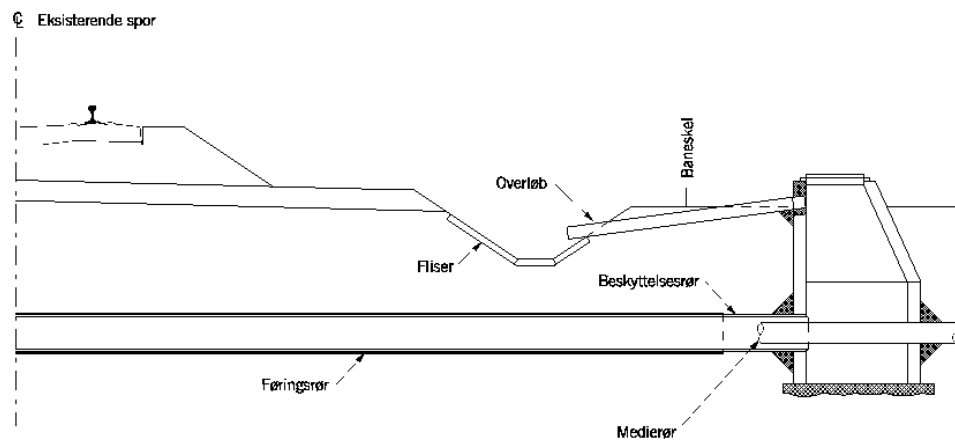
13.2 Beskyttelsesrør for øvrige ledninger med indre overtryk

På beskyttelsesrør for trykvand-, trykkloak-, og fjernvarmeledninger skal der i den ene ende etableres brønd uden for skel til afledning af væsker ved et eventuelt brud. I den anden ende skal beskyttelsesrøret lukkes væsketæt omkring medierøret. Brønden skal udformes som en nedstigningsbrønd, så den også kan bruges til kontrol, inspektion og rensning af tilsluttede ledninger mv.

Der skal være afløbsmulighed fra brønden. Overløbsrøret skal have synligt udløb. Ved udløbet skal grøften beklædes.

Note 13.2-1

Angående beklædning af grøft henvises til [2].



Figur 13.2.-1 Eksempel på brønd til afledning af væske

BILAGSOVERSIGT

- Bilag 1 Opgravningsfri ledningsetablering, krav til entreprenørers kvalitetsstyringssystem (Normativt)
- Bilag 2 Vejledende parametre til beregning af rør
 - Bilag 2.1 Fyld, som overvejende består af friktionsfyld
 - Bilag 2.2 Morænelersfyld
 - Bilag 2.3 Moræneler
 - Bilag 2.4 Glacialt smeltevandsler
 - Bilag 2.5 Intakte, glacielle sandaflejringer
- Bilag 3 Beregning af betonelementrør
- Bilag 4 Dimensionering af stålrør i henhold til Spanglers formel

Bilag 1 Opgravningsfri ledningsetablering, krav til entreprenørers kvalitetsstyringssystem (Normativt)

- a) Der skal kunne leveres en generel beskrivelse, der indeholder firmaets metode- og produktbetegnelse, metode- og produktbeskrivelse, herunder tolerancer, anvendelsesområde samt materiale-, produkt- og systemegenskaber.
- b) Der skal kunne leveres dokumentation for indhentning af gravetilladelser og ledningsoplysninger.
- c) Borearbejdet skal planlægges, og der skal foreligge en dokumentation for, at borearbejdet kan udføres uden at beskadige andre ledninger og installationer, samt for at krævede afstande kan overholdes.
- d) Der skal kunne leveres data for installerede ledninger.
- e) Der skal kunne leveres dokumentation for, at installerede ledninger ikke har lidt overlast.
- f) Der skal udarbejdes en afvigerapport ved projektføreløb, der afviger fra standardføreløb.
- g) Der skal kunne leveres væsentlige data vedrørende borearbejdet: Dato, sted, frigravninger, kontrol af afstandsmåler, reamerdiameter, maskintype m.v.
- h) Der skal kunne leveres dokumentation for bortskaffet boremudder.
- i) Entreprenøren skal være omfattet af en *uvildig* ekstern audit af sin kvalitetsstyring, hvor der mindst 1 gang om året aflægges et uanmeldt kontrolbesøg.

Bilag 2 Vejledende parametre til beregning af rør (Informativt)

Nedenstående beregningsmetoder til beregning af konsolideringsmoduler er vejledende. Hvor K-værdien er kritisk, vil det formentligt være påkrævet at udføre en nøjere forsøgsmæssig undersøgelse af konsolideringsmodul for intakte aflejringer.

Bilag 2.1 Fyld, som overvejende består af friktionsfyld

Fyld, som overvejende består af friktionsfyld, vil have varierende værdier af konsolideringsmodul K, da K primært afhænger af komprimeringsgraden. Der kan for K anvendes:

$$K = (250 \text{ mPa}) \cdot (\sigma' / 25 \text{ Mpa})^a$$

Hvor σ' er den største effektive hovedspænding, og eksponenten a varierer fra $a = 0,9$ ved 90 % Standard Proctor til $a = 0,5$ ved 96 % S.P. Værdier svarende til mindre værdier af a kan kun anvendes efter nærmere undersøgelser.

Bilag 2.2 Morænelersfyld

Morænelersfyld kan erfaringsmæssigt antages at have:

$$K = (10 \text{ Mpa}) \cdot \exp(19,2 (P-1))$$

Hvor P betegner Standard Proctor tæthed som rent tal. Det er en forudsætning, at komprimeringen udføres ved et vandindhold, som ikke er mindre end det optimale.

Konsolideringsmodulet for morænelersfyld kan også anvendes for andre typer lerfyld, men ikke for plastiske og kvældende lerarter, som kræver særlige undersøgelser og overvejelser.

Bilag 2.3 Moræneler

For moræneler i uforstyrret tilstand kan bruges nedenstående empiriske udtryk:

$$K = 40 c_v / w$$

Hvor c_v er vingestyrken, og w er vandindholdet som rent tal, eller:

$$K = 20 \text{ Mpa} + 1500 \sigma'_a$$

Hvor σ'_a er den effektive aflastningsspænding. Disse udtryk kan næppe opfattes som nedre karakteristiske værdier, men spredningen skulle her kun svare til en faktor 2 på en logaritmisk skala.

Bilag 2.4 Glacialt smeltevandsler

For glacialt smeltevandsler kan anvendes udtryk, der svarer til halvdelen af værdien i formlen for moræneler.

Bilag 2.5 Intakte, glaciale sandaflejringer

For intakte, glaciale sandaflejringer kan anvendes:

$$K = 300 \text{ Mpa} \cdot (\sigma'/1\text{Mpa})^{1/2}$$

Idet σ' betegner den største effektive hovedspænding in situ.

Bilag 3 Beregning af betonelementrør (Informativt)

Hvis betonelementrør med diameter mindre end 2 m udføres, så der sikres en særlig god kontakt til det omgivende intakte jordlag, kan anvendes følgende beregningsmetode:

For beregningsmetoder, der anvender ballasttal k til bestemmelse af jordtrykkets variation rundt om røret, antages:

$$k = K/2r$$

Hvor K er konsolideringsmodul for den jord, røret ligger på, og r er rørets radius målt til vægtværsnittets tyngdepunktslinje. Ballasttallet indføres i beregningerne uden yderligere partialkoefficient, da der skal sættes partialkoefficient på K .

Der antages en udgangstrykfordeling, som svarer til en ren hviletrykstilstand. Deformationen defineres af rørtværsnittets art/udformning, og de antagne ballasttal bestemmer herefter en simpel modifikation af trykfordelingen rundt om røret. For et cirkulært rør uden charnierer ville således en deformation svarende til radiale flytninger $w_0 \cdot \cos 2\theta$ være det naturlige valg, hvor θ er vinkelkoordinaten målt fra rørtoppen svarende til, at w_0 er den maksimale flytning i top (og bund).

For et mini-tunneltværsnit med tre ækvidistante charnierer, hvoraf det øverste ligger i top-snittet, kan antages en deformation bestemt af elastiske krumninger alene i det nederste af de tre tunnelelementer sammen med de heraf følgende vinkeldrejninger i de tre charnierer. Problemet har herefter kun een overtallig, f.eks. det største moment i bundelementet, som kan findes ved en simpel iteration. Iterationen følger af, at stivheden for det nedre tunnelelement reduceres for voksende moment; for armerede elementer bestemmes den for en tilstand uden trækspændinger i betonen.

Med rørstivheden S bestemt af den således reducerede værdi af $EI = M/k$, hvor E og I er henholdsvis elasticitetsmodul og inertimoment for røret, M er momentet, og k er krumningen i udbøjningsfiguren, kan den relative lodrette diameterændring for trafiklast alene beregnes til:

$$\delta = v_t / (13,3S + 1,24 K)$$

For K kan anvendes en middelværdi mellem værdien over og værdien ved siden af røret. Koefficienterne afhænger af de ovennævnte antagelser om tre charnierer, hvoraf det ene ligger i rørets top, og skal ændres i tilfælde af andre udformninger. Den således bestemte diameterændring δ skal være mindre end 0,002.

Minitunnel-elementerne vil normalt være armeret med jernene placeret midt i vægtykkelsen. Betonen kan derfor regnes revnet overalt i trækzonerne. I overensstemmelse med en anvisning i [3] skal det påses, at de under disse forudsætninger beregnede armeringsspændinger ikke overskrider den karakteristiske flydespænding. Herved skal ballasttallene dog stadig indføres som regningsmæssig størrelse.

Bilag 4 Dimensionering af stålrør i henhold til Spanglers formel (Informativt)

I det følgende er gengivet et udtryk for beregning af den totale spænding i et stålrør for olie- og gasledninger, gældende for en rørledning såvel som for et beskyttelsesrør.

I forbindelse med anvendelse af det opskrevne formelsæt skal det indledningsvis overvejes, hvilke kræfter der er til stede, og som derfor skal medregnes. Vedrørende fastlæggelse af design faktor henvises til afsnit 10.5.1s indledende afsnit.

Note Bilag 4-1

Opmærksomheden henledes på, at formeludtrykket ikke tager forhold som termisk ekspansion, sætninger i omkringliggende jord, trykstød m.v. med i beregningen.

Udtrykkene er baseret på en formel fra [8] kendt som Spangler's formel og er anerkendt som en acceptabel metode til design af rørledninger, der krydser motorveje og jernbaner.

Det samlede spændingsniveau i [MPa], S_T , som følge af indre tryk og jord- og trafiklast, angivet som henholdsvis S_I og S_E , findes af:

$$S_T = S_I + S_E = \frac{P \cdot D}{2 \cdot t} + \frac{3 \cdot g \cdot K_b \cdot W \cdot E \cdot D \cdot t \cdot 10^{-6}}{E \cdot t^3 + 3 \cdot K_z \cdot P \cdot D^3}$$

$$W = C_d \cdot \rho \cdot B_D^2 + \frac{1,50}{\pi} \cdot \frac{L \cdot D \cdot I}{H^2}$$

hvor

- S_T [MPa] = samlet kombineret ringspænding som følge af indre tryk og jord- og trafiklast,
≤ 100% SMYS.
- S_I [MPa] = ringspænding hidrørende fra indre tryk, P, bestemt i henhold til GPTC Guiden §192.105 med "temperature derating" og "joint factor" på 1.
- S_E [MPa] = ringspænding hidrørende fra ydre last.
- P [MPa] = indre tryk i rørledningen, der ikke må overstige trykket bestemt i henhold til GPTC Guiden §192.105 under anvendelse af design faktor jf. §192.111 og afsnit 10.5.1.
- D [m] = ydre rørdiameter inklusiv eventuel overfladebehandling.
- t [m] = effektiv godstykkelse af stålet i henhold til At-Vejledning F.0.1 [8]
- K_b [-] = bøjningsmoment faktor jf. GPTC Guiden tabel 192.111ii.
- W [kg/m] = samlet ydre last.
- E [MPa] = Young's modul for stål.
- K_z [-] = deflektionsfaktor jf. GPTC Guiden tabel 192.111ii.
- C_d [-] = lastkoefficient jf. GPTC Guiden tabel 192.111iii.
- ρ [kg/m³] = densitet af overliggende jord.
- B_D [m] = bredden af udgravningen eller diameteren af det borede hul.
- L [kg] = aksellast. For L indsættes den regningsmæssige aksellast, dvs. γ_f 540 kN.
- I [-] = dynamisk faktor (1,5 for blødt underlag og 1,0 for stift underlag).
- H [m] = højden af jorden over rørledningen.
- g [m/s²] = tyngdeaccelerationen (regnes som 9,81 [m/s²]).
- [-] angiver at parameteren er dimensionsløs.