

# DIN EN 13941-1:2019-12 (D/E)

Fernwärmerohre - Auslegung und Installation von gedämmten Einzel- und Doppelrohr-Verbundsystemen für direkt erdverlegte Heißwasser-Fernwärmenetze - Teil 1: Auslegung; Deutsche und Englische Fassung EN 13941-1:2019

District heating pipes - Design and installation of thermal insulated bonded single and twin pipe systems for directly buried hot water networks - Part 1: Design; German and English version EN 13941-1:2019

---

Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort.....	7
Einleitung .....	9
1 Anwendungsbereich.....	10
2 Normative Verweisungen .....	10
3 Begriffe, Einheiten und Symbole .....	11
3.1 Begriffe .....	11
3.1.1 Symbole .....	12
3.1.2 Abkürzungen .....	17
4 Allgemeine Anforderungen.....	18
4.1 Funktionale Anforderungen .....	18
4.2 Nutzungsdauer .....	18
4.3 Voruntersuchungen.....	18
4.4 Bestimmung der Projektklasse.....	20
4.4.1 Risikobewertung .....	20
4.4.2 Projektklassen.....	20
4.5 Projektdokumentation.....	22
4.5.1 Allgemeines.....	22
4.5.2 Betriebsdaten .....	23
4.5.3 Daten bezüglich des Rohrleitungssystems.....	23
4.6 Trassenauswahl und Positionierung der Rohre.....	25
4.6.1 Mindestabstände zwischen parallelen Rohren .....	25
4.6.2 Parallele Aufgrabungen und Arbeiten von Dritten .....	26
4.6.3 Mindestabstände zwischen Fernwärmerohrleitungen und unterirdischen Strukturen.....	26
4.7 Entlüftung und Entleerung.....	27
4.8 Armaturen .....	27
4.9 Beschaffung von Werkstoffen.....	27
4.9.1 Hersteller der Rohrleitungskomponenten .....	27
4.10 Qualitätssicherung.....	27
4.10.1 Allgemeines .....	27
4.10.2 Auslegungsphase .....	28
4.10.3 Ausführungsphase .....	28
5 Anforderungen für Komponenten und Werkstoffe.....	29
5.1 Grundanforderungen .....	29
5.2 Stahlmediumrohrteile .....	29
5.2.1 Allgemeines .....	29
5.2.2 Spezifikation .....	29
5.2.3 Kennwerte für Stahl.....	30
5.2.4 Spezifische Anforderungen an Rohrbögen und T-Stücke.....	31
5.2.5 Spezifische Anforderungen für kleine Winkelabweichungen .....	32

5.2.6	Spezifische Anforderungen für Reduzierstücke.....	33
5.3	Polyurethan-Schaumstoffwärmedämmung .....	33
5.4	Ummantelung .....	33
5.5	Werkstoffe für Ummantelungen und die Wärmedämmung von Montagestößen.....	33
5.6	Dehnpolster .....	33
5.6.1	Allgemeines.....	33
5.6.2	Werkstoffe .....	34
5.6.3	Steifigkeitseigenschaften.....	34
5.6.4	Auswahl der erforderlichen Dicke der Dehnpolster .....	35
5.6.5	Kennzeichnung .....	35
5.7	Armaturen und Zubehör .....	36
5.7.1	Allgemeine Anforderungen.....	36
5.7.2	Kennzeichnung und Dokumentation .....	36
6	Auslegung und Berechnung .....	36
6.1	Allgemeines Verfahren.....	36
6.2	Rohrleitungskomponenten, Bereiche, Bedingungen und Schnittstellen, die in die Analyse einfließen müssen.....	37
6.2.1	Systemkomponenten .....	37
6.2.2	Bereiche, die spezifische Analysen erfordern .....	38
6.2.3	Besondere Bedingungen .....	38
6.2.4	Schnittstellen.....	39
6.3	Vereinfachtes Analyseverfahren.....	39
6.4	Einwirkungen .....	40
6.4.1	Allgemeines.....	40
6.4.2	Klassifizierung der Einwirkungen und Lastkombinationen .....	40
6.4.3	Temperaturschwankungen.....	43
6.4.4	Oberlast durch den Boden.....	43
6.4.5	Verkehrslasten.....	43
6.5	Globale Analyse und Wechselwirkung zwischen Rohr und Boden .....	45
6.5.1	Allgemeines.....	45
6.5.2	Modell für die Wechselwirkung zwischen Rohr und Boden.....	46
6.5.3	Rohr-Boden-Reibung (axial) .....	47
6.5.4	Horizontale Bodenreaktionskraft (lateral) .....	50
6.5.5	Kombinierte laterale Steife des Stahlmediumrohres, des PUR, der Dehnpolster und des Bodens .....	55
6.5.6	Bodeneigenschaften .....	57
6.5.7	Wärmeausdehnung von vergrabenen Rohrabschnitten .....	57
6.5.8	Rohrleitungssysteme mit Einmalkompensatoren (EKO).....	60
6.5.9	Spezifische Anforderungen an vertikale und horizontale Stabilität .....	62
6.5.10	Parallelaufgrabungen .....	65
6.5.11	Anforderungen für weiche Böden und Setzungsbereiche.....	66
6.5.12	Spezifische Auslegungsanforderungen für überirdische Rohrleitungen mit werkmäßig hergestellten Rohr- und Verbundformstücken .....	66
6.5.13	Verlegung in Schutzrohren .....	67
6.6	Bestimmung von Spannungen und Dehnungen .....	67
6.6.1	Allgemeines.....	67
6.6.2	Querschnittsanalysen, Stahl .....	67
6.6.3	Bewertung basierend auf einer resultierenden (äquivalenten) Spannung .....	70
6.6.4	Spannungen und Ovalisierung durch von oben wirkende Lasten.....	70
6.6.5	Auslenkung.....	73
6.6.6	Bögen.....	74
6.6.7	T-Stücke.....	74
6.6.8	Einmalkompensatoren (EKO) .....	77
6.6.9	PUR und Ummantelung .....	78
6.7	Ermüdungsanalysen.....	79
6.7.1	Allgemeines.....	79
6.7.2	Lastwechsel .....	80

6.8	Weitere Maßnahmen.....	82
7	Grenzzustände.....	83
7.1	Allgemeines.....	83
7.2	Grenzzustände von Stahlmediumrohren.....	83
7.2.1	Allgemeines.....	83
7.2.2	Grenzzustand A: Versagen aufgrund plastischer Verformung.....	84
7.2.3	Grenzzustand B: Versagen aufgrund von Ermüdungsbruch.....	87
7.2.4	Grenzzustand C: Versagen aufgrund „Instabilität des Systems oder von dessen Teilen“.....	89
7.2.5	Grenzzustand D: Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	92
7.2.6	Übersicht über die Grenzzustände für Stahl.....	92
7.3	Grenzzustände für PUR und PE.....	95
7.3.1	Druckspannung.....	95
7.3.2	Grenzzustand für Schubspannungen.....	95
7.3.3	Grenzzustand für PE.....	95
7.4	Grenzzustand für Armaturen.....	96
<b>Anhang A (normativ) Auslegung von Rohrleitungsteilen unter Innendruck.....</b>		<b>97</b>
A.1	Allgemeines.....	97
A.2	Gerade Rohre und Bögen.....	97
A.2.1	Gerade Rohre.....	97
A.2.2	Bögen.....	97
A.3	T-Stücke und Abzweige.....	98
A.3.1	Allgemeine Aspekte und Einschränkungen.....	98
A.3.2	Verstärkung.....	98
A.4	Reduzierstücke und Verlängerungen.....	101
A.5	Kappen.....	102
A.5.1	Allgemeines.....	102
A.5.2	Korbbögenförmige Kappe, erforderliche Mindestwanddicke bezogen auf den Innendruck.....	102
A.5.3	Gerade zylindrische Ummantelungen.....	102
<b>Anhang B (informativ) Bodeneigenschaften und geotechnische Parameter für die Analyse von Rohr-Boden Wechselwirkungen.....</b>		<b>103</b>
B.1	Allgemeine Anforderungen.....	103
B.2	Geotechnische Parameter für die globale Analyse (Wechselwirkung zwischen Rohr und Boden).....	103
B.3	Geotechnische Studie.....	104
B.3.1	Feldstudie.....	104
B.3.2	Typische Werte in Bezug auf Mittelwerte.....	104
B.3.3	Untersuchung der Grenzflächenreibung.....	105
B.4	Kennwerte für Bodeneigenschaften.....	105
B.4.1	Typische Werte in Bezug auf Mittelwerte.....	105
B.4.2	Räumliche Variation der Bodeneigenschaften.....	106
B.5	Modellunsicherheit bei Bestimmung geotechnischer Parameter.....	107
<b>Anhang C (informativ) Flexibilität und Spannungserhöhungen von Rohrkomponenten.....</b>		<b>109</b>
C.1	Allgemeines.....	109
C.2	Flexibilitätsfaktoren für Rohrkomponenten.....	109
C.2.1	Bögen.....	109
C.2.2	T-Stücke.....	110
C.2.3	Andere Komponenten.....	110
C.3	Spannungserhöhung in Rohrelementen.....	110
C.3.1	Stumpfschweißverbindungen.....	110
C.3.2	Bögen.....	110
C.3.3	T-Stücke.....	112
C.3.4	Kleine Winkelabweichungen.....	114
C.3.5	Reduzierstücke.....	115
<b>Anhang D (informativ) Berechnung der Wärmeverluste.....</b>		<b>117</b>

D.1	Allgemeines.....	117
D.2	Wärmeverlust von wärme gedämmten Rohren.....	117
D.2.1	Paar von Einzelrohren – Berechnung des spezifischen Wärmeverlustes .....	117
D.2.2	Symmetrische und (a) antisymmetrische Wärmeverlustfaktoren nach Multipol-Gleichungen nullter Ordnung: .....	118
D.2.3	Mittels einer Annäherung nullter Ordnung für die (s) symmetrischen und (a) antisymmetrischen Probleme kann die Wärmebeständigkeit berechnet werden: .....	118
D.2.4	Spezifischer Wärmeverlust von Rohren .....	119
D.2.5	Doppelrohre — Berechnung des spezifischen Wärmeverlustes .....	119
D.2.6	Temperatur von Rohren .....	120
D.2.7	(s) symmetrische und (a) antisymmetrische Wärmeverlustfaktoren nach Multipol- Gleichungen erster Ordnung: .....	121
D.2.8	Spezifischer Wärmeverlust von Rohren .....	122
Anhang E (informativ) Spezifische Anforderungen für Doppelrohrsysteme .....		123
E.1	Allgemeines.....	123
E.2	Komponenten und Werkstoffe.....	123
E.2.1	Doppelrohrsystem .....	123
E.2.2	Fixierungsplatten.....	124
E.3	Max. erlaubte Spannungen für spezifische Elemente von Doppelrohrsystemen .....	124
E.3.1	Projektklassen .....	124
E.3.2	Bodenreibung, Reibungslänge von Doppelrohren und Rohrausdehnung.....	125
E.3.3	Axiale Spannung in Vorlauf- und Rücklaufstahlmediumrohren.....	127
E.3.4	Maße der Fixierungsplatten .....	129
E.3.5	Dehngrenze der Fixierungsplatte .....	133
E.3.6	Nachweis der Schweißnähte.....	134
E.3.7	Vertikale und horizontale Stabilität von Doppelrohrsystemen im Boden .....	137
E.3.8	Spannungserhöhungsfaktoren für Bögen, T-Stücke .....	137
E.3.9	Ermüdung .....	137
E.4	Verlegungsanforderungen .....	137
E.4.1	Verlegeverfahren .....	137
E.4.2	Abschlüsse von geraden Rohrabschnitten.....	137
E.4.3	Einsatz von gedämmten Doppelrohrarmaturen.....	137
E.4.4	Einsatz von Übergangselementen (Doppelrohr — Einzelrohr) .....	137
E.4.5	Anforderungen hinsichtlich des Schweißens und Prüfens von Stahlrohrmediumverbindungen .....	137
Anhang F (normativ) Druckprüfung von Dehnpolstern.....		138
Anhang G (informativ) Grundsätze zur Bestimmung der Biegemomente und Axialkräfte zur Prüfung von Fernwärmearmaturen.....		140
G.1	Einleitung.....	140
G.2	Allgemeine Erwägungen zur Bestimmung der Prüfwerte für Biegemomente .....	140
G.3	Bestimmung von Biegemomenten aus Bodensetzungen .....	141
G.4	Berechnungsergebnisse und Bewertung.....	142
G.5	Beständigkeit gegenüber axialen Kräften.....	144
Anhang H (informativ) Anwendungsbereich der EN 13941 in Bezug auf die Druckgeräterichtlinie (PED), 2014/68/EU, 15. Mai 2014.....		145
H.1	Allgemeines.....	145
H.2	Leitlinien .....	146
Anhang I (informativ) Qualitätssicherungsprogramm und Dokumentation .....		149
Anhang J (informativ) Ummantelung: Gleichungen für Miner-Regel.....		152
Anhang K (informativ) Festigkeitsberechnung beim horizontalen Richtbohren .....		154
K.1	Einleitung.....	154
K.2	Bestimmung der Zugkräfte .....	155
K.2.1	Zugkraft, resultierend aus dem Rollensystem.....	155
K.2.2	Zugkraft, resultierend aus einem geraden Abschnitt des Bohrloches.....	156

K.2.3	Zugkraft, resultierend aus gebogenen Abschnitten des Bohrloches .....	157
K.2.4	Gesamtzugkraft.....	159
K.3	Bestimmung des Längsbiegemoments .....	160
K.4	Bestimmung des umlaufenden Biegemoments durch Oberlast.....	160
K.5	Bestimmung der Spannung.....	160
K.6	Bewertung eines möglichen Zusammenbruchs der Rohrleitung aufgrund des externen Bohrspülungsdrucks oder des externen Grundwasserdrucks (Risiko des Ausknickens) .....	160
K.7	Bewertung des maximalen Bodendrucks auf dem PUR und der Ummantelung.....	161
K.8	Bestimmung des höchsten zulässigen Drucks im Bohrloch .....	161
K.9	Vertikale Bodenlast nach Fertigstellung des horizontalen Richtbohrens (HDD) .....	161
K.9.1	Einleitung.....	161
K.9.2	Wölbung .....	161
K.9.3	Berechnungsverfahren für vertikale Bodenlasten (homogene Bodenmasse) .....	161
K.9.4	Berechnungsverfahren zur Bestimmung des horizontalen Stützdrucks (mit reduzierter vertikaler Last) .....	163
	Literaturhinweise .....	164

# Contents

Page

European foreword.....	8
Introduction .....	10
1 Scope.....	11
2 Normative references.....	11
3 Terms and definitions, units and symbols .....	12
3.1 Terms and definitions .....	12
3.1.1 Symbols.....	13
3.1.2 Abbreviations .....	19
4 General requirements .....	19
4.1 Functional requirements.....	19
4.2 Service life.....	19
4.3 Preliminary investigations .....	20
4.4 Determination of project class .....	21
4.4.1 Risk assessment.....	21
4.4.2 Project classes .....	21
4.5 Design documentation .....	23
4.5.1 General.....	23
4.5.2 Operational data.....	24
4.5.3 Data related to the pipe system .....	24
4.6 Route selection and positioning of the pipes .....	26
4.6.1 Minimum distances between parallel pipes.....	26
4.6.2 Parallel excavations and works of third parties .....	27
4.6.3 Minimum distance between district heating pipes and underground structures .....	27
4.7 Venting and draining .....	27
4.8 Valves.....	27
4.9 Procurement of materials .....	28
4.9.1 Manufacturer of pipeline components.....	28
4.10 Quality control .....	28
4.10.1 General.....	28
4.10.2 Design phase .....	28
4.10.3 Installation phase.....	28
5 Requirements for components and materials.....	29
5.1 Basic requirements .....	29
5.2 Steel service pipe components.....	29
5.2.1 General.....	29
5.2.2 Specification.....	30
5.2.3 Characteristic values for steel .....	30
5.2.4 Specific requirements for bends and T-pieces.....	31
5.2.5 Specific requirements for small angular deviations .....	32
5.2.6 Specific requirements for reducers.....	33
5.3 Polyurethane foam thermal insulation.....	33
5.4 Casing .....	33
5.5 Materials for casing and thermal insulation of field joints.....	33
5.6 Expansion cushions.....	33
5.6.1 General.....	33
5.6.2 Materials.....	34

5.6.3	Stiffness properties.....	34
5.6.4	Selecting required thickness of expansion cushions.....	35
5.6.5	Marking.....	35
5.7	Valves and accessories.....	35
5.7.1	General requirements.....	35
5.7.2	Marking and documentation.....	36
6	Design and calculation.....	36
6.1	General procedure.....	36
6.2	Pipeline components, areas, conditions and interfaces to be included in the analyses.....	37
6.2.1	Components.....	37
6.2.2	Areas requiring specific analyses.....	38
6.2.3	Special conditions.....	38
6.2.4	Interfaces.....	38
6.3	Simplified analysis procedure.....	39
6.4	Actions.....	39
6.4.1	General.....	39
6.4.2	Classification of actions and load combinations.....	39
6.4.3	Temperature variations.....	41
6.4.4	Top load from soil.....	42
6.4.5	Traffic loads.....	42
6.5	Global analysis and pipe-soil interaction.....	44
6.5.1	General.....	44
6.5.2	Modelling pipe-soil interaction.....	44
6.5.3	Pipe to soil friction (axial).....	46
6.5.4	Horizontal soil reaction (lateral).....	48
6.5.5	Combined lateral stiffness of steel service pipe, PUR, expansion cushions and soil.....	53
6.5.6	Soil properties.....	55
6.5.7	Thermal expansion of buried pipe sections:.....	55
6.5.8	Pipe systems with single use compensators (SUC's).....	58
6.5.9	Specific requirements for vertical and horizontal stability.....	60
6.5.10	Parallel excavations.....	63
6.5.11	Requirements for soft soils and settlement areas.....	64
6.5.12	Specific design requirements for above-ground pipelines with factory made pipe and fitting assemblies.....	64
6.5.13	Insertion into protection pipe.....	64
6.6	Determination of stresses and strains.....	65
6.6.1	General.....	65
6.6.2	Cross section analyses, steel.....	65
6.6.3	Assessment on the basis of a resultant (equivalent) stress.....	66
6.6.4	Stresses and ovalization from top load.....	67
6.6.5	Deflection.....	69
6.6.6	Bends.....	69
6.6.7	T-pieces.....	70
6.6.8	Single Use Compensators (SUC's).....	73
6.6.9	PUR and casing.....	74
6.7	Fatigue analyses.....	75
6.7.1	General.....	75
6.7.2	Action cycles.....	75
6.8	Further actions.....	77
7	Limit states.....	77
7.1	General.....	77
7.2	Limit states for service pipes of steel.....	78

7.2.1	General.....	78
7.2.2	Limit state A: Failure caused by plastic deformation.....	78
7.2.3	Limit state B: Failure caused by fatigue .....	81
7.2.4	Limit state C: Failure caused by instability of the system or part of it.....	84
7.2.5	Limit state D: Serviceability limit state .....	86
7.2.6	Survey of limit states for steel .....	86
7.3	Limit states for PUR and PE .....	89
7.3.1	Compressive stress.....	89
7.3.2	Limit state for shear stress .....	89
7.3.3	Limit state for PE .....	89
7.4	Limit states for valves.....	89
<b>Annex A (normative) Design of piping components under internal pressure.....</b>		<b>91</b>
A.1	General.....	91
A.2	Straight pipe and bends .....	91
A.2.1	Straight pipes.....	91
A.2.2	Bends .....	91
A.3	T-pieces and branch connections.....	92
A.3.1	General aspects and limitations .....	92
A.3.2	Reinforcement.....	92
A.3.2.1	General.....	92
A.3.2.2	Dissimilar material of shell and reinforcement.....	92
A.3.2.3	Thickness ratio .....	93
A.3.2.4	Calculation method for reinforcement area.....	93
A.3.2.5	Reinforcement by increased wall thickness.....	93
A.3.2.6	Reinforcement by compensating plates.....	94
A.4	Reducers and extensions.....	95
A.5	Dished ends .....	95
A.5.1	General.....	95
A.5.2	Ellipsoidal Dished Head Minimum required wall thickness for internal pressure ...	96
A.5.3	Straight cylindrical shells.....	96
<b>Annex B (informative) Soil properties and geotechnical parameters for pipe/soil interaction analyses.....</b>		<b>97</b>
B.1	General requirements .....	97
B.2	Geotechnical parameters for global analysis (pipe-soil interaction) .....	97
B.3	Geotechnical Study .....	98
B.3.1	Field study .....	98
B.3.2	Typical values, referred to mean value.....	98
B.3.3	Investigation of interface friction .....	98
B.4	Characteristic values for soil properties .....	98
B.4.1	Typical values, referred to mean value.....	98
B.4.2	Spatial variation of soil properties .....	99

<b>B.5</b>	<b>Model uncertainty when determining geotechnical parameters.....</b>	<b>100</b>
<b>Annex C (informative)</b>	<b>Flexibility and stress concentration of pipe components.....</b>	<b>102</b>
<b>C.1</b>	<b>General .....</b>	<b>102</b>
<b>C.2</b>	<b>Flexibility factors for pipe components.....</b>	<b>102</b>
<b>C.2.1</b>	<b>Bends.....</b>	<b>102</b>
<b>C.2.2</b>	<b>T-pieces .....</b>	<b>102</b>
<b>C.2.3</b>	<b>Other components.....</b>	<b>103</b>
<b>C.3</b>	<b>Stress concentration in pipe elements.....</b>	<b>103</b>
<b>C.3.1</b>	<b>Butt welds.....</b>	<b>103</b>
<b>C.3.2</b>	<b>Bends.....</b>	<b>103</b>
<b>C.3.2.1</b>	<b>Stress concentration factors for bends: Simplified method.....</b>	<b>103</b>
<b>C.3.2.2</b>	<b>Stress concentration factors for bends: exact calculation .....</b>	<b>104</b>
<b>C.3.3</b>	<b>T-pieces .....</b>	<b>105</b>
<b>C.3.3.1</b>	<b>General .....</b>	<b>105</b>
<b>C.3.4</b>	<b>Small angular deviations .....</b>	<b>107</b>
<b>C.3.5</b>	<b>Reducers .....</b>	<b>108</b>
<b>Annex D (informative)</b>	<b>Calculation of heat losses .....</b>	<b>110</b>
<b>D.1</b>	<b>General .....</b>	<b>110</b>
<b>D.2</b>	<b>Heat losses of thermal insulated pipes .....</b>	<b>110</b>
<b>D.2.1</b>	<b>Pair of single pipes — calculation of specific heat loss .....</b>	<b>110</b>
<b>D.2.2</b>	<b>symmetrical and (a) antisymmetrical heat loss factors according to zero-order multipole formulae: .....</b>	<b>111</b>
<b>D.2.3</b>	<b>Using Zero-order approximation for (s) symmetrical and (a) antisymmetrical problem the heat resistance can be calculated: .....</b>	<b>111</b>
<b>D.2.4</b>	<b>specific heat loss of pipes.....</b>	<b>112</b>
<b>D.2.5</b>	<b>Twin Pipes — calculation of specific heat loss.....</b>	<b>112</b>
<b>D.2.6</b>	<b>temperatures of pipes.....</b>	<b>113</b>
<b>D.2.7</b>	<b>(s) symmetrical and (a) antisymmetrical heat loss factors according to first-order multipole formula: .....</b>	<b>114</b>
<b>D.2.8</b>	<b>specific heat loss of pipes.....</b>	<b>115</b>
<b>Annex E (informative)</b>	<b>Specific requirements for twin pipe systems .....</b>	<b>116</b>
<b>E.1</b>	<b>General .....</b>	<b>116</b>
<b>E.2</b>	<b>Component and materials .....</b>	<b>116</b>
<b>E.2.1</b>	<b>Twin Pipe assembly .....</b>	<b>116</b>
<b>E.2.2</b>	<b>Fixing bars .....</b>	<b>117</b>
<b>E.3</b>	<b>Max. allowable stresses for specific twin pipe system elements: .....</b>	<b>118</b>
<b>E.3.1</b>	<b>Project classes.....</b>	<b>118</b>
<b>E.3.2</b>	<b>Soil friction, twin pipe friction length and pipe expansion .....</b>	<b>118</b>

<b>E.3.3</b>	<b>Axial stress in the flow and return steel service pipes</b>	<b>120</b>
<b>E.3.4</b>	<b>Dimensions of the fixing bars</b>	<b>122</b>
<b>E.3.4.1</b>	<b>General</b>	<b>122</b>
<b>E.3.4.2</b>	<b>loads on the fixing bars type A</b>	<b>123</b>
<b>E.3.4.3</b>	<b>loads on the fixing bar type B</b>	<b>124</b>
<b>E.3.5</b>	<b>Stress proof of the fixing bar</b>	<b>126</b>
<b>E.3.6</b>	<b>Proof of the welds</b>	<b>127</b>
<b>E.3.7</b>	<b>Vertical and horizontal stability of the twin pipe assembly in the soil</b>	<b>129</b>
<b>E.3.8</b>	<b>Stress concentration factors for bends, T-pieces</b>	<b>129</b>
<b>E.3.9</b>	<b>Fatigue</b>	<b>129</b>
<b>E.4</b>	<b>Installation requirements</b>	<b>130</b>
<b>E.4.1</b>	<b>Installation methods</b>	<b>130</b>
<b>E.4.2</b>	<b>Straight pipe section terminations</b>	<b>130</b>
<b>E.4.3</b>	<b>Use of insulated twin pipe valves</b>	<b>130</b>
<b>E.4.4</b>	<b>Use of transition assembly (twin pipe — single pipe)</b>	<b>130</b>
<b>E.4.5</b>	<b>requirements for welding and testing of steel service pipe joints</b>	<b>130</b>
<b>Annex F (normative)</b>	<b>Compressive testing of expansion cushions</b>	<b>131</b>
<b>Annex G (informative)</b>	<b>Principles for determination of bending moments and axial forces for testing of district heating valves</b>	<b>133</b>
<b>G.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>133</b>
<b>G.2</b>	<b>General considerations for determination of test values for bending moments</b>	<b>133</b>
<b>G.3</b>	<b>Determination of bending moments from soil settlements</b>	<b>134</b>
<b>G.4</b>	<b>Calculation results and evaluation</b>	<b>134</b>
<b>G.5</b>	<b>Resistance to axial forces</b>	<b>137</b>
<b>Annex H (informative)</b>	<b>Scope of EN 13941 in relation to Pressure Equipment Directive (PED), 2014/68/EU, May 15th, 2014</b>	<b>138</b>
<b>H.1</b>	<b>General</b>	<b>138</b>
<b>H.2</b>	<b>Guidelines</b>	<b>139</b>
<b>Annex I (informative)</b>	<b>Quality control program and documentation</b>	<b>142</b>
<b>Annex J (informative)</b>	<b>Casing: Formulas for Miner Rule</b>	<b>145</b>
<b>Annex K (informative)</b>	<b>Strength calculation of horizontal directional drillings</b>	<b>147</b>
<b>K.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>147</b>
<b>K.2</b>	<b>Determination of pulling forces</b>	<b>148</b>
<b>K.2.1</b>	<b>Pulling force, resulting from the roller system</b>	<b>148</b>
<b>K.2.2</b>	<b>Pulling force, resulting from a straight section of borehole</b>	<b>148</b>
<b>K.2.3</b>	<b>Pulling force, resulting from curved sections of the borehole</b>	<b>150</b>
<b>K.2.3.1</b>	<b>General friction force</b>	<b>150</b>
<b>K.2.3.2</b>	<b>Friction resulting from elastic soil reaction in curved borehole sections</b>	<b>150</b>

K.2.3.3	Friction due to the axial pulling force in curved borehole sections.....	151
K.2.3.4	Total force in a curved section.....	152
K.2.4	Total pulling force.....	152
K.3	Determination of the longitudinal bending moment .....	153
K.4	Determination of the circumferential bending moment from top load.....	153
K.5	Determination of stress.....	153
K.6	Assessment of possible collapse of the pipeline due to external drilling fluid pressure or external ground water pressure (risk of buckling) .....	153
K.7	Assessment of maximum soil pressure on PUR and casing.....	153
K.8	Determination of maximum allowable pressure in the bore hole .....	154
K.9	Vertical soil load after completion of horizontal directional drilling (HDD) .....	154
K.9.1	Introduction .....	154
K.9.2	Arching .....	154
K.9.3	Calculation method for vertical soil load (homogeneous soil mass) .....	154
K.9.4	Calculation method for horizontal support pressure (with reduced vertical load) .....	155
	Bibliography .....	156