

# ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

## FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715A270013 – Strojní inženýrství  
Studijní specializace: Stavba energetických strojů a zařízení

# BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh a optimalizace potrubního systému s teplotně dilatačním výpočtem

Autor: Kateřina ČANČÍKOVÁ  
Vedoucí práce: Ing. Vladimír KŘENEK

Akademický rok 2022/2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Kateřina ČANČÍKOVÁ**  
Osobní číslo: **S19B0231P**  
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**  
Specializace: **Stavba energetických strojů a zařízení**  
Téma práce: **Návrh a optimalizace potrubního systému s teplotně dilatačním výpočtem**  
Zadávající katedra: **Katedra energetických strojů a zařízení**

## Zásady pro vypracování

1. Navrhněte systém kondenzátního potrubí pro návrhové parametry:  $T = 279 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p = 70 \text{ bar}$ .
2. Vypracujte rešerši různých způsobů ukládání potrubních systémů.
3. Navrhněte potrubní systém v 3D software.
4. Proveďte teplotně dilatační výpočet pro navrženou potrubní trasu.
5. Dle výsledků teplotně dilatačního výpočtu navrhněte optimalizaci systému.
6. Proveďte posouzení sil působících na navazující technologická zařízení.

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**  
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Forma zpracování bakalářské práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- Manuál E3D
- Manuál výpočtového programu Caesar II
- ČSN EN 13480, Kovová průmyslová potrubí. Český normalizační institut, 2003
- ČSN 130101, Bezpečnostní technika. Potrubí pro páru a horkou vodu. Všeobecné požadavky na projektování. Úřad pro normalizaci a měření, 1984
- AD 2000-Merkblatt, Safety devices against excess pressure
- ASME B31.1, Power piping
- Mikula, Julius: Potrubí a armatury, Praha SNTL 1974
- Miroslav Sazima, Vladimír Kmoníček, Jiří Schneller a kolektiv: Teplo-technický průvodce

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladimír Křenek**  
Katedra energetických strojů a zařízení

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Tomáš Matějka**  
AFRY CZ s.r.o.

Datum zadání bakalářské práce: **31. října 2022**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2023**

L.S.

---

**Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.**  
děkan

---

**Doc. Ing. Václav Dostál, Sc.D.**  
vedoucí katedry

V Plzni dne 31. října 2022

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Čančíková	<b>Jméno</b> Kateřina	
<b>STUDIJNÍ PROGRAM</b>	B0715A270013 Strojní inženýrství		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Ing. Křenek	<b>Jméno</b> Vladimír	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST – KKE		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Návrh a optimalizace potrubního systému s teplotně dilatačním výpočtem		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKE	<b>ROK ODEVZD.</b>	2023
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	57	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	32	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	25
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Bakalářská práce obsahuje návrh potrubního systému v 3D programu a teplotně dilatační výpočet potrubního systému. Na základě výpočtu je navržena optimalizace navrženého potrubního systému. Součástí práce je také rešerše v oblasti uložení potrubí. Výstupem práce jsou izometrie navrženého potrubního systému.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	potrubní systém, 3D návrh, teplotně dilatační výpočet, uložení potrubí, AVEVA E3D, CAESAR II

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Čančíková	<b>Name</b> Kateřina	
<b>STUDY PROGRAMME</b>	B0715A270013 Mechanical Engineering		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Ing. Křenek	<b>Name</b> Vladimír	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKE		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Design and optimalization of the pipeline system with thermal expansion calculation		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KKE	<b>SUBMITTED IN</b>	2023
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	57	<b>TEXT PART</b>	32	<b>GRAPHICAL PART</b>	25
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION</b> <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This bachelor's thesis contains the design of the pipeline system in a 3D program and the thermal expansion calculation of the system. Based on the thermal expansion calculation optimization is proposed. The work also includes a research in the area of pipeline support. Aims of this thesis are isometries of the pipeline system.
<b>KEY WORDS</b>	pipeline system, 3D design, thermal expansion calculation, pipeline support, AVEVA E3D, CAESAR II

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Vladimíru Křenkovi a konzultantovi bakalářské práce panu Ing. Tomáši Matějkovi za rady při zpracování této práce. Také děkuji panu Ing. Michalu Fidrovskému a panu Ing. Janu Korelusovi za pomoc při práci v programech použitých pro vypracování této práce a za jejich rady.

Děkuji společnosti AFRY CZ za zadání této bakalářské práce a zapůjčení licencí programů využitých pro její zpracování.

## Obsah

Přehled použitých zkratk a symbolů.....	3
Seznam obrázků .....	4
Seznam tabulek .....	5
1 Úvod.....	6
2 Rešerše v oblasti uložení a upevnění potrubí.....	7
2.1 Pojmy použité v rešeršní části bakalářské práce .....	7
2.1.1 Jmenovitá světlost .....	7
2.1.2 Jmenovitý tlak .....	7
2.2 Uložení a upevnění potrubí.....	7
2.2.1 Podpěry potrubí.....	8
2.2.2 Pevná uložení .....	10
2.2.3 Osová uložení.....	11
2.3 Uložení potrubí menších rozměrů .....	15
2.3.1 Výložníky .....	15
2.4 Postup umísťování podpěr.....	16
3 Software použitý v praktické části .....	17
3.1 AVEVA Everything3D.....	17
3.2 Caesar II.....	18
4 Praktická část.....	19
4.1 Popis navrhované trasy .....	19
4.1.1 P&ID schéma .....	20
4.1.2 KKS identifikace .....	21
4.1.3 Materiál navrhnutého potrubí.....	22
4.1.4 Návrh uložení .....	24
4.2 Teplotně dilatační výpočet.....	26
4.2.1 Stav zatížení SUS .....	28
4.2.2 Stav zatížení EXP.....	30
4.3 Optimalizace .....	33
4.4 Síly působící na navazující technologická zařízení.....	35
Závěr.....	37
Seznam použitých zdrojů .....	38
PŘÍLOHA č. 1 .....	i
PŘÍLOHA č. 2.....	ii
PŘÍLOHA č. 3.....	iii



PŘÍLOHA č. 4..... iv

## Přehled použitých zkratk a symbolů

Použitý symbol	Jednotka	Název
$l$	[m]	Délka
$L$	[m]	Součet délek
$b$	[m]	Šířka podložky/ opěrné plochy
$x$	[m]	Požadovaný přesah
$R_e$	[MPa]	Mez kluzu
$T$	[mm]	Tloušťka potrubí
$R_m$	[MPa]	Mez pevnosti v tahu
$A$	[%]	Prodloužení
$R_{p0,2}$	[MPa]	Mez kluzu
$L_G$	[m]	Vzdálenost mezi podpěrami
$\beta$	[-]	Koeficient druhu uložení
$E$	[Pa]	Modul pružnosti v tahu
$J$	[kg·m <sup>2</sup> ]	Moment setrvačnosti průřezu potrubí
$F_{\Delta i}$	[N]	Součet sil působících na potrubí
$k$	[-]	Koeficient bezpečnosti
$\Delta l$	[mm]	Změna délky
$l_0$	[mm]	Počáteční délka
$\alpha$	[mm/mK]	Součinitel teplotní roztažnosti
$\Delta T$	[°C] nebo [K]	Rozdíl teplot
$F_{x,y,z}$	[N]	Síla působící ve směru os x, y, z
$M_{x,y,z}$	[Nm]	Moment kolem os x, y, z
$D_{x,y,z}$	[mm]	Posuv ve směru os x, y, z

## Seznam obrázků

Obr. 1: Podpěra kluzná přivařovací – převzato z [2] .....	9
Obr. 2: Podpěra kluzná – převzato z [2].....	9
Obr. 3: Podpěra válečková – převzato z [2] .....	9
Obr. 4 - Třmen z kruhové oceli ČSN 13 0725.0 - převzato z [2].....	11
Obr. 5 - Třmen z ploché oceli se sedlem ČSN 13 0725.2 - převzato z [2] .....	11
Obr. 6 - Stojany kotevní ON 13 0851 a ON 13 0852 - převzato z [2] .....	11
Obr. 7 - Podpěry válečkové s osovým vedením ON 13 0826 - převzato z [2] .....	12
Obr. 8 - Závěsné oko z kruhové oceli ON 13 0635 - převzato z [2] .....	12
Obr. 9 - Závěsné oko z ploché oceli ON 13 0636 - převzato z [2] .....	13
Obr. 10 - Tyč závěsná ON 13 0630 - převzato z [2] .....	13
Obr. 11 - Závěs válečkový pro vodorovná potrubí ON 13 0770 - převzato z [2] .....	13
Obr. 12 - Kladkový závěs – převzato z [1] .....	14
Obr. 13 - Přichytka potrubí ON 13 0620 - převzato z [2] .....	15
Obr. 14 - Vývojový diagram pro návrh uložení potrubí – převzato z [3] .....	16
Obr. 15 - Navržený potrubní systém v programu AVEVA E3D .....	18
Obr. 16 - P&ID navrženého potrubního systému.....	20
Obr. 17 - Doporučené tloušťky potrubí – převzato z [12].....	24
Obr. 18 - Uložení zobrazená v programu CAESAR II .....	25
Obr. 19 - Druhy uložení pro určení koeficientu $\beta$ .....	26
Obr. 20 - Označení umístění pevných bodů pro předehřivače .....	27
Obr. 21 - Označení umístění pevného bodu pro nádrž.....	27
Obr. 22 - SUS zatížení celý potrubní systém .....	29
Obr. 23 - SUS zatížení koleno na 1LCN50BR001.....	29
Obr. 24 - SUS zatížení rovný úsek na 1LCN50BR001 .....	30
Obr. 25 - EXP zatížení celý potrubní systém .....	31
Obr. 26 - EXP zatížení, detail koleno a odbočka .....	31
Obr. 27 - EXP zatížení detail připojovacích míst na 1LCN50BR001 .....	32
Obr. 28 - Optimalizace uložení .....	33
Obr. 29 - Optimalizace, trasa 1LCN10BR012 .....	34

## Seznam tabulek

Tab. 1: Jmenovitá světlost přehled – převzato z [4].....	7
Tab. 2 - Přehled užitých symbolů v P&ID schématu .....	21
Tab. 3 - Mechanické vlastnosti P235GH – údaje převzaty z [12].....	22
Tab. 4 - Hodnoty meze kluzu $R_{p0,2}$ [MPa] při zvýšených teplotách – údaje převzaty z [12]...	23
Tab. 5 - Výsledné tepelné roztažnosti .....	28
Tab. 6 – Zatížení, sběrná nádrž kondenzátu .....	35
Tab. 7 – Zatížení, hrdlo číslo 2 primární přehříváč vzduchu .....	35
Tab. 8 – Zatížení, hrdlo číslo 3 primární přehříváč vzduchu .....	35
Tab. 9 – Zatížení, hrdlo číslo 1 sekundární přehříváč vzduchu.....	36

# 1 Úvod

Cílem bakalářské práce je návrh potrubního systému pro odvod kondenzátu od dvou přehříváčů vzduchu do sběrné nádoby kondenzátu. Navrhovaný potrubní systém je součástí spalovny odpadu, která je plánovaná k nové výstavbě. Potrubní systém musí být umístěn vhodně tak, aby vyhovoval navržené budově spalovny a aby nedocházelo ke kolizím s dalšími navrženými potrubními trasami a zařízeními.

Pro navrženou potrubní trasu je nutné navrhnout uložení. Pro návrh uložení je důležitá maximální vzdálenost mezi jednotlivými uloženími v závislosti na materiálu, médiu a zatížení od izolace, vhodnost umístění uložení vzhledem ke stavbě a dalším technologickým zařízením případně potrubním trasám vyskytujících se v blízkosti navržených tras. Také je důležitá vhodná volba typu uložení umožňující pohyb potrubí při tepelné roztažnosti.

Vhodnost návrhu uložení je ověřena pomocí teplotně dilatačního výpočtu v komerčním výpočtovém programu. Na základě výsledků teplotně dilatačního výpočtu se identifikují kritická místa potrubních tras, kde vznikají větší než dovolená napětí a hrozilo by tak poškození potrubí při provozu nebo ke zkrácení jeho životnosti. Na základě znalosti těchto míst je navržena optimalizace.

Optimalizace navržené potrubní trasy v této bakalářské práci spočívá v návrhu jiného typu uložení nebo jiného místa uložení. Pro lepší zachycení hmotnosti od potrubí, média a armatur anebo pro umožnění potrubí pohybovat se v určitém směru a vykompenzovat tak deformace vzniklé od tepelné roztažnosti.

V závěru práce jsou, pomocí komerčního výpočtového softwaru, vyhodnoceny síly, které působí na tzv. navazující technologická zařízení. Jako navazující technologická zařízení se rozumí přehříváky vzduchu a sběrná nádoba kondenzátu, které potrubní systém vzájemně propojuje.

Součástí bakalářské práce je rešerše, ve které jsou představeny základní druhy uložení používaných pro uchycení potrubí s popisem, jak na potrubí silově působí.

Práce obsahuje stručné představení dvou použitých programů využitých při zpracování praktické části bakalářské práce.

## 2 Rešerše v oblasti uložení a upevnění potrubí

### 2.1 Pojmy použité v rešeršní části bakalářské práce

#### 2.1.1 Jmenovitá světlost

Jmenovitá světlost označována jako DN, dříve jako JS, označuje velikost vnitřního průměru potrubí. Jednotkou jsou milimetry [mm]. Části potrubí, které spolu rozměrově souhlasí se označují stejnou hodnotou DN. Jmenovité světlosti jsou normalizovány normou ČSN EN ISO 6708, jejich přehled je uveden v následující tabulce (Tab. 1).

Tab. 1: Jmenovitá světlost přehled – převzato z [4]

Jmenovitá světlost DN – preferované hodnoty (rozměry v mm)			
10	125	800	2400
15	150	900	2600
20	200	1000	2800
25	250	1100	3000
32	300	1200	3200
40	350	1400	3400
50	400	1500	3600
60	450	1600	3800
65	500	1800	4000
80	600	2000	
100	700	2200	

#### 2.1.2 Jmenovitý tlak

Označuje se PN, dříve označován Jt. Popisuje, jakému maximálnímu přetlaku mohou být vystaveny jednotlivé materiály potrubních komponent, udává se pro rozmezí teplot od 0 °C do 200 °C. Je normován normou ČSN 13 0010.

### 2.2 Uložení a upevnění potrubí

Na potrubí působí při náběhu, provozu i při odstavení různé silové účinky, proto je nutné potrubní systém vhodně uložit a upevnit. Uložení musí být provedeno tak, aby vlivem působících sil nedocházelo k vybočování potrubí a k porušení těsnosti. Další důležitou funkcí uložení je, že zachycuje a utlumuje rázy a chvění. Uložení má významný vliv na celkovou životnost a spolehlivost potrubního systému.

Potrubí je zatěžováno silami vznikajícími vlivem vnitřního přetlaku. Dále silami, které jsou potřebné pro deformaci kompenzačních útvarů potrubí při změně pracovní teploty. Na potrubí také působí síly od působení sousedních úseků potrubí vlastní tíhou, při roztahování teplem nebo při změně polohy. Také je potrubí zatíženo vlastní tíhou potrubí, tepelné izolace a tíhou přepravovaného média. Na potrubí mohou mít vliv i povětrnostní podmínky jako vítr nebo tíha sněhu ležícího na potrubí, případně seizmická aktivita. [1]

Výběr vhodného druhu uložení je určen na základě znalosti vektoru výsledné síly a momentu působících na potrubí. Druhy uložení dělíme do 4 skupin: podpěry, pevná uložení (zakotvení), osová uložení, závěsy a pružná uložení na základě toho, jaký je dán požadavek na volnost pohybu potrubí v místě uložení. [1]

Pro všechny následující uvedené způsoby uložení ocelových potrubí se většinou volí k výrobě ocel 11 373 (S235JRG1) nebo 11 375 (S235JRG2).

Následující rešerše vychází z norem ON dle referenčního zdroje [1]. Uložení definovaná pomocí norem ON lze najít v katalozích českých výrobců uložení, např. [2]. Existují ale i další normy, které definují požadavky na uložení potrubí, které upřednostňují a vyrábějí dle nich uložení další výrobci (celosvětově známý výrobce potrubního uložení je například firma Lisega). Mezi tyto normy patří například standardy VGB-R 510 L, MSS-SP-58 nebo ANSI ASME B31.1 / B31.3. [14]

## 2.2.1 Podpěry potrubí

Podpěra přenáší svisle působící složky celkového zatížení potrubí na nosnou konstrukci. Nosná konstrukce je umístěna pod potrubím. Podpěra umožňuje pohyb ve směru vodorovné osy potrubí. Lze uvažovat, že podpěra umožňuje pohyb ve všech směrech vodorovné roviny, ale ve většině konstrukčních řešení jsou podpěry uzpůsobeny právě pro pohyb ve směru vodorovné osy. [1]

Potrubí je možné uložit přímo na profilovou ocel stavby. To platí u potrubí bez tepelné izolace s malými změnami pracovní teploty. U potrubí, kde jsou časté změny pracovních teplot a u těžkých potrubí, se uložení zesiluje pomocí přivařeného příložky. [1]

Uložení potrubí s tepelnou izolací je opatřeno opěrnou plochou, která je s potrubím spojena pomocí dvoudílných objímek nebo pomocí svaru. Opěrná plocha vždy vyčnívá nad povrch izolace. Opěrná plocha se smýká po podložce, která je umístěna na nosné konstrukci. Další variantou provedení je, že se opěrná plocha valí po jednom nebo více válečcích. Opěrná plocha je konstruována tak, že je dlouhá a podložka je úzká. To je vhodná varianta pro uložení na trémové konstrukce. Druhá varianta konstrukce opěrné plochy je, že plocha je krátká a podložka dlouhá. Toto řešení je vhodné pro umístění potrubí na podlahy. Jeho výhodou je, že je lehčí než první varianta. [1]

Pro určení potřebné délky opěrné plochy nebo podložky se využívají následující vztahy.

Pro běžné podpěry se využívá následující vztah (1):

$$l = \Delta + b + 2 \cdot x \quad (1)$$

Pro opěrné plochy a podložky s valíci se elementy se používá výpočtový vztah (2), kde platí rovnost mezi délkou opěrné plochy a délkou podložky.

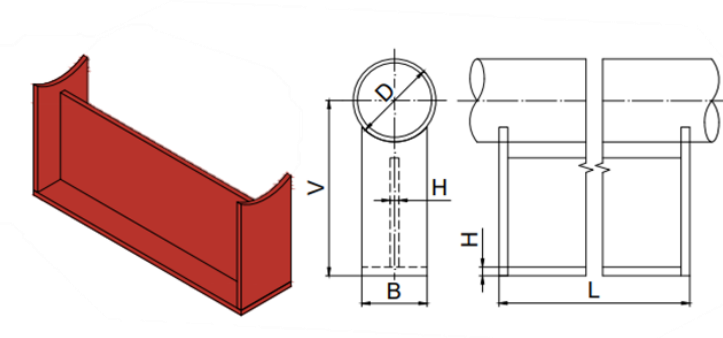
$$l = b = \frac{\Delta}{2} + 2 \cdot x \quad (2)$$

Pro oba vztahy platí, že:  $l$  [m] je délka opěrné plochy/podložky,  $\Delta$  [m] je součet velikostí pohybu potrubí v místě kde je umístěná podpěra (jedná se například o prodloužení potrubí vlivem tepla),  $b$  [m] je šířka podložky nebo opěrné plochy,  $x$  [m] je požadovaný přesah v krajních polohách. Oba vztahy vycházejí z referenční literatury [1].

Na následujících obrázcích (Obr. 1, Obr. 2, Obr. 3) jsou zobrazeny některé druhy používaných podpěr definovaných normou ON.

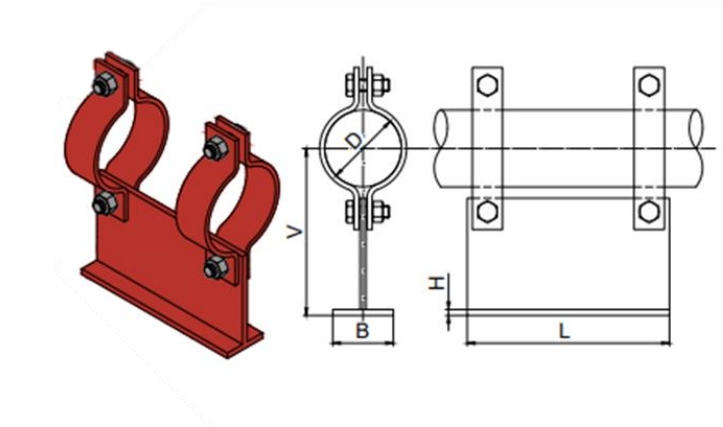
Podpěra kluzná přivařovací (Obr. 1): používá se pro potrubí o rozměru DN 20 až 350, vyráběná dle normy ON 13 0810. Výroba se většinou provádí z jednoho kusu lisováním,

ohýbáním nebo je podpěra svařována z více dílů. Je neobráběná, provádí se pouze sražení hran a očištění svarů. [2]



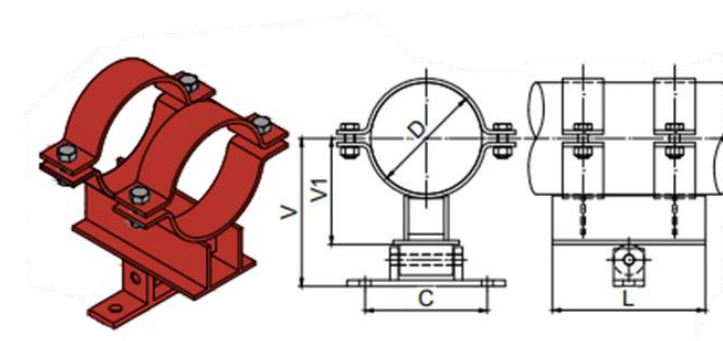
Obr. 1: Podpěra kluzná přivařovací – převzato z [2]

Podpěra kluzná (Obr. 2): pro potrubí rozměru DN 20 až DN 150. Dle normy ON 13 0800.



Obr. 2: Podpěra kluzná – převzato z [2]

Podpěra válečková s otočným válečkem: dle normy ON 13 0825. Podložka je opatřena točícím se válečkem. Viz. obr. 3.



Obr. 3: Podpěra válečková – převzato z [2]



### 2.2.2 Pevná uložení

Pevná uložení se označují také jako zakotvení potrubí. U tohoto typu uložení dochází k zachycení všech sil ve směru osy potrubí a všech sil kolmých na osu potrubí. Zakotvení rozděluje potrubní trasu na jednotlivé úseky, ve kterých dochází k deformacím potrubí vlivem tepla. Bod, který vymezuje tento úsek se nazývá pevným bodem. Jako pevný bod je označován bod, kde je zajištěno zabránění pohybu potrubí ve všech směrech. Existuje i momentově pevný bod, který funguje jako pevný bod, ale na víc umožňuje pohyb otáčení potrubí kolem osy. V každém potrubním úseku měl být alespoň jeden pevný bod. V případě použití více pevných bodů je nutné, aby tyto body byly od sebe v takové vzdálenosti, na které se vykompenzují deformace způsobené teplem. Tyto deformace lze na každém úseku vykompenzovat tvarem potrubí nebo s využitím tzv. kompenzátorů. [1]

Primárně je snaha o kompenzaci pomocí tvaru potrubí, protože kompenzátory zvyšují ekonomickou náročnost.

Kompenzátory se dělí dle normy ČSN EN 13480-3 na dvě skupiny podle pohybu, jaký umožňují. Tyto dvě skupiny jsou: [5]

- Volné – umožňují pohyb v axiálním směru, nebo jsou univerzální
- Omezené – umožňují boční a úhlové kompenzace

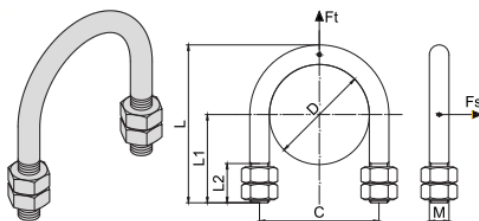
Volné kompenzátory kompenzující posuvy v axiálním směru mají jeden vlnovcový měch. Používají se ke kompenzaci od tepelné roztažnosti. Pro použití tohoto druhu kompenzátoru musí být úsek potrubí, kde je použit, uložen do pevného bodu a posuvného uložení. Volný kompenzátor, který zvládne kompenzovat jak posuv v axiálním směru, tak posuv boční je tvořen dvěma vlnovcovými měchy s mezikusem. Nemají žádné omezovače pohybu jako například závitové tyče, proto spadají do kategorie volných kompenzátorů. Boční (*laterální*) kompenzátory kompenzují posuvy, které jsou kolmé na osu potrubí. Jsou tvořeny jedním nebo dvěma měchy. Protože mají omezující komponenty v podobě závitových tyčí nebo kloubů, spadají do kategorie omezených kompenzátorů. Úhlové (*angulární*) kompenzátory jsou tvořeny klouby, které umožňují vykompenzovat úhlové natočení v jedné nebo ve všech rovinách. Kromě vlnovcových kompenzátorů existují i kompenzátory gumové, teflonové, tkaninové a elastomerové. [11]

Zakotvení se provádí přímo k podložce pomocí jednoho, dvěma nebo třemi třmeny případně pomocí přivaření. Dalším způsobem je ukotvení provedeno zarážkami, které jsou přivařené k potrubí tak, že se opírají o podložku zakotvení. Toto řešení omezuje pohyb v ose. Podložka zakotvení se připevňuje k nosné konstrukci pomocí kotevních šroubů nebo svarovým spojem. Ke stavební konstrukci je pak připevněna šrouby. Kotevní šrouby je nutné pojistit proti usmýknutí, typicky využitím příčníku. [1]

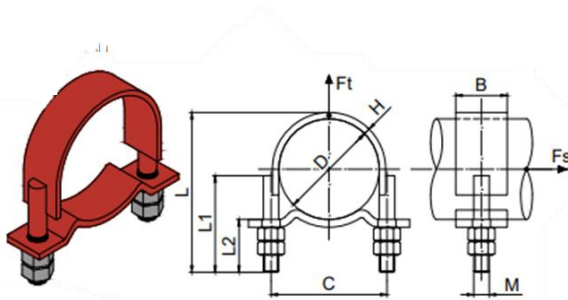
Mezi uložení zakotvení můžeme řadit i použití některých podpěr, pokud jsou připevněné k nosné konstrukci pomocí svarů nebo šroubovým spojením (například podpěra kluzná pro velká zatížení nebo přivařovaná kluzná podpěra).

Třmen z kruhové a ploché oceli: třmeny představují nejjednodušší způsob uchycení neizolovaného potrubí. Pomocí třmenu se dvěma maticemi lze vytvořit pevný bod tak, že třmen bude mít dotažené matice. Matice jsou vždy dvě na sebe přiléhající a vzhledem k potrubí se vyskytují na druhé straně podložky, ke které je uložení připevněno. Také lze pomocí třmenu vytvořit kluzný bod (kluzný bod je takový bod, který umožňuje osový posuv) při použití třmenu se čtyřmi nedotaženými maticemi tak, že jedna matice se vždy nachází na straně, kde je potrubí a druhá na druhé straně podložky, ke které je uložení připevněno. Používají se pro ocelová, plastová i měděná potrubí. [1] [3]

Na následujících obrázcích (Obr. 4, Obr. 5) jsou zobrazené příklady třmenů s příslušnou normou, podle které se zhotovují.

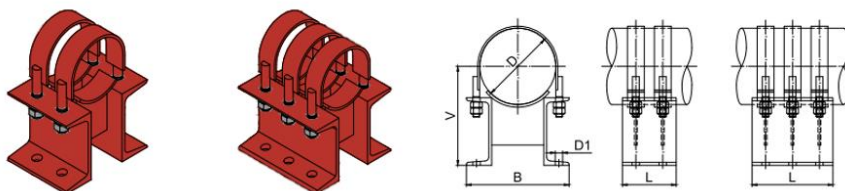


Obr. 4 - Třmen z kruhové oceli ČSN 13 0725.0 - převzato z [2]



Obr. 5 - Třmen z ploché oceli se sedlem ČSN 13 0725.2 - převzato z [2]

Další příklad uložení zakotvením jsou kotevní stojany (Obr. 6). Kotevní stojany s dvěma třmeny na obr. 6 jsou definované normou ON 13 0851, využívají se pro potrubí o rozměru DN 65 až DN 100. A kotevní stojany s třemi třmeny definované podle normy ON 13 0852 pro rozměry potrubí DN 125 až DN 500. Obvykle se používají pro potrubí s tepelnou izolací. [1]



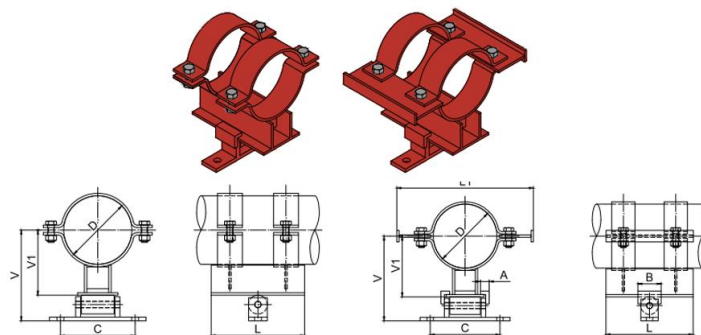
Obr. 6 - Stojany kotevní ON 13 0851 a ON 13 0852 - převzato z [2]

### 2.2.3 Osová uložení

Osová uložení, označována též jako vedení umožňují pohyb ve směru osy potrubí, dochází k zachycení sil působících v kolmém směru k ose potrubí. Ve většině případů uložení je povoleno i pootočení potrubí. [1]

Opěrné plochy vedení nebo opěr jsou k potrubí přivařeny nebo jsou připevněny pomocí objímek. Pro malé průměry potrubí se vedení provádí pomocí kluzné podpěry se zářkami v podložce. Pro potrubí větších rozměrů se využívá pomocná konstrukce, na které jsou instalované zářky vedení. [1] [3]

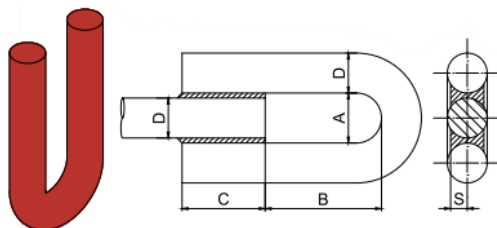
Jako příklad je uvedena podpěra válečková s osovým vedením (Obr. 7). Definována normou ON 13 0826. Podpěra je určena pro uložení potrubí s tepelnou izolací. [2]



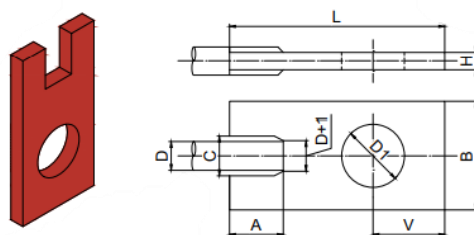
Obr. 7 - Podpěry válečkové s osovým vedením ON 13 0826 - převzato z [2]

Při uložení potrubí do závěsu je povolen pohyb ve všech vodorovných směrech, dochází k přenosu svislé složky výsledného zatížení potrubí do nosné konstrukce. Nosná konstrukce se nachází nad potrubím. Konstrukční provedení závěsu je provedeno tak, že je potrubí sevřeno objímkou nebo je přivařeno do závěsného oka. Tato objímka nebo závěsné oko je zavěšeno na táhle, které má dva klouby. Klouby umožňují změnu výškové polohy uložení při pohybu potrubí. Platí pravidlo, že závěs nesmí při deformacích potrubí svírat se svislou osou výchytku větší než  $4^\circ$ . Pokud by tato situace nastala, je možné ji řešit pomocí využití závěsu se dvěma táhly doplněnými spodní traverzou. Lze použít závěs s jedním nebo dvěma táhly. O tom, zda budou použita dvě táhla rozhoduje umístění potrubí, předpokládaná velikost zatížení a výškový rozdíl mezi osou potrubí a nosnou konstrukcí. Z cenových důvodů se ale primárně využívají jednotáhlové závěsy. [1] [3]

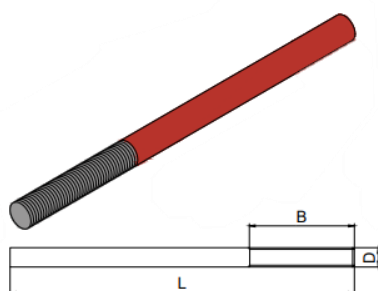
Pro uchycení potrubí se používají závěsná oka z kruhové oceli (Obr. 8) definovaná například normou ON 13 0635, vyrábějí se z kruhových tyčí normovaných dle ČSN 42 5510. Používají se ve spojení se závěsnými tyčemi (Obr. 10). Závěsná oka dle normy ON 13 0636 jsou z ploché oceli (Obr. 9) a vyrábí se z plochých tyčí normovaných normou ČSN 42 5522. Používají se také společně se závěsnými tyčemi jako závěsná oka z kruhové oceli, a navíc ještě ve spojení s dvojdílnou objímkou (normy pro dvoudílné objímky: ON 13 0602, ON 13 0604). Závěsná táhla mají ve většině případů průměr 8 mm až 30 mm a vyrábějí se dle stanovených norem: ON 13 0630, ON 13 0631, ON 13 0635, ON 13 0636, ON 13 0675, ČSN 02 1940. Závěsy se na nosnou konstrukci připevňují nejčastěji využitím profilové oceli tvaru IE (dle normy ON 13 0662, ON 13 0661) nebo L (dle normy ON 13 0660). [1] [2]



Obr. 8 - Závěsné oko z kruhové oceli ON 13 0635 - převzato z [2]

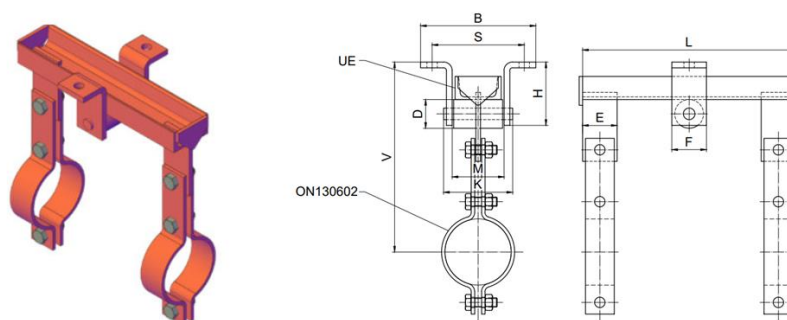


Obr. 9 - Závěsné oko z ploché oceli ON 13 0636 - převzato z [2]



Obr. 10 - Týč závěsná ON 13 0630 - převzato z [2]

Další příklad závěsového uložení je válečkový závěs pro vodorovná potrubí definovaný dle normy ON 13 0770 (Obr. 11), využívá se pro potrubí velikosti DN 20 až DN 350. Objímky, které svírají potrubí jsou zavěšené na příčniku, který může popojíždět po otáčejících se válečkách, vyrobených většinou z litiny. Ložiska umožňující rotaci válečků jsou uložena v nosné konstrukci. Délka tohoto závěsu není tak značná, používá se spíše pro upevnění potrubí, které má velké osové výchylky polohy, těsně pod nosnou konstrukci. [1]



Obr. 11 - Závěs válečkový pro vodorovná potrubí ON 13 0770 - převzato z [2]

Při využití pružného uložení je umožněn pohyb ve všech směrech. Nejčastěji nastává změna polohy směrem nahoru a dolů, to je způsobeno tím, že se deformují svíslé úseky potrubí vlivem tepelné roztažnosti. Vyrovnání této deformace je umožněno díky přítomnosti vloženého pružného elementu mezi nosnou konstrukcí a vlastní uložení potrubí. Příkladem takového pružného elementu může být ocelová pružina. Používají se pružiny válcové tlačné z kruhové oceli, nebo válcové tažné s oky. [1]

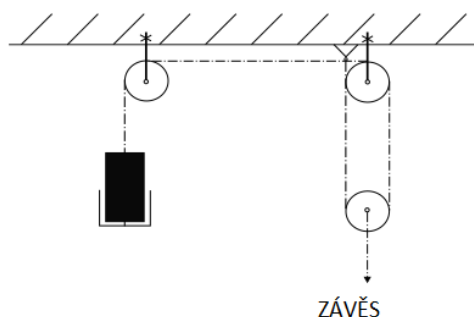
Nejjednodušší konstrukční provedení pružného uložení je pružný závěs. Vyrábějí se například dle normy ON 13 0780 a ON 13 0781, jsou určeny pro zatížení 63 až 2500 kp

a jejich zdvih je 125 mm při předpětí 125 mm nebo 100 mm při předpětí 50 mm. Konstrukční uspořádání je takové, že tlačnou válcovou pružinu svírají dvě desky a pružina je vedena dvěma U-třmeny, které jsou vůči sobě pootočené o pravý úhel. Celý závěs musí být opatřený ochranným nátěrem definovaným normou ON 13 0420. Dále mohou být využity pružinové závěsy pro malý zdvih definované rozměrovou normou ON 13 0785. Rozsah zatížení je dle příslušné normy stanoven na 63 až 2500 kp. Kde kp je označení jednotky kilopond, kdy 1 kilopond odpovídá 9,80665 newtonů. Konstrukční uspořádání závěsu je takové že tlačná válcová pružina je umístěna mezi dvě desky, které vede závěsná tyč. Zdvih pružinového závěsu podle této normy je 100 mm. Je určena pro použití u závěsů i podpěr. Existují různé další konstrukční varianty. Například umístění tlačné válcové pružiny do pouzdra, které funguje jako ochrana před poškozením pružiny vlivem vnějšího prostředí. [1]

Pružiny válcové tažné se využívají hlavně v konstrukcích uloženíh pákových pružinových závěsů. Kuželová tlačná pružina se využívá pro pružinové závěsy do 8 000 kp, je sevřena mezi dvě desky a vedena závěsnou tyčí, vytváří tak závěs. Lze využít i jako podpěru pro místa s velkou působící silou a malým zdvihem. [1]

Složitějším provedením jsou pružné podpěry, případně pružné podpěry doplněné osovým vedením, ty se využívají při požadavku na tlumení chvění potrubí, případně jako řešení, pokud nelze použít klasický pružný závěs. Pružnou podpěru typicky tvoří dvě pružiny umístěné v ocelových pouzdrech, jsou určeny pro zatížení do 2500 kp a předpětí pružin se nastavuje pomocí svorníků, umístěných vně pouzder. Je možné využít i pružinových podpěr s větším počtem pružin, typicky 4 až 6 pružin, ty jsou sevřené dvěma deskami, kde se pomocí horní matice nastavuje výška, ve které podpěra bude a pomocí spodní matice předpětí pružin. Pomocí různých konstrukčních variant lze vytvořit například pružinovou podpěru, která bude zajištěna proti působení vodorovných sil, které jsou kolmé na osu pružiny. [1]

Do pružných uložení se řadí také kladkový závěs (Obr. 12). Oproti předchozím uvedeným uloženíh kladkový závěs odolá většímu zatížení, a to až do 5000 kp. Používá se na místech, kde působí velká zatížení a jsou zde velké svislé posuvy. Zatížení je zachyceno pomocí protizávaží zavěšeného na kladkách nebo kladkostroji. [1]



Obr. 12 - Kladkový závěs – převzato z [1]

Při využití pružného uložení je důležitá kontrola pružných uloženíh na stavbě a při provozu, protože může dojít k tomu, že bude potřeba upravit napětí pružin. [1]

## 2.3 Uložení potrubí menších rozměrů

Pro uložení potrubí menších průměrů se využívají jednodušší řešení v podobě třmenů, pout, přichytek a skob. Skoby se používají při uchycování potrubí do zdiva, časté využití je u instalačních trubek, skoby bývají kované nebo lisované. Pouta přichycují vodorovně i svisle vedené potrubí na zdivo, vyrábějí se například dle normy ON 13 0615, pro menší průměr potrubí je jedno rameno pouta upraveno pro přichycení na zdivo, pro větší rozměry potrubí má pouto dvě ramena upravená k přichycení. Pro uchycení na ocelové konstrukce se využívají třmeny a přichytky. Použití třmenů a přichytek je běžné u neizolovaných potrubí. Třmen tvaru U (vyroben z kruhové oceli, definován rozměrovou normou ON 13 0625) svírá potrubí tak, že je připevněn pomocí čtyř matic k výložníku. Pro menší průměry potrubí je možné využít poloviční třmen. Přichytky jsou definované normou ON 13 0620, připevňují se k výložníku pomocí jednoho nebo dvou šroubů. Přichytka je znázorněna na obrázku 13. [1]



Obr. 13 - Přichytka potrubí ON 13 0620 - převzato z [2]

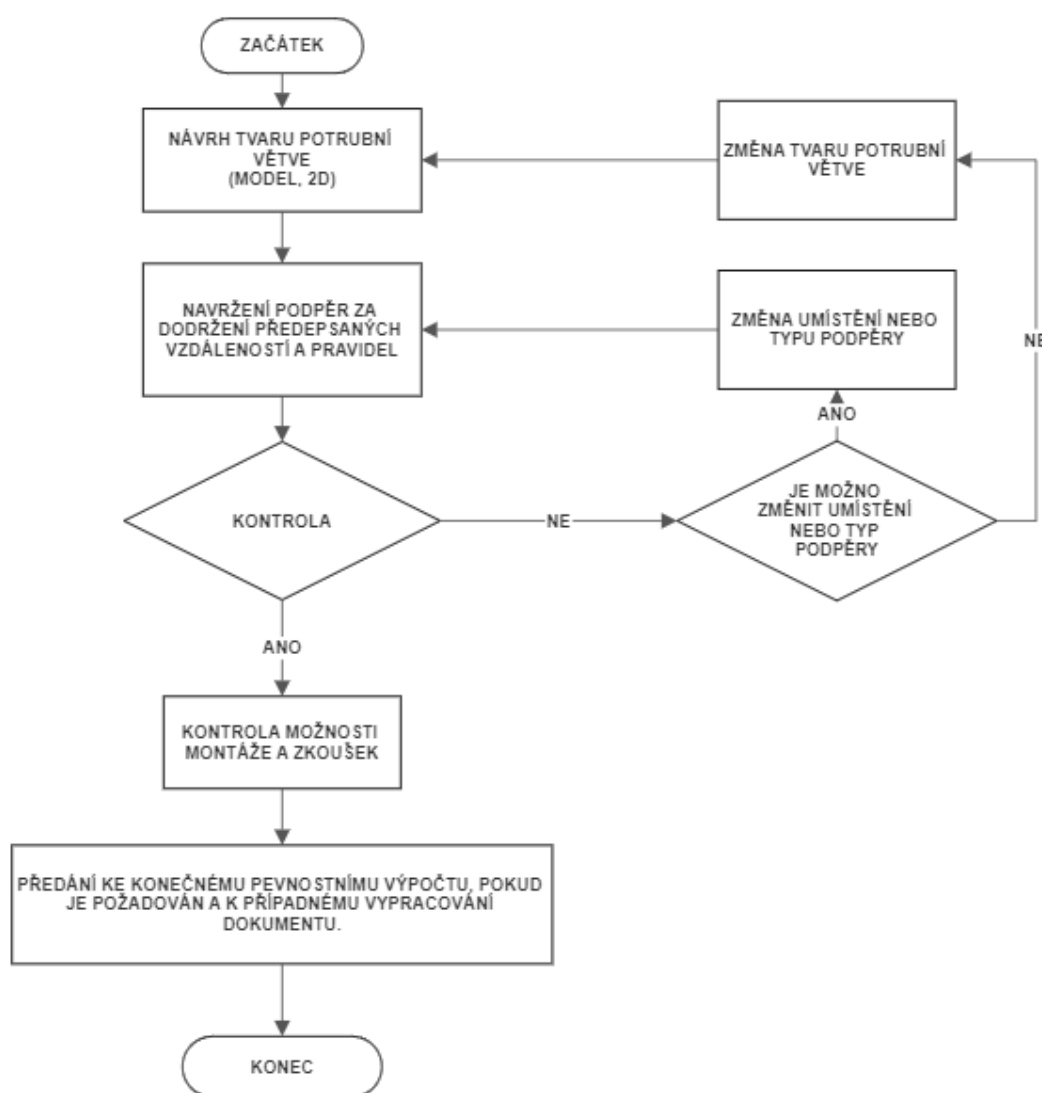
### 2.3.1 Výložníky

Výložníky se používají ke spojení uložení s nosnou konstrukcí. Typicky jsou vyrobené z profilových tyčí tvarů: I, L, T, U. Jako materiál výložníků je používána ocel, litina nebo železobeton. Uložení je s výložníkem spojeno šrouby nebo přivařeno, může být i volně položeno. Pokud je jako uložení použit závěs, je spojen s výložníkem pomocí táhla. Výložník se k nosné konstrukci připevňuje přivařením, pomocí šroubového spoje k zabetonovaným kotevním šroubům nebo může být zabetonován v otvoru, případně je možné upevnění pomocí opásání nosného sloupu. Dle typu uložení jsou možné různé úpravy výložníků. Například doplnění ocelovou plošinou pro smýkající se podpěry, nebo podpěry s válečky. Pro uložení zakotvením jsou k výztužníku přivařené boční výztuhy. Výložníky mohou být v provedení s podpěrou nebo bez. [1]

## 2.4 Postup umístování podpěr

Postup tvorby konceptu uložení potrubí je znázorněn na následujícím vývojovém diagramu (Obr. 14). Pro ověření vhodnosti zvoleného uložení se provádí pevnostní a dilatační výpočty navržené potrubní trasy pro všechny požadované provozní stavy. Kontrola ve vývojovém diagramu zahrnuje kontrolu vzdálenosti podpěr, kontrolu zatížení připojovacích míst a kontrolu zatížení vyvíjeného na potrubí vlivem tepelné dilatace, také kontrolu zatížení předpokládaných možných povětrnostních podmínek nebo seizmické aktivity v oblasti provozu potrubí. [3]

Z diagramu (Obr. 14) je zřejmé, že pokud při kontrole navržený tvar potrubní větve nevyhoví, je primárním řešením změna typu uložení nebo změna umístění uložení. Pokud dispoziční podmínky na stavbě neumožní uložení umístit na jiné místo, přistupuje se ke změně tvaru potrubní větve.



Obr. 14 - Vývojový diagram pro návrh uložení potrubí – převzato z [3]

### 3 Software použitý v praktické části

Praktická část této bakalářské práce se zabývá návrhem trasy potrubního systému a následným tepelně dilatačním výpočtem. V této kapitole jsou představeny programy použité ke zpracování této práce. Jedná se o programy běžně využívané v praxi projekčních kanceláří zabývajících se návrhy a výpočty potrubí.

Při zpracování této bakalářské práce byly využity tyto programy:

- AVEVA Everything3D
- Caesar II

#### 3.1 AVEVA Everything3D

Program od společnosti AVEVA s názvem AVEVA Everything3D nebo též zkráceně AVEVA E3D slouží pro projekci řešení v energetice a průmyslu. Jedná se o pokročilý 3D software umožňující spolupráci více projekčních týmů na jednom projektu současně. Je kompatibilní s dalšími software od společnosti AVEVA využívaných při projektování velkých energetických celků, jako například AVEVA Electrical sloužící pro návrh elektrotechniky. Navazuje na program PDMS (*Plant Design Management System*), kdy AVEVA E3D nabízí oproti PDMS upravené uživatelské rozhraní. Software umožňuje práci na jednom projektu jak v programu AVEVA E3D, tak v PDMS současně.

Program má pevně danou hierarchickou strukturu, která se dodržuje v rámci celého modelu. Struktura je založená na databázové formě. Program pracuje s objemovým modelováním, to znamená že jednotlivé vymodelované prvky nemají vnitřní strukturu. Toto řešení zmenšuje objem dat v projektu, tím urychluje práci v programu, ale zároveň je dostatečné pro modelování návrhů energetických celků, kdy je pro projektanty důležité znát hlavně tvar modelů a jejich objem, který zaujímají v prostoru.

Program obsahuje několik základních modulů:

- Model – pro kontrolu a vytváření 3D modelů
- Draw – využívaný k tvorbě výkresové dokumentace
- Isodraft – využívaný pro generování izometrie potrubí

V této práci byl využíván modul Model pro návrh potrubních tras.

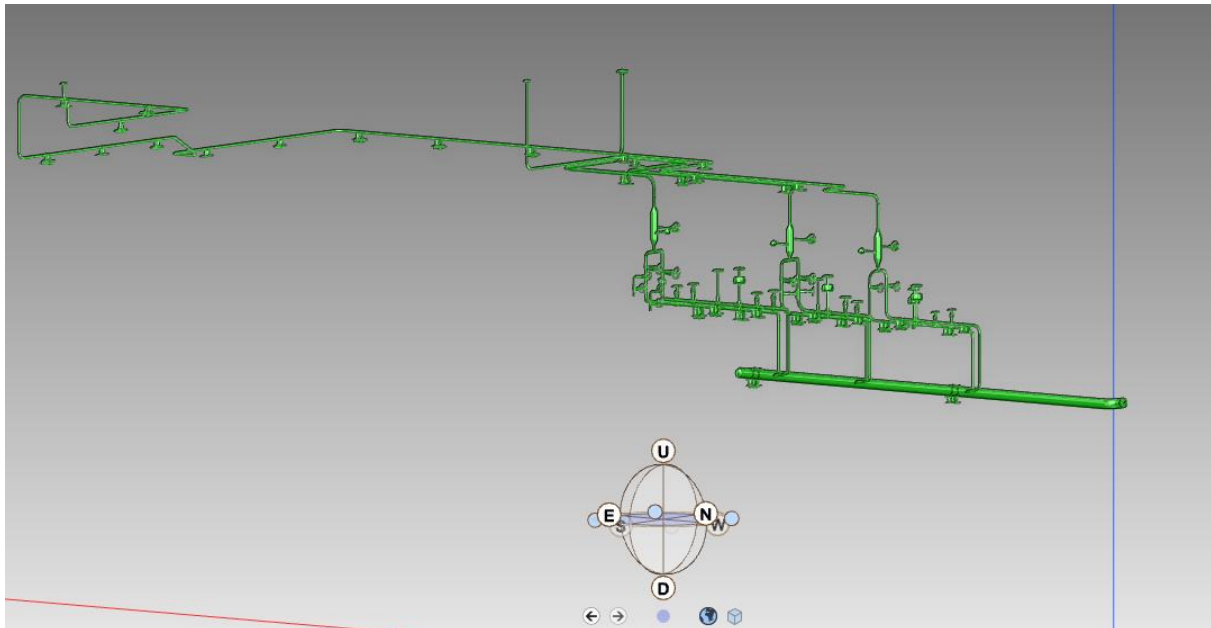
Dále je modul Model rozdělený do jednotlivých sekcí, které obsahují aplikace pro práci v konkrétním projekčním zaměření. Sem patří například:

- Piping – umožňuje tvorbu potrubních tras včetně armatur
- Equipment – umožňuje vytváření a úpravu zařízení jako například čerpadla, turbíny, nádoby
- Structures – pro tvorbu ocelové konstrukce stavby, ale i zdí a podlah

Program AVEVA E3D umožňuje přidání a prolnutí 3D modelu s laser scanem. Laser scan je realistický obraz pořízený pomocí laserového skenování místa, ve kterém probíhá návrh projektového řešení. Scan se převádí na mračna bodů a je pak možné s ním dále v programu pracovat, což může snížit čas návrhu, a tím i náklady na projekt, o modelování již existující stavby a potrubních tras při rekonstrukcích nebo dostavbách. [9]

Na následujícím obrázku (Obr. 15) je ukázka navrženého potrubního systému v praktické části této bakalářské práce v prostředí programu AVEVA E3D.





Obr. 15 - Navržený potrubní systém v programu AVEVA E3D

### 3.2 Caesar II

Program Caesar II od společnosti Hexagon je určený pro pevnostní analýzu navržených potrubí a pro vytváření 3D modelu potrubí. Analýzu zatížení umí provést jak pro statické zatížení, tak i pro zatížení dynamické. Tepelně dilatační výpočty v programu jsou prováděny podle zavedených světových standardů těchto výpočtů. V případě této bakalářské práce se jedná o normu EN 13 480. [10]

Výsledkem výpočtu v programu Caesar II v této bakalářské práci je tepelně dilatační výpočet, na jehož základě lze určit zatížení jednotlivých částí potrubního systému. Na základě výsledku lze určit, zda má systém vhodně navržené uložení nebo zda je v systému navržena dostatečná kompenzace.

Výhodou a důvodem pro práci v programu Caesar II je jednoduchá kompatibilita s výše popsaným softwarem pro design potrubí AVEVA E3D. Příklad výstupu z programu CAESAR II je na obr. 22.

## 4 Praktická část

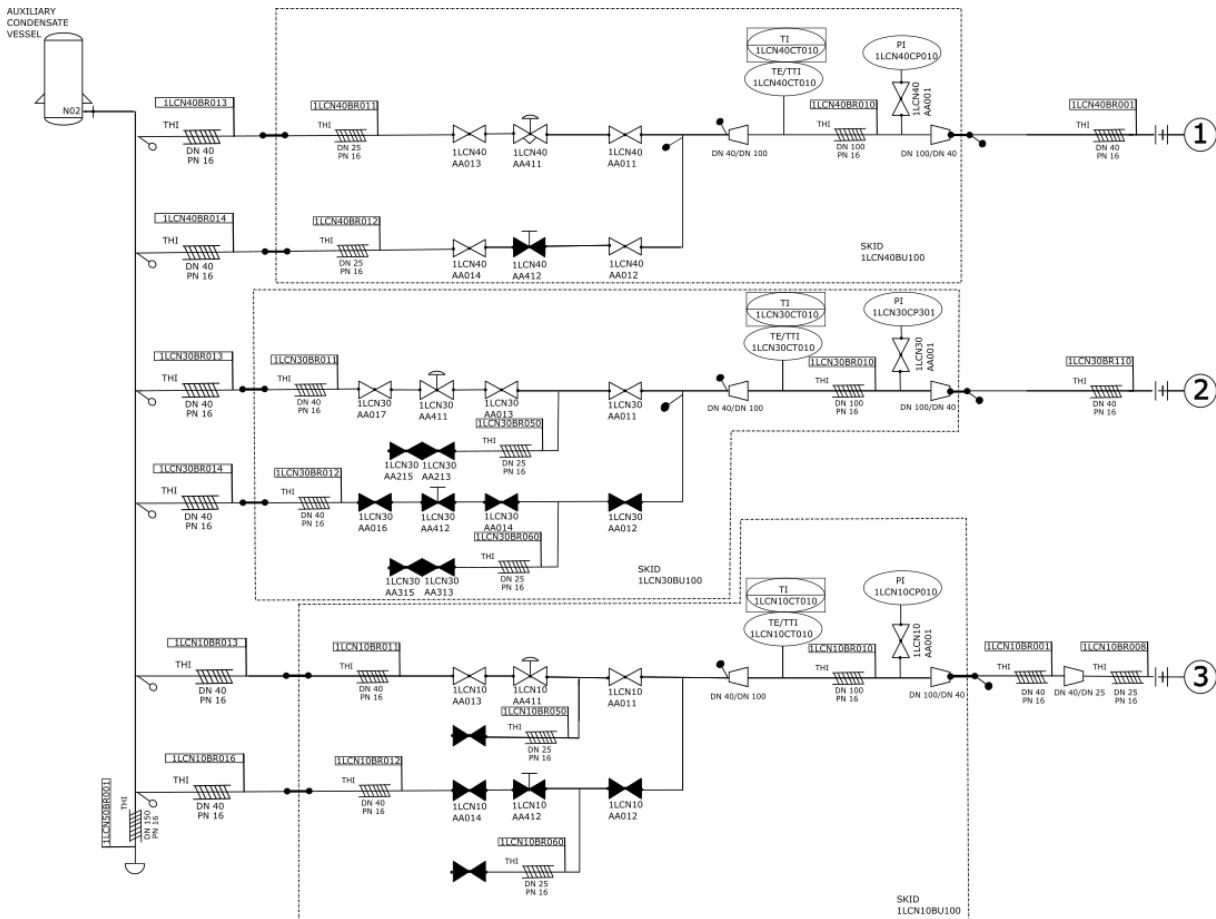
V praktické části této bakalářské práce byl zpracován návrh designu potrubního systému pro odvod kondenzátu ze dvou přehříváčů vzduchu přes ventilové stanice do sběrné nádoby kondenzátu. Do přehříváčů je vedena pára a vzduch, dochází k ohřátí vzduchu a pára kondenzuje, vzniklý kondenzát je odváděn. Systém se napojuje na jeden (primární) z přehříváčů na dvou místech, na druhý (sekundární) přehříváč pak pouze v jednom přípojovacím místě. Kondenzát je sváděn do sběrnice, která vede do sběrné nádoby kondenzátu, odkud se pak kondenzát pomocí čerpadel čerpá pro další využití.

Řešení je navrženo pro výstavbu nové budovy spalovny odpadu ležící v Evropě, tudíž se návrh řídí podle evropských norem. Při návrhu bylo důležité propojit přehříváče a nádobu pro sběr kondenzátu vhodně umístěnou trasou tak, aby trasa nezasahovala do dalších potrubních tras vedených v okolí a byla snaha o vhodné vedení trasy s ohledem na možnost využití ploch stavby spalovny pro umístění uložení potrubí.

### 4.1 Popis navrhované trasy

Na následujícím obrázku (Obr. 16) je P&ID schéma (viz. kapitola 4.1.1 P&ID schéma) navrženého potrubního systému. Čísla 1, 2, 3 v kruhu označují napojovací místa na zařízení. Číslo 1 označuje napojovací místo na sekundární přehříváč, čísla 2 a 3 na primární. Trasy jsou vedené přes měřicí stanice, kde se pomocí redukce upraví velikost potrubí z DN 40 na DN 100 a je měřen tlak a teplota. Dále je velikost potrubí opět redukce zmenšena na DN 40. Následuje ventilová stanice. Po ventilové stanici jsou jednotlivé trasy svedené do jedné sběrné potrubní větve a kondenzát je veden do kondenzátní sběrné nádrže (*Auxiliary Condensate Vessel*) přes napojovací místo, zde označené jako *NO2*. Z daného P&ID schématu je zřejmé, že všechny potrubní trasy mají tepelnou izolaci.

Na obr. 16 jsou vidět tři oblasti vyznačené čerchovanou čarou, označují tzv. skidy. Název každého ze skidů je uveden při pravém rohu každého rámečku. Skid (*skid-mounted equipment*) je označení pro zařízení namontována na podstavci. Díky tomu je usnadněna manipulace a instalace zařízení a lze je dopravit na místo stavby jednodušeji a již v jednom kuse. Jedná se o soustavu zařízení již připravenou k použití, kde není nutné provádět na místě stavební a instalační práce. Mezi zařízení, která se takto běžně umísťují na skidy patří například čerpadla, kompresory, výměníky tepla, filtry nebo jako zde ventilové soustavy a měřiče. Kromě jmenovaných příkladů zařízení skid již obsahuje potřebné potrubí, ovládací panely a elektrické přípojky. Takže se celý skid na místě instalace pouze propojí na přípojovacích místech s navazujícími potrubími nebo armaturami.



Obr. 16 - P&ID navrženého potrubního systému

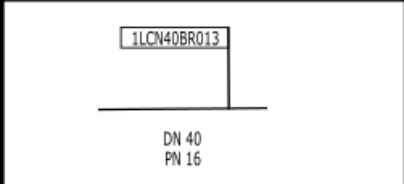

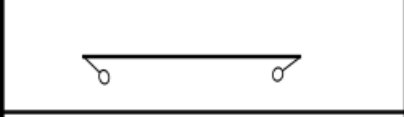
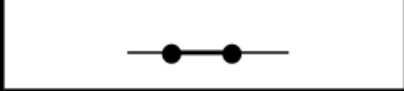
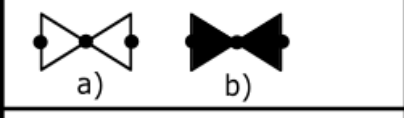
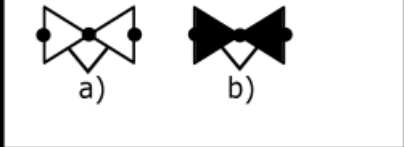
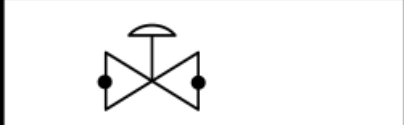

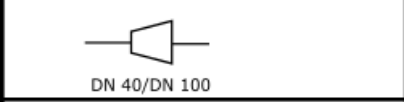
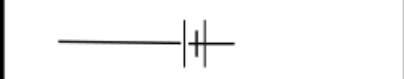
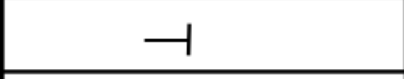
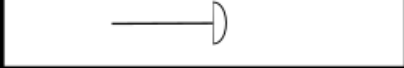
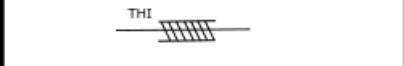
#### 4.1.1 P&ID schéma

P&ID (*Process and Instrumentation Diagram*) je diagram ve kterém jsou zobrazeny potrubní cesty a směr toku média, potrubní armatury a jednotlivá propojená zařízení. Schéma obsahuje popisky s označením jednotlivých tras, komponent a zařízení. Tato označení vycházejí z tzv. KKS systému značení (viz kapitola 4.1.2 KKS identifikace). Dále jsou na schématu údaje o jmenovitém tlaku PN a jmenovité světlosti DN potrubí. Na schématech mohou být zanesené i další informace jako například informace o teplotě nebo průtoku média.

Jednotlivé armatury a zařízení jsou zobrazeny pomocí symbolů a značek. Tyto symboly a značky jsou normovány. Nejčastěji používanou normou, která definuje jednotlivé symboly je norma ANSI/ISA-5.1-2009 (dříve známá jako ANSI/ISA-5.1-1984). Dalšími ekvivalentními uznávanými normami jsou například ISO 10628, ISO 14617 a BS 5070.

Následující tabulka (Tab. 2) obsahuje seznam s použitými symboly ve výše uvedeném P&ID schématu (Obr. 16).

Tab. 2 - Přehled užitých symbolů v P&ID schématu

	Označení potrubí (s vyznačeným směrem toku)
	Potrubí s označeným začátkem a koncem (změna označení zařízení)
	Potrubí s označeným začátkem a koncem (změna označení systému)
	Procesní rozhraní svařované
	Uzavírací ventil ( <i>Globe Valve</i> ), přivařený a) otevřený, b) uzavřený
	Uzavírací kontrolní ventil ( <i>Globe Control Valve</i> ), přivařený a) otevřený, b) uzavřený
	Membránově ovládaný ventil ( <i>Membrane Actuator</i> ), přivařený, otevřený
	Manuálně ovládaný ventil ( <i>Manual Actuator</i> ), přivařený, uzavřený
	Koncentrická redukce s označením DN
	Spojení pomocí přírub s těsněním
	Nápojení na nádobu ( <i>Nozzle</i> )
	Uzávěr potrubí, navařený ( <i>cap</i> )
	Tepelná izolace potrubí ( <i>Thermo Heat Insulation</i> )

#### 4.1.2 KKS identifikace

Označení jednotlivých armatur, zařízení ale i potrubních tras se běžně provádí podle systému identifikace označovaného zkratkou KKS (*Kraftwerks-Kennzeichen-System*). Tento jednoznačný systém identifikace a klasifikace vyvinula organizace VGB PowerTech v Německu a dnes se používá v energetickém a petrochemickém průmyslu mezinárodně.

Jedná se o kódový systém značení, který podléhá určité hierarchii. Každému prvku nacházejícímu se v nějakém systému (např. elektrárna) je přiřazen unikátní identifikátor. To ulehčuje orientaci při projekci, stavbě, provozu i demontáži systému.

Hierarchie se skládá ze 3 úrovní:

- Hlavní skupina (*Main Group*) – Značeno alfanumerickým kódem, zařazení zařízení do kategorie například energetického bloku, označení turbinové haly apod.
- Skupina (*Group*) – Značeno alfanumerickým kódem, rozdělení prvků do skupin vytvořených v rámci hlavní skupiny. Například potrubní větve (značeno BR), nebo ventily (značeno AA).
- Prvek (*Element*) – Značeno alfanumerickým kódem, označení jednotlivých prvků zařazených ve skupině. Kód by měl poskytnout informaci o funkci a umístění prvku. Je to nejnižší úroveň v označení.

Příkladem z navrženého potrubního systému je například označení 1LCN40BR001. Zde číslice 1 značí lokaci umístění, LCN značí potrubí určené pro transport kondenzátu, 40 je označení pro konkrétní podskupinu kondenzátního potrubí, označení BR je užitě pro potrubní větev (*Branch*) a 001 je číslo prvku ve skupině.

Na základě tohoto označení je tedy zřejmá informace, že 1LCN40BR001 je potrubní větev s identifikací 001, která patří do skupiny kondenzátního potrubí a podskupiny označené číslem 40 a nachází se v lokaci označené číslicí 1. Podobně lze takto rozebrat i označení pro ventily, kde je v kódu označení BR nahrazeno označením AA.

V současnosti se systém identifikace KKS nahrazuje referenčním systémem označování podle normy DIN ISO 81346-10. Ale systémy (např. elektrárny), které jsou již postaveny s identifikačním kódováním KKS se podle nové normy nepřekódovávají. Proto se například při dostavbách těchto systémů používá i nadále systém identifikace KKS. [7] [8]

#### 4.1.3 Materiál navrženého potrubí

Zvoleným materiálem všech potrubních tras byla ocel P235GH. Jedná se o nelegovanou ocel s dobrou teplotní odolností. Je využívána na výrobu bezešvých trubek a také pro tlakové nádoby nebo kotle. Odolá souvislému teplotnímu zatížení až do hodnoty 450 °C. Je lehce tvárnitelná za tepla i studena a snadno svařitelná. Číselně se tato ocel značí 1.0345 a dle staré ČSN normy odpovídá značení ČSN 11 368. [13]

V následující tabulce (Tab. 3) jsou uvedené požadavky stanovené normou EN 10216-2 pro bezešvé ocelové trubky užitě při zvýšených teplotách.  $R_e$  [MPa] je mez kluzu, je určena pro různé tloušťky  $T$  [mm].  $R_m$  [MPa] je mez pevnosti v tahu určena pro tloušťku  $T \leq 60$  mm. Prodloužení  $A$  je udané po nominální délce  $L$  nebo pro tloušťku  $T$  v procentech [%]. [12]

Tab. 3 - Mechanické vlastnosti P235GH – údaje převzaty z [12]

$R_e$ [MPa]		$R_m$ [MPa]	$A$ [%]	
$T \leq 16$ [mm]	235		360 až 500	L
$16 < T \leq 40$ [mm]	225	T		23
$40 < T \leq 60$ [mm]	215			

V tabulce (Tab. 4) jsou uvedené hodnoty meze kluzu  $R_{p0,2}$  [MPa] pro zvýšené teploty materiálu P235GH.

**Tab. 4 - Hodnoty meze kluzu  $R_{p0,2}$  [MPa] při zvýšených teplotách – údaje převzaty z [12]**

Teplota [°C]	$R_{p0,2}$ [MPa]
100	198
150	187
200	170
250	150
300	132
350	120
400	112
450	108

Vzhledem k doporučeným rozměrům tloušťek v normě EN 10216-2 byla tloušťka navržených trubek vybrána 6,3 mm. Největší vnější rozměr potrubí je 168,3 mm (pro potrubí rozměru DN 150) a nejmenší je 26,9 mm (pro nejmenší rozměr potrubí v systému DN 25). Zvolená tloušťka 6,3 mm je průnikem doporučeného rozměru tloušťky pro oba tyto limitní rozměry, viz obr. 17 [12]

Vhodnost zvolené tloušťky stěny se ověřuje při návrhu potrubí například pomocí software VVD (*Visual vessel design*). V programu VVD lze provést pevnostní výpočet a ověřit tak, jestli vybraná tloušťka vyhoví tlakovému zatížení.

Dimensions in millimetres

Outside diameter <i>D</i> Series <sup>a</sup>			Wall thickness <i>T</i>																				
1	2	3	1,6	1,8	2	2,3	2,6	2,9	3,2	3,6	4	4,5	5	5,6	6,3	7,1	8	8,8	10	11	12,5	14,2	
10,2																							
	12																						
	12,7																						
13,5																							
	14																						
	16																						
17,2																							
	18																						
	19																						
	20																						
21,3																							
	22																						
	25																						
	25,4																						
26,9																							
	30																						
	31,8																						
	32																						
33,7																							
	35																						
	38																						
	40																						
42,4																							
	44,5																						
48,3																							
	51																						
	54																						
	57																						
60,3																							
	63,5																						
	70																						
	73																						
76,1																							
	82,5																						
88,9																							
	101,6																						
	108																						
114,3																							
	127																						
	133																						
139,7																							
	141,3																						
	152,4																						
	159																						
168,3																							
	177,8																						
	193,7																						
219,1																							
	244,5																						
273																							
323,9																							
355,6																							
406,4																							
457																							
508																							
	559																						

Obr. 17 - Doporučené tloušťky potrubí – převzato z [12]

#### 4.1.4 Návrh uložení

Mezi základní pravidla při návrhu uložení patří dodržení maximální vzdálenosti mezi jednotlivými podpěrami, potrubí musí mít umožněn pohyb vlivem tepelné roztažnosti a uložení by mělo být voleno tak, aby přeneslo dovolené zatížení na nosnou konstrukci.

Umístění uložení je vidět na obrázcích z programu CAESAR II, kde jsou jednotlivé druhy uložení reprezentovány zelenými šipkami, které znázorňují to, jakým směrem působí uložení na potrubí. V navrženém potrubním systému jsou použity 4 druhy uložení:

- Podpěra – působí na potrubí pouze ze směru svisle vzhůru
- Podpěra bez možnosti odlehnutí – které působí na potrubí směrem svisle vzhůru a současně i ze směru svisle dolů
- Vedení – zamezuje pohybu potrubí ve směru svislém i horizontálním
- Pružné uložení

Příklady zobrazení některých uvedených způsobů uložení jsou na následujícím obrázku (Obr. 18).



Obr. 18 - Uložení zobrazená v programu CAESAR II

Vzdálenost mezi umístěním jednotlivých uložení závisí na několika faktorech. Mezi ně patří velikost DN potrubí, tloušťka stěny potrubí, hustota média, vliv tepelné izolace potrubí, materiál potrubí, momentových zatížení působících na potrubní úsek. Správnost navrženého uložení je důležitá pro zabránění deformací a mechanických porušení potrubí.

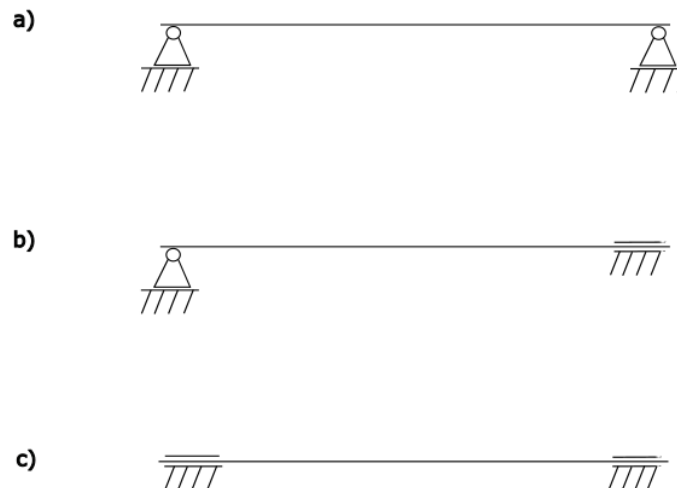
V normě EN 13480-3 je definován vztah (3) podle kterého se určuje maximální vzdálenost dvou podpěr:

$$L_G = \frac{\pi}{\beta} \sqrt{\frac{E \cdot J}{F_i \cdot k}} \quad (3)$$

Kde  $L_G$  [m] je vzdálenost mezi dvěma podpěrami,  $\beta$  [-] je koeficientem druhu uložení,  $E$  [Pa] je modul pružnosti v tahu,  $J$  [kg·m<sup>2</sup>] je moment setrvačnosti průřezu potrubí,  $F_i$  [N] je součet všech sil, které působí na úsek potrubí mezi dvěma uloženími,  $k$  [-] je koeficient bezpečnosti. [5]

Pro koeficient bezpečnosti je v normě doporučená hodnota  $k = 3$ . Koeficient druhu uložení se určuje podle toho, zda se jedná o uložení, kde jsou obě strany jednoduše podepřené pak  $\beta = 1$  (Obr. 19 a)), pokud je jedna strana axiálně vedená a druhá jednoduše podepřená je koeficient  $\beta = 0,7$  (Obr. 19 b)) a pokud je na obou stranách axiální vedení je koeficient  $\beta = 0,5$  (Obr. 19 c)). [5]



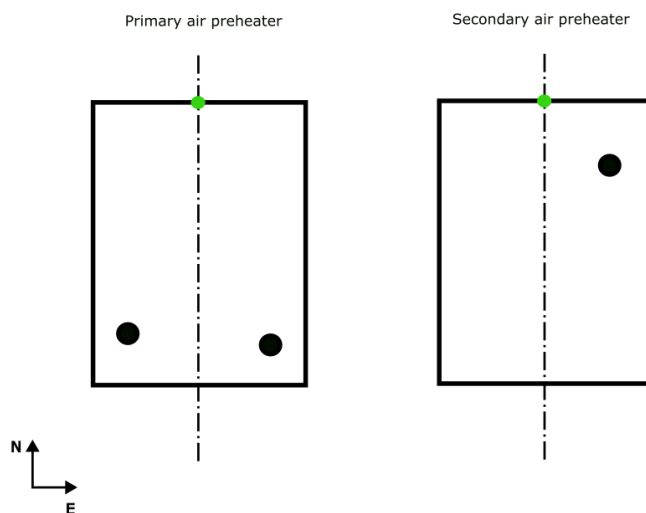


Obr. 19 - Druhy uložení pro určení koeficientu  $\beta$

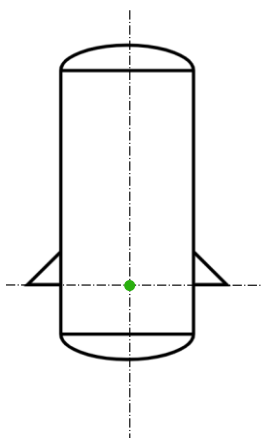
## 4.2 Teplotně dilatační výpočet

Pro teplotně dilatační výpočet byl použit software Caesar II. Nejprve byl proveden import navrhnutého potrubního systému z programu AVEVA E3D do programu Caesar II. Návrh potrubního systému by bylo možné vytvořit i přímo v programu CAESAR II ale vzhledem k tomu, že při návrhu potrubí se brala v úvahu stavba spalovny a další přítomná zařízení, bylo vhodnější provést 3D návrh v prostředí AVEVA E3D, kde bylo možné všechny tyto překážky, kterým se bylo potřeba při vedení potrubí vyhnout, zobrazit. Po importování systému byly nadefinovány počáteční a okrajové podmínky pro výpočet. Mezi ně patří výpočtová teplota dle zadání 279 °C a tlak 70 barů. Také se zadávají hodnoty jako hustota přepravovaného média, tloušťka tepelné izolace, údaje o materiálu potrubí a hmotnosti použitých armatur.

Také byly určeny hodnoty teplotní roztažnosti připojovacích míst od nadefinovaných pevných bodů. Pevné body byly určeny zákazníkem pro předehříváče vzduchu v ose na jedné ze stran podpěry. Pro lepší představení umístění pevného bodu je místo pevného bodu pro předehříváče označené na obr. 20. Pevný bod je vyznačen zeleným bodem, černé body jsou vyznačené polohy připojovacích míst potrubí. Na obr. 20 je v pravém spodním rohu zobrazena orientace os podle orientace předehříváčů v prostředí 3D návrhu. Pro sběrnou nádobu je pevný bod umístěn ve výšce jejího ukotvení a v ose, poloha je naznačena zeleným bodem na obr. 21.



Obr. 20 - Označení umístění pevných bodů pro předehříváče



Obr. 21 - Označení umístění pevného bodu pro nádrž

Od pevných bodů byla změřena vzdálenost v souřadnicích a ze vzorce pro teplotní roztažnost (4) vypočítán rozdíl vzdálenosti vlivem teploty.

$$\Delta l = l_0 \alpha \Delta T \quad (4)$$

Kde  $\Delta l$  [mm] je změna délky,  $l_0$  [mm] je původní naměřená délka,  $\alpha$  [mm/mK] je součinitel teplotní roztažnosti a  $\Delta T$  [°C] udává rozdíl teplot. Pro výpočet byl volen součinitel teplotní roztažnosti  $\alpha = 1,33 \cdot 10^{-2}$  [mm/mK] pro materiál ocel P235GH. Rozdíl teplot  $\Delta T$  se určil jako rozdíl teploty předehříváčů nebo nádoby a okolního prostředí, protože celý potrubní systém je umístěn uvnitř budovy spalovny považuje se za teplotu prostředí 20 °C.

V následující tabulce (Tab. 5) jsou uvedeny naměřené vzdálenosti od pevných bodů k přípojovacím místům na jednotlivých zařízeních. Všechny hodnoty v tab. 5 jsou v milimetrech. Pro předehříváče vzduchu je vertikální vzdálenost nulová, protože výška napojení odpovídá výšce, ve které leží pevný bod. Pro každou naměřenou hodnotu je pak v tabulce uvedena vypočítaná změna délky dle výše uvedeného vzorce (4). Pro výpočet předehříváčů byla jako teplota volena 240 °C a pro nádrž 425 °C, tyto údaje o teplotách pocházejí z výkresové dokumentace zařízení.

Jako příklad výpočtu změny délky je uveden výpočet (5) pro primární přehříváč a hodnotu naměřenou pro připojovací místo potrubí /1LCN30BR110 v horizontálním směru v 3D modelu orientovaném jako N-S (tzn. north-south/sever-jih).

$$\Delta l = l_0 \alpha \Delta T = 1,175 \cdot 13 \cdot 10^{-6} \cdot (240 - 20) = 0,00343 \text{ m} \approx 3,4 \text{ mm} \quad (5)$$

**Tab. 5 - Výsledné tepelné roztažnosti**

	HORIZONTÁLNĚ (N-S)	HORIZONTÁLNĚ (E-W)	VERTIKÁLNĚ (U-D)
<b>PRIMARY AIR PREHEATER</b>			
Změřená hodnota (napojení /1LCN30BR110)	1175	7289	0
Tepelná roztažnost	3,4	21,3	0
Změřená hodnota (napojení /1LCN10BR008)	1025	7612	0
Tepelná roztažnost	3	22,2	0
<b>SECONDARY AIR PREHEATER</b>			
Změřená hodnota (napojení /1LCN40BR001)	1062	254	0
Tepelná roztažnost	3,1	0,7	0
<b>CONDENSATE TANK</b>			
Změřená hodnota (napojení /1LCN50BR001)	900	550	640
Tepelná roztažnost	5,2	3,1	3,7

Tepelně dilatační výpočet se řídí normou EN 13 480. Byl určen pro následující zatěžující stavy:

- Operační stav (OPE)
- Trvalé primární zatížení potrubí bez uvažování vlivu teploty (SUS)
- Zatížení potrubí vlivem tepelné dilatace (EXP)

Byl proveden výpočet pro trvalé zatížení (SUS), ten se určuje jako součet napětí vyvolaných výpočtovým tlakem a momentem mechanických zatížení působících na potrubí. Velmi podobně se určuje výpočet operačního stavu (OPE), kde se navíc ještě přičítá vliv výpočtové teploty. Operační stav samostatně také nebyl v této práci vyhodnocován, ale jeho znalost je důležitá při určení stavu zatížení vlivem tepelné dilatace (EXP), protože ten vychází z rozdílu (OPE)-(SUS). [5]

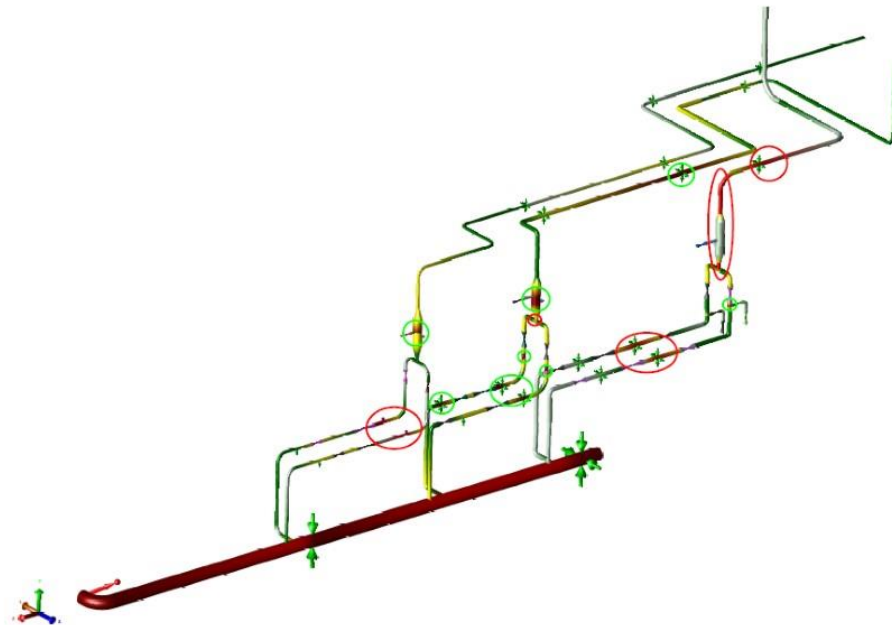
#### 4.2.1 Stav zatížení SUS

Navržený potrubní systém při zatížení (SUS) nevyhovuje. Problematická místa jsou vidět na následujícím obr. 22. Místa, kde vyšlo vypočtené napětí větší, než povolená hodnota jsou vyznačena na obr. 22 červeně. Na tyto místa bude nutné se zaměřit a vzniklá přetížení vhodně eliminovat, například přidáním podpěr nebo pružného uložení. Zeleně jsou na stejném obrázku vyznačena místa, která se na škále sice ukazují červeně, ale hodnota napětí je v rozmezí 80 až 100 %, tedy nepřekračuje povolenou hodnotu, ale je vhodné těmto místům věnovat zvýšenou pozornost.

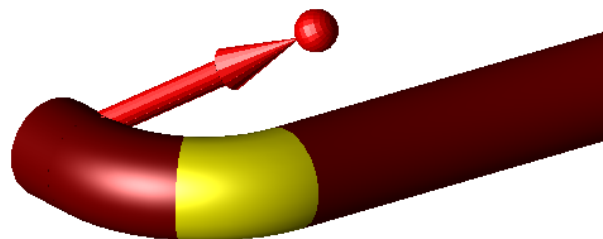
Pro sběrné potrubí 1LCN50BR001 jsou místa s překročením povoleného namáhání u napojení potrubních tras. Na koncích sběrného potrubí je napětí pod maximální hodnotou povoleného napětí, ale jeho hodnota je okolo 90 % povoleného napětí. To je vidět na obr. 23 kde je žlutě znázorněna vybraná část potrubí (zde koleno). Pro tuto část potrubí je v tabulce na černě zvýrazněném 46. řádku vidět vypočtené napětí 86,89 [N./sq.mm.] a dovolené napětí 93,03 [N./sq.mm.]. Z toho program určí, že využití dovoleného napětí je 93,40 %.

Naopak na dalším obrázku (Obr. 24) je žlutě znázorněn úsek mezi napojením tras 1LCN30BR014 a 1LCN10BR013, pro něj platí 14. řádek tabulky, kde z uvedených hodnot vychází, že napětí působící na tento úsek je 118,34 %. Proto na tomto místě bude vhodné například umístit podpěru.

Code Stress by Percent (%)



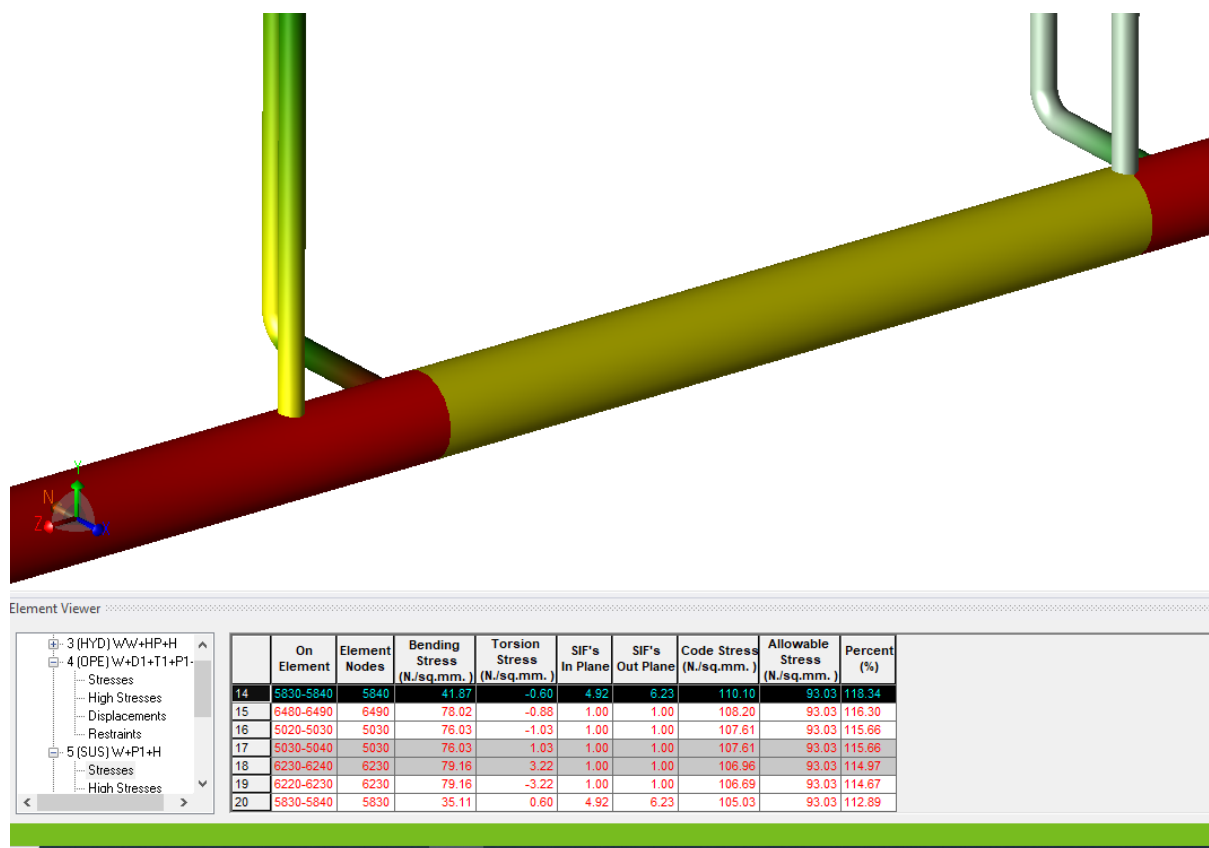
Obr. 22 - SUS zatížení celý potrubní systém



Element Viewer

	On Element	Element Nodes	Bending Stress (N/sq.mm.)	Torsion Stress (N/sq.mm.)	SIF's In Plane	SIF's Out Plane	Code Stress (N/sq.mm.)	Allowable Stress (N/sq.mm.)	Percent (%)
46	5890-5891	5890	11.46	0.19	2.41	2.01	86.89	93.03	93.40
47	5890-5891	5891	9.75	-0.43	2.41	2.01	85.75	93.03	92.17
48	5891-5900	5891	9.75	0.43	2.41	2.01	85.75	93.03	92.17
49	4640-4650	4650	53.15	1.01	1.00	1.00	84.93	93.03	91.29
50	2160-2170	2170	50.87	0.15	3.12	3.83	84.57	93.03	90.91
51	7050-7060	7060	75.91	-1.16	2.53	3.04	84.57	93.03	90.91
52	4540-4542	4540	68.48	-4.58	2.47	2.97	83.55	93.03	89.80

Obr. 23 - SUS zatížení koleno na 1LCN50BR001



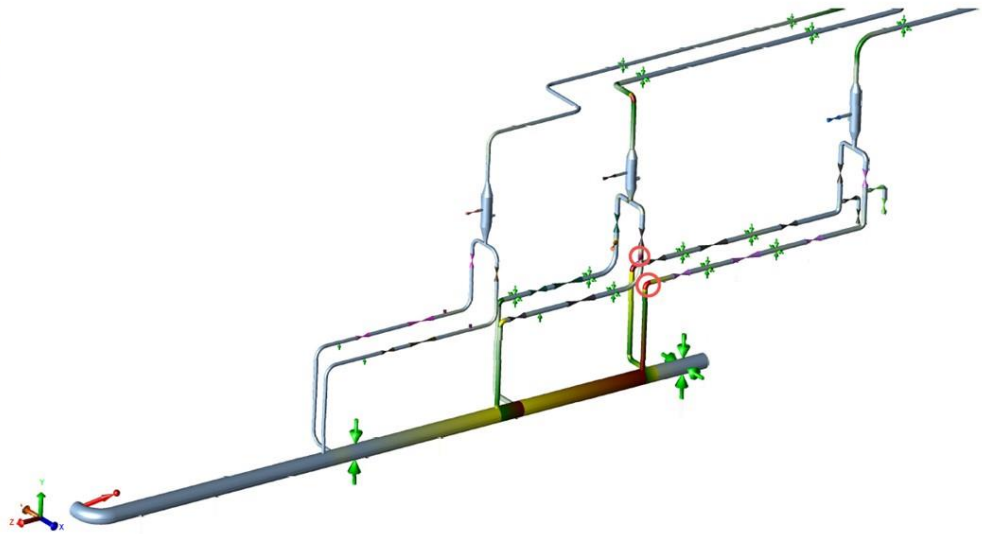
Obr. 24 - SUS zatížení rovný úsek na 1LCN50BR001

#### 4.2.2 Stav zatížení EXP

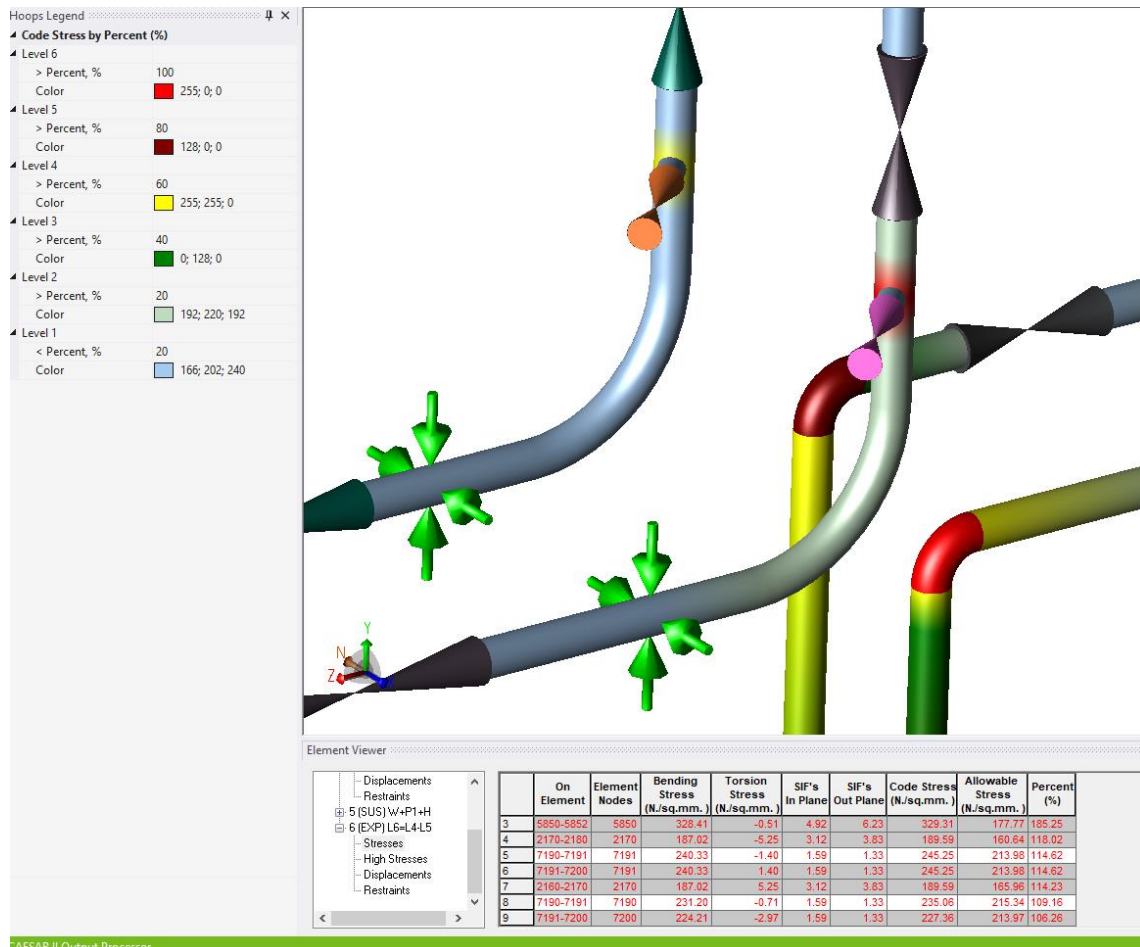
Kontrola napětí od tepelného zatížení také nevychází. Na obr. 25 je znázorněn celkový výsledek analýzy (EXP) kde je opět barevnou škálou odlišen procentní podíl vypočítaného namáhání ku dovolenému. Červeně jsou zobrazena dvě problematická místa, která jsou detailněji zobrazena na obr. 26. V řádku 4 a 7 jsou výsledky k odbočce na potrubí 1LCN10BR012, všechny ostatní řádky zachycené na obrázku se vztahují k oblasti kolene na potrubí 1LCN30BR012.

Dalším významně problematickým místem jsou místa připojení tras 1LCN30BR013, 1LCN30BR014 a 1LCN10BR010 k sběrnému potrubí 1LCN50BR001. Zde vyšla velmi vysoká přetížení až 372,05 %. Výsledek je znázorněn na obr. 27, ke každému místu napojení je přiřazeno číslo označující příslušný řádek výsledků. Tato problematická místa vznikají v důsledku nedostatečné tepelné kompenzace a pro provoz potrubí musí být vyřešena, jinak by došlo k poškození.

Code Stress by Percent (%)



Obr. 25 - EXP zatížení celý potrubní systém



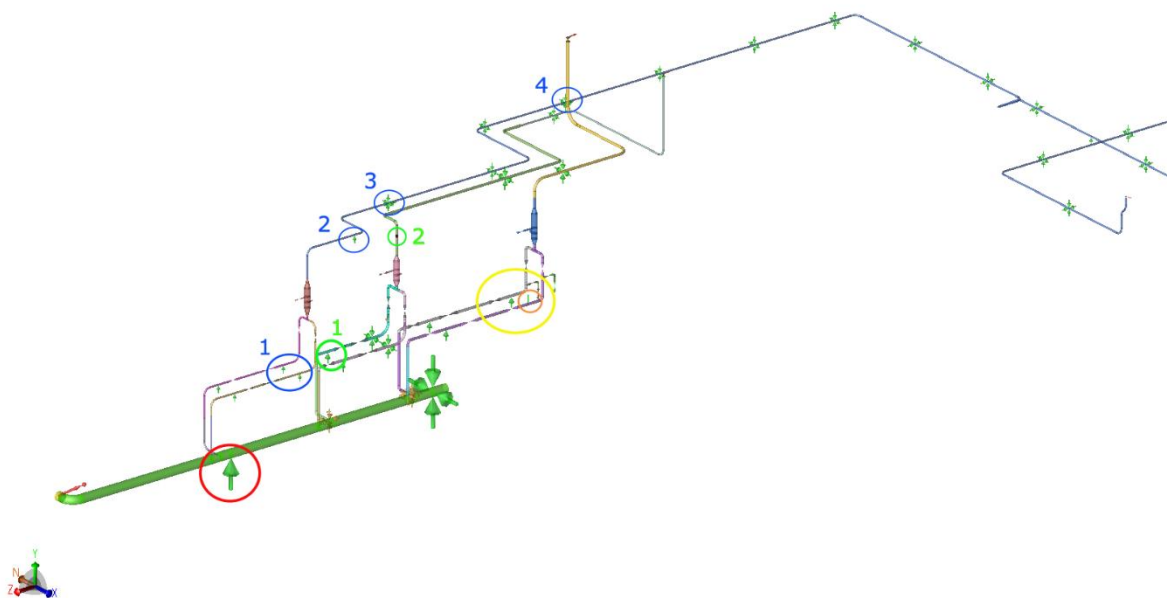
Obr. 26 - EXP zatížení, detail koleno a odbočka



Obr. 27 - EXP zatížení detail připojovacích míst na 1LCN50BR001

### 4.3 Optimalizace

Po výpočtech v programu CAESAR II kde se ukázalo, že navržený potrubní systém a jeho uložení na určitých místech nevyhovuje, byla navržena optimalizace pro zlepšení výsledků pevnostních výpočtů. Optimalizace spočívala v úpravě uložení potrubí, tak aby uložení lépe zachytilo síly od váhy potrubí nebo od tepelné roztažnosti. Průběh tras se tedy nezměnil. Změny provedené v uložení jsou znázorněny na následujícím obrázku (Obr. 28).



Obr. 28 - Optimalizace uložení

Na sběrné trubce 1LCN50BR001 bylo vyměněno vedení omezující pohyb trubky ve svislém směru nahoru i dolů za podpěru typu slide. Na obr. 28 označeno červeným kruhem. Změna byla provedena hlavně kvůli tomu, že pro vytvoření původně navrženého uložení by bylo nutné vytvořit ocelovou konstrukci, na kterou by se uložení instalovalo, což by zvýšilo finanční náklady na stavbu.

V uložení trasy 1LCN40 byly provedeny změny, které jsou na obr. 28 vyznačeny modře a očíslovány. Změna číslo 1 znázorňuje výměnu původního pružného uložení za podpěry. Oproti původnímu návrhu byla přidána podpěra do místa označeného číslem 2. Přidat do tohoto místa uložení bylo žádoucí, protože zde byla původně velká vzdálenost mezi navrženými uloženími, kde nebylo žádné další uložení, což by potrubí podle výpočtu již nevydrželo. Další změnou oproti původnímu návrhu je přidání uložení s axiální zarážkou do míst vyznačených čísly 3 a 4. Přidat uložení s omezením v axiálním směru bylo žádoucí, protože se jedná o dlouhý úsek potrubí, který v původním návrhu neměl žádné omezení ve směru osy potrubí.

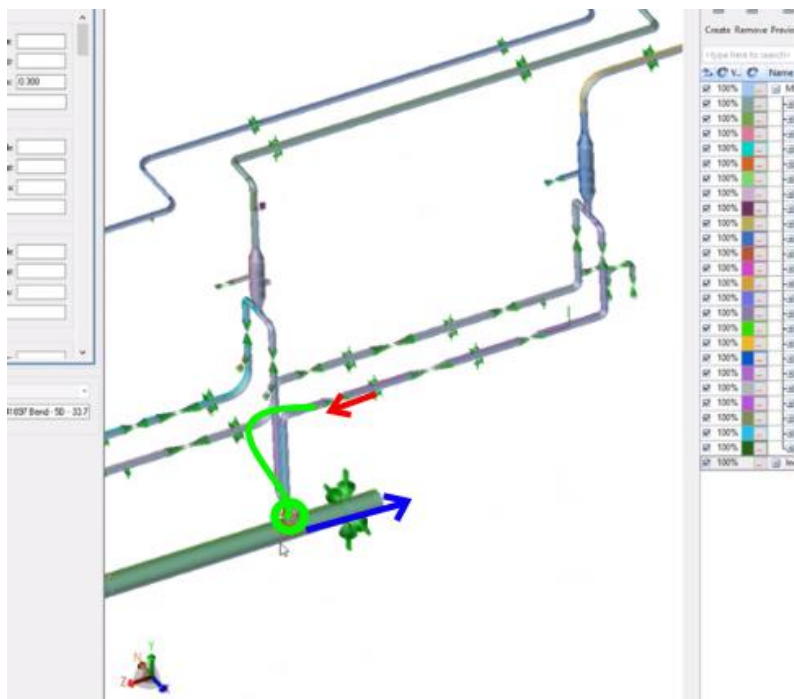
Pro uložení trasy 1LCN30 jsou dvě provedené změny vyznačeny na obr. 28 zeleně. První změna (označena číslem 1) spočívá ve výměně vedení za podpěru. Druhá změna (v obr. 28 označena číslem 2) je přidání pružného uložení na potrubí před vstupem do redukce DN40/DN100 před měřicí stanicí.

Pro poslední trasu 1LCN10 byla posunuta uložení blíže ke kolenům, která mění směr potrubí z vertikálního na horizontální. Také byla původně navržená vedení vyměněna za podpěry. Na obrázku je tato změna vyznačena žlutým kruhem. Původní uložení bylo moc



daleko od vertikálních částí potrubí a nezachytilo by tak značnou váhu armatur, která se na této trase vyskytuje. Docházelo by tak k deformacím potrubí hlavně v horní oblasti vertikálního potrubí, kde se trasa 1LCN10BR010 rozděluje pomocí T-kusu na trasy 1LCN10BR011 a 1LCN10BR012.

Další změnou na této trase je změna typu uložení na trase 1LCN10BR012 z podpěry na závěs (*Hanger*). Přítomnost závěsu na tomto místě umožní posun potrubí vlivem tepelné dilatace, protože vlivem tepelné roztažnosti se trasa sběrného potrubí 1LCN50BR001 posouvá ve směru -z. Označení směru posunutí jako směr “-z“ vychází z nastavení orientace os v programu CAESAR II, které je odlišné, než je zvykem ve většině jiných používaných programů. Značení os je znázorněné osovým křížem v levém spodním rohu obrázku obr. 29. Naopak trasa 1LCN10BR012 se posouvá ve směru osy z. Vlivem toho by docházelo k deformaci svislého potrubí 1LCN10BR016 a lámání v místě připojení této trasy k sběrnému potrubí 1LCN50BR001. Použití závěsu situaci řeší, protože závěs na potrubí působí stejně jako podpěra, ale nevyskytuje se zde tření mezi uložení a ocelí, ke které by bylo uložení uchyceno. Proto dojde k tomu, že je umožněn pohyb potrubí 1LCN10BR012 ve stejném směru jako se pohybuje velká sběrnice 1LCN50BR001 a tím se zamezí deformaci v oblasti kolene a trasy 1LCN10BR016. Situace je pro lepší představivost znázorněna na obr. 29. Pohyb potrubní trasy 1LCN10BR012 je vyznačen červenou šipkou. Pohyb sběrnice 1LCN50BR001 je vyznačen modrou šipkou. Deformace (na obrázku pro názornost znázorněná zveličeně) a kritické místo poškození napojení potrubí je vyznačeno zeleně.



Obr. 29 - Optimalizace, trasa 1LCN10BR012

#### 4.4 Síly působící na navazující technologická zařízení

V následujících tabulkách (Tab.6, Tab. 7, Tab.8, Tab.9) jsou uvedeny maximální silová zatížení a maximální momenty, které působí na přípojná místa zařízení. Tabulky obsahují i informace o posuvu přípojného místa způsobeným vlivem teplotní roztažnosti materiálu. První tabulka (Tab. 6) se vztahuje k přípojnému místu na sběrné nádrži kondenzátu. Druhá tabulka (Tab. 7) je pro hrdlo na primárním přehříváči vzduchu, které bylo v P&ID schématu (Obr. 16) značeno číslem 2. Třetí tabulka (Tab. 8) je pro hrdlo na stejném zařízení, ale značené číslem 3. Poslední tabulka (Tab. 9) udává údaje o hrdle, v P&ID (Obr. 16) značeno číslem 1, na sekundárním přehříváči vzduchu.

Vyhodnocení těchto sil, momentů a posuvů bylo provedeno pomocí programu CAESAR II. Znalost těchto zatížení slouží k porovnání s údaji o maximálních dovolených zatížení stanovených výrobcem jednotlivých zařízení, kde se vyhodnotí, zda zařízení vydrží (nedojde k mechanickému porušení) spočítaná zatížení a může být takto provozováno.

Vyhodnocení zatížení bylo provedeno pro dva zatěžovací stavy (SUS) a (OPE).  $F_x, F_y, F_z$  označují síly, které působí na přípojovací místo v osách danými spodním indexem x, y, z. Síly jsou udané v [N].  $M_x, M_y, M_z$  jsou momenty působící na jednotlivá přípojná místa zařízení v [Nm] působící kolem os x, y, z.  $D_x, D_y, D_z$  je označení pro posuv ve směrech os x, y, z jednotlivých přípojných míst v [mm].

Tab. 6 – Zatížení, sběrná nádrž kondenzátu

	$F_x$ [N]	$F_y$ [N]	$F_z$ [N]	$M_x$ [Nm]	$M_y$ [Nm]	$M_z$ [Nm]	$D_x$ [mm]	$D_y$ [mm]	$D_z$ [mm]
(OPE)	-192	-971	3398	-897	-396	53	5,2	3,7	-3,1
(SUS)	-123	-625	1095	-117	7	-162	0	0	0

Tab. 7 – Zatížení, hrdlo číslo 2 primární přehříváč vzduchu

	$F_x$ [N]	$F_y$ [N]	$F_z$ [N]	$M_x$ [Nm]	$M_y$ [Nm]	$M_z$ [Nm]	$D_x$ [mm]	$D_y$ [mm]	$D_z$ [mm]
(OPE)	-128	-508	-225	222	193	-332	3,4	0	-21,3
(SUS)	12	-452	2	-30	4	-62	0	0	0

Tab. 8 – Zatížení, hrdlo číslo 3 primární přehříváč vzduchu

	$F_x$ [N]	$F_y$ [N]	$F_z$ [N]	$M_x$ [Nm]	$M_y$ [Nm]	$M_z$ [Nm]	$D_x$ [mm]	$D_y$ [mm]	$D_z$ [mm]
(OPE)	55	-133	6	-5	4	61	3	0	-22,2
(SUS)	-15	-148	2	3	1	-7	0	0	0

**Tab. 9 – Zatížení, hrdlo číslo 1 sekundární předehříváč vzduchu**

	$F_x$ [N]	$F_y$ [N]	$F_z$ [N]	$M_x$ [Nm]	$M_y$ [Nm]	$M_z$ [Nm]	$D_x$ [mm]	$D_y$ [mm]	$D_z$ [mm]
<b>(OPE)</b>	251	2	-31	25	-6	113	3,1	0	-0,7
<b>(SUS)</b>	5	-56	1	5	1	4	0	0	0

## Závěr

V bakalářské práci byl navržen potrubní systém, který přepravuje kondenzát vzniklý ve dvou předehříváčích vzduchu a odvádí jej do sběrné nádoby kondenzátu. Návrh systému byl proveden v programu AVEVA E3D, kde bylo možné provést návrh potrubní trasy s ohledem na navrženou stavbu spalovny, kde je potrubní systém umístěn a další přítomná technologická zařízení a potrubní trasy tak, aby bylo zabráněno vzájemným kolizím. Materiál P235GH a velikost potrubí byla volena s ohledem na přepravované médium a hodnotu tlaku a teploty, kterým musí potrubní systém při provozu odolat a s ohledem na rozměr přípojných míst na zařízeních.

Potrubní systém byl převeden do programu CAESAR II, ve kterém byl proveden pevnostní výpočet pro zátěžový stav (SUS) primárního zatížení (tzn. hmotnosti) bez uvažování vlivu teploty a dále teplotně dilatační výpočet pro zátěžový stav (EXP), který uvažuje teplotní zatížení. V obou případech byla vyhodnocena problematická místa, kde by nastaly výrazné deformace omezující provoz potrubí. Pro tato kritická místa byla dále navržena optimalizace.

Navržená optimalizace spočívala v úpravě původního navrženého uložení. Byly popsány změny pro každé jednotlivé změněné uložení. Navržené optimalizované uložení má předcházet vzniku deformací a porušení na vyhodnocených problematických místech, která byla určena výpočtem.

V závěru práce byla stanovena zatížení působící na navazující technologická zařízení.

V rešeršní části bakalářské práce byly nejprve vysvětleny pojmy používané v rešeršní i praktické části práce, následně byl vypracován přehled a popis základních používaných druhů uložení potrubí. V práci bylo zpracováno i stručné představení programů AVEVA E3D a CAESAR II použitých pro zpracování praktické části bakalářské práce.

Hlavním výstupem této práce je 3D model navrženého potrubního systému a izometrie jednotlivých potrubních tras tvořící tento systém.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] MIKULA, Julius. *Potrubí a armatury*. Praha: SNTL, 1969. ISBN neuvedeno ((váz.)).
- [2] Katalog produktů Koňárik – dostupné online: Ke stažení | Koňárik závěsová technika a.s.. *Koňárik závěsová technika a.s.* [online]. Copyright © [cit. 25.01.2023]. Dostupné z: <https://konarik.cz/ke-stazeni/>
- [3] PEKAŘ, Václav. *Jak na potrubí?: kniha nejen o pevnostních výpočtech potrubí*. Libeznice: Medim, spol. s r.o. pro Asociaci poskytovatelů technických informací, 2020. ISBN 978-80-87140-60-4.
- [4] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.
- [5] ČSN EN 13480-3. *Kovová průmyslová potrubí*. Praha: Český normalizační institut, 2018.
- [6] ČSN EN ISO 10628-2. *Schémata pro chemický a petrochemický průmysl – Část 2: Grafické značky*. Praha: Český normalizační institut, 2019.
- [7] VGB POWERTECH. *KKS Identification System for Power Stations – 8th revised edition 2018*. Essen: VGB PowerTech e.V., 2018. ISBN 978-3-96284-043-3.
- [8] ISO 81346-10:2022. *Industrial systems, installations and equipment and industrial products — Structuring principles and reference designations — Part 10: Power supply systems*. 2022.
- [9] AVEVA Eeverything 3D™ (2.1). *Training guide*. AVEVA Solutions Limited and its subsidiaries. 2014.
- [10] Intergraph Corporation and/or its subsidiaries and affiliates. *CAESAR II Users Guide [online]*. Copyright © 1985-2022. [cit. 20.05.2023]. Dostupné z: <https://docs.hexagonppm.com/r/en-US/CAESAR-II-Users-Guide/Version-13/998595>
- [11] TUBES INTERNATIONAL. *Hadice a spojky pro průmysl: Kompenzátory* [online]. Tubes International s.r.o., Ostrava-Muglinov [cit. 16.05.2023]. Dostupné z: <https://www.tubes-international.cz/produkty/kompenzatory/>
- [12] ČSN EN 10216-2+A1. *Bezešvé ocelové trubky pro tlakové účely – Technické dodací podmínky – Část 2: Trubky z nelegovaných a legovaných ocelí se stanovenými vlastnostmi při zvýšených teplotách*. Praha: Český normalizační institut, 2020.
- [13] Y. El Mendili, A. Abdelouas, J.-F. Bardeau. *Corrosion of P235GH carbon steel in simulated Bure soil solution* [online]. SUBATECH, CNRS-IN2P3, Ecole des Mines de Nantes-Université de Nantes, LUNAM Université, Institut des Molécules et Matériaux du Mans, France, 2013 [cit. 17.05.2023]. Dostupné z: [http://www.jmaterenvirosci.com/Document/vol4/vol4\\_N5/108-JMES-488-2013-Elmendili.pdf](http://www.jmaterenvirosci.com/Document/vol4/vol4_N5/108-JMES-488-2013-Elmendili.pdf)
- [14] LISEGA Halterungstechnik | Leistung mit System : LISEGA SE, *LISEGA Standard Supports 2020* [online]. Copyright ©R [cit. 19.05.2023]. Dostupné z: <https://www.lisega.de/wp-content/uploads/2020/01/Katalog-2020-ENG-Stand-2020-01-25-Optimierte-Zeichnungen.pdf>

## **PŘÍLOHA č. 1**

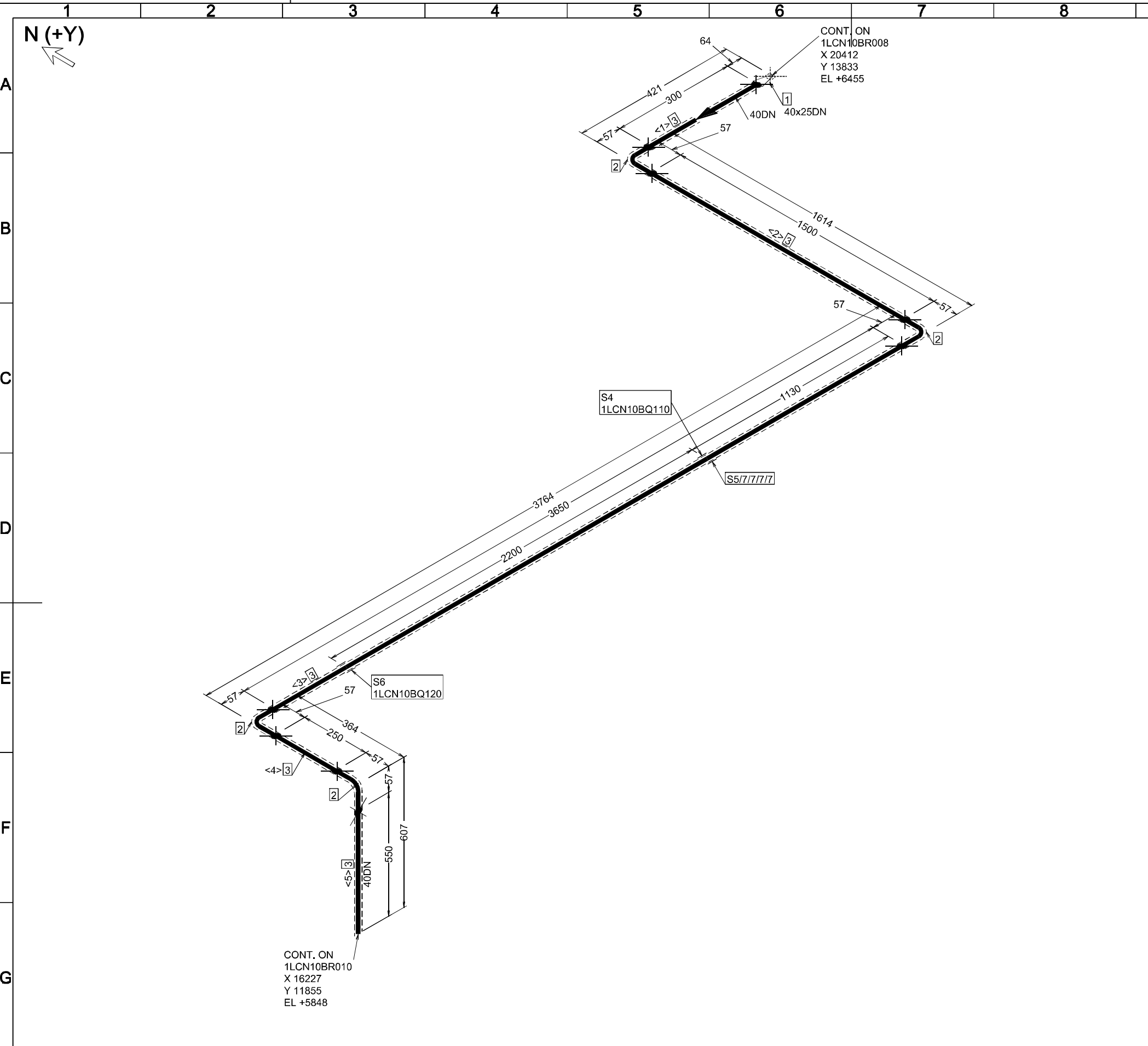
### **Izometrie navrženého potrubí značeného 1LCN50**



## **PŘÍLOHA č. 2**

### **Izometrie navrženého potrubí značeného 1LCN10**





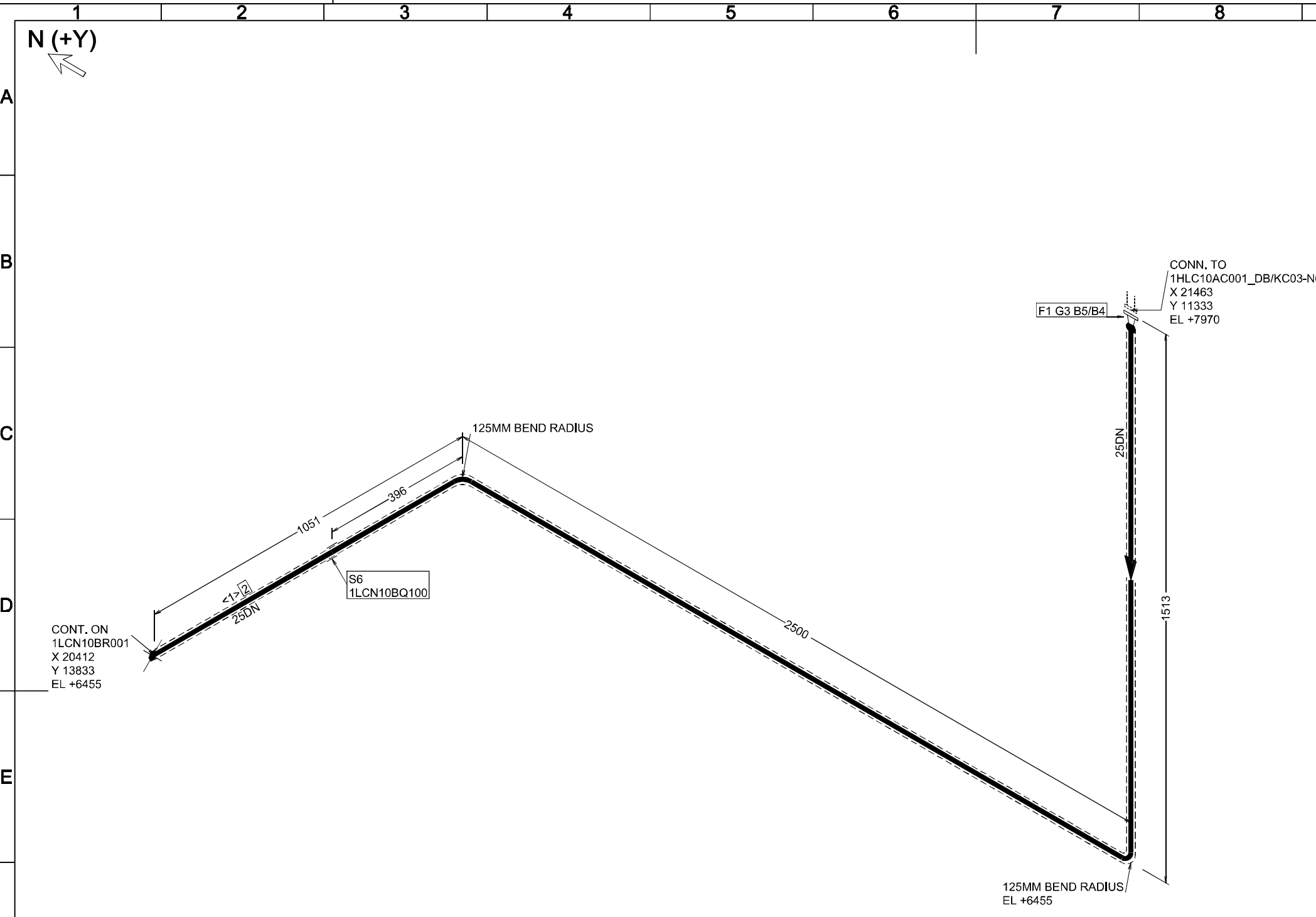
FABRICATION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>FITTINGS</b>			
1	Reducer C - 48.3x2.6 - 33.7x2.6 - EN 10253-2 (A) - 1.0345	40 x 25	1
2	Elbow - 3D - 90° - 48.3x2.6 - EN 10253-2 (A) - 1.0345	40	4
<b>ERECTION MATERIALS</b>			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
3	Pipe Seamless - 48.3x2.6 - EN 10216-2 - 1.0345	40	6.3M
<b>SUPPORTS</b>			
4	SLIDING SUPPORT LC-HV 90 45-49 (DN 40) HCP; ARTICLE NO. 110064	40	1
5	GUIDED BRACKET FW F80; ARTICLE NO. 110349	40	1
6	SLIDING SUPPORT LA-HV 150 45-49 (DN 40) HCP; ARTICLE NO. 110046	40	1
<b>MISCELLANEOUS COMPONENTS</b>			
7	SELF FORMING SCREW FLS F; ARTICLE NO. 192512	40	4

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	300	40	<2>	1500	40
<3>	3650	40	<4>	250	40
<5>	550	40			

DESIGN DATA		PIP category: SEP (Art. 4, Sec. 3)	VALVE SPINDLE DIRECTION OLET OUTPUT DIRECTION		PLANT AXES GRID	LEGEND TO WELD SYMBOLS
Medium: Condensate	Design pressure: 10 [bar(g)]	Design temperature: 240 [°C]	H = HORIZONTAL PIPE	V = VERTICAL PIPE		
Pipe class: ER	Operating pressure: 2,60 [bar(g)]	Operating temperature: 140 [°C]				
Nominal bore: DN40	Insul. thickness: 40 [mm]	Insul. density: 283 [kg/m3]	Field group/Modul: 2 /	PI&ID drawing number: Obr. 16		

Working area: -

Description		Title	
WATER STEAM CYCLE		ISOMETRIC DRAWING	
Scale: ---	Replaced by:	Replaced for:	
Status: XXX	Sheet: 1 / 1	Drawing-No.:	Revision:
Size: A2		1LCN10BR001	-1.0



FABRICATION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>FLANGES</b>			
1	Flange - DN25 - PN16 - Type 11 B1 EN 1092-1 - 1.0352	25	1

ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
2	Pipe Seamless - 33.7x2.6 - EN 10216-2 - 1.0345	25	5.0M
<b>GASKETS</b>			
3	Gasket th.2mm DN25 PN16 - EN 1514-1 - Fibre (Klingsil C4430 or equal)	25	1
<b>BOLTS</b>			
4	60 mm Hexagon Bolt M12, ISO 4014 1.7218 (acc. to EN10269) 25CrMo4	12	4
5	Hexagon Nut M12, ISO 4032 1.7218 (acc. to EN10269) 25CrMo4	12	4
<b>SUPPORTS</b>			
6	SLIDING SUPPORT LA-HV 90 30-34 (DN 25) HCP; ARTICLE NO. 110035	25	1

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	4916	25			

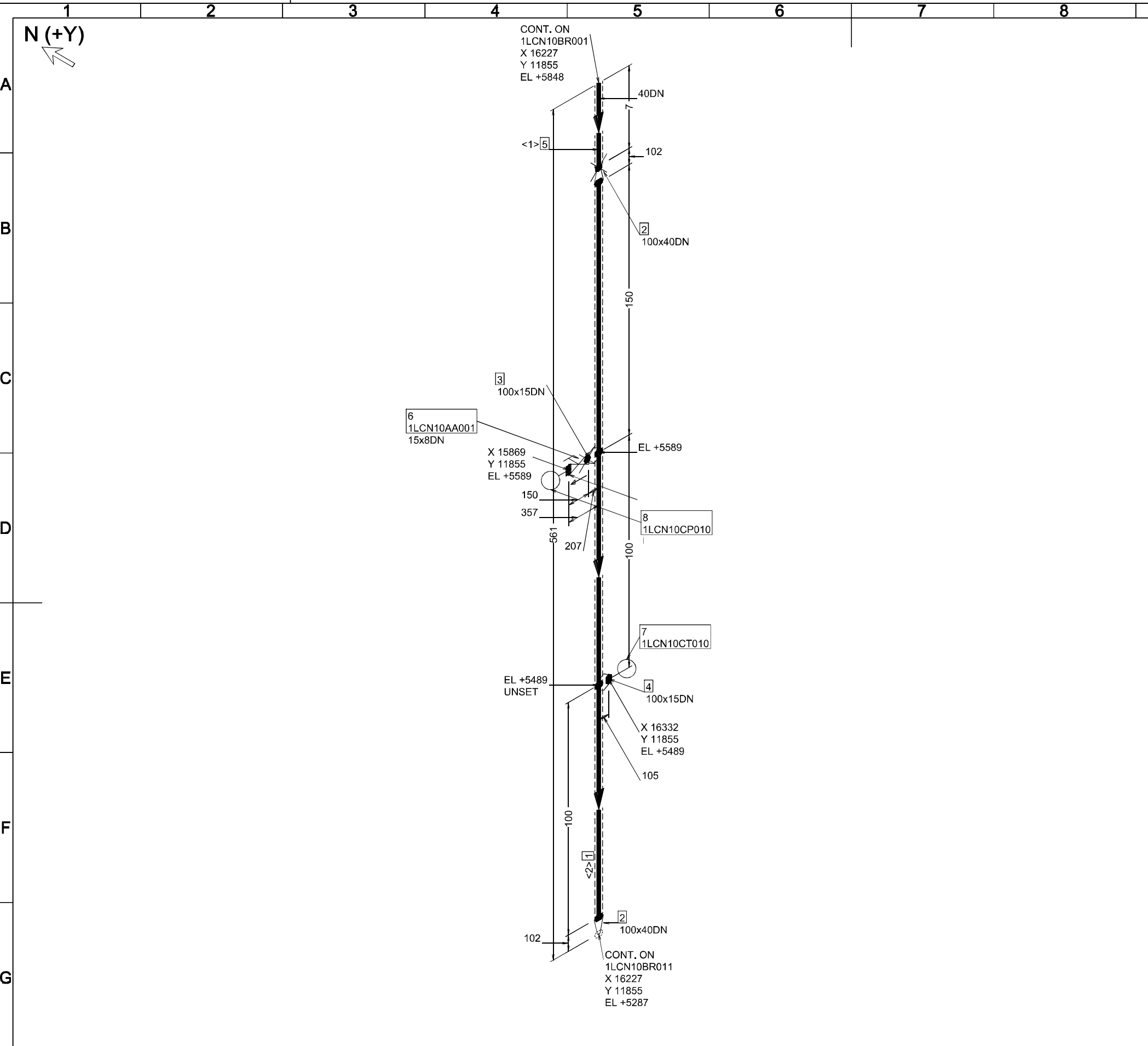
Working area: -

DESIGN DATA	DESIGN DATA	DESIGN DATA	DESIGN DATA
Medium: Condensate	Design pressure: 10 [bar(g)]	Design temperature: 240 [°C]	Operating pressure: 2,60 [bar(g)]
Pipe class: ER	Operating pressure: 140 [°C]	Test pressure: 20 [°C] 98.7 [bar(g)]	PI&ID drawing number: Obr. 16
Nominal bore: DN25	Insul. thickness: 40 [mm]	Insul. density: 264 [kg/m3]	Field group/ Modul: 2 /

VALVE SPINDLE DIRECTION	PLANT AXES GRID	LEGEND TO WELD SYMBOLS
OLET OUTPUT DIRECTION		
H = HORIZONTAL PIPE V = VERTICAL PIPE	Z=EL X,Y,Z = 0,0,0	SHOP WELD FIELD WELD TACK WELD

H = HORIZONTAL PIPE V = VERTICAL PIPE OLET OUTPUT DIRECTION 		Z=EL X,Y,Z = 0,0,0 	SHOP WELD FIELD WELD TACK WELD 
---	--	---------------------------	--

Description <b>WATER STEAM CYCLE</b> Title <b>ISOMETRIC DRAWING</b>		Replaced by: Sheet 1 / 1	Replaced for: Drawing-No. 1LCN10BR008 Revision -1.0
Scale: ---	Status: XXX	Size: A2	



FABRICATION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
1	Pipe Seamless - 114.3x3.6 - EN 10216-2 - 1.0345	100	0.4M
<b>FITTINGS</b>			
2	Reducer C - 114.3x3.6 - 48.3x2.6 - EN 10253-2 (A) - 1.0345	100 x 40	2
3	Weldolet reinf.outside OD25 L=150 EN 10222-2 drwg.DDT-AFR-1300314 1.0460 end adapt to 21.3x2.6	100 x 15	1
4	Weldolet for Thermowell OD35/ID25.5 L=50 EN 10222-2 drwg.DDT-AFR-1300314 1.5415	100 x 15	1

ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
5	Pipe Seamless - 48.3x2.6 - EN 10216-2 - 1.0345	40	0.1M
<b>VALVES / IN-LINE ITEMS</b>			
6	Valve with wheel DN15;1LCN10AA001;welded;7kg	15 x 8	1
<b>INSTRUMENTS</b>			
7	Remote temperature measurement, 1LCN10CT010	15	1
8	Local pressure measurement 1LCN10CP010	8	1

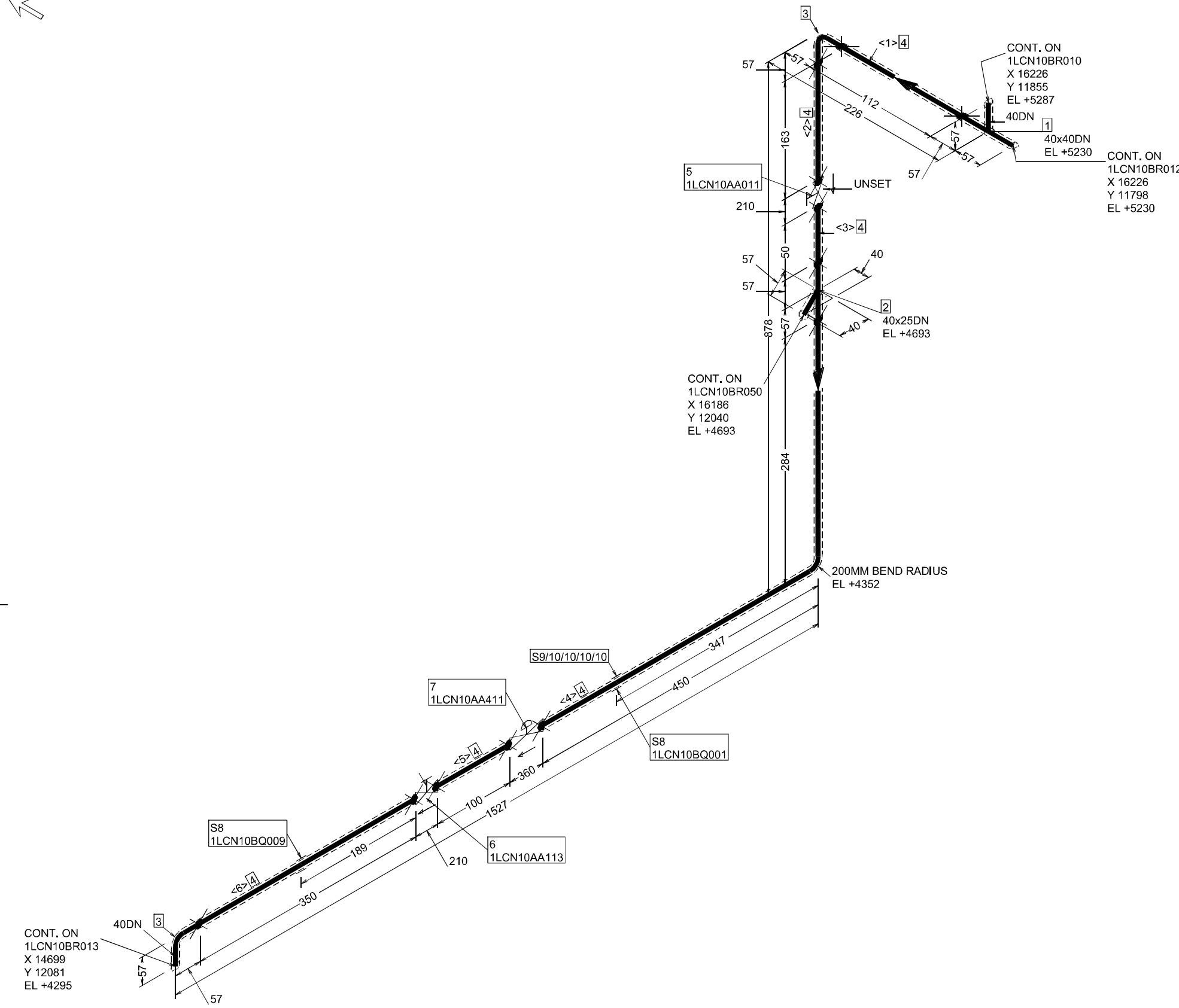
CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	7	40	<2>	350	100



DESIGN DATA	PIP category:	VALVE SPINDLE DIRECTION OLET OUTPUT DIRECTION	PLANT AXES GRID	LEGEND TO WELD SYMBOLS
Medium: Condensate Pipe class: ER Nominal bore: DN40 Insul.thickness: 40 [mm] Insul.density: 252 [kg/m3] Field group/Modul: 2 /	SEP (Art. 4, Sec. 3) Design pressure: 10 [bar(g)] Design temperature: 240 [°C] Operating pressure: 2,60 [bar(g)] Operating temperature: 140 [°C] Test pressure: 20 [°C] 98.7 [bar(g)] P&ID drawing number: Obr. 16	H = HORIZONTAL PIPE V = VERTICAL PIPE Y=0, X=90, -X=270, -Y=180	Z=EL X,Y,Z = 0,0,0	SHOP WELD FIELD WELD TACK WELD

Description				
WATER STEAM CYCLE				
Title				
ISOMETRIC DRAWING				
Scale: ---	Replaced by:	Replaced for:		
Status: XXX	Sheet: 1 / 1	Drawing-No.:	Revision:	
Size: A2		1LCN10BR010	-1.0	

N (+Y)



FABRICATION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>FITTINGS</b>			
1	Tee - 48,3x2,6 - 48,3x2,6 - EN 10253-2 (A) - 1.0345	40 x 40	1
2	Tee - 48,3x2,6 - 33,7x2,6 - EN 10253-2 (A) - 1.0345	40 x 25	1
3	Elbow - 3D - 90° - 48,3x2,6 - EN 10253-2 (A) - 1.0345	40	2
<b>ERECTION MATERIALS</b>			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
4	Pipe Seamless - 48,3x2,6 - EN 10216-2 - 1.0345	40	1,5M
<b>VALVES / IN-LINE ITEMS</b>			
5	Valve with wheel DN40;1LCN10AA011;welded;14kg	40	1
6	Valve with wheel DN40;1LCN10AA113;welded;14kg	40	1
<b>INSTRUMENTS</b>			
7	Control valve with pneu-actuator + wheel DN40;1LCN10AA411;welded;15kg	40	1
<b>SUPPORTS</b>			
8	SLIDING SUPPORT LC-HV 150 45-49 (DN 40) HCP; ARTICLE NO. 110076	40	2
9	GUIDED BRACKET FW F100; ARTICLE NO. 113088	40	1
<b>MISCELLANEOUS COMPONENTS</b>			
10	SELF FORMING SCREW FLS F; ARTICLE NO. 192512	40	4

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	112	40	<2>	163	40
<3>	50	40	<4>	648	40
<5>	100	40	<6>	350	40

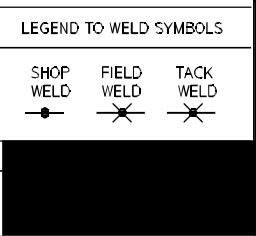
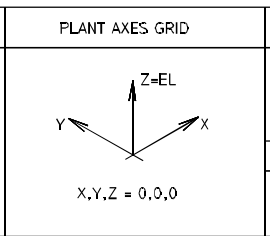
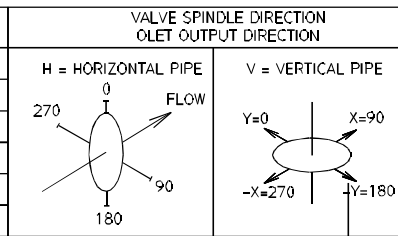
CONT. ON  
1LCN10BR013  
X 14699  
Y 12081  
EL +4295

CONT. ON  
1LCN10BR010  
X 16226  
Y 11855  
EL +5287

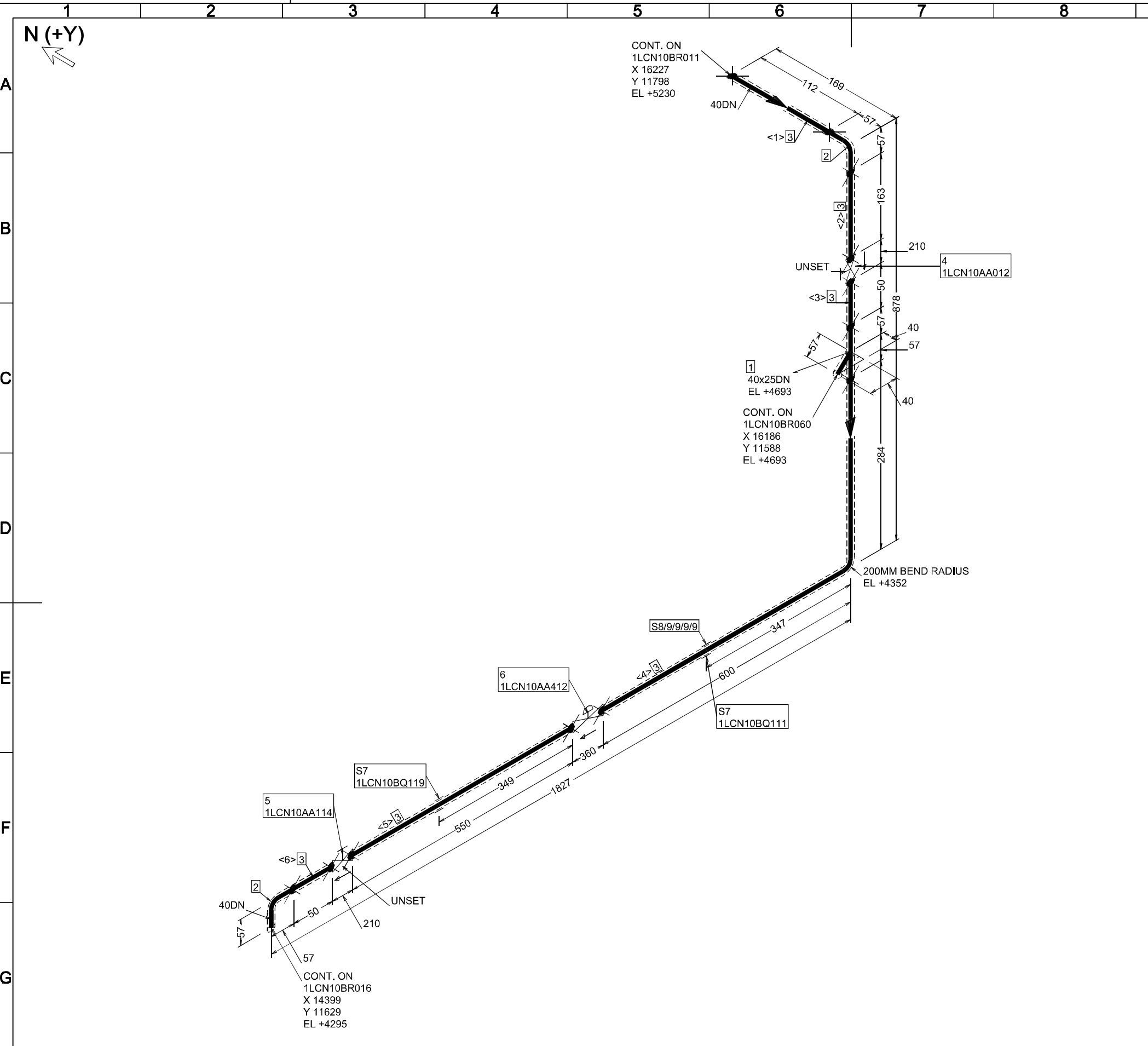
CONT. ON  
1LCN10BR012  
X 16226  
Y 11798  
EL +5230

CONT. ON  
1LCN10BR050  
X 16186  
Y 12040  
EL +4693

DESIGN DATA		PIP category:
Medium:	Condensate	SEP (Art. 4, Sec. 3)
Design pressure:	10 [bar(g)]	
Design temperature:	240 [°C]	
Operating pressure:	2,60 [bar(g)]	
Operating temperature:	140 [°C]	
Test pressure:	20 [°C] 98,7 [bar(g)]	
Insul.thickness:	40 [mm]	
Insul.density:	283 [kg/m3]	
Field group/Modul:	2 /	



Description			
<b>WATER STEAM CYCLE</b>			
Title			
<b>ISOMETRIC DRAWING</b>			
Scale	---	Replaced by:	Replaced for:
Status	XXX	Sheet	Drawing-No.
Size	A2	1 / 1	Revision
			1LCN10BR011 -1.0



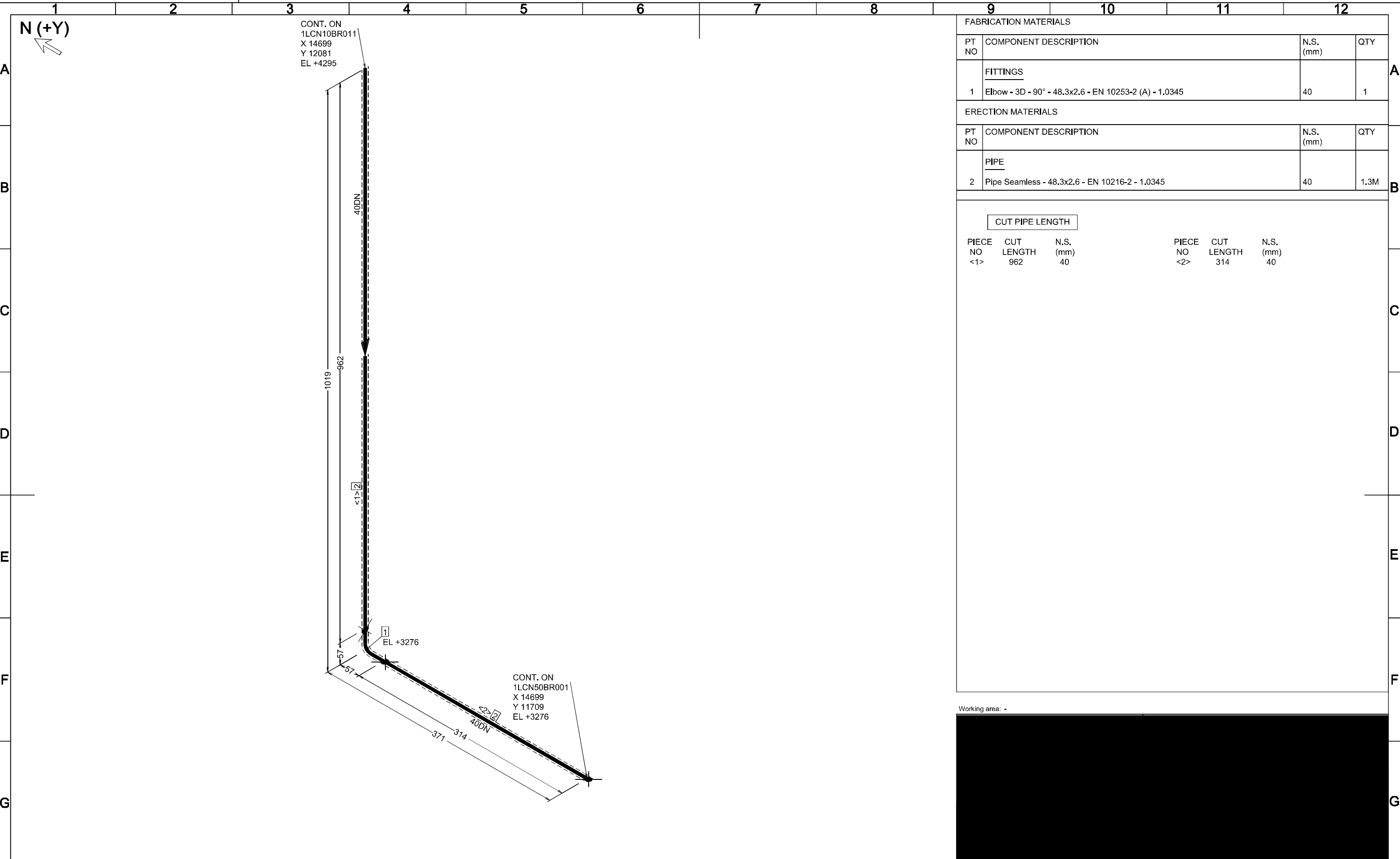
FABRICATION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>FITTINGS</b>			
1	Tee - 48,3x2,6 - 33,7x2,6 - EN 10253-2 (A) - 1,0345	40 x 25	1
2	Elbow - 3D - 90° - 48,3x2,6 - EN 10253-2 (A) - 1,0345	40	2
<b>ERECTION MATERIALS</b>			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
3	Pipe Seamless - 48,3x2,6 - EN 10216-2 - 1,0345	40	1,8M
<b>VALVES / IN-LINE ITEMS</b>			
4	Valve with wheel DN40; 1LCN10AA012; welded; 14kg	40	1
5	Valve with wheel DN40; 1LCN10AA114; welded; 14kg	40	1
<b>INSTRUMENTS</b>			
6	Control valve with wheel DN40; 1LCN10AA412; welded; 15kg	40	1
<b>SUPPORTS</b>			
7	SLIDING SUPPORT LC-HV 150 45-49 (DN 40) HCP; ARTICLE NO. 110076	40	2
8	GUIDED BRACKET FW F100; ARTICLE NO. 113088	40	1
<b>MISCELLANEOUS COMPONENTS</b>			
9	SELF FORMING SCREW FLS F; ARTICLE NO. 192512	40	4

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	112	40	<2>	163	40
<3>	50	40	<4>	798	40
<5>	550	40	<6>	50	40

Working area: -

DESIGN DATA		PEP category: SEP (Art. 4, Sec. 3)	VALVE SPINDLE DIRECTION OLET OUTPUT DIRECTION		PLANT AXES GRID	LEGEND TO WELD SYMBOLS
Medium: Condensate	Design pressure: 10 [bar(g)]	Design temperature: 240 [°C]	H = HORIZONTAL PIPE	V = VERTICAL PIPE		
Pipe class: ER	Operating pressure: 2,60 [bar(g)]	Operating temperature: 140 [°C]				
Nominal bore: DN40	Test pressure: 20 [°C] 98,7 [bar(g)]	PEP drawing number: Obr. 16				
Insul. thickness: 40 [mm]						
Insul. density: 283 [kg/m3]						
Field group/Modul: 2 /						

Description		Title	
WATER STEAM CYCLE		ISOMETRIC DRAWING	
Scale: ---	Replaced by:	Replaced for:	
Status: XXX	Sheet: 1 / 1	Drawing-No.:	Revision:
Size: A2		1LCN10BR012	-1.0



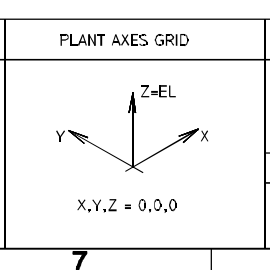
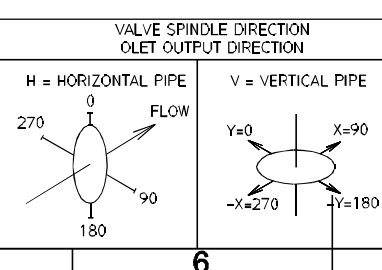
FABRICATION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>FITTINGS</b>			
1	Elbow - 3D - 90° - 48.3x2.6 - EN 10253-2 (A) - 1.0345	40	1

ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
2	Pipe Seamless - 48.3x2.6 - EN 10216-2 - 1.0345	40	1.3M

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	962	40	<2>	314	40

15/05/2023	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

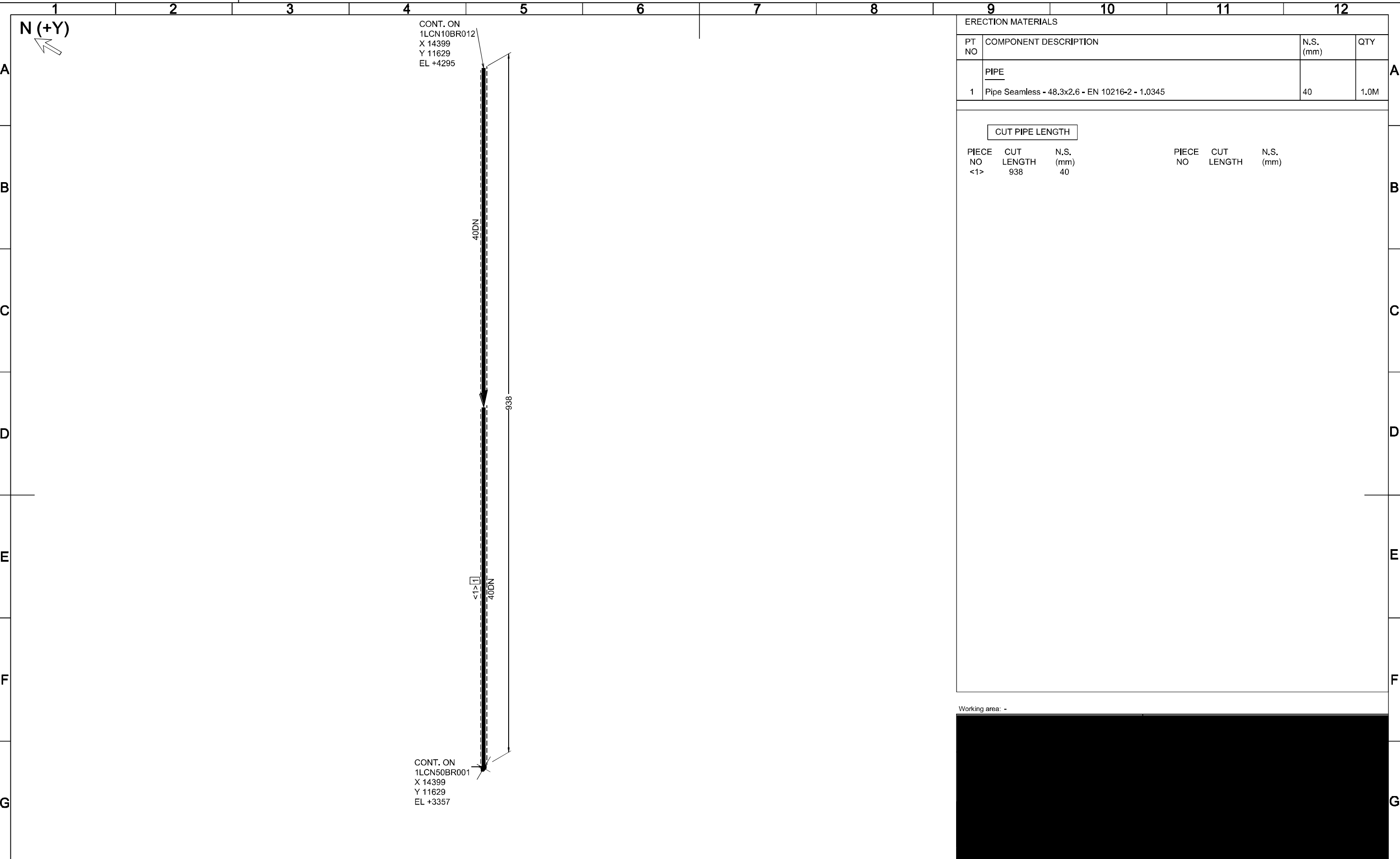
DESIGN DATA		PEP category:
Medium:	Condensate	SEP (Art. 4, Sec. 3)
Design pressure:	10 [bar(g)]	
Design temperature:	240 [°C]	
Operating pressure:	2,60 [bar(g)]	
Operating temperature:	140 [°C]	
Test pressure:	20 [°C] 98.7 [bar(g)]	
PIED drawing number:	Obr. 16	



LEGEND TO WELD SYMBOLS		
SHOP WELD	FIELD WELD	TACK WELD

Working area: -

Description			
<b>WATER STEAM CYCLE</b>			
Title			
<b>ISOMETRIC DRAWING</b>			
Scale	---	Replaced by:	Replaced for:
Status	XXX	Sheet	Drawing-No.
Size	A2	1 / 1	1LCN10BR013
			Revision
			-1.0



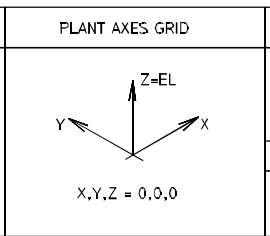
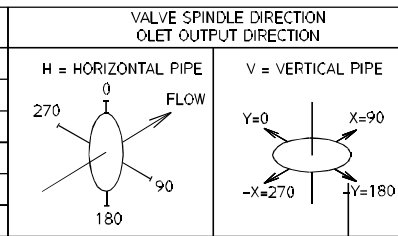
ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
1	Pipe Seamless - 48.3x2.6 - EN 10216-2 - 1.0345	40	1.0M

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	938	40			



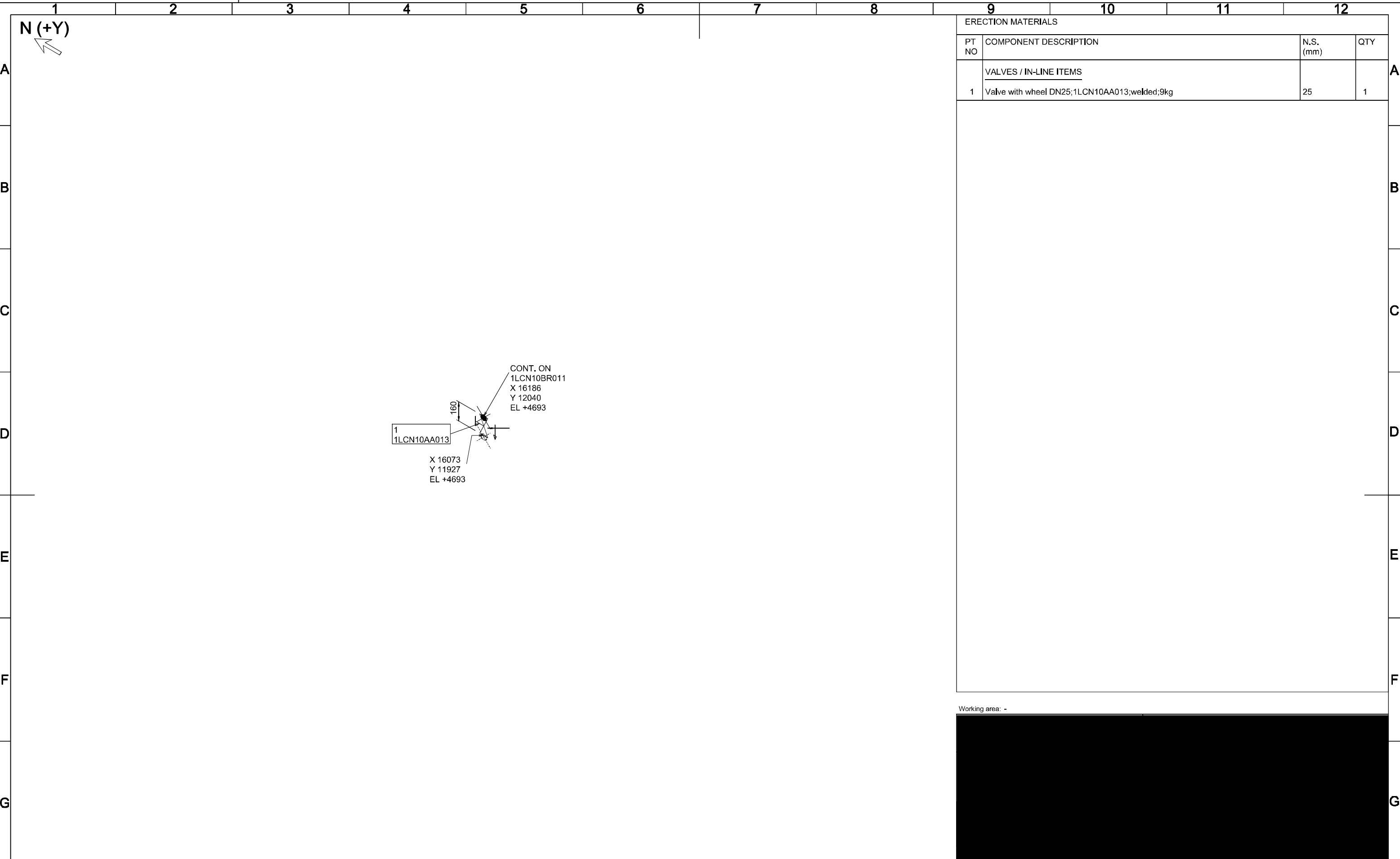
15/05/2023	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

DESIGN DATA		PIP category:
Medium:	Condensate	SEP (Art. 4, Sec. 3)
Design pressure:	10 [bar(g)]	
Design temperature:	240 [°C]	
Operating pressure:	2,60 [bar(g)]	
Operating temperature:	140 [°C]	
Test pressure:	20 [°C] 98.7 [bar(g)]	
Field group/Modul:	2 /	P&ID drawing number: Obr. 16

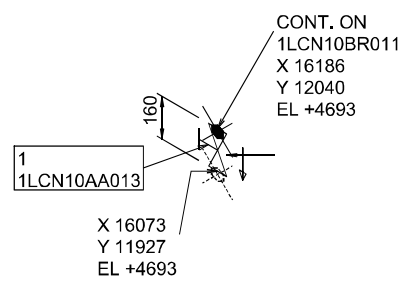


LEGEND TO WELD SYMBOLS		
SHOP WELD	FIELD WELD	TACK WELD

Description			
<b>WATER STEAM CYCLE</b>			
Title			
<b>ISOMETRIC DRAWING</b>			
Scale	---	Replaced by:	Replaced for:
Status	XXX	Sheet	Drawing-No.
Size	A2	1 / 1	1LCN10BR016
			Revision
			-1.0



ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<u>VALVES / IN-LINE ITEMS</u>			
1	Valve with wheel DN25;1LCN10AA013;welded;9kg	25	1

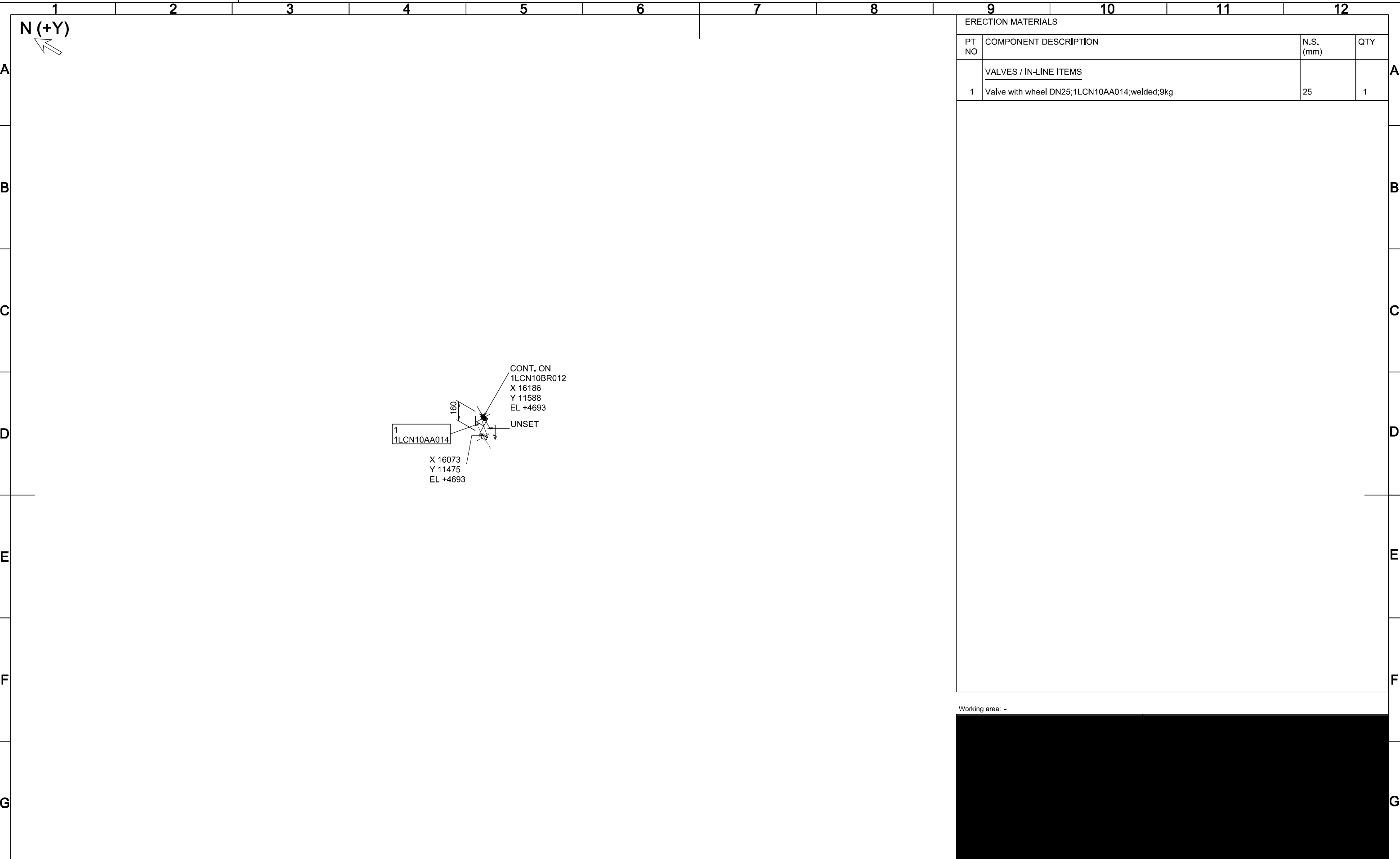


Working area: -

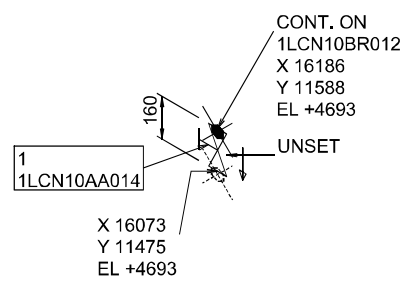
Description		WATER STEAM CYCLE	
Title		ISOMETRIC DRAWING	

	DESIGN DATA		PEP category: SEP (Art. 4, Sec. 3)	VALVE SPINDLE DIRECTION OLET OUTPUT DIRECTION		PLANT AXES GRID	LEGEND TO WELD SYMBOLS	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Scale</td> <td>---</td> <td>Replaced by:</td> <td>Replaced for:</td> </tr> <tr> <td>Status</td> <td>XXX</td> <td>Sheet</td> <td>Drawing-No.</td> </tr> <tr> <td>Size</td> <td>A2</td> <td>1 / 1</td> <td>1LCN10BR050</td> <td>Revision</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>-1.0</td> </tr> </table>				Scale	---	Replaced by:	Replaced for:	Status	XXX	Sheet	Drawing-No.	Size	A2	1 / 1	1LCN10BR050	Revision					-1.0
	Scale	---	Replaced by:	Replaced for:																									
	Status	XXX	Sheet	Drawing-No.																									
	Size	A2	1 / 1	1LCN10BR050	Revision																								
					-1.0																								
Medium:	Condensate		Design pressure:	10 [bar(g)]	H = HORIZONTAL PIPE		<table border="1"> <tr> <td>SHOP WELD</td> <td>FIELD WELD</td> <td>TACK WELD</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	SHOP WELD	FIELD WELD	TACK WELD																			
SHOP WELD	FIELD WELD	TACK WELD																											
Pipe class:	ER		Design temperature:	240 [°C]	V = VERTICAL PIPE																								
Nominal bore:	DN25		Operating pressure:	2,60 [bar(g)]																									
Insul. thickness:	30 [mm]		Operating temperature:	140 [°C]																									
Insul. density:	283 [kg/m3]		Test pressure:	20 [°C] 98.7 [bar(g)]																									
Field group/ Modul:	2 /		PEP drawing number:	Obr. 16																									

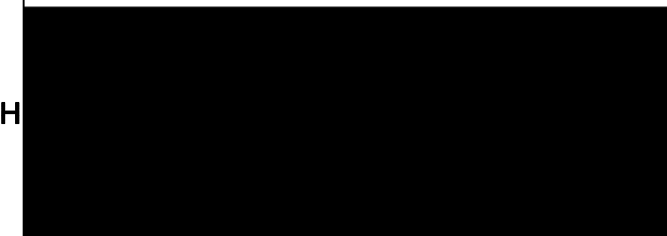
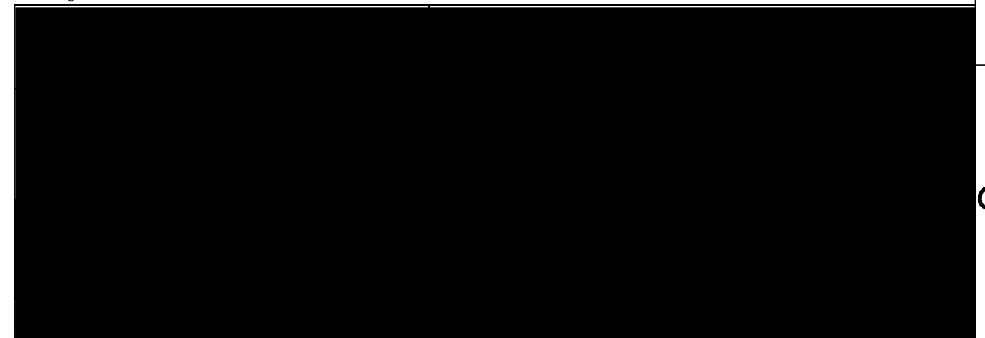




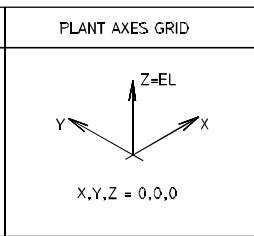
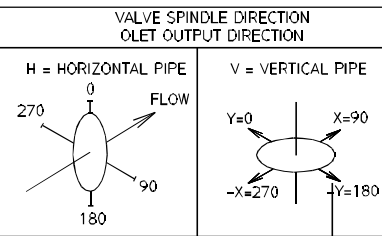
ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<u>VALVES / IN-LINE ITEMS</u>			
1	Valve with wheel DN25;1LCN10AA014;welded;9kg	25	1



Working area: -



DESIGN DATA		PEP category:
Medium:	Condensate	SEP (Art. 4, Sec. 3)
Design pressure:	10 [bar(g)]	
Design temperature:	240 [°C]	
Pipe class:	ER	
Operating pressure:	2,60 [bar(g)]	
Operating temperature:	140 [°C]	
Nominal bore:	DN25	
Insul. thickness:	30 [mm]	
Insul. density:	283 [kg/m3]	
Test pressure:	20 [°C] 98.7 [bar(g)]	
Field group/ Modul:	2 /	
PI&ID drawing number:	Obr. 16	



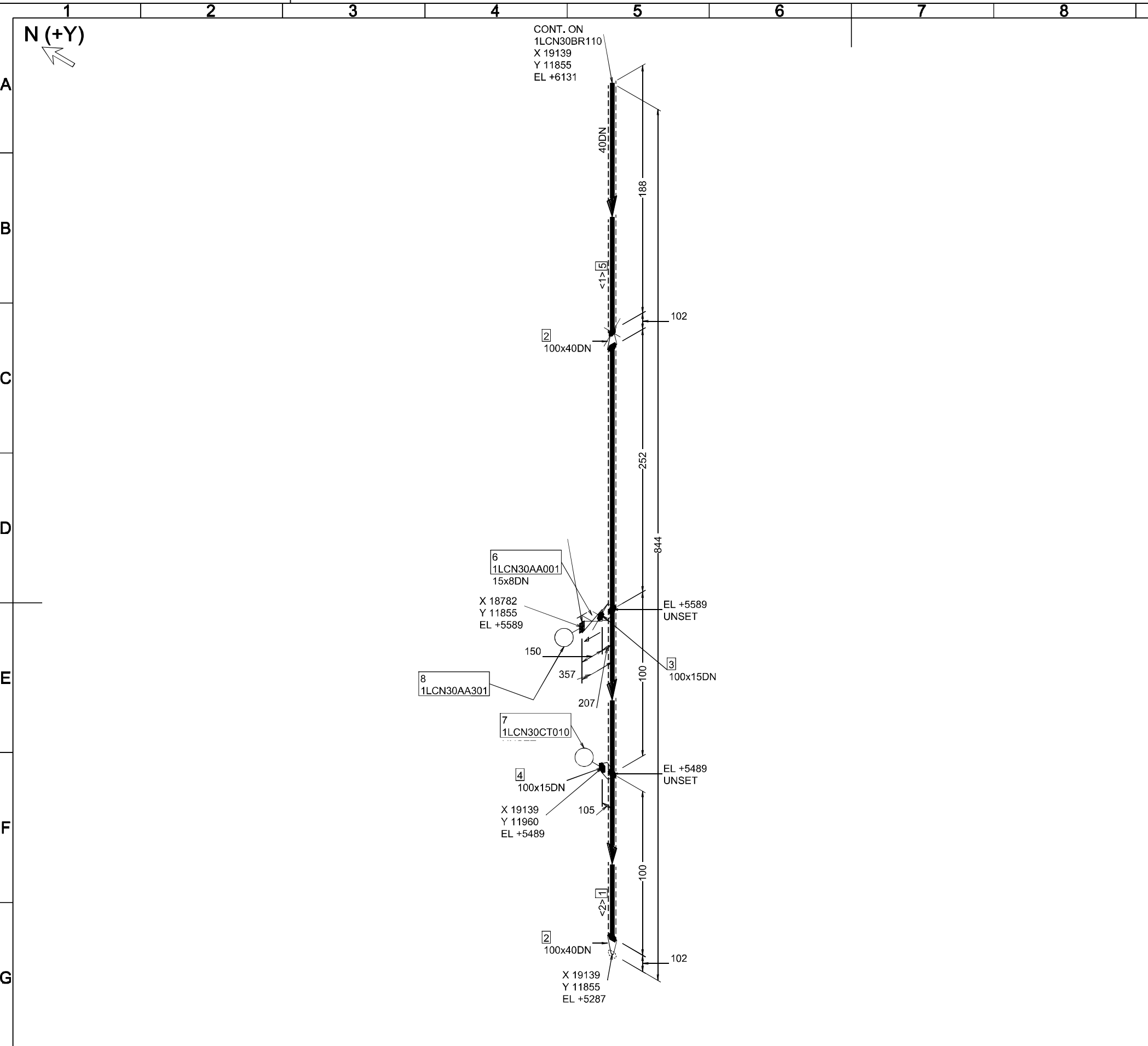
LEGEND TO WELD SYMBOLS		
SHOP WELD	FIELD WELD	TACK WELD

Description  
**WATER STEAM CYCLE**  
Title  
**ISOMETRIC DRAWING**

Scale	Replaced by:	Replaced for:
---	Sheet	Drawing-No.
Status XXX	1 / 1	1LCN10BR060
Size A2		Revision -1.0

## **PŘÍLOHA č. 3**

### **Izometrie navrženého potrubí značeného 1LCN30**



FABRICATION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
1	Pipe Seamless - 114.3x8 - EN 10216-2 - 1.0345	100	0.5M
<b>FITTINGS</b>			
2	Reducer C - 114.3x8,8 - 48.3x5 - EN 10253-2 (B) - 1.0345	100 x 40	2
3	Weldolet reinf.outside OD30 L=150 EN 10222-2 drwg,DDT-AFR-1300314 1.0460 end adapt to 21.3x2.6	100 x 15	1
4	Weldolet for Thermowell OD45/ID25.5 L=50 EN 10222-2 drwg,DDT-AFR-1300314 1.5415	100 x 15	1

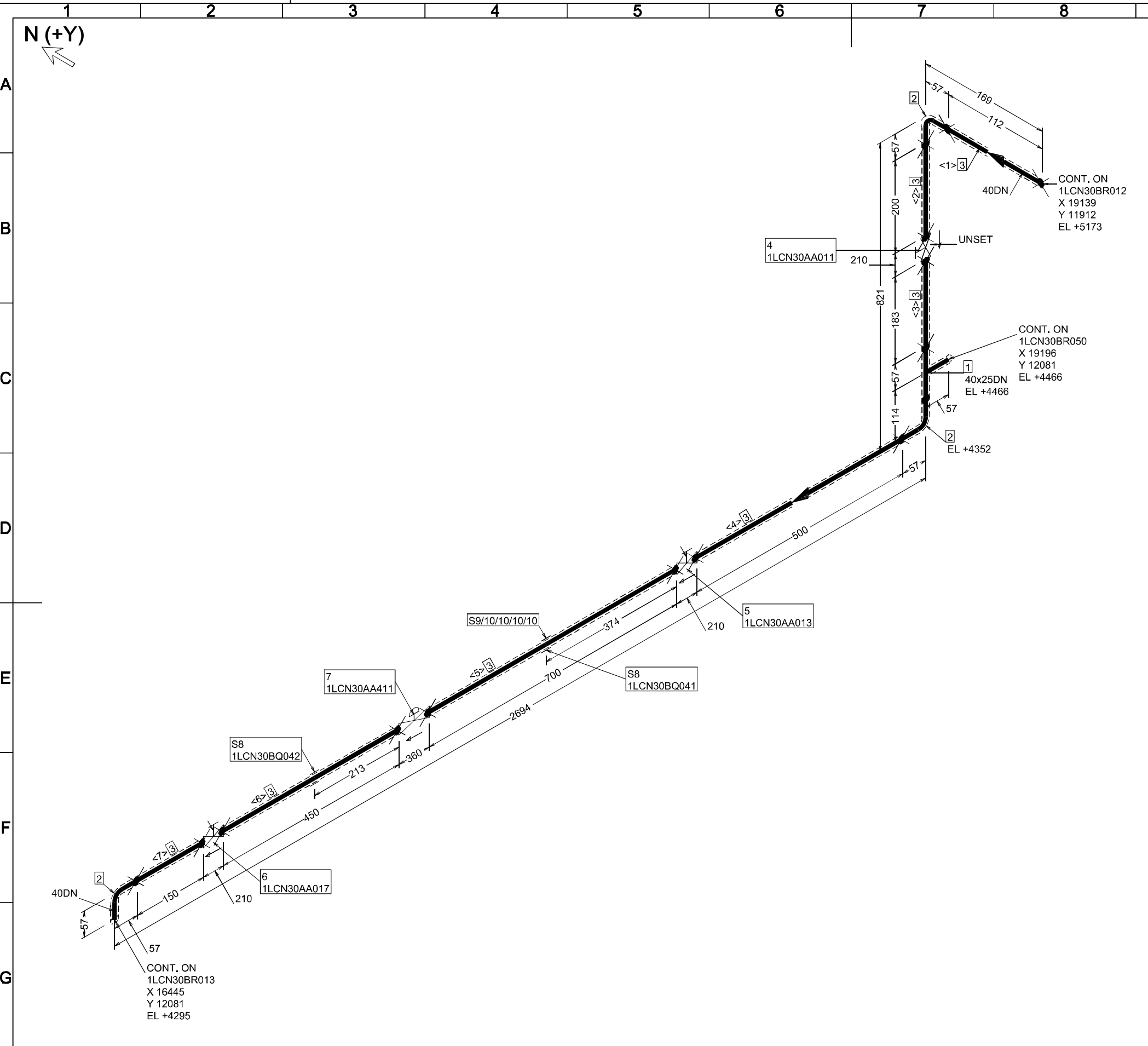
ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
5	Pipe Seamless - 48.3x3,6 - EN 10216-2 - 1.0345	40	0.2M
<b>VALVES / IN-LINE ITEMS</b>			
6	Valve with wheel DN15;1LCN30AA001;welded;7kg	15 x 8	1
<b>INSTRUMENTS</b>			
7	Remote temperature measurement, 1LCN30CT010	15	1
8	Local pressure measurement 1LCN30AA301	8	1

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	188	40	<2>	452	100



DESIGN DATA		PIP category: SEP (Art. 4, Sec. 3)	VALVE SPINDLE DIRECTION OLET OUTPUT DIRECTION		PLANT AXES GRID	LEGEND TO WELD SYMBOLS
Medium: Condensate	Design pressure: 95 [bar(g)]	Design temperature: 308 [°C]	H = HORIZONTAL PIPE	V = VERTICAL PIPE		
Pipe class: DN100	Operating pressure: 89.00 [bar(g)]	Operating temperature: 303 [°C]				
Insul.thickness: 110 [mm]	Test pressure: 20 [°C] 98.7 [bar(g)]	PI&ID drawing number: Obr. 16				
Insul.density: 176 [kg/m3]						
Field group/ Modul: 2 /						

Description		Title	
WATER STEAM CYCLE		ISOMETRIC DRAWING	
Scale: ---	Replaced by:	Replaced for:	
Status: XXX	Sheet: 1 / 1	Drawing-No.:	Revision: -1.0
Size: A2		1LCN30BR010	



FABRICATION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>FITTINGS</b>			
1	Tee - 48,3x3,6 - 33,7x3,2 - EN 10253-2 (B) - 1,0345	40 x 25	1
2	Elbow - 3D - 90° - 48,3x3,6 - EN 10253-2 (B) - 1,0345	40	3
<b>ERECTION MATERIALS</b>			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
3	Pipe Seamless - 48,3x3,6 - EN 10216-2 - 1,0345	40	2,3M
<b>VALVES / IN-LINE ITEMS</b>			
4	Valve with wheel DN40;1LCN30AA011;welded;14kg	40	1
5	Valve with wheel DN40;1LCN30AA013;welded;14kg	40	1
6	Valve with wheel DN40;1LCN30AA017;welded;14kg	40	1
<b>INSTRUMENTS</b>			
7	Control valve with pneu-actuator + wheel DN40;1LCN30AA411;welded;15kg	40	1
<b>SUPPORTS</b>			
8	SLIDING SUPPORT LC-HV 150 45-49 (DN 40) HCP; ARTICLE NO. 110076	40	2
9	GUIDED BRACKET FW F100; ARTICLE NO. 113088	40	1
<b>MISCELLANEOUS COMPONENTS</b>			
10	SELF FORMING SCREW FLS F; ARTICLE NO. 192512	40	4

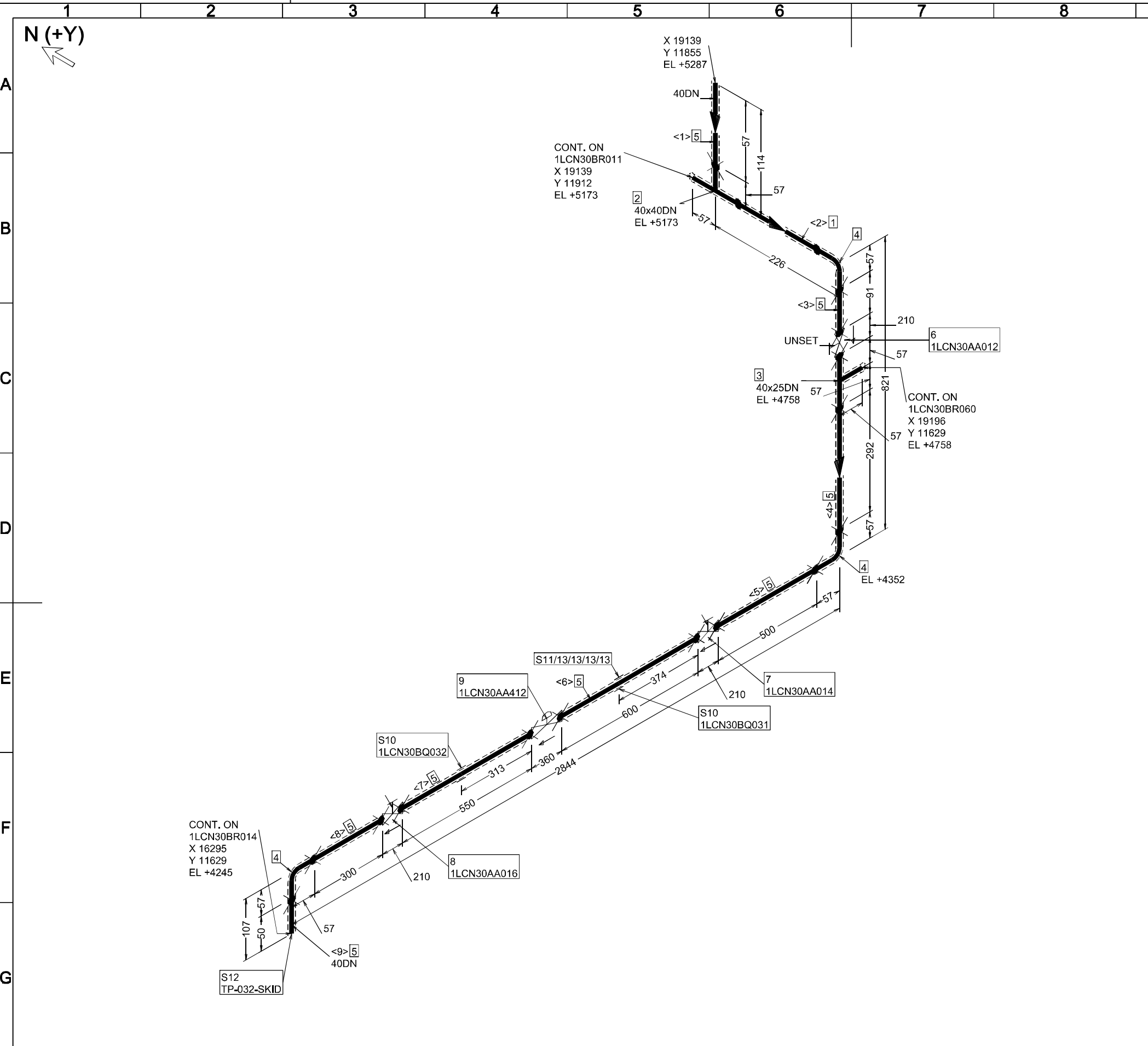
CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	112	40	<2>	200	40
<3>	183	40	<4>	500	40
<5>	700	40	<6>	450	40
<7>	150	40			

DESIGN DATA		PEP category: SEP (Art. 4, Sec. 3)	VALVE SPINDLE DIRECTION OLET OUTPUT DIRECTION		PLANT AXES GRID	LEGEND TO WELD SYMBOLS
Medium: Condensate	Design pressure: 95 [bar(g)]		H = HORIZONTAL PIPE	V = VERTICAL PIPE		
Pipe class: [redacted]	Design temperature: 308 [°C]					
Nominal bore: DN40	Operating pressure: 89,00 [bar(g)]					
Insul. thickness: 90 [mm]	Operating temperature: 303 [°C]					
Insul. density: 184 [kg/m3]	Test pressure: 20 [°C] 98,7 [bar(g)]					
Field group/Modul: 2 /	PEP drawing number: Obr. 16					

Working area: -

Scale: ---		Replaced by:		Replaced for:	
Status: XXX	Sheet: 1 / 1	Drawing-No: 1LCN30BR011	Revision: -1.0		

Description  
**WATER STEAM CYCLE**  
Title  
**ISOMETRIC DRAWING**



FABRICATION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
1	Pipe Seamless - 48.3x3.6 - EN 10216-2 - 1.0345	40	0.2M
<b>FITTINGS</b>			
2	Tee - 48.3x3.6 - 48.3x3.6 - EN 10253-2 (B) - 1.0345	40 x 40	1
3	Tee - 48.3x3.6 - 33.7x3.2 - EN 10253-2 (B) - 1.0345	40 x 25	1
4	Elbow - 3D - 90° - 48.3x3.6 - EN 10253-2 (B) - 1.0345	40	3

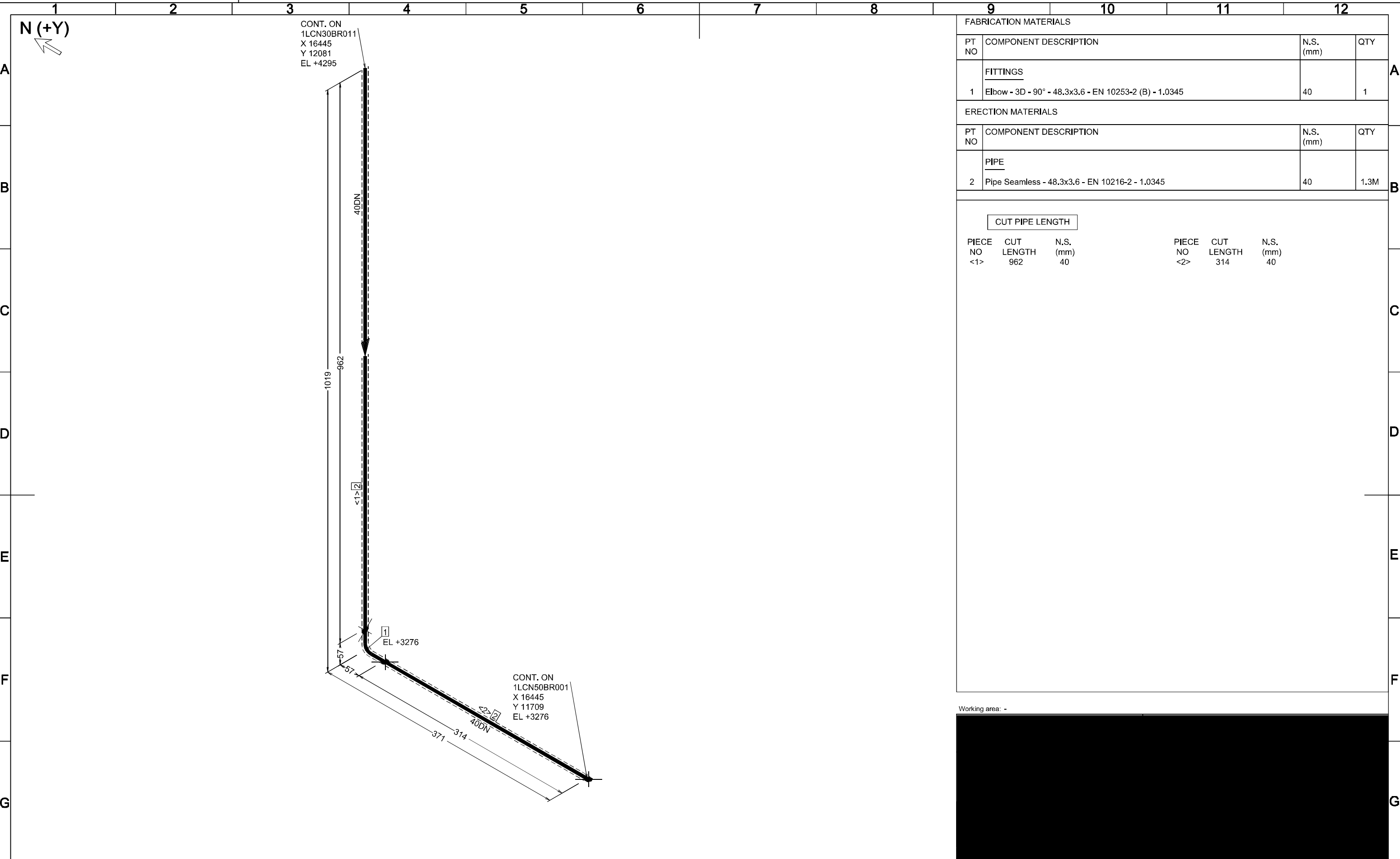
ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
5	Pipe Seamless - 48.3x3.6 - EN 10216-2 - 1.0345	40	2.5M
<b>VALVES / IN-LINE ITEMS</b>			
6	Valve with wheel DN40; 1LCN30AA012; welded; 14kg	40	1
7	Valve with wheel DN40; 1LCN30AA014; welded; 14kg	40	1
8	Valve with wheel DN40; 1LCN30AA016; welded; 14kg	40	1
<b>INSTRUMENTS</b>			
9	Control valve with wheel DN40; 1LCN30AA412; welded; 15kg	40	1
<b>SUPPORTS</b>			
10	SLIDING SUPPORT LC-HV 150 45-49 (DN 40) HCP; ARTICLE NO. 110076	40	2
11	GUIDED BRACKET FW F100; ARTICLE NO. 113088	40	1
12	Terminal point	40	1
<b>MISCELLANEOUS COMPONENTS</b>			
13	SELF FORMING SCREW FLS F; ARTICLE NO. 192512	40	4

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	57	40	<2>	112	40
<3>	91	40	<4>	292	40
<5>	500	40	<6>	600	40
<7>	550	40	<8>	300	40
<9>	50	40			

DESIGN DATA		PEP category: SEP (Art. 4, Sec. 3)	VALVE SPINDLE DIRECTION OLET OUTPUT DIRECTION		PLANT AXES GRID	LEGEND TO WELD SYMBOLS
Medium: Condensate	Design pressure: 95 [bar(g)]		H = HORIZONTAL PIPE	V = VERTICAL PIPE		
Pipe class: [redacted]	Design temperature: 308 [°C]					
Nominal bore: DN40	Operating pressure: 89.00 [bar(g)]		270	0		
Insul. thickness: 90 [mm]	Operating temperature: 303 [°C]		180	90		
Insul. density: 184 [kg/m3]	Test pressure: 20 [°C] 98.7 [bar(g)]					
Field group/Modul: 2 /	PEP drawing number: Obr. 16					

Working area: -

Description		Title	
WATER STEAM CYCLE		ISOMETRIC DRAWING	
Scale: ---	Replaced by:	Replaced for:	
Status: XXX	Sheet: 1 / 1	Drawing-No.:	Revision:
Size: A2		1LCN30BR012	-1.0



CONT. ON  
1LCN30BR011  
X 16445  
Y 12081  
EL +4295

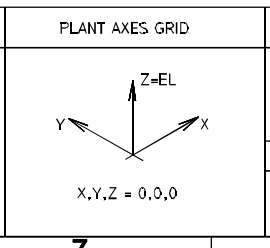
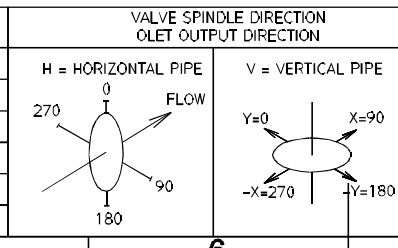
CONT. ON  
1LCN50BR001  
X 16445  
Y 11709  
EL +3276

FABRICATION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>FITTINGS</b>			
1	Elbow - 3D - 90° - 48.3x3.6 - EN 10253-2 (B) - 1.0345	40	1
<b>ERECTION MATERIALS</b>			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
2	Pipe Seamless - 48.3x3.6 - EN 10216-2 - 1.0345	40	1.3M

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	962	40	<2>	314	40

DESIGN DATA	
Medium:	Condensate
Pipe class:	██████████
Nominal bore:	DN40
Insul. thickness:	90 [mm]
Insul. density:	184 [kg/m3]
Field group/Modul:	2 /

PED category: SEP (Art. 4, Sec. 3)	
Design pressure:	95 [bar(g)]
Design temperature:	308 [°C]
Operating pressure:	89.00 [bar(g)]
Operating temperature:	303 [°C]
Test pressure:	20 [°C] 98.7 [bar(g)]
P&ID drawing number:	Obr. 16

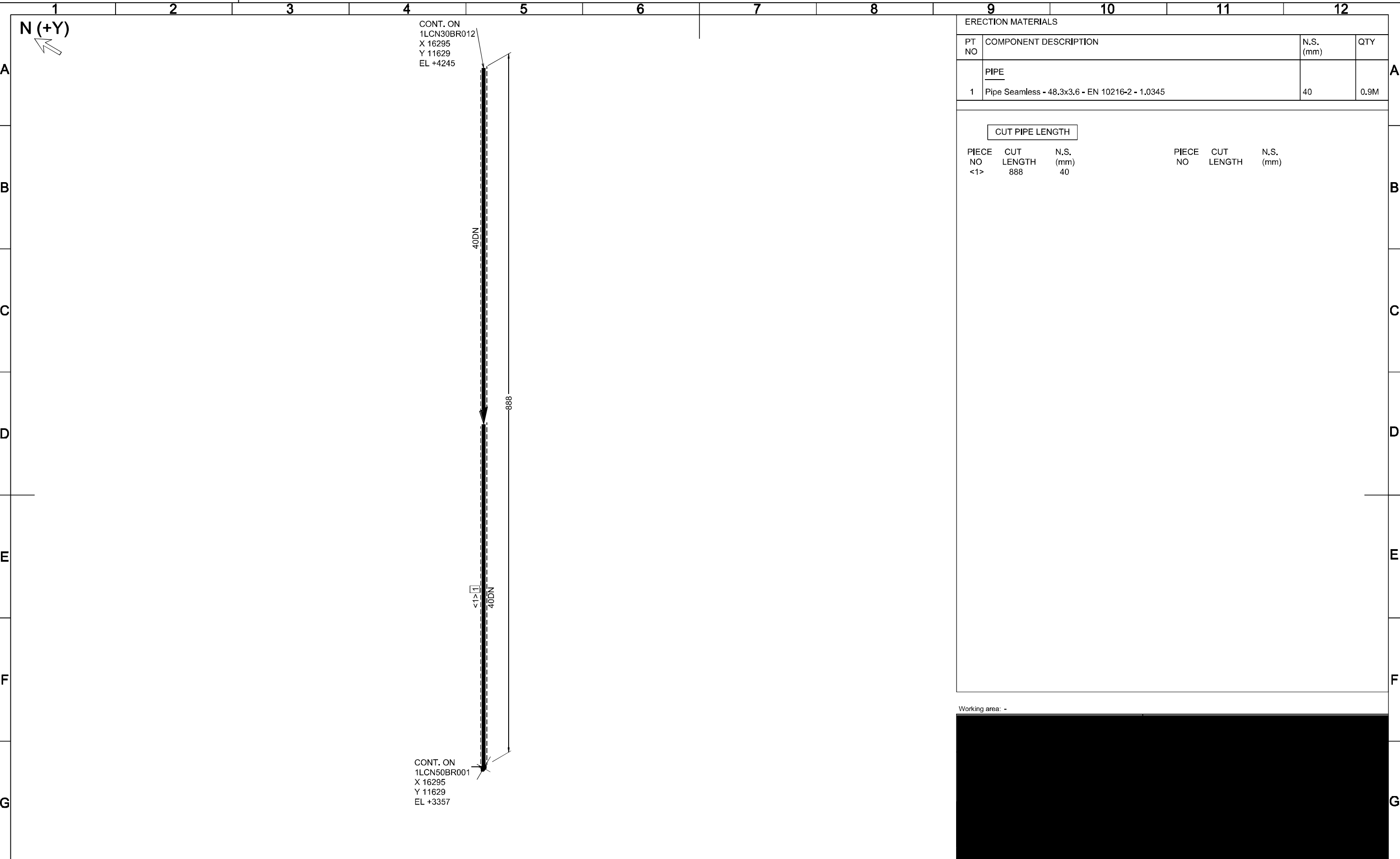


LEGEND TO WELD SYMBOLS

SHOP WELD	FIELD WELD	TACK WELD
●	✱	✱

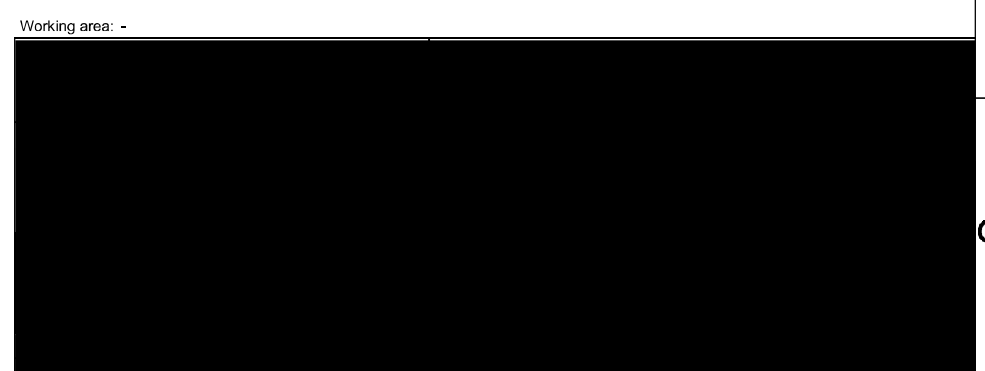
Working area: -

Description			
<b>WATER STEAM CYCLE</b>			
Title			
<b>ISOMETRIC DRAWING</b>			
Scale	---	Replaced by:	Replaced for:
Status	XXX	Sheet	Drawing-No.
Size	A2	1 / 1	1LCN30BR013
			Revision
			-1.0



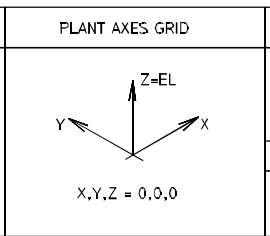
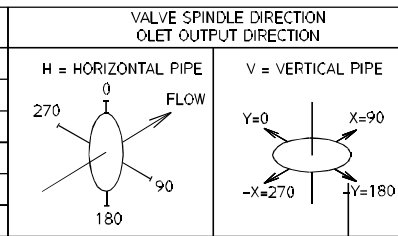
ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
	<u>PIPE</u>		
1	Pipe Seamless - 48.3x3.6 - EN 10216-2 - 1.0345	40	0.9M

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	888	40			



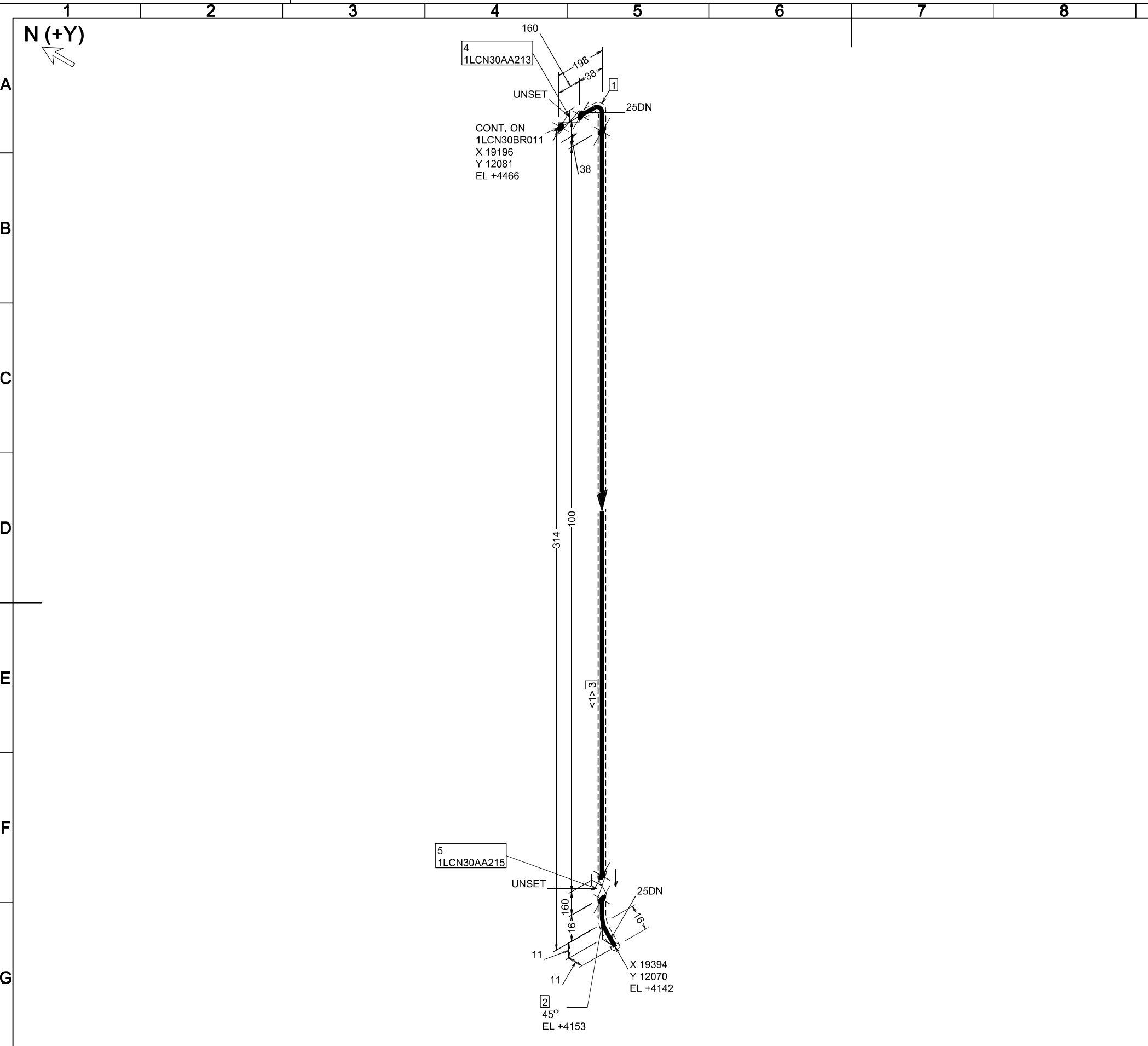
15/05/2023	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

DESIGN DATA		PIP category:
Medium:	Condensate	SEP (Art. 4, Sec. 3)
Design pressure:	95 [bar(g)]	
Design temperature:	308 [°C]	
Operating pressure:	89.00 [bar(g)]	
Operating temperature:	303 [°C]	
Test pressure:	20 [°C] 98.7 [bar(g)]	
PI&ID drawing number:	Obr. 16	



LEGEND TO WELD SYMBOLS		
SHOP WELD	FIELD WELD	TACK WELD

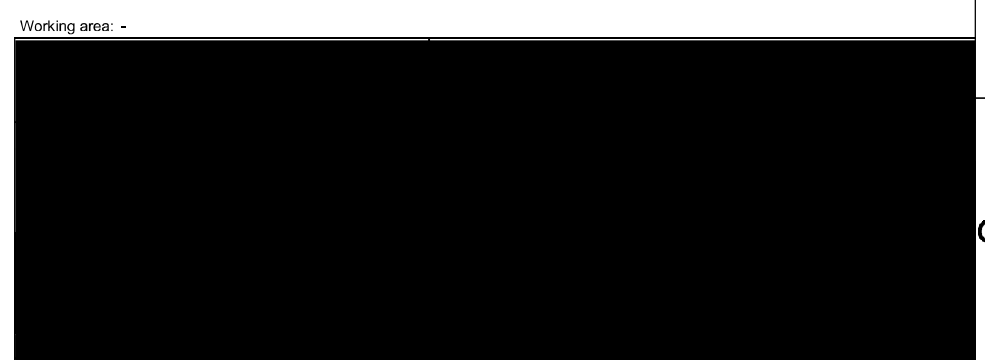
Description			
<b>WATER STEAM CYCLE</b>			
Title			
<b>ISOMETRIC DRAWING</b>			
Scale	---	Replaced by:	Replaced for:
Status	XXX	Sheet	Drawing-No.
Size	A2	1 / 1	1LCN30BR014
			Revision
			-1.0



FABRICATION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>FITTINGS</b>			
1	Elbow - 3D - 90° - 33.7x3.2 - EN 10253-2 (B) - 1.0345	25	1
2	Elbow - 3D - 45° - 33.7x3.2 - EN 10253-2 (B) - 1.0345	25	1

ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
3	Pipe Seamless - 33.7x3.2 - EN 10216-2 - 1.0345	25	0.1M
<b>VALVES / IN-LINE ITEMS</b>			
4	Valve with wheel DN25;1LCN30AA213;welded;9kg	25	1
5	Valve with wheel DN25;1LCN30AA215;welded;9kg	25	1

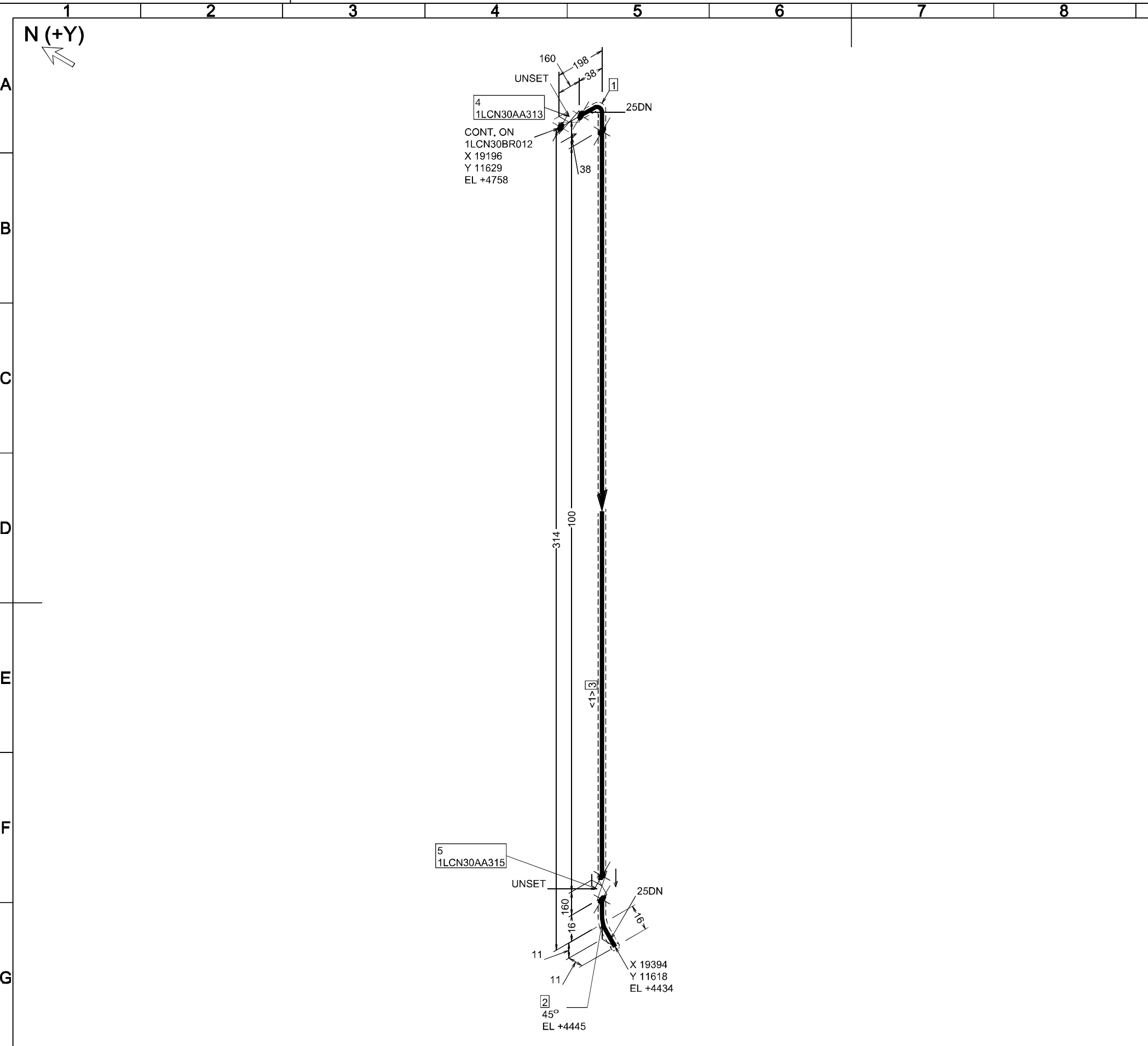
CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	100	25			



DESIGN DATA		PIP category: SEP (Art. 4, Sec. 3)	VALVE SPINDLE DIRECTION OLET OUTPUT DIRECTION		PLANT AXES GRID	LEGEND TO WELD SYMBOLS
Medium: Condensate	Design pressure: 95 [bar(g)]	H = HORIZONTAL PIPE	V = VERTICAL PIPE			
Pipe class: [redacted]	Design temperature: 308 [°C]	270	Y=0			
Nominal bore: DN25	Operating pressure: 89.00 [bar(g)]			X=90		
Insul.thickness: 80 [mm]	Operating temperature: 303 [°C]					
Insul.density: 200 [kg/m3]	Test pressure: 20 [°C] 98.7 [bar(g)]					
Field group/Modul: 2 /	PI&ID drawing number: Obr. 16					

Description <b>WATER STEAM CYCLE</b>			
Title <b>ISOMETRIC DRAWING</b>			
Scale: ---	Replaced by:	Replaced for:	
Status: XXX	Sheet: 1 / 1	Drawing-No.:	Revision:
Size: A2		1LCN30BR050	-1.0

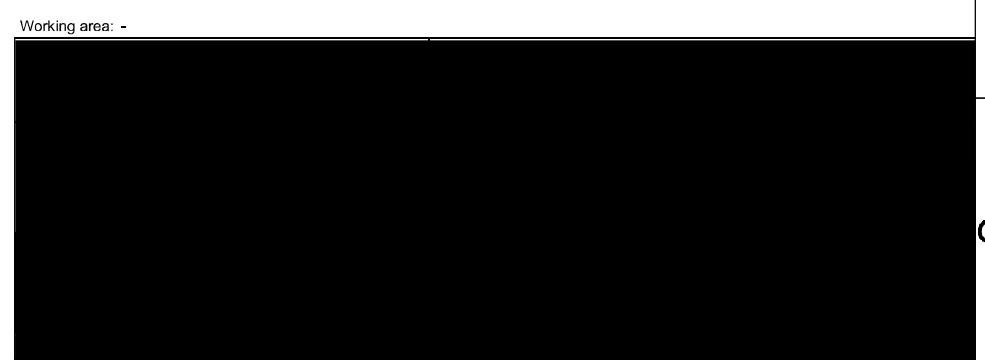




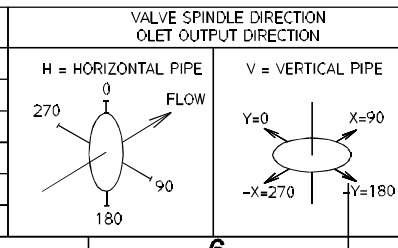
FABRICATION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>FITTINGS</b>			
1	Elbow - 3D - 90° - 33.7x3.2 - EN 10253-2 (B) - 1.0345	25	1
2	Elbow - 3D - 45° - 33.7x3.2 - EN 10253-2 (B) - 1.0345	25	1

ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
3	Pipe Seamless - 33.7x3.2 - EN 10216-2 - 1.0345	25	0.1M
<b>VALVES / IN-LINE ITEMS</b>			
4	Valve with wheel DN25;1LCN30AA313;welded;9kg	25	1
5	Valve with wheel DN25;1LCN30AA315;welded;9kg	25	1

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	100	25			

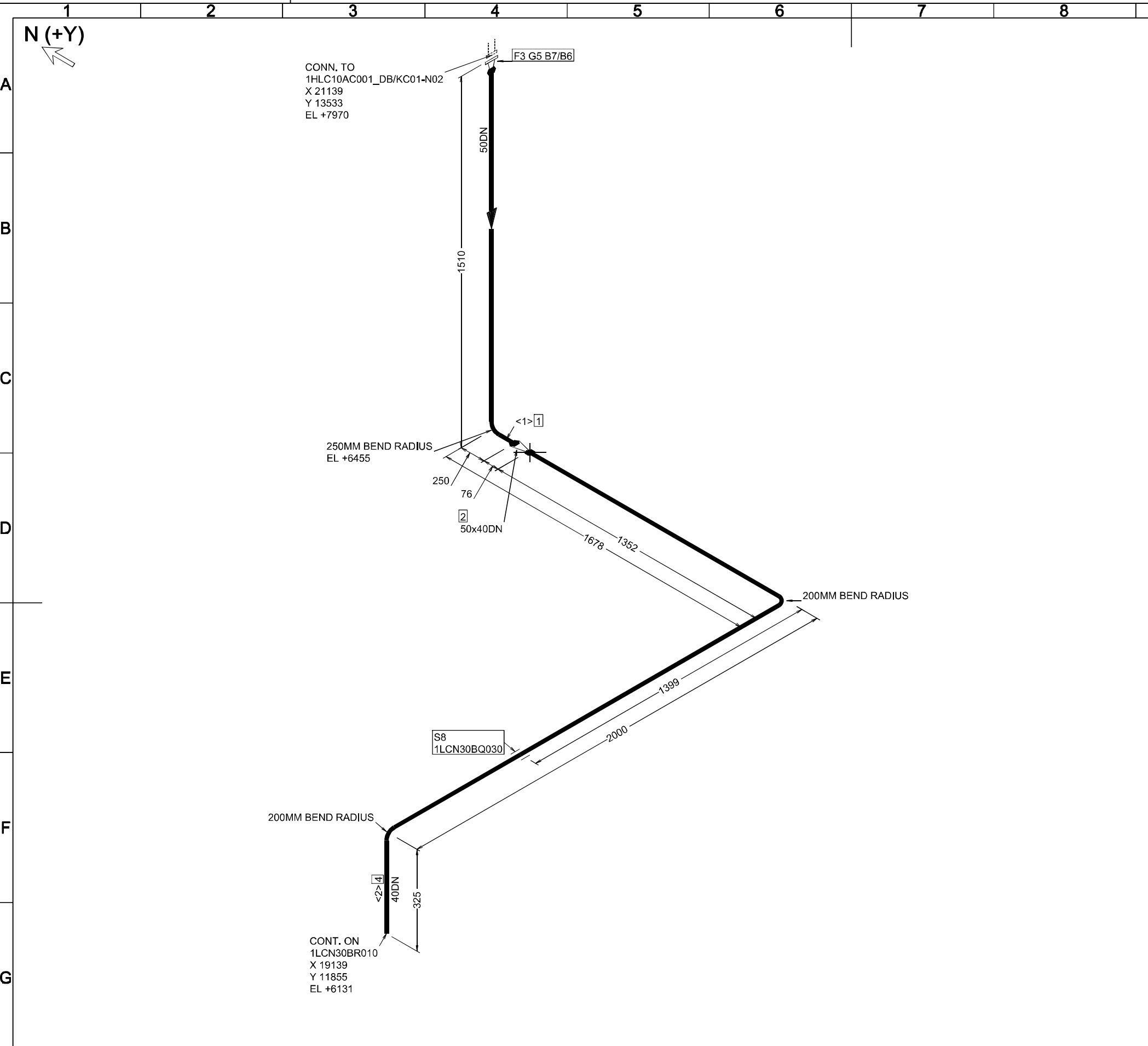


DESIGN DATA		PIP category:
Medium:	Condensate	SEP (Art. 4, Sec. 3)
Design pressure:	95 [bar(g)]	
Design temperature:	308 [°C]	
Operating pressure:	89.00 [bar(g)]	
Operating temperature:	303 [°C]	
Test pressure:	20 [°C] 98.7 [bar(g)]	
Field group/Modul:	2 /	PI&ID drawing number: Obr. 16



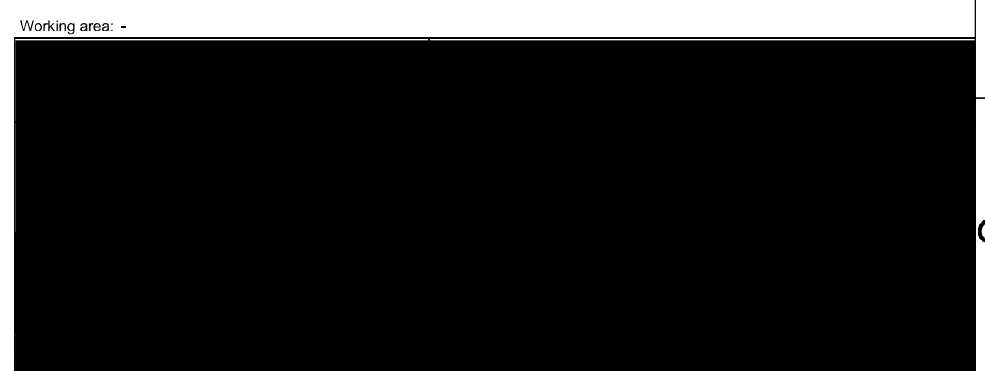
LEGEND TO WELD SYMBOLS		
SHOP WELD	FIELD WELD	TACK WELD

Description				
<b>WATER STEAM CYCLE</b>				
Title				
<b>ISOMETRIC DRAWING</b>				
Scale	---	Replaced by:	Replaced for:	
Status	XXX	Sheet	1 / 1	Drawing-No. 1LCN30BR060
Size	A2			Revision -1.0



FABRICATION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
1	Pipe Seamless - 60.3x5 - EN 10216-2 - 1.0345	50	1.6M
<b>FITTINGS</b>			
2	Reducer C - 60.3x5.6 - 48.3x5 - EN 10253-2 (B) - 1.0345	50 x 40	1
<b>FLANGES</b>			
3	Flange - DN50 - PN160 - Type 11 B2 EN 1092-1 - 1.0352	50	1
ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
4	Pipe Seamless - 48.3x3.6 - EN 10216-2 - 1.0345	40	3.6M
<b>GASKETS</b>			
5	Gasket th.4.5mm DN50 PN160 - EN 1514-2 - 1.4571/1.4404 w.graphit filler	50	1
<b>BOLTS</b>			
6	130 mm Stud Bolt M24, DIN 976 1.7218 (acc. to EN10269) 25CrMo4	24	4
7	Hexagon Nut M24, ISO 4032 1.7218 (acc. to EN10269) 25CrMo4	24	8
<b>SUPPORTS</b>			
8	SLIDING SUPPORT LC-HV 90 45-49 (DN 40) HCP; ARTICLE NO. 110064	40	1

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	1578	50	<2>	3505	40

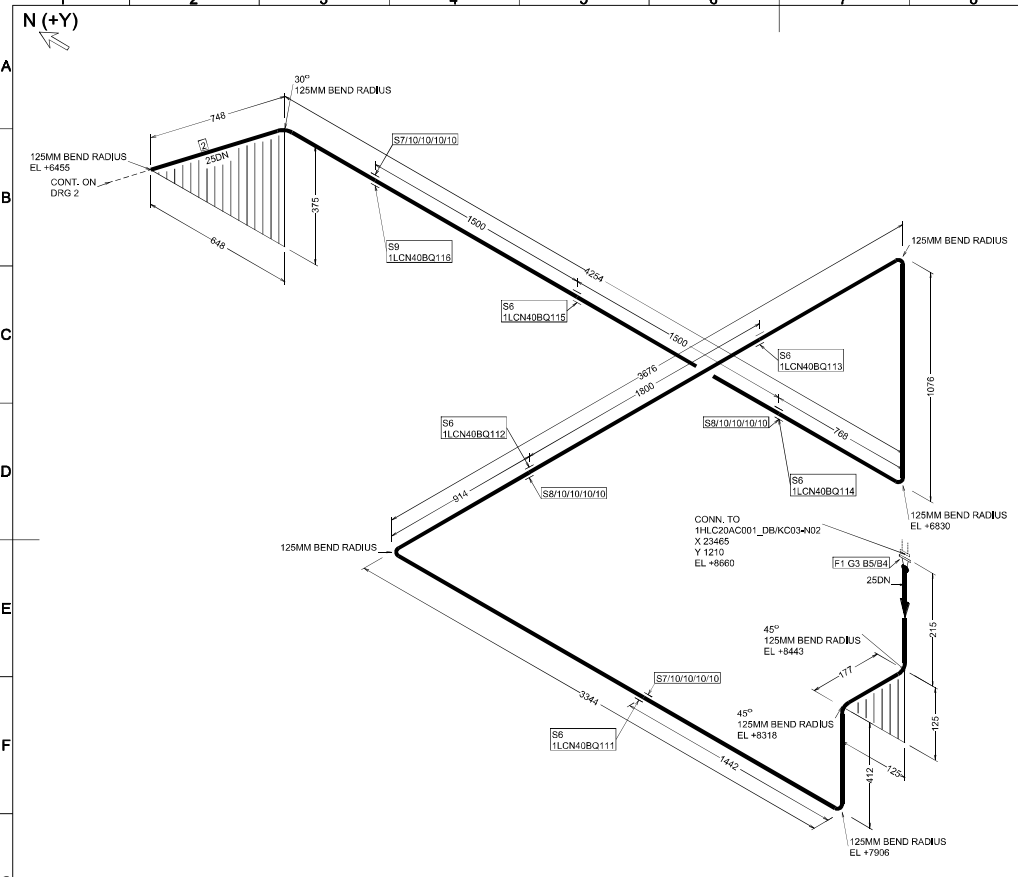


DESIGN DATA		PEP category: SEP (Art. 4, Sec. 3)	VALVE SPINDLE DIRECTION OLET OUTPUT DIRECTION		PLANT AXES GRID	LEGEND TO WELD SYMBOLS
Medium: Condensate	Design pressure: 95 [bar(g)]		H = HORIZONTAL PIPE	V = VERTICAL PIPE		
Pipe class: [redacted]	Design temperature: 308 [°C]					
Nominal bore: DN40	Operating pressure: 89.00 [bar(g)]					
Insul. thickness: 90 [mm]	Operating temperature: 303 [°C]					
Insul. density: 184 [kg/m3]	Test pressure: 20 [°C] 98.7 [bar(g)]					
Field group/Modul: 2 /	PEP drawing number: Obr. 16					

Description <b>WATER STEAM CYCLE</b>		Title <b>ISOMETRIC DRAWING</b>	
Scale: ---	Replaced by:	Replaced for:	
Status: XXX	Sheet: 1 / 1	Drawing-No.:	Revision:
Size: A2		1LCN30BR110	-1.0

## **PŘÍLOHA č. 4**

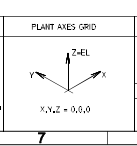
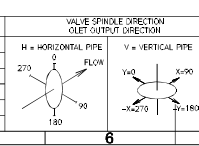
### **Izometrie navrženého potrubí značeného 1LCN40**



FABRICATION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
FLANGES			
1	Flange = DN25 + PN16 + Type 11 B1 EN 10924 + L0352	25	1
ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
PIPE			
2	Pipe Seamless - 33.7x2.6 - EN 10216-2 - 1.0345	25	13.7M
GASKETS			
3	Gasket th,2mm DN25 PN16 - EN 1514-1 - Fibre (Klingersl C4430 or equal)	25	1
BOLTS			
4	60 mm Hexagin Bdl M12, ISO 4014 1.7218 (acc. to EN10269) 25CrMo4	12	4
5	Hexagon Nut M12, ISO 4032 1.7218 (acc. to EN10269) 25CrMo4	12	4
SUPPORTS			
6	SLIDING SUPPORT LA-HV 90 30-34 (DN 25) HCP, ARTICLE NO. 110035	25	5
7	SUBJED BRACKET FW F80, ARTICLE NO. 110349	25	2
8	FIXED POINT BRACKET XW F80 HCP, ARTICLE NO. 110356	25	2
9	SLIDING SUPPORT LA-HV 150 30-34 (DN 25) HCP, ARTICLE NO. 110044	25	1
MISCELLANEOUS COMPONENTS			
10	SELF FORMING SCREW FLS F; ARTICLE NO. 192512	25	16

DESIGN DATA	
Medium:	Condensate
Pressure:	DN25
Temperature:	315 [kg/m3]
Flow rate:	2.1

SEP (Art. 4, Sec. 3)	
Design pressure:	10 [bar(g)]
Design temperature:	270 [°C]
Operating pressure:	2.5 [bar(g)]
Operating temperature:	150 [°C]
Flow velocity:	98.7 [bar(g)]
Min. design temp.:	150 [°C]
Max. design temp.:	160 [°C]

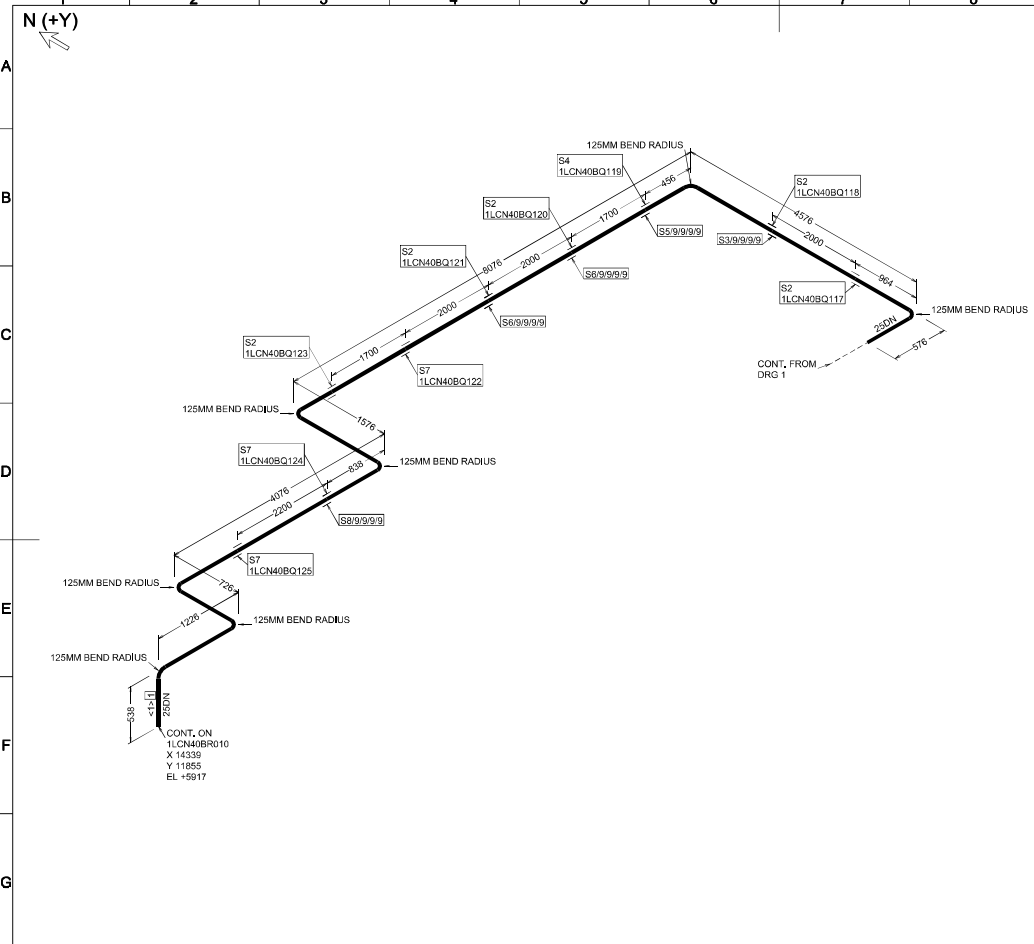


LEGEND TO WELD SYMBOLS		
SHW	FIELD	TACK
WELD	WELD	WELD

Working area: [Redacted]

**Water Steam Cycle**  
**ISOMETRIC DRAWING**

Scale: ---	Revised by:	Revised on:
Status: XXX	Sheet: 1 / 2	Drawing No. 1LCN40BR001
Site: A2		Revision: -1,0



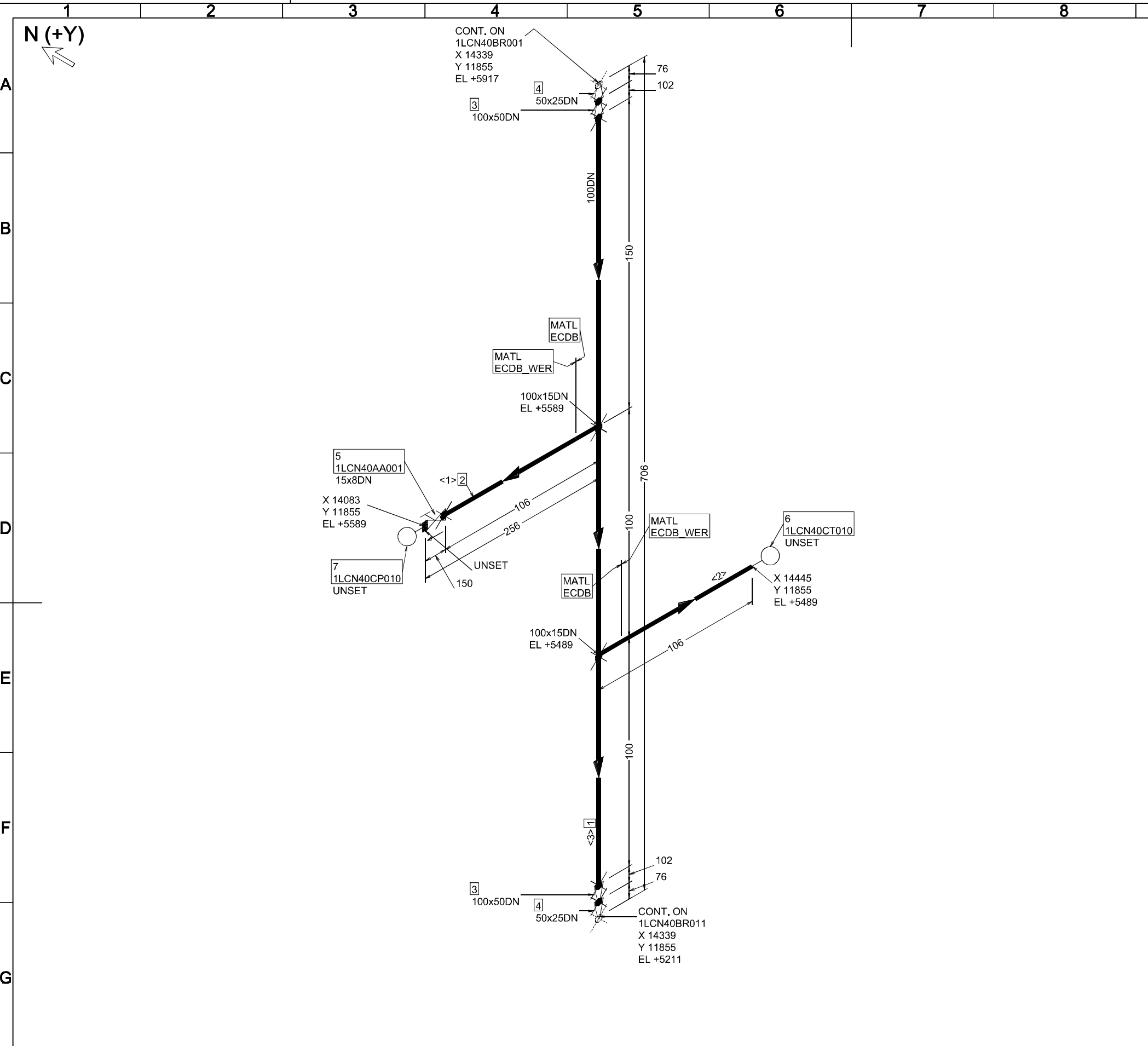
ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
1	Pipe Seamless - 33.7x2.6 - EN 10216-2 - 1.0345	25	21.0M
<b>SUPPORTS</b>			
2	SLIDING SUPPORT LA-HV 90 30-34 (DN 25) HCP, ARTICLE NO. 110035	25	5
3	GUIDED BRACKET FW F80, ARTICLE NO. 110349	25	1
4	SLIDING SUPPORT LA-HV 90 30-34 (DN 25) HCP, ARTICLE NO. 110035	25	1
5	GUIDED BRACKET FW F100, ARTICLE NO. 113088	25	1
6	GUIDED BRACKET FW F100, ARTICLE NO. 113088	25	2
7	SLIDING SUPPORT LA-HV 150 30-34 (DN 25) HCP, ARTICLE NO. 110044	25	3
8	GUIDED BRACKET FW F80, ARTICLE NO. 110349	25	1
<b>MISCELLANEOUS COMPONENTS</b>			
9	SELF FORMING SCREW FLS F, ARTICLE NO. 192512	25	20

CUT PIPE LENGTH			PIECE CUT N.S.		
PIECE NO	CUT LENGTH (mm)	N.S. (mm)	NO	CUT LENGTH (mm)	N.S. (mm)
<1>	34572	25			

Working area: -

DESIGN DATA		SEP (Art. 4, Sec. 3)		VALVE SPINDLE DIRECTION OLET OUTPUT DIRECTION		PLANT AXES GRID		LEGEND TO WELD SYMBOLS	
medium:	Condensate	design pressure:	10 [bar(g)]	H = HORIZONTAL PIPE	V = VERTICAL PIPE	Z-DEL		SHW WELD	FIELD WELD
pipe class:		design temperature:	270 [°C]					TACK WELD	
nominal size:	DN25	operating pressure:	2.0 [bar(g)]			$X, Y, Z = 0, 0, 0$			
pressure class:	30 (mm)	operating temperature:	150 [°C]						
material:	316 (kg/m3)	max pressure:	98.7 [bar(g)]						
design pressure:	2.1	max temperature:	201 [°C]						
		max design pressure:	160 [bar(g)]						
		max design temperature:	160 [°C]						

Description			
WATER STEAM CYCLE			
ISOMETRIC DRAWING			
Scale:	---	Prepared by:	
Status:	XXX	Sheet:	2 / 2
Site:	AZ	Drawing No.:	1LCN40BR001
		Revision:	-1,0

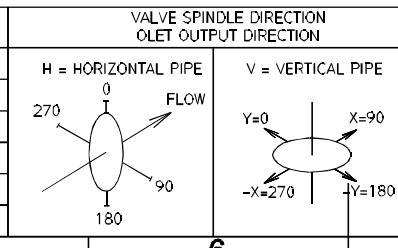


ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
1	Tube 114.3x3.6 EN10217-5 P235GH/1.0345	100	0.4M
2	Pipe Seamless - 21.3x2.6 - EN 10216-2 - 1.0345	15	0.1M
<b>FITTINGS</b>			
3	Reducer EN10253-2-K-A-114.3x3.6-60.3x2.9 P235GH/1.0345	100 x 50	2
4	Reducer EN10253-2-K-A-60.3x2.9-33.7x2.6 P235GH/1.0345	50 x 25	2
<b>VALVES / IN-LINE ITEMS</b>			
5	Valve with wheel DN15;1LCN40AA001;welded;7kg	15 x 8	1
<b>INSTRUMENTS</b>			
6	Remote temperature measurement, 1LCN40CT010	15	1
7	Local pressure measurement 1LCN40CP010	8	1

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	50	15	<2>	50	15
<3>	350	100	SETON TEE		

15/05/2023

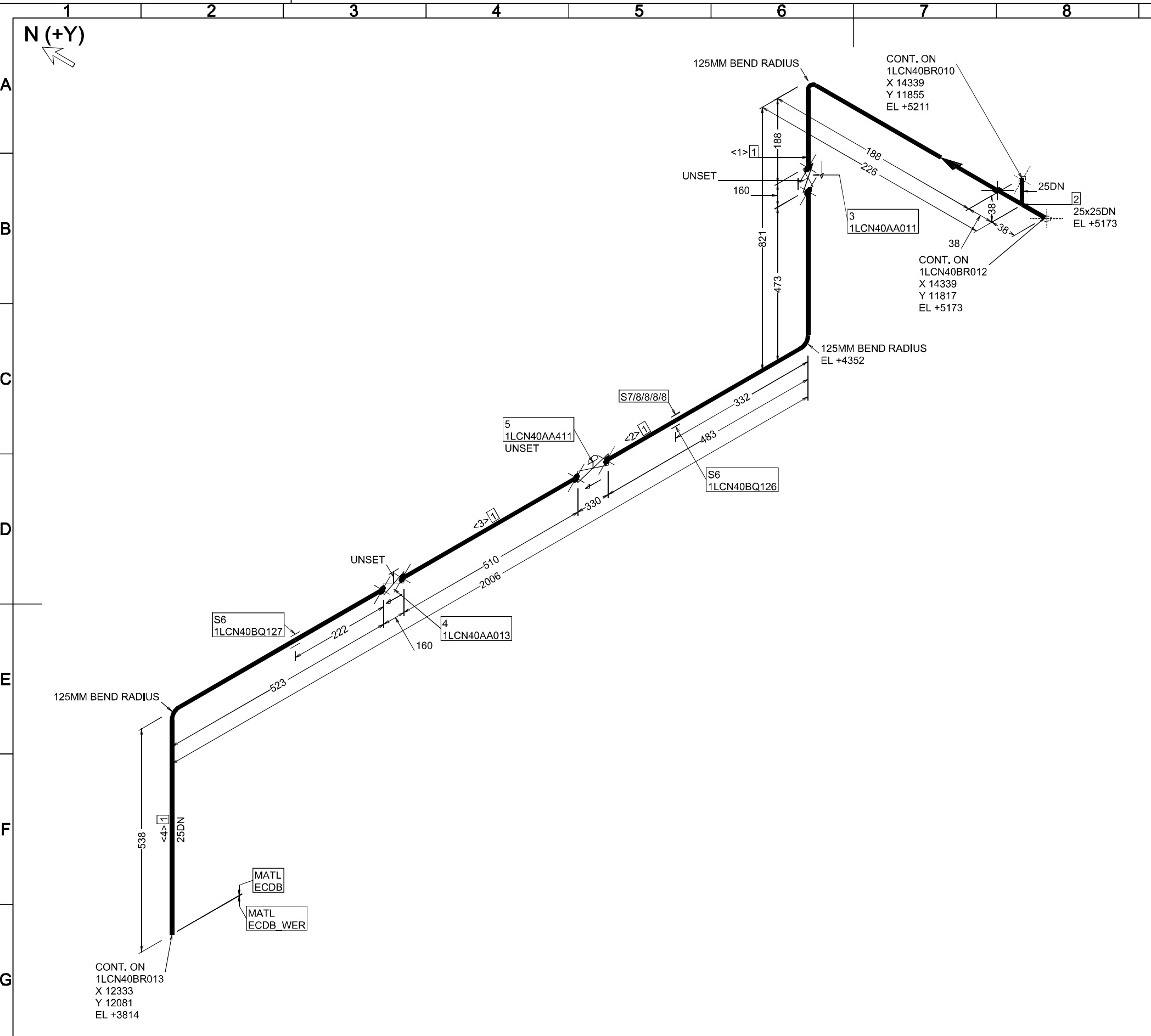
DESIGN DATA		PIED category:
Medium:	Condensate	SEP (Art. 4, Sec. 3)
Design pressure:	10 [bar(g)]	
Design temperature:	240 [°C]	
Operating pressure:	2,60 [bar(g)]	
Operating temperature:	140 [°C]	
Test pressure:	20 [°C] 98.7 [bar(g)]	
PIED drawing number:	Obr. 16	



LEGEND TO WELD SYMBOLS		
SHOP WELD	FIELD WELD	TACK WELD

Working area: -

Description			
<b>WATER STEAM CYCLE</b>			
Title			
<b>ISOMETRIC DRAWING</b>			
Scale	---	Replaced by:	Replaced for:
Status	XXX	Sheet	Drawing-No.
Size	A2	1 / 1	Revision
			1LCN40BR010 -1.0

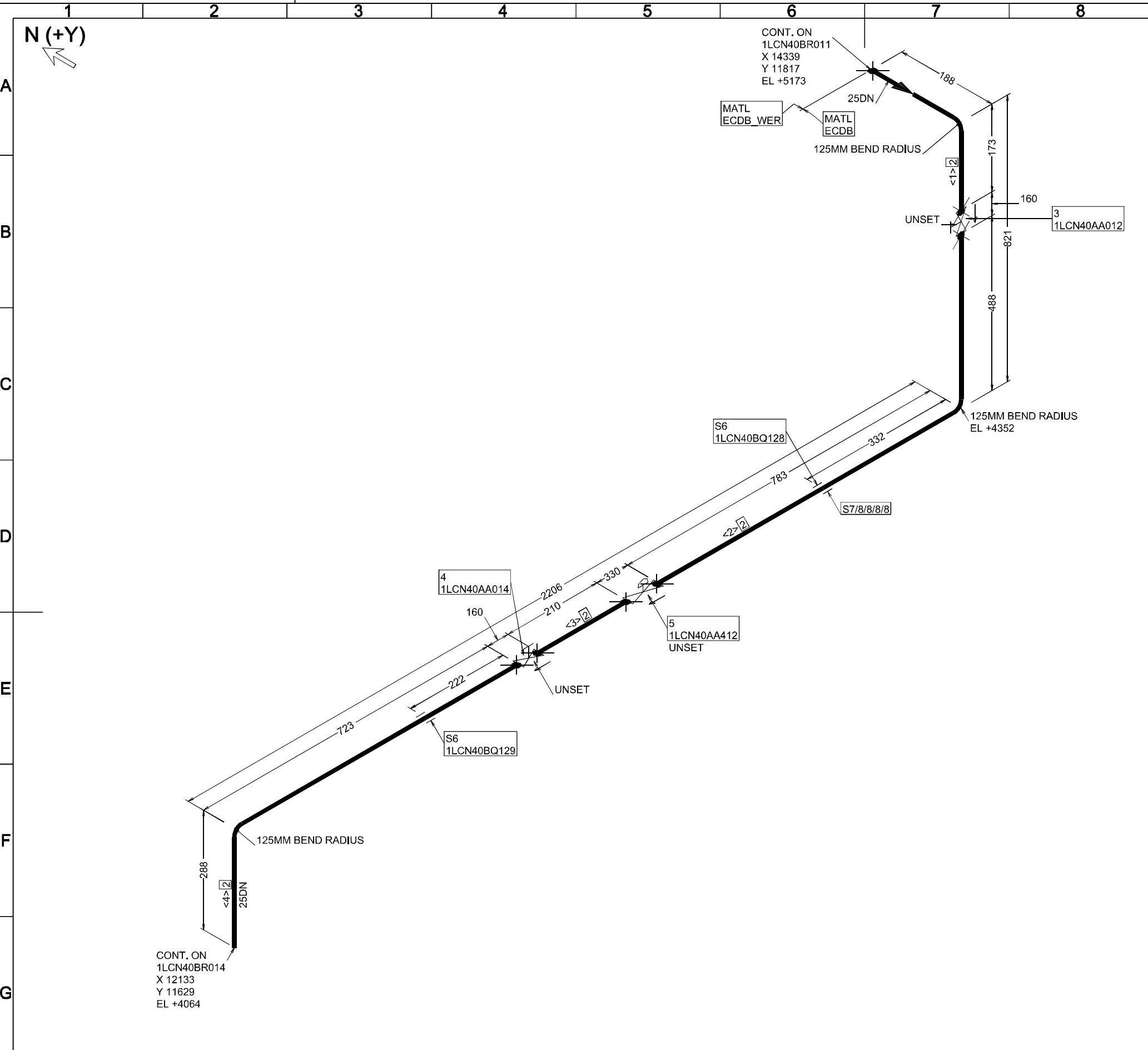


ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
1	Pipe Seamless - 33.7x2.6 - EN 10216-2 - 1.0345	25	2.8M
<b>FITTINGS</b>			
2	Tee EN10253-2-A-33.7x2.6-33.7x2.6 P235GH/1.0345	25 x 25	1
<b>VALVES / IN-LINE ITEMS</b>			
3	Valve with wheel DN25;1LCN40AA011;welded;9kg	25	1
4	Valve with wheel DN25;1LCN40AA013;welded;9kg	25	1
<b>INSTRUMENTS</b>			
5	Control valve with pneu-actuator + wheel DN25;1LCN40AA411;welded;14kg	25	1
<b>SUPPORTS</b>			
6	SLIDING SUPPORT LC-HV 150 30-34 (DN 25) HCP; ARTICLE NO. 110074	25	2
7	GUIDED BRACKET FW F100; ARTICLE NO. 113088	25	1
<b>MISCELLANEOUS COMPONENTS</b>			
8	SELF FORMING SCREW FLS F; ARTICLE NO. 192512	25	4

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	322	25	<2>	902	25
<3>	510	25	<4>	1007	25

Working area: -

DESIGN DATA		PIP category: SEP (Art. 4, Sec. 3)	VALVE SPINDLE DIRECTION OLET OUTPUT DIRECTION		PLANT AXES GRID	LEGEND TO WELD SYMBOLS	Description <b>WATER STEAM CYCLE</b> Title <b>ISOMETRIC DRAWING</b>		
Medium: Condensate	Design pressure: 10 [bar(g)]	Design temperature: 240 [°C]	H = HORIZONTAL PIPE	V = VERTICAL PIPE			Scale: ---	Replaced by:	Replaced for:
Pipe class: [redacted]	Operating pressure: 2,60 [bar(g)]	Operating temperature: 140 [°C]					Status: XXX	Sheet: [redacted]	Drawing-No. 1LCN40BR011
Nominal bore: DN25	Insul.thickness: 30 [mm]	Insul.density: 316 [kg/m3]	Field group/Modul: 2 /	PIED drawing number: Obr. 16	X, Y, Z = 0, 0, 0		Size: A2	1 / 1	



ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
1	Tube 33.7x2.6 EN10216-2 P235GH/1.0345	25	0.3M
2	Pipe Seamless - 33.7x2.6 - EN 10216-2 - 1.0345	25	2.5M
<b>VALVES / IN-LINE ITEMS</b>			
3	Valve with wheel DN25;1LCN40AA012;welded;9kg	25	1
4	Valve with wheel DN25;1LCN40AA014;welded;9kg	25	1
<b>INSTRUMENTS</b>			
5	Control valve with pneu-actuator + wheel DN25;1LCN40AA412;welded;14kg	25	1
<b>SUPPORTS</b>			
6	SLIDING SUPPORT LC-HV 150 30-34 (DN 25) HCP; ARTICLE NO. 110074	25	2
7	GUIDED BRACKET FW F100; ARTICLE NO. 113088	25	1
<b>MISCELLANEOUS COMPONENTS</b>			
8	SELF FORMING SCREW FLS F; ARTICLE NO. 192512	25	4

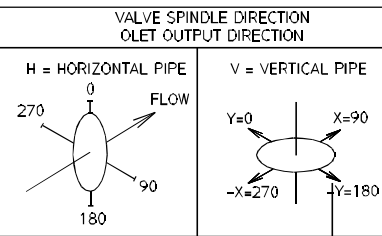
CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	307	25	<2>	1217	25
<3>	210	25	<4>	957	25

CONT. ON  
1LCN40BR014  
X 12133  
Y 11629  
EL +4064

CONT. ON  
1LCN40BR011  
X 14339  
Y 11817  
EL +5173

N (+Y)

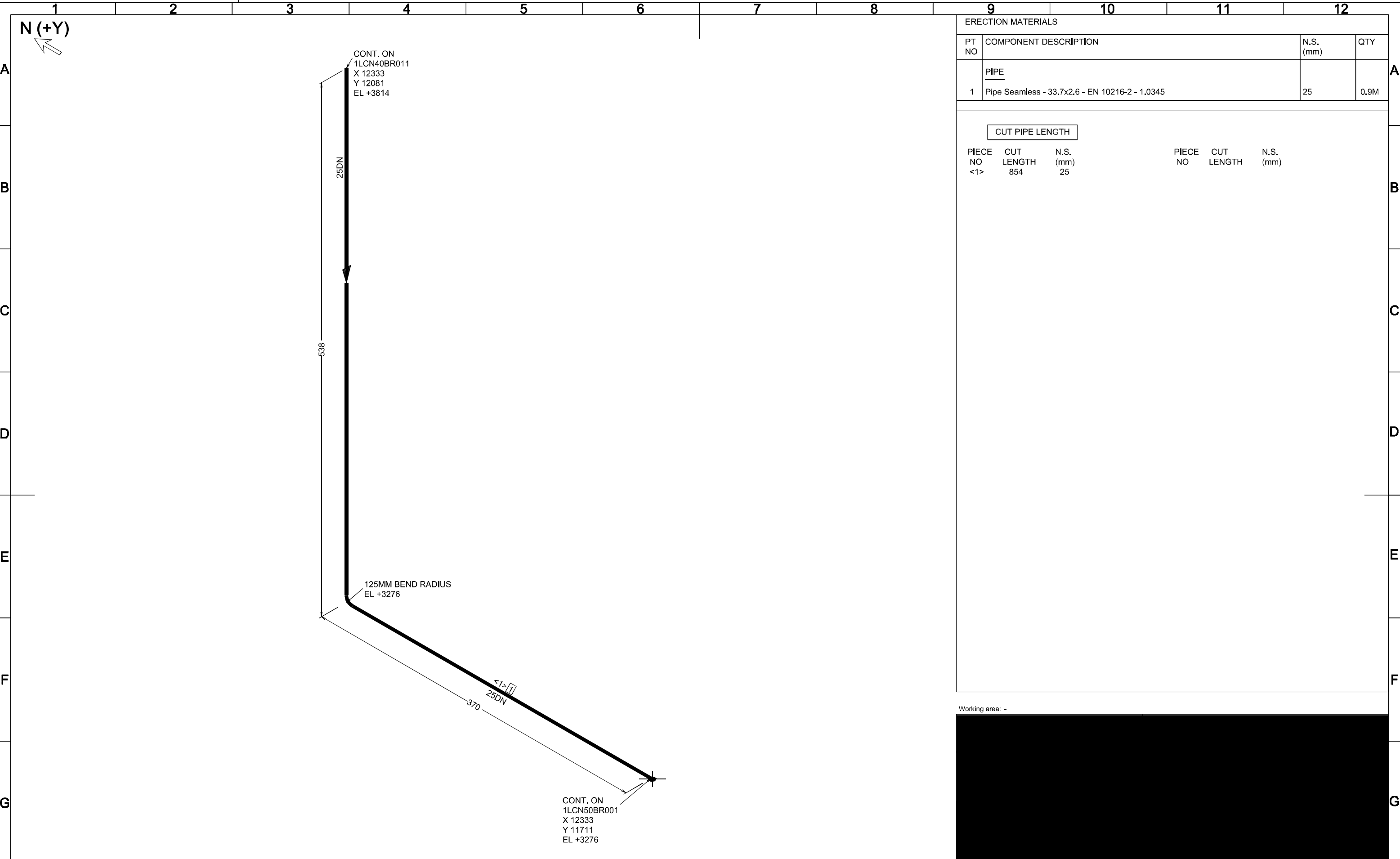
DESIGN DATA		PIP category:
Medium:	Condensate	SEP (Art. 4, Sec. 3)
Design pressure:	10 [bar(g)]	
Design temperature:	240 [°C]	
Operating pressure:	2,60 [bar(g)]	
Operating temperature:	140 [°C]	
Test pressure:	20 [°C] 98.7 [bar(g)]	
PI&ID drawing number:	Obr. 16	



LEGEND TO WELD SYMBOLS		
SHOP WELD	FIELD WELD	TACK WELD

Description			
<b>WATER STEAM CYCLE</b>			
Title			
<b>ISOMETRIC DRAWING</b>			
Scale	---	Replaced by:	Replaced for:
Status	XXX	Sheet	Drawing-No.
Size	A2	1 / 1	Revision
			1LCN40BR012 -1.0





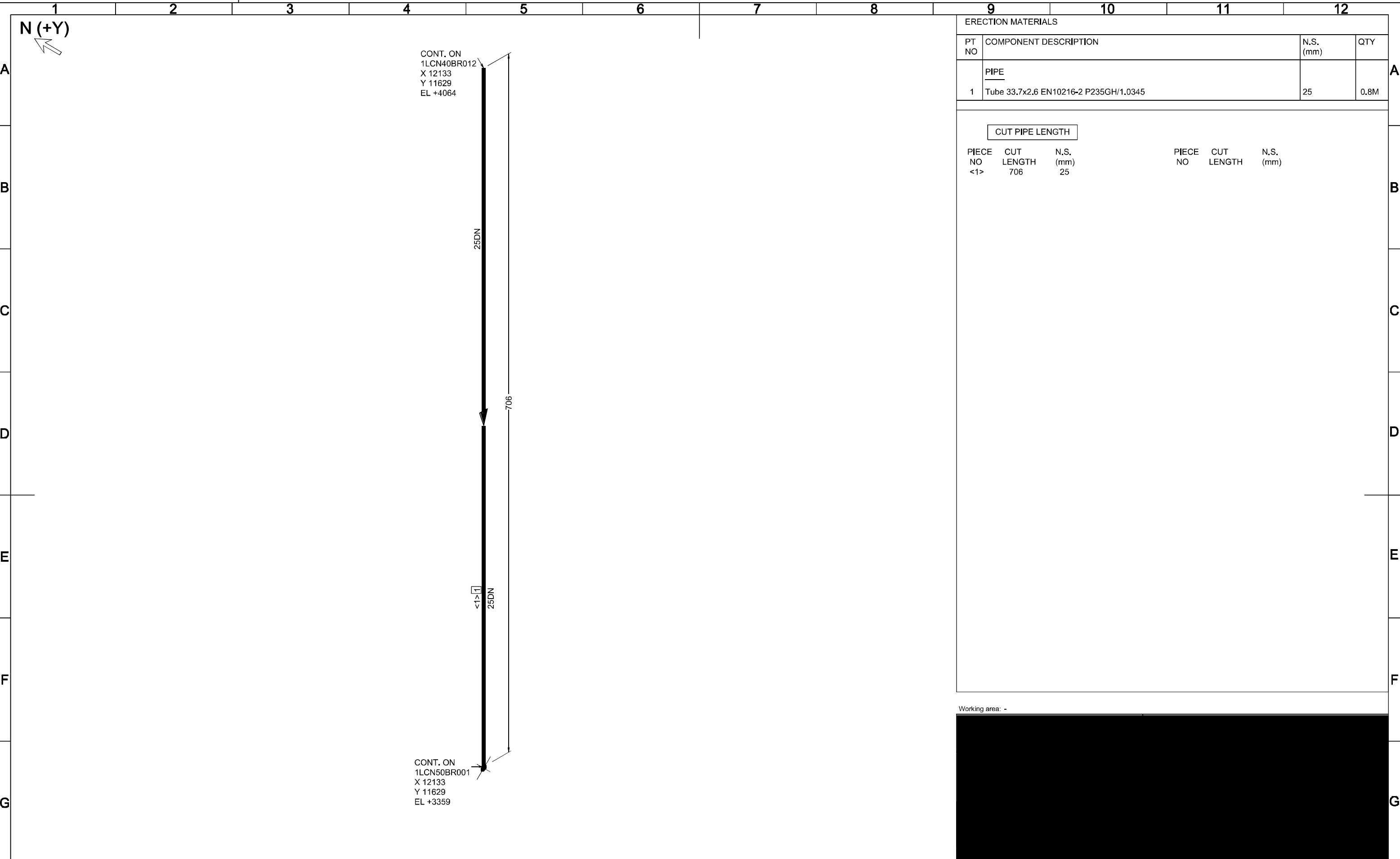
ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<u>PIPE</u>			
1	Pipe Seamless - 33.7x2.6 - EN 10216-2 - 1.0345	25	0.9M

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	854	25			



DESIGN DATA		PIP category: SEP (Art. 4, Sec. 3)	VALVE SPINDLE DIRECTION OLET OUTPUT DIRECTION		PLANT AXES GRID	LEGEND TO WELD SYMBOLS
Medium: Condensate	Design pressure: 10 [bar(g)]		H = HORIZONTAL PIPE	V = VERTICAL PIPE		
Pipe class: [REDACTED]	Design temperature: 240 [°C]					
Nominal bore: DN25	Operating pressure: 2,60 [bar(g)]					
Insul. thickness: 30 [mm]	Operating temperature: 140 [°C]					
Insul. density: 316 [kg/m3]	Test pressure: 20 [°C] 98.7 [bar(g)]					
Field group/Modul: 2 /	PIED drawing number: Obr. 16					

Description <b>WATER STEAM CYCLE</b>			
Title <b>ISOMETRIC DRAWING</b>			
Scale: ---	Replaced by:	Replaced for:	
Status: XXX	Sheet: 1 / 1	Drawing-No. 1LCN40BR013	Revision: -1.0
Size: A2			

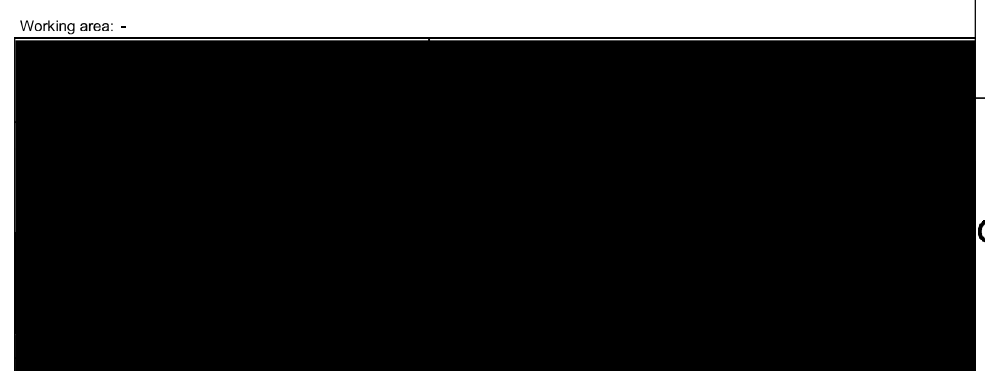


CONT. ON  
1LCN40BR012  
X 12133  
Y 11629  
EL +4064

CONT. ON  
1LCN50BR001  
X 12133  
Y 11629  
EL +3359

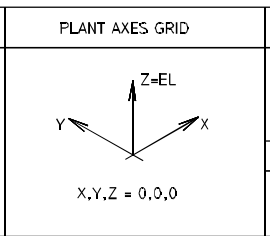
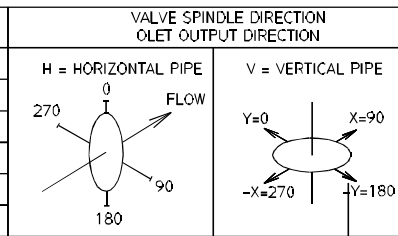
ERECTION MATERIALS			
PT NO	COMPONENT DESCRIPTION	N.S. (mm)	QTY
<b>PIPE</b>			
1	Tube 33.7x2.6 EN10216-2 P235GH/1.0345	25	0.8M

CUT PIPE LENGTH					
PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)	PIECE NO	CUT LENGTH	N.S. (mm)
<1>	706	25			



15/05/2023	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

DESIGN DATA		PIP category:
Medium:	Condensate	SEP (Art. 4, Sec. 3)
Design pressure:	10 [bar(g)]	
Design temperature:	240 [°C]	
Operating pressure:	2,60 [bar(g)]	
Operating temperature:	140 [°C]	
Test pressure:	20 [°C] 98.7 [bar(g)]	
Field group/Modul:	2 /	PI&ID drawing number: Obr. 16



LEGEND TO WELD SYMBOLS

SHOP WELD	FIELD WELD	TACK WELD

Description			
<b>WATER STEAM CYCLE</b>			
Title			
<b>ISOMETRIC DRAWING</b>			
Scale	---	Replaced by:	Replaced for:
Status	XXX	Sheet	Drawing-No.
Size	A2	1 / 1	1LCN40BR014
			Revision
			-1.0