

## گزارش محاسبات استاتیکی

لوله های پلی اتیلن سایز بزرگ معمولاً در اروپا و آلمان تولید می شود. برای به کارگیری آنها در هر پروژه نیاز به محاسبات استاتیکی جداگانه داریم. اینگونه محاسبات در اروپا معمولاً بر مبنای استاندارد آلمانی ATVA127A می باشد و نتیجه به دست آمده از این گونه محاسبات همیشه به عنوان یک ضریب ایمنی در جهت به کارگیری لوله ها در شرایط بحرانی مورد استفاده قرار می گیرد. ولی متأسفانه گروهی از تولیدکنندگان سعی در گمراه کردن مشتریان با استفاده از کلاسهای مقاومتی به جای محاسبات استاتیکی دارند و در مورد استفاده از این روش برای گمراه کردن مشتریان خود بسیار خرسند می باشند. آنها مخصوصاً برای رسیدن به اهداف شخصی خود تأکید بر استفاده از کلاسهای SN4 و SN8 دارند. ما در اینجا با ارائه یک سری مدارک بر آنیم که واقعیت را برای شما مشخص و معین بکنیم. پس در ادامه بحث در باره استانداردها می پردازیم.

### 1- استانداردها

#### 1.1 استاندارد DIN 16961

در صفحه 5 ویرایش اول این استاندارد که در سال 2010 به چاپ رسید یک جدول در رابطه با کلاسهای مقاومتی وجود دارد که عبارتی این جدول در جهت ارائه اطلاعاتی چند برای مشتریان بابت درک بهتر از مسئله قدرت و پایداری است. در جدول شماره یک به طور کاملاً روشن و واضح نوشته شده است که مقاومت در لوله های پروفیلی از کلاس صفر شروع میشود که این کلاس از لحاظ مقاومتی برابر است با مقاومت حلقوی 2 و با

DIN 16961-1:2010-03

**3.3 Innendurchmesser**  
ID  
mittlerer Innendurchmesser des Rohrschliffes an einem beliebigen Querschnitt:  
[DIN EN 476:1997-04]

**4 Klassifizierung der Rohrsteifigkeiten**

**4.1 Allgemeines**

Alternativ zur Klassifizierung der Profilirrohr-Reihen (RR) nach der Ringsteifigkeit  $S_{20k}$  (4.2) ist die Klassifizierung nach den Ringsteifigkeitsklassen SN (4.3) zulässig.

**ANMERKUNG** Die Ringsteifigkeit kann als  $S_{20k}$  oder als SN-Wert angegeben werden. Die beiden Ringsteifigkeiten sind jedoch nicht vergleichbar. Die Unterschiede ergeben sich aus dem Formelnansatz, dem Prüfverfahren, den Prüfzeiten und dem Kriechverhalten des Werkstoffs. Es gilt z. B. für den Werkstoff PE die Beziehung:  $S_{20k} = 4 \cdot SN$ .

Projektbezogen ist auch die Verwendung von Zwischenklassen zulässig. Für die Angabe der Ringsteifigkeit ist in diesem Falle die tatsächliche Ringsteifigkeit  $S_{20k}$  oder  $S$  anzugeben. Bei Verwendung der SN-Klassen ist bei Ringsteifigkeiten unter SN 2 die tatsächliche Ringsteifigkeit  $S$  anzugeben.

**4.2 Profilirrohr-Reihen entsprechend der Ringsteifigkeit  $S_{20k}$**

Den Profilirrohr-Reihen (RR) wird eine Ringsteifigkeit  $S_{20k}$  entsprechend Tabelle 1 zugeordnet. Die Stufe folgt der Grundreihe R 10 nach DIN 323-1 (jede 3. Zahl).

**Tabelle 1 — Ringsteifigkeit**

Profilirrohr-Reihe RR	0	1	2	3	4	5	6	7
Ringsteifigkeit $S_{20k}$ xN/m <sup>2</sup>	< 2	≥ 2	≥ 4	≥ 8	≥ 16	≥ 31,5	≥ 63	≥ 125

Die Ringsteifigkeit  $S_{20k}$  ist eine statische Kenngröße des Rohres, die für die Bemessung bzw. für den Nachweis der Verformungen benötigt wird. Bei profilierten und aufgelasteten Querschnitten sowie bei Verbundwerkstoffen ist die Ringsteifigkeit rechnerisch nicht hinreichend genau bestimmbar. Sie wird deshalb ergänzend aus Verformungsmessungen nach DIN 16961-2 ermittelt.

**4.3 Ringsteifigkeitsklassen SN**

Bei Bestimmung der Ringsteifigkeit  $S$  nach DIN EN ISO 9569 werden die Ringsteifigkeitsklassen nach ISO 13966 verwendet (Tabelle 2).

**Tabelle 2 — Ringsteifigkeitsklassen SN**

Ringsteifigkeitsklasse SN	2	4	8	16
Ringsteifigkeit $S$ N/m <sup>2</sup>	≥ 2	≥ 4	≥ 8	≥ 16

6

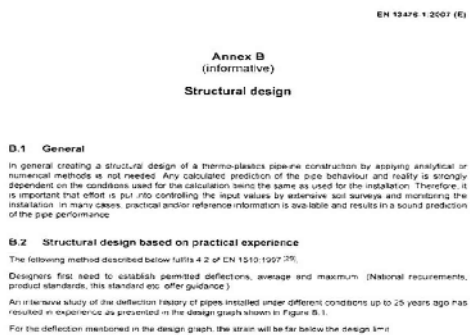
کلاس 7 که برابر است با مقاومت حلقوی 125 به پایان می رسد. پس با یک نگاه دقیق به این جدول می توان دریافت که تقریباً تولید تمامی لوله ها با مقاومت مختلف امکان پذیر می باشد. یکی دیگر از مستندات آشکار در زمینه محاسبات استاتیکی که در همین صفحه به آن اشاره شده است به شرح ذیل می باشد. در پروژه های مختلف ما مجاز به استفاده از مقادیر هر یک از کلاسها می باشیم . لذا برای اینکه اشتباهی در این میان صورت نپذیرد می بایست به نوع کلاس از این بابت که SR24 می باشد یا SN اشاره کامل شود . بنابراین با توجه به مساله مطرح شده در بالا اگر شرکتهای تولیدی ادعا کنند که لوله های پروفیلی تولید آنها بر اساس کلاسها طراحی شده اند باور نکنید. چرا که دروغی بیش نیست و این مساله توسط استانداردهای EN و DIN نقض شده است.

حال در اینجا با توجه به اینکه به هر دو نوع محاسبات سختی لوله ها اشاره شده است . به بیان ارتباط مابین آنها می پردازیم تا اینکه بطور کامل نسبت به آنها آشنایی پیدا کنیم .

باید توجه داشته باشیم که  $SR=4*SN$  به عنوان مثال اگر لوله ای برای شرایط مقاومت  $SR=1.5 KN$  طراحی شده باشد در اصل با شرایط  $SN:0.375$  برابری می کند . یا مثلاً اگر لوله ای برای شرایط مقاومتی  $SN=2$  طراحی شده باشد با  $SR8$  برابری می کند .

## 1.2 استاندارد DIN EN 13476:

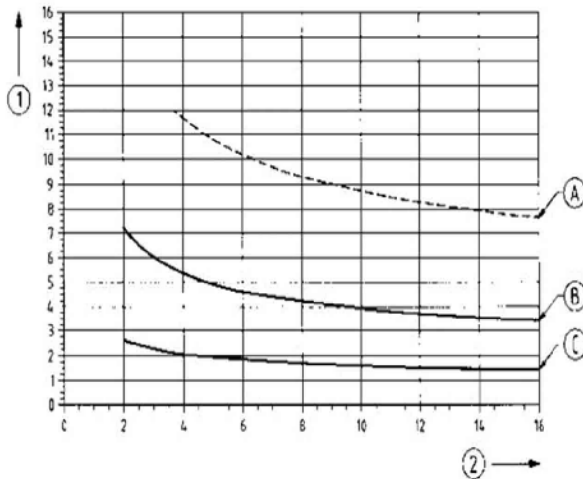
این استاندارد اروپایی اطلاعات کاملاً اساسی در مورد ساختار طراحی پرو فیل در صفحات 21-19 جهت اطلاع به



افراد مشتاق ارائه می دهد. لپ مطلب ارائه شده در صفحات مذکور این است که لوله های با مقاومت پائین تر میتوانند در شرایط نصب مناسب (شرایطی که به نحوی طبق قوانین و استانداردها باشد) عملکرد خوبی از خود نشان دهند. شکل و تصویر شماتیکی که در صفحه 20 این استاندارد نشان داده شده است تنها بر اساس نظریه و محاسبات تئوریک نمی باشد بلکه بر اساس تجربیات 25 ساله بازار آلمان در زمینه ساخت و تولید و اندازه گیری دقیق لوله ها به دست آمده است. در صورتی که تراکم خاک اطراف لوله خوب باشد، لوله های با سختی و مقاومت پائین تنها تغییر شکلی در حدود 2 الی 3 درصد در طول دوره 50 سال را مجاز دانسته است. و این خود به این معنی است که استفاده از لوله هایی با سختی و مقاومت پائین بدون اینکه از لحاظ کیفیتی کاهشی داشته باشد بسیار

اقتصادی می باشد. حال اگر ما یک تراکم متوسط در محیط اطراف لوله خود ایجاد بکنیم این میزان تغییر شکل در طی یک دوره 50 ساله به 7 درصد خواهد رسید که هنوز بسیار نزدیک به تلورانس ارائه شده در استاندارد ATVA127 می باشد. پس نکته ای که می بایست با توجه به میزان تراکم انجام شده در اطراف لوله به

EN 13476-1:2007 (E)



Key

- |                                      |                                       |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| A "NONE" compaction, not recommended | 1 Pipe deflection (%)                 |
| B "MODERATE" compaction              | 2 Ring stiffness (kN/m <sup>2</sup> ) |
| C "WELL" compaction                  |                                       |

Figure B.1 — Design graph — Long-term pipe deflection, maximum values

آن توجه شود و به عبارتی کاملاً تفهیم شود این است که هر زمان قرار باشد که در سطح بالای لوله جاگذاری شده در زمین، جاده ای ساخته شود و قرار باشد که بار ترافیکی 60 تن روی آن حرکت داده شود بهتر است که از تراکم نوع C که یک تراکم خوب می باشد استفاده شود به عبارتی دیگر در این شرایط بهتر است تراکم 97٪ در محیط اطراف لوله جدا از اینکه جنس لوله چه می باشد و یا حتی لوله ای وجود دارد یا نه صورت پذیرد. چرا که اگر خاک در این منطقه به درستی متراکم نشود مطمئناً تحت تاثیر شرایط نشست در منطقه ایجاد خواهد شد که نتیجه آن خرابی جاده و مشکلات عدیده ساختاری خواهد بود. پس با توجه به مطالب ارائه شده در بالا این بحث که بعضی از تولیدکنندگان در خصوص این مساله که هرچه لوله استفاده شده بهتر باشد شما نیاز به تراکم سازی

کمتری دارید کاملاً نقض می شود. و این مساله فقط در شرایطی امکان پذیر است که شما هیچگونه بار ترافیکی نداشته باشید و در یک محیط کاملاً بکر باشید. ولی باز در همین شرایط این سوال پیش می آید چرا باید از لوله ای که مقاومت حلقوی بالائی دارد در این محیط و شرایط استفاده کنیم در حالیکه به علت عدم وجود بار ترافیکی میتوانیم از لوله های سبک تر و مناسب تر استفاده کنیم. این استاندارد اروپایی اطلاعاتی فراتر از اطلاعات مربوط به محاسبات استاتیکی ارائه می نماید. بعنوان نمونه در صفحه 21 اعلام شده است که هر زمان نیاز به یک ساختار و طراحی خاص باشد می بایست به نحو ی به مسائل مطرح شده در این استاندارد اروپایی

رجوع شود. پس هر زمان که شما به یک سازه مهندسی مانند پل - ساختمان و یا جاده دست میزنید و در آن پروژه مهندسی از لوله های پلی اتیلن

استفاده می کنید می بایست وضعیت و ساختار لوله های مورد استفاده در آن پروژه ها را همچون سایر مسائل جانبی دیگر پروژه مد نظر قرار دهید. به عبارتی از لحاظ ساختاری می بایست لوله ها و شرایط پروژه با هم به نحوی دارای سنخیت باشند نه اینکه فقط تکیه کنیم بر مصرف لوله ای با مقاومت حلقوی بالا چرا که این مساله نیاز به موارد دیگر داشته و سطح مسئولیت مهندسی پروژه را در قبال کل پروژه کم نخواهد کرد. یک مهندسی

خوب می بایست بتواند علت استفاده خود از لوله ای با مقاومت حلقوی بالا و همچنین تلف کردن و از بین بردن منابع طبیعی را توجیه کند. کدام مهندس ساختمانی، دیواره های یک بنا را بخاطر هیچ دو برابر می کند؟ کدام مهندسی، ستونهای یک پل را بدون هیچ دلیلی دو برابر می کند؟ و کدام مهندسی، مقاومت حلقوی لوله های پلی اتیلن را دو برابر می کند فقط و فقط به دلیل تبلیغات اشتباه یکسری تولید کننده که هیچ گونه توجیه علمی در رابطه با این قضیه ندارند؟

Belle 12  
EN 1295-1 - 1997

- Suomen rakennusinsinöörin Liitto Maahan ja veteen asennettavat kestonuoviputket, 1950 (T-termoputket ja pesäburat in ground and under water)

- Suomen kunnallistekniikan yhdistys Betaputkineimi, 1990 (Concrete pipe rules)

Diese Normen können bezogen werden von:  
Suomen Standardisointiliitto  
P. O. Box 115  
FIN-00241 Helsinki

**B.1.5 Frankreich**  
Die in Frankreich eingeführten Berechnungsverfahren sind enthalten in:  
- Allgemeiner Teil:  
Général des clouses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux  
- Fascicule 70  
Ouvrages d'assainissement  
siècle chapitre III: Règles de conception et de calcul des ouvrages  
- Fascicule 71  
Fourniture et pose de canalisations d'eau, accessoires et branchements  
siècle chapitre II: Prescriptions particulières aux tuyaux, raccords et laras accessoires

- siehe chapitre IV: Matériaux et fourniture d'un type non courant ou nouveau  
Diese Normen können über folgende Anschrift bezogen werden:  
Direction des Journaux Officiels  
25, rue Drouot  
F-75727 Paris cedex 15

**B.1.6 Deutschland**  
Die in Deutschland eingeführten Berechnungsverfahren sind enthalten in:  
- ATV-A-Beiblatt A 127  
Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungswanalen und -leitungen, 2. Auflage 1988  
- ATV-Arbeitsblatt A 161  
Statische Berechnung von Vorbrechrohren, 1. Auflage 1990  
Diese Arbeitsblätter können bezogen werden von:  
Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik (GFA)  
Postfach 11 65  
D-53758 Hennek

**B.1.7 Die Niederlande**  
Das in den Niederlanden eingeführte Berechnungsverfahren für Betonrohre beruht auf:  
- a) CUR Report No 122 (a)  
Pipes in the ground: Design of plain and reinforced concrete pipes, CUR 1985  
- b) NEN 7126 (b)  
Circular reinforced and steel fibre reinforced concrete pipes and reinforced pipes with a base, Requirements and Test Methods, NNI, 1st Print, Sept 1991  
- c) NEN 9218 (b)  
Drainage and sewerage gravity systems outside buildings: Installations and Maintenance, NNI, 1st Print, 1984  
Eine Übersicht des Verfahrens ist enthalten in:  
Design procedure for plain and reinforced pipes to be laid in the ground, according to CUR Report No 122 (a).

### 3.1- استاندارد EN1295-1

این استاندارد اشاره بر انواع روشهای محاسبات استاتیکی که به نحوی در اروپا مورد استفاده می باشد دارد. در بخش B1.6 استاندارد آلمان، ATVA 127 اشاره مستقیم به محاسبات استاتیکی در خصوص لوله های فاضلاب دارد. می بایست به این موضوع توجه کنیم که استانداردهای اروپائی تنها برای استفاده در اروپا می باشند و این در حالیست که استاندارد ATVA 127 با اینکه یک استاندارد آلمانی است به علت ارتباط تنگاتنگ با انواع استانداردهای اروپایی می بایست در همه جا مورد استفاده قرار بگیرد و همگی تولید کنندگان و فعالان این صنعت ملزم به رعایت مفاد آن می باشند. پس این خود یک دلیل مناسب برای این مساله می باشد که چرا محاسبات استاتیکی اصل و پایه محاسبات

Seite 12  
EN 1226-1 - 1997

- Suomen rakennusinsinöörin Liito Maatien ja vesien aluemittävät seostusluvut, 1990  
(Finland: Rules for ed in ground and under water)

- Suomen kunnallisteollisuuden Yhteistyö Betonijulkaisem. 1990  
(Concrete pipe rules)

Diese Normen können bezogen werden von  
Suomen Standardisointiliito  
P. O. Box 115  
FIN-00241 Helsinki

**B.1.5 Frankreich**  
Die in Frankreich eingeführten Berechnungsverfahren sind enthalten in:  
- Allgemeines Titel  
Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux

- Fascicule 70  
Ouvrages d'assainissement  
siehe chapitre III: Règles de conception et de calcul des ouvrages

- Fascicule 71  
Fourniture et pose de canalisation d'eau, accessoires et branchements  
siehe chapitre II: Prescriptions particulières aux types, raccords et leurs accessoires

- siehe chapitre IV: Matériaux et fournitures d'un type non courant ou nouveau

Diese Normen können über folgende Anschrift bezogen werden:  
Direction des Journaux Officiels  
20, rue Desaix  
F-75727 Paris cedex 15

**B.1.5 Deutschland**  
Die in Deutschland eingeführten Berechnungsverfahren sind enthalten in:  
- ATV-A-Beiblatt A 127  
Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen, 2. Auflage 1988

- ATV-Beiblatt A 151  
Statische Berechnung von Vorneteröhren, 1. Auflage 1990

Diese Arbeitsblätter können bezogen werden von:  
Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik (GFA)  
Postfach 14 85  
D-53758 Hennek

**B.1.7 Die Niederlande**  
Das in den Niederlanden eingeführte Berechnungsverfahren für Betonrohr bezieht auf:  
- a) CUR-Report No. 122 (a)  
Pipes in the ground: Design of plain and reinforced concrete pipes, CUR 1985

- b) NEN 7126 (b)  
Circular reinforced and steel fibre reinforced concrete pipes and unreinforced pipes with a base. Requirements and Test Methods. NNI, 1st Print, Sept 1991

- c) NEN 3218 (b)  
Drains and sewerage gravity systems outside buildings. Installation and Maintenance. NNI, 1st Print, 1991

Die Übersichts des Verfahrens ist enthalten in:  
Design procedure for plain and reinforced pipes to be laid in the ground, according to CUR Report No 122 (a)

سازه های مهندسی در اروپا می باشد. مقدار و عدد مقاومت حلقوی نمی تواند دلیل اصلی پایداری یک لوله در یک شرایط باشد بلکه این مقدار و عدد تنها یک ضریب اطمینان در برابر مسائلی همچون تنش - تغییر شکل و پایداری می باشد .

## 2- تست لوله

تست مقاومت حلقوی یک آزمایش کیفی برای انواع لوله های پلاستیکی می باشد. پس تولید کننده در طی این آزمایش به مصرف کننده ثابت می کند که محصول ارائه شده از لحاظ پروفیل و لوله یک محصول کاملاً مطمئن می باشد و باید توجه داشته باشیم که این آزمایش در جهت محاسبات استاتیکی و یا حتی شرایط کار گزاری لوله در زیر زمین هیچ گونه اطمینانی نمی دهد. پس با توجه به مساله بالا تلفیق یک آزمایش ساده لوله با یک محاسبه استاتیک در مورد لوله کاملاً یک امر غیر منطقی بوده و هیچ گونه ضمانتی در جهت بهتر بودن شرایط پروژه نخواهد داشت هر چند که امروزه متاسفانه بسیاری از تولیدکنندگان در جهت تلفیق این دو مساله با هم تبلیغاتی می کنند.

کلاسهای استاتیکی مربوط به لوله ها در گذشته توسط سازندگان برای لوله هایی با سایز پایین و آن هم استفاده در منازل ابداع شد نه برای شرایط خارجی. پس همیشه باید در ذهن داشته باشیم که کلاس های مقاومت حلقوی از طرف تولید کنندگان در جهت حل مشکل و راحتی کار خودشان ارائه شده نه برای حل مشکل مصرف کنندگان که یک مهندس می بایست همیشه به این نکته توجه داشته باشد.

## 3-Over-engineering:

در مطالب قبلی به نوعی در رابطه با مساله over engineering اشاره شد و مثال هایی در زمینه های مختلف جهت بیان آن و تفهیم آن ارائه شد. حال در این قسمت می خواهیم مطالبی بس مهم در این باره بابت لوله بیان کنیم .

یکی از مزایای اصلی یک لوله پلاستیکی، انعطاف پذیری آن می باشد. و این بدان معنی است که یک لوله پلاستیکی تحت شرایط بار های سنگین بطور کاملا کنترل شده دچار یک سری تغییرات شکلی می شود ولی بعد از بر طرف شدن فشار دو باره به حالت اول بر گشته و آماده دریافت فشار های بعدی می شود. حال اگر ما برای انتخاب لوله از کلاس های مقاومتی مانند SN4 و یا حتی SN8 استفاده کنیم تنها چیزی که بدست خواهیم آورد مقاومت بیشتر است ولی در مقابل مساله خیلی مهمی را از دست خواهیم داد و آن انعطاف پذیری لوله می باشد.

هر مهندسی در این زمینه شناخت و آشنایی کامل دارد. آیا تا به حال از خود پرسیده اید که چرا بال های هواپیما را از یک جنس سخت درست نمی کنند؟ دلیل این امر همان انعطاف پذیری است، اگر مهندسین برای ساخت بالها از مواد سخت تر استفاده کنند دیگر انعطاف پذیری که در حال حاضر در بالها وجود دارد نخواهند داشت و به راحتی بالها شکسته میشود. و یا حتی پرسیده اید که چرا مهندسین از سازه های بتنی سنگین در ساختمانها که در مناطق زلزله خیز هستند استفاده نمی کنند؟ بله دلیل این امر نیز به خاطر عدم انعطاف پذیری آن مصالح می باشد. به عبارتی آن مصالح به علت عدم انعطاف پذیری تنها در اثر یک تکان شکسته شده و فرو خواهد ریخت.

## تاریخچه کلاس بندی

هرچند باوکو در سال 1956 خط تولید لوله های دو جداره در اقطار بزرگ را شروع کرد ولی بازار در آن زمان تنها در حد تولید لوله هایی با اقطار کوچک تا سقف 90mm بود. فرایند تولید در آن زمان به شکلی بود که این توانایی و قدرت را به تولید کنندگان نمی داد که ضخامت جداره های لوله های تولیدی را تغییر دهند. و تنها مزیت این گونه خط های تولیدی سرعت بالای آنها بود. که امروزه نیز از این نوع خطوط تولیدی که به نحوی شکل قالب دارند و مواد از یک طرف وارد و از طرف دیگر به شکل لوله بیرون می آیند استفاده فراوان می شود. بعد از گذشت مدت طولانی از این زمان بسیاری از تولید کنندگان به فکر صرفه جوئی در مصرف مواد اولیه افتادند و به این نتیجه رسیدند که بجای تولید لوله های تک جداره رو به تولید لوله هایی با بدنه ساختار بندی شده و پروفیلی روی آورند که از این طریق نه تنها در مصرف مواد اولیه صرفه جوئی شود بلکه به یک مقاومت بالا در لوله های خود با بدنه نازک دست پیدا کنند. دوباره باید خاطرنشان شد که باوکو این سیستم تولید را در سال 1956 شروع کرد و این در حالی بود که بقیه دنیا در سال 1975 حدود 20 سال بعد با

بکارگیری تولید لوله های کاروگیت که به نسبت از لحاظ کیفیتی از لوله های باوکو پائین تر بودند دست پیدا کردند که در این زمان نیز به علت ساختار فرایند تولید امکان تولید لوله با سایز بالاتر از 600 میلی متر امکان پذیر نبود. که این خود یک نقص بسیار بزرگ برای این گونه خطوط تولیدی محسوب می شود و منجر به هدر رفتن زمان و پول می شود لذا به همین دلیل تمام تولید کنندگانی که از سیستم تولید لوله های تک جداره و کاروگیت استفاده می کردند بیشتر تمایل به تولید لوله های تیپ داشتند. این در حالی بود که مهندسی ما در شرکت باوکو موفق به ارائه یک سیستم تولید کاملاً انعطاف پذیر از ابتدای کار شده بودند و این خط تولید به آنها این امکان را می داد که بتوانند دست به تولید انواع پرو فیلهها و حتی سایزها را بدون استفاده از تغییرات هزینه بر و یا توقف در خط تولید بزنند.

مهندسی باوکو با ارائه این تکنولوژی سعی کردند هر آنچه بازار نیاز دارد را برای آن تهیه و ارائه دهند و این خود یک فلسفه جدید که کاملاً مغایر با ایده ها و روشهای تولیدی دیگر می باشد، بود.

همین فلسفه هنوز که هنوز است اثرات بسیاری بر روی مسائلی همچون کلاسهای مختلف فشار، کلاسهای مختلف سختی و محاسبات استاتیکی مختلف دارد. بنابراین همیشه به خاطر داشته باشیم که استاندارد سازی لوله با اقطار کوچک در کلاسهای مختلف بر گرفته از بازار نبوده بلکه از طرف تولید کنندگان به بازار، در جهت حفظ سادگی و کنترل هزینه ها بوده است. امروزه همچنان همان مسائل گذشته مطرح می باشد، بطوریکه مثل قبل سیستم های تولیدی لوله های تک جداره و کاروگیت تمایل به ارائه محصولات تیپ و کاملاً مشخص و معین شده به بازار را دارند. و این خود بر خلاف نظر و عقیده مهندسی شرکت تولیدی باوکو که در این صنعت پیشتاز است می باشد.

مصرف مواد اولیه در تولید لوله با اقطار کوچک به اندازه هزینه تولید از اهمیت بالایی برخوردار نمی باشد و این در حالی است که در مورد تولید لوله در اقطار بزرگ بر عکس این مساله صدق می کند به عبارتی در تولید لوله در اقطار بزرگ مصرف مواد اولیه اهمیت بالاتری را نسبت به هزینه های تولیدی داراست. شما اگر مقداری به استانداردهای مربوط به لوله های ساختار بندی شده در سایزهای بالا دقت کنید متوجه خواهید شد که این تفاوت چقدر دارای اهمیت می باشد بعنوان مثال استانداردهای اروپایی EN13476-2 و 3-13476 هر دو به کلاسهای مقاومت تا سایز 500 میلی متر احتیاج دارند که این کلاسها می بایست یا 4 و یا 8 KN/m<sup>2</sup> باشند و این در حالی است که لوله در سایزهای بالاتر را می توان با توجه به محاسبات استاتیکی و بدون نیاز به رجوع به چنین مسائلی تولید نمود و این خود یک نکته بسیار مهم و حیاتی در تولید لوله ها می باشد که بطور خلاصه در ذیل جهت اطلاع ارائه شده است. لوله های تولیدی تا سایز 500 mm اکثراً بر اساس کلاسهای طبقه بندی شده تولید شده و می شوند. لوله های تولیدی از سایز 600 تا 3500 میلی متر همیشه بر اساس محاسبات استاتیکی تولید شده و می شوند.

## 2 - طراحی لوله های فاضلابی :

### 1-2) از طریق خطوط تولید لوله های تک جداره :

لوله های تولیدی از این روش اصولاً در جهت کنترل فشارهای داخلی و در سایز های کوچک می باشند . لذا کسانی که از این گونه لوله ها استفاده می کنند بر این عقیده هستند که اینگونه لوله ها را می توان در زمین دفن کرد چرا که عقیده آنها بر این است که فشار وارده بر این لوله ها از داخل می باشند . ولی این افراد می بایست به این نکته نیز توجه داشته باشند که علاوه بر فشار داخلی فشارهای مختلف دیگری همچون بار ترافیکی ، آب زیر زمینی و حتی خاک بالا سری لوله وجود دارد که می توانند عملکرد لوله را تحت تاثیر خود قرار دهند . **لذا با توجه به مسائل مطرح شده در بالا به عنوان مثال یک لوله با تحمل فشار داخلی 6 بار ممکن است تحت شرایط بار خارجی که لوله باوکو با مقاومت حلقوی 2 می توانند جوابگو باشند ، از بین برود و دچار تغییر شکل شود .** در ساختار لوله های تحت فشار کیفیت مواد اولیه (رزین) از اهمیت بالایی برخوردار می باشد و باید توجه داشته باشیم که ضخامت دیواره این گونه لوله ها در قیاس با لوله های پلی اتیلن مدل 63 و 80 و یا 100 متفاوت می باشد. متأسفانه از آنجائیکه اینگونه رزین ها همگی دارای یک E-modulus هستند ، لذا نمی توان تفاوت و اختلاف قابل ملاحظه ای در قسمت محاسبات مقاومت حلقوی مشاهده کرد . پس نتیجه جا گذاری اینگونه لوله ها در زیر زمین بسیار بد خواهد بود ، حال اگر در این شرایط به استفاده از مواد پلی اتیلن 100 بزنیم و ضخامت لوله را بعلت استفاده از مواد اولیه بهتر کم کنیم ، مقاومت این نوع لوله برای کنترل فشار داخلی خوب و مناسب می باشد ولی مقاومت حلقوی آن در جهت کنترل نیروهای وارده از بیرون ضعیف تر خواهد شد . پس نمی توان با بهتر کردن گرید (grade) مواد اولیه مقاومت حلقوی را بالاتر ببریم . در همین راستا شرکت تولیدی باوکو دست به ارائه محصولی بنام پروفیلین زد و پروفیلین همچون سایر محصولات پلی اتیلن دارای ضخامت بدنه کم و دقیقاً همان E-modulus مربوطه می باشد با این تفاوت که این محصول قدرت و توانایی بالایی در جهت کنترل فشارهای بیرونی دارد . لذا با عنایت به مطالب ارائه شده در بالا می توان به این نتیجه رسید که هیچ گونه ارتباطی بین کلاسهای فشار داخلی و مقاومت و پایداری حلقوی در زمین برای لوله های پلی اتیلنی وجود ندارد . پس هیچ وقت نباید از کلاسهای فشار درجهت توجه و توصیف پایداری یک لوله که قرار است در زمین دفن بشود استفاده شود .

### 2-2) از طریق خطوط تولید لوله های کاروگیت :

اینگونه لوله ها بر عکس لوله های تولیدی از روش قبلی که بر اساس کلاسهای فشار بودند ، بیشتر بر اساس کلاسهای مقاومت طراحی و ساخته می شوند و مدعی این هستند که عملکرد خیلی بهتری در کنترل فشارهای خارجی در زمین دارند . و این در حالی است که هیچ گونه ارتباطی بین مقاومت حلقوی یک لوله و رفتار آن در برابر فشارهای بیرونی در زیرزمین وجود ندارد .

عدد مربوط به مقاومت حلقوی که معمولاً از طرف مشاوران مطرح می شود از آزمایشات مقاومت حلقوی طبق استانداردهای Din16961 یا EN13476-2 و EN13476 که تنها و تنها نتیجه یک تست در محیط آزمایشگاهی است ناشی شده



که باید به خاطر داشته باشیم که این آزمایش اطلاعاتی در خصوص E-modulus پلی اتیلن و همچنین محاسبات سفتی و سختی پروفیل مورد استفاده برای یک دوره آزمایش کوتاه را به ما می دهد و نمی تواند نتایج حاصله در طول یک دوره 50 ساله و یا حتی 2 ماهه را که قرار است لوله در زیرزمین دفن شود به ما بدهد . ما در آزمایش سختی حلقوی که در محیط آزمایشگاه انجام می شود تنها می توانیم یک نیروی 2 بعدی برای مدت کوتاه به لوله مورد نظر وارد کنیم و این در حالی است که تنها نیروهای بلند مدت هستند که می توانند منجر به تغییر حالت و خمش در لوله مورد نظر با استفاده از بعد سوم نیرو شود . در این جا همچون حالت قبلی می بایست خاطر نشان شویم که لوله های کاروگیت تولیدی از این طریق با کلاس 4 در شرایطی که لوله های باوکو با کلاس 2 می توانند جوابگو باشند ممکن است دچار تغییر حالت و خمش شوند و نتوانند بارهای وارده را از بیرون کنترل کنند دلیل این امر چیست ؟

دلیل این امر این است که محاسبات استاتیکی مربوط به یک لوله هیچ وقت به مقاومت حلقوی ختم نمی شود . به عبارتی نتیجه محاسبات استاتیکی ضریب اطمینان برای نیروهای کششی و خمشی می باشد .

به عبارتی تمام نیروها و بارهای وارده در 3 جهت همگی رفتار لوله را در شرایط دفنی در زمین تحت تاثیر قرار می دهند . لذا برای محاسبه میزان ، مقاومت لوله در زمین می بایست تمامی این فشارها و بارها را در زوایای مختلف در نظر بگیریم نه اینکه فقط به کلاسه های سفتی و سختی توجه داشته باشیم .

3 - 2) لوله های تولیدی از طریق خط تولید باوکو :

باوکو نیز همچون سایر شرکت ها در جهت ثابت نمودن کیفیت کالاهای تولیدی خود اقدام به تستهای مقاومت حلقوی می کند ولی این تست تنها یک تست داخلی و در محیط کارخانه برای مشخص کردن Emodulus زرین مورد استفاده در تولید پروفیل های خود می باشد و هیچ گونه کاربردی در جهت تعیین مقاومت لوله در زیرزمین ندارد در عوض برای محاسبه میزان عمر لوله تحت شرایط موردنظر و همچنین تشخیص پروفیل موردنیاز و مناسب از طریق نرم افزاری که بر اساس استاندارد ATVA127 سال 2000 می باشد استفاده می کند این محاسبات استاتیکی برای کلیه لوله ها می تواند مورد استفاده قرار بگیرد. اصل و پایه این نرم افزار بر اساس محاسبات استاتیکی مورد استفاده مهندسی در جهت تولید محصولات مهندسی می باشد . در استفاده از این نرم افزار ابتدا می بایست تمام بارهای وارده بر لوله شناسائی و مشخص شوند و سپس با استفاده از این اطلاعات اقدام به انجام محاسبات استاتیکی در جهت بدست آوردن ضریب اطمینان و همچنین طول عمر لوله نمود . بطور کلی سه منطقه بحرانی بر روی لوله وجود دارد که همگی می بایست دقیقاً در محاسبات مدنظر گرفته شوند ، 1- تاج لوله ، 2- محور لوله ، 3- کف لوله

بعد از 3 ناحیه بحرانی بالا باید به موارد بستر سازی لوله نیز به همان نسبت توجه داشته باشیم که معمولاً و عموماً از این موارد می توان به 2 مورد ذیل اشاره نمود :

1- لوله خالی

2- لوله پر

### 3 – کیفیت محاسبات استاتیکی :

3 – 1) استاندارد ATVA127 یک صفحه کاری مشخصی برای لوله های پروفیلی خارجی و لوله های خاص اما مهم دارد که در اصطلاح معروف به کیفیت محاسبات و مدارک ایستایی است. در گذشته محاسبات استاتیکی لوله های پروفیلی بر طبق برنامه ای بنام *equivalent wall thickness* یا همان مقاومت برابر با ضخامت بدنه محاسبه می شد. با نگاهی به استانداردهای داخلی می توانیم به این مساله دست پیدا کنیم که شرکت باوکو برای هر پروفیلی یک عدد و مقدار خاص در جهت ضخامت بدنه پیدا کرده است. به عنوان مثال ضخامت بدنه پروفیل KR510 طبق مستندات ارائه شده از طرف شرکت باوکو برابر است با 36/20 میلی متر. این روش در اصل همان روشی است که در گذشته برای محاسبه میزان مقاومت لوله پروفیل دار فقط مقاومت ضربه های ایمنی و طول عمر یک لوله تک جداره مورد محاسبه قرار می گرفت. اگر کمی دقت کنیم می بینیم که حتی در زمانهای گذشته نیز هیچ وقت از محاسبات مقاومت حلقوی در جهت تعیین میزان مقاومت یک لوله استفاده نمی شد. لذا با همه این بخشها، مهندسی رفتار لوله در زمینی در کشور آلمان به یک نحوی همیشه با مهندسی رفتار محصولات در صنعت ساختمان مرتبط بوده و هست. حال در این زمان که لوله های متعددی با ساختارهای مختلف وارد بازار شده است مهندسین این امر دریافته اند که تفاوت بسیار زیادی بین کیفیت انواع این نوع محصولات وجود دارد که این خود به دلیل ساختارهایی است که در هر یک از این محصولات استفاده شده است.

این اختلاف کیفیت در محاسبات استاتیکی و نیز موارد همچون *equivalent wall thickness* و یا حتی ساختار واقعی پروفیل نشان داده نشده است و وقتی که لوله های متعددی با کیفیت پایین وارد بازار شدند و نتوانستند از پس فشارهای وارده در شرایط مورد نظر برآیند استاندارد محاسبات استاتیکی در آلمان و اروپا در سال 2000 تغییر کرد. از آن زمان به بعد همیشه یک مدرک جهت اثبات محاسبات وجود دارد که در این حال جمله ای به شرح ذیل جهت اطلاع ارائه میگردد:

**لوله های پروفیلی را نمی توان از طریق مقاومت حلقوی و همچنین محاسبات مربوط به ضخامت جداره مورد قیاس قرار داد.**

#### 3-2 مدارک اثبات مقاومت پروفیل در استاندارد ATV :

مهندسین و متخصصین طی مطالعات گسترده خود بر روی لوله های پلی اتیلن از نوع پروفیلی به این نتیجه رسیدند که مقاومت لوله و مقاومت پروفیل از درجه اهمیت بالایی برخوردار است به نحوی که همین متخصصین در طی یک جمله به شرح ذیل نظر خود را جهت اطلاع ارائه نمودند. که درجه اهمیت مقاومت پروفیل از مقاومت خود لوله بالاتر و بیشتر میباشد.

از جمله ای که در بالا مطرح شد میتوان به این مساله دست یافت که اگر لوله تحت شرایط باز نتواند تحول از خود نشان بدهد و شکلش عوض بشود پروفیل باید همچنان در وضعیت خود باقی بماند. دلیل این مساله این است که اگر پروفیل شکل خود را حفظ کند آنوقت تغییر شکل لوله بصورت خطی و قابل کنترل خواهد بود ولی اگر پروفیل شکل خود را نتواند حفظ کند تغییر شکل لوله بصورت خطی نیست و غیر قابل کنترل خواهد بود.

جهت کنترل این رفتار در محاسبات استاتیکی مدارک مربوط به پروفیل مورد نظر میبایست توسط یک سازمان مستقل که براساس آزمایشهای تجربی بنا شده است کنترل و بررسی شود که این مساله در باوکو بعنوان اولین شرکت توسط سازمان (LGA) صورت گرفته است گواهینامه اخذ شده از سازمان LGA خود بعنوان یک سند در جهت اثبات مقاومت پروفیل مورد استفاده در شرکت باوکو طبق استاندارد ATVA127 میباید .

شرکت باوکو تمام شرایط مورد نیاز استاندارد ATVA127 را در خصوص کلیه پروفیل های تولیدی خود طبق استاندارد های خطی در نظر گرفته و سعی کرده است که هیچ گونه نقصی در این مورد بر پروفیل های تولیدی خود از جانب استاندارد ATVA127 وارد نشوند، شرکت باوکو سعی کرده براساس استاندارد شرایط نصب (DIN EN1610) بارهای بالاسری لوله و همچنین آبهای زیرزمینی که در این استاندارد بطور کامل مورد بحث قرار گرفته اند، تمامی لوله ها و پروفیل های خود را برای شرایط مختلف مورد آزمایش قرار دهد . نتایج حاصله از این آزمایشات با در نظر گرفتن حداقل ضریب ایمنی طبق استاندارد ATVA127 بسیار موفقیت آمیز بوده است. محاسبات و همچنین مدارک مربوط به این آزمایشات همگی به پیوست گواهینامه موجود می باشد و با توجه به این مدارک شرکت LGA مقاومت و پایداری پروفیل شرکت باوکو را با در نظر گرفتن استاندارد ATVA127 در جهت استفاده برای مواردی همچون سیستم فاضلابی RETENTION TANK در اقطار 300 mm تا 3500 mm گارانتی می کند.

### 3-3: مفهوم کیفیت در محاسبات استاتیکی:

همیشه به این نکته توجه داشته باشید که مقادیر اعلام شده در ذیل برای استفاده در محیط آزمایشگاهی می باشند نه برای محاسبه و تخمین ایمنی و طول عمر تحت شرایط نصب:

1- کلاسهای فشار

2- کلاسهای مقاومت حلقوی

پس باید توجه داشته باشیم که محصولات مهندسی را از طریق محاسبات استاتیکی انتخاب نکنیم نه از راه دیگر حال اگر این محصول مهندسی یک لوله پروفیلی باشد باید علاوه بر محاسبات استاتیکی مسائل و موارد مربوط به مقاومت پروفیل نیز در نظر گرفته شود که اطلاعات این امر همان طور که قبلا اعلام شد با همکاری سازمان غیر وابسته همچون LGA و شرکت تولید کننده قابل اجرا می باشد.

محاسبات از طریق سیستم ضخامت بدنه (equivalent wall thickness) که بیشتر در رابطه با لوله های تک جداره مورد استفاده قرار می گیرد به اندازه کافی جهت توجیه رفتار پروفیل مناسب نیست لذا برای این امر ما نیاز مبرم به موارد ذیل داریم :

1- مدارک و اطلاعات مربوط به مقاومت و پایداری پروفیل

2- محاسبات استاتیکی مربوط به لوله پروفیلی

نتایج حاصله از محاسبات بالا حداقل ضریب ایمنی برای نقاط بحرانی لوله که در حدود 2 یا 2.5 ، بسته به نظر مهندسان مشاور می باشد و همچنین نشان دهنده این مسائل است که آیا میزان تغییر شکل کمتر از 6% می باشد یا نه.

پس اگر این مقادیر بدست آمده در محدوده مورد نظر باشند آن وقت محصول انتخابی برای جاگیری در زمین مناسب است و در غیر این صورت می بایست محصول انتخابی را تغییر دهیم. حال با این تفاسیر هیچ گونه ارتباطی بین کلاسهای مقاومت حلقوی وجود ندارد پس هیچ وقت در مورد کلاسهای مقاومت، زمانیکه درباره پایداری و مقاومت لوله در شرایط نصب صحبت میکنیم نباید بحث کرد.