



POLYOLEFIN PIPES
INTERNATIONAL
CONFERENCE

استفاده از پلی پروپیلن مدول بالا (PP-HM) برای تولید لوله های دوجداره کاروگیت

سیف اله جمال پور



IRANIAN ASSOCIATION
OF PE PIPE & FITTING
PRODUCERS



فهرست

- مقدمه ای از بکارگیری PP-HM بجای PE و PVC در کاربردهای فاضلابی و زهکشی
- مطالعه موردی لوله های کاروگیت PP-HM ساخته شده با کاروگیتور PE
- بررسی و امکان سنجی بکارگیری PP-HM در لوله های کاروگیت سایز ۲۵۰ و مقایسه با لوله های کاروگیت PE
- جمع بندی...



مقدمه ...



□ پلیمرهای استفاده شده برای کاربردهای فاضلابی و زهکشی زیر زمینی معمولاً **U-PVC** و **HDPE** است.

□ اما ویژگی ها و محدودیت های فرآیندی این مواد به گونه ای است که آن ها قادر به تامین تمام ملزومات برای محصولات با قطر بالا یا محصولات با استحکام بالا نیستند.



❑ **لوله های کاروگیت پلی اتیلن** در سایزهای بالاتر از ۶۰۰ میلیمتر دارای وزن بسیار بالایی هستند و نسبت خواص به وزن پایینی دارند.

❑ **لوله های PVC** سهم خود را به دلیل شکنندگی بالا، دشواری در بازیافت لوله های PVC و مشکلات در هنگام کار با مواد و آزاد کردن مواد سمی در گرما، از دست داده اند.

مشخصات لوله های دوجداره کاروگیت							
وزن هر متر	مقاومت حلقوی کشش	مقاومت حلقوی کرنش	طول شانه	ضخامت لایه داخلی	ضخامت جوی	قطر خارجی OD	قطر داخلی ID
kg	KN/M ²	KN/M ²	m	mm	mm	mm	mm
۲.۴ - ۲.۶۵	۳۱.۵	۸	۶	۱.۵	۱.۵	۲۳۳	۲۰۰
۳.۵ - ۳.۷۵	۳۱.۵	۸	۶	۱.۸	۱.۸	۲۸۵	۲۵۰
۵.۸ - ۶.۱	۳۱.۵	۸	۶	۲.۱	۲.۱	۳۶۸	۳۱۵
۹.۱ - ۹.۲	۳۱.۵	۸	۶	۲.۵	۲.۵	۴۶۹	۴۰۰
۱۵.۵ - ۱۶	۳۱.۵	۸	۶	۳	۳	۵۵۴	۵۰۰
۲۰ - ۲۱	۳۱.۵	۸	۶	۳.۵	۳.۵	۷۰۵	۶۰۰
۲۸ - ۳۰	۳۱.۵	۸	۶	۴	۴	۸۲۵	۷۰۰
۴۳ - ۴۵	۳۱.۵	۸	۶	۴.۵	۴.۵	۱۰۰۰	۸۵۰
۵۰ - ۵۴	۳۱.۵	۸	۶	۵	۵	۱۱۸۰	۱۰۰۰



این فقدان با مواد **کوپلیمر بلاکی پلی پروپیلن با مدول بالا** تامین می شود که به طور وسیعی برای لوله های فاضلابی و زهکشی در اروپا استفاده می شود و ویژگی های خوبی را نشان داده است.



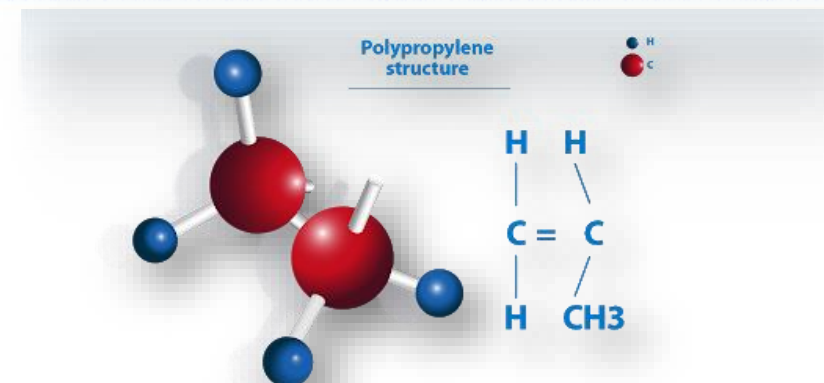


از آنجاییکه تولیدکنندگان لوله در ایران تنها به کاروگیتورهای HDPE مجهز هستند،
سوالی پیرامون چگونگی استفاده از کاروگیتورهای PE برای ساخت لوله های دو جداره کاروگیت PP-HM ایجاد می شود.



PPB PIPE

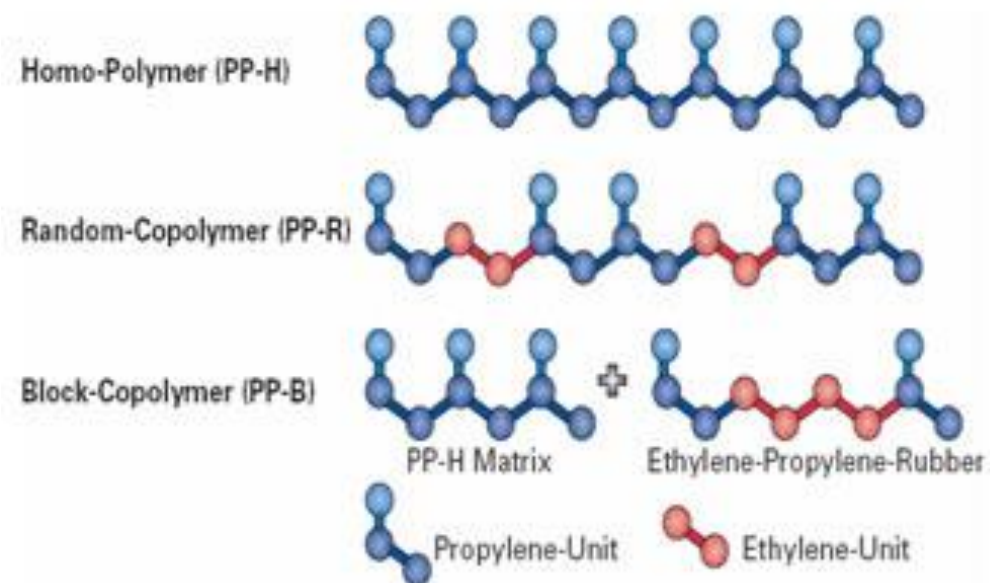




قبل از پاسخ دهی به این سوال، به سراغ ساختار **PP-HM** می رویم.

بر مبنای ساختار، PP می تواند بصورت:

- PP هموپلیمر (PP-H)،
- PP رندوم کوپلیمر (PP-R)
- **PP کوپلیمر بلاک (PP-B)** طبقه بندی شود.





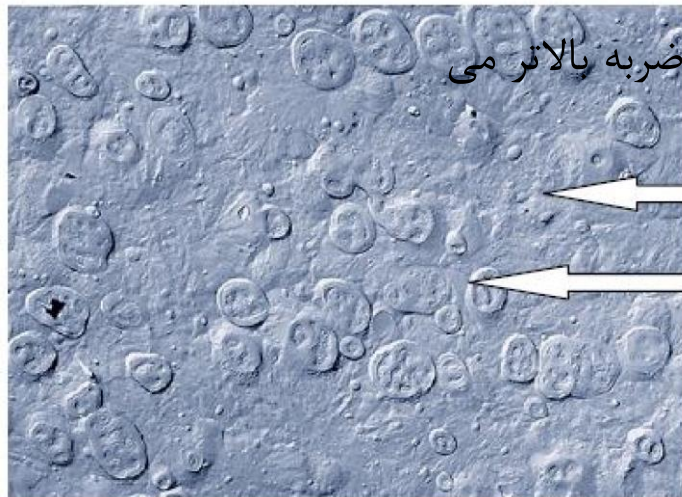
PP کوپلیمر بلاک (PP-B)

اتیلن معمولا به عنوان کومونومر در کوپلیمرهای PP استفاده می شود.

کوپلیمر بلاکی PP می تواند با مقدار مشخصی از اتیلن ساخته شود تا یک ساختار دو فازی بدست آید.

مورفولوژی کوپلیمر بلاک PP شبیه به جزیره های از رابر اتیلن-پروپیلن می باشد که در بستر PP-H پراکنده است.

به بیان ساده تر، ماتریس PP-H به پلیمر، سختی بالاتری می دهد، درحالیکه فاز رابری منجر به استحکام ضربه بالاتر می شود.



High stiff PP-H matrix

Finely dispersed rubber phase



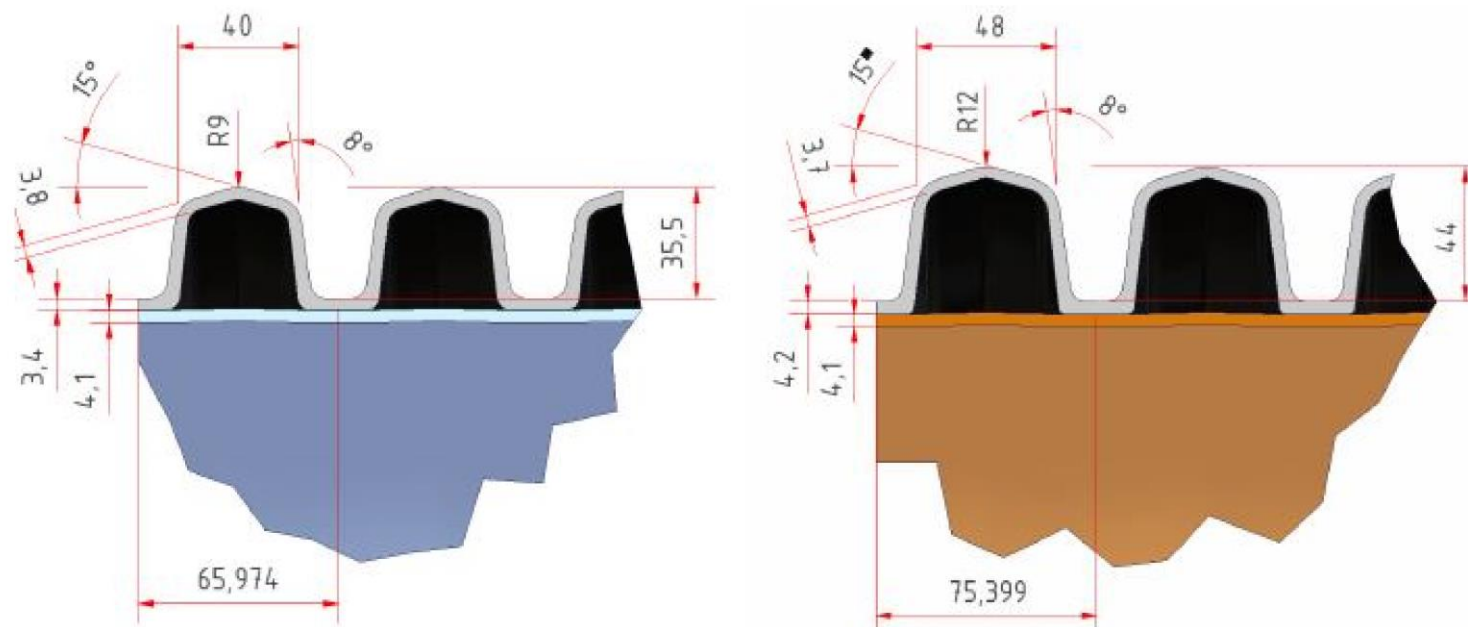
**لوله های کاروگیت PP-HM ساخته شده با کاروگیتور
PE**



□ بطور کلی پس از تنظیم پارامترهای فرآیندی، هیچ تفاوت چشمگیری در اکستروژن PE و PP وجود ندارد.

□ اما بر حسب طراحی پروفایل خارجی، لوله های کاروگیت دو جداره PE و PP همانطور که در شکل نشان داده شده است، متفاوت هستند.

ارتفاع، پهنا و
ضخامت تاج
کمتر





□ سفتی حلقوی S (مگاپاسکال یا کیلونیوتون بر متر مربع) از معادله زیر بدست می آید:

$$S = \frac{EI}{D^3}$$

E: مدول مواد لوله (مگاپاسکال)

I: ممنتوم اینرسی دیواره لوله (متر مکعب)

D: قطر متوسط لوله (متر)

□ بر اساس این رابطه هر چه مدول بالاتر باشد یا لوله کوچکتر باشد، استحکام حلقوی بالاتر است.

□ از طرف دیگر اگر یک ماده مدول بالاتری داشته باشد، مقدار I برای طراحی لوله کوچکتر می شود. مقدار کمتر I بیانگر طراحی

پروفایل کوچکتر برای دستیابی به استحکام حلقوی یکسان است. به همین دلیل پروفایل های PP-HM می تواند کوچکتر و

نازک تر از لوله های PE باشد و پروفایل PE همیشه پهن تر و بلندتر از پروفایل PP-HM است.



□ طراحی پروفایل همواره می تواند فرآیند تولید لوله های کاروگیت را تحت تاثیر قرار می دهد.

□ اما از نتایج ذکر شده در این جدول می توان استنباط کرد که بکارگیری کاروگیتورهای PE برای ساخت لوله

های کاروگیت PP-HM فرآیند تولید را بصورت جزئی

تحت تاثیر قرار می دهد.

Table II Comparison of PE and PP corrugated pipe processing
(#1: Outer layer; #2 Inner layer)

Pipe materials		HDPE		PP-HM	
Pipe diameters, mm		300	800	300	800
Elastic modulus, MPa		1100		1700	
MFI, g/10min		0.22 (MFI5)		0.3 (MFI2)	
Density, kg/m ³		0.95		0.90	
Extruder L/D		33		33	
Extruder speed, rpm	#1	26	40	26	40
	#2	13	15	15	15
Temperature setting, °C	#1	190-200	180-190	200	190
	#2	190-210	180-190	200	190
	Mould	220	200-240	220	200-240
Melt pressure, MPa	#1	25	20	22	17
	#2	17	15	15	13
Corrugated module speed, m/min		1.5	0.38	1.8	0.42



مقایسه لوله های کاروگیت PE و PP-HM

□ هر دو لوله های PE و PP-HM ملزومات ضربه و انعطاف حلقوی تعیین شده در استاندارد EN13476 را دارا می باشند.

□ در یک پروژه که در چین انجام گرفته است دو سری تست A و B برای لوله های سایز ۳۰۰ و ۸۰۰ میلیمتر مقایسه شده اند.

Pipe materials		HDPE		PP-HM	
Pipe diameters, mm		300	800	300	800
Elastic modulus, MPa		1100		1700	
MFI, g/10min		0.22 (MFI5)		0.3 (MFI2)	
Density, kg/m ³		0.95		0.90	
A	Ring stiffness	SN8	SN8	SN8	SN10
	Weight per meter, kg/m	4.7	33	4.2	26
B	Ring stiffness	SN8	SN8	SN10	SN14
	Weight per meter, kg/m	4.7	33	4.7	34



در سری A، وزن در هر متر برای لوله های PE و PP-HM با سفتی حلقوی یکسان مقایسه شده است.

□ برای لوله سایز ۳۰۰ میلی متری، PP-HM، ۱۰ درصد مواد لوله را در مقایسه با لوله های PE با سفتی حلقوی یکسان با SN8 حفظ می کند.

□ برای لوله ۸۰۰ میلی متری، PP-HM ذخیره مواد تا ۲۱ درصد را نشان می دهد و سفتی حلقوی آن ها تا SN8 پایین نمی آید، در غیر اینصورت ضخامت لوله خیلی کوچک می شود (زیرا کاروگیتورها برای مواد PP-HM طراحی نشده اند).

Pipe materials		HDPE		PP-HM	
Pipe diameters, mm		300	800	300	800
Elastic modulus, MPa		1100		1700	
MFI, g/10min		0.22 (MFI5)		0.3 (MFI2)	
Density, kg/m ³		0.95		0.90	
A	Ring stiffness	SN8	SN8	SN8	SN10
	Weight per meter, kg/m	4.7	33	4.2	26
B	Ring stiffness	SN8	SN8	SN10	SN14
	Weight per meter, kg/m	4.7	33	4.7	34



در سری B، سفتی حلقوی با لوله های PE و PP-HM با وزن بر متر یکسان مقایسه شده است.

✓ مشاهده می شود که سفتی حلقوی برای لوله ۳۰۰ میلی متر تا ۲۵ درصد و لوله ۸۰۰ میلی متر تا ۷۵ درصد افزایش می یابد.

Pipe materials		HDPE		PP-HM	
Pipe diameters, mm		300	800	300	800
Elastic modulus, MPa		1100		1700	
MFI, g/10min		0.22 (MFI5)		0.3 (MFI2)	
Density, kg/m ³		0.95		0.90	
A	Ring stiffness	SN8	SN8	SN8	SN10
	Weight per meter, kg/m	4.7	33	4.2	26
B	Ring stiffness	SN8	SN8	SN10	SN14
	Weight per meter, kg/m	4.7	33	4.7	34



□ باید توجه داشته باشیم که برای استفاده از تمام مزیت های بکارگیری PP-HM، لوله های کاروگیت دوجداره PP-HM باید با کاروگیتورهای PP ساخته شوند.





مطالعه موردی

□ شهر دونگ فنگ که در جزیره هاینان در جنوب چین است، دارای مناطق بسیاری با خاک ضعیف است و در معرض لرزش می باشد. در این شرایط لازم است که خطوط لوله فاضلاب و زهکشی در عمق زیاد زمین مدفون شود و به همین دلیل آن ها باید خیلی محکم و سخت باشند تا بتوانند فشارهای زمین را تحمل کنند.





□ در یک پروژه اخیرا نزدیک به ۵ کیلومتر از لوله های زهکشی زیر اتوبان عبوری از شهر دانگ فنگ نصب شده است. مشخص شد که لوله های کاروگیت ساخته شده با مواد HDPE با قطر ۳۰۰ و ۴۰۰ میلیمتر و سفتی حلقوی ۸ برای این کار مناسب نیستند. **بنابراین لوله هایی با سفتی حلقوی بالاتر از مواد PP-HM با استفاده از کاروگیتورهای PE، تولید شدند.**





نتایج بدست آمده از بکار گیری PP-HM

- ✓ با استفاده از مواد PP-HM، وزن لوله تا ۱۱ درصد در مقایسه با لوله های PE با ابعاد یکسان کاهش یافت.
- ✓ این لوله ها به آسانی ملزومات سفتی بالا تا SN12 را برآورده کردند.
- ✓ لوله ها به دلیل سبکی و نصب راحت تر کمتر دچار شکست می شوند.



بررسی و امکان سنجی بکارگیری PP-HM در لوله های کاروگیت سائز
۲۵۰ و مقایسه با لوله های کاروگیت PE



مواد اولیه بکار برده شده



Parslen ZB532C

Parslen ZB532C is a high-molecular weight high-impact copolymer for sewage water pipes.



مشخصات	روش آزمون	واحد	مقدار	انحراف
شاخص مذاب (230 °C, 2.16kg)	ASTM D1238	g/10min	۰/۵۵	± ۰/۱۵
دمای نرمی ویکت (1mm, 9.8N)	ASTM D1525	°C	۱۵۰	± ۵
H.D.T. (0.46 MPa, 0.36mm)	ASTM D648	°C	۸۰	± ۸
مدول خمشی (2.0mm/min)	ASTM D790	MPa	۱۴۵۰	± ۱۲۰
مقاومت کششی در نقطه تسلیم (50.0mm/min)	ASTM D638	MPa	۳۰	± ۳
درصد افزایش طول در نقطه تسلیم (50.0mm/min)	ASTM D638	%	۱۳	- ۲
مقاومت ضربه ای Izod (2.75J, 23 °C)	ASTM D256	J/m	No break	-
سختی Rockwell (مقیاس R-B)	ASTM D785	R-B	۷۵	+ ۱۰

* مقادیر شاخص های فیزیکی برای نمونه هایی که از طریق تزریق تهیه می شوند، اندازه گیری می شود.



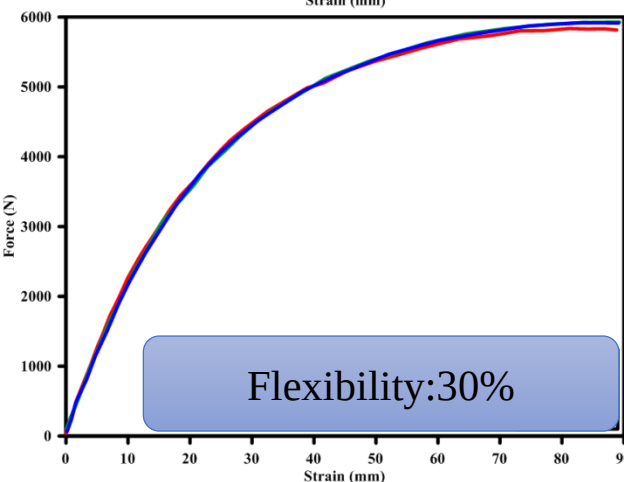
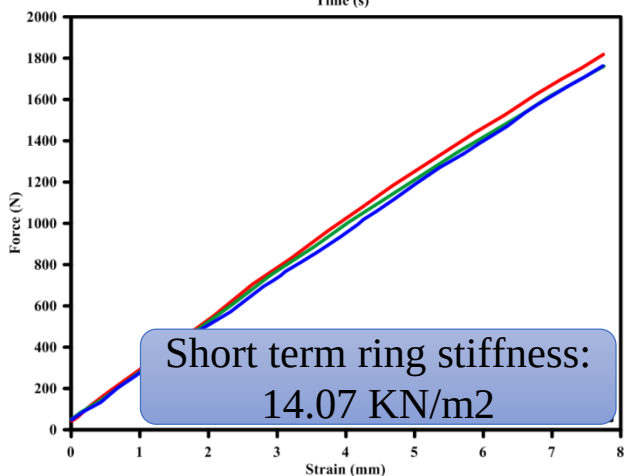
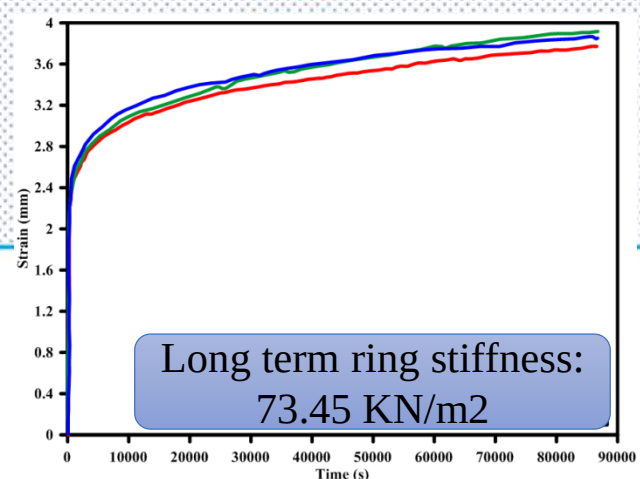
مشخصات مواد اولیه اندازه گیری شده در آزمایشگاه

ردیف	شاخص اندازه گیری	روش آزمون	واحد	نتیجه آزمون
۱	شاخص جریان مذاب (230°C, 2.16Kg)	INSO 6980-1 ISO 1133	g/10min	0.55
۲	شاخص جریان مذاب (190°C, 5Kg)	INSO 6980-1 ISO 1133	g/10min	1.022
۳	(200°C) OIT	ISIRI 7186-6 ISO 11357-5	min	13
۴	دانسیته (23°C)	ISIRI 7090-1 ISO 1183	g/cm ³	0.904
۵	مدول خمشی (23°C)	EN ISO 178	N/mm ²	1323



بررسی خواص مکانیکی

Creep ratio: 3.5
According to:
ISO 9967



آزمون	سفتی حلقوی کوتاه مدت	سفتی حلقوی بلند مدت	انعطاف پذیری	مقاومت ضربه
روش آزمون	ISO 9969	DIN 1661-2	ISO 13968	ISIRI 11438
واحد	KN/m2	KN/m2	%	TIR (%)
آزمایشگاه ۱	13.30, 13.58, 13.56	70.71, 73.20, 72.05	(30%) بدون ترک خوردگی و لایه لایه شدن	TIR<10%
آزمایشگاه ۲	14.1, 13.66, 13.79	70.81, 69.25, 68.38	(30%) بدون ترک خوردگی و لایه لایه شدن	TIR<10%
آزمایشگاه ۳	15.14, 15.66, 13.92	79.80, -, 78.04	(30%) بدون ترک خوردگی و لایه لایه شدن	TIR<10%
میانگین	14.07	73.45	بدون ترک (30%) خوردگی و لایه لایه شدن	TIR<10%



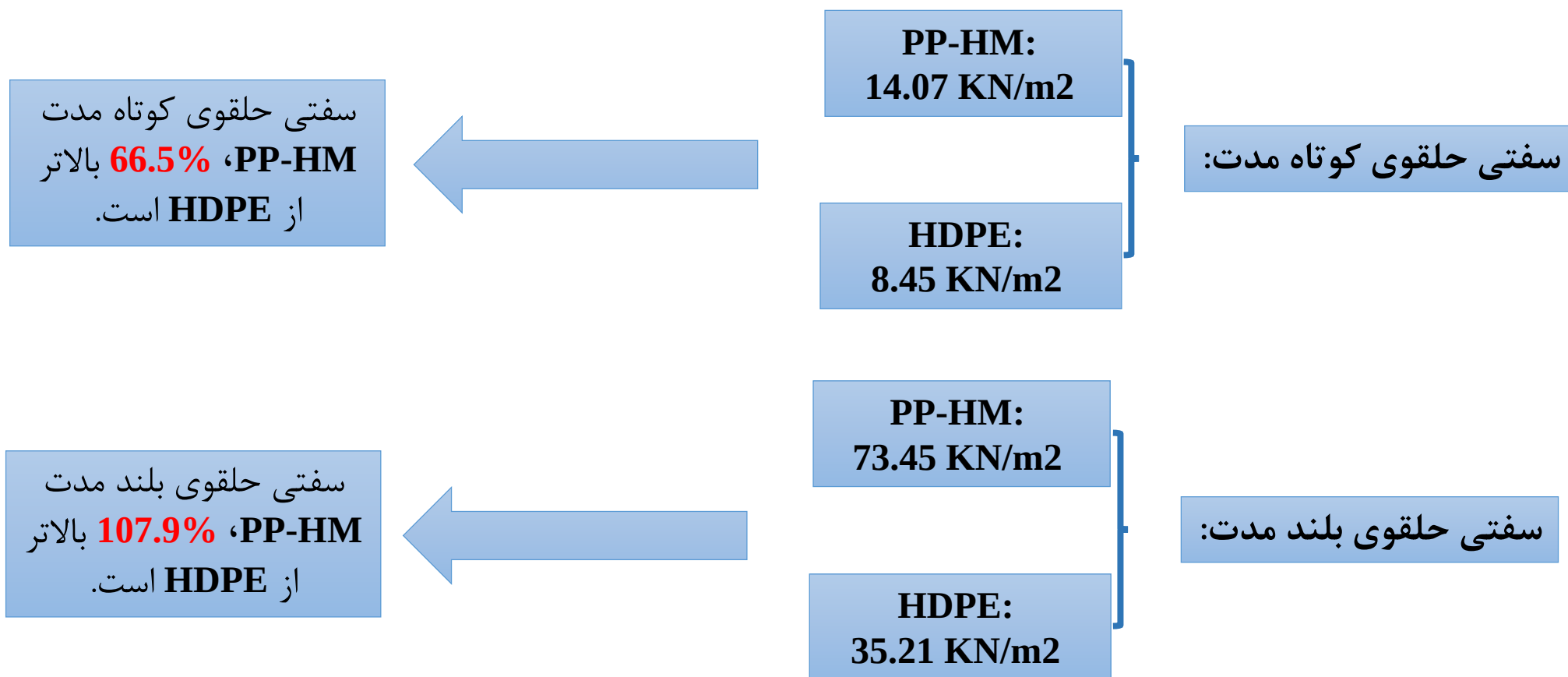


مقایسه نتایج بدست آمده از لوله های کاروگیت , PP-HM HDPE

آزمون	دانسیته	مدول	سفتی حلقوی کوتاه مدت	سفتی حلقوی بلند مدت	انعطاف پذیری	مقاومت ضربه	نسبت خزش	متر/وزن
روش آزمون	ISO 1183	EN ISO 178	ISO 9969	DIN 1661-2	ISO 13968	ISIRI 11438	ISO 9967	-
واحد	g/cm ³	N/mm ²	KN/m ²	KN/m ²	%	TIR (%)	-	Kg/m
PP-HM	0.902	1323	14.07	73.45	(30%) بدون ترک خوردگی و لایه لایه شدن	TIR<10%	3.5	3.650
HDPE	0.946	~850	8.45	35.21	(30%) بدون ترک خوردگی و لایه لایه شدن	TIR<10%	3-3.7	3.720



مقایسه لوله های کاروگیت PE , PP در وزن یکسان:





جمع بندی



□ مواد PP-HM یک نوع مواد نوآورانه در تولید لوله های کاروگیت می باشد.

□ این مواد منجر به ایجاد ویژگی های مناسبی در لوله می شوند:

✓ سفتی بالا

✓ انعطاف پذیری آسان برای نصب اتصالات و انحرافات لوله/اتصال

✓ مقاوم در برابر خوردگی

✓ سبکی و نصب و به کارگیری آسان

✓ دوام بالا در شرایط دشوار

✓ قیمت پایین



□ لوله های کاروگیت PP-HM می توانند با کاروگیتورهای PE با تنظیم پارامترهای فرآیندی تولید شوند.

□ لوله های کاروگیت PP-HM در مقایسه با لوله های کاروگیت PE **با وزن یکسان**، سفتی حلقوی بسیار بالاتری را از خود نشان می دهند. (سفتی کوتاه مدت ۶۶ درصد و بلند مدت ۱۰۷ درصد بالاتر می باشد)

□ تولید لوله های کاروگیت بویژه در قطرهای بالا، با مواد PP-HM نسبت به مواد پلی اتیلن جهت دستیابی به سفتی حلقوی مشخص مقرون به صرفه تر می باشد.

□ جهت دستیابی به ذخیره بیشتر مواد در لوله های کاروگیت PP بایستی از کاروگیتورهای PP استفاده گردد.



Thank You
so much!