بررسی نشت فلزات سنگین از لوله‌های پی وی سی و پلی‌پروپیلن مصرفی در شبکه آب‌رسانی شهر اصفهان

حمیدرضا تشیعی[۱]، مهدی حاجیان‌نژاد[۲]، محمدمهدی امین[۳]، فرهام کرکانی[۴]

چکیده

مقدمه: در تولید مواد پلیمری مقدار زیادی مواد شیمیایی استفاده می‌گردد که این مواد در طول زمان از مواد پلیمری نشت کرده و می‌توانند سبب بروز مشکلات بهداشتی گردند.

روش‌ها: در این تحقیق چهار نوع لوله پلی‌پروپیلن (PP) و دو نوع لوله پی‌وی‌سی (PVC) مورد آزمایش قرار گرفت و غلظت و میزان نشت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، نیکل، کروم، روی و قلع) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مطالعه و با استاندارد ملی ایران و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) و رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) مقایسه گردید.

یافته‌ها: میانگین میزان سرب در لوله‌های PVC نو و کهنه نسبت به سایر لوله‌ها بسیار بیشتر بوده و بین مقادیر سرب در این دو لوله نسبت به سایر لوله‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین میزان نشت این فلز در آب از لوله PP تولیدی کارخانه (الف) و (ب) بیشتر است. در این دما، میزان نشت سرب از لوله‌ها از استاندارد ملی کم‌تر، ولی در لوله PP تولیدی کارخانه (الف) و (ب) از استاندارد EPA و رهنمودهای WHO بیش‌تر بود. در مورد کادمیوم نیز میزان نشت لوله PP تولیدی کارخانه (پ) از هر سه استاندارد و رهنمود بیش‌تر بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به ارتباط مستقیم استفاده از لوله‌های پلی‌مری با سلامتی مصرف‌کنندگان، ضمن ضرورت کنترل جدی تولید لوله‌های مزبور از نظر بهداشتی توسط مراجع ذیربط، تغییر نوع تثبیت‌کننده و عدم استفاده از رنگ دانه‌های با پایه فلزات سنگین پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آب، فلزات سنگین، نشت فلزات، لوله‌های پلیمری.

نوع مقاله: *تحقیقی*

دریافت مقاله: ۸۹/۴/۱۵ *پذیرش مقاله: ۸۹/۵/۲۰*

مقدمه

مواد پلیمری و به طور ویژه لوله‌های پلیمری بدون مقدار زیادی مواد شیمیایی که به منظور جلوگیری از شکستن و همچنین ایجاد انعطاف‌پذیری به آن‌ها افزوده می‌شوند، کاربردی نخواهد داشت. این مواد شیمیایی شامل تثبیت‌کننده‌ها، تثبیت‌کننده‌های کمکی، رنگ‌دهنده‌ها و پلاستیسایزرها می‌گردد (۱ – ۵). این مواد شیمیایی در طول زمان از لوله‌ها نشت کرده و سبب مشکلاتی بهداشتی می‌گردند (۶، ۷). متعلقات سیستم‌های توزیع آب (لوله‌ها، روکش‌ها، اتصالات و غیره) علاوه بر محیط خارجی، با آب نیز واکنش نشان می‌دهند. این واکنش‌ها سبب تنزل کیفیت آب توزیعی می‌گردد. نفوذ (Permeation) از لوله‌های پلاستیکی

۱- دکتری مهندسی بهداشت محیط، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران.

۲- دانشیار، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسؤول).

Email: mkhiadani@yahoo.com

۳- دانشیار، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

۴- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، عضو بنیاد ملی نخبگان، تهران، ایران.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]

www.mui.ac.ir

و نشت (Leaching) از پوشش‌ها و اتصالات فلزی سبب این تنزل کیفیت می‌گردد (۸). نشت را می‌توان به صورت ورود فلزات، جامدات و مواد شیمیایی از لوله‌ها به درون آب تعریف نمود که می‌تواند سبب افزایش میزان فلزات و آلاینده‌های آلی در آب مصرفی گردد (۹).

به طور کلی نشت مواد آلی از مواد پلاستیکی در طول زمان کاهش می‌یابد ولی در صورتی که تولید پلاستیک به خوبی صورت نگرفته باشد، امکان آزادسازی ترکیبات موجود (تثبیت‌کننده‌ها، پلاستیسایزرها یا کلوئیدهای ذره‌ای) وجود دارد. مواد آزاد شده نه تنها سبب مخاطرات بهداشتی می‌شوند، از دیگر عوامل تأثیرگذار بر نشت می‌توان به ضریب پخش، بالا بودن میزان کلر باقیمانده و بالا بودن دما اشاره نمود (۱۰).

مطالعه‌های گوناگونی جهت تعیین میزان و وسعت نشت از لوله‌های فلزی، پلاستیکی و بتونی و همچنین پوشش‌ها، آسترها و آب‌بندهای مختلف انجام گرفته است که هدف عمده آن‌ها بررسی نشت مواد آلی بوده است و تنها چند مطالعه اندک به بررسی نشت فلزات سنگین پرداخته‌اند که در ادامه مطالعه آن‌ها به اختصار ارائه می‌گردد. Lasheen و همکارانش (۱۱) به ارزیابی زمان ماند آب، سن لوله، مواد لوله و پارامترهای کیفیت آب مانند pH، قلیائیت و نسبت جرمی کلرور به سولفات بر آزادسازی سرب و آهن از لوله‌های مختلف مورد استفاده در کشور مصر (Polyvinyl chloride)PVC، PP (Polypropylene) و آهن گالوانیزه) پرداخته‌اند و دریافتند که پائین بودن pH و بالا بودن نسبت جرمی کلرور به سولفات سبب افزایش و بالا بودن pH و قلیائیت سبب کاهش آزادسازی سرب و آهن می‌گردد و به طور کلی لوله‌های آهن گالوانیزه دارای بیشترین تأثیرپذیری از پارامترهای کیفیت آب و لوله‌های PVC دارای بیشترین آزادسازی سرب و لوله‌های PP دارای کمترین آزادسازی سرب هستند. Al-Malack (۱۲) نیز به مطالعه تأثیر پارامترهای کیفیت آب مانند pH، دما و کل جامدات محلول Total dissolved soilds (TDS) و تابش مستقیم اشعه UV بر نشت سرب، قلع و دیگر تثبیت‌کننده‌های فلزی مانند کلسیم، کادمیوم، و باریم از لوله‌های Unplasticized polyvinyl chloride (UPVC) پرداخت و دریافت که pH، دما، TDS و زمان چرخش آب بر مهاجرت سرب، قلع و دیگر تثبیت‌کننده‌ها تأثیر دارد. از طرف دیگر ، مواجهه با اشعه ماوراء بنفش Ultraviolet (UV) ، نیز مهاجرت سرب، قلع و دیگر تبیت‌کننده‌ها را افزایش می‌دهد. در جدول ۱ خلاصه‌ای از تحقیق‌های صورت گرفته در زمینه نشت مواد آلی از لوله‌های پلاستیکی ارائه گردیده است.

در شهر اصفهان تا پایان سال ۱۳۸۵ حدود ۳۳۴۱۴۴ عدد انشعاب آب واگذار گردیده است (۲۷). همچنین با توجه به این‌که تا چند سال پیش استفاده از لوله‌های PVC به عنوان لوازم نصب انشعاب‌های آب مشترکین شبکه توزیع بسیاری از شهرها و از جمله شهر اصفهان متداول بوده بخش زیادی از انشعاب‌های موجود از جنس لوله‌های PVC است (در حدود ۷۵ درصد). همچنین با عنایت به روند تولید متنوع و سریع لوله‌های پلی‌پروپیلن طی چند سال گذشته در کشور، در حال حاضر بخش اعظم انشعاب‌های شبکه توزیع شهری از لوله‌های پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن استفاده می‌گردد، این در حالی است که با توجه به رشد و تنوع این محصولات پلی‌پروپیلن و استفاده از آن‌ها در لوله‌کشی داخل منازل و به عنوان جایگزین لوله‌های فلزی از رشد قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده است.

با عنایت به استفاده وسیع از لوله‌های PVC و پلی‌پروپیلن در صنعت آب و فاضلاب ایران و از طرفی زیاد بودن تولیدکنندگان لوله‌های پلی‌پروپیلن و عدم وجود سیستم نظارتی و کنترلی صحیح بر روی این تولیدکنندگان و احتمال وجود فلزات سنگین در این محصولات در پی استفاده از مواد اولیه نامرغوب و افزودنی‌های حاوی فلزات سنگین و از طرفی تماس مستقیم آن‌ها با آب شرب و عدم انجام هیچ گونه تحقیقی در این زمینه تاکنون بررسی مقدار این ترکیبات در لوله‌های مورد استفاده در انشعاب‌های آب خانگی ضروری به نظر می‌رسد.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]

www.mui.ac.ir

جدول ۱: بررسی مقاله‌های نشت مواد از لوله‌های پلاستیکی مورد استفاده در سیستم‌های آب

نوع بررسی	مرجع
انتقال سرب از لوله به درون آب	(۱۲)
تأثیر اشعه UV بر انتقال مونومر وینیل کلراید از لوله‌های CPVC*	(۱۳)
تأثیر اشعه خورشیدی بر انتقال مونومر وینیل کلراید از لوله‌های CPVC	(۱۴)
تأثیر پارامترهای کیفی آب بر انتقال مونومر وینیل کلراید از لوله‌های CPVC	(۱۵)
انتقال مونومر وینیل کلراید از لوله‌های PVC به درون آب	(۱۶)
بررسی انتقال مونومر وینیل کلراید از لوله‌های PVC سخت	(۱۷)
انتشار کلروفرم و تتراکلرور کربن از لوله‌های CPVC سخت به درون آب	(۱۸)
تعیین انتقال وینیل کلراید از لوله‌های PVC به درون آب	(۱۹)
ارزیابی نشت مواد آلی در آزمایشگاه	(۱۰)
نشت تتراکلرو اتیلن از لوله‌های سیمان آزبست پوشش‌دار به درون آب	(۲۰)
عوامل مؤثر بر آزادسازی سرب و آهن از لوله‌های انتقال آب	(۱۱)
بررسی افزایش نشت وینیل کلراید از لوله‌های PVC به عنوان تابعی از pH و نسبت سطح به حجم مواد	(۲۱)
نشت مواد آلی از لوله‌های پلی بوتیلن و مواد آب‌بند	(۲۲)
تأثیر نشت از لوله‌ها و اتصالات پلیمری	(۲۳)
انتقال ترکیبات آلی فرار از لوله‌های پلیمری به درون آب	(۲۴)
تأثیر ضریب پخش متغیر بر انتقال وینیل کلراید از لوله‌های PVC	(۲۵)
تأثیر دما بر نشت سرب از لوله‌های CPVC	(۲۶)

* Chlorinated PVC

روش‌ها

به منظور بررسی میزان سرب، کادمیوم، نیکل، کروم، روی و قلع در لوله‌های PP و PVC اصلی مصرفی در انشعاب‌ها و لوله‌کشی آب داخل منازل و تعیین میزان نشت آن‌ها، در مرحله اول اطلاعات مربوط به انواع لوله PP و PVC مصرفی رایج از سازمان‌های مربوطه نظیر شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، انجمن پلی‌اتیلن ایران و مکان‌های تهیه و فروش آن‌ها جمع‌آوری گردید. در مرحله دوم ۴ نوع لوله PP (از هر کدام ۵ نمونه)، ۱ نوع لوله PVC کهنه مورد استفاده شبکه توزیع آب (۵ نمونه) و ۱ نوع نوع لوله PVC نو (۵ نمونه) انتخاب گردید. به منظور انجام آنالیزهای مورد نظر از هر نمونه لوله، ۲ قطعه آماده شد، یک قطعه از هر نمونه جهت اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین در لوله‌ها توسط ابزار مخصوص آسیاب و یک قطعه نیز جهت اندازه‌گیری میزان نشت فلزات سنگین در آب با دمای محیط نگهداری گردید.

در ابتدا و پس از تعیین حجم نمونه، نمونه لوله‌های pvc و pp موردنظر تهیه گردید. به منظور تعیین نشت فلزات سنگین از این لوله‌ها، نمونه لوله‌ها به مدت سه ماه در داخل ظرف حاوی نمونه آب با مشخصات مشابه با آب شهری قرار داده شده و مقادیر فلزات سنگین مورد مطالعه در آب، قبل و بعد از ماندگاری اندازه‌گیری گردید. روش انجام کار شامل تجزیه شیمیایی نمونه‌ها به طریق هضم تر توسط اسید و سپس سنجش فلزات توسط دستگاه ICP بود.

جهت اندازه‌گیری فلزات سنگین موجود در نمونه‌های آب و لوله از دستگاه Inductively coupled plasma (ICP) مدل Varian 710-ES استفاده گردید.

از هر یک از نمونه‌های آسیاب شده لوله‌ها، به میزان ۵ گرم برداشت و در یک بشر ۱۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد، سپس به هر بشر ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ افزوده و بر روی اجاق شنی قرار داده شد تا زمانی که خروج بخارهای نارنجی

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]

www.mui.ac.ir

رنگ از داخل بشر متوقف و حجم محلول تا نزدیکی خشک شدن رسید. در مرحله بعد ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه شد و این مرحله تا نزدیکی خشک شدن ادامه یافت. در مرحله بعد ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه شد و بر روی اجاق شنی قرار گرفت تا آن که حجم نمونه بر اثر حرارت به کمتر از ۲ تا ۳ میلی‌لیتر کاهش یافت. این مرحله برای هر یک از نمونه‌ها تا ۳ بار تکرار شد تا هضم نمونه‌ها به طور کامل‌تری صورت پذیرد. پس از عمل هضم، سوسپانسیون‌های ایجاد شده با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۱ صاف شده و پس از عبور سوسپانسیون‌ها از صافی، در بالن ژوژه ۲۵۰ میلی‌لیتری جمع‌آوری و به حجم رسانیده شد و مقدار سرب، کادمیوم، روی، نیکل، قلع و کروم توسط دستگاه ICP اندازه‌گیری گردید (۲۸).

به منظور اندازه‌گیری میزان نشت فلزات سنگین از لوله‌ها، ابتدا حجم معینی از آب شبکه به میزان ۲۰ لیتر برداشته و سپس مقدار مشخصی از آن به حجم ۱/۸ لیتر در ۶ بشر ۳۰۰ میلی‌لیتری (به تعداد نمونه لوله‌های مورد آزمایش) ریخته شده و پس از اندازه‌گیری pH و قرار دادن یک قطعه از نمونه لوله‌ها به طول ۵ سانتی‌متر، سطح آب با پارافین پوشانده و به مدت سه ماه در دمای محیط آزمایشگاه نگهداری شدند. میزان pH نمونه‌ها هر ماه اندازه‌گیری و کنترل شد. پس از اتمام دوره ۳ ماهه، مقدار سرب، کادمیوم، روی، نیکل، قلع و کروم موجود در نمونه‌ها توسط دستگاه ICP اندازه‌گیری گردید. شایان ذکر است به منظور اندازه‌گیری میزان اولیه فلزات سنگین در نمونه آب برداشتی از شبکه، نمونه‌ای از آب برداشتی نیز توسط دستگاه ICP مورد آنالیز قرار گرفت.

یافته‌ها

نتایج اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین در نمونه‌های مختلف

نتایج اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین موجود در نمونه لوله‌های مختلف در جدول (۲) ارائه شده است.

نتایج آنالیز آماری Anova نشان داد میانگین میزان سرب موجود در نمونه لوله PVC نو، میانگین میزان کادمیوم در نمونه لوله PP تولیدی کارخانه (پ) و (الف)، میانگین میزان روی در نمونه لوله PP تولیدی کارخانه (پ)، میانگین میزان کروم در نمونه لوله‌های PP تولیدی کارخانه (ت)، (پ) و (ب) و میانگین میزان قلع در نمونه نمونه لوله PP تولیدی کارخانه (الف) دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر لوله‌ها است. در مورد نیکل نیز تفاوت معنی‌داری دیده نشد. نتایج این آزمون در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۲: نتایج اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین درون لوله‌های مختلف (میلی‌گرم بر کیلوگرم لوله)

فلز سنگین / نمونه	سرب	کادمیوم	روی	نیکل	کروم	قلع
لوله PP تولیدی کارخانه (الف)	۲/۸۱	۰/۸۸	۱۹/۷۱	۱/۶۰	۲/۲۱	۲۰/۹۹
لوله PP تولیدی کارخانه (ب)	۱/۸۰	۰/۱۳	۲۰/۰۸	۳/۰۲	۳/۹۸	۳/۹۷
لوله PP تولیدی کارخانه (پ)	۱/۶۲	۰/۲۷	۵۷۹/۵	۱۱/۳۷	۵/۶۳	۰/۴۹
لوله PP تولیدی کارخانه (ت)	۳/۸۳	۱/۶۲	۶/۶	۳/۸۷	۴/۶۷	۱/۶۷
لوله PVC کهنه	۲۰۴۸	۰/۸۵	۶/۵۵	۱/۲۵	۱/۴۱	۰/۴۹
لوله PVC نو	۳۳۲۲	۰/۴۴	۷/۲۸	۰/۹۹	۱/۴۱	۰/۵

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]

www.mui.ac.ir

جدول ۳: نتایج آزمون آماری یک‌طرفه Anova

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Lead	Between Groups	52015918.342	5	10403183.668	43.092	.000
	Within Groups	5794098.577	24	241420.774		
	Total	57810016.918	29			
Cadmium	Between Groups	7.337	5	1.467	3.336	.020
	Within Groups	10.558	24	.440		
	Total	17.895	29			
Zinc	Between Groups	1342792.224	5	268558.445	90.619	.000
	Within Groups	71126.510	24	2963.605		
	Total	1413918.734	29			
Nickel	Between Groups	385.312	5	77.062	1.061	.406
	Within Groups	1743.469	24	72.645		
	Total	2128.781	29			
Chromium	Between Groups	80.229	5	16.046	7.236	.000
	Within Groups	53.223	24	2.218		
	Total	133.452	29			
Selenium	Between Groups	1641.028	5	328.206	2.873	.036
	Within Groups	2741.535	24	114.231		
	Total	4382.563	29			

جدول (۴) غلظت فلزات سنگین در آب ۲۰°C پس از گذشت سه ماه (ppb)

نمونه	فلز سنگین	سرب	کادمیوم	روی	نیکل	کروم	قلع
آب خام		۷/۱۵	۰/۷۱	۸۲/۷۲	۰/۷۴	۵/۵۲	۳۳/۸
لوله PP تولیدی کارخانه (الف)		۱۸/۷۴	۰/۲۱	۲۵/۲۳	۵/۲۵	۳/۷۵	۲۱/۱
لوله PP تولیدی کارخانه (ب)		۱۸/۲۷	۰/۸۳	۱۶/۲۵	۱/۷۴	۳/۰۹	۵۰/۷
لوله PP تولیدی کارخانه (پ)		۴/۳۵	۹۲/۳۶	۲۶/۱	۰/۳۴	۲/۸۸	۷۱/۰۷
لوله PP تولیدی کارخانه (ت)		۴/۲۸	۰/۳۰	۱۴/۷۳	۰/۶۸	۲/۶۲	۶۱/۹۸
لوله PVC کهنه		۱۲/۳۲	۰/۳۱	۱۲/۲۹	۱/۰۶	۳/۷۶	۷۷/۳۷
لوله PVC نو		۱۴/۱۵	۱/۳۳	۷۰,۱۶	۳/۴۵	۵/۷۱	۴۳/۰۷

نتایج اندازه‌گیری میزان نشت فلزات سنگین در نمونه‌های مختلف

نتایج آزمایش‌های صورت گرفته جهت تعیین نشت فلزات سنگین از لوله‌ها در آب با دمای ۲۰°C در جدول (۴) ارائه گردیده است.

بحث

در این تحقیق میزان فلزات سنگین موجود در ترکیب لوله همراه با میزان نشت این فلزات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد میزان سرب، کادمیوم، روی، کروم و قلع در ترکیب لوله‌های PP و PVC مورد آزمایش معنی‌دار بوده است، به نحوی که میزان سرب به میزان قابل توجهی در لوله‌های PVC بیشتر از سایر لوله‌های مورد آزمایش بود.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]

www.mui.ac.ir

بر اساس نتایج این تحقیق، وجود معنی‌دار کادمیوم در لوله‌های PP تولیدی کارخانه (پ) و (الف) و کروم در لوله‌های PP تولیدی کارخانه (ت) و (پ) قابل توجه بوده (جدول ۱) و ضرورت کنترل جدی مواد اولیه مورد استفاده در تولید این لوله‌ها را در کشور ایجاب می‌نماید. میانگین میزان سرب در لوله‌های PVC نو و کهنه نسبت به سایر لوله‌ها بسیار بیشتر است (جدول ۱).

نتایج آنالیز آماری Anova نشان داد میانگین میزان سرب موجود در نمونه لوله PVC نو، میانگین میزان کادمیوم در نمونه لوله PP تولیدی کارخانه (پ) و (الف)، میانگین میزان روی در نمونه لوله PP تولیدی کارخانه (پ)، میانگین میزان کروم در نمونه لوله‌های PP تولیدی کارخانه (ت)، (پ) و (ب) و میانگین میزان قلع در نمونه لوله PP تولیدی کارخانه (الف) دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر لوله‌ها است. در مورد نیکل نیز تفاوت معنی‌داری دیده نشد. طبق نتایج میانگین میزان سرب در لوله‌های PVC نو و کهنه نسبت به سایر لوله‌ها بسیار بیشتر است و بین مقادیر سرب در این دو لوله نسبت به سایر لوله‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود دارد، ولی همان گونه که در جدول (۳) مشاهده می‌گردد میزان نشت سرب از این لوله نسبت به نمونه لوله PP تولیدی کارخانه (الف) و (ب) کمتر بوده و حتی از استاندارد اولیه EPA نیز تجاوز نمی‌کند. ولی Lasheen و همکارانش در مطالعه خود دریافتند لوله‌های PVC دارای بیشترین آزادسازی سرب و لوله‌های PP دارای کمترین آزادسازی سرب هستند. این تناقض می‌تواند به علت نحوه تولید و کیفیت مواد اولیه مورد استفاده در تولید لوله باشد. به طور کلی می‌توان اظهار نمود:

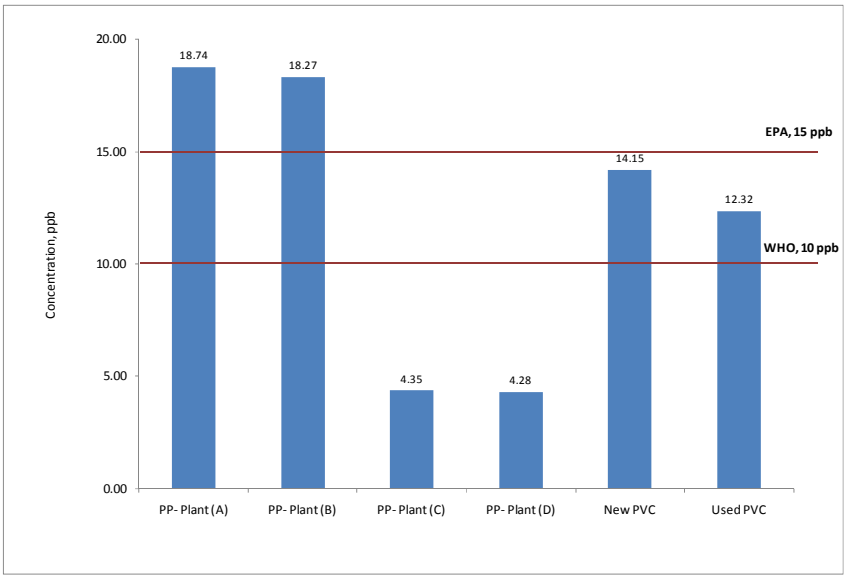
- میزان نشت سرب از نمونه لوله PP تولیدی کارخانه (الف) و (ب) از استاندارد ملی ایران کمتر است ولی از استاندارد EPA و رهنمودهای WHO تجاوز می‌کند (شکل ۱).
- میزان نشت سرب از نمونه لوله PVC نو و کهنه از رهنمود WHO تجاوز می‌کند ولی از استاندارد ملی و استاندارد EPA کمتر است (شکل ۱).
- میزان نشت کادمیوم از نمونه لوله PP تولیدی کارخانه (پ) از استاندار ملی و EPA و رهنمود WHO تجاوز می‌کند (شکل ۱).
- نشت سایر فلزات سنگین نسبت به استانداردها و رهنمودهای موجود کمتر بوده است.

بر طبق نتایج به دست آمده مشخص گردید میزان نشت سرب از لوله PP تولیدی کارخانه (الف) و نمونه لوله PP تولیدی کارخانه (ب) از استاندارد ملی کمتر است ولی از استاندارد EPA (۲۹) و رهنمودهای WHO (۳۰) تجاوز می‌کند. همچنین میزان این فلز در نمونه لوله PVC نو و کهنه از رهنمود WHO (۳۰) تجاوز می‌کند ولی از استاندارد ملی و استاندارد EPA (۲۹) کمتر است (شکل ۱). همچنین میزان نشت کادمیوم از لوله PP تولیدی کارخانه (پ) از استاندارد ملی (۳۱) و EPA (۲۹) و رهنمود WHO (۳۰) تجاوز می‌کند (شکل ۲). در مورد سایر فلزات سنگین، میزان آن‌ها از استانداردها و رهنمودهای موجود کمتر بود.

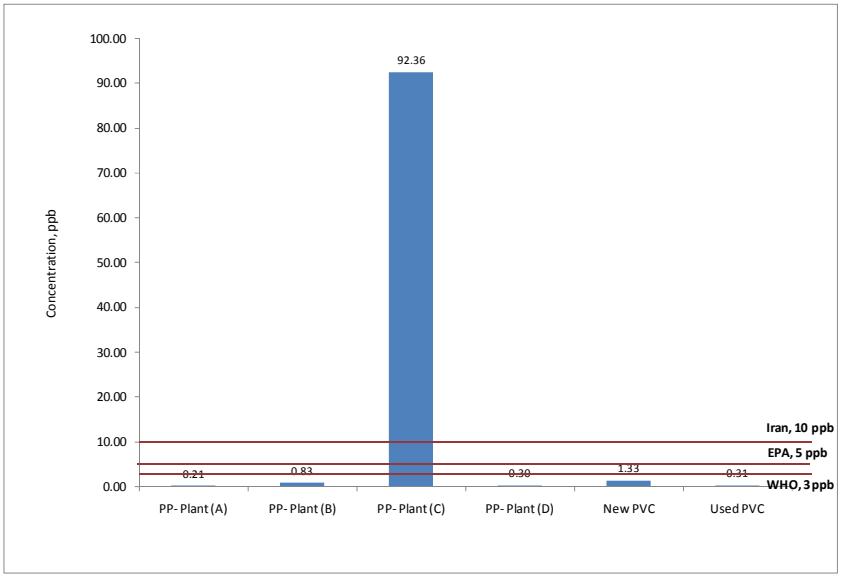
یافته‌های این تحقیق نشان داد نمی‌توان بین مقدار فلزات سنگین در لوله و میزان نشت آن‌ها ارتباط مستقیمی پیدا نمود و میزان نشت را می‌توان به عواملی نظیر پیوند موجود بین اجزای لوله، مرغوبیت ماده اولیه، فرایند تولید و غیره نسبت داد. همچنین در صورتی که تولید پلاستیک به خوبی صورت نگرفته باشد، امکان آزادسازی ترکیبات موجود به صورت تثبیت‌کننده‌ها، پلاستیسایزرها یا کلوئیدهای ذره‌ای وجود دارد. علاوه بر این در اغلب موارد مونومرهای مورد استفاده جهت پلیمریزاسیون محصولات پلیمری به طور کامل واکنش نمی‌کنند و واحدهای مونومر باقیمانده می‌توانند به محیط احاطه‌کننده آزاد شوند. سایر عوامل مانند ضریب پخش و جزءبندی تعادلی بین مخزن و آب دارای هر نوع ماده شیمیایی خاص نیز می‌تواند بر میزان نشت تأثیر بگذارد.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]

www.mui.ac.ir



شکل ۱: مقایسه میزان نشت سرب از لوله‌های مورد آزمایش



شکل ۲: مقایسه میزان نشت کادمیوم از لوله‌های مورد آزمایش

در نهایت می‌توان موارد زیر را در رابطه با این تحقیق بیان نمود:

- ضرورت کنترل جدی مواد اولیه مورد استفاده در تولید لوله‌ها پلیمری در کشور، به نحوی که میزان بالاتر قلع در لوله‌های PP تولیدی کارخانه (الف) نسبت به لوله‌های PVC مورد آزمایش، اهمیت کنترل جدی‌تر مواد اولیه لوله‌های PP را آشکارتر می‌نماید.
- بالاتر از استاندارد بودن نشت فلزات از برخی لوله‌های مورد آزمایش در آب موضوع قابل توجه بوده و کنترل جدی فرآیند تولید و انجام تست نشت در آزمایشگاه‌های

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]

www.mui.ac.ir

کنترل محصول را ضروری می‌نماید.

- تغییر نوع تثبیت‌کننده جهت بر طرف نمودن مشکلات ناشی از استفاده از فلزات سنگین ضروری است.
- بررسی عوامل کیفی آب که می‌تواند بر نشت تأثیرگذار باشد (مانند سختی موقت) در تحقیقی جداگانه صورت گیرد.

همان گونه که ذکر گردید، امکان نشت مواد آلی نیز از لوله‌ها وجود دارد، لذا پیشنهاد می‌گردد در تحقیقی به بررسی نشت مواد آلی پرداخته شود.

References

1. Bacaloglu R, Fisch M. Degradation and stabilization of poly (vinyl chloride). I. Kinetics of the thermal degradation of poly (vinyl chloride). Polymer Degradation and Stability. 1994; 45(3): 301-13.
2. Bowden M, Donaldson P, Gardiner DJ, Birnie J, Gerrard DL. Monitoring polyvinyl chloride degradation using Raman microline focus spectrometry. Analytical Chemistry. 1991; 63(24): 2915-8.
3. Gerrard DL, Maddams WF. The Resonance Raman Spectrum of Thermally Degraded Poly (vinyl chloride). Macromolecules. 1975; 8(1): 54-8.
4. Tukker A, Buijst H, van Oers l, van der Voet, E. Risks to health and the environment related to the use of lead in products: TNO report STB-01-39; 2001.
5. WHO. Guidelines for drinking-water quality, vol. 1: recommendations. 3rd ed. Geneva: World Health Organization; 2004.
6. Thornton J. Environmental Impacts of Polyvinyl Chloride (PVC) Building Materials: A healthy building network report. Washington, DC 2002 [cited 2011 Feb 2]; Available from: http://www.healthybuilding.net/pvc/Thornton_Enviro_Impacts_of_PVC.pdf.
7. Bornehag C-G, Sundell J, Weschler CJ, Sigsgaard T, Lundgren B, Hasselgren M, et al. The association between asthma and allergic symptoms in children and phthalates in house dust: a nested case-control study. Environ Health Perspect. 2004; 112(14): 1393-7.
8. AWWA. Permeation and Leaching. Washington DC2002 [cited 2011 Feb 20]; Available from: http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/tcr/upload/permeationandleaching.pdf
9. Symons JM, Bradley LC, Cleveland TC. The drinking water dictionary. Denver: American Water Works Association; 2000.
10. Hao OJ, Phull kk, Simmers KW. Laboratory evaluation of the leaching of organics from fabric material. J Am Water Works Assoc.1992; 84: 92–98.
11. Lasheen MR, Sharaby CM, El-Kholy NG, Elsherif IY, El-Wakeel ST. Factors influencing lead and iron release from some Egyptian drinking water pipes. J Haz Mat. 2008; 160(2-3): 675-80.
12. Al-Malack MH. Migration of lead from unplasticized polyvinyl chloride pipes. J Haz Mat 2001; 82(3): 263-74.
13. Al-Malack MH. Effect of UV-Radiation on the Migration of Vinyl Chloride Monomer from Unplasticized PVC Pipes. J Environ Sci Hlth. 2005; 39(1): 145 - 57.
14. Al-Malack MH, Sheikheldin SY. Effect of solar radiation on the migration of vinyl chloride monomer from unplasticized PVC pipes. Water Res. 2001; 35(14): 3283-90.
15. Al-Malack MH, Sheikheldin SY, Fayad NM, Khaja N. Effect of Water Quality Parameters on the Migration of Vinyl Chloride Monomer from Unplasticized PVC Pipes. Water Air Soil Pollut. 2000; 120(1): 195-208.
16. Banzer JD. The migration of vinyl chloride monomer from PVC pipe into water. J Vin Tech. 1979; 1(3): 164-7.
17. Berens AR, Daniels CA. Prediction of vinyl chloride monomer migration from rigid PVC pipe. Polym Eng Sci. 1976; 16(8): 552-8.
18. Desrosiers DG, Dunnigan PC. The diffusion of chloroform and carbon tetrachloride from rigid PVC pipe and rigid CPVC pipe into water. Journal of Vinyl Technology. 1983; 5(4): 187-91.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]

www.mui.ac.ir

19. Dressman RC, McFarren EF.Determination of vinyl chloride migration from polyvinyl chloride pipe into water. J AWWA 1978. 70(1): 29.
20. Larson CD, Love OT, Reynolds G. Tetrachloroethylene leached from lined asbestos-cement pipe into drinking water. J AWWA. 1983; 75: 184–188.
21. Ando M, Sayato Y. Studies on vinyl chloride migrating into drinking water from polyvinyl chloride pipe and reaction between vinyl chloride and chlorine. Water Res. 1984; 18(3): 315-8.
22. Park JK, Bontoux L, Olsen TM, enkins D, Selleck RE. Permeation of polybutylene pipe and gasket material by organic chemicals. J AWWA. 1991; 83(10): 71-8.
23. Podoll T. Impact of Leaching by Plastic Pipe, Fittings and Joint Compounds. In: Sorg TJ, Bell FA, editors. Plumbing materials and drinking water quality. Park Ridge: Noyes Publications; 1986.
24. Skjevrak I, Due A, Gjerstad KO, Herikstad H. Volatile organic components migrating from plastic pipes (HDPE, PEX and PVC) into drinking water. Water Res. 2003; 37(8): 1912-20.
25. Vinson CG, Banzer JD. Effect of a variable diffusivity on the migration of vinyl chloride from poly (vinyl chloride) pipe. J Vinyl Addit Technol. 1981; 3(2): 143-7.
26. Wong MK, Gan LM, Koh LL. Temperature effects on the leaching of lead from unplasticized poly (vinyl chloride) pipes. Water Res. 1988; 22(11): 1399-403.
27. Annual Report of Isfahan Water and Wastewater Company; 2008. [In Persian].
28. Clescerl LS, Greenberg AE, Eaton AD, editors. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington, D.C: American Public Health Association; 1999.
29. US environmental protection agency. National Primary Drinking Water Regulations. [Cited 2008 Sep 29]; Available from: http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm.
30. WHO. InorganicTin in drinking-water: background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. Geneva: World Health Organization; 2004.
31. Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI). Specifications for drinkink water. 1984. [In Persian].

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]

www.mui.ac.ir

A Study on leakage of heavy metals from the PVC and polypropylene pipes used in the water distribution system in Isfahan

Hamid Reza Tashauoei[1], Mehdi Hajian Nejad[2], Mohammad Mehdi Amin[3], Farham Karakani[4]

Abstract

Background: Various chemicals are used to produce polymers ,leakage of polymer materials over the time , can cause health problems The aim of this research was to evaluate the leakage of heavy metals from the PVC and polypropylene pipes used in the water distribution system in Isfahan.

Methods: Four brands of PP pipes and two various types of PVC pipes were analyzed in this study.

Concentration and leakage of heavy metals (lead, cadmium, nickel, chromium, zinc and tin) at 20 ° C were measured and compared with national standards of Iran, US Environmental Protection Agency (EPA) and the World Health Organization (WHO) guidelines.

Findings: Mean lead concentration in used and new PVC pipes was higher than other pipes and there was significant difference between these two PVC pipes and other pipes in lead concentration. Mean leakage of lead was higher in PP pipes produced in A and B manufacturing plants. Lead leakage was lower than Iranian standards, but exceeds than EPA standards and WHO guidelines in PP pipes produced in A and B manufacturing plants. Cadmium leakage from PP pipes produced in C manufacturing plant exceeds all standards and guidelines.

Conclusion: Inappropriate plastic production process increases the possibility of stabilizers and plasticizers releasing. Regarding direct relation between use of polymer pipes and consumer's health, control of pipes producer by related institutions is proposed in accordance with make changes in stabilizers and preventing application of heavy metal-based pigments to overcome the mentioned problems.

Key words: Water, Heavy Metals, Metals Leakage, Polymer Pipes.

1- PhD, Environmental Health Engineering, National Water and Wastewater Company, Tehran, Iran.
2- Associate Professor, Environment Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran (Corresponding Author)
Email: mkhiadani@yahoo.com
3- Associate Professor, Environment Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
4- MSc, Environmental Health Engineering, Iranian Elites Foundation, Tehran, Iran.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]

www.mui.ac.ir