



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

عنوان

خاک پاک، مسیر رسیدن به شهری سالم‌تر

نگارندگان

الهام فراهانی، حامد رضایی

اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

نشریه فنی: 662

1404

مشخصات اثر

عنوان: خاک پاک، مسیر رسیدن به شهری سالم‌تر

نگارندگان: الهام فراهانی و حامد رضایی

ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

کارشناس انتشارات: سمانه پورمنصور

ویراستار ادبی: آرش تافته

طراح جلد: سید هادی میرغیائی

سال انتشار: 1404

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این نشریه با شماره 68370 در تاریخ 1404/8/29 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت

رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین‌دشت، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

صندوق پستی: 31785-311

کد پستی: 3177993545

تلفن: 026 - 36201900

نمابر: 02636210121

پست الکترونیکی: info.swri@areeo.ac.ir

وبسایت: <http://www.swri.ir>

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار.....	أ
بخش 1- مقدمه و اهمیت موضوع.....	1
1..... خاک ضرورتی برای زندگی شهری	1
بخش 2- خدمات زیست بوم خاک در شهرها.....	3
3..... خاک و تصفیه آب و هوا	3
4..... خاک و جزیره گرما در شهرها	4
5..... خاک بستر کشاورزی شهری	5
6..... خاک سالم و کنترل سیلاب و در نهایت سلامت بشری	6
7..... سلامت خاک لازمه شهر سالم	7
بخش 3- تخریب و آلودگی خاک های شهری.....	8
8..... آلودگی خاک: تهدیدی خاموش	8
بخش 4- راهکارها و اقدامات.....	12
12..... فرهنگ سازی اولین گام اقدام	12
14..... حفظ خاک برای سلامت خودمان و کودکانمان	14
15..... گام های پنجگانه مدیریت پسماند	15
16..... حفاظت از خاک در زندگی روزمره	16
17..... کمپوست کردن و استفاده از آن	17
18..... کاهش مصرف پلاستیک برای حفظ خاک	18
20..... استفاده درست از کود و آفت کش ها در کشت و کارهای شهری	20
21..... دفع صحیح زباله های خطرناک (باتری، روغن موتور، رنگ و...)	21

بخش 5- نقش نهادهای شهری و سیاست گذاری.....22

22.....پایش مستمر کیفیت خاک‌های شهری

24.....بازسازی زمین‌های آلوده: تبدیل تهدید به فرصت

25.....سرمایه‌گذاری برای آگاهی شهروندان

26.....قوانین سختگیرانه‌تر علیه آلوده‌کنندگان خاک

بخش 6- آینده خاک‌های شهری.....27

27.....فناوری‌های نوین و شهرهای آینده

28.....آینده شهر و خاک سالم

30.....منابع مورد استفاده

پیشگفتار

خاک، نخستین بستر رویش و زندگی است، جایی که همه چرخه‌های زیستی از آن آغاز می‌شوند و به آن بازمی‌گردند. اما این منبع ارزشمند، امروزه بیش از هر زمان دیگری در معرض تهدید آلودگی و تخریب قرار گرفته است. شهرهای ما که روزگاری در آغوش زمین رشد یافتند، اکنون در هیاهوی توسعه شتابزده، از پاکی و سلامت خاک فاصله گرفته‌اند. درحالی که سلامت انسان و محیط‌زیست، بی‌گمان از دل زمینی پاک و زنده می‌جوشد.

در این نوشتار، با نگاهی به اهمیت حفظ خاک و نقش آن در ساخت شهری سالم‌تر، تلاش شده است تا میان آگاهی زیست‌محیطی و اقدام اجتماعی پلی زده شود. باور ما این است که سلامت خاک، مقدمه هوا و آب سالم و در نهایت، سلامت جامعه است. امید است این نوشته گامی کوچک باشد در مسیر شناخت، احترام و پاسداشت خاکی که زیربنای حیات ماست.

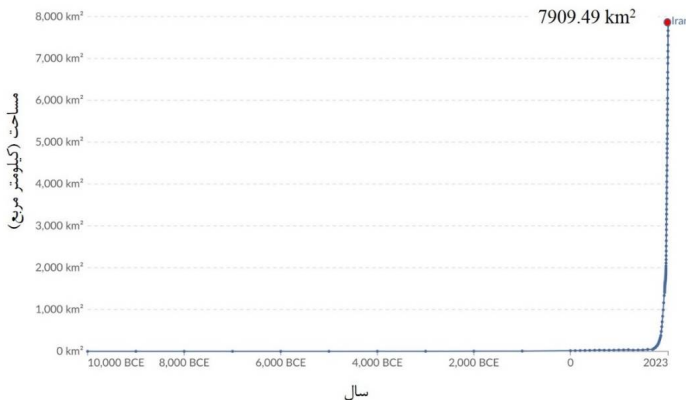
بخش 1- مقدمه و اهمیت موضوع

• خاک ضرورتی برای زندگی شهری

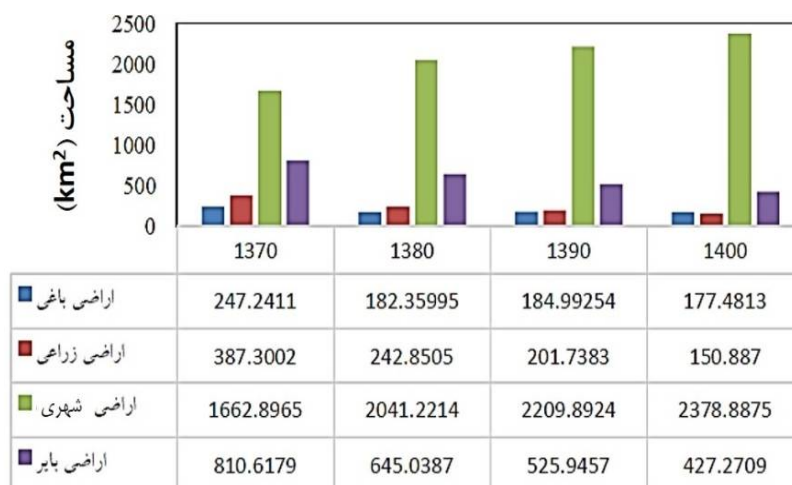
خاک یکی از منابع پایه است که زندگی بدون آن در زمین قابل تصور نیست. خاک بستر تولیدات غذایی است و 95 درصد غذایی که می‌خوریم از خاک تامین می‌شود. گیاهان برای رشد و نمو خود به 18 عنصر ضروری نیاز دارند که 15 عنصر آن از خاک تامین می‌شود که بدون حتی یکی از آنها گیاه قادر به ادامه زندگی خود نخواهد بود (United Nations, 2014).

خاک تنها غذا، الیاف و محل سکونت بشر را فراهم نمی‌کند، بلکه نقش‌های دیگری همانند تصفیه و نگهداشت آب و ذخیره کربن هم دارد. نقش و جایگاه معنوی آن نیز قابل چشم‌پوشی نیست و در باورهای دینی و اعتقادی ما نقش بسته است، در قرآن کریم آمده است که "ما بشر را از خاک آفریدیم" و یا در اشعار سعدی "بنی آدم سرشت از خاک دارند، اگر خاکی نباشد آدمی نیست".

اما خاک در شهرها توجه ویژه‌ای را طلب می‌کند و خاک‌های شهری با اینکه در حدود 1-1/5% سطح خشکی‌های دنیا را به خود اختصاص داده‌اند (HYDE, 2023)، اما بالغ بر 54% جمعیت جهان در خود جای داده‌اند. پیش‌بینی‌ها حکایت از افزایش جمعیت شهرنشین به 66% (2/5 میلیارد نفر) تا سال 2050 میلادی دارد (United Nations, 2014). این وضعیت در ایران نیز وجود دارد، به‌طوری‌که از جمعیت 85 میلیون نفری کشور در حدود 76% در شهرها زندگی می‌کنند، مساحت شهرهای ایران تا سال 2023 در حدود 7909 کیلومتر مربع برآورد شده است (شکل 1) (HYDE, 2023). روند تبدیل اراضی مختلف به کاربری شهری، در طی 30 سال در کشور (از 1370 تا 1400)، در شکل 2 نمایش داده شده است.



شکل 1: مساحت مناطق شهری ایران در بلندمدت (از 10 هزار سال قبل از میلاد تا سال 2023) (HYDE, 2023)



شکل 2: روند تغییر کاربری اراضی در ایران و تبدیل شدن آنها به شهر از سال 1370 تا 1400
(محمد اسماعیل، 1403)

تراکم بالای جمعیت در شهرها، به دلیل مصارف و نیازهای بیشتر و تولید پسماندهای بیشتر، شکل جدیدی از مدیریت را طلب می‌کند. در گذشته به دلیل کمبود جمعیت، منابع طبیعی از جمله خاک توانایی جذب آلودگی‌ها را در طی چرخه‌های طبیعی خود داشت که به خود پالایی موسوم است. اما در حال حاضر با توجه به جمعیت بسیار زیاد و در حال رشد، خاک و منابع طبیعی توان و ظرفیت این خودتنظیمی را ندارد. در شهرها با سطح خاک محدود مواجهیم که لزوم مدیریت درست بیش از هر جای دیگری احساس می‌شود.

در عین حال، در شهرها از خاک انتظاراتی داریم؛ می‌خواهیم منظرگاه‌های زیبایی را تماشا کنیم، با جذب آب باران، سیلاب نداشته باشیم، آب‌های آلوده را تصفیه کند، هوای آلوده شهر را پاک کند، با استفاده از آن کشاورزی شهری داشته باشیم و هزاران خواسته که زیستن بدون آنها دشوار و یا نشدنی است.

اولین گام برای استفاده از خاک شهری، شناخت درست کارکردهای آن است (شکل 3). در این نوشتار ضمن معرفی برخی از کارکردهای خاک، روش‌های درست بهره‌برداری از آن را ذکر خواهیم کرد.



شکل 3: کارکردهای خاک (GSP, 2015)

بخش 2- خدمات زیست‌بوم خاک در شهرها

• خاک و تصفیه آب و هوا

خاک در تصفیه آلاینده‌ها نقش منحصر به فردی دارد. این سیستم پیچیده و زنده از طریق ترکیبی از فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی در پالایش محیط زیست نقش به سزایی ایفا می‌کند. باکتری‌ها، قارچ‌ها و سایر موجودات زنده در خاک، آلاینده‌های آلی (مانند ترکیبات نفتی، حلال‌ها، آفت‌کش‌ها و...) را به عنوان منبع غذا و انرژی استفاده کرده و آنها را به ترکیبات ساده‌تری همانند دی‌اکسید کربن و آب تجزیه می‌کنند. خاک همچنین فلزات سنگین (مانند سرب، کادمیم و...) را که قابل تجزیه نیستند، توسط ذرات خود جذب و نگهداری کرده و از انتقال آنها به منابع آب و گیاهان جلوگیری می‌کند.

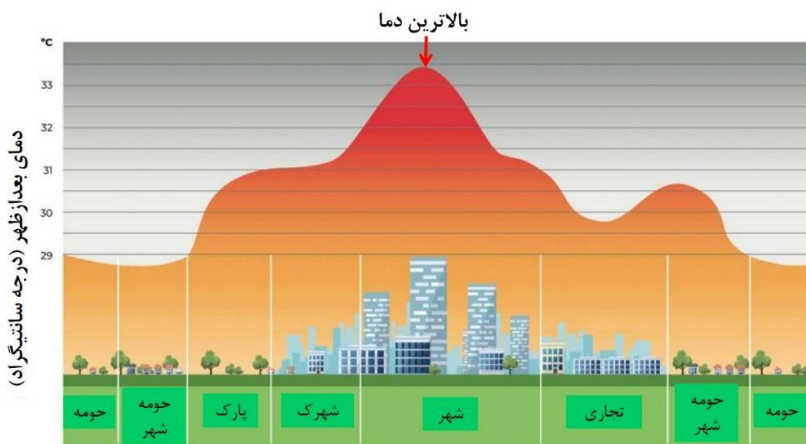
خاک با داشتن منافذ ریز مانند یک صافی عمل کرده و هنگامی که آب آلوده از لایه‌های آن عبور می‌کند، ذرات معلق و حتی برخی از باکتری‌ها و ویروس‌های بیماری‌زا در منافذ خود به دام می‌اندازد.

علاوه بر موارد فوق، خاک می‌تواند گازهای آلاینده اتمسفر مانند دی‌اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن را جذب و خنثی نماید. نکته مهم دیگر آنکه خاک‌ها دارای مقادیر زیادی

ترکیبات معدنی و آلی کربن‌دار هستند که با مدیریت درست و حفظ و ارتقا مواد آلی می‌تواند سهم قابل توجهی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، به‌عنوان عامل تغییر اقلیم، ایفا نماید. بهر روی باید توجه داشت که خاک منبعی بی‌پایان نیست، اگر مقدار آلاینده‌ها بیشتر از حد توان تصفیه و پالایش طبیعی خاک باشند، سیستم خاک اشباع شده و دیگر نمی‌تواند عمل پالایش را انجام دهد و خود نیز به منبع آلودگی تبدیل می‌شود.

• خاک و جزیرهٔ گرما¹ در شهرها

همه گرم‌تر بودن مناطق شهری بدون خاک و فضای سبز را تجربه کرده‌ایم. ساخت‌وسازهای شهری و حذف خاک از فضای شهری با آسفالت کردن، سیمان کردن و ... سبب می‌شود تا ضریب جذب انرژی خورشیدی بالا رفته و محیطی گرم‌تر ایجاد شود.



شکل 4: جزیره گرما در شهرها در مقایسه با مناطق حومه (GeoAI, 2023)

وقتی از خاک به‌درستی استفاده شده و دارای پوشش گیاهی باشد به یک خنک‌کننده طبیعی تبدیل می‌شود. آب از ریشه گیاهان جذب شده و از طریق روزنه‌های برگ‌ها به صورت بخار تفرق می‌کند، یعنی گرمای هوا را جذب کرده و محیط را خنک می‌کند. همچنین، سایه‌اندازی درختان بسیار خنک‌تر از محیطی مشابه با آسفالت می‌باشد، زیرا از تابش مستقیم خورشید به خاک جلوگیری می‌کنند (شکل 4).

¹ Urban Heat Island

طراحی و مدیریت فضای سبز شامل انتخاب درختان خیابانی مناسب و گیاهان سازگار با اقلیم منطقه و مصرف بهینه آب، برای تحقق اثر خنک‌کنندگی خاک و گیاهان لازم است. مدیریت تلفیقی شهری نیز شامل استفاده هم‌زمان از آب‌نماها یا تالاب‌های شهری، گیاهان و همچنین مصالح با رنگ روشن در ساختمان‌ها برای خنک‌تر شدن فضای شهرها است. همچنین آبیاری فضاهای سبز شهری در ساعات خنک غروب یا صبح زود و استفاده از پساب یا باران جمع‌شده، برای کاهش مصرف منابع آب در دوره‌های بحرانی نیز از مثال‌های مدیریت تلفیقی برای کاهش جزیره حرارتی شهری است.

در مجموع، احداث و نگهداری فضای سبز و حفظ سلامت خاک، به کاهش دما و چالش‌های مرتبط با گرما، بهبود کیفیت هوا، افزایش رفاه روانی و اجتماعی در زندگی شهری منجر می‌شود.

• خاک بستر کشاورزی شهری

خاک‌های سالم نقطه آغازین تولید غذای سالم در باغ‌ها و مزارع سبز شهری و پیراشهری هستند. کشاورزی شهری دسترسی به میوه‌ها و سبزی‌های تازه برای جمعیت شهری را فراهم کرده و می‌تواند بخشی از چرخه تأمین غذای محلی، به‌خصوص در مناطق با دسترسی محدود به مواد غذایی تازه و سالم و چالش کمبود غذا باشد. با رشد روزافزون شهرها و کاهش مناطق حومه، داشتن خاک‌های سالم شهری به ما اجازه خواهد داد که بخشی از غذای جمعیت شهری را تأمین کرده و انتقال مواد غذایی از مسیرهای دور کاهش پیدا کند که این سبب خودکفایی شهری غذایی خواهد شد. البته باید بدانیم که بهره‌وری کشاورزی شهری برای تولید غذا و ایجاد امنیت غذایی به مقیاس، عملیات مدیریتی و سیاست‌های محلی بستگی داشته و لذا در مناطق مختلف متفاوت است.

معمولاً شهرها در جوار منابع آب‌و خاک خوب قرار گرفته و حداقل در بخش‌هایی هنوز باغ‌ها، مزارع و فضای سبز در میان ساختمان‌ها و سازه‌های شهری باقی‌مانده است. علاوه بر فضای سبز در شهرها و پیرا شهرها هنوز کشت و کار از گلدان‌های پشت پنجره تا مزارع و باغ‌ها مشاهده می‌شود. توت فرحزاد و کن، خرمالوی درکه، سیب شمیران، سبزی و صیفی‌شهری در شهر تهران از جملات این مناطق هستند.

اگر خاک سالم همراه با آب‌وهوای سالم داشته باشیم، محصولات سالمی را هم خواهیم داشت که سلامتی انسان را به ارمغان می‌آورد. آیا محصولات شهری باوجود آلودگی هوا و در مجاورت خیابان‌ها و بزرگراه‌ها، آبیاری با رواناب‌های آلوده می‌تواند پایداری و سلامت خاک و آب و محصولات را به همراه داشته باشد؟

• خاک سالم و کنترل سیلاب و در نهایت سلامت بشری

سیلاب‌های ناگهانی و شدید در دهه‌های اخیر افزایش یافته است که اغلب به دلیل تغییرات اقلیمی و توسعه شهری می‌باشد (شکل 5)؛ بنابراین، مدیریت سیلاب یکی از مهم‌ترین چالش‌های شهرسازی نوین و کشاورزی پایدار است. اخیراً، راهکارهای طبیعی برای مدیریت سیلاب موردتوجه قرار گرفته که یکی از مهم‌ترین آنها، استفاده از توانایی خاک در جذب و نگهداری آب است. خاک به دلیل داشتن منافذ و خلل و فرج، بخشی از آب باران را جذب می‌کند و با تنظیم چرخه آب، از سیل جلوگیری خواهد کرد و همچنین توانایی کنترل جریان‌های سطحی آن را دارد که به کاهش شدت سیلاب کمک می‌کند.

در محیط شهرها، خاک شهری مانند اسفنج عمل کرده و آب باران را به درون خود نفوذ می‌دهد تا آب به اعماق زمین رفته و باعث تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی شود؛ بنابراین، خاصیت اسفنجی خاک‌های شهری، از ایجاد رواناب‌های سطحی، سیلاب‌های شدید و فرسایش خاک شهرها جلوگیری می‌کند (European Environment Agency, 2016).

از طرف دیگر در مناطق شهری، خاک اراضی طبیعی با عملیات عمرانی و ساخت‌وساز با آسفالت، سنگ‌فرش‌ها و بتن پوشانده می‌شود. در چنین شرایطی خاک‌های شهری دیگر نفوذپذیر نخواهند بود و سبب افزایش خطر سیلاب در شهرها می‌شود (European Environment Agency, 2016).



شکل 5: نمایی از سیل امامزاده داوود در سال 1401

افزایش شدت بارش‌ها در اثر تغییر اقلیم، سبب شده اهمیت مدیریت طبیعی منابع آب بیشتر شود، لذا خاک شهری با مدیریت درست، می‌تواند در برابر چالش سیلاب در شهرها پایداری بیشتری ایجاد کند (IPCC, 2021) بنابراین، خاک یکی از مؤثرترین عناصر طبیعی در مدیریت سیلاب در شهرها و یک ابزار قدرتمند برای جذب و ذخیره آب است. گسترش رویکردهای طبیعت‌محور در شهرسازی و کشاورزی، کلید موفقیت در مقابله با چالش‌های آبی آینده خواهد بود.

• سلامت خاک لازمه شهر سالم

سلامت خاک به‌عنوان یکی از ارکان اصلی پایداری محیط شهری است و نقش حیاتی در تضمین سلامت انسان و کیفیت زندگی ایفا می‌کند. خاک سالم نه‌تنها بستر اصلی برای رشد گیاهان شهری و تولید غذای سالم است، بلکه به‌عنوان یک صافی طبیعی عمل کرده و آلاینده‌ها را جذب یا تجزیه می‌کند و در کاهش آلودگی آب‌وهوا نیز نقش دارد (شکل 6). بنابراین، سلامت خاک را می‌توان پایه‌ای برای سلامت عمومی شهروندان و دستیابی به توسعه پایدار شهری دانست (Lal, 2020).



شکل 6: خاک سالم برای داشتن شهر سالم

کاهش مصرف مواد شیمیایی، توسعه فضاهای سبز شهری و توجه به مدیریت پسماند از عواملی هستند که در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری می‌توانند سلامت خاک و در نتیجه سلامت

عمومی شهروندان را تضمین کنند. درواقع، بدون خاک سالم، نه امنیت غذایی پایدار است و نه شهر می‌تواند محیطی سالم برای زندگی انسان فراهم آورد.

درعین‌حال، باید توجه داشته باشیم که تهدیدهای متعددی برای سلامت خاک وجود دارد. برای مثال جنگل‌زدایی، افزایش شهرنشینی، تراکم و فشردگی خاک، شورشیدن، آلودگی، رانش زمین، آتش‌سوزی و فرسایش خاک همگی در سال‌های اخیر باعث تخریب منابع خاک در دنیا شده‌اند.

به گزارش فائو، فرسایش خاک تهدیدی بزرگ است که می‌تواند رفاه حداقل 3/2 میلیارد نفر را در جهان به خطر بیندازد. چیزی که وضعیت را بدتر می‌کند، این واقعیت است که خاک‌های باکیفیت و حاصلخیز را نمی‌توان به سرعت یا به راحتی جایگزین کرد. 100 سال طول می‌کشد تا فقط نیم‌سانتی‌متر خاک سالم ساخته شود، به این معنی که در حال حاضر 50 تا 100 برابر سریع‌تر از توانایی بازسازی خاک، در حال از دست دادن آن هستیم (United Nations, 2014).

خاک‌های شهری نیز از این قاعده مستثنی نیستند و لازم است سلامت آنها حفظ شود تا بتوان از آنها در ایجاد فرصت برای کشاورزی شهری و تأمین امنیت غذایی شهروندان استفاده نمود؛ لذا در صورت تخریب خاک‌های شهری، سهم آنها در تولید محصولات کشاورزی محدود خواهد شد و پایداری زیست‌بوم منطقه و تاب‌آوری جامعه در بحران‌های غذایی کاهش پیدا خواهد کرد.

بخش 3- تخریب و آلودگی خاک‌های شهری

• آلودگی خاک: تهدیدی خاموش

آلودگی خاک در مناطق شهری یکی از چالش‌های جدی زیست‌محیطی است که از ترکیب پیچیده‌ای از عوامل انسانی و صنعتی به وجود می‌آید. معمولاً در محیط‌های شهری، خاک دیگر در شرایط زیست‌بوم طبیعی نیست، زیرا در معرض انواع آلاینده‌ها از منابع مختلف همانند فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی، پسماند و زباله‌های شهری و صنعتی، فاضلاب‌های شهری و وسایل نقلیه قرار دارد و به همین دلیل ترکیب و کیفیت آن تغییر می‌کند (شکل 7). این آلودگی‌ها اغلب در بلندمدت اثر خود را نشان می‌دهند و تا پیش از رسیدن به مراحل بحرانی پنهان بوده و کمتر احساس می‌شوند، برای همین به آلودگی خاک، لقب تهدید خاموش داده شده است.



شکل 7: نمایی از آلودگی اراضی کشاورزی ناشی از فاضلاب در جنوب تهران

برخی از مهم‌ترین آلاینده‌ها عبارت‌اند از؛

فلزات سنگین: آلودگی فلزات سنگین مانند سرب، کادمیوم، جیوه، مس و روی معمولاً از فعالیت‌های صنعتی، دود خودروها، رنگ‌ها، فعالیت کارخانه‌ها، زباله‌سوزها و ضایعات الکترونیکی وارد خاک می‌شود. این عناصر تجزیه نمی‌شوند و به تدریج در لایه‌های مختلف خاک انباشته شده، از طریق گیاهان وارد زنجیره غذایی می‌گردند و در نهایت سلامت انسان را تهدید می‌کنند. برای مثال، وجود سرب در هوای کلان‌شهرها در نتیجه افزایش تعداد وسایل نقلیه را همگی درک کرده‌ایم که این سرب در خاک‌های شهری نیز ورود پیدا می‌کند. البته از سال 1390 در ایران سرب از بنزین حذف شد. همچنین فلزات کروم و کادمیوم هم از لنت ترمز خودروها و سایش تایرها تولید می‌شوند و در شهرها و آلاینده‌گی به وجود می‌آورند، خوردن، تماس پوستی و تنفس، سهره‌راه ورود فلزات سنگین به بدن انسان هستند که ما انسان‌ها اگر در مدت طولانی در معرض فلزات سنگین قرار بگیریم، اثرات سوء آنها بر سلامتی‌مان آشکار خواهد شد.

مواد نفتی: افزایش جمعیت شهرنشین و طولانی‌بودن مسافت‌ها در شهرها استفاده از وسایل نقلیه موتوری شخصی و عمومی را اجتناب‌ناپذیر کرده است. از سوی دیگر، استفاده از وسایل نقلیه موتوری موجب نشت بنزین، گازوئیل و روغن‌موتور در سطح معابر، جایگاه‌های سوخت و پارکینگ‌ها می‌شوند. این آلاینده‌ها به‌عنوان یکی از منابع اصلی آلودگی آب‌های سطحی، خاک و حتی هوا در شهرها شناخته شده‌اند و اثرات بلندمدتی بر سلامت انسان و محیط‌زیست دارند.

سوخت و روغن‌موتور از جمله ترکیبات هیدروکربنی پیچیده نفتی هستند که در صورت نشت یا تخلیه غیرمجاز به محیط، می‌توانند موجب تخریب منابع طبیعی شوند که در مناطق شهری،

بارندگی و شستشوی خیابان‌ها سبب ورود این مواد به خاک، شبکه‌های فاضلاب، رودخانه‌ها و آب زیرزمینی می‌شود؛ بنابراین ضروری به نظر می‌رسد که با اثرات زیست‌محیطی این آلاینده‌های نفتی که به‌ناچار در محیط‌های شهری با آنها سروکار داریم بیشتر آشنا شویم و از ورود آنها به محیط‌زیست شهری جلوگیری نماییم.

➤ نفت و مشتقات آن بانفوذ به خاک موجب کاهش نفوذپذیری، آسیب به موجودات زنده و کاهش حاصلخیزی خاک می‌شوند.

➤ نشت مواد نفتی به آب‌های سطحی می‌تواند زندگی آبزیان را به شدت تحت تأثیر قرار دهد.

➤ خطرات ترکیبات نفتی برای انسان می‌تواند اثرات حاد (سردرد، تهوع، تحریک پوستی) و مزمن (سرطان، اختلالات عصبی) به همراه داشته باشد (WHO, 2010).

پسماندهای شهری: آلودگی ناشی از پسماندهای شهری نیز نقش مهمی دارند. بسیاری از زباله‌ها، مانند پلاستیک‌ها، باتری‌ها، یا مواد شیمیایی خانگی، در تماس با باران و رطوبت، ترکیبات سمی آزاد می‌کنند که به درون خاک نفوذ می‌کند. این فرایند به‌ویژه در مناطق دفن زباله یا اطراف آنها شدیدتر است.

مواد شیمیایی مصرفی در کشاورزی: استفاده بی‌رویه از کودها و سموم شیمیایی در فضاهای سبز و کشاورزی شهری یکی از منابع آلودگی خاک است. هرچند هدف از این مواد بهبود رشد گیاهان است، اما برای مثال مقادیر بالای نیتрат و فسفات در خاک باقی می‌مانند و نه تنها ساختار شیمیایی آن را تغییر می‌دهند؛ بلکه موجب آلودگی منابع آب زیرزمینی هم می‌شوند.

آلودگی میکروبی: فاضلاب‌های نشت کرده، فضولات حیوانی و پسماندهای آلی، منبعی برای رشد میکروب‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها در خاک هستند. این آلودگی‌ها می‌توانند از طریق تماس مستقیم یا غیرمستقیم (مثلاً از راه سبزیجاتی که در خاک آلوده رشد می‌کنند) به انسان منتقل شوند.

به‌هرحال آلودگی خاک تهدیدی خاموش است که اثرات آن بر سلامت انسان و محیط‌زیست جدی و ماندگار است. در شهرهایی که تراکم جمعیتی بالاست، امکان خود پالایی طبیعی خاک بسیار محدود است و کنترل آلودگی آن اهمیت مضاعفی دارد. لازم است سیاست‌گذاران، مدیران شهری و شهروندان به طور مشترک اقداماتی را در جهت پیش‌گیری، پایش و بازسازی خاک‌های آلوده، مدیریت درست پسماند و کنترل منابع آلاینده در مناطق شهری انجام دهند تا از بروز بحران‌های زیست‌محیطی و بهداشتی در آینده جلوگیری شود.

زباله‌های پلاستیکی؛ میهمان ناخوانده و ماندگار خاک؛ امروزه، پلاستیک به دلیل دوام بالا، قیمت پایین و کاربرد گسترده به بخش جدایی‌ناپذیری در زندگی بشر تبدیل شده است. یکی از مضرات استفاده زیاد از پلاستیک‌ها ورود آنها به خاک است. پلاستیک همان مهمان‌های ناخوانده‌ای هستند که ماندگار بوده و اثرات بلندمدتی بر خاک، گیاهان، موجودات زنده خاک، کیفیت مواد غذایی و سلامت انسان به جا می‌گذارند. منابع معمول ورود پلاستیک به خاک‌ها شامل پلاستیک‌های بزرگ و کوچک مصرفی در زندگی شهری، پوشش‌های پلاستیکی مورد استفاده در کشاورزی (مانند مالچ پلاستیکی، ظروف و بسته‌بندی‌های کود و سموم، تونل‌های پلاستیکی و غیره) هستند.



شکل 8: نمایی از زباله‌های پلاستیکی در طبیعت

مواد پلاستیکی (مانند پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن) به‌سختی تجزیه شده و سال‌ها یا دهه‌ها در خاک باقی می‌مانند. حتی پلاستیک‌هایی که عنوان تجزیه‌پذیر زیستی¹ هستند، ممکن است تجزیه ناقص داشته باشند. مهم‌ترین اثرات پلاستیک‌ها بر خاک، گیاه، محیط‌زیست و امنیت غذایی انسان‌ها را می‌توان به‌صورت زیر بیان نمود؛

¹ Biodegradable

- پلاستیک‌ها باعث بسته‌شدن منافذ خاک و کاهش نفوذ آب به خاک می‌شوند.
- پلاستیک‌ها حاوی ترکیباتی مانند فتالات‌ها، رنگ‌ها، مواد ضد UV هستند که در خاک و محیط آزاد شده و موجب سمیت می‌شوند.
- پلاستیک‌ها در خاک به‌عنوان حامل فلزات سنگین یا آفت‌کش‌ها عمل می‌کنند.
- پلاستیک‌ها ترکیب جامعه میکروبی خاک را تغییر می‌دهند. همچنین زندگی، تغذیه و تولیدمثل موجوداتی مثل کرم‌ها، حشرات و دیگر بی‌مهرگان خاک را تحت‌تأثیر منفی قرار می‌دهند.
- پلاستیک‌ها می‌توانند جذب ریشه‌های گیاهان شده و باعث کاهش رشد، کیفیت و عملکرد محصول شوند.
- ذرات پلاستیک از طریق آب، مواد غذایی و هوا می‌تواند وارد زنجیره غذایی انسان‌ها شوند.

باتوجه به اثرات سوء پلاستیک‌ها در خاک، باید گفت زباله‌های پلاستیکی را به‌زودی و آسانی نمی‌توان از محیط‌زیست حذف کرد؛ بنابراین، بدون اقدامات فوری در زمینه کاهش مصرف، بازیافت مؤثر و پژوهش بیشتر، این مهمان ناخوانده برای نسل‌های آینده نیز مشکل‌ساز خواهد بود.

بخش 4- راهکارها و اقدامات

• فرهنگ‌سازی اولین گام اقدام

خاک شهر، میراث مشترک ماست؛ خاک‌ها سرمایه زیست‌محیطی و میراث مشترک همه شهروندان هستند و حفاظت و مدیریت پایدار آن نیازمند مشارکت جمعی و همگانی است. این منبع ارزشمند نه‌تنها بستر رشد گیاهان و ایجاد فضاهای سبز در شهرهاست، بلکه نقش مهمی در تصفیه آب، کاهش آلودگی، ذخیره کربن و تنظیم دما در مناطق پرجمعیت ایفا می‌کند. اما رشد سریع شهرنشینی سبب شده خاک‌های شهری به‌عنوان کانون تمرکز جمعیت تحت فشارهای متعددی مانند آلودگی صنعتی، مصرف بی‌رویه مواد شیمیایی و تغییر کاربری اراضی قرار گیرند که این امر می‌تواند کیفیت و عملکرد زیست‌محیطی خاک‌های شهری را به‌شدت تهدید کند.

خاک صرفاً یک منبع پایه طبیعی نیست، بلکه سرمایه حیاتی نسل‌های متعددی است. زیرا هر سانتی‌متر خاک قرن‌ها زمان می‌خواهد تا تشکیل شود؛ لذا، همان‌گونه که نسل‌های گذشته این خاک را برای ما به امانت سپرده‌اند، ما نیز باید آن را سالم به آیندگان بسپاریم و این مسئولیت اخلاقی همه شهروندان است.

بی‌توجهی به کیفیت خاک شهری پیامدهای گسترده‌ای بر سلامت شهروندان، امنیت غذایی و زیست در شهرها دارد؛ بنابراین، حفاظت از خاک نه تنها ضرورتی محیط‌زیستی، بلکه اقدامی اجتماعی برای تضمین رفاه نسل‌های آینده است. امروزه مدیریت پایدار خاک شهرها به موضوعی حیاتی تبدیل شده است و استفاده از رویکردهای طبیعت‌محور در طراحی و مدیریت شهری نقش مؤثری در احیای خاک‌ها و ارتقای کیفیت زندگی شهری دارد.



شکل 9: خاک میراث مشترک همه ماست

از سوی دیگر، آغاز تغییرات کوچک از سطح فردی و خانگی در کنار سیاست‌های کلان شهری، روش مؤثری برای حفاظت خاک به‌عنوان میراث مشترک ماست. اما فرهنگ‌سازی قبل از هر قانون، مقررات و فناوری، ذهنیت و نگرش افراد جامعه را آماده می‌سازد. راهکارهای متعددی برای صیانت از خاک وجود دارد که شهروندان نیز می‌توانند در آن مشارکت داشته باشند. برای مثال، کاهش استفاده از مواد شیمیایی، مدیریت صحیح پسماندها و تفکیک زباله‌ها از منازل، توسعه و حفظ زیرساخت‌های سبز و آموزش عمومی برای افزایش آگاهی شهروندان درباره ارزش خاک، از جمله اقدامات عملی در محیط‌های شهری است.

• حفظ خاک برای سلامت خودمان و کودکانمان

خاک یکی از اجزای حیاتی زیست‌بوم شهری است که نقش اساسی در پایداری و تاب‌آوری شهرها ایفا می‌کند. با توسعه شهرنشینی، خاک‌های شهری نقش فزاینده‌ای در سلامت بشر و به‌خصوص تربیت نسل آینده سالم‌تر ایفا خواهد نمود. تأثیر مستقیم و غیرمستقیم خاک به سلامت انسان‌ها و آینده زندگی آنها باعث شده است که اهمیت برخورداری از خاک سالم به‌خصوص در محیط‌های شهری بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

اگر خاک در محیط شهرها به هر دلیلی آلوده شود، شهروندان ممکن است مستقیماً از طریق تماس پوستی با خاک‌های آلوده، تنفس گردوغبار و یا خوردن سبزی‌ها، صیفی‌جات و میوه‌هایی که در خاک‌های آلوده رشد کرده‌اند در معرض آلاینده‌های موجود در خاک قرار گیرند. درعین‌حال، اثرات غیرمستقیم آلودگی خاک بر سلامت انسان‌ها و نسل آینده معمولاً به کاهش ارزش غذایی محصولات تولید شده در این خاک‌ها و همچنین استفاده از آب‌وهوای آلوده متأثر از خاک‌های آلوده برمی‌گردد. اما می‌توان استنباط کرد که رابطه بین سلامت انسان‌ها و خاک اغلب پیچیده‌تر است و هنوز به‌خوبی درک نشده است!

باید بدانیم که حفظ خاک شهری از خانه‌ها آغاز می‌شود. والدین می‌توانند با آموزش مفاهیم ساده به کودکان، نقش مهمی در پرورش نسل آگاه‌تر و مسئول تر نسبت به محیط‌زیست داشته باشند. فعالیت‌های کوچک خانوادگی مانند درست کردن کمپوست از پسماندهای آشپزخانه، کاشت گل یا سبزی در گلدان‌های بالکن، یا مشارکت در پاک‌سازی فضاهای سبز محله، می‌تواند تأثیر بزرگی بر رفتار زیست‌محیطی کودکان بگذارد.



شکل 10: حفظ خاک برای نسل‌های آینده

همچنین گفت‌وگو درباره ارتباط مستقیم بین خاک سالم و غذای سالم، به کودکان کمک می‌کند، درک کنند که مراقبت از زمین، مراقبت از بدن خودشان است. خانواده‌ها با الگو بودن در تفکیک زباله، کاهش مصرف پلاستیک و احترام به فضای سبز، می‌توانند به شکل عملی مفهوم «شهر سالم از خاک سالم آغاز می‌شود» را در زندگی روزمره پیاده کنند. حفاظت از خاک یک مسئولیت اخلاقی و محیط‌زیستی است برای خودمان و کودکان است. در حقیقت با حفظ خاک سلامتی و آینده فرزندانمان را ضمانت می‌کنیم.

• گام‌های پنج‌گانه مدیریت پسماند

اصول پنج‌گانه یکی از مهم‌ترین مفاهیم در مدیریت پسماند و حرکت به‌سوی سبک زندگی پایدار است. این اصول به ما کمک می‌کنند تولید زباله را کاهش دهیم و از منابع بهترین استفاده را کنیم (United Nations Environment Programme, 2021). در ادامه اجزاء تشکیل‌دهنده این اصول پنج‌گانه توضیح داده می‌شود:



شکل 11: اصول پنج‌گانه مدیریت پسماند

1- رد کردن¹ و نپذیرفتن؛ یعنی اولین و مؤثرترین گام این است که از تولید پسماند پیش‌گیری کرده و هر چیزی را که لازم نداریم نپذیریم یا نخریم. مثلاً، برنداشتن کیسه پلاستیکی در فروشگاه و استفاده از ساک پارچه‌ای، یا نخریدن ظروف یک‌بارمصرف مثل لیوان یا نی پلاستیکی و قبول نکردن تبلیغات چاپی یا بسته‌بندی‌های غیرضروری از جمله این موارد است.

¹ Refuse

- 2- کاهش دادن و کم کردن¹؛ یعنی اگر نتوانیم چیزی را رد کنیم، بهتر است مقدار مصرفش را کاهش دهیم. برای مثال، خرید فقط به اندازه نیاز، استفاده کمتر از محصولات بسته‌بندی شده و کاهش مصرف انرژی و آب در خانه.
- 3- استفاده مجدد²؛ یعنی به جای دورریختن، کالاها را دوباره استفاده کنیم یا برایشان کاربرد جدیدی پیدا کنیم. مثلاً، استفاده دوباره از بطری شیشه‌ای یا شیشه مربا برای نگهداری مواد غذایی، تبدیل لباس‌های قدیمی به دستمال یا کیف پارچه‌ای و استفاده از جعبه‌ها و ظروف برای نگهداری وسایل کوچک.
- 4- تعمیر کردن³ و تغییر کاربرد؛ یعنی گاهی می‌توان وسایل خراب یا بی‌استفاده را تعمیر یا کاربرد تازه‌ای برایش پیدا کرد. برای مثال، تعمیر وسایل الکترونیکی به جای خرید جدید، تبدیل تایرهای کهنه به گلدان یا صندلی و بازسازی مبلمان قدیمی به شکل جدید.
- 5- بازیافت⁴؛ یعنی آخرین گزینه، وقتی دیگر راهی برای استفاده مجدد یا تعمیر وجود ندارد. در این مرحله، مواد دورریز را جمع‌آوری، تفکیک و به مواد اولیه جدیدی تبدیل می‌کنند. مثلاً، بازیافت کاغذ، شیشه، پلاستیک و فلز و تحویل زباله‌های خشک به مراکز بازیافت یا تفکیک در خانه.

این اصول به ما یاد می‌دهد که مدیریت پسماند از لحظه خرید شروع می‌شود، نه بعد از تولید پسماند و با رعایت این پنج گام، می‌توانیم حجم زباله‌ها را کاهش دهیم، در مصرف منابع صرفه‌جویی کنیم و محیطی سالم‌تر برای خود و کودکانمان بسازیم.

• حفاظت از خاک در زندگی روزمره

جالب است بدانیم که در برابر جمله "آب مایه حیات است" می‌توان گفت "خاک، پایه حیات است"، منبعی که بدون آن نه غذایی خواهیم داشت، نه گیاه، نه زیست‌بوم سالم. اما برخلاف ظاهرش، خاک منبعی پایان‌پذیر است و ترمیم آن سال‌ها طول می‌کشد. درحالی‌که بیشتر ما در شهرها زندگی می‌کنیم و شاید کمتر با خاک تماس مستقیم داریم، رفتارهای روزمره‌مان می‌تواند نقش بزرگی در حفاظت یا تخریب آن داشته باشد.

¹ Reduce

² Reuse

³ Repair

⁴ Recycle

در ادامه چند راه ساده و مؤثر برای حفاظت از خاک در زندگی روزمره ذکر شده است: پسماند کمتری تولید کنیم: هر چه زباله کمتری تولید شود، خاک کمتر آلوده می‌شود. به‌ویژه زباله‌های پلاستیکی، باتری‌ها و مواد شیمیایی که در خاک تجزیه نمی‌شوند، باید جداگانه جمع‌آوری و به مراکز بازیافت تحویل داده شوند.

از کود و سموم شیمیایی کمتر استفاده کنیم: در خانه یا باغچه، استفاده بی‌رویه از کود و سم شیمیایی باعث آلودگی خاک و نفوذ مواد سمی به آب‌های زیرزمینی می‌شود. به‌جای آن می‌توان از کود طبیعی (کمپوست خانگی)، گیاهان بومی مقاوم و روش‌های کنترل طبیعی آفات استفاده کرد. گیاه بکاریم، حتی در گلدان: کاشت گیاهان نه‌تنها هوا را تمیز می‌کند، بلکه از فرسایش خاک جلوگیری می‌کند. اگر در شهر زندگی می‌کنیم، می‌توانیم در گلدان، پشت‌بام سبز یا حیاط کوچک خود، با کاشت گیاهان ساده و کم‌نیاز، سهمی در حفظ خاک داشته باشیم.

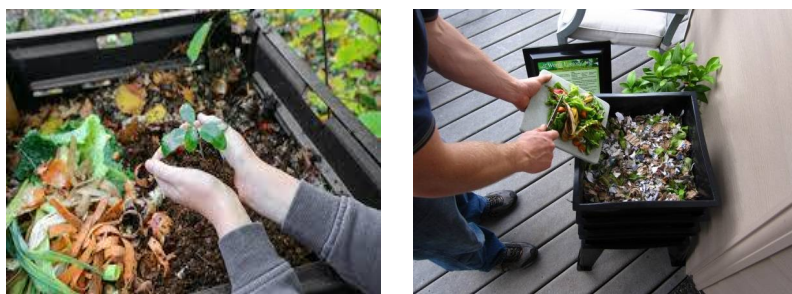
از ریختن مواد شیمیایی روی زمین خودداری کنیم: مواد شوینده، روغن سوخته، رنگ، باتری یا داروها نباید در خاک یا فاضلاب معمولی ریخته شوند. این مواد می‌توانند خاک را برای سال‌ها مسموم کنند. بهترین کار، تحویل آن‌ها به مراکز جمع‌آوری پسماندهای خطرناک شهری است.

آموزش به خانواده‌ها و کودکان: کودکان اگر از کودکی یاد بگیرند که خاک موجود زنده‌ای است که باید از آن مراقبت کرد، در آینده رفتارهای پایدارتری خواهند داشت. می‌توان با فعالیت‌هایی مثل ساخت کمپوست در خانه، کاشت نهال یا جمع‌آوری زباله از طبیعت، مفهوم حفاظت از خاک را به‌صورت عملی آموزش داد.

به یاد داشته باشیم که حفاظت از خاک، مسئولیت همه‌ی ماست، با چند رفتار ساده در خانه، می‌توانیم از آلودگی، فرسایش و تخریب خاک جلوگیری کنیم.

• کمپوست کردن و استفاده از آن

برای کشت و کار در باغچه‌ها یا فضاهای سبز شهری باید از کمپوست تولید شده از پسماندهای آلی و سبز شهری استفاده نمود. کمپوست نوعی کود طبیعی است که از تجزیه مواد آلی مانند باقیمانده‌های سبزی‌ها، میوه‌ها، برگ‌ها و چمن به دست می‌آید (شکل 12). این فرایند با کمک ریز جانداران (باکتری‌ها و قارچ‌ها) انجام می‌شود و محصول آن خاکی غنی، سبک و سرشار از مواد مغذی برای گیاهان است.



شکل 12: نمایی از تهیه کمپوست در خانه

کمپوست خانگی را می‌توان در خانه‌ها از مواد سبز (نیترژن‌دار) مانند پوست میوه و سبزی، تفاله چای و قهوه، چمن تازه و همچنین از مواد قهوه‌ای (کربن‌دار) مانند برگ خشک، شاخه خرد شده، تکه‌های مقوا و روزنامه (بدون چاپ رنگی) و خاک‌اره تهیه کرد.

کمپوست در باغچه‌ها حاصلخیزی خاک را افزایش داده و خاکی سبک‌تر، نرم‌تر و قابل نفوذتر با ظرفیت نگهداری رطوبت بالاتر ایجاد می‌نماید. با تبدیل پسماندهای آلی شهری به کود، استفاده از کودهای شیمیایی به حداقل می‌رسد؛ بنابراین، برای حفظ سلامت خاک‌های شهری و باغچه‌های خانگی می‌توان کودهای کمپوست به آنها اضافه کرد که دارای تنوع خوبی از ریز جانداران است. این موجودات ریز در چرخه عناصر غذایی در خاک نقش مهمی داشته و سبب افزایش حاصلخیزی خاک و رشد گیاهان خواهند شد.

مهم‌ترین تأثیر استفاده از کمپوست در خاک‌های باغ‌ها و باغچه‌ها این است که باعث تعادل عناصر غذایی در خاک و انتقال عناصر قابل‌استفاده گیاهان و رشد بهتر آنها می‌شود. برای مثال، کمپوست تولید شده از ضایعات آلی شهری به دلیل داشتن نیترژن زیاد می‌تواند در رشد گیاهان نقش حیاتی ایفا کند و همچنین به سلامت خاک کمک شایانی خواهد کرد.

کمپوست‌سازی نه تنها به رشد سالم‌تر گیاهان کمک می‌کند، بلکه قدمی مهم برای کاهش پسماندها و حفاظت از محیط‌زیست است. با کمی حوصله، می‌توان در خانه طلای سیاه مخصوص باغچه را تولید کرد.

• کاهش مصرف پلاستیک برای حفظ خاک

رشد سریع جمعیت شهری و افزایش مصرف‌گرایی در دهه‌های اخیر، به افزایش چشمگیر مصرف پلاستیک و به‌ویژه پلاستیک‌های یک‌بارمصرف منجر شده است. بخش زیادی از این

پلاستیک‌ها پس از مصرف، وارد پسماندهای شهری شده و به دلیل مدیریت نامناسب پسماند، در محیط شهری رها می‌شوند. بخشی از این زباله‌ها در محل‌های دفن یا حاشیه شهرها انباشته شده و به تدریج در خاک به طور ناقص تجزیه شده و به ذرات ریزتر موسوم به ریزپلاستیک تبدیل می‌شوند. ریزپلاستیک‌ها به عنوان آلاینده‌های پایدار، کیفیت خاک‌های شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهند، چرخه‌های زیستی را مختل کرده حتی می‌تواند از طریق نفوذ به آب‌های زیرزمینی و ورود به زنجیره غذایی، سلامت انسان را تهدید نمایند.

کاهش مصرف پلاستیک در شهرها اهمیت ویژه‌ای برای جلوگیری از آلودگی خاک‌های شهری دارد. آموزش و افزایش آگاهی عمومی در شهرها نسبت به اثرات پلاستیک بر خاک، محیط‌زیست و سلامت انسان اولین اقدام مؤثر است. تغییر الگوی مصرف با افزایش آگاهی تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان رخ خواهد داد و با جایگزینی بسته‌بندی‌های تجزیه‌پذیر و همچنین ترویج استفاده از جایگزین‌های طبیعی (مانند الیاف طبیعی یا بسته‌بندی‌ها یا پاکت‌های گیاهی، پارچه‌ای یا کاغذی در فروشگاه‌ها) می‌توان مصرف پلاستیک‌ها را در زندگی روزمره و شهری تا حد زیادی کنترل کرده و کاهش دهد.

از سوی دیگر، در زمین‌های کشاورزی محیط‌های شهری نیز استفاده از پوشش‌های پلاستیکی غیرقابل تجزیه (مانند پلی‌اتیلن) مشاهده می‌شود. این مالچ‌ها اگر بعد از مصرف جمع‌آوری نشوند، بخش زیادی از آن‌ها تجزیه نشده و ذرات پلاستیکی در خاک انباشته می‌شود. استفاده از پلاستیک‌های قابل تجزیه گزینه‌ای است که می‌تواند پس از پایان فصل رشد با خاک مخلوط شده و توسط ریز جانداران خاک تجزیه شوند.

به‌طور کلی، برخی راهکارها و پیشنهادها برای کاهش مصرف پلاستیک و یا اثرات منفی آن بر خاک، محیط‌زیست و انسان عبارت‌اند از؛

- کاهش مصرف پلاستیک‌ها در منازل، شهرها و مزارع کشاورزی
- جمع‌آوری و بازیافت پلاستیک‌های موجود در طبیعت، به‌خصوص پوشش‌ها و کیسه‌های پلاستیکی رها شده پس از مصرف
- سیاست‌گذاری‌ها و قوانین مؤثر برای ممنوعیت یا محدود کردن پلاستیک‌های یک‌بار مصرف یا بسته‌بندی‌های پلاستیکی، جمع‌آوری، تفکیک و بازیافت آنها
- وضع مالیات یا عوارض بر پلاستیک‌های غیرقابل تجزیه، حمایت مالی و تشویق برای تولید و به‌کارگیری گزینه‌های پلاستیکی قابل تجزیه

در کنار توصیه به کاهش استفاده از پلاستیک‌ها و مدیریت پسماند در محیط‌های شهری و زندگی روزمره، می‌توان به رویکردهای نوین در دنیا هم نیم‌نگاهی داشت. برای مثال، یکی از روش‌های نوظهور برای تجزیه پلاستیک‌ها، استفاده از زیست پالایی ریزپلاستیک‌ها با استفاده از ریز جانداران است. برخی باکتری‌ها و قارچ‌ها توانایی استفاده از پلاستیک به‌عنوان منبع کربن را دارند و آن را تجزیه می‌کنند که اگر چنین تکنیک‌هایی توسعه پیدا کنند می‌تواند انقلابی در مواجهه با مشکل آلودگی پلاستیک‌ها در زندگی بشر ایجاد کند.

• استفاده درست از کود و آفت‌کش‌ها در کشت و کارهای شهری

خاک‌های باغ‌ها، پارک‌ها و فضاهای سبز شهری نه فقط باعث افزایش زیبایی مناظر در شهرها می‌شوند؛ بلکه برای فراهم‌آوردن فضاهایی برای استراحت، روابط اجتماعی و گاهی ایجاد انگیزه برای فعالیت‌های کشت و کار محسوب می‌شوند. با گسترش زندگی شهری و محدود شدن فضاهای سبز، بسیاری از مردم به باغبانی شهری، از پرورش گیاهان در بالکن و پشت‌بام گرفته تا ایجاد باغچه‌های کوچک در حیاط، باغداری، کشاورزی و سایر فعالیت‌های مربوط به تولید محصولات غذایی در شهرها، روی آورده‌اند. این موارد اغلب می‌توانند به‌عنوان کانون‌های فعالیت‌های اجتماعی در شهرها برای بهبود مشارکت اجتماعی شهروندان و تقویت بنیه اقتصادی محلی از طریق ایجاد بازارها و تعاونی‌های کشاورزی نیز در نظر گرفته شوند. از طرف دیگر، اگر به‌درستی از کود و سموم استفاده نشود، همین فعالیت می‌تواند به محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها آسیب برساند؛ بنابراین، توجه به نحوه درست استفاده از نهاده‌های کشاورزی (کود و سم) در باغ‌ها و فضاهای سبز شهری از اهمیت به‌سزایی برخوردار است.



شکل 13: نمایی از کشت و کارهای شهری

رصد و مدیریت کیفیت خاک‌ها با تأکید بر استفاده از بهسازی‌های آلی خاک و کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی در کشاورزی شهری برای کاهش خطرات برای سلامت انسان‌ها ضرورت دارد. در این مسیر اقدامات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

1- شناخت نیاز واقعی گیاه، یعنی پیش از استفاده از هر نوع کود یا سم، باید بدانیم گیاه به چه چیزی نیاز دارد. مثلاً، زردشدن برگ‌ها می‌تواند در اثر کمبود نیتروژن گیاه باشد و ربطی به آفات و بیماری‌های گیاهی نداشته باشد. کاهش رشد گیاه ممکن است به دلیل خاک فقیر یا نور ناکافی باشد. همه حشرات آفت نیستند، بعضی مثل کفشدوزک‌ها مفیدند؛ بنابراین، همیشه اول تشخیص، بعد درمان.

2- استفاده درست از کودها، یعنی کود بیش از حد می‌تواند به ریشه‌ها آسیب بزند یا باعث آلودگی منابع آبی شود. برای استفاده درست باید ابتدا نوع کود را شناخت که شامل کود آلی یا طبیعی (مانند کمپوست خانگی، کود حیوانی) و یا کود شیمیایی می‌شود. سپس، باید کود را به اندازه مصرف کرد. توجه شود استفاده بیش از نیاز گیاه، مفید نیست. در نهایت، باید در بهترین زمان کوددهی استفاده شود.

3- کنترل طبیعی آفات به جای سم‌پاشی بی‌رویه. پیش از استفاده از سموم، بهتر است روش‌های طبیعی کنترل آفات را امتحان کنیم. برای مثال، با حفظ بهداشت گیاهی، استفاده از کنترل-گرهای زیستی مثل کفشدوزک‌ها و حذف برگ‌های آلوده تا حد امکان از سم استفاده نکرد یا به حداقل رساند.

توجه داشته باشیم که باغبانی شهری فقط پرورش گیاه نیست، بلکه نوعی مسئولیت اجتماعی است. با انتخاب آگاهانه کود و سموم، می‌توانیم باغچه‌ای سالم، محیط زیستی پاک و شهری زیباتر داشته باشیم.

• دفع صحیح زباله‌های خطرناک (باتری، روغن موتور، رنگ و...)

در نگاه اول، بیشتر زباله‌های خانگی بی‌ضرر به نظر می‌رسند، اما برخی از آن‌ها حاوی مواد سمی، خورنده یا قابل اشتعال هستند که اگر به شکل نادرست دفع شوند، می‌توانند به خاک، آب و سلامت انسان‌ها آسیب برسانند. آشنایی با این زباله‌ها و روش‌های درست جمع‌آوری و تحویل آن‌ها، گامی مهم در حفظ محیط‌زیست است. پسماندهای خطرناک شامل موادی هستند که در ترکیبشان فلزات سنگین، مواد سمی یا شیمیایی فعال وجود دارد. برخی از نمونه‌های رایج مانند

باتری‌ها (خشک، شارژی، خودرویی)، روغن موتور و فیلتر روغن، رنگ‌ها، تینر، چسب و اسپری‌ها، لامپ‌های مهتابی و LED، آفت‌کش‌ها و داروهای تاریخ گذشته هستند (شکل 14).



شکل 14: نمایی از زباله‌های خطرناک در طبیعت

نکته قابل توجه این است که دفع نادرست این زباله‌ها برای خاک، محیط‌زیست و انسان‌ها خطرناک است. زیرا مواد سمی از طریق زباله‌دانی‌ها به خاک و منابع آب نفوذ می‌کنند، تماس مستقیم یا تنفس بخارات این مواد هم می‌تواند مسمومیت ایجاد کند، برخی مواد مانند اسپری‌ها یا باتری‌های لیتیومی قابل اشتعال هستند و سوختن زباله‌های شیمیایی در طبیعت یا زباله‌سوزها، گازهای سمی تولید می‌کند.

بخش 5- نقش نهادهای شهری و سیاست‌گذاری

• پایش مستمر کیفیت خاک‌های شهری

توسعه شهرنشینی ممکن است بر ویژگی‌ها و سلامت خاک اثرگذار باشد، بنابراین، رصد تغییرات ویژگی‌های خاک، مقدار و نوع آلاینده‌های احتمالی در خاک، با توسعه سریع شهرها باید در نظر گرفته شود.

برای مثال، خصوصیتی مانند اسیدیته خاک به وسیله فعالیت‌های انسانی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. تغییر آن به نوبه خود می‌تواند بر دسترسی عناصر غذایی برای گیاهان و حاصلخیزی خاک و تولید محصولات کشاورزی تأثیر بگذارد.

مهم‌ترین منابع آلاینده در شهرها که کیفیت خاک را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند، شامل آلاینده‌های ناشی از ترافیک، نیروگاه‌ها، ضایعات و زباله‌های شهری و صنایع هستند که آلوده شدن خاک‌های سطحی به وسیله موارد مذکور ممکن است سلامت انسان‌ها را تهدید کند.

در بین آلاینده‌ها، فلزات سنگین به دلیل ماهیت غیرقابل تجزیه و ماندگار، با ورود به خاک به تدریج تبدیل به منبعی از آلودگی در اکوسیستم شهری می‌شوند. از این رو، ارزیابی خطر سرطان‌زایی فلزات سنگین در خاک‌های مناطق شهری از اهمیت زیادی برخوردار است. برای مثال، برخی از فلزات سنگین مانند کروم و کادمیوم در محیط‌های شهری، معمولاً در مقادیر خطرناک برای کودکان بوده‌اند و این نشان‌دهنده خطرات احتمالی بیشتر فلزات سنگین برای کودکان نسبت به بزرگسالان در مناطق شهری می‌باشد.

لذا پایش کیفیت خاک‌های شهری از اهمیت به سزایی برخوردار می‌باشد. البته این وظیفه بر عهده کارشناسان، مسئولان و متخصصان است و شهروندان در این رابطه نمی‌توانند نقش مستقیم ایفا کنند. پایش خاک‌های شهری وضعیت تغییرات آن را نشان داده و اثرات مدیریت‌های مختلف را نمایان می‌کند. همچنین، قبل از گسترش تخریب و آلودگی خاک، راهکارهای مناسب برای آن تدبیر و اجرا می‌شود.

در راستای اقدامات مدیریتی و نظارتی برای پایش و کنترل آلاینده‌ها، نصب و راه‌اندازی نشانگرهای آلودگی‌های زیست‌محیطی شهری نیز ابزاری ارزشمند برای حفاظت محیط‌زیست و سلامت عمومی جامعه است، به طوری که توانایی تحلیل خطرات، به رصد چگونگی روند گسترش آلاینده‌ها و تصمیم‌گیری درباره تکنیک برطرف کردن آنها کمک خواهد کرد. هم در خیابان‌ها و پایگاه‌های اینترنتی مربوطه تابلو وضعیت کیفیت هوا را دیده‌ایم. در این شرایط لازم است آلاینده‌ها کنترل شوند و اطمینان حاصل شود خطری برای محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها نداشته باشند.

ایجاد نظام یکپارچه پایش و بانک اطلاعاتی خاک شهری با طراحی شبکه‌ای منظم از ایستگاه‌های نمونه‌برداری در سطح شهر، تعیین شاخص‌های استاندارد ملی و منطقه‌ای برای سنجش کیفیت خاک و به‌روزرسانی دوره‌ای داده‌ها برای تحلیل روند تغییرات بلندمدت نیز از سایر اقدامات مدیریتی و نظارتی در شهرهاست.

بنابراین، موضوع پایش و سنجش کیفیت خاک‌ها در شهرها با رویکرد کنترل و کاهش منابع آلاینده و حفظ خاک برای نسل‌های آینده موضوعی نیست که به‌سادگی بتوان از آن گذشت. اهمیت اقدامات مدیریتی و نظارتی وقتی برای ما روشن‌تر خواهد شد که بدانیم روند بسیاری از تغییرات در خصوصیات خاک کند است و به راحتی قابل تشخیص نخواهد بود؛ لذا لازم است با اندازه‌گیری‌ها و رصد دوره‌ای، منظم و دقیق به آنها پی برد و پیش از آنکه خیلی دیر شود برای رفع مشکل وارد عمل شد.

• بازسازی زمین‌های آلوده: تبدیل تهدید به فرصت

آلودگی خاک‌های شهری به سبب عملیات عمرانی، صنایع، کشاورزی، دفع زباله و پسماند و... باید موردتوجه قرار گیرد و در این زمینه برنامه‌ریزی کاربری اراضی در شهرها، می‌تواند در جلوگیری از مواجهه انسان‌ها با آلاینده‌های بالقوه مؤثر واقع شود. کاربری‌های اراضی در شهرها شامل صنعتی، مسکونی، جاده‌ای، فضای سبز و باغات شهری همگی درجه متفاوتی از مواجهه بالقوه انسان‌ها با آلاینده‌ها را دارند؛ بنابراین، هر نوع تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی برای کاربری اراضی در محیط‌های شهری باید با در نظر گرفتن کم‌ترین خطرات برای سلامت انسان باشد.

یکی از آسان‌ترین راهکارهای مدیریت شهری این است که اراضی آلوده را به کاربری‌های صنعتی و تجاری اختصاص داد که نیاز به استانداردهای سهل‌گیرانه‌تری دارند. در مقابل، اراضی پاک و یا کمتر آلوده را می‌توان به کشاورزی شهری برای تولید غذا و یا برای زمین‌بازی کودکان در نظر گرفت.

یکی دیگر از راهکارها، احیای خاک‌های آلوده است. البته این کار اغلب پر هزینه است. گزینه‌های مدیریتی برای احیای زمین‌های آلوده در شرایط مختلف، کشورهای مختلف و آلاینده‌های متفاوت، متنوع هستند و باید اصلاح خاک‌ها تا رسیدن به استانداردهای کیفی برای استفاده‌های بعدی از اراضی ادامه داشته باشد.



شکل 15: نمایی از بازسازی خاک‌های آلوده

یکی از اصلی‌ترین کاربری‌های خاک‌ها در شهرها، فضای سبز شهری است که شامل پارک‌ها، باغ‌ها، درخت‌کاری‌ها و کمربندهای سبز شهری هستند. در شهرهای بزرگ و پرجمعیت معمولاً کمبود فضای سبز یکی از چالش‌های اصلی زیست‌محیطی و سلامت عمومی محسوب می‌شود؛ بنابراین، احیای زمین‌های آلوده و تبدیل آن‌ها به فضاهای سبز شهری رویکردی هوشمندانه و پایدار است که هم به پاک‌سازی محیط کمک می‌کند و هم کیفیت زندگی شهروندان را بهبود می‌بخشد.

درعین‌حال، در این زمینه ملاحظات زیادی موردتوجه قرار گیرد؛ اگر چه فضاهای سبز شهری برای زندگی شهرنشینی و توسعه شهرها مهم هستند، مدیریت خاک و انواع پوشش گیاهی در آنها نیز باید بادقت ویژه‌ای انجام شود. انواع مختلف گیاهان باتوجه‌به نوع و ویژگی‌های خاک می‌توانند انتخاب شوند تا درعین‌حال که فضاهای سبز شهری ایجاد شده‌اند، برای اصلاح زمین‌های آلوده هم مؤثر واقع شوند.

تبدیل زمین‌های آلوده به فضای سبز امری تخصصی بوده که توسط کارشناسان و شرکت‌های مشاور تخصصی انجام می‌گردد. به‌طورکلی، از فواید زیست‌محیطی و اجتماعی احیای زمین‌های آلوده می‌توان به کاهش آلودگی خاک و هوا، بازسازی زیست‌بوم‌های محلی، افزایش سرانه فضای سبز شهری، ارتقای سلامت روانی و جسمی شهروندان، افزایش ارزش اقتصادی زمین‌های متروکه و بهبود چهره شهر اشاره کرد.

از نمونه‌های موفق جهانی تبدیل اراضی آلوده به پارک به مواردی همانند پارک میلینیوم شیکاگو (آمریکا)، ساخته‌شده بر روی زمینی آلوده به فلزات سنگین، پارک تمپلهوف برلین (آلمان)، تبدیل فرودگاه قدیمی آلوده به فضای سبز عمومی و پارک چئونگ‌گی چئون سئول (کره جنوبی)، بازسازی منطقه صنعتی و ایجاد فضای طبیعی در مرکز شهر، می‌توان اشاره نمود.

• سرمایه‌گذاری برای آگاهی شهروندان

همه ما می‌دانیم که نقش آموزش همگانی در فرهنگ‌سازی در جامعه قابل‌مقایسه با هیچ اقدام دیگری نیست؛ بنابراین، درباره اهمیت خاک و حفظ آن و تأثیر خاک باکیفیت بر بهبود زندگی شهروندان باید اقدامات لازم آموزشی انجام شود. از راهکارهای آموزشی می‌توان به اجرای برنامه‌های آموزشی برای شهرداری‌ها، شرکت‌ها و شهروندان درباره اهمیت سلامت خاک، انتشار نقشه‌ها و گزارش‌های عمومی از وضعیت خاک‌های شهری به‌صورت شفاف و جلب مشارکت شهروندان اشاره کرد.

- برای نگاه دقیق‌تر به اقدامات آموزشی قابل‌انجام در جامعه، مثال‌هایی ذکر خواهد شد؛
- برنامه‌های آموزشی و فرهنگی شهری مانند برگزاری کارگاه‌ها و همایش‌های عمومی در محلات برای آشنایی مردم با مفهوم سلامت خاک و کیفیت زندگی، راه‌اندازی نمایشگاه‌های محیط‌زیستی با موضوع خاک و نصب تابلوهای اطلاع‌رسانی در پارک‌ها و فضاهای سبز با پیام‌هایی درباره حفاظت از خاک.
 - آموزش در مدارس و دانشگاه‌ها و گنجاندن موضوع حفاظت خاک در محتوای درسی، اجرای برنامه‌های عملی در مدارس، مثل کاشت درخت یا ساخت کمپوست خانگی و حمایت از پروژه‌های دانش‌آموزی و دانشجویی درباره آلودگی خاک، به‌ویژه در مناطق صنعتی و شهری.
 - تولید محتوای چندرسانه‌ای (ویدئو، پادکست، اینفوگرافیک) درباره تهدیدهای خاک شهری، مانند آلودگی با فلزات سنگین یا زباله‌های ساختمانی، اجرای کمپین‌های محیط‌زیستی در شبکه‌های اجتماعی و همکاری با رسانه ملی، شهرداری و سازمان محیط‌زیست برای پخش برنامه‌های کوتاه آموزشی درباره مدیریت خاک و فضای سبز.
 - جلب مشارکت مردمی با تولید اپلیکیشن یا پلتفرم شهری برای گزارش آلودگی‌ها یا تخلیه غیرمجاز پسماند در خاک و تشکیل گروه‌های داوطلب محلی برای مراقبت از زمین‌های سبز محله.
 - راه‌اندازی برنامه‌های انگیزشی و تشویقی مانند ایجاد نشان یا گواهی "دوستدار خاک" برای مدارس، مجتمع‌ها یا کسب‌وکارهایی که رفتارهای زیست‌محیطی مناسب دارند، برگزاری مسابقات نقاشی، عکس یا ایده‌پردازی با موضوع "خاک پاک، شهر زیبا" و ارائه تخفیف‌های مالیاتی یا خدماتی به مجتمع‌ها و شرکت‌هایی که در طرح‌های حفظ خاک مشارکت می‌کنند.
 - بهر روی آموزش همگانی درباره سلامت خاک، سرمایه‌گذاری بلندمدت برای پایداری شهری است. شهروندانی که بدانند خاک‌آلوده چگونه بر سلامت، آب، هوا و غذای آن‌ها اثر می‌گذارد، به‌صورت خودجوش در حفظ آن مشارکت می‌کنند و همین آگاهی، قوی‌ترین ابزار نظارت و حفاظت محیط‌زیست شهری است.

• قوانین سخت‌گیرانه‌تر علیه آلوده‌کنندگان خاک

باتوجه به چالش‌های سلامت خاک‌های شهری، نیاز به سیاست‌گذاری‌های دقیق و تعیین چارچوب‌های قانونی در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. برای مثال، 60 درصد خاک‌های کشاورزی اروپا تا سال 2023، به دلیل عملیات کشاورزی نادرست تخریب شده‌اند و نیاز به اصلاح

و بازیابی دارند که برای این هدف می‌بایست عملیات کشت و کار بازبینی شود و سیاست‌ها تغییر داده شود تا پایداری خاک‌های کشاورزی تامین شود. در این راستا وضع قوانین سخت‌گیرانه در جهت تامین امنیت غذایی و حفاظت محیط زیست ضروری می‌باشد.

در ایران برای حفاظت از خاک، مجلس شورای اسلامی در سال 1398 «قانون حفاظت از خاک» را تصویب کرد. این قانون برای نخستین‌بار چارچوبی قانونی جهت پیشگیری، پایش و مقابله با آلودگی و تخریب خاک در کشور ایجاد کرده است.

قانون حفاظت از خاک، نقطه عطفی در سیاست‌های محیط‌زیستی ایران است که با اجرای کامل آن می‌توان از آلودگی‌های گسترده خاک شهری و صنعتی جلوگیری کرد، هزینه تخریب را بر عهده آلوده‌کننده گذاشت و از طریق جریمه، مجازات و آموزش، مسیر پایداری زیست‌محیطی را تقویت کرد. اجرای مؤثر قوانین مستلزم پایش دقیق، شفافیت اطلاعات، اراده قضایی و مشارکت مردمی است تا خاک به‌عنوان سرمایه‌ای خاموش حفظ شود.

بخش 6- آینده خاک‌های شهری

• فناوری‌های نوین و شهرهای آینده

شهرهای آینده دیگر تنها محل زندگی انسان‌ها نیستند، بلکه شبکه‌ای از انسان، طبیعت و فناوری خواهند بود. رشد جمعیت، کمبود منابع طبیعی، آلودگی محیط‌زیست و بحران انرژی، ضرورت استفاده از فناوری‌های نوین را در مدیریت شهری دوچندان کرده است. هدف شهرهای آینده، ایجاد محیطی پایدار، کارآمد، سالم و انسان‌محور است که در آن فناوری در خدمت کیفیت زندگی قرار گیرد.

محورهای اصلی فناوری‌های نوین در شهرهای آینده را می‌توان شامل استفاده از انرژی‌های پاک مانند پنل‌های خورشیدی، توسعه خودروهای برقی و هیبریدی برای کاهش آلودگی هوا و خاک، استفاده از فناوری نانو برای پالایش خاک‌های آلوده، استفاده از اپلیکیشن‌های حمل‌ونقل یکپارچه برای کاهش مصرف سوخت و ترافیک، استفاده از سامانه‌های هوشمند هشداردهنده برای جلوگیری از دفن پسماند خطرناک در خاک و تولید انرژی از زباله دانست.

فناوری‌های نوین می‌توانند به شکل مستقیم در تحقق اهداف توسعه پایدار کمک کنند. برای مثال، کاهش آلودگی خاک و هوا از طریق پایش و کنترل هوشمند، افزایش بهره‌وری منابع

طبیعی (آب، انرژی، زمین)، افزایش شفافیت و پاسخگویی مدیریت شهری و افزایش رفاه اجتماعی و سلامت شهروندان با محیط‌های سالم‌تر و هوشمندتر.



شکل 16: نمایی از شهرهای فناور در آینده

شهرهای آینده، ترکیبی از فناوری، پایداری و آگاهی اجتماعی هستند. در این شهرها، خاک‌آلوده، هوای ناسالم و مصرف بی‌رویه منابع جایی ندارند، زیرا سیستم‌های هوشمند و مردم آگاه، هم‌زمان مراقب سلامت محیط زندگی خود هستند.

• آینده شهر و خاک سالم

هر شهر بر بستری از خاک شکل گرفته است. خاک، ریشه زندگی شهری است، جایی که درختان می‌رویند، آب نفوذ می‌کند، و چرخه حیات ادامه می‌یابد. اما در بسیاری از شهرهای امروز، این بستر حیاتی در اثر آلودگی‌های صنعتی، فاضلاب، زباله و ساخت‌وساز بی‌رویه در حال فرسایش و نابودی است. بدون خاک سالم، هیچ فضای سبزی پایدار نخواهد ماند و هیچ شهری زنده نخواهد ماند.

مسیر آینده شهرها، بازگشت به خاک سالم است. برای اینکه آینده شهر تضمین شود، باید هم‌زمان مدیریت شهری، فناوری و آگاهی اجتماعی در کنار هم قرار گیرند. در این مسیر اقدامات ضروری شامل شناسایی نقاط آلوده و اجرای طرح‌های پاک‌سازی با استفاده از فناوری‌های زیستی و نانو، توسعه فضاهای سبز بر خاک‌های بازسازی‌شده برای بازگرداندن حیات به مناطق آسیب‌دیده، اجرای کامل قانون حفاظت از خاک، آموزش شهروندان درباره اهمیت خاک در

سلامت، کشاورزی شهری و فضای سبز و گسترش زیرساخت‌هایی مانند بام‌های سبز و مسیرهای نفوذپذیر برای بازسازی چرخه طبیعی خاک است. برای تحقق آینده سالم شهرها، باید به تدوین قوانین و استانداردهای ملی شهر هوشمند و پاک، ارتقای زیرساخت‌های فناوری، آموزش نیروی انسانی متخصص و ارتقای سواد زیست‌محیطی شهروندان توجه داشت.



شکل 17: نمایی از شهرهای آینده

آینده شهرها نه صرفاً در برج‌ها و جاده‌ها، بلکه در خاک سالم و آگاهی انسان‌ها رقم می‌خورد. آینده‌ای که در آن خیابان‌ها تمیز و درختان سبز باشند، نه از بتن و فولاد، بلکه از دانه‌های زنده و خاک پاک می‌روید. حفاظت از خاک، در واقع حفاظت از آینده است، آینده‌ای که در آن انسان و طبیعت دوباره در یک بستر مشترک نفس می‌کشند.

منابع مورد استفاده

محمد اسماعیل، ز. 1403. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی "پایش تغییرات کاربری اراضی کشاورزی اطراف مراکز استان‌های کشور با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (در بازه زمانی سال‌های 1334 تا 1400)". شماره نشریه 65470، موسسه تحقیقات خاک و آب.

European Environment Agency. 2016. Urban soil sealing and its effects on the environment. EEA Report No 10/2016.

GeoAI. 2023. <https://geoai.au/urban-heat-island-uhi-understanding-and-technology-for-measurement/>

GSP. 2015. <https://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/news/presentations-gsb23/en/c/284443/>

HYDE. 2023. <https://ourworldindata.org/grapher/urban-area-long-term>.

IPCC. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Lal, R. 2020. Soil science beyond soil. Soil Science Society of America Journal, 84(4), 835-846.

United Nations. 2014. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlight (ST/ESA/SER. /352). Department of Economic and Social Affairs, Population Division, United Nations, New York.

United Nations Environment Programme. 2021. Global waste management outlook 2021. United Nations.

World Health Organization (WHO). 2010. Exposure to Benzene: A Major Public Health Concer.