

Monitoring životného prostredia

Ing. Patrik Nemeč, PhD.

doc. Ing. Michal Holubčik, PhD.

Predslov

Vysokoškolské skriptá Monitoring životného prostredia majú za cieľ oboznámiť čitateľa s legislatívnymi základmi, princípmi, metódami, technikami a technickými zariadeniami monitorovacích systémov jednotlivých zložiek životného prostredia a znečisťujúcich látok. Budú slúžiť najmä študentom vysokoškolského bakalárskeho štúdia v študijnom odbore strojárstvo, konkrétne pre študijný program energetická a environmentálna technika s teoretickými základmi fyziky, termomechaniky, mechaniky tekutín, techniky prostredia, environmentalistiky a energetiky.

Vzhľadom na široký okruh monitorovacích aktivít koncepcie monitoringu životného prostredia SR a zameranie katedry sa v kapitolách učebného textu venujeme len vybraným monitorovacím systémom a oblastiam monitoringu súvisiacich s energetickým priemyslom. Skriptá sú rozdelené do siedmich kapitol. Prvá kapitola sa venuje legislatíve ochrany životného prostredia. Druhá popisuje monitoring životného prostredia. V tretej kapitole je opísané monitorovanie ovzdušia - imisná monitorovacia sieť, monitorovacie zariadenia a imisné limity. Štvrtá kapitola popisuje monitorovanie vody – odber vzoriek, odberové zariadenia, metódy a techniky. Piata kapitola sa zaoberá monitorovaním rádioaktivity – monitorovacia sieť, monitorované veličiny, monitorovacia technika a zariadenia. Šiesta kapitola sa zaoberá monitorovaním odpadov – monitorovací a informačný systém, odber vzoriek a analýza odpadu a monitorovanie skládky odpadu, v poslednej siedmej kapitole sa zoberáme monitorovaním hluku – hodnotenie hlukovej záťaže vo vonkajšom a vnútornom prostredí.

Skriptá vychádzajú z údajov získaných z noriem, vyhlášok, vysokoškolských skript a učebníc, odborných kníh, firemných príručiek, manuálov, odborných a vedeckých článkov z oblasti Ochrany a monitoringu životného prostredia.

Záverom ďakujeme za cenné rady a pripomienky recenzentom prof. Ing. Radovanovi Nosekovi, PhD. zo Strojníckej fakulty Žilinskej univerzity v Žiline a doc. Ing. Dušanovi Jandačkovi, PhD. zo Stavebnej fakulty Žilinskej univerzity v Žiline.

Autori

PodĎakovanie:

Táto publikácia vznikla vďaka podpore projektu KEGA 032ŽU-4/2022 „Implementácia poznatkov o moderných spôsoboch znižovania záťaže životného prostredia pri energetickom využívaní tuhých palív a odpadov do pedagogického procesu“.

Obsah

Zoznam značiek a skratiek	7
Úvod	13
1 Legislatívna ochrana životného prostredia	15
1.1 Legislatívna úroveň	15
1.1.1 Medzinárodné dohovory	15
1.1.2 Národná úroveň	16
1.1.3 Regionálna úroveň	16
1.1.4 Lokálna úroveň	16
1.2 Zákony ochrany životného prostredia	17
1.2.1 Všeobecná starostlivosť o životné prostredie	17
1.2.2 Posudzovanie vplyvov na životné prostredie	17
1.2.3 Integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania životného prostredia	18
1.2.4 Ochrana vôd a ich racionálne využívanie	18
1.2.5 Ochrana ovzdušia, ozónovej vrstvy Zeme a zmena klímy	19
1.2.6 Radiačná ochrana	20
1.2.7 Ochrana zdravia pred hlukom	20
1.2.8 Nakladanie s odpadom	21
2 Monitoring životného prostredia	23
2.1 Členenie monitoringu životného prostredia	24
2.1.1 Celoplošný monitoring	24
2.1.2 Regionálny monitoring	29
2.1.3 Účelový monitoring	29
2.1.4 Informačný systém monitoringu životného prostredia	30
2.1.5 Environmentálna regionalizácia	32
3 Monitorovanie ovzdušia	33
3.1 Monitorovacia sieť	33
3.2 Meracie zariadenia na monitorovanie imisií	35
3.2.1 Merací systém	36
3.2.2 Meranie koncentrácie špecifických znečisťujúcich látok	38
3.2.3 Meranie meteorologických veličín	38
3.2.4 Kalibračný systém	39
3.2.5 Ochranný a bezpečnostný systém	39
3.2.6 Systém spracovania a prenosu údajov	40
3.2.7 Prezentácia výsledkov	41

3.3	Koncentračné limity znečistenia ovzdušia	42
3.3.1	Limitné hodnoty znečisťujúcich látok na ochranu zdravia ľudí	43
3.3.2	Horná medza a dolná medza na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia.....	44
3.3.3	Indexy kvality a znečistenia ovzdušia	46
3.4	Smogový varovný systém.....	49
4	Monitorovanie vôd.....	51
4.1	Monitorovacia sieť.....	53
4.2	Odber vzoriek vôd	56
4.2.1	Účel odberu vzoriek	58
4.2.2	Vzorkovacia technika	58
4.2.3	Automatické vzorkovacie zariadenie	59
4.2.4	Metódy odberu vzoriek	60
4.2.5	Odber zrážkovej vody	62
4.2.6	Odber vzoriek povrchových vôd	63
4.2.7	Odber podzemnej vody	67
4.2.8	Odber v úpravniach vody, z vodovodných kohútikov	69
4.2.9	Odber odpadových vôd	69
4.3	Analýza vzoriek.....	70
4.3.1	Analýza vzoriek na mieste odberu a ich konzervovanie	70
4.3.2	Laboratórna analýza vlastností a stanovenie zložiek vôd	71
5	Monitorovanie rádioaktivity	75
5.1	Radiačná monitorovacia sieť	75
5.1.1	Činnosť radiačnej monitorovacej siete.....	78
5.2	Monitorovanie kontaminácie ovzdušia, vypustí a niektorých zložiek životného prostredia	81
5.2.1	Veličiny a jednotky používané v radiačnej ochrane.....	83
5.2.2	Monitorovanie príkonu priestorového dávkového ekvivalentu gama žiarenia ..	84
5.2.3	Monitorovanie aerosólov.....	87
5.2.4	Zdroje rádioaktívneho žiarenia a úroveň ožiarenia	90
6	Monitorovanie odpadov	93
6.1	Druhy odpadov	93
6.2	Čiastkový monitorovací systém Odpady.....	95
6.2.1	Regionálny informačný systém o odpadoch (RISO).....	95
6.2.2	Informačný systém OBALY	96
6.2.3	Informačný systém ELEKTRO	97

6.2.4	Informačný systém NEOBALY	97
6.2.5	Metódy analytickej kontroly odpadov	98
6.2.6	Odber vzoriek tuhého odpadu	99
6.2.7	Príprava vodného výluhu z odpadu	101
6.2.8	Stanovenie sledovaných chemických a ostatných ukazovateľov	102
6.2.9	Kvantitatívne analýzy zloženia komunálnych odpadov	102
6.3	Monitorovanie skládok	104
6.3.1	Meteorologické údaje	105
6.3.2	Emisné údaje	105
6.3.3	Ochrana podzemných a povrchových vôd	106
6.3.4	Topografia skládky odpadov	108
6.5	Životný cyklus skládkovania komunálneho odpadu	109
7	Monitorovanie hluku	111
7.1	Charakteristika zvuku a hluku	111
7.2	Hluková záťaž človeka od okolitého prostredia	114
7.2.1	Hodnotenie hlukovej záťaže vo vonkajšom prostredí	115
7.2.2	Hodnotenie hlukovej záťaže vo vnútornom prostredí	116
7.2.3	Prípustné hodnoty určujúcich veličín hluku vo vonkajšom prostredí	119
7.2.4	Prípustné hodnoty určujúcich veličín hluku a infrazvuku vo vnútornom prostredí	122
7.2.5	Akčné hodnoty hlukových indikátorov vo vonkajšom prostredí	124
7.2.6	Akčné hodnoty normalizovanej hladiny expozície hluku na pracovisku	124
7.3	Meranie hluku	126
7.3.1	Požiadavky na meranie a hodnotenie hluku, infrazvuku a vibrácií	127
7.3.2	Metódy merania hluku	127
	Literatúra	129

Zoznam značiek a skratiek

μ	dynamická viskozita plynu (Pa.s)
a	priemer častice (m)
Ag	Striebro
Al	Hliník
As	Arzén
Ba	Bárium
BaP	Benzo(a)pyrén
Be	Berílium
Br	Bróm
BRO	biologicky rozložiteľný odpad
BSK	biochemická spotreba kyslíka
BTX	benzén, toluén, xylén
Ca	Vapník
Cd	Kadmium
CGS	Centrálny geografický systém
c_{Hi}	hraničná hodnota koncentrácie
Cl	Chlór
c_{Lo}	hraničná hodnota koncentrácie
CLRTAP	(Convention on Long-range Transboundary Air Pollution) Diaľkový prenos znečistenia ovzdušia prechádzajúci hranicami štátov
CO	Civilná ochrana
Co	Kobalt
CO	oxid uhoľnatý
Cr	Chróm
Cs	Céziu
Cu	Meď
c_{ZL}	príslušná koncentrácia ZL,
ČMS	častkový monitorovací systém
d	maximálny priemer jednotlivého zrna odpadu (mm)
EBO	Elektráreň Jaslovské Bohunice
EHK OSN	Európska hospodárska komisia Organizácie Spojených národov

EIA	Environmental Impact Assessment
EMEP	Program spolupráce pre monitorovanie a vyhodnocovanie diaľkového šírenia látok, znečisťujúcich ovzdušie v Európe
EMO	Elektrárň Mochovce
EÚ	Európska únia
F	Fluór
Fe	Železo
FMFI UK	Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského
g	gravitačné zrýchlenie (m/s^2),
G	minimálna hmotnosť jednotlivej vzorky (kg)
GIS	Geografický informačný systém
H ₂ S	sírovodík
Hg	Ortuť
hm.	hmotnosť
HNO ₃	kyselina dusičná
CHO	Centra havarijnej odozvy
CHSK	Chemická spotreba kyslíka
I	Indium
IBV	Individuálna bytová výstavba (rodinné domy)
ICRP	Medzinárodnej komisie na ochranu pred žiarením
I _{H8h}	priemerná 8-hodinová koncentrácia znečisťujúcej látky.
I _{Hd}	priemerná denná koncentrácia znečisťujúcej látky.
I _{Hi}	hodnota IKO prislúchajúca k c _{Hi} ,
I _{Hk}	priemerná polhodinová koncentrácia znečisťujúcej látky.
I _{Hr}	priemerná ročná koncentrácia znečisťujúcej látky.
IKO	index kvality ovzdušia
IKOZL	index pre znečisťujúcu látku,
I _{Lo}	hodnota IKO prislúchajúca k c _{Lo}
ISM	Informačný systém monitoringu
ISO ŽP	Informačný systém odborov životného prostredia
ISOH	Informačný systém odpadového hospodárstva
ISŽP	Informačný systém životného prostredia

I _{ZO}	index znečistenia ovzdušia
I _{ZOd}	index denného znečistenia
I _{ZOk}	index krátkodobého znečistenia
I _{ZOr}	index dlhodobého znečistenia
JAVYS	Jadrová a vyrad'ovacia spoločnosť
JE	jadrová elektrárňa
K	Draslík
KBV	Komplexná bytová výstavba (bytové domy)
KDZ	Katalóg dátových zdrojov
KCHL	Kontrolné chemické laboratória
KO	Komunálny odpad
KRH SR	Komisia vlády SR pre radiačné havárie
Li	Lítium
LRKO EBO	Laborátormi radiačnej kontroly okolia Elektrárne Jaslovské Bohunice
LRKO EMO	Laborátormi radiačnej kontroly okolia Elektrárne Mochovce
M	molárny objem znečisťujúcej látky (cm ³ /mol).
M	molekulová hmotnosť znečistených látok (mg/mol),
Mg	Horčík
MH SR	Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky
MMKO	meracích miestach kontaminácie ovzdušia
Mn	Mangán
Mo	Molybdén
MO SR	Ministerstvo obrany Slovenskej republiky
MSSC	miestny stredný slnečný čas
MV SR	Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky
MZ SR	Ministerstvo zdravotníctva Slovenskej republiky
MŽP SR	Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
N	Dusík
Na	Sodík
NaCl	chlorid sodný
NH ₄	amoniak
Ni	Nikel

NLC	Národné lesnícke centrum Zvolen
NO	Nebezpečný odpad
NO ₂ ⁻	anión oxidu dusičitého
NO ₂	oxid dusičitý
NO ₃ ⁻	anión dusičnanu
NO _x	oxid dusíka
NR	Národná rada
O ₃	ozón
obj.	objem
P	Fosfór
Pb	Olovo
PC	(personal computer) osobný počítač
PF UK	Právnická fakulta Univerzity Komenského
PM ₁₀	častice prachu menšie ako 10 μm
PM _{2,5}	častice prachu menšie ako 2,5 μm
PO ₄ ³⁻	anión fosfátu
ppb	(parts per billion) počet častíc na milión
ppm	(parts per million) počet častíc na milión
PPVO	Program predchádzania vzniku odpadov
Q ₁	hustota plynu (kg/m ³),
Q ₂	hustota častíc (kg/m ³),
Rb	Rubídium
Re	Reynoldsovo číslo
RCHBO OS SR	Radiačná, chemická a biologická ochrana Ozbrojených síl Slovenskej republiky
RIS	Rezortného informačného systému
RISO	Regionálny informačný systém o odpadoch
RMS ČSFR	Radiačná monitorovacia sieť Československej federatívnej republiky
RMS SR	Radiačná monitorovacia sieť Slovenskej republiky
Rn Radón	
SDS	Stabilná dozimetrická stanička
SE EBO	Slovenské elektrárne Závod atómovej elektrárne Jaslovské Bohunice

Se	Selén
SE	Slovenské elektrárne
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
Si	Kremík
SiO ₂	oxid kremičitý
SIŽP	Slovenskej inšpekcie životného prostredia
SMM	stabilné monitorovacie miesta
SO ₂	oxid siričitý
SO ₄ ²⁻	anión síranu
SR	Slovenská republika
Sr	Stroncium
SÚRMS	Slovenské ústredie radiačnej monitorovacej siete
SVV MO SR	Sieť včasného varovania Ministerstva obrany Slovenskej republiky
SVV	Sieť včasného varovania
SZU	Slovenská zdravotnícka univerzita
ŠGÚDŠ	Štátny geologický ústav Dionýza Štúra
ŠOP SR	Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky
Th	Thórium
TLD	Termoluminiscenčný dozimeter
TOC	celkový organický uhlík
TZL	tuhé znečisťujúce látky
U	Urán
ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
UN ECE	(United Nations Economic Commission for Europe) Európska hospodárska komisia Organizácie Spojených národov
U _p	rýchlosť padania častice (m/s),
UV	ultrafialový
ÚVZ SR	Úradu verejného zdravotníctva Slovenskej republiky
V	Vanád
VIS	Vnútorý informačný systém
VÚJE	Výskumný ústav jadrovej energetiky
VÚP	Výskumný ústav potravinársky

VÚPOP	Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy
VÚVH	Výskumný ústav vodného hospodárstva
ZHN	Zbrane hromadného ničenia
Zn	Zinok
ŽP	životné prostredie

Úvod

Potreba chrániť životné prostredie pred znečistením je stále jednou z najdôležitejších tém moderného sveta. Je všeobecne akceptované, že životné prostredie zahŕňa širokú škálu elementov, vrátane ovzdušia, vody, pôdy, flóry a fauny, ako aj ľudského zdravia a bezpečnosti, a že tieto majú byť chránené ako súčasť globálneho cieľa zaistiť trvalo udržateľný rozvoj.

Keďže množstvo energie a vplyv na životné prostredie sú v priamej úmere, je potrebné zaoberať sa racionalizáciou dopytu po energii s ohľadom na jej spotrebu a efektívne využívanie. Jedným z cieľov energetickej politiky z pohľadu trvalo udržateľného rozvoja je zníženie nepriaznivých účinkov energetiky na životné prostredie, a to presadzovaním programov, ktoré umožňujú zvýšiť podiel environmentálne vhodných a ekonomicky prijateľných energetických systémov, predovšetkým na báze nových a obnoviteľných zdrojov a presadzovaním efektívnejších a menej znečisťujúcich spôsobov transformácie, prenosu, distribúcie a využívania energie pri spravodlivom a primeranom zásobovaní energiou v súčasnosti, ako aj v budúcnosti.

Rozhodovanie o energeticky úsporných aktivitách a aktivitách zameraných na ochranu a tvorbu životného prostredia a o faktoroch, ktoré ho ovplyvňujú, je základom pre efektívne rozhodovanie sa v záujme zlepšenia stavu životného prostredia. Túto neľahkú úlohu riešia odborníci prostredníctvom rôznych nástrojov: od ochrany prírody a krajiny cez identifikovanie a spoznanie vplyvov činností na ŽP posudzujú ich dopady na jeho kvalitu, uvedomujúc si prepojenie zložiek životného prostredia riešia integrovaným prístupom prevenciu znečisťovania týchto zložiek, identifikujú a hodnotia existujúce a potenciálne riziká, havárie, záťaž v ŽP a škody na ŽP. Zabezpečenie získavania, spracovania a poskytovania kvalitných údajov o stave a vývoji životného prostredia prostredníctvom monitorovacích a nadväzných informačných systémov životného prostredia je založené na určitom systéme ich zberu v nadväznosti na medzinárodné pravidlá a záväzky, najmä v rámci európskych štruktúr, následne prevzatých národnými legislatívnymi predpismi, podľa ktorých sa vykonáva monitorovanie jednotlivých zložiek životného prostredia.

1 Legislatívna ochrana životného prostredia

Starostlivosť o ŽP je koncepcia, ktorú zaujala spoločnosť smerom k životnému prostrediu. Cieľom starostlivosti o životné prostredie je zachovať alebo zlepšiť jeho kvalitu s ohľadom na všetky organizmy vrátane človeka pri dodržiavaní zásad udržateľného rozvoja. Starostlivosť o ŽP sa realizuje ako tvorba a ochrana životného prostredia. Tvorba ŽP je cieľavedomá ľudská činnosť zameraná na optimalizáciu prírodných aj umelých zložiek krajiny (urbanizmus, stavebná činnosť, hospodársko-technické úpravy pozemkov, meliorácie, protipovodňové úpravy, rekultivácie,...). Ochrana ŽP zahŕňa činnosti, ktorými sa predchádza znečisťovaniu alebo poškodzovaniu ŽP, alebo sa toto znečisťovanie obmedzuje a odstraňuje; zahŕňa ochranu jeho jednotlivých zložiek alebo konkrétnych ekosystémov a ich vzájomných väzieb, ale aj ochranu ŽP ako celku.

Slovenská republika ako členský štát Európskej únie prenáša právne záväzné environmentálne normy prijaté Európskym parlamentom a Radou ministrov, ktorá reprezentuje členské štáty, ako spolutvorcov legislatívy EÚ do svojho právneho poriadku, a prostredníctvom verejnej správy zabezpečuje ich uplatňovanie v praxi. Starostlivosť o životné prostredie upravuje zákon č. 525/2003 Z. z. o štátnej správe starostlivosti o životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov, v znení neskorších predpisov. Tento zákon pod starostlivosťou o životné prostredie rozumie tvorbu a ochranu životného prostredia. V Slovenskej republike sa štátna správa uplatňuje v rozsahu ustanovenom súborom právnych predpisov, ktoré upravujú napr. oblasť odpadov, vôd, ochrany ovzdušia, ochranu prírody a krajiny, rybárstva, vodovodov a kanalizácií a pod. (Nemec 2020).

1.1 Legislatívna úroveň

Legislatívna úroveň environmentálnych právnych noriem sa člení na:

- medzinárodná,
- národná,
- regionálna,
- lokálna.

1.1.1 Medzinárodné dohovory

V Slovenskej republike sa ustanovenie o väčšej právnej sile medzinárodných dokumentov nad domácou legislatívou implementovalo vo februári 2001 novelizáciou Ústavy SR. Ústava SR po novelizácii v čl. 1, ods. 2 hovorí: "Slovenská republika uznáva a dodržiava všeobecné pravidlá medzinárodného práva, medzinárodné zmluvy, ktorými je viazaná, a svoje ďalšie medzinárodné záväzky".

Čl. 7, ods. 5 uvádza: "Medzinárodné zmluvy o ľudských právach a základných slobodách, medzinárodné zmluvy, na ktorých vykonanie nie je potrebný zákon, a medzinárodné zmluvy, ktoré priamo zakladajú práva alebo povinnosti fyzických osôb alebo právnických osôb,

a ktoré boli ratifikované a vyhlásené spôsobom daným zákonom, majú prednosť pred zákonmi" (*Nemec 2020*).

1.1.2 Národná úroveň

Národná legislatívna úroveň v obsahuje predovšetkým právne predpisy v oblasti životného prostredia, ktoré majú platnosť na celom území Slovenskej republiky.

Predmetom sú nasledovne právne normy:

- ústavné zákony vzťahujúce sa aj na životné prostredie,
- zákony v oblasti životného prostredia,
- vládne nariadenia v oblasti životného prostredia,
- vyhlášky, výnosy a oznámenia ústredných orgánov štátnej správy (*Nemec 2020*).

1.1.3 Regionálna úroveň

Regionálna legislatívna úroveň obsahuje predovšetkým právne predpisy v oblasti životného prostredia, ktoré boli vydané regionálnymi orgánmi verejnej správy a majú platnosť na území jednotlivých regiónov podľa územnosprávneho členenia Slovenskej republiky, prípadne podľa územných obvodov špecializovanej štátnej správy životného prostredia (*Nemec 2020*).

Predmetom sú nasledovné právne normy:

- všeobecne záväzné vyhlášky krajských úradov životného prostredia,
- právne normy s regionálnou pôsobnosťou vyšších územných celkov (*Nemec 2020*).

1.1.4 Lokálna úroveň

Lokálna legislatívna úroveň obsahuje predovšetkým právne predpisy v oblasti životného prostredia, ktoré boli vydané miestnou špecializovanou štátnou správou životného prostredia a samosprávou, a majú platnosť na území miest a obcí.

Predmetom sú nasledovné právne normy:

- všeobecne záväzné vyhlášky obvodných úradov životného prostredia,
- všeobecne záväzné nariadenia miest a obcí v oblasti životného prostredia.

Vytvorený systém s uplatnením inštitucionálneho prístupu rešpektuje hierarchiu právnych noriem podľa stupňa právnej sily:

- medzinárodné zmluvy (subjekty medzinárodného práva),
- ústava a ústavné zákony (parlament),
- zákony (parlament),
- vládne nariadenia (vláda),
- vyhlášky a výnosy (ministerstvá),

- právne normy s regionálnou a lokálnou pôsobnosťou (miestna štátna správa a samospráva) (Nemec 2020).

1.2 Zákony ochrany životného prostredia

Nasledujúce kapitoly sú venované základným legislatívnym dokumentom zaoberajúcim sa celkovou ochranou životného prostredia a ochranou vybraných zložiek životného prostredia ako aj ochranou pred vybranými zdrojmi znečistenia životného prostredia, ktoré sú predmetom obsahu skrípt.

1.2.1 Všeobecná starostlivosť o životné prostredie

Položka Všeobecná starostlivosť o životné prostredie obsahuje na národnej úrovni celkovo 18 aktuálnych právnych predpisov.

Základnou právnou normou environmentálneho práva v právnom poriadku Slovenskej republiky je zákon č. 17/1992 Zb. o životnom prostredí, ktorý vymedzuje základné pojmy a ustanovuje základné zásady ochrany životného prostredia a povinnosti právnických a fyzických osôb pri ochrane a zlepšovaní stavu životného prostredia a pri využívaní prírodných zdrojov; vychádza pritom z princípu trvalo udržateľného rozvoja.

Zoznam zákonov:

- Zákon č. 17/1992 Zb. o životnom prostredí (v znení č. 211/2000 Z. z., 332/2007 Z.z. a zákona č. 388/2021 Z.z).
- Zákon č. 525/2003 Z. z. o štátnej správe starostlivosti o životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- Zákon č. 205/2004 Z. z. o zhromažďovaní a šírení informácií o životnom prostredí a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- Zákon č. 587/2004 Z. z. o Environmentálnom fonde a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- Zákon č. 515/2008 Z.z, ktorým sa menia a dopĺňajú niektoré zákony v oblasti starostlivosti o životné prostredie v súvislosti so zavedením meny euro.
- Zákon č. 201/2009 Z.z. o štátnej hydrologickej službe a štátnej meteorologickej službe.
- Zákon č. 359/2007 Z.z. o prevencii a náprave environmentálnych škôd a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

1.2.2 Posudzovanie vplyvov na životné prostredie

Posudzovanie vplyvov na životné prostredie je obsiahnuté na národnej úrovni celkovo v 2 aktuálnych právnych predpisoch.

Proces posudzovania vplyvov určitých stavieb, zariadení a iných činností na životné prostredie (Environmental Impact Assessment – v medzinárodne zaužívanej skratke „EIA“) sa uplatňuje v hospodársky vyspelých krajinách už viac ako 30 rokov. Predstavuje účinný

preventívny systém, ktorý vychádza z prognózy a hodnotenia očakávaných vplyvov (negatívnych i pozitívnych) plánovaných činností na životné prostredie.

V Slovenskej republike bol v roku 1994 prijatý zákon NR SR č. 127/1994 Z.z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie, ktorý sa uplatňoval od 1.9. 1994 do 1.2.2006, kedy nadobudol účinnosť zákon NR SR č. 24/2006 Z.z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Predmetom zákona je upraviť postup pri komplexnom odbornom a verejnom posudzovaní vplyvov na životné prostredie strategických dokumentov (koncepce, politiky, plány, programy) a navrhovaných činností (projekty, stavby zariadenia a iný zásah do životného prostredia) na životné prostredie.

Odbornú spôsobilosť na účely posudzovania vplyvov na životné prostredie upravuje vyhláška MŽP SR č. 113/2006 Z.z., ktorá nadobudla účinnosť 1.3.2006 (*Nemec 2020*).

1.2.3 Integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania životného prostredia

Integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania životného prostredia je obsiahnutá na národnej úrovni celkovo v 2 aktuálnych právnych predpisoch so zapracovaním priamych a nepriamych novelizácií (5 noviel).

Slovenská republika zákonom č. 39/2013 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov, účinného od 15.3.2013 využíva jeden z nástrojov Európskej únie pre obmedzovanie znečistenia životného prostredia do praxe (Smernica 96/61/ES o IPPC (Integrated Pollution and Prevention Control).

Účelom zákona je v súlade s právom Európskeho spoločenstva dosiahnuť vysokú úroveň ochrany životného prostredia ako celku, zabezpečenie integrovaného výkonu verejnej správy pri povoľovaní prevádzky a zriadenia a prevádzkovania integrovaného registra znečisťovania životného prostredia. Táto právna norma mení prístup v ochrane životného prostredia a predstavuje prechod od systému odstraňovania znečistenia z konca technologických procesov („end of pipe“) a zložiek životného prostredia na prevenciu, znížovanie a elimináciu emisií škodlivých látok priamo u zdroja v súlade so zásadou „znečisťovateľ platí“.

Pojem „integrovaná ochrana životného prostredia“ zahŕňa uvažovanie o vplyvoch na všetky zložky životného prostredia (ovzdušie, voda, pôda a biota) spolu, namiesto oddeleného pohľadu na jednotlivé zložky. Dôvodom je, že kontrola vypúšťania látky do jednej zložky životného prostredia môže spôsobiť presun látky do inej zložky životného prostredia (*Nemec 2020*).

1.2.4 Ochrana vôd a ich racionálne využívanie

Ochrana vôd a ich racionálne využívanie je obsiahnuté na národnej úrovni v 41 aktuálnych právnych predpisoch so zapracovaním priamych a nepriamych novelizácií.

Členenie v rámci zložky:

- Ochrana vôd (24 právnych predpisov)
- Ochrana pred povodňami (6 právnych predpisov)

- Rybárstvo (2 právne predpisy)
- Verejné vodovody a kanalizácie (9 právnych predpisov)

Slovenská republika transponovala rámcovú smernicu o vodách (smernica 2000/60/ES) do nového vodného zákona č. 364/2004 Z.z. o vodách a o zmene zákona SNR č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon).

Hlavným cieľom právnej úpravy na úseku ochrany vôd a ich racionálneho využívania je dosiahnutie „dobrého stavu“ všetkých vôd, ktorý by mal byť dosiahnutý do roku 2015. Dobrý stav povrchových vôd predstavuje dosiahnutie dobrého ekologického a dobrého chemického stavu pre útvary povrchových vôd a dobrého ekologického potenciálu a dobrého chemického stavu pre umelé vodné útvary a výrazne zmenené vodné útvary (kanály, prieplyvy, vodné nádrže a pod.).

Dobrý stav podzemných vôd znamená dosiahnutie dobrého kvantitatívneho a dobrého chemického stavu a odvrátenie trendov zvyšovania koncentrácie znečisťujúcich látok vo vodnom prostredí (*Nemec 2020*).

1.2.5 Ochrana ovzdušia, ozónovej vrstvy Zeme a zmena klímy

Ochrana ovzdušia, ozónovej vrstvy Zeme a zmena klímy je obsiahnutá na národnej úrovni v 23 aktuálnych právnych predpisoch so zapracovaním priamych a nepriamych novelizácií.

Členenie v rámci zložky:

- Ochrana ovzdušia (14 právnych predpisov).
- Ochrana ozónovej vrstvy Zeme (6 právnych predpisov).
- Zmena klímy - obchodovanie s emisnými kvótami (3 právne predpisy).

V ochrane ovzdušia je kladený v prvom rade dôraz na dosiahnutie takej kvality ovzdušia, ktorá na základe súčasných vedeckých poznatkov neohrozí zdravie ľudí a ani životné prostredie. Najnovšie výskumy dokázali, že kvalita ovzdušia je jednou zo základných príčin zvyšovania výskytu respiračných ochorení.

Zákon č. 137/2010 Z. z. o ovzduší s účinnosťou od 1. júna 2010, preberá smernicu Európskeho parlamentu a Rady 2008/50/ES o kvalite okolitého ovzdušia a čistejšom ovzduší v Európe do právneho systému Slovenskej republiky a transponuje do právneho poriadku smernicu Európskeho parlamentu a Rady č. 2006/123/ES o službách na vnútornom trhu, ktorá sa týka požiadaviek na povolenie oprávnených meraní emisií a kvality ovzdušia.

Európska únia považuje zmenu klímy za jednu zo svojich environmentálnych priorít a v záujme splnenia záväzku vyplývajúceho z Kjótskeho protokolu prijala 13. októbra 2003 Smernicu 2003/87/ES Európskeho parlamentu a Rady o vytvorení systému obchodovania s emisnými kvótami skleníkových plynov v spoločenstve, ktorou sa mení a dopĺňa Smernica Rady 96/61/ES. Slovenská republika uvedenú smernicu transponovala zákonom NR SR č. 572/2004 Z.z. o obchodovaní s emisnými kvótami a o zmene a doplnení niektorých zákonov (*Nemec 2020*).

1.2.6 Radiačná ochrana

Radiačnú ochranu Slovenskej republiky zabezpečuje a riadi Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky. Monitorovanie rádioaktívnej kontaminácie jednotlivých zložiek životného prostredia a potravinového reťazca sa riadi zákonom č. 87/2018 Z. z. O radiačnej ochrane a vykonáva sa v súlade s monitorovacím plánom a medzinárodnými požiadavkami vyplývajúcimi z článkov 35 a 36 Zmluvy Euratom a v súlade s požiadavkami Európskej komisie.

Vykonávacie predpisy zákona č. 87/2018 Z. z. sú:

- Vyhláška MZ SR č. 96/2018 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o činnosti radiačnej monitorovacej siete.
- Vyhláška MZ SR č. 98/2018 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o obmedzovaní ožiarenia pracovníkov a obyvateľov z prírodných zdrojov ionizujúceho žiarenia.
- Vyhláška MZ SR č. 99/2018 Z. z. o zabezpečení radiačnej ochrany.
- Vyhláška MZ SR č. 100/2018 Z. z. o obmedzovaní ožiarenia obyvateľov z pitnej vody, z prírodnej minerálnej vody a z pramenitej vody.
- Vyhláška MZ SR č. 101/2018 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o zabezpečení radiačnej ochrany pri vykonávaní lekárskeho ožiarenia.

Na celom území Slovenskej republiky sú rovnomerne rozmiestnené desiatky detekčných zariadení, ktorými sa nepretržite monitoruje úroveň dávkových príkonov gama žiarenia v ovzduší – tieto stacionárne meracie zariadenia sú súčasťou siete včasného varovania na zabezpečenie trvalého sledovania radiačnej situácie, ktorú tvoria Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky, príslušné regionálne úrady verejného zdravotníctva (v Banskej Bystrici, Nitre, Košiciach, Bratislave), Slovenský hydrometeorologický ústav a radiačný monitorovací systém Ministerstva vnútra Slovenskej republiky a Ministerstva obrany Slovenskej republiky. Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky a príslušné regionálne úrady verejného zdravotníctva (v Banskej Bystrici, Nitre, Košiciach, Bratislave) vykonávajú aj integrálne merania s využitím termoluminiscenčných dozimetrov na 56 monitorovacích miestach na území Slovenskej republiky.

1.2.7 Ochrana zdravia pred hlukom

Zabezpečenie účinnej ochrany obyvateľov pred expozíciou hluku v životnom prostredí, resp. neprekročenie prípustných hodnôt ekvivalentných hladín hluku stanovených vyhláškou Ministerstva zdravotníctva SR č. 549/2007 Z. z., ktorou sa ustanovujú prípustné hodnoty hluku, infrazvuku a vibrácií a o požiadavkách na objektivizáciu hluku, infrazvuku a vibrácií v životnom prostredí v znení vyhlášky MZ SR č. 237/2009 Z. z. je podľa platnej legislatívy (§ 27 ods. 1 zákona č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov) povinnosťou právnickej osoby alebo podnikateľa, ktorý zdroj hluku prevádzkuje. V prípade hluku spôsobeného dopravou je za zabezpečenie takejto ochrany zodpovedný správca príslušnej pozemnej komunikácie, prevádzkovateľ železničnej dráhy, letiska a pod. Kontrolu dodržiavania uvedenej legislatívy zabezpečujú v rámci výkonu štátneho zdravotného dozoru podľa § 54 jednotlivé orgány verejného zdravotníctva, t. j. regionálne úrady verejného zdravotníctva (RÚVZ) podľa miestnej príslušnosti.

Právne predpisy v oblasti ochrany zdravia pred hlukom:

- Zákon č. 2/2005 Z. z. o posudzovaní a kontrole hluku vo vonkajšom prostredí a o zmene zákona Národnej rady Slovenskej republiky č. 272/1994 Z.z. o ochrane zdravia ľudí v znení zákona č.170/2009 Z.z..
- Nariadenie vlády SR č. 43/2005 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o strategických hlukových mapách a akčných plánoch ochrany pred hlukom v znení NV SR č. 150/2018 Z.z..
- Zákon č. 124/2006 Z. z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci v znení zákona č.118/2015 Z.z..
- Nariadenie vlády SR č. 115/2006 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou hluku v znení NV č. 555/2006 Z.z..
- Nariadenie vlády SR č. 416/2005 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou vibráciám v znení NV SR č. 629/2005 Z. z..
- Vyhláška MZ SR č. 448/2007 Z. z. o podrobnostiach a faktoroch práce a pracovného prostredia vo vzťahu ku kategorizácii prác z hľadiska zdravotných rizík a náležitosti návrhu na zaradenie prác do kategórií v znení vyhlášky č. 220/2019 Z.z..
- Vestník SR čiastka 25-27 zo dňa 10.októbra 2010, Odborné usmernenie MZ SR, ktorým sa upravuje postup pri posudzovaní hladiny expozície hluku zamestnancov používajúcich chrániče sluchu.

1.2.8 Nakladanie s odpadom

Jednou z významných úloh štátu je aj nakladanie s odpadom a ochrana životného prostredia s tým spojená. Preto má aj Slovenská republika svoje odpadové hospodárstvo, ktorého cieľom je zamedziť jeho vzniku, prípadne ho odborne zneškodniť. Hlavným cieľom odpadového hospodárstva je, aby odpad nemal negatívny vplyv na zdravie obyvateľov alebo životné prostredie. Práva a povinnosti právnických osôb a fyzických osôb v oblasti odpadov ustanovuje zákon NR SR č. 79/2015 Z. z. o odpadoch a zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon o odpadoch“).

Právne predpisy v oblasti Odpadov a obalov:

- Zákon č. 79/2015 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov,
- Zákon č. 329/2018 Z. z. o poplatkoch za uloženie odpadov a o zmene a doplnení zákona č. 587/2004 Z. z. o Environmentálnom fonde a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov,
- Zákon č. 302/2019 Z. z. o zálohovaní jednorazových obalov na nápoje a o zmene a doplnení niektorých zákonov,
- Nariadenie vlády SR č. 330/2018 Z. z., ktorým sa ustanovuje výška sadzieb poplatkov za uloženie odpadov a podrobnosti súvisiace s prerozdeľovaním príjmov z poplatkov za uloženie odpadov,
- Vyhláška MŽP SR č. 371/2015 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o odpadoch,
- Vyhláška MŽP SR č. 365/2015 Z. z., ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov, Vyhláška MŽP SR č. 366/2015 Z. z. o evidencnej povinnosti a ohlasovacej povinnosti,
- Vyhláška MŽP SR č. 373/2015 Z. z. o rozšírenej zodpovednosti výrobcov vyhradených výrobkov a o nakladaní s vyhradenými prúdmi odpadov,

- Vyhláška MŽP SR č. 382/2018 Z. z. o skládkovaní odpadov a uskladnení odpadovej ortuti.
- Oznámenie č. 368/2015 Z. z. o jednotných metódach analytickej kontroly odpadov MŽP SR
- Smernica Európskeho Parlamentu a Rady (EÚ) 2018/852 z 30. mája 2018, ktorou sa mení smernica 94/62/ES o obaloch a odpadoch z obalov

2 Monitoring životného prostredia

Globálne procesy industrializácie priniesli v celosvetovom meradle, popri nesporene pozitívnych výsledkoch i rad negatívnych dopadov na všetky zložky životného prostredia, najmä na znečisťovanie vôd, ovzdušia, pôd a zhoršovanie zdravia obyvateľstva. Koncepcia udržateľného rozvoja je zrejme jedinou rozumnou alternatívou ľudstva. Trvalo udržateľný rozvoj, chápaný ako manažment viacerých zložitých systémov, vyžaduje určiť ciele, metódy a nástroje identifikácie stavu prostredia, ako aj spôsoby a prostriedky na realizáciu týchto cieľov. Monitoring životného prostredia je jedným z dôležitých nástrojov na zisťovanie stavu a vývoja zložiek životného prostredia a na ne pôsobiacich vplyvov. Objektívne poznanie stavu základných zložiek životného prostredia, antropogénnych vplyvov na ne a najmä vplyv na človeka, ako aj reálne stanovenie vývojových tendencií, tým aj možnosť prijímania racionálnych a účinných opatrení na zlepšenie stavu životného prostredia, je možné len na základe funkčného uceleného monitoringu systému o životnom prostredí. Tento umožní aj porovnať stav životného prostredia na Slovensku s inými krajinami.

Monitoring životného prostredia pokrýva široký rozsah činností. Vychádza z dlhodobých ekologických výskumov a na medzinárodnej úrovni sa spája so vznikom koncepcie Globálneho monitorovacieho systému z roku 1972. Na Slovensku sa stav životného prostredia sledoval v rámci jednotlivých rezortov, čo neumožňovalo získať komplexnú informáciu o celom území. Vláda Slovenskej republiky v roku 1990 rozhodla o vytvorení celoplošného monitorovacieho systému pre územie Slovenskej republiky, ako aj integrovaného informačného systému o životnom prostredí Slovenskej republiky. Koncepciu monitorovania životného prostredia pre územie Slovenskej republiky spolu s koncepciou integrovaného informačného systému životného prostredia Slovenskej republiky schválila vláda v roku 1992. Hlavnou funkciou integrovaného informačného systému (monitorovací a informačný) životného prostredia je poskytovanie informácií o stave a vývoji životného prostredia pre potreby rozhodovania, riadenia a usmerňovania ekologicko-environmentálnej politiky, základnej orientácie výskumu, ako aj pre širokú verejnosť. Obidva systémy, monitorovací a informačný, v ich vzájomných súvislostiach predstavujú jeden nástroj pre účely ochrany a tvorby životného prostredia. Prvým krokom je zisťovanie stavu jednotlivých zložiek životného prostredia príslušnými monitorovacími systémami a následným krokom je zber a spracovanie údajov a poskytovanie informácií prostredníctvom informačného systému. Vzájomnú previazanosť obidvoch systémov dokumentuje aj to, že vyhodnotenie informácií získaných z informačného systému môže slúžiť ako východisko pre vhodnú zmenu monitorovacieho systému, či už zmenou monitorovacích lokalít alebo zmenou metód monitorovania.

V roku 1996 nadobudol účinnosť zákon Slovenskej národnej rady o štátnom informačnom systéme, ktorý zahŕňa aj rezortný informačný systém Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky.

Jednotlivé databázy tohoto systému sú napĺňané z monitoringu, ako aj z odborných činností jednotlivých organizácií rezortu. Hlavnými informačnými zdrojmi sú údaje, ktoré sa získavajú pri monitorovaní prírodného prostredia, ako aj zdrojov znečistenia. Medzi zdroje informácií sa zahrňujú aj dokumentografické a faktografické informácie, domáce aj zahraničné, ktoré sa získali nákupom alebo sú prístupné zo zahraničných databáz. Jednotlivé údaje, ktoré

sa získali pri monitoringu vstupujú ako informácie do čiastkových informačných systémov a databáz. Prenos údajov z jednotlivých informačných systémov sa uskutočňuje cez rezortnú sieť životného prostredia. V rámci tejto siete sú prepojené všetky rezortné odborné inštitúcie, ako aj Ministerstvo životného prostredia a príslušné pracoviská, čím sa dosahuje celoplošné pokrytie územia SR (Soják 2002).

2.1 Členenie monitoringu životného prostredia

Monitoring životného prostredia je charakterizovaný ako systematické, dôsledne v čase a priestore definované pozorovanie presne určených charakteristík jednotlivých zložiek životného prostredia alebo vplyvov naň pôsobiacich (spravidla v bodoch tvoriacich monitorovaciu sieť), ktoré s určitou mierou výpovednej schopnosti reprezentujú sledovanú oblasť a v súhrne potom väčší územný celok. Zabezpečuje objektívne informácie nevyhnutné pre rozhodovacie, riadiace, kontrolnú a vedecko-výskumnú oblasť a verejnosť. Monitorovanie životného prostredia je zjednodušene proces, keď neustále, dlhodobo a pravidelne sledujeme vybrané charakteristiky prostredia a zaznamenávame ich zmeny. Je potrebné si pamätať, že jeho základnými a nevyhnutnými predpokladmi sú sústavnosť a systematickosť.

Základom monitorovacích činností je pozorovanie a následné hodnotenie stavu životného prostredia. Využitie informačného systému a informačných technológií umožňuje ďalšiu tvorbu prognóz, návrh opatrení na zlepšenie stavu životného prostredia, skvalitnenie vlastných monitorovacích činností a v ďalšom časovom horizonte aj spätné overovanie vypovedacej schopnosti prognóz.

Komplexný monitoring životného prostredia, ako ucelený a koordinovaný monitorovací systém, sa na Slovensku buduje od r. 1990. Je zameraný na zisťovanie globálneho stavu životného prostredia SR ako celku. Predmetom monitoringu ŽP SR sú jednotlivé zložky životného prostredia a naň pôsobiace vplyvy.

Monitoring životného prostredia SR je zabezpečovaný uceleným monitorovacím systémom, založeným na prevádzke čiastkových monitorovacích systémov, ktorý je schopný poskytnúť údaje a informácie o stave a vývoji životného prostredia a vplyvoch, ktoré naň pôsobia v požadovanom priestore, v určitom čase a v rôznych vypovedacích úrovniach.

Napriek významu monitorovania životného prostredia chýbajú dlhodobé a systematické sledovania významných ukazovateľov a vedomosti o možných následkoch ich zmien.

Monitoring životného prostredia SR je realizovaný na troch úrovniach, predstavujú ich:

- Celoplošný monitoring.
- Regionálny monitoring.
- Lokálny, resp. účelový monitoring.

2.1.1 Celoplošný monitoring

Celoplošný monitoring životného prostredia Slovenska je založený na relatívne stabilnom monitorovacom systéme pokrývajúcom územie SR, zameranom na zisťovanie globálneho stavu životného prostredia SR ako celku na základe poznania stavu a vývoja jeho jednotlivých zložiek. Má charakter uceleného monitorovacieho systému založeného na

systematickom, stálom a pravidelnom sledovaní rozhodujúcich charakteristík životného prostredia. Cieľovo je orientovaný na rozhodovaciu úroveň vrcholných riadiacich republikových a regionálnych orgánov, na globálnu informáciu pre verejnosť a pod. Jeho garantom je Ministerstvo životného prostredia SR.

Základnými prvkami celoplošného monitorovacieho systému životného prostredia sú čiastkové monitorovacie systémy. Jednotlivé čiastkové monitorovacie systémy sú zamerané na sledovanie jednotlivých oblastí životného prostredia. Celoplošný monitoring zahŕňa 10 tematických oblastí (tab. 1.1). Jednotlivé čiastkové monitorovacie systémy zabezpečujú garanti, ktorými sú rezorty, ktoré majú vo svojej pôsobnosti predmet monitorovania.

Bol schválený v roku 1993 a pozostával z 12 čiastkových monitorovacích systémov. Z pôvodného celoplošného monitorovacieho systému boli vypustené niektoré čiastkové monitorovacie systémy a Vláda SR uznesením č. 7/2000 schválila Koncepciu dobudovania komplexného monitorovacieho a informačného systému v životnom prostredí, v ktorej je definovaných už len 10 čiastkových monitorovacích systémov.

Tab. 2.1 Čiastkové monitorovacie systémy celoplošného monitoringu životného prostredia SR

ČMS	Stredisko ČMS
Ovzdušie	SHMÚ – Slovenský hydrometeorologický ústav Bratislava
Meteorológia a klimatológia	SHMÚ – Slovenský hydrometeorologický ústav Bratislava
Voda	SHMÚ – Slovenský hydrometeorologický ústav Bratislava
Geologické faktory	ŠGÚDŠ – Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava
Pôda	VÚPOP – Výskumný ústav pôdoznectva a ochrany pôdy Banská Bystrica
Biota (<i>fauna a flóra</i>)	ŠOP SR – Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky Banská Bystrica
Lesy	NLC – Národne lesnícke centrum Zvolen
Odpady	MŽP SR – Ministerstvo životného prostredia Bratislava
Cudzorodé látky v potravinách a krmivách	VÚP – Výskumný ústav potravinársky Bratislava
Rádioaktivita životného prostredia	SHMÚ – Slovenský hydrometeorologický ústav Bratislava

Celoplošný monitorovací systém ma hierarchickú štruktúru, ktorej základ tvoria systémy zamerané na monitoring abiotických a biotických zložiek životného prostredia. Ďalšia skupina čiastkových monitorovacích systémov monitoruje vplyvy a dôsledky antropogénnych činností na životné prostredie. Za vrchol tejto hierarchie možno považovať čiastkový monitorovací systém monitorujúci a analyzujúci záťaž obyvateľstva faktormi prostredia.

Podobné platí pre paralelný vrcholový čiastkový monitorovací systém biota, ktorý má analogický cieľ vo sfére rastlinstva a živočíšstva.

Koordináciu v rámci čiastkového monitorovacieho systému zabezpečuje garant prostredníctvom odbornej skupiny zloženej z odborníkov, zastupujúcich rozhodujúce organizácie podieľajúce sa na monitorovacích aktivitách. Odborné skupiny čiastkových monitorovacích systémov v rámci svojej koordinačnej a metodickej funkcie majú za úlohu:

- hodnotiť stav monitorovacieho systému a monitorovacích činností v danej oblasti,
- určovať perspektívne ciele, potreby, technickú, organizačnú a finančnú formu zabezpečenia čiastkového monitorovacieho systému,
- zabezpečovať vzájomné väzby medzi účastníkmi monitoringu v danom čiastkovom monitorovacom systéme a ich koordinovaný postup,
- zabezpečovať reprezentatívnosť, požadovanú formu, spôsob získavania a spracovania dát,
- zjednocovať metodiku a metódy monitorovania,
- zabezpečovať efektívnosť a kvalitu jednotlivých monitorovacích aktivít v rámci čiastkového monitorovacieho systému.

Koordinátorom čiastkových monitorovacích systémov je Koordinačná rada monitoringu životného prostredia SR ako poradný orgán ministra životného prostredia SR. Informácie získané v jednotlivých čiastkových monitorovacích systémoch sa prostredníctvom čiastkových informačných systémov, tvoriacich informačnú nadstavbu každého čiastkového monitorovacieho systému, stávajú súčasťou informačného systému o životnom prostredí SR. Objektívnosť výsledkov monitoringu a ich využiteľnosť je v rozhodujúcej miere podmienená úrovňou materiálneho a technického vybavenia. Metrologické hľadisko požaduje pre monitoring príslušné metodické predpisy, schémy nadväznosti, technické podmienky a metodiky overovania. Požiadavka komplexnosti a funkčnosti celkového metrologického zabezpečenia monitorovacej siete na Slovensku požaduje mechanizmus pre overovanie a kalibráciu meracích zariadení monitorovacej siete, vrátane systému získavania a využívania referenčných materiálov. S tým súvisí budovanie siete autorizovaných diagnostických pracovísk, ktorých spôsobilosť je pravidelne overovaná (*Soják 2002*).

ČMS Ovzdušie

Monitorovanie znečistenia ovzdušia na Slovensku sa uskutočňuje predovšetkým v oblastiach so zníženou kvalitou ovzdušia. Merania sa vykonávajú tiež v oblastiach s menšou záťažou, najmä pre potreby poľnohospodárstva a lesného hospodárstva, ako i na pozad'ových stanicích predstavujúcich referenčné stanice s malým vplyvom blízkych zdrojov emisií. Monitoring kvality ovzdušia sa realizuje v rámci národnej monitorovacej siete v 18 oblastiach riadenia kvality ovzdušia. V širšom rozsahu sa meria oxid siričitý SO₂, prach a oxid dusíka NO_x. Ďalšie škodliviny ako oxid uhoľnatý, PM₁₀ častice, PM_{2,5} častice, ozón, benzén a ťažké kovy – arzén, kadmium, nikel a olovo sa monitorujú na menšom počte miest (*Tolgyessy 2002*).

ČMS Meteorológia a klimatológia

Získava údaje o stave a priebehu počasia a o stave a vývoji klimatického systému v meracích sieťach pozemných synoptických staníc, meteorologických radarov, staníc s klimatologickým programom pozorovania, zrážkomerných staníc, staníc na meranie slnečnej radiácie v rátane merania celkového ozónu, fenologických staníc a v sieti na meranie pôdnej teploty a pôdnej vlhkosti. Zabezpečuje meteorologické družicové merania, stožiarové merania v prízemnej vrstve atmosféry a rádiosondážne merania (*Tolgyessy 2002*).

ČMS Voda

V rámci monitoringu sa sledujú kvantitatívne a kvalitatívne ukazovatele povrchových a podzemných vôd a kvalita závlahových, rekreačných, termálnych a minerálnych vôd na území celého Slovenska.

Monitorovanie kvantity povrchových vôd sa vykonáva v 482 monitorovacích staniaciach, monitorovanie kvantity podzemných vôd v 1874 monitorovacích staniaciach. Kvalita povrchových vôd sa sleduje na 250 miestach a kvalita podzemných vôd (okrem Žitného ostrova) na 291 miestach na jar a jeseň. Špecifickou kategóriou sú závlahové a napájacie vody, ktoré predstavujú možné zdroje vstupu kontaminantov do potravinového reťazca. Závlahová voda sa monitoruje v mesačných intervaloch v priebehu závlahovej sezóny. Napájacie vody z vlastných studní poľnohospodárskych podnikov sleduje Štátna veterinárna správa (*Tolgyessy 2000*).

ČMS Geologické faktory

Slúži na sledovanie a vyhodnocovanie mechanizmu negatívnych zmien v geologickom prostredí. Hodnotí citlivosť geologického prostredia na aktivitu geologických procesov a identifikuje zmeny prostredia, ktoré môžu v niektorých prípadoch vyvolať vážne mimoriadne udalosti – živelné pohromy s rozsiahlymi ekonomickými dôsledkami, ako sú:

- zosuvy a iné svahové deformácie,
- tektonická a seizmická aktivita územia,
- antropogénne sedimenty zakrytého charakteru starých environmentálnych záťaží,
- vplyv ťažby nerastov na životné prostredie,
- monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí,
- stabilita horninových masívov pod historickými objektmi,
- monitorovanie aktívnych riečnych sedimentov,
- objemovo nestále zeminy.

Monitoring prebieha v 11 subsystemoch. Zosuvy sú monitorované na 12 lokalitách, svahové deformácie na 5 lokalitách, procesy zvetrávania v prirodzených podmienkach v 12 lokalitách, stabilita horninových systémoch na 2 lokalitách (*Soják 2002*).

ČMS Odpady

Zameriava sa na zber údajov o vzniku odpadov (miesto vzniku, druh odpadu, podľa katalógu odpadov, množstvo odpadu) spôsobe nakladania s nimi (miesto nakladania, činnosť

pri nakladaní s nimi) a ich zneškodnení (miesto zneškodnenia, organizácia zneškodňujúca odpad, spôsob zneškodnenia odpadu) (*Soják 2002*).

ČMS Biota

Zabezpečuje monitoring ohrozených druhov rastlín, živočíchov a biotopov, analyzuje a vysvetľuje stav a zmeny v populáciách vybraných organizmov a biotopov na vybranom území.

Subsystémy:

- Fauna – monitoruje na 600 monitorovacích plochách 6 druhov a 2 skupiny živočíchov.
- Flóra – monitoruje na 150 monitorovacích plochách 37 druhov rastlín.
- Biotopy – monitoruje 3 skupiny biotopov (*Soják 2002*).

ČMS Pôda

Sleduje vývoj tých vlastností pôd, ktoré sú rozhodujúce z hľadiska úrodnosti pôd a monitoruje kontamináciu pôd rizikovými látkami z hľadiska možného vstupu týchto látok z pôd do potravinového reťazca. Na celej výmere poľnohospodárskych pôd SR je dlhodobou zavedený systém agrochemického skúšania pôd, v rámci ktorého sa periodicky v 3 až 5-ročných intervaloch sleduje v ornícnom horizonte pôdna reakcia a obsah základných prístupných živín. V ohraničených regiónoch sa stanovujú aj vybrané kontaminanty. U lesných pôd na monitorovacích lokalitách sa sleduje vplyv imisií na pôdu a ich vplyv na výživu drevín. Základná sieť čiastkového monitorovacieho systému Pôda má 647 monitorovacích lokalít, z čoho je 338 na lesných pôdach, 289 na orných pôdach, 10 na viniciach a 10 lokalít na poľnohospodárskych pôdach v ochranných pásmach v povodí vodárenských nádrží (*Soják 2002*).

ČMS Lesy

Monitoruje jednotlivé biotické a abiotické zložky lesného ekosystému. Popri lesných drevinách sú to nestromové fytoocenózy, pôda, voda a ovzdušie a tak získava informácie o stave lesa, priestorových a časových zmenách, ako aj poznatky o vzťahoch k stresovým faktorom v regionálnom, národnom a medzinárodnom meradle. Monitoring lesných ekosystémov má 111 trvalých monitorovacích lokalít v základnej monitorovacej sieti 16 x 16 km, pre podrobné plánovanie sa sieť zahusťuje na 4 x 4 km. Zisťujú sa údaje v 4 súboroch: údaje so základnou charakteristikou, údaje zisťované každoročne, údaje týkajúce sa chemizmu pôdy a chemizmu asimilačných orgánov (*Soják 2002*).

ČMS Cudzorodé látky v potravinách a krmivách

Získava objektívne údaje o kontaminácii potravín a krmív vo vzájomnej príčinnej súvislosti s kontamináciou životného prostredia v rámci troch subsystémov Koordinovaný cieľový monitoring, Monitoring spotrebného koša a Monitoring poľovnej zveri a rýb. Koordinovaný cieľový monitoring zahŕňa sledovanie postupu a časového vývoja kontaminácie potravinového reťazca na reprezentatívnych regiónoch. Sleduje sa obsah cudzorodých látok v pôde, vstupoch do pôdy, v surovinách rastlinného a živočíšneho pôvodu.

Monitoring je napojený na medzinárodný monitorovací systém potravín GEMS/FOOD (*Soják 2002*).

ČMS Rádioaktivita životného prostredia

Sprístupňuje informácie o rádioaktivite v životnom prostredí. Radiačná monitorovacia sieť Slovenskej republiky bola vytvorená na základe požiadaviek doby zaručiť radiačnú bezpečnosť Slovenska či už z hľadiska možného ohrozenia z územia Slovenskej republiky, ako aj spoza hraníc (*Soják 2002*).

2.1.2 Regionálny monitoring

Regionálny monitoring je trvalý, prípadne časovo obmedzený, priestorovo ohraničený monitorovací systém zameraný na konkrétny región, ktorý je dôležitý z hľadiska jeho významu pre životné prostredie, resp. z hľadiska potreby sledovania ľudských aktivít s dopadom na životné prostredie regiónu. Je zameraný na hlbšie sledovanie vybraných pre daný región významných charakteristík životného prostredia. Organizujú ho regionálne inštitúcie v úzkej súčinnosti s Ministerstvom životného prostredia SR, koordináciu regionálnych monitorovacích aktivít vykonáva aj Slovenská agentúra životného prostredia. Regionálny monitoring je po stránke organizačnej, metodickej, ako aj z hľadiska využitia výsledkov budovaný vo väzbe na celoplošný monitorovací systém.

Vytváranie regionálnych monitorovacích systémov spravidla reaguje, či už preventívne alebo dodatočne na závažný problém v oblasti ochrany životného prostredia. Príkladom preventívneho regionálneho komplexného monitorovacieho systému je monitorovací systém Vodné dielo Gabčíkovo, ktorý je zameraný na sledovanie vplyvov vodného diela na životné prostredie už počas jeho výstavby, ako aj prevádzky.

2.1.3 Účelový monitoring

Účelový monitoring predstavuje časovo alebo tematicky ohraničené sledovanie významného javu, charakteristiky alebo vplyvu ľudských aktivít na životné prostredie. Organizujú ho odborné, vedeckovýskumné a inšpekčné pracoviská, ako aj výrobné organizácie v rámci povinností, ktoré im vyplývajú zo zákona. Účelový monitorovací systém si budujú veľké podniky, ako napr. Slovnaft a.s., Bratislava, U. S. Steel Košice s.r.o., Duslo a.s., Šaľa a ďalšie.

Na získanie komplexných informácií o stave a vývoji zložiek životného prostredia na území SR je nevyhnutná horizontálna harmonizácia jednotlivých čiastkových monitorovacích systémov, ako aj vertikálne prepojenie celoplošného, regionálneho a účelového monitoringu. Jednotný monitorovací systém územia SR umožňuje získať globálny, regionálny, ako aj lokálny prehľad o stave a záťaži životného prostredia SR v priestore a čase. Integrujúcim nástrojom na zabezpečenie tejto náročnej úlohy je okrem bežných organizačno-koordinačných opatrení aj fungujúci informačný systém životného prostredia SR, chápaný ako nadstavba monitorovacieho systému životného prostredia SR a ako jeho neoddeliteľná súčasť. Organickou súčasťou oboch týchto systémov sú aj postupy a metódy diaľkového prieskumu Zeme, ktoré možno využiť pre plošný monitoring vybraných javov a charakteristík, aj ako metódu

poskytujúcu priestorovo-časové údaje vhodné na spracovanie a analýzu postupmi, ktoré sa používajú v aplikáciách geografických informačných systémov (*Rusko 2011*).

2.1.4 Informačný systém monitoringu životného prostredia

Informácie získane z jednotlivých ČMS sa prostredníctvom parciálnych informačných systémov, tvoriacich informačnú nadstavbu každého ČMS stávajú súčasťou Informačného systému monitoringu ISM.

Informačný systém životného prostredia spolu s monitorovacím systémom životného prostredia tvoria jeden prostriedok zabezpečujúci informácie o stave životného prostredia, ktoré sú nevyhnutné v procese rozhodovania sa v oblasti ochrany a tvorby životného prostredia vrátane procesu posudzovania vplyvov na životné prostredie.

Cieľom informačného systému monitoringu je vytvoriť homogénny, previazaný celok informačných zdrojov jednotlivých ČMS, schopný podať čo najobjektívnejšiu výpoveď o stave zložiek životného prostredia a naň pôsobiacich vplyvov.

Informačný systém monitoringu integruje a sprístupňuje informácie z monitoringu životného prostredia a zabezpečuje prepojenie týchto údajov a geografických polohových údajov. Poskytuje tak objektívne informácie potrebné k adresnému riešeniu problémov v území pri rozhodovacej, riadiacej a kontrolnej činnosti, a tiež informácie pre vedecko-výskumnú oblasť a pre verejnosť.

Informácie z monitoringu sú sprístupňované prostredníctvom webstránok ČMS, spracovaných podľa jednotnej štruktúry na stránke www.enviroportal.sk

Ich sprístupnením sa tak naplňuje právo každého občana na včasné a úplne informácie o stave životného prostredia a príčinách a následkoch tohto stavu podľa Zákona 211/2000 Z. z. o slobodnom prístupe k informáciám.

Informačný systém monitoringu životného prostredia je definovaný na troch základných úrovniach:

- Sledovanie údajov o znečisťovateľoch a samotného znečistenia v medziach príslušnej normy.
- Informácie pre potreby výskumu.
- Poskytovanie environmentálnych informácií pre širšiu verejnosť, umožňujúcich ich väčšiu publicitu (*Rusko 2011*).

Ciele informačného systému monitoringu životného prostredia

Cieľom informačného systému monitoringu životného prostredia je zabezpečiť podklady o:

- stave a vývoji prírodného i umelého životného prostredia a výsledkov ich vzájomného ovplyvňovania,
- možných spôsoboch nápravných opatrení zameraných na zlepšenie stavu a kvality životného prostredia,
- ekologicko-environmentálnej politike SR.

Hlavnou funkciou integrovaného informačného systému ŽP je poskytovanie informácií o stave a vývoji ŽP pre potreby rozhodovania, riadenia a usmerňovania ekologicko-environmentálnej politiky, základnej orientácie výskumu a napokon i pre širokú verejnosť.

Členenie environmentálneho informačného systému životného prostredia:

- Komunikačný systém Rezortného informačného systému RIS-u (ŽPNet) zabezpečuje vzájomné prepojenie lokálnych počítačových sietí organizácií rezortu MŽP SR.
- Informačný systém monitoringu (ISM) je medzirezortný informačný systém, prevádzkovaný MŽP SR. Tvorí previazaný celok informačných zdrojov jednotlivých ČMS. Základné informácie o dátach sú sprístupnené v katalógoch dátových zdrojov životného prostredia (KDZ).
- Informačný systém o území (ISÚ) jeho hlavným cieľom je systematické sprístupnenie, sprostredkovanie a umožnenie využívania digitálnych informácií spracovaných v prostredí geografického informačného systému (GIS) a centrálného geografického systému (CGS).
- Metainformačný systém / Katalóg dátových zdrojov životného prostredia (KDZ), ktorý poskytuje prehľad o informáciách a dátach uložených v jednotlivých databázach ISŽP a slúži pre navigáciu v informačnom prostredí (*Rusko 2011*).

Informačné databázy odborných činností organizácií a organizačných zložiek v pôsobnosti MŽP SR zahŕňajú tieto informačné systémy:

- Vnútorň informálny systém MŽP SR (VIS).
- Informačný systém organizácií v rezorte MŽP SR.
- Informačný systém odborov životného prostredia krajských úradov a okresných úradov (ISO ŽP).

Environmentálny monitoring a environmentálna informatika vychádza z:

- Koncepcie monitorovania životného prostredia pre územie SR a Koncepcie integrovaného informačného systému o životnom prostredí SR (schválených uznesením vlády SR č. 449 z 26.mája 1992).
- Návrhu na realizáciu monitorovacieho systému ŽP a integrovaného informačného systému o životnom prostredí územia SR (schváleného uznesením vlády SR č. 620 zo 7. septembra 1993).
- Koncepcie dobudovania komplexného monitorovacieho a informačného systému v životnom prostredí (schválenej uznesením vlády SR č.7 z 12. januára 2000).

Sprístupňovanie informácií o životnom prostredí a o starostlivosti o životné prostredie vyplýva z:

- článku 45 Ústavy Slovenskej republiky č. 460/1992 Zb. „Každý má právo najmä na včasné a úplné informácie o stave životného prostredia a o príčinách a následkoch tohto stavu.“,
- zákon č. 211/2000 Z.z. o slobodnom prístupe k informáciám a o zmene a doplnení niektorých zákonov (zákon o slobode informácií),

- viacerých zákonov v systéme environmentálneho práva, napr. §6 zákona č. 478/2002 Z.z. o ochrane ovzdušia, ktorý ustanovuje povinnosť MŽP SR a krajským úradom informovať verejnosť o kvalite ovzdušia (*Rusko 2011*).

2.1.5 Environmentálna regionalizácia

Environmentálna regionalizácia je proces, v ktorom sa podľa stanovených kritérií (súboru environmentálnych charakteristík) a postupov vyčleňujú regióny s určitou kvalitou a ohrozenosťou ŽP.

Výsledkom environmentálnej regionalizácie je začlenenie regiónov podľa kvality životného prostredia do piatich stupňov (tried) environmentálnej kvality (www.enviroportal.sk):

Tabuľka 2.2 Environmentálna regionalizácia

Stupeň / Trieda	Environmentálna kvalita	Obyvateľstvo SR %	Rozloha SR %
I.	vysokej úrovne	17,3	43,0
II.	vyhovujúca	17,1	25,1
III.	mierne narušená	5,4	6,7
IV.	narušená	33,2	21,0
V.	silne narušená	27,0	4,2
I.-V.	spolu	100,0	100,0

Územia s V. a čiastočne i so IV. stupňom tvoria jadrá neúnosne zaťažených – ohrozených oblastí.

3 Monitorovanie ovzdušia

Monitorovanie znečistenia ovzdušia je nevyhnutné na identifikáciu existencie problému znečistenia ovzdušia. Jasné stanovenie cieľov monitorovania je prvoradým predpokladom pre správnosť rozhodnutí o tom, ktoré škodliviny sa majú sledovať, ako a kde monitorovať a aká presnosť a správnosť meraní sa má vyžadovať. Monitorovanie poskytuje informácie potrebné pre účinné rozhodovanie a riešenie problémov v oblasti kontroly a ochrany čistoty ovzdušia. Monitorovanie pomáha zistiť, aký vplyv majú ľudské činnosti na čistotu ovzdušia, aby sme ho mohli chrániť a zvyšovať jeho kvalitu. Cieľom monitorovania kvality ovzdušia je vytvoriť ucelený systém merania, spracovania a distribúcie údajov o kvalite ovzdušia.

Monitorovanie znečistenia ovzdušia na Slovensku má na starosti Slovenský hydrometeorologický ústav, ktorý vykonáva merania od roku 1971, kedy boli používané manuálne stanice. Neskôr sa začala modernizácia siete kvality ovzdušia. Manuálne stanice boli postupne nahradené automatickými stanicami, ktoré umožňujú kontinuálne monitorovanie znečistenia. Okrem SHMÚ monitorovanie ovzdušia vykonáva Hygienická služba a v malej miere niektoré organizácie v rezorte priemyslu, energetiky, poľnohospodárstva, školstva a iné.

Od roku 1979 SHMÚ participuje aj v medzinárodnom programe EMEP - Program spolupráce pre monitorovanie a vyhodnocovanie diaľkového šírenia látok, znečisťujúcich ovzdušie v Európe (Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe). Program EMEP funguje pod Dohovorom EHK OSN o diaľkovom prenose znečistenia ovzdušia prechádzajúcim hranicami štátov (UN ECE CLRTAP - Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, 1979).

Monitorovanie znečistenia ovzdušia na Slovensku sa uskutočňuje predovšetkým v oblastiach so zníženou kvalitou ovzdušia. Merania sa vykonávajú tiež v oblastiach s menšou záťažou, najmä pre potreby poľnohospodárstva a lesného hospodárstva, ako i na pozad'ových stanicach predstavujúcich referenčné stanice s malým vplyvom blízkych zdrojov emisií.

Správne vykonané meranie znečistenia ovzdušia je zatiaľ jediným dostatočne objektívnym spôsobom zistenia stavu kvality ovzdušia, pretože fyzikálne a chemické deje v atmosfére sú veľmi zložité. Meraním možno zistiť práve platné alebo dlhodobejšie hodnoty kvality ovzdušia. Každá z nich má svoj význam. Krátkodobé meranie stavu znečistenia ovzdušia zodpovedá určitej náhodnej situácii, ktorá sa môže viac či menej odlišovať od bežného stavu v danom meste. Kvôli poznaniu typického stavu znečistenia ovzdušia v hodnotenom mieste treba merať toto znečistenie súvisle a dlhodobo.

3.1 Monitorovacia sieť

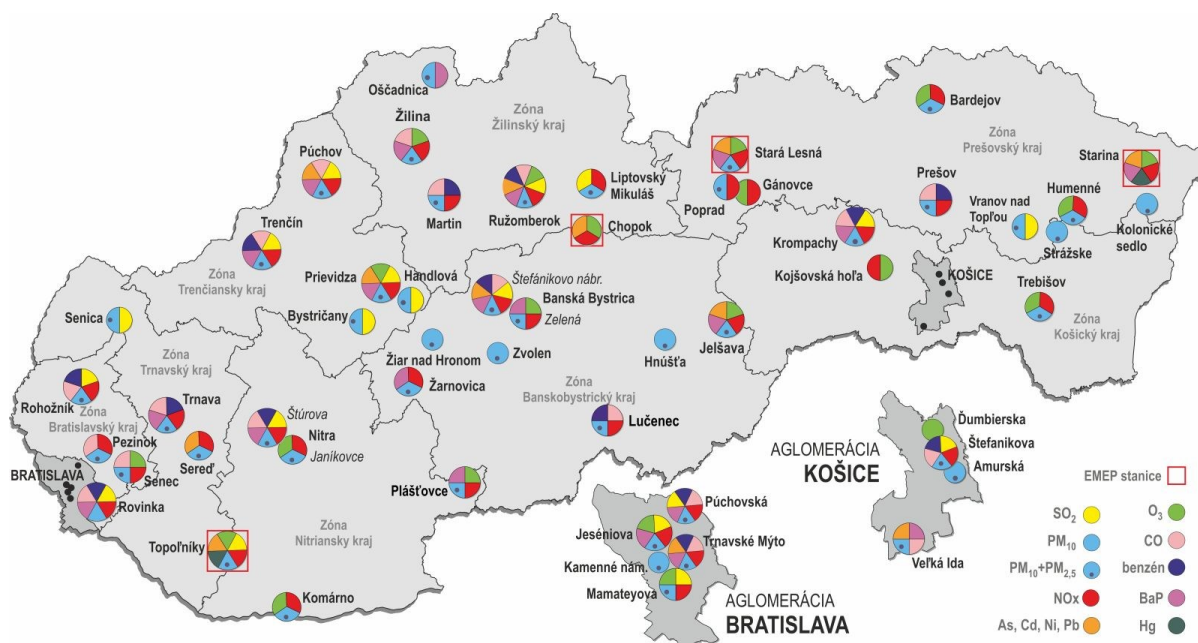
Na účel hodnotenia kvality ovzdušia bolo územie SR rozdelené na aglomerácie a zóny. Pre oxid siričitý, oxid dusičitý, oxidy dusíka, tuhé častice PM₁₀ a PM_{2,5} frakcie, oxid uhoľnatý a benzén sú to 2 aglomerácie, územie hlavného mesta SR Bratislavy a územie mesta Košice a 8 zón, identických s územiaми administratívneho členenia SR na kraje. Pre olovo, arzén, kadmium, nikel, polycyklické aromatické uhľovodíky, ortuť a ozón je to aglomerácia Bratislava a zóna Slovensko, vymedzená územím SR okrem územia hlavného mesta SR Bratislavy.

V zákone o ovzduší je ustanovené, aké techniky a v ktorých prípadoch sa môžu použiť pre hodnotenie kvality ovzdušia. V tých aglomeráciách a zónach, kde je úroveň znečistenia ovzdušia danou znečisťujúcou látkou vyššia ako horná medza na hodnotenie znečistenia ovzdušia, sa hodnotenie kvality ovzdušia vykonáva na základe stálych meraní.

SHMÚ monitoruje ovzdušie na 38 monitorovacích staniciach pre sledovanie znečistenia na lokálnej úrovni. Z 8 monitorovacích staníc na regionálnej úrovni sú 4 stanice siete Kooperatívneho monitorovacieho a hodnotiaceho programu diaľkového prenosu škodlivín znečisťujúcich ovzdušie, vyplývajúceho zo ženevského Dohovoru o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia presahujúcom hranice štátov. Monitorovacie stanice sa delia na niekoľko typov podľa pôvodu a charakteru monitorovaného znečistenia. Stanice sú pozad'ové, priemyselné a dopravné. Podobne sú v tomto monitorovacom systéme rozdelené aj oblasti na typy: mestská, prímestská a vidiecka oblasť, pričom oblasti môžu mať aj rôzny charakter (obytná, obchodná, priemyselná, poľnohospodárska, prírodná). Merané veličiny a metódy monitorovania sa delia na merací program a metódy stanovenia kontinuálneho monitoringu kvality ovzdušia a merací program diskontinuálneho monitoringu kvality ovzdušia a zrážok.

V rámci kontinuálneho merania sa sledujú tieto znečisťujúce látky: SO₂, NO_x, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, O₃, CO, H₂S, Pb, Cd, Ni, As.

Diskontinuálny monitoring zabezpečuje získavanie dát o plynných komponentoch (SO₂, NO_x, HNO₃, O₃, prchavé organické látky) a atmosferickom aerosóle (hmotnostná koncentrácia atmosferického aerosólu, Pb, Cu, Zn, Mn, Cr, V, Ni, Cd, SO₄²⁻, NO₃⁻).



Obr. 3.1 Monitorovacia sieť kvality ovzdušia SR
(https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_monit_siet)

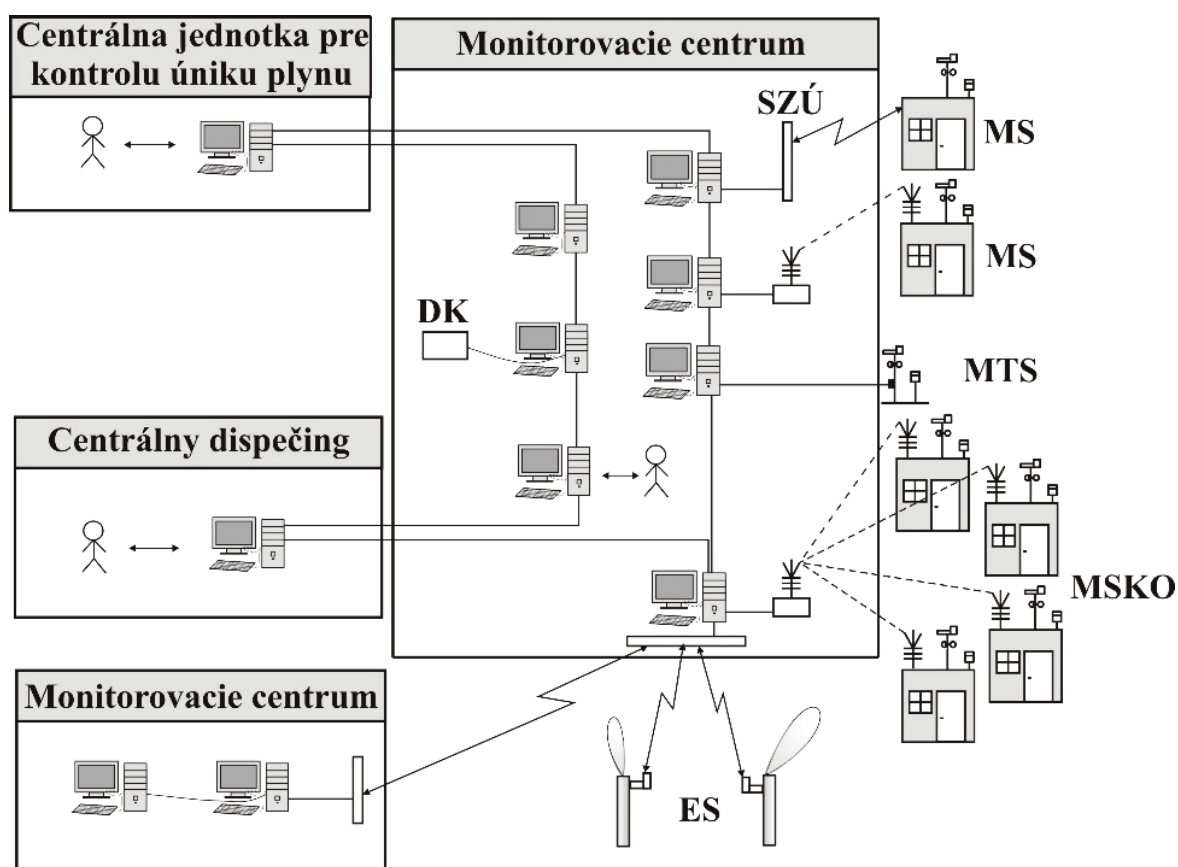
Cieľom monitorovania kvality ovzdušia je vytvoriť ucelený systém merania, spracovania a distribúcie údajov o kvalite ovzdušia.

Sieť automatických monitorovacích staníc zabezpečuje potrebné informácie pre:

- prijatie opatrení súvisiacich s reguláciou zdrojov na ochranu ovzdušia pri smogových situáciách,
- vypracovanie zámerov na zlepšenie súčasného stavu životného prostredia,
- obyvateľstvo, aby bolo informované o úrovni znečistenia ovzdušia,
- orgány a organizácie, ktoré sa zaoberajú zisťovaním vplyvu znečistenia ovzdušia na človeka, živú a neživú prírodu,
- kontrolné orgány.

Namerané údaje možno zužitkovať v:

- operatívnom využití dát v smogových varovných a regulačných systémoch v zaťažených územiach,
- režimovom využití dát v inom než reálnom čase, na vedeckovýskumné účely, na účely štátnej správy a pre ostatné čiastkové monitorovacie systémy.



Obr. 3.2 Monitorovací systém kvality ovzdušia DK – databázový komplex, SZÚ – stanica zberu údajov, MS – monitorovacia stanica, MTS – meteorologická stanica, MSKO – monitorovací systém kvality ovzdušia, ES – emisné senzory (KRÁLIKOVÁ, 1999)

3.2 Meracie zariadenia na monitorovanie imisíí

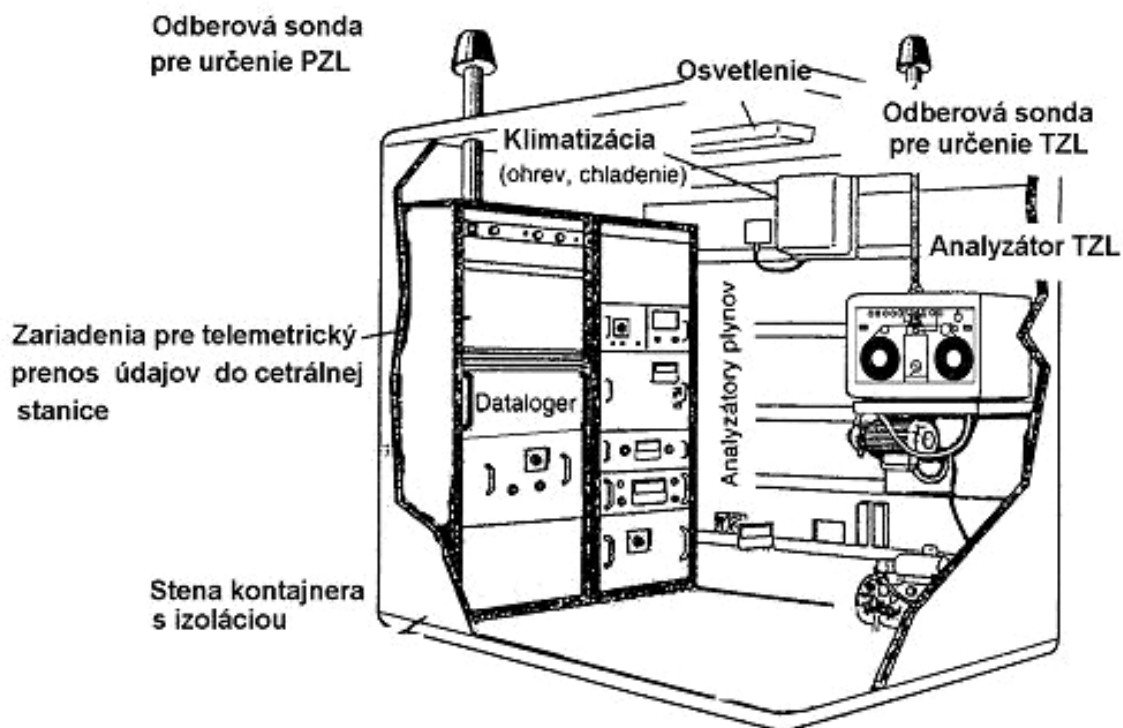
V automatizovaných monitorovacích systémoch sú použité automatické analyzátory plynov, ktoré pracujú na princípe rôznych metód. Automatizované monitorovacie stanice môžu byť vybavené meracími prístrojmi na meranie a monitorovanie aj ďalších znečisťujúcich látok, ktoré sa nachádzajú v príslušnej lokalite územia. Základnou požiadavkou pri monitorovaní je

spoľahlivosť meracej a monitorovacej metódy bez nutnosti častého zásahu obsluhy a možnosť sledovania znečisťujúcich látok priamo v plynnej fáze bez použitia reakčných roztokov.

Mnohé meracie prístroje určené na meranie imisíí pracujú na podobnom princípe ako meracie prístroje na meranie emisií. Meranie imisíí sa od merania emisií odlišuje v tom, že pri meraní imisíí nie je potrebné zariadenie na odstraňovanie vlhkosti plynu a citlivosť analyzátorov musí byť podstatne vyššia t.j. nie v rozsahu $[\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}]$, ale $[\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}]$.

Analyzátory sú denne automaticky testované pomocou nulovacieho a kalibračného plynu so známou koncentráciou, tej ktorej škodliviny. Okrem toho sa meracie prístroje testujú v laboratóriu pomocou externého kalibrátora, ktorý umožňuje meniť koncentrácie v celom rozsahu stupnice analyzátorov.

Meracie zariadenia zabudované do automatickej imisnej monitorovacej stanice (obr. 3.3) pozostávajú z nasledujúcich hlavných častí: dataloger, modem, merací systém, zariadenie na prípravu vzorky, kalibračný systém, ochranný a bezpečnostný systém, systém spracovania a prenosu údajov (KRÁLIKOVÁ, 1999).



Obr. 3.3 Imisná monitorovacia stanica (KRÁLIKOVÁ, 1999)

3.2.1 Merací systém

Dôležitou časťou imisnej monitorovacej stanice je sústava analyzátorov pre meranie koncentrácie imisíí tuhých a plyných znečisťujúcich látok, ako aj zariadenia pre meranie a záznam hlavných meteorologických parametrov. V každej imisnej monitorovacej stanici je centrálny počítač, ktorý kontinuálne spracováva namerané údaje.

Pre komplexnú analýzu ovzdušia sa používa niekoľko analyzátorov združených do jedného meracieho systému, ktorý zabezpečuje automatický a nepretržitý režim práce. Použitie určitého typu analyzátoru predpokladá poznanie zdrojov znečistenia v okolí meracej stanice, alebo je daný rozhodnutím SHMÚ.

V meracích stanicach sa najčastejšie nachádzajú meracie zariadenia, ktorými sa merajú:

- **Prašnosť** možno merať moderným kontinuálne pracujúcim prístrojom TEOM 1400a, ktorý meria hmotnostné množstvo vzorky zachytenej na výmennom filtri podľa zmeny frekvencie oscilujúceho kuželovitého nosiča. Zmena frekvencie je úmerná množstvu častíc, ktoré sú na filtri zachytené. Vzorka plynu po prechode filtrom pokračuje dutým kuželovitým prvkom cez elektronické ovládanie prietoku do vývevy. Zabudovaný mikroprocesor na základe kalibrácie vypočíta rozdiel medzi vlastnou frekvenciou filtra a frekvenciou filtra so zachytenými tuhými časticami. Tento frekvenčný rozdiel je potom pretransformovaný na hmotnostnú veličinu.
- **Meranie koncentrácie PM_{10}** (prachové častice menšie ako 10 μm) sa robí rádiometrickou metódou, ktorá je založená na absorpcii β žiarenia vo vzorke zachytenej na filtračnom materiáli. Z rozdielu absorpcie β žiarenia medzi exponovaným a neexponovaným filtračným materiálom, ktorý je úmerný hmotnosti zachytených prachových častíc, je odvodený údaj o ich koncentrácii.
- **Meranie koncentrácie SO_2** sa robí ultrafialovou fluorescenčnou metódou, pri ktorej je analyzovaná vzorka ožarovaná UV žiarením. Pri ožarovaní dochádza k energetickej excitácii molekuly SO_2 . Pri spätnom prechode molekuly z vyššieho energetického stavu do základného dochádza k uvoľneniu energie vo forme fluorescenčného žiarenia. Toto žiarenie, ktoré je úmerné koncentrácii SO_2 , je detegované fotonásobičom a vo vyhodnocovacej jednotke pretransformované na konkrétnu číselnú hodnotu koncentrácie.
- **Meranie koncentrácie NO_x** sa robí chemiluminiscenčným analyzátorom pre meranie koncentrácií NO , NO_2 a NO_x . Princíp metódy je založený na excitácii molekúl dusíka ozónom. Pri prechode molekúl z excitovaného do základného energetického stavu dochádza k uvoľneniu žiarenia vo forme chemiluminiscencie, ktoré je detegované fotonásobičom. Technické riešenie meracieho prístroja je upravené tak, že umožňuje získanie informácií o koncentráciách oxidu dusnatého (NO), oxidu dusičitého (NO_2) a oxidov dusíka (NO_x).
- **Meranie aromatických uhľovodíkov BTX** (benzén, toluén, xylén) sa robí pomocou analyzátorov BTX metódou plynovej chromatografie. Ide o štandardné zapojenie na odberovú sondu v kontajneri.
- **Meranie koncentrácie CO** sa robí metódou infračervenej korelačnej absorpčnej spektrometrie. Žiarenie z infračerveného zdroja prechádza dvoma paralelnými kyvetami, z ktorých jedna obsahuje referenčnú atmosféru a druhou prechádza analyzovaná vzorka ovzdušia. Detegovaný rozdiel intenzít žiarenia je úmerný koncentrácii oxidu uhoľnatého.
- **Meranie koncentrácie ozónu** je založené na ultrafialovej absorpčnej fotometrii, ktorá spočíva v absorpcii žiarenia s vlnovou dĺžkou 254 nm ozónom prítomným v

analyzovanej vzorke. Zdrojom žiarenia je UV lampa. V meracích kyvetách je striedavo meraný nulový – čistý vzduch a samotná vzorka. Uvedená metóda s automatickou kompenzáciou tlaku a teploty spĺňa náročné požiadavky na meranie O₃ (Peciar 2010).

3.2.2 Meranie koncentrácie špecifických znečisťujúcich látok

Okrem už uvedených znečisťujúcich látok môže SHMÚ odporučiť sledovať aj ďalšie (špecifické) znečisťujúce látky, ktoré sa nachádzajú v príslušnej lokalite územia. Pod špecifickými znečisťujúcimi látkami sa rozumejú také látky, pre ktoré nie sú zatiaľ vyvinuté kontinuálne analyzátory. Napr. v Žiari nad Hronom – OLC ŠZÚ sa uskutočňujú 24-hodinové odbery vzoriek ovzdušia počas najmenej jedného týždňa v každom mesiaci, pričom sa stanovujú nasledujúce ukazovatele: F, SO₂, NO_x a prach. Automatická meracia stanica s analyzátormi CO a O₃ sa nachádza v laboratórnych priestoroch OLC ŠZÚ v Žiari nad Hronom, kde sa uskutočňuje kontinuálny odber vzoriek počas celého dňa. Pomocou softvéru sa vyhodnocujú priemerné 10 minútové koncentrácie, ktoré sa ďalej spracovávajú (Peciar 2010).

3.2.3 Meranie meteorologických veličín

Meranie meteorologických veličín sa využíva k určovaniu stavu vonkajšieho prostredia pre účely informačného monitoringu, spracovanie klimatických charakteristík jednotlivých lokalít, štúdia zmien klímy daného územia, odvádzanie dlhodobých trendov a predpovedí vývoja počasia či popisu možného vplyvu klimatických činiteľov na spoločenské a ekonomické aktivity. Meteorologické prvky sa merajú v súvislosti s meraním koncentrácie a rozptylu imisíí a k nim patria – teplota, vlhkosť, atmosférický tlak, vodné zrážky, smer vetra, rýchlosť vetra a dĺžka slnečného svitu (Peciar 2010).

V tab. 3.1 sú pre úplnosť zhrnuté meteorologické prvky s jednotkami, spôsobom registrácie a umiestnením.

Tab. 3.1 Prehľad meteorologických prvkov

Meteorologický prvok	Jednotka	Prístroj	Umiestnenie	Registračný prístroj
Slnečné žiarenie	W.m ⁻²	Pyranometer	Voľne	Pyranograf
Teplota vzduchu	°C	Teplomer	Meteor. búdka	Termograf
Vlhkosť vzduchu	%	Psychrometer	Meteor. búdka	Hydrograf
Tlak vzduchu	hPa	Tlakomer	Miestnosť	Barograf
Vietor	m.s ⁻¹	Smerovka	Stožiar – 10 m	Anemograf
Slnečný svit	hod.	Aktinometr	Voľne	Heliograf
Zrážky	mm	Zrážkomer	Voľne	Ombograf
Snehová pokrývka	cm	Snehomer	Voľne	
Teplota pôdy	°C	Teplomer	V zemi – x cm	
Výpar	mm	Výparomer	V zemi – 7,5 cm	

3.2.4 Kalibračný systém

Kalibračný systém je nevyhnutný pre metrologické zabezpečenie práce stanice. Kalibráciu imisných analyzátorov možno robiť tromi spôsobmi:

- Použitím kalibračných plynov z oceľových fliaš. Určované plyny sú tu zmiešané v koncentráciách asi na dvojtretinový údaj rozsahu pracovnej stupnice prístroja.
- Použitím permeačnej cely, z ktorej sa permeáciou uvoľňuje zadefinovaná koncentrácia kalibračného plynu. Z nej sa počas kalibrácie vedie do meracieho miesta namiesto analyzovanej vzorky.
- Kalibrácia plynmi na emisných úrovniach. Nulová hodnota sa tu nastavuje dusíkom alebo okolitým vzduchom, ktorý sa dôkladne prečistí (Peciar 2010).

3.2.5 Ochranný a bezpečnostný systém

Kontajner je konštrukcia skriňového tvaru, ktorá zabezpečuje ochranu meracích zariadení s príslušenstvom pred vonkajšími atmosferickými vplyvmi a nezákonnému prístupu nepovolaných osôb k nim. Mimo kontajnera sú uložené sondy pre odber tuhých a plyných znečisťujúcich látok, anténa pre telemetrický prenos údajov a meteorologické snímače.

Kontajner môže mať konštrukčné prevedenia:

- stacionárny,
- mobilný ťahaný na vlastnom podvozku (príves) alebo ako nadstavba vozidla.

Kontajner stacionárny – kontajner určený na umiestnenie na 1 stále meracie miesto, uložený na pripravený, pevný základ (betónový panel, štrk, ...) s pevnou prípojkou na zdroj elektrickej energie, s prípadným ohradením okolia kontajnera.

Kontajner mobilný – príves s pevným podvozkom – kontajner určený k preprave medzi viacerými meracími miestami s vlastným pevným podvozkom (nie je nutný pevný základ pre umiestnenie kontajnera). Vhodný pre krátkodobé, opakované alebo jednorazové merania. Ku kontajneru je potrebné ťažné vozidlo s príslušným výkonom a zdroj elektrickej energie vhodných parametrov na meracom mieste.

Kontajner mobilný – príves s odnímateľným podvozkom – kontajner určený k preprave medzi viacerými meracími miestami s odnímateľným podvozkom (nutný vhodný podklad pre umiestnenie kontajnera). Vhodný pre krátkodobé, opakované alebo jednorazové merania kedy je k prevozu viacerých takýchto kontajnerov potrebný len 1 registrovaný podvozok, prípadne k dlhodobějšímu, nie však stálemu meraniu na 1 mieste. Ku kontajneru je potrebné ťažné vozidlo s príslušným výkonom a zdroj elektrickej energie vhodných parametrov na meracom mieste.

Kontajner mobilný – nadstavba vozidla – pevne uchytený – kontajner pevne zabudovaný na vozidle vybraného typu a parametrov – meracie vozidlo. Kontajner určený k prevozu medzi viacerými meracími miestami. Vhodný pre krátkodobé, opakované alebo jednorazové meranie. Kontajner je schopný samostatnej prepravy medzi meracími miestami.

Nie je potrebný žiadny pripravený podklad. Dáva možnosť väčšieho komfortu pre obsluhu, rozšíreného prípadnou lôžkovou úpravou vozidla (možnosť prespávať na mieste merania).

Kontajner mobilný – nadstavba vozidla – odnímateľný s mechanickými podperami – kontajner zabudovaný na vozidle vybraného typu a parametrov. Kontajner určený na prepravu medzi viacerými meracími miestami. Vhodný pre krátkodobé, opakované alebo jednorazové merania. Prevedenie umožňuje samostatnú prepravu kontajnera medzi meracími miestami, kde môže byť umiestnený samostatne tak, aby prevozná vozidlo mohlo byť využité na prepravu aj iných kontajnerov podobného typu. Kontajner je postavený na mechanických podperách a je potrebný vhodný podklad a zdroj elektrickej energie vhodných parametrov na meracom mieste.

Kontajner mobilný – nadstavba vozidla – odnímateľný s hydraulickými podperami – kontajner je v podstate zhodný s prechádzajúcim typom kontajnera. Komfort obsluhy je zvýšený použitím hydraulických podpier, ktoré zjednodušujú manipuláciu s kontajnerom (zloženie a naloženie na prepravné vozidlo). Hydraulické podpory sú súčasťou kontajnera a zároveň môžu slúžiť aj na stabilizáciu kontajnera v rovnovážnej polohe na meracom mieste.

Systém vyhrievania a klimatizácie udržuje klimatické parametre, ktoré sú nevyhnutné pre stabilnú prácu prístrojov v meracej stanici.

Systém dodávky elektrickej energie zabezpečuje dodávku elektrického napätia pre zariadenia stanice. Systém má záložný zdroj, ktorý sa používa v prípade prerušenia dodávky elektrickej energie.

Systém protipožiarnej ochrany podáva informácie o prípadnom vzniku požiaru v kontajneri.

Systém signalizácie proti nezákonnému vniknutiu do kontajnera zapína alarm pri neoprávnenom vstupe do kontajnera.

Snímače teploty a vlhkosti umožňujú kontrolovať podmienky prevádzky meracích zariadení (Peciar 2010).

3.2.6 Systém spracovania a prenosu údajov

V každej imisnej monitorovacej stanici je počítač, dataloger a modem pre nepretržité meranie, spracovanie a odosielanie údajov.

Dataloger je zariadenie, ktoré zabezpečuje riadenie práce monitorovacej stanice a tiež zber, spracovanie, ochranu a prenos informácií cez modem do PC a ďalej do centra spracovania informácií o kvalite ovzdušia.

Modem je zariadenie na odvádzanie dát cez telefón. Zariadenie je schopné modulovať informáciu získanú z počítača na informáciu schopnú prenosu po telefónnych linkách.

Systém spracovania a prenosu údajov lokálneho znečistenie ovzdušia

Kontinuálny monitoring: snímajú sa okamžité hodnoty z jednotlivých analyzátorov (každých 10 sekúnd), z týchto hodnôt sa vypočítavajú priemerné polhodinové koncentrácie, respektíve 1-hodinové koncentrácie pre ozón, ktorý je monitorovaný na meteorologických staniach. Takto vypočítané priemerné polhodinové koncentrácie sú uložené v pamäti

riadiaceho systému, odkiaľ sú transferované do centrálnej databázy. Taktiež priemerné jednoodhodinové koncentrácie prízemného ozónu z meteorologických staníc sú transferované do centrálnej databázy. Centrálna databáza je vytvorená v prostredí MS SQL. Všetky namerané hodnoty sú v centrálnej databáze archivované a následne validované. Nad databázou je postavený trigger (kontrolný software), ktorý automaticky kontroluje úroveň znečistenia podľa smogových varovných a regulačných limitov v zmysle vyhlášky MŽP SR č. 112/1993 Z. z. o vymedzení oblastí, vyžadujúcich osobitnú ochranu ovzdušia, a v prípade ich prekročenia posielajú e – mail a SMS správu pracovníkom zodpovedným za prevádzku smogového systému. Dáta sú denne automaticky spracovávané do reportov, ktoré sa posielajú elektronickou poštou užívateľom. Podľa požiadaviek odberateľov sa vyhotovujú mesačné reporty, ktoré sú zasielané užívateľom e-mailom, alebo poštou.

Manuálny monitoring: stanovenie obsahu ťažkých kovov (kadmium, olovo) vo voľnom ovzduší sa robí v laboratóriu atómovou absorpčnou spektrofotometriou. Robia sa týždenné odbery vzoriek prachu vo vzduchu na stanovenie obsahu ťažkých kovov. Vzorka prachu sa potom mineralizuje a analyticky sa stanoví koncentrácia ťažkých kovov.

Systém spracovania a prenosu údajov regionálneho znečistenia ovzdušia

Kontinuálny monitoring: na regionálnych staniciach sa kontinuálne automatickým monitoruje len prízemný ozón. Zber a spracovanie dát sa vykonáva tým istým spôsobom, ako z lokálnej monitorovacej siete znečistenia ovzdušia.

Manuálny monitoring: odber vzduchu pre stanovenie ostatných škodlivín sa vykonáva manuálne podľa ich meracieho programu a vzorky sa zväžajú raz za mesiac do centrálnych laboratórií v Bratislave, kde sa spracovávajú a údaje sa ukladajú do centrálnej databázy (*Peciar 2010*).

3.2.7 Prezentácia výsledkov

Výsledky všetkých meraní sú publikované v ročenke "Správa o kvalite ovzdušia a podiele jednotlivých zdrojov na jeho znečisťovaní v Slovenskej republike" za príslušný rok. Verejnosť je informovaná o aktuálnej úrovni znečistenia priebežne prostredníctvom internetovej stránky SHMU na ktorej sú zverejnené výsledky merania kvality ovzdušia na území SR zo všetkých monitorovacích staníc.

Hodnotenie kvality ovzdušia

Hodnotenie kvality ovzdušia sa vykonáva pre znečisťujúce látky, pre ktoré sú určené limitné hodnoty znečistenia ovzdušia (oxid siričitý, oxid dusičitý, oxidy dusíka, tuhé častice PM₁₀ a PM_{2,5} frakcie, olovo, oxid uhoľnatý, benzén) a cieľové hodnoty (ozón, arzén, kadmium, nikel, polyaromatické uhľovodíky - hlavne benzo-(a)-pyrén).

Hodnotenie kvality ovzdušia sa vykonáva:

- **stálym meraním v aglomeráciách alebo v zónach**, kde je úroveň znečistenia ovzdušia danou znečisťujúcou látkou vyššia ako horná medza na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia, a ak ide o arzén, kadmium, nikel a benzo(a)pyrén, aj v zónach a aglomeráciách, v ktorých je úroveň znečistenia ovzdušia medzi hornou medzou a dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia; stále meranie môže byť

doplnené modelovacími technikami alebo indikatívnymi meraniami s cieľom poskytnúť primerané informácie o priestorovom rozložení kvality ovzdušia,

- **kombináciou stálych meraní, indikatívnych meraní a modelovacích techník** v aglomeráciách a zónach, v ktorých úroveň znečistenia ovzdušia je rovnaká alebo vyššia ako dolná medza na 10 hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia a rovnaká alebo nižšia ako horná medza na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia,
- **kombináciou stálych meraní, indikatívnych meraní a modelovacích techník** v aglomeráciách a zónach, v ktorých je úroveň znečistenia ovzdušia v reprezentatívnom časovom období medzi hornou medzou a dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia, ak ide o arzén, kadmium, nikel a benzo(a)pyrén,
- **modelovacími technikami alebo technikami objektívneho odhadu v aglomeráciách a zónach**, v ktorých úroveň znečistenia ovzdušia je nižšia ako dolná medza pre hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia.

Spôsob hodnotenia kvality ovzdušia v aglomeráciách a v zónach preveruje ministerstvo, prípadne poverená organizácia najmenej raz za päť rokov. Ak ide o významné zmeny v činnostiach, ktoré môžu ovplyvniť koncentráciu sledovaných znečisťujúcich látok, preverenie sa uskutočňuje častejšie (KRÁLIKOVÁ, 1999).

3.3 Koncentračné limity znečistenia ovzdušia

Veľmi dôležitou činnosťou z hľadiska ochrany ovzdušia a životného prostredia vôbec je dôkladné poznanie koncentrácie imisíí. Mieru škodlivosti alebo nebezpečnosti rôznych znečisťujúcich látok z hľadiska receptorov možno vyjadriť pomerom zákonných noriem kvality ovzdušia – imisných limitov, ktorými sú obvykle najvyššie prípustné koncentrácie znečisťujúcich látok v ovzduší obsiahnuté vo Vyhláške č. 244/2016 Z. z. Kvalita ovzdušia je považovaná za dobrú, ak je úroveň znečistenia ovzdušia nižšia ako limitná hodnota alebo cieľová hodnota.

Limitnou hodnotou je úroveň znečistenia ovzdušia určená na základe vedeckých poznatkov s cieľom zabrániť, predchádzať alebo znížiť škodlivé účinky na zdravie ľudí alebo životné prostredie ako celok, ktorá sa má dosiahnuť v danom čase a od toho času nesmie byť prekročená; limitné hodnoty a podmienky ich platnosti sú ustanovené vykonávacím predpisom podľa § 33 písmena b) pre oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, olovo, benzén, častice PM₁₀ a častice PM_{2,5}.

Cieľovou hodnotou je úroveň znečistenia ovzdušia určená s cieľom zabrániť, predchádzať alebo znížiť škodlivé účinky na zdravie ľudí alebo na životné prostredie ako celok, ktorá sa má dosiahnuť v danom čase, ak je to možné. Cieľová hodnota je ustanovená vykonávacím predpisom podľa § 33 písm. b) pre ozón, arzén, kadmium, nikel a benzo(a)pyrén.

Výstražným prahom je úroveň znečistenia ovzdušia, pri prekročení ktorej existuje už pri krátkodobej expozícii riziko poškodenia zdravia ľudí. Pri prekročení výstražného prahu je potrebné vydať výstrahu pred závažnou smogovou situáciou.

Kritickou úroveňou na účely hodnotenia kvality ovzdušia je úroveň znečistenia ovzdušia určená na základe vedeckých poznatkov, pri prekročení ktorej sa môžu okrem ľudí vyskytnúť priame nepriaznivé vplyvy na stromy, rastliny alebo prírodné ekosystémy

Metóda, akú je potrebné použiť na hodnotenie kvality ovzdušia v určitej lokalite závisí od miery znečistenia ovzdušia na danej lokalite. Na tento účel bola zavedená pre každú sledovanú znečisťujúcu látku dolná a horná medza na hodnotenie úrovne znečistenia.

Hornou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia je ustanovená úroveň znečistenia ovzdušia, pod ktorou možno na hodnotenie kvality ovzdušia použiť kombináciu stálych meraní a matematického modelovania alebo aj indikatívnych meraní.

Dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia je ustanovená úroveň znečistenia ovzdušia, pod ktorou možno na hodnotenie kvality ovzdušia použiť matematické modelovanie alebo techniky objektívneho odhadu (www.shmu.sk).

3.3.1 Limitné hodnoty znečisťujúcich látok na ochranu zdravia ľudí

Tab. 3.2 Limitné hodnoty znečisťujúcich látok na ochranu zdravia ľudí

Znečisťujúca látka	Priemerované obdobie	Limitná hodnota
Častice PM ₁₀	1 deň	50 µg/m ³ sa nesmie prekročiť viac ako 35-krát za kalendárny rok
	kalendárny rok	40 µg/m ³
Častice PM _{2,5}	kalendárny rok	Do 1. januára 2020: 25 µg/m ³ Od 1. januára 2020: 20 µg/m ³
SO ₂	1 h	350 µg/m ³ sa nesmie prekročiť viac ako 24-krát za kalendárny rok
	1 deň	125 µg/m ³ sa nesmie prekročiť viac ako 3-krát za kalendárny rok
NO ₂	1 h	200 µg/m ³ sa nesmie prekročiť viac ako 18-krát za kalendárny rok
	kalendárny rok	40 µg/m ³
CO	Najväčšia denná 8-hodinová stredná hodnota ¹⁾	10 mg/m ³
Pb	kalendárny rok	0,5 µg/m ³
Benzén	kalendárny rok	5 µg/m ³

Poznámka: ¹⁾ Najväčšia denná 8-hodinová stredná koncentrácia sa vyberie preskúmaním 8-hodinových pohyblivých priemerov vypočítaných z hodinových údajov a aktualizovaných každú hodinu. Každý takto vypočítaný 8-hodinový priemer sa priradí ku dňu, v ktorom končí, t. j. prvým výpočtovým obdobím pre ktorýkoľvek jeden deň je obdobie od 17.00 hod. predchádzajúceho dňa do 1.00 hod. daného dňa; posledným výpočtovým obdobím pre ktorýkoľvek jeden deň je obdobie od 16.00 hod. do konca daného dňa.

Tab. 3.3 Ciel'ové hodnoty pre arzén, kadmium, nikel a benzo(a)pyrén na ochranu zdravia ľudí a vegetácie

Znečisťujúca látka	Priemerované obdobie	Ciel'ová hodnota ¹⁾
As	1 kalendárny rok	6 ng/m ³
Cd	1 kalendárny rok	5 ng/m ³
Ni	1 kalendárny rok	20 ng/m ³
BaP	1 kalendárny rok	1 ng/m ³

Tab. 3.4 Ciel'ové hodnoty pre ozón

Ciel'	Priemerované obdobie	Ciel'ová hodnota
Ochrana zdravia ľudí	najväčšia denná 8-hodinová stredná hodnota ¹⁾	120 µg/m ³ sa neprekročí viac ako 25 dní za kalendárny rok v priemere troch rokov ²⁾
Ochrana vegetácie	od mája do júla	AOT40 vypočítaný z 1-hodinových hodnôt 18 000 (µg/m ³) × h v priemere piatich rokov ²⁾

Tab. 3.5 Limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí a vegetácie

Znečisťujúca látka	Priemerované obdobie	Kritická úroveň
SO ₂	Kalendárny rok a zimné obdobie od 1. októbra do 31. marca	20 µg/m ³
NO _x	Kalendárny rok	30 µg/m ³ NO _x

3.3.2 Horná medza a dolná medza na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia

Tab. 3.6 Oxid dusičitý a oxidy dusíka

	Ochrana zdravia ľudí		Ochrana vegetácie a prírodných ekosystémov
	Hodinová limitná hodnota NO ₂	Ročná limitná hodnota NO ₂	Ročná kritická úroveň NO _x
Horná medza	70 % limitnej hodnoty (140 µg/m ³ sa neprekročí viac ako 18-krát za každý kalendárny rok)	80 % limitnej hodnoty (32 µg/m ³)	80 % kritickej úrovne (24 µg/m ³)
Dolná medza	50 % limitnej hodnoty (100 µg/m ³ sa neprekročí viac ako 18-krát za každý kalendárny rok)	65 % limitnej hodnoty (26 µg/m ³)	65 % kritickej úrovne (19,5 µg/m ³)

Tab. 3.7 Oxid siričitý

	Ochrana zdravia ľudí	Ochrana vegetácie
Horná medza	60 % 24-hodinovej limitnej hodnoty (75 µg/m ³ sa neprekročí viac ako 3-krát za každý kalendárny rok)	60 % zimnej kritickej úrovne (12 µg/m ³)
Dolná medza	40 % 24-hodinovej limitnej hodnoty (50 µg/m ³ sa neprekročí viac ako 3-krát za každý kalendárny rok)	40 % zimnej kritickej úrovne (8 µg/m ³)

Tab. 3.8 Olovo

	Ročný priemer
Horná medza	70 % limitnej hodnoty (0,35 µg/m ³)
Dolná medza	50 % limitnej hodnoty (0,25 µg/m ³)

Tab. 3.9 Častice PM10 a častice PM2,5

	24 hodinový priemer častíc PM10	Ročný priemer častíc PM10	Ročný priemer častíc PM2,5 ¹⁾
Horná medza	70 % limitnej hodnoty (35 µg/m ³ sa neprekročí viac ako 35-krát za každý kalendárny rok)	70 % limitnej hodnoty (28 µg/m ³)	70 % limitnej hodnoty (17 µg/m ³)
Dolná medza	50 % limitnej hodnoty (25 µg/m ³ sa neprekročí viac ako 35-krát za každý kalendárny rok)	50 % limitnej hodnoty (20 µg/m ³)	50 % limitnej hodnoty (12 µg/m ³)

Poznámka: ¹⁾ Horná medza a dolná medza pre častice PM2,5 sa nevzťahuje na merania vykonávané na posúdenie dodržiavania cieľa zníženia expozície pre častice PM2,5 na ochranu zdravia ľudí.

Tab. 3.10 Benzén

	Ročný priemer
Horná medza	70 % limitnej hodnoty (3,5 µg/m ³)
Dolná medza	40 % limitnej hodnoty (2 µg/m ³)

Tab. 3.11 Oxid uhoľnatý

	Osemhodinový priemer
Horná medza	70 % limitnej hodnoty (7 mg/m ³)
Dolná medza	50 % limitnej hodnoty (5 mg/m ³)

Tab. 3.12 Arzén

	Ročný priemer
Horná medza	60 % z cieľovej hodnoty (3,6 ng/m ³)
Dolná medza	40 % z cieľovej hodnoty (2,4 ng/m ³)

Tab. 3.13 Kadmium

	Ročný priemer
Horná medza	60 % z cieľovej hodnoty (3 ng/m ³)
Dolná medza	40 % z cieľovej hodnoty (2 ng/m ³)

Tab. 3.14 Nikel

	Ročný priemer
Horná medza	70 % z cieľovej hodnoty (14 ng/m ³)
Dolná medza	50 % z cieľovej hodnoty (10 ng/m ³)

Tab. 3.15 Benzo(a)pyrén

	Ročný priemer
Horná medza	60 % z cieľovej hodnoty (0,6 ng/m ³)
Dolná medza	40 % z cieľovej hodnoty (0,4 ng/m ³)

3.3.3 Indexy kvality a znečistenia ovzdušia

Podľa hodnoty imisného limitu sa posudzuje úroveň každej znečisťujúcej látky izolovane.

Index znečistenia ovzdušia (IZO) zohľadňuje pôsobenie viacerých škodlivín súčasne. Výpočet sa robí podľa metodiky MŽP SR (zohľadňuje sa pritom kumulatívny efekt uvažovaných škodlivín).

Rozlišujú sa tri spôsoby vyjadrenia IZO (indexy znečistenia ovzdušia):

- IZOr – index dlhodobého znečistenia = priemerná ročná koncentrácia
- IZOd – index denného znečistenia
- IZO_k – index krátkodobého znečistenia (polhodina)

Tab. 3.16 Klasifikácia stupňa znečistenia ovzdušia podľa indexov (IZOr, IZOd, IZO_k)

Rozsah IZO	
0,0 – 0,4	takmer žiadne
0,5 – 0,9	slabé
1,0 – 1,4	mierne
1,5 – 2,0	stredné
nad 2,0	veľké

Tab. 3.17 Imisné limity pre vybrané znečisťujúce látky

Znečisťujúca látka	Vyjadrená ako	Imisné limity ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)			
		IH _r	IH _d	IH _{8h}	IH _k
Polietavý prach		60	150		500
Oxid siričitý	SO ₂	60	150		500
Oxid siričitý a polietavý prach	SO ₂ + p.p.		250		
Oxidy dusíka	NO ₂	80	100		200
Oxid uhoľnatý	CO		5000		10000
Ozón	O ₃			110	
Olovo v polietavom prachu	Pb	0,5			
Kadmium v polietavom prachu	Cd	0,01			
Pachové látky		nesmú byť v koncentráciách obťažujúcich obyvateľstvo			

- IH_r - Priemerná ročná koncentrácia znečisťujúcej látky. Priemernou koncentráciou sa rozumie stredná hodnota koncentrácie zistená na určenom mieste v časovom úseku jedného roka ako aritmetický priemer z priemerných 24-hodinových koncentrácií.
- IH_d - Priemerná denná koncentrácia znečisťujúcej látky. Priemernou dennou koncentráciou sa rozumie stredná hodnota koncentrácie zistená na určenom mieste v časovom úseku 24 hodín. Priemernou dennou koncentráciou sa rozumie aj stredná hodnota najmenej dvanástich rovnomerne rozložených meraní priemerných polhodinových koncentrácií v časovom úseku 24 hodín (aritmetický priemer).
- IH_{8h} - Priemerná 8-hodinová koncentrácia znečisťujúcej látky. Priemernou 8-hodinovou koncentráciou sa rozumie stredná hodnota koncentrácie zistená na určenom mieste v časovom úseku 8-hodín.
- IH_k - Priemerná polhodinová koncentrácia znečisťujúcej látky. Priemernou polhodinovou koncentráciou sa rozumie stredná hodnota koncentrácie zistená na určenom mieste v časovom úseku 30 minút.

Aby bola dodržaná podmienka limitu koncentrácia IH_d a IH_k pre polietavý prach, SO₂, NO_x, a CO nesmie byť v priebehu roka prekročená viac ako v 5 % prípadov.

Index kvality ovzdušia (IKO) je hodnotením aktuálneho stavu kvality ovzdušia v konkrétnom mieste a čase merania kvality ovzdušia, ku ktorému môžu byť priradené odporúčania aktivít pre obyvateľov vzhľadom k riziku vystavenia obyvateľstva krátkodobej expozícii. Tvorí sa z údajov nameraných na monitorovacích staniciach národnej monitorovacej siete a ďalších vybraných reprezentatívnych meraní a informácií.

$$IKO_{ZL} = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{c_{Hi} - c_{Lo}} (c_{ZL} - c_{Lo}) + I_{Lo} \quad (3.1)$$

Kde IKO_{ZL} je index pre znečisťujúcu látku, c_{ZL} je príslušná koncentrácia ZL, c_{Hi} je hraničná hodnota koncentrácie, ktorá je väčšia alebo rovná ako c_{ZL} , c_{Lo} je hraničná hodnota koncentrácie, ktorá je menšia alebo rovná ako c_{ZL} , I_{Hi} je hodnota IKO prislúchajúca k c_{Hi} , I_{Lo} je hodnota IKO prislúchajúca k c_{Lo} .

IKO = najhorší stav IKO_{ZL}, IKO_{ZL} sa počíta z priemerných hodinových koncentrácií nameraných na automatizovaných monitorovacích staniciach za znečisťujúce látky (ZL): PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, SO₂, O₃. IKO sa hodnotí za podmienky, ak je nameraná koncentrácia minimálne aspoň za jednu znečisťujúcu látku (*Vyhláška č. 244/2016 Z. z.*).

Tab. 3.18 index kvality ovzdušia

Kvalita ovzdušia	IKO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NO ₂	SO ₂	O ₃
	I _{Lo} - I _{Hi}	c _{Lo} - c _{Hi} [μg.m ⁻³ za 1 h]				
dobrá	0 – 33	0 - 20	0 - 40	0 - 40	0 - 50	0 - 65
zhoršená	> 33 - 66	> 20 - 50	> 40 - 100	> 40 - 200	> 50 -250	> 65 - 180
zlá	> 66 - 100	> 50	> 100	> 200	> 250	> 180

Koncentrácie plynov a pár vyjadrujeme:

- podielovým zložením v % (% obj.), (% hm),
- hmotnostnou koncentráciou vzťahnutou k jednotke objemu (mg/m³, μg/m³),
- podielovým zložením v ppm alebo v ppb (obj. alebo hm.).

Jednotky ppm a ppb (parts per million a billion):

- 1 ppm_{obj.} = 1 cm³/m³ = 0,0001 % obj,
- 1 ppm_{hm} = 1 mg/kg = 0,0001 % hm,
- ppm_{obj} - zodpovedá objemovému pomeru 1 : 10⁶,
- ppb_{obj} - zodpovedá objemovému pomeru 1 : 10⁹,
- ppt_{obj} - zodpovedá objemovému pomeru 1 : 10¹².

Pre prepočty koncentrácie TZL platia rovnaké vzťahy ako pre plyny a pary. Pretože prach sa skladá z väčšieho počtu rôznych veľkostí, vyjadrujeme zastúpenie jednotlivých veľkostí v súbore (granulometrické zloženie, disperzita a pod.). V niektorých prípadoch sa ako charakteristický parameter miesto veľkosti častíc používa pádová rýchlosť častice. Je to rýchlosť, ktorou sa častice pohybujú v kludnom plynnom prostredí pôsobením zemskej tiaže (g). Pri malých časticiach, pre ktoré je Reynoldsovo číslo $Re < 1$, sa používa Stokesov vzťah:

$$U_p = \frac{1}{18} \cdot a^2 \frac{Q_2 - Q_1}{\mu} \quad (3.2)$$

Kde U_p je rýchlosť padania častice (m/s), a je priemer častice (m), Q_2 je hustota častíc (kg/m³), Q_1 je hustota plynu (kg/m³), μ je dynamická viskozita plynu (Pa.s), g je gravitačné zrýchlenie (m/s²).

Pre prepočty podielového zloženia v ppm (1 ppm = 1 cm³ znečisťujúcej látky v 1 m³ ovzdušia) na hmotnostnú koncentráciu v mg/m³ (hmotnostné množstvo 1 cm³ ZL v mg v 1 m³ ovzdušia) platí :

$$1ppm = \frac{M}{m} = \frac{M}{22,414} = 0,0446M \text{ (mg/m}^3\text{)}, \quad (3.3)$$

Kde M je molekulová hmotnosť znečistených látok (mg/mol), M je molárny objem znečisťujúcej látky (cm³/mol).

V praxi pre prepočty používame hodnoty reálnych molárnych objemov plynov:

$$1\text{ppm } SO_2 = \frac{64,05}{21,84} = 2,93 \text{ mg/m}^3 \quad (3.4)$$

$$1\text{ppm } NO_2 = \frac{46,01}{22,41} = 2,05 \text{ mg/m}^3 \quad (3.5)$$

$$1\text{ppm } CO = \frac{28,01}{22,40} = 1,25 \text{ mg/m}^3 \quad (3.6)$$

$$1\text{ppm } NO = \frac{30,01}{22,41} = 1,34 \text{ mg/m}^3 \quad (3.7)$$

3.4 Smogový varovný systém

Ďalším mechanizmom na ochranu zdravia obyvateľstva je smogový varovný systém pre ozón, PM₁₀, NO₂ a SO₂. Smogové situácie a výstrahy na ne sú vydávané podľa Zákona o ovzduší č. 137/2010 Z.z. a Vyhlášky o kvalite ovzdušia č. 244/2016 Z.z. v znení neskorších predpisov. Tie stanovujú na ochranu zdravia ľudí pred nepriaznivou kvalitou ovzdušia limitné hodnoty koncentrácií niektorých znečisťujúcich látok. Pritom sa rozlišuje dlhodobá expozícia, vyjadrená priemernými ročnými hodnotami koncentrácií, a krátkodobá expozícia, vyjadrená priemernými hodinovými alebo dennými hodnotami koncentrácií. Pre priemerné hodinové a denné koncentrácie sú stanovené maximálne počty prípadov takýchto prekročení za rok. V rámci varovného systému kvality ovzdušia SHMÚ je prekročenie priemernej hodinovej alebo dennej limitnej koncentrácie niektorej znečisťujúcej látky indikované žltou farbou. Žltá farba indikuje aktuálne zhoršenie kvality ovzdušia, neznamená však nutne, že bol už prekročený maximálny povolený ročný počet prekročení pre danú látku. V prípade PM₁₀ je maximálny povolený počet prekročení limitnej hodnoty 50 µg/m³ počas kalendárneho roka 35 prípadov.

Ozón

- **Oznámenie o vzniku smogovej situácie** nasleduje pri ozóne po prekročení informačného prahu 180 µg/m³ vyjadreného ako jednohodinový priemer.
- **Výstraha pred závažnou smogovou situáciou** nasleduje po prekročení výstražného prahu 240 µg/m³ vyjadreného ako jednohodinový priemer.
- Podmienky na vydanie **oznámenia o pominutí smogovej situácie a oznámenia o zrušení výstrahy** pred závažnou smogovou situáciou nastanú, ak koncentrácia ozónu neprekračuje príslušnú prahovú hodnotu a tento stav trvá:
 - súvisle 24 hodín a podľa vyhodnotenia vývoja znečistenia ovzdušia na základe meteorologickej predpovede nie je odôvodnené predpokladať opätovné prekročenie príslušnej prahovej hodnoty v priebehu nasledujúcich 24 hodín, alebo
 - najmenej 3 hodiny a podľa vyhodnotenia vývoja znečistenia ovzdušia na základe meteorologickej predpovede je takmer vylúčené opätovné prekročenie hodnoty informačného prahu v priebehu nasledujúcich 24 hodín.

PM₁₀

- **Oznámenie o vzniku smogovej situácie** nasleduje pre častice PM₁₀ po prekročení informačného prahu 100 µg/m³ vyjadreného ako 12-hodinový kľzavý priemer

koncentrácie častíc PM₁₀ a súčasne podľa vyhodnotenia vývoja znečistenia ovzdušia na základe meteorologickej predpovede nie je odôvodnené predpokladať zníženie koncentrácie tejto znečisťujúcej látky v priebehu nasledujúcich 24 hodín pod hodnotu informačného prahu.

- **Výstraha pred závažnou smogovou situáciou** nasleduje po prekročení výstražného prahu 150 µg/m³ vyjadreného ako 12-hodinový kĺzavý priemer koncentrácie častíc PM₁₀ a súčasne podľa vyhodnotenia vývoja znečistenia ovzdušia na základe meteorologickej predpovede nie je odôvodnené predpokladať zníženie koncentrácie tejto znečisťujúcej látky v priebehu nasledujúcich 24 hodín pod hodnotu výstražného prahu.
- Podmienky na vydanie **oznámenia o pominutí smogovej situácie alebo oznámenia o zrušení výstrahy** pred závažnou smogovou situáciou nastanú, ak koncentrácia žiadnej znečisťujúcej látky neprekračuje príslušnú prahovú hodnotu a tento stav trvá:
 - súvisle 24 hodín a podľa vyhodnotenia vývoja znečistenia ovzdušia na základe meteorologickej predpovede nie je odôvodnené predpokladať opätovné prekročenie príslušnej prahovej hodnoty v priebehu nasledujúcich 24 hodín, alebo
 - najmenej 3 hodiny a podľa vyhodnotenia vývoja znečistenia ovzdušia na základe meteorologickej predpovede je takmer vylúčené opätovné prekročenie príslušnej prahovej hodnoty v priebehu nasledujúcich 24 hodín.

SO₂, NO₂

- **Výstraha pred závažnou smogovou situáciou** nasleduje po prekročení výstražného prahu 500 µg/m³ pre SO₂ a 400 µg/m³ pre NO₂, vyjadreného ako priemerná hodinová koncentrácia znečisťujúcej látky počas troch po sebe nasledujúcich hodín na miestach reprezentujúcich kvalitu ovzdušia pre aspoň 100 km² alebo celú zónu alebo aglomeráciu podľa toho čo je menšie. Ďalšou podmienkou vyhlásenia smogovej situácie je očakávané pretrvávanie nepriaznivých rozptylových podmienok podľa meteorologickej predpovede počas nasledujúcich 24 hodín.
- Podmienky na vydanie **oznámenia o zrušení výstrahy pred závažnou smogovou situáciou** nastanú, ak koncentrácia znečisťujúcej látky neprekračuje hodnotu výstražného prahu 500 µg/m³ pre SO₂ a 400 µg/m³ pre NO₂, a tento stav trvá:
 - súvisle 24 hodín a podľa vyhodnotenia vývoja znečistenia ovzdušia na základe meteorologickej predpovede nie je odôvodnené predpokladať opätovné prekročenie príslušnej prahovej hodnoty pre žiadnu zo znečisťujúcich látok v priebehu nasledujúcich 24 hodín, alebo
 - najmenej 3 hodiny a podľa vyhodnotenia vývoja znečistenia ovzdušia na základe meteorologickej predpovede je takmer vylúčené opätovné prekročenie príslušnej prahovej hodnoty pre žiadnu zo znečisťujúcich látok PM₁₀, SO₂ alebo NO_x v priebehu nasledujúcich 24 hodín (www.shmu.sk).

4 Monitorovanie vôd

Monitorovanie vôd predstavuje jeden zo základných nástrojov plánovania, využívania a ochrany vôd. Predstavuje opakovaný výkon meraní alebo vzorkovania vôd v presne definovaných miestach, ktoré tvoria monitorovaciu sieť. Získané údaje a informácie musia byť reprezentatívne, časovo a priestorovo porovnateľné. Pri realizácii monitorovacích prác je potrebné postupovať štandardizovane pre každý monitorovaný parameter, ukazovateľ, alebo ich skupinu podľa vopred stanoveného Programu monitorovania.

Pod pojmom monitorovanie sú všeobecne zahrnuté všetky procesy spojené so získaním informácií: plánovanie, odbery vzoriek, spracovanie vzoriek, analytické práce, štatistické spracovanie údajov, hodnotenie výsledkov, vypracovanie hodnotiacich správ (národných aj medzinárodných), prezentácia výsledkov a podobne.

Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ), je poverený prostredníctvom svojej Hydrologickej služby zabezpečovať koordináciu čiastkového monitorovacieho systému Voda a na základe pozorovaných údajov spracovávať podkladové materiály (Hydroekologické plány povodí, dokumenty Štátnej vodohospodárskej bilancie, údaje pre vodoprávne rozhodnutia) pre rozhodovací proces štátu. Samotný ČMS pozostáva z nasledovných monitorovacích podsystemov:

1. Kvantitatívne ukazovatele povrchových vôd,
2. Kvantitatívne ukazovatele podzemných vôd,
3. Kvalita podzemných vôd,
4. Kvalita povrchových vôd,
5. Termálne a minerálne vody,
6. Závlahové vody,
7. Rekreačné vody.

Podsystemy 1 až 4 zabezpečuje priamo SHMÚ Bratislava v rámci štatútom určených úloh. Zabezpečenie subsystemov 5 a 7 spadá do rezortu zdravotníctva a zabezpečenie subsystemu 6 spadá do rezortu pôdohospodárstva.

Monitorovanie stavu vôd sa člení na monitorovanie stavu povrchových vôd a na monitorovanie stavu podzemných vôd.

Monitorovanie stavu povrchových vôd sa člení na:

- inšpekčný monitoring,
- prevádzkový monitoring,
- prieskumný monitoring,
- monitoring chránených oblastí.

Monitorovanie stavu podzemných vôd sa člení na:

- monitorovanie kvantitatívneho stavu podzemnej vody,
- monitorovanie chemického stavu podzemnej vody.

Monitorovanie chemického stavu podzemnej vody sa ďalej člení na:

- inšpekčný monitoring,
- prevádzkový monitoring.

Účelom inšpekčného monitoringu povrchových vôd je:

- doplnenie a potvrdenie platnosti postupu hodnotenia dopadu antropogénnych vplyvov na stav povrchových vôd,
- účelný a účinný návrh budúcich monitorovacích programov,
- hodnotenie dlhodobých zmien prírodných podmienok,
- hodnotenie dlhodobých zmien spôsobených antropogénnou činnosťou.

Účelom prevádzkového monitoringu povrchových vôd je:

- zistenie stavu tých útvarov povrchových vôd ktoré boli identifikované, ako rizikové s ohľadom na možnosť nesplnenia im prislúchajúcich environmentálnych cieľov,
- vyhodnotenie každej zmeny stavu takýchto útvarov povrchových vôd, ktorá vyplynie z programov opatrení,
- sledovanie množstva a kvality povrchových vôd a ich ovplyvňovanie pri nakladaní s povrchovými vodami pre vodnú bilanciu,
- sledovanie množstva a kvality povrchových vôd pre zabezpečenie výkonu činností správy vodných tokov.

Účelom prieskumného monitoringu povrchových vôd je:

- zistenie príčiny akýchkoľvek prekročení v ukazovateľoch sledovaných vo vodnom prostredí, ktorá nie je známa,
- zistenie príčin, prečo vodný útvar alebo vodné útvary nedosahujú environmentálne ciele, keď inšpekčný monitoring preukáže, že environmentálne ciele stanovené pre vodný útvar pravdepodobne nebudú dosiahnuté a prevádzkový monitoring ešte nezačal činnosť,
- zistenie rozsahu a dôsledkov havarijného znečistenia povrchových vôd.

Monitorovanie chránených oblastí zahŕňa monitorovanie miest odberu pre úpravu pitnej vody z útvarov povrchovej vody poskytujúcich viac ako 100 m³ vody za deň a monitorovanie vodných útvarov povrchových vôd tvoriacich chránené oblasti stanovišť a výskytu rastlinných a živočíšnych druhov priamo závislých na vode.

Účelom monitorovania kvantitatívneho stavu podzemnej vody je vyhodnotenie kvantitatívneho stavu všetkých útvarov alebo skupín útvarov podzemnej vody vrátane vyhodnotenia využiteľných zásob podzemnej vody.

Účelom inšpekčného monitoringu podzemných vôd je:

- doplnenie a overenie spôsobu hodnotenia dopadov,
- získanie informácií na hodnotenie dlhodobých trendov vyplývajúcich zo zmien prírodných podmienok a z antropogénnej činnosti.

Účelom prevádzkového monitoringu podzemných vôd je:

- stanoviť chemický stav všetkých útvarov podzemných vôd alebo ich skupín, ktoré boli identifikované ako rizikové z hľadiska nesplnenia environmentálnych cieľov,
- stanoviť prítomnosť akéhokoľvek dlhodobého stúpajúceho trendu koncentrácie akejkoľvek znečisťujúcej látky, ktorý bol vyvolaný antropogénnymi vplyvmi (www.minzp.sk).

4.1 Monitorovacia sieť

Garantom ČMS Voda je Slovenský hydrometeorologický ústav v Bratislave (SHMÚ). V rámci jeho monitorovacej siete sú sledované: kvantita a kvalita povrchových vôd, hladina podzemných vôd, výdatnosť prameňov, kvalita podzemných vôd. Monitorovanie kvantity povrchových vôd sa vykonáva v 482 monitorovacích staniaciach, monitorovanie kvantity podzemných vôd v 1 874 monitorovacích staniaciach. Kvalita povrchových vôd sa sleduje na 250 miestach odberov a kvalita podzemných vôd (okrem Žitného ostrova) na 291 miestach odberov s frekvenciou dvakrát ročne (na jar a na jeseň).

Monitorovacia sieť povrchovej vody

Monitorovanie povrchových vôd sa vykonáva prostredníctvom stabilnej monitorovacej siete a prostredníctvom siete meniacich sa odberových miest.

Miesta trvalej monitorovacej siete sa sledujú pravidelne každý rok pri mesačnej frekvencii. Miesta meniacej sa monitorovacej siete pozostávajú z monitorovacích miest, ktoré sa môžu v čase aj priestore meniť. Frekvencie monitorovania jednotlivých miest meniacej sa monitorovacej siete sa môžu meniť v rámci šesťročného cyklu, avšak nepredpokladá sa ich každoročné pravidelné monitorovanie.

Cieľom **stabilnej monitorovacej siete** je zabezpečiť systematické merania pre získanie dlhodobého radu homogénnych údajov, ktoré je možné využiť pre rôzne druhy hodnotení. Stabilná monitorovacia sieť bude slúžiť pre všetky typy monitorovania (základné, prevádzkové a prieskumné monitorovanie). Monitorovacie miesta sa budú sledovať pravidelne každý rok. Sú to miesta napríklad:

- dohodnuté v rámci bilaterálnych dohôd hraničných vôd (SK-HU, SK-AT, SK-CZ, SK-PL, SK-UA) vrátane miest pre prenos cezhraničného znečistenia,
- miesta medzinárodnej monitorovacej siete Dunaja (TransNational Monitoring Network),
- miesta pre reportovanie výsledkov do databázy Európskej environmentálnej agentúry,
- miesta pre reportovanie výsledkov podľa smernice NECD (smernica EÚ č. 2016/2284),
- miesta pre vodohospodársku kvalitatívnu bilanciu,
- miesta pre zhodnotenie dlhodobých trendov vývoja kvality povrchových vôd, sedimentov a bioty,
- miesta pre sledovanie látok alebo skupín látok podľa smernice EQSD (Watch list).

Celkovo ide o 87 miest, ktoré pokrývajú všetky čiastkové povodia, všetky typy a celý gradient znečistenia, resp. stavu alebo potenciálu.



Obr. 4.1 Monitorovacia sieť povrchovej vody

(https://www.shmu.sk/File/Hydrologia/Monitoring_PV_PzV/Monitoring_kvality_PV/KvPV_2020/KvPV_2020_mapa1_MM.pdf)

Miesta meniacej sa monitorovacej siete pozostávajú z ďalších monitorovacích miest pre všetky druhy monitorovania (základné, prevádzkové a prieskumné). Frekvencie monitorovania jednotlivých miest meniacej sa monitorovacej siete sa môžu v závislosti od účelu monitorovania v rámci šesťročného cyklu meniť.

V rámci tejto siete sa predpokladá napríklad:

- monitorovanie prvkov kvality pre hodnotenie ekologického stavu, ekologického potenciálu a chemického stavu útvarov povrchových vôd v reprezentatívnych odberových miestach,
- sledovanie biologických prvkov kvality za účelom odvodenia klasifikačných schém pre hodnotenie ekologického stavu,
- sledovanie biologických prvkov kvality za účelom odvodenia klasifikačných schém pre hodnotenie ekologického potenciálu,
- monitorovanie vybraných bodových a difúzných zdrojov znečistenia,
- miesta pre sledovanie vybraných prioritných a relevantných látok (ktoré sa v predchádzajúcich rokoch vyskytovali v koncentráciách nad limit kvantifikácie),
- prieskum komunálnych a priemyselných odpadových vôd,
- sledovanie vybraných lokalít s výskytom mimoriadnych zhoršení vôd,
- monitorovanie referenčných lokalít,
- monitorovanie pre potreby plnenia požiadaviek dusičnanovej smernice (NiD),
- monitorovanie území s povrchovou vodou určenou na odber pre pitnú vodu a chránených oblastí prirodzenej akumulácie vôd,
- sledovanie citlivých oblastí,

- sledovanie bio-kontaminácie v povrchových vodách (*Rámcovom programe monitorovania vôd Slovenska na obdobie rokov 2022 – 2027*).

Monitorovacia sieť podzemnej vody

V súlade s vyhláškou č. 418/2010 Z. z. sa monitorovanie kvality podzemnej vody pre účely hodnotenia chemického stavu vykonáva v pozorovacích objektoch prameňov a pozorovacích sondách Štátnej hydrologickej siete v správe SHMÚ (ŠHS), ktoré boli umiestnené tak, aby bolo zabezpečené systematické sledovanie ukazovateľov v podzemnej vode kvartérnych a predkvartérnych útvarov podzemných vôd pre účely základného a prevádzkového monitorovania.

Monitorovacia sieť je doplnená o monitorovacie miesta Účelovej monitorovacej siete VÚVH (ÚMS) s primárnym cieľom získania podrobnejších informácií o koncentráciách vybraných znečisťujúcich látok v ÚPzV.

Základné monitorovanie podzemnej vody sa vykonáva v dostatočnom počte monitorovacích miest v útvaroch podzemných vôd:

- identifikovaných ako rizikové z hľadiska nedosiahnutia environmentálnych cieľov RSV,
- identifikovaných ako útvary podzemných vôd v zlom chemickom stave,
- hraničiacimi s okolitými štátmi alebo presahujúcimi hranice štátu.

Prevádzkové monitorovanie podzemnej vody sa vykonáva v útvaroch podzemných vôd, ktoré sú:

- identifikované ako rizikové z hľadiska nedosiahnutia environmentálnych cieľov,
- identifikované ako útvary podzemnej vody v zlom chemickom stave.

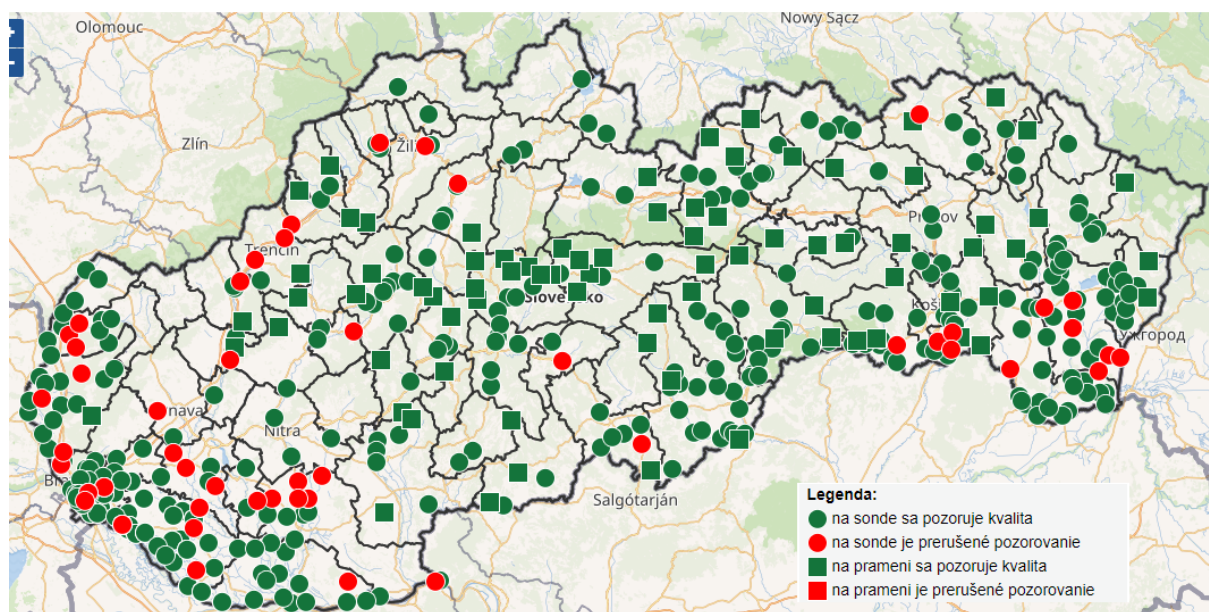
Do siete základného monitorovania podzemnej vody sú zaradené pozorovacie objekty, v ktorých:

- sa nepredpokladá ovplyvnenie bodovými alebo plošnými zdrojmi znečistenia a sú situované v oblastiach s nízkou zraniteľnosťou podzemných vôd s prevládajúcim využitím krajiny v danom útvare podzemných vôd (za účelom identifikácie trendov zapríčinených prírodnými procesmi),
- na základe sledovania v uplynulých rokoch bolo zistené prekročenie limitnej hodnoty, alebo štatisticky významný stúpajúci trend koncentrácie aspoň jednej znečisťujúcej látky,
- vzhľadom na svoje umiestnenie v smere prúdenia podzemnej vody od potenciálneho bodového zdroja znečistenia alebo ich skupiny je predpoklad, že budú môcť zachytiť prípadný prienik znečistenia významného pre celý útvar podzemnej vody,
- sú situované v poľnohospodársky využívaných oblastiach (za účelom monitorovania plošného znečistenia podzemnej vody).

Do siete prevádzkového monitorovania podzemnej vody sú zaradené pozorovacie objekty v ktorých:

- na základe sledovania v uplynulých rokoch bolo zistené prekročenie limitnej hodnoty, alebo štatisticky významný stúpajúci trend koncentrácie aspoň jednej znečisťujúcej látky,
- vzhľadom na svoje umiestnenie v smere prúdenia podzemnej vody od potenciálneho bodového zdroja znečistenia alebo ich skupiny je predpoklad, že budú môcť zachytiť prípadný prienik znečistenia významného pre celý útvar podzemnej vody,
- sú situované v poľnohospodársky využívaných oblastiach (za účelom monitorovania plošného znečistenia podzemnej vody) (*Rámcovom programe monitorovania vôd Slovenska na obdobie rokov 2022 – 2027*).

Zoznam monitorovacích objektov pre monitorovanie kvality podzemnej vody za účelom hodnotenia chemického stavu sa nachádza v Rámcovom programe monitorovania vôd Slovenska na obdobie rokov 2022 – 2027 v Prílohe 5.3.2.1.



Obr. 4.2 Monitorovacia sieť kvality podzemných vôd (prameňov a sond) Slovenska
(<https://www.shmu.sk/sk/?page=1598>)

4.2 Odber vzoriek vôd

Kvalita nameraných hodnôt akosti vody závisí od prvých krochov procesu analýzy, ktorými sú odber a preprava vzoriek. Je potrebné zamedziť všetky rušivé vplyvy a pre každý prípad zvoliť najvhodnejší spôsob riešenia. V niektorých prípadoch sa merania vykonávajú priamo na mieste odberu a časť vzoriek na stanovenie ďalších zložiek sa vhodným spôsobom konzervuje.

Všetky údaje o vzorkách a všetkých typoch ich analýz z kontrolných profilov, sú chronologicky zaradované do evidenčných kariet centrálnej evidencie Hydrofondu. Evidenčné karty jednotlivých profilov sa potom zaradujú podľa odtokového poradia do hydrologických celkov.

Okrem výsledkov analýz vzoriek evidenčná karta obsahuje:

- hydrologické a hydrotechnické údaje,
- charakteristiku zistenej akosti vody,
- hlavné zdroje znečistenia v sledovanom úseku,

ďalej prílohy:

- situácia umiestnenia kontrolného profilu v meradle 1:10.000,
- fotografický snímok miesta odberu vzoriek,
- konzumpčnú krivku alebo prepočítavací súčiniteľ pre vyčíslenie prietochného množstva.

Súbor evidenčných kariet tvorí klasický archív originálov údajov, ktoré sú zároveň prevedené do pamäti počítača a tvorí register kontrolných profilov akosti vody v tokoch v rámci databanky vodohospodárskej informačnej sústavy.

Informácie o zložení všetkých druhov prírodných vôd sú jedným zo základných podkladov pre riešenie otázok starostlivosti o životné prostredie. Nedodržanie potrebnej akosti vody alebo jej nadmerné znečistenie má za následok zníženie využiteľnosti vody, prípadne i jej úplné vylúčenie z používania.

Údaje, ktoré sa majú získať analýzou možno z hľadiska požiadaviek na rozsah a presnosť uskutočnených analýz rozdeliť na údaje orientačné, komplexné, podrobné a špeciálne.

Orientačné údaje poskytujú informácie o základných vlastnostiach prírodnej vody (stanovenie základného chemického typu vody, prítomnosti či neprítomnosti znečisťujúcich látok, rozpustených plynov, rozsah mikrobiologického oživenia vody atď.).

Komplexné údaje poskytujú úplný prehľad o vlastnostiach a zložení vody s presnosťou, ktorá umožňuje sledovať vzájomné vzťahy jednotlivých zložiek a zmeny podmienené pôsobením prírodných i umelých vplyvov. K dispozícii musia byť celkom spoľahlivé, reprezentatívne vzorky. Komplexné údaje sú požadované napr. k určeniu akosti vody podľa súboru noriem pre posudzovanie akosti pitnej vody vo vodárenstve.

Podrobné údaje musia poskytnúť čo najpresnejšie informácie o obsahu jednotlivých látok vo vode. K tomu treba použiť čo najspoľahlivejší odber vzoriek a čo najpresnejšie analýzy. Napr. stanovenie jednotlivých individuí v zmesi organických látok pri kontaminácii vody stopovými koncentráciami ropných uhlíkovodíkov alebo analýzy zrážkových vôd na zistenie špecifického zamorenia atmosféry exhalátmi kladú veľké nároky na čistotu vzorkovačov a vzorkovníc i na spôsob transportu a skladovania vzoriek. Miera ovplyvnenia vzoriek týmito vplyvmi musí byť menšia, než je citlivosť použitých analytických metód.

Špeciálne údaje vyžadujú stanovenie iba vybraných zložiek alebo vlastností skúmanej vody s presnosťou, ktorá zodpovedá danému účelu. Napr. stopovacie skúšky na určenie rýchlosti prúdenia podzemnej vody vyžadujú stanovenie obsahu stopovacej látky vo vode (napr. NaCl) s presnosťou, ktorá bude zodpovedať minimálnemu obsahu tejto látky v neoznačenej podzemnej vode alebo predpokladanému zriedeniu počiatkovej koncentrácie stopovacej látky pri prieniku označenej podzemnej vody na sledovanú vzdialenosť (*Kvasnová 2009*).

4.2.1 Účel odberu vzoriek

U zrážkových vôd: výskum procesov v atmosfére (atmosférické chemické reakcie, procesy vypršania a vymývanie, tvorba oblakov, riešenie otázok meteorológie a klimatológie), údaje potrebné pre hydrologiu, geológiu a geochémiu, vodné hospodárstvo, lesníctvo, poľnohospodárstvo, biologické odbory, pedológiu, atď..

U povrchových vôd: posudzovanie akosti vody z hľadiska jej využitia (vodárenstvo, závlaha, rybárstvo) a stupňa znečistenia (saprobity), štúdium podmienok organického života (vytváranie biocenóz), pôsobenie povrchových vôd na hydrotechnické stavby, podzemné vody, atď..

U podzemných vôd: posudzovanie a prognóza zloženia vody a jej vzťahu k prírodným a umelým faktorom (riešenie otázok pôvodu podzemných vôd a ciest i rýchlosti ich pohybu). Najčastejšie sa uskutočňuje pri hydrogeologickom a geochemickom mapovaní, pri hydrodynamických skúškach a pri periodickom pozorovaní podzemných vôd. Výsledky analýz slúžia vodohospodárskemu využitiu a ochrane podzemných vôd pred znečistením a vyčerpaním, pri uskladňovaní odpadov, pri ťažbe minerálnych vôd i pri využívaní geotermálnej energie a pod. (*Tolgyeesy 2000*).

4.2.2 Vzorkovacia technika

Vzorkovaciú techniku tvoria pomôcky, zariadenia, prístroje bezprostredne súvisiace s odberom vzoriek, t.j. určujúce ich množstvo, miesto a okamih odberu, príp. typ vzorky (jednorazová, opakovaná, zmiešaná). Vzorky získané odberom na povrchu i v hĺbke končia spravidla v transportnom obale – vzorkovnici (vzorkovači) (fľaše, demižóny, kanister). Výber materiálu vzorkovnice má mimoriadny význam pre spoľahlivosť vzoriek a ich analýzu, pretože vzorka je v stálom styku s vnútorným povrchom vzorkovnice.

Požiadavky na materiály vzorkovnic a vzorkovačov

Materiál vzorkovnice musí mať tieto vlastnosti:

- musí byť dokonale odolný voči vzorke a jej zložkám za obvyklých koncentračných, teplotných a tlakových podmienok,
- nesmie mať baktericídny (bakteriostatický) účinok pri použití nádob pre vzorky k bakteriologickým a biologickým rozborom,
- musí umožniť spôsoby sterilizácie, čistenia a konzervácie predpísané pre daný druh vzorky vody a typy analýzy.

Na vzorkovače a ich časti sa spravidla používajú korózievzdorné ocele, najlepšie chrómnikové s prísadou volfrámu a molybdénu, ktoré sú nemagnetické. Miesto sklenených fliaš sa stále častejšie používajú plastové fľaše, a z nich fľaše zo striekaného polyetylénu. Tieto majú proti skleným mnohé výhody:

- sú ľahko dostupné v jednotnom prevedení (valcové i hranaté) a sú lacné,
- majú menšiu adsorpčnú a iónovú schopnosť vzhľadom k anorganickým zložkám vody než bežné nepreparované sklo,

- sú najvhodnejšie pre vzorky k rádiometrickým rozborom, pri ktorých navyiac umožňujú priame meranie aktivity gama.

Požiadavky na konštrukciu vzorkovačov a ich klasifikácia

Vzorkovače sú prístroje a zariadenia, umožňujúce jednorazovo alebo opakovane odobrať buď vzorku z miesta neprístupného obsluhu (hlbinné vzorkovače), alebo bez prítomnosti obsluhy (automatické vzorkovače).

Podľa princípu činnosti hlbinné vzorkovače delíme na tri skupiny:

- prístroje preplachované (s preplachovacou komorou),
- prístroje nepreplachované (s nepreplachovanou komorou),
- prístroje kombinované (s neúplným alebo jednorazovým preplachovaním vzorkovacej komory).

Preplachované vzorkovače sú založené na predstave, že rúrkové teleso, otvorené na oboch koncoch a zapustené po vertikále do miesta odberu vo vodnom stĺpci, prechádza jednotlivými "vrstvami" tohoto stĺpca bez porušenia jeho homogenity a hĺbkovej pozície časti vrstiev, ktorými prešlo. Vhodnejšie sú prístroje s klapkovými uzávermi, než s rovinnými uzávermi. Vzorkovače so zložitejšími uzatváracími mechanizmami (hermetické a tlakové) musia byť v mieste odberu vzorky preplachované, najlepšie rozkmitom, t.j. viacnásobným rýchlym spúšťaním a pomalým vytiahnutím s amplitúdou o dĺžke prístroja (1 až 3 m).

Nepreplachované vzorkovače využívajú k odberu vzorky nasávací efekt, ktorý vzniká rozdielom tlaku medzi komorou prístroja a vodou v mieste odberu. Od preplachovaných sa líšia najviac tým, že v nich zostáva ten objem vzorky, ktorým bol vzorkovač jednorazovo naplnený v mieste odberu. Nasávací efekt sa dosahuje rôznym spôsobom - evakuovaním vzorkovača, vypudením vzduchu alebo inej inertnej tekutiny, mechanickým rozpínaním komory alebo mechu (príp. polyetylénového vrečka), mechanicky alebo inak ovládaným piestom a pod..

Do skupiny **kombinovaných vzorkovačov** možno zaradiť napr. všetky fľaškové vzorkovače, u ktorých vzorkovnica je ešte uložená v ďalšom hermetickom obale tak, aby po naplnení bola ešte prepláchnutá definovaným objemom vody (Tolgyessy 2002).

4.2.3 Automatické vzorkovacie zariadenie

Požiadavky na automatické vzorkovacie zariadenie:

- jednoduchá konštrukcia s malým počtom funkčných súčastí,
- minimálny rozsah častí umiestnených priamo vo vode alebo prichádzajúcich do styku s vodou,
- ľahká obsluha, prevádzka i opravy,
- malé rozmery, hmotnosť a minimálne nároky na akosť prostredia (teplotu a vlhkosť vzduchu),
- vysoká odolnosť proti korózií, prachu a piesku,
- minimálne nebezpečenie upchávania funkčných častí tuhými látkami zo vzorky,
- vysoká spoľahlivosť pri premenlivých klimatických podmienkach,
- napájanie z akumulátorov i zo siete,

- dlhodobá prevádzka bez porúch,
- pri odbere zložiek citlivých na teplo možnosť uchovania dielčích vzoriek pri teplote 0 až 4 °C aspoň po dobu 24 h a možnosť konzervácie zložiek podliehajúcich zmenám,
- u vzorkovacích zariadení pre povrchové, príp. podzemné vody možnosť voľby režimu vzorkovania v závislosti od času alebo od pretekajúceho množstva.

V poslednom čase sa požaduje u automatických zariadení i možnosť priebežného merania alebo registrácie vybraných zložiek a vlastností, podliehajúcich zmenám, priamo vo vzorkách. Táto požiadavka vytvára z automatického vzorkovacieho zariadenia najjednoduchší automatický analyzátor (monitor). Bežne používané monitory nie sú zariadené na odber a uchovávanie vzoriek k ďalším (podrobnejším) analýzám, a preto sa niekedy kombinujú s automatickým vzorkovacím zariadením.

Sú známe v podstate tri koncepcie pre automatický odber vzoriek. Prvé dve pomocou vhodného časového mechanizmu odoberajú bodové vzorky (do samostatných fliaš) alebo vzorky zlievané (do jednej nádoby jednotlivé podiely vzoriek). Do druhej skupiny možno s výhradou odlišného spôsobu ovládania (snímačmi reagujúcimi na trvanie zrážkovej situácie) zaradiť i automatické zariadenia na vzorkovanie zrážok. Tretia koncepcia zabezpečuje kontinuálny alebo diskontinuálny odber vzoriek úmerne objemovému (hmotnostnému) prietoku. Používa sa hlavne u tečúcich povrchových a hlavne odpadových vôd (Soják 2002).

4.2.4 Metódy odberu vzoriek

Všeobecné požiadavky kladené na metódy odberu vzoriek:

- odber vzoriek musí byť spoľahlivý, t.j. získané vzorky majú reprezentovať zloženie analyzovanej vody v danom mieste a intervale odberu a nesmú byť porušené ani následnými manipuláciami, transportom a skladovaním pred analýzou,
- odber vzoriek musí byť ekonomický, t.j. náklady vynaložené na získanie vzoriek nesmú byť v nepriaznivom pomere k účelu uskutočnených analýz,
- odber vzoriek musí byť reprodukovateľný, t.j. má umožniť opakované získanie spoľahlivých vzoriek s rovnakými výsledkami analýz,
- musí byť k dispozícii dostatočné množstvo vzorky na analýzu,
- technológia odberu vzoriek nemá porušiť prírodný stav analyzovaného celku alebo jeho častí v mieste odberu.

Podľa slovenských štátnych noriem a niektorých zahraničných noriem sa rozlišujú jednorazový a opakovaný (radový) odber vzoriek a bodové (jednorazové, jednoduché) a zmiešané (zlievané) vzorky.

Jednorazový odber vzoriek podáva obraz okamžitého stavu. Vzorka sa odoberie iba raz (jedinou vzorkovnicou, vzorkovačom a pod.) a hodnotí sa samostatne.

Opakovaný (radový) odber vzoriek slúži na zistenie variability vzoriek v čase alebo v priestore, príp. v čase i v priestore. Vzorky sa odoberajú vždy v súvislosti s radou ďalších vzoriek, takže vzniká súbor o určitom počte členov. Výsledky analýz možno spracovať a hodnotiť metódami matematickej štatistiky. Pri veľkom počte členov rady možno spracovanie uskutočniť počítačom.

Zonačný odber vzoriek opakovaného odberu, pri ktorom sa vzorky odoberajú z rôznych hĺbok na vertikálnej osi stĺpca vody z určeného bodu na povrchu do zvoleného bodu na vertikále.

Časový odber je druh opakovaného odberu, pri ktorom sa opakovane odoberajú jednotlivé vzorky v určitých časových intervaloch tak, aby bolo možno sledovať zmeny v závislosti od času.

Časovo i priestorovo súvzťažné odbery umožňujú vyjadriť zložitejšie vzťahy medzi jednotlivými miestami (zónami, objektmi, lokalitami) odberu vzoriek. U kontaminovaných vôd sa obvykle takéto odbery používajú k vyšetrovaniu samočistiacich schopností vodného toku, pričom treba zistiť čas prietoku vody medzi uvažovanými miestami.

Podľa typu rozoznávame vzorky bodové a zmiešané.

Bodová vzorka sa obvykle získa jednorazovým odberom, t.j. jedným naplnením vzorkovnice, jedným zapustením vzorkovača a pod.

Zmiešaná vzorka vzniká zmiešaním niekoľkých vzoriek bodových, odobratých postupne z jedného miesta vyšetřovaného objektu.

Priemerná vzorka je druh zmiešanej vzorky, ktorá charakterizuje priemerné zloženie vody v priestore, čase alebo v priestore i v čase súčasne.

Podľa miery spoľahlivosti a ich analýz možno vzorky rozdeliť na **orientačné a spoľahlivé**.

Podľa hľadísk spoľahlivosti a miery porušenia vplyvom technológie odberu vzoriek možno rozlíšiť ešte tzv. povrchové a hlbinné vzorky.

Povrchová vzorka sa odoberá spravidla za atmosférického tlaku (vzduchu i vody) v mieste bezprostredne prístupnom obsluhu alebo sprostredkovane automatickým vzorkovacím zariadením.

Hlbinná vzorka sa odoberie (väčšinou za vyššieho tlaku vodného stĺpca v mieste bezprostredne neprístupnom obsluhu) sprostredkovane zariadením, ktoré sa spustí do miesta odberu a plní vzorkou v závislosti od vôle obsluhu alebo automaticky, spravidla bez možnosti vizuálnej kontroly (Kvasnová 2009).

Na základe fyzikálnych vlastností vzoriek v okamihu odberu môžeme ešte rozlíšiť vzorky jednofázové a vzorky dvojfázové a viacfázové, homogénne alebo heterogénne.

Záznam o odbere vzoriek

O každom odbere musí byť urobený záznam, kde sa uvedie:

- druh a účel požadovanej analýzy,
- druh vzorky (povrchová, podzemná, odpadová voda, atď.),
- označenie miesta odberu vzorky,
- dátum odberu,
- označenie vzorkovnice (vzorkovnic) s odobratou vzorkou,
- teplota vzduchu, barometrický tlak, počasie pred a pri odbere,

- spôsob odberu a podmienky pri odbere vzorky,
- výsledky stanovení vykonaných pri odbere, spôsob konzervovania,
- množstvo odobratej vzorky,
- meno a podpis pracovníka, ktorý vzorku odobral (*Kvasnvá 2009*).

4.2.5 Odber zrážkovej vody

Horizontálne zrážky sa bežne nevzorkujú. Vzorkovanie **vertikálnych zrážok** (dážd') a ich analýza je dôležitou technikou sledovania procesov v atmosfére a čistoty ovzdušia. V SR sa zloženie zrážok systematicky sleduje Hydrometeorologickým ústavom, účelové vzorkovanie realizujú rôzne organizácie.

Množstvo zrážkovej vody sa obvykle udáva v milimetroch (výška hypotetickej vrstvy vody spadnutej na zemský povrch). Zistiť toto množstvo presne a správne nie je jednoduché, lebo závisí od mnohých parametrov, ktoré sa nedajú žiadnou štandardnou metódou striktné normalizovať.

Sú to predovšetkým tieto parametre:

- sila, povaha, smer vetra a vlhkosť,
- charakter zrážky (krúpy, sneh, dážd'),
- kvalita zemského povrchu (napr. členitý povrch korún lesných stromov zachytí viac zrážok než hladká plocha vodnej hladiny alebo i lúky),
- poloha miesta, kde sa množstvo zrážky zisťuje (tvar terénu, blízkosť významných povrchových útvarov a pod.).

Chemické zloženie zrážkových vôd sa v priebehu jednotlivého dažďa obvykle mení. V prvých fázach dažďa je voda najviac mineralizovaná (efekt vymývania pod oblačnou vrstvou), neskôr koncentrácia rozpustených látok klesá (napr. na polovičnú hodnotu) a ku koncu dažďa spravidla trochu stúpa (v dôsledku vyparovania dažďových kvapiek).

Množstvo vertikálnych zrážok sa v praxi meria v hustej sieti zrážkomerných staníc, ktorá sa riadi jednotnou metodikou Svetovej meteorologickej organizácie.

Dažd'ová voda a padajúci sneh sa odoberajú do vzorkovnice cez lievik alebo do širokej hlbokkej misky. Z ľadu sa odoberie priemerná vzorka, vloží sa do širokohrdlovej vzorkovnice a nechá sa roztopiť pri teplote miestnosti.

Automatické zariadenia na vzorkovanie zrážok sú spravidla skonštruované tak, aby bolo možné vzorkovať zrážky bez prašného spad. Automatika komerčne vyrábaných zariadení je sústredená na otváranie a zatváranie odberových nádob behom dažďa a v čase, keď neprší. Viečko zariadení je ovládané snímačom citlivo reagujúcim už na prvú kvapku dažďa alebo vločky snehu. Spravidla sa využíva vodivosť dažďovej, ktorá spojí dve izolované protikladne elektricky nabité miesta na sklonenej a mierne vyhrievanej doštičke.

V priebehu vzorkovania zrážok je žiadúce merať objem zrážok *zrážkomermi* (dažd'omeri). Zrážkomer dopĺňujú ďalšie zariadenia. Sú to *totalizátory* - zariadenia vhodné pre odľahlé lokality, ktoré sa obsluhujú raz za niekoľko mesiacov-, a *ambrografy* rôznych

typov, automaticky registrujúce čas, priebeh a množstvo zrážok. Tieto zariadenia sú vhodné iba na zisťovanie množstva zrážok, nehodia sa na zber vzoriek pre ich analýzu.

Z fyzikálno-chemických meraní sa niekedy na mieste používa presné meranie elektrolytickej konduktivity časti vzorky zrážky v kvapalnej forme, predovšetkým na identifikáciu možného vplyvu prášneho spádu na chemické zloženie zrážky. Z rovnakého dôvodu sa niekedy meria i pH, príp. aktivita určitých zložiek *ionovoselektívnymi elektródami*, ktoré možno pripojiť k pH-metru (Soják 2009).

4.2.6 Odber vzoriek povrchových vôd

Pre celkový obraz o stave a zmenách akosti tečúcich vôd musí byť pripravený plán a program sledovania tokov v ucelených povodiach a v celých pozdĺžnych profiloch riečnych tratí.

V určitej presne stanovenej sieti kontrolných profilov sa centrálnie organizuje sledovanie akosti vody v tokoch pre stanovený rozsah ukazovateľov akosti vody. Toto sledovanie slúži ako pre široký odbor vodohospodárskej činnosti, tak aj pre projektovanie priemyselných a iných zariadení.

Pri určovaní miesta kontrolného profilu na odber vzoriek vôd sa v prvom rade prihliada k členeniu povodia riečnej sústavy podľa odtokového (hydrologického) poradia, k dislokáciám priemyslových závodov a k hustote osídlenia.

Podľa hydrologického poradia rozlišujeme:

- hlavné povodie a veľké hydrologické celky ,
- čiastkové povodie a medzipovodie,
- detailné povodie.

Výber miesta na odber vzoriek vyžaduje predovšetkým zistenie vplyvov významných prítokov vyšetrovaného vodného toku a ďalej odbery vody pre zásobovanie obyvateľstva, priemyslu, pre závlahu a pod. Dôležitá je tiež znalosť miest vyústenia odpadových vôd. Z technických dôvodov sa spravidla venuje pozornosť hlavným tokom čiastkových povodí, ústiú ich významných prítokov, odberateľom vody a znečisťovateľom s vyššou spotrebou vody alebo produkciou odpadových vôd.

Z uvedeného vyplýva, že periodické sledovanie akosti vody v tokoch musí umožniť:

- charakterizovať akosť vody aspoň základného povodia, t.j. z hľadiska hydrologického poradia,
- medzipovodia, v tiesnivej situácii tiež detailného povodia, pričom plocha povodia $P > 50 \text{ km}^2$ a dĺžka toku $L > 20 \text{ km}$,
- stanovenie akosti vody nad významnými prítokmi s prietokom $Q > 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ a $q > 3,0 \text{ L/s.km}$ a zdrojom znečistenia s produkciou odpadových vôd alebo spotrebou vody $> 15 \text{ 000 m}^3/\text{r}$.

K tomuto účelu treba dodržať tieto pravidlá:

- vzdialenosť medzi kontrolnými profilmi na neexponovanej riečnej trati nemá prekročiť 20 km,
- početnosť pravidelného sledovania: aspoň raz za mesiac, v exponovaných tratiach dvakrát za mesiac a štvrt'ročne jedna 24 hodinová skúška pre zistenie denných výkyvov v zložení vody (pomocou automatického vzorkovacieho zariadenia),
- je žiadúce opatriť výpusť odpadových vôd *automatickým* analyzátorom (monitorom) so záznamom denného kolísania v zložení a množstva vypúšťanej vody.

Charakteristiky kontrolných profilov

Podľa účelu a umiestnenia sa rozlišujú:

- **hlavné profily**, kde sa vzorkuje pre skrátenejší rozbor raz za mesiac a pre špeciálny rozbor trikrát za týždeň. Výsledky analýz slúžia ako podklad pre vyhodnotenie pomerov hlavných povodí a veľkých hydrogeologických celkov,
- **čiastkové profily**, kde sa vzorkuje pre skrátenejší rozbor aspoň raz za mesiac. Tvoria základnú sieť pre hodnotenie akosti vody v čiastkových povodiach a medzipovodiach vrátane ústia väčších prítokov,
- **orientačné profily**, kde sa vzorkuje behom jedného roka pre skrátenejší rozbor raz v každom mesiaci, vždy po 3 až 5 rokoch. Dopĺňujú základnú sieť pre poznanie miestnych podmienok,
- **hraničné profily**, kde sa vzorkuje pre rozbor v rozsahu a početnosti podľa medzištátnych dohôd,
- **zvláštne profily**, kde sa vzorkuje podľa špeciálnych požiadaviek (hlavne pre sledovanie rádioaktívneho znečistenia).

Umiestnenie hlavných, čiastkových a zvláštnych profilov schvaľuje ústredný vodohospodársky orgán po prejednaní s príslušnou miestnou vodohospodárskou organizáciou. Požiadavky na určenie orientačných profilov uplatňujú záujemci priamo u vodohospodárskej organizácie, ktorá kontroluje akosť vôd.

Odber vzoriek na tokoch

Odborné miesto má reprezentovať celý prietokový profil, resp. jeho celé prietokové množstvo vody.

Vzorka vody sa odoberie z prúdiacej vody, pokiaľ možno v prúdnici. Ak má tok niekoľko ramien, odoberie sa vzorka v ramene, v ktorom preteká najviac vody. U plytkých tokoch sa vzorka odoberie približne v hornej tretine alebo v hĺbke asi 20 až 30 cm od hladiny, u hlbších tokov sa riadi hĺbka odberu vzoriek účelom vzorkovania. V niektorých prípadoch sa uskutočňuje zónačné vzorkovanie v celom priečnom profile s niekoľkými odbermi vo zvislici.

V určitom pevnom mieste na toku (v pozdĺžnom alebo priečnom profile) sa akosť vody mení ako v priebehu dňa, tak i v priebehu roka.

Aby sa vylúčil vplyv denného cyklu akosti vody, odoberie sa často zmiešaná (zlievaná) vzorka v dopredu zvolených časových intervaloch (polhodinových, hodinových, atď.) a ak sa mení v priebehu zlievania prietok, potom sa vzorky zlievajú v objemoch úmerných k okamžitým prietokom vody.

Tam, kde znalosť denného kolísania je dôležitá, je účelné akosť vody monitorovať pomocou automatickej analyzátorovej stanice, ktorá je schopná uskutočniť i niektoré čiastkové hodnotenia (napr. sledovať prekročenie zadanej medznej hodnoty ukazovateľa akosti vody s následným podrobnejším vzorkovaním a pod.).

Vzhľadom na produkciu veľkého množstva údajov z automatických analyzátorových staníc pri krátkom intervale vzorkovania, ktoré treba uložiť do pamäti počítača, je účelné interval vzorkovania optimalizovať.

Početnosť vzorkovania v priebehu roka by mala byť taká, aby boli postihnuté zmeny akosti vody v priebehu roka, t.j. aby boli zachované cyklické vlastnosti časovej rady denných hodnôt.

Časovo súvzťažný odber vzoriek sa používa spravidla k zisteniu samočistiacich schopností toku, na podchytenie havarijných stavov v čistote vôd pri náhlom úniku alebo vypustení škodlivých odpadových vôd do recipientu, hlavne vzhľadom na určenie rýchlosti "dotoku" znečistenín v jednotlivých úsekoch riečnej trate a pod.

Vzorkovanie pre senzorické, fyzikálne a chemické rozbor

Na odbery vzoriek povrchových vôd, hlavne z vodných tokov a plytkých nádrží, sa najčastejšie používa technika priameho naberania vzorky vody do vzorkovnice, ktorá je súčasne transportnou nádobkou na vzorku. Pri odbere vzoriek do vzorkovnice z lávky, mostu alebo člnu s vyššími okrajmi sa spúšťa vzorkovnica v plechovom alebo drôtenom puzdre (koši) so záťažou.

Za najstarší typ hlbinného vzorkovača sa pokladá tzv. *Mayerova ponorná fľaša*. Je to sklenená vzorkovnica opatrená záťažou, od hrdla má vedenú krátku šnúru voľným oblúkom ku zátku, na ktorú je upevnený koniec spúšťacej šnúry. Fľaša ľahko zazátkovaná sa spustí do potrebnej hĺbky, trhnutím závesu sa uvoľní zátk a fľaša sa naplní.

Najpoužívanejším vzorkovačom pre hlbinné vzorkovanie povrchových vôd je *vzorkovač Theilerov-Friedingerov*. Je to oceľový alebo sklenený valec v kovovom odliatku o objeme 1 až 2 l s dvoma kruhovými vertikálne odklopnými odpruženými vekami. Veká sa uzatvárajú závažím spusteným po lanku. Dolné veko má ventil, ktorý umožňuje vypúšťanie obsahu vzorkovača. Je to preplachovaný vzorkovač.

Automatický vzorkovač je tvorený kovovou nádobou s prepádovou (vzorkovacou) rúrkou uprostred, pevne spojenou s plavákom, ktorý udrží i plnú nádobu nad hladinou toku. Po spustení na vodu možno elektromagneticky riadeným ventilom vypúšťať po častiach vzduch z nádoby, a tým regulovať čas (množstvo) odberu vzorky.

Vzorkovanie pre rádiochemické rozbor

Požiadavky na vzorkovacia technika sa spravidla nelíšia od vzorkovania pre fyzikálne a chemické rozbor, iba nároky na objemy vzoriek sú vyššie (jednotky až desiatky litrov). Pri odbere vzoriek, doprave, predbežnej úprave, skladovaní i analýze treba zabrániť zmenám vyšetrovaných zložiek.

Vzorkovanie pre mikrobiologické (bakteriologické) rozbory

Vzorky pre mikrobiologické (bakteriologické) rozbory treba odobrať zo zdroja povrchovej vody ako prvé, pred vzorkovaním pre biologický a chemický rozbor, aby sa zabránilo kontaminácii odberového miesta. Výnimkou sú odberové miesta s rýchlo prúdiacou vodou.

Vzorky z hladinovej vrstvy (nie priamo z hladiny, ktorá býva kontaminovaná bakteriálnou zložkou vzduchu) naberáme priamo do sklenených fliaš so zabrúsenou zátkou, o obsahu 100, 200 alebo 500 ml. Fľaše, resp. ich zátky ponechávame zabalené v sterilnom obale až do okamihu odberu vzoriek. Odoberá sa jedným smerom, v tečúcich vodách proti prúdu, z loďky pred čelom pri miernom pohybe vpred.

Na transport musia byť vzorky chladené a pred uskutočnením bakteriologického rozboru uchované najviac po predpísanú dobu.

Pomocné merania, pozorovania a zariadenia pri vzorkovaní povrchových vôd

Vzorkovanie povrchových vôd spravidla vyžaduje rad meraní z už popísaného komplexu *meteorologických meraní*, pretože atmosférické zrážky ovplyvňujú bezprostredne akosť i množstvo povrchových vôd, predovšetkým vo vrchných vrstvách.

Ďalej treba uskutočniť komplex *hydrologických meraní* v závislosti od typu povrchovej vody, iný na vodných tokoch, iný v nádržiach a moriach.

Na charakteristiku vzoriek z kontrolných profilov na vodných tokoch a nádržiach spravidla nestačí určenie smeru a rýchlosti prúdenia vody a jej teploty v mieste odberu. Z ďalších údajov sa predovšetkým určuje *objemový prietok*, t.j. množstvo vody prechádzajúce profilom za jednotku času (l/s alebo m³/s podľa veľkosti toku).

Pretože sledovanie množstva a akosti vody obvykle zahrňuje ucelenú plochu povodia, z charakteristických prietokov možno stanoviť i množstvo vody odtečenej za dané obdobie. Vypočíta sa vynásobením objemového prietoku počtom sekúnd v čase, napr. pre denné odtečené množstvo násobením číslom 86 400. Porovnávanie s inými tokmi umožňuje *merný odtok* q (Q/P), kde Q je priemerný denný prietok vody a P plocha povodia.

Dlhodobé ročné priemery q a Q sú porovnávacími meradlami pre charakteristiku vodnatosti toku. Pretože priemery nehovoria nič o trvaní odtoku určitej veľkosti a početnosti jeho výskytu, používajú sa v hydrológii grafické znázornenia pomocou čiar trvania a početnosti prietokov. Trvaním určitého javu sa rozumie súčet dôb, v ktorých sa tento jav vyskytoval. Vyjadruje sa v percentách celkového pozorovacieho obdobia. Pokiaľ toto trvanie predpovedáme, hovoríme o pravdepodobnosti trvania. Údaj, ako dlho bola určitá hodnota prekročená, sa nazýva doba prekročenia. Z čiary trvania možno zistiť, ktorý prietok bude prekročený po tú či onú dobu v priebehu ročného obdobia. Uvedený spôsob umožňuje porovnávať režimy jednotlivých tokov a stanoviť optimálne doby vzorkovania.

Pre účely sledovania akosti vody sa spravidla používajú údaje uverejnené hydrologickou službou Hydrometeorologického ústavu, ktorý zabezpečuje priame merania. Pre kontrolné miesta odberu vzoriek z celoštátnej pozorovacej siete sa používajú denné údaje hydrologických vyčíslovacích staníc a tam, kde kontrolné miesta nekorešponujú, sa

uskutočňuje prepočet pomocou súčiniteľa pre získanie pomerného údaju. Iba pri potrebe vyčíslenia okamžitého odtoku, odpovedajúceho dobe odberu vzorky, sa uskutočňuje hydrometrovanie, alebo sa aspoň odčíta vodný stav.

Základnou pomôckou merania na vodných tokoch je vodočet (vodočetná latka). Zmeny vodného stavu v každom okamihu možno automaticky registrovať omnigrafom, umiestneným najčastejšie vo zvláštnej šachte spojenej kanálom s najnižším bodom toku. Na meranie rýchlosti prúdenia sa používa hydrometrické krídlo, ktorým možno merať rýchlosť v jednotlivých bodoch priečneho profilu horizontálne i vertikálne a určiť strednú hodnotu. Ak nie je k dispozícii, možno merať strednú povrchovú rýchlosť prietoku vody pomocou plaváku. Táto metóda vedie u hlbších a širokých tokov k chybám spôsobením nerovnakou rýchlosťou pohybu vody v rôznych miestach skúmaného profilu. Niekedy sa meria pomocou rádioaktívnych indikátorov.

Z *fyzikálnochemických meraní* sa namiesto vzorkovania realizuje meranie elektrolytickej konduktivity, teploty a i..

Biologické pozorovania sa často uskutočňujú v širokom okolí miesta odberu vzoriek. Sleduje sa vegetačné obdobie rastlín a jeho prejavy, napr. výtrusy semien, spád listov, atď., priamo v okolí vodného toku spôsob obhospodárenia pôdy, vo vodnom toku nadmerný výskyt vodnej flóry (vodný kvet), spôsobený napr. prísunom živín ich splachom z poľnohospodársky obhospodarovaných pôd. Sleduje sa výskyt živých i uhynutých vodných živočíchov, hlavne rýb, lebo ryby signalizujú najlepšie celkový stav vodného biotopu a jeho ohrozenie kontamináciou.

Technické pozorovania sa sústreďujú na výskyt zdrojov ohrozenia povrchových vôd, hlavne odpadovými vodami zo zdrojov trvalých i jednorazových, spôsobených napr. umývaním vozidiel alebo likvidáciou odpadov do vodných tokov alebo ich okolia. Biologické i technické pozorovania sú často súčasťou širších opatrení k ochrane prírodného prostredia. Medzi technické merania patrí napr. meranie hĺbky a profilu dna toku alebo nádrže, zameriavanie plošnej siete vzorkovacích bodov, zisťovanie cudzích predmetov a prekážok, ktoré by mohli ovplyvniť inštaláciu a funkciu vzorkovacej techniky, atď..

Pomocné zariadenia pri vzorkovaní povrchových vôd na vodných tokoch sú spravidla účelové konštrukcie a stavby v miestach kontrolných profilov pre umiestnenie nasávacích košov a potrubí čerpadiel vzorkovacích zariadení automatických monitorov spojených so vzorkovačom, vrátane prívodu elektrickej energie a prístupových komunikácií. Na hlbokých vodných tokoch, nádržiach a moriach možno ako pomocné zariadenia klasifikovať aj loďky potrebné na vzorkovanie, pontóny, príp. oceánografické lode a plávajúce laboratória, vybavené technikou pre vzorkovanie a pomocné merania a pozorovania. Do tejto kategórie patria tiež batyskafy a ponorky, pokiaľ sa z nich pod hladinou odoberajú vzorky (Soják 2002).

4.2.7 Odber podzemnej vody

Spôľahlivý odber vzoriek podzemných vôd spravidla vyžaduje trvalý prítok alebo prietok vody v objekte. Iba výnimočne sú požadované vzorky z objektov, kde táto podmienka

nie je splnená, u ktorých majú byť odberom vzoriek preukázané procesy podmienenej stagnácie.

Prieskumom uskutočneným v SR bolo zistené, že asi 95 % požiadaviek na odber podzemných vôd možno riešiť povrchovým vzorkovaním, väčšinou priamym napúšťaním vzoriek do vzorkovnice. Menšia časť vyžaduje použitie ďalších zariadení na odber. Len asi 5% vzoriek treba odobrať hlbinným vzorkovaním z definovanej hĺbky, výnimočne sa uskutočňuje zónové vzorkovanie z niekoľkých hĺbkových úrovní.

Z **prameňov** sa vzorka odoberá pod hladinou priamo do vzorkovnice alebo z výtokovej rúry. Niekedy sa prameň musí dopredu vyčistiť, a to vždy o deň skôr. Dno sa tesne u miesta výveru prehĺbi tak, aby sa potom mohla bez prekážok ponoriť vzorkovnica alebo iná nádoba.

Je výhodné odoberať vzorky prameňov súčasne v čase, keď sa uskutočňuje čerpací pokus, príp. po daždi, aby sa zistila stála akosť vody, alebo naopak znečistenie povrchovou vodou.

Pri odbere vzoriek vody zo **studní** sa najprv voda odčerpáva. Ak bola studňa málo používaná, čerpá sa 20 minút i dlhšie, až čerpaná voda vykazuje stálu teplotu. Pritom sa dbá na to, aby odčerpaná voda odtekala mimo obvod studne a nemohla vtiecť alebo vsakovať späť. Až potom sa plní vzorkovnica alebo vzorkovacia nádoba. Ak sa má zabrániť úniku rozpustených plynov, použije sa lievik, do ktorého sa ponorí hrdlo výtokovej rúry čerpadla. Lievik sa čerpaním naplní, nechá sa chvíľu pretekať a potom sa stonka lievika zavedie ku dnu vzorkovnice. Po naplnení vzorkovnice sa nechá voda chvíľu pretekať. Ak sa studňa dlho nepoužívala, vyčerpá sa jej obsah, znova sa nechá naplniť až potom sa odoberie vzorka.

Zo studne je výhodné odobrať vzorky za letného sucha, kedy je najväčšia spotreba a výmena vody.

Vzorky z **vtrov** (sond) sa odoberajú úzkym hlbinným odberovým prístrojom alebo čerpadlom. Vzorky z vrtov, v ktorých dlho stála voda alebo ktorých horný otvor nebol, dobre uzavretý, nie sú spoľahlivé.

Drenážna voda sa odoberá do vzorkovnice priamo z výtoku drenáže.

Hlbinné vzorkovanie sa uskutočňuje z týchto dôvodov:

- hladina vody v objekte je znížená na úroveň neumožňujúcu priame ponorenie vzorkovnice rukou,
- celkové zloženie vody alebo obsah sledovanej zložky sa čerpaním a povrchovým odberom mení, dochádza k uvoľneniu rozpustených plynov, kontaminácii zložkami vzduchu (plynmi, aerosólmi, baktériami), ochladením vody prúdením, alebo naopak k ohrevu motorom čerpadla, k porušeniu viacbunkových organizmov čerpaním a pod.),
- výstroj objektu nezaručuje odber spoľahlivých vzoriek čerpaním z dvoch a viacerých otvorených zvodnených kolektorov, dochádza k premiešaniu vôd v pomere prítokov a i.,
- povrchové vzorkovanie je neuskutočniteľné (objekt nie je vybavený na čerpanie) a orientačná hlbinná vzorka vyhovuje pre daný účel analýz.

Pomocné merania, pozorovania a zariadenia pri vzorkovaní podzemných vôd

Základné *meteorologické merania* (teploty a tlaku vzduchu) sa uskutočňujú pri každom odbere podzemnej vody. Teplota vzduchu ovplyvňuje predovšetkým samotnú vzorku. Tlak vzduchu ovplyvňuje jednak hydrogeologický režim podzemnej vody v objekte (má vplyv napr. na ich výdatnosť), jednak samotnú vzorku (napr. koncentráciu plynov).

Hydrologické merania a pozorovania charakterizujú podmienky pri odbere vzoriek, spravidla sa obmedzujú na tieto údaje:

- určenie polohy hladiny, príp. tlaku pri ústí objektu,
- určenie objemového prietoku vody z objektu (pri prelive i čerpania),
- určenie teploty na ústí objektu, príp. v mieste odberu vzoriek.

Z *fyzikálnochemických meraní* sa používa predovšetkým meranie elektrolytickej konduktivity, meranie obsahu CO₂, príp. celkový rozbor plynov pomocou plynových chromatografov.

Biologické pozorovania sa uskutočňujú najčastejšie v okolí prirodzených výverov podzemných vôd, príp. chránených objektov zdrojov podzemných vôd pitných a minerálnych (liečivých i stolových). Majú význam z hľadiska možnej kontaminácie objektov odumretými organizmami a uskutočňujú sa vždy v súvislosti s odberom vzoriek k biologickým a bakteriologickým rozborom, hlavne zo zdrojov pitnej vody.

Technické pozorovania a merania sú veľmi dôležité údaje o objekte: vrtný profil, izolácia, spôsoby paženia, otvorenie miest prítokov.

Pomocné zariadenia: rôzne typy čerpadiel, rúry, armatúry atď. (Soják 2002).

4.2.8 Odber v úpravniach vody, z vodovodných kohútikov

V úpravniach vody bývajú zriadené vzorkovacie kohútiky vybavené uzatváracím ventilom. Vzorky sa odoberajú tak, že na vzorkovacie alebo vodovodné kohútiky sa nasadí gumová hadica, ktorej druhý koniec sa zavedie na dno vzorkovnice, a nechá sa pretekať voda až po dosiahnutie konštantnej teploty. Ak sa majú stanoviť toxické látky z potrubia (Cu, Pb a pod.), odoberie sa vzorka hneď z prvého podielu vody. Voda musí pred odberom stáť v potrubí aspoň 10 hod. (Tolgyessy 2002).

4.2.9 Odber odpadových vôd

Odpadové vody vyžadujú špeciálne spôsoby odberu pre výrazné kolísanie ich akosti. Odoberajú sa buď priemerné, zmiešané vzorky (za 24 hod, za smenu, za 1 hod), alebo sa uskutočňujú radové odbery, resp. časovo súvzťažné vzorky (vzorky z rôznych miest toku odpadovej vody odoberané so zreteľom na čas zdržania medzi jednotlivými miestami odberu). Reprezentatívna vzorka sa odoberá pokiaľ možno v miestach najsilnejšieho prúdenia. V nádržkách čistiarní odpadových vôd sa vzorky odoberajú v stojatých vodách alebo v potrubíach, niekedy bývajú vmontované vzorkovacie kohútiky.

Veľkú starostlivosť vyžaduje odber vzoriek na stanovenie koncentrácie kyslíka, rozpusteného vo vode. Tieto vzorky sa odoberajú do tzv. kyslíkoviek (špeciálne kalibrované vzorkovnice so zabrúsenou, šikmo rezanou zátkou). Pri odbere nesmie prísť vzorka do styku s atmosférou, vzorka sa nedá konzervovať, O₂ sa musí okamžite fixovať, zrážať. Vzorkovnica má byť zazátkovaná tak, aby pod zátkou nebola vzduchová bublina (*Tolgyessy 2002*).

4.3 Analýza vzoriek

Výsledky monitorovania kvality podzemných vôd sa vyhodnocujú v zmysle vyhlášky Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 247/2017 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou, v znení neskorších predpisov, porovnaním nameraných a limitných koncentrácií sledovaných ukazovateľov. Výsledky za účelom hodnotenia chemického stavu útvarov podzemných vôd sa spracovávajú podľa nariadenia vlády SR č. 416/2011 Z. z. o hodnotení chemického stavu útvarov podzemných vôd, v znení neskorších predpisov a nariadenia vlády SR č. 282/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú prahové hodnoty a zoznam útvarov podzemných vôd, v znení neskorších predpisov.

4.3.1 Analýza vzoriek na mieste odberu a ich konzervovanie

Rozoznávame rôzne typy analýz, a to analýzu:

- **senzorickú, fyzikálnu a chemickú,**
- **rádiometrickú** - uskutočňuje sa pri posudzovaní akosti povrchových vôd, pri hydrogeochemickej prospekcii a ťažbe rádioaktívnych surovín a ochrane prostredia pred rádioaktívnym žiarením,
- **biologickú** - má význam pri riešení typológie povrchových vôd (sapróbne pásma), využitie údajov k produkcii potravín, pri umelej infiltrácii,
- **plynometrickú** - využíva sa pri podzemných vodách pri vyhľadávaní ložísk nerastných surovín, minerálnych a termálnych vôd,
- **izotopovú** - štúdium vzťahov jednotlivých zložiek hydrosféry, genézy a pohybu vôd pomocou stabilných izotopov.

Stanovenie niektorých ukazovateľov resp. zložiek vody, treba vykonať priamo pri odbere v teréne, aby sa vylúčili chyby vznikajúce odberom a dopravou vzoriek do analytického laboratória.

Hneď pri odbere sa obvykle určuje pach (niekedy aj chuť), teplota vody, pH, redox potenciál, neutralizačná kapacita, elektrolytická konduktivita, príp. CO₂, O₂, H₂S a ďalšie rozpustené plyny. Tieto vlastnosti a zložky sa niekedy stanovujú dvakrát - na mieste odberu a v laboratóriu z konzervovaných vzoriek-, aby bolo možné postihnúť mieru ich zmien spôsobených dopravou a skladovaním.

Zavádzanie ionovoselektívnych a membránových elektród rozšírilo škálu stanovenia ďalších zložiek v teréne s vyhovujúcou presnosťou. Podobne na stanovenie rozpustených plynov možno použiť prenosné plynové chromatografy. Niekedy v teréne sa realizujú špeciálne merania rádiometrické a mikrobiologické.

Ak máme stanoviť niektorú z nestálych zložiek vody a ak stanovenie nemôžeme realizovať ihneď na mieste odberu alebo najneskôr 12 h po odbere, odobratú vzorku konzervujeme. Účelom konzervovania vzoriek vody je zachovanie stanovovaných zložiek a vlastností v takom stave, v akom nachádzali v čase odberu. Aj konzervované vzorky treba však analyzovať najneskôr tretí deň po odbere. Zmeny, ktoré prebiehajú v dôsledku biochemických procesov, možno čiastočne odstrániť alebo spomaliť ochladením vzorky na 3 až 4 °C. Prehľad predpísaných spôsobov konzervácie vzoriek sú uvedené v príslušných normách.

Konzervovanie odpadových vôd je veľmi obťažné najmä vtedy, ak sú vo vzorke nerozpustené látky, pretože konzervačný prostriedok sa môže pri analýze uplatniť rušivo. Konzervovanie odpadových vôd chemickými prostriedkami sa použije len vtedy, ak neruší iné stanovenie a keď nie je možné uskutočniť stanovenie bezprostredne po odbere.

Odobraté vzorky treba urýchlene dopraviť do laboratória pričom nemajú byť zbytočne otepľované a vystavené otrasom (*Pavlovský 2013*).

4.3.2 Laboratórna analýza vlastností a stanovenie zložiek vôd

V posledných desaťročiach sa stalo zrejším, že klasické metódy na určenie charakteristík kvality vody nie sú dostačujúce na opis všetkých vlastností vody dôležitých z hľadiska jej použitia. Intenzívny rozvoj priemyslu a chemizácia poľnohospodárstva totiž vniesli do vôd nové znečisťujúce látky, ktoré hoci nezmenia základné parametre vody (ako napr. BSK₅, CHSK, pH, celkové rozpustené a nerozpustené látky, neutralizačná kapacita) obvykle charakterizujúce jej kvalitu, znemožňujú jej použitie vo forme pitnej alebo úžitkovej vody.

Vo vodách, predovšetkým v odpadoch, nachádza sa spravidla široká paleta rôznych organických látok, obvykle vo veľmi nízkej koncentrácii. Keďže nie je prakticky možné stanoviť každú z nich zvlášť, bolo potrebné nájsť určité skupinové stanovenie, ktoré by postihovalo celkový obsah týchto látok, a tým aj mieru celkového znečistenia vody.

Našli sa nepriame metódy, ktoré by využili schopnosť organických látok oxidovať. Množstvo kyslíka potrebného na oxidáciu, resp. oxidovateľnosť vody, je mierou obsahu látok schopných oxidácie a je jedným z dôležitých kritérií znečisťovania. Pri chemickej oxidácii organických látok hovoríme o chemickej spotrebe kyslíka.

Chemická spotreba kyslíka (CHSK) udáva množstvo kyslíka potrebného na oxidáciu organických látok za použitia oxidačných činidiel.

Biochemická spotreba kyslíka (BSK) je definovaná ako množstvo rozpusteného molekulového kyslíka spotrebovaného za určitý časový interval pri aeróbnom biologickom rozklade organických látok prítomných vo vode. Toto množstvo kyslíka je úmerné množstvu prítomných rozložiteľných organických látok, a preto je možné z hodnoty BSK odhadnúť stupeň znečistenia vody. Skratkou BSK₅ či BSK₂₀ je vyjadrený počet dní, počas ktorých je v danej vzorke spotreba kyslíka meraná.

Príprava analyzovaných vzoriek na stanovenie znečistenín vo veľmi malých množstvách manuálnymi metódami má trojaký cieľ:

- oddelenie interferujúcich zložiek,

- koncentrovanie, t.j. obohacovanie vzorky o stanovovanú zložku,
- vytvorenie optimálneho chemického prostredia.

Separáčné metódy sú významné vtedy, ak nemáme k dispozícii selektívnu metódu na stanovenie danej zložky a keď samotná analytická metóda nezabezpečuje potrebnú selektivitu.

Koncentrovanie je tiež veľmi dôležitým procesom. Je málo takých analytických metód, ktoré by boli použiteľné na stanovenie mikroznečistenín v ich pôvodnej koncentrácii. V priebehu prípravy vzoriek môžeme relatívne ľahko zvýšiť koncentráciu stanovovanej zložky o 2 – 3 rády (výnimočne aj o 5 – 6 rádov).

Podmienkou úspešnej **inštrumentálnej analýzy** je vytvorenie vhodného chemického prostredia. Často treba napr. vodu zameniť za organické rozpúšťadlo. Sem zahrňujeme aj chemické operácie, ktorými vytvárame deriváty stanovovanej zložky. Cieľom vytvorenia derivátov môže byť zvýšenie stability, selektivity, citlivosti atď..

Na prípravu vzoriek sa najčastejšie používa:

- kvapalinová extrakcia (najmä na oddelenie a koncentrovanie organických zložiek),
- adsorpcia na aktívnom uhlí, resp. na iných adsorbentoch (oddelenie organických zložiek),
- iónová výmena (koncentrovanie anorganických iónov a iónogénnych organických látok),
- vymrazovanie (najmä koncentrovanie organických látok),
- destilácia (oddelenie a koncentrovanie organických látok),
- odparovanie (koncentrovanie a separácia kovov),
- elektrolýza (separácia katiónov),
- osmotická separácia (separácia a koncentrovanie iónov) (Pavlovský 2013).

Tab 4.1 Prehľad metód na stanovenie (monitorovanie) jednotlivých zložiek vôd.

Metódy	Monitorovaná zložka
Odmerné	Ca, Mg, Cl, I, SO_4^{2-} , rozpustený kyslík, neutralizačná kapacita, CHSK
Gravimetria	Celkové rozpustené a nerozpustené látky, SO_4^{2-} , SiO_2
Fotometria	NH_4 , Fe, Mn, Al, Cd, V, Cr, As, Ag, Pb, Cu, Zn, Ni, Mo, Co, F, Br, I, H_2S , PO_4^{3-} , NO_2^- , NO_3^- , Si, zákal, farba vody
Atomová absorpčná spektrometria	Li, Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Se, Cd, V, Cr, As, Ag, Cu, Ba, Zn, Rb, Sr, Ni, Mo, Co
Plameňová fotometria	Li, Na, K, Ba, Sr
Potenciometria	pH; pri použití iónovoselektívnych elektród F, Cl, Br, I, príp. ióny ďalších prvkov
Konduktometria	Elektrolytická konduktivita

Základným spôsobom hodnotenia kvality povrchových vôd na Slovensku je klasifikácia kvality povrchových vôd, podľa ktorej sa zaraďuje kvalita povrchovej vody podľa jednotlivých ukazovateľov do tried kvality, s použitím sústavy medzných hodnôt.

Zaradenie kvality povrchovej vody podľa jednotlivých ukazovateľov sa uskutočňuje porovnaním vypočítanej charakteristickej hodnoty ukazovateľa so zodpovedajúcou sústavou jeho medzných hodnôt, v prípade pH porovnaním obidvoch vypočítaných charakteristických hodnôt (s pravdepodobnosťou neprekročenia 10 a 90 %).

Povrchové vody sú podľa kvality vody zaraďované do 5 tried kvality:

- I. trieda - veľmi čistá voda
- II. trieda - čistá voda
- III. trieda - znečistená voda
- IV. trieda - silne znečistená voda
- V. trieda - veľmi silne znečistená voda

Hodnotenie chemického stavu podzemných vôd je založené na realizácii nasledovných testov:

- všeobecný test hodnotenia kvality (GQA test – General quality assessment test),
- test ochranných pásiem vodárenských zdrojov/chránených vodohospodárskych oblastí, resp. test kvality vody určenej na ľudskú spotrebu – nazvaný skrátene ako test Pitná voda,
- test zhoršenia chemického a ekologického stavu súvisiacich útvarov povrchových vôd v dôsledku prieniku znečisťujúcich látok z útvarov podzemných vôd – nazvaný skrátene ako test Povrchová voda,
- test zhoršenia stavu suchozemských ekosystémov závislých na podzemných vodách (SEzPzV) v dôsledku prieniku znečisťujúcich látok z útvarov podzemných vôd – nazvaný skrátene ako test SEzPzV.

Výsledný chemický stav určuje najhorší výsledok hodnotenia spracovaného v jednotlivých testoch. Realizácia testov je založená na hodnotení kvality podzemnej vody pre súbor ukazovateľov a limitných hodnôt špecificky zameraných na spracovanie daného testu.

Výsledky monitorovania kvality podzemných vôd sa vyhodnocujú v zmysle vyhlášky Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 247/2017 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou, v znení neskorších predpisov, porovnaním nameraných a limitných koncentrácií sledovaných ukazovateľov.

Výsledky za účelom hodnotenia chemického stavu útvarov podzemných vôd sa spracovávajú podľa nariadenia vlády SR č. 416/2011 Z. z. o hodnotení chemického stavu útvarov podzemných vôd, v znení neskorších predpisov a nariadenia vlády SR č. 282/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú prahové hodnoty a zoznam útvarov podzemných vôd, v znení neskorších predpisov (*Soják 2002*).

5 Monitorovanie rádioaktivity

Rádioaktivita je prirodzený jav bežne sa nachádza v prostredí, v ktorom žijeme. Je to súhrnný názov pre viaceré typy žiarenia a odborne sa pre ňu tiež používa termín „ionizujúce žiarenie“. Ionizujúce žiarenie, ako sprevádzajúci fenomén života na zemi, vrátane rozmanitých ľudských činností, môže okrem všeobecného spoločenského prínosu negatívne pôsobiť na človeka ako aj na zložky životného prostredia. Monitorovanie rádioaktívnej kontaminácie jednotlivých zložiek životného prostredia sa vykonáva v súlade s monitorovacím plánom a medzinárodnými požiadavkami vyplývajúcimi zo Zmluvy Euratom a v súlade s požiadavkami Európskej komisie. Slovensko ako členský štát Európskej únie je povinné monitorovať a v pravidelných intervaloch oznamovať namerané výsledky prostredníctvom kontaktného miesta priamo Európskej komisii (Spoločné výskumné centrum Európskej komisie v Ispre v Taliansku). Legislatívne sú požiadavky radiačnej ochrany a bezpečnosti zdrojov ionizujúceho žiarenia zakotvené v zákone NR SR č. 355/2007 Z.z. „O ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov“, v zákone NR SR č. 541/2004 Z.z. „O mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon)“ v znení neskorších predpisov, v zákone NR SR č. 42/1994 Z.z. „O civilnej ochrane obyvateľstva“ v znení neskorších predpisov, v zákone NR SR č. 575/2001 „O organizácii činnosti vlády a organizácii ústrednej štátnej správy“, v zákone NR SR č. 129/2002 „O integrovanom záchrannom systéme“, v zákone NR SR č. 387/2002 „O riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu“, vo vyhláske MZ SR č. 87/2018 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o radiačnej monitorovacej sieti. Ku všetkým zákonom príslušné rezorty vydali vykonávacie predpisy.

V zmysle spomínaných požiadaviek sa vykonáva najmä kontinuálne monitorovanie rádioaktivity aerosólov v ovzduší, príkonu externého gama žiarenia, meranie aktivity povrchových vôd, pitnej vody, mlieka a potravinového koša (potravinových článkov).

Monitorovanie rádioaktivity zložiek životného prostredia zabezpečujú Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky, príslušné regionálne úrady verejného zdravotníctva (v Banskej Bystrici, Nitre, Košiciach, Bratislave), Slovenský hydrometeorologický ústav a radiačný monitorovací systém Ministerstva vnútra Slovenskej republiky a Ministerstva obrany Slovenskej republiky. Koordinátorom monitorovania a hodnotenia radiačnej situácie počas bežnej radiačnej situácie ako aj v prípade mimoriadnych udalostí spojených s únikom rádioaktívnych látok do životného prostredia je Slovenské ústredie radiačnej monitorovacej siete (SÚRMS) tvorené skupinou pracovníkov Úradu verejného zdravotníctva Slovenskej republiky. Výkonnou zložkou SÚRMS-u je Radiačná monitorovacia sieť (RMS).

5.1 Radiačná monitorovacia sieť

Radiačná monitorovacia sieť Slovenskej republiky bola vytvorená na základe požiadaviek doby zaručiť radiačnú bezpečnosť Slovenska či už z hľadiska možného ohrozenia z územia Slovenskej republiky, ako aj spoza hraníc. Radiačná monitorovacia sieť je sústava technicky, odborne a personálne vybavených odborných pracovísk, ktoré sú organizačne prepojené na potreby monitorovania radiačnej situácie a zber údajov o radiačnej situácii na území Slovenskej republiky. Tvorí ju ústredie radiačnej monitorovacej siete, stále zložky a pohotovostné zložky. Stále zložky a pohotovostné zložky vykonávajú monitorovanie radiačnej

situácie a bezodkladne alebo v určených lehotách poskytujú namerané údaje dohodnutým spôsobom a v určenej forme ústrediu radiačnej monitorovacej siete.

Medzi stále zložky RMS patria organizácie, úrady a inštitúcie v nasledovných rezortoch:

- MZ SR, ktoré zabezpečuje 4 mobilné monitorovacie skupiny, stacionárne monitorovacie systémy a laboratórne skupiny Úradu verejného zdravotníctva SR (ÚVZ SR), regionálnych ÚVZ B. Bystrica a Košice, a SZU v Bratislave.
- MV SR, ktoré zabezpečuje rezortné vyhodnocovacie stredisko, stacionárny monitorovací systém, mobilné monitorovacie skupiny, 3 podporné laboratórne skupiny KCHL.
- MO SR, ktoré zabezpečuje rezortnú vyhodnocovaciú skupinu (Stredisko RCHBO OS SR, Trenčín), stacionárnu sieť systému ARIS, mobilné monitorovacie skupiny.
- MŽP SR, ktoré zabezpečuje prostredníctvom SHMÚ stacionárnu sieť včasného varovania, krátko, stredne a dlhodobé meteorologické prognózy.
- MH SR, ktoré prostredníctvom prevádzkovateľa JE J. Bohunice a JE Mochovce zabezpečuje vlastné monitorovacie strediská s lokálnymi radiačnými monitorovacími sieťami, rýchle monitorovacie skupiny EBO a EMO, mobilné monitorovacie skupiny a 2 podporné laboratórne skupiny.

K pohotovostným zložkám RMS SR patria hlavne podporné laboratórne skupiny PF UK, FMFI UK, VÚVH, VÚJE a laboratória hygienickej a veterinárnej služby (Melicherová 2004).

Radiačná monitorovacia sieť zabezpečuje:

- meranie určených veličín vo vybraných zložkách životného prostredia v systéme monitorovacích miest podľa časového harmonogramu,
- hodnotenie ožiarenia obyvateľstva a príspevku k ožiareniu obyvateľstva, ktorý je spôsobený činnosťami vedúcimi k ožiareniu pri normálnej radiačnej situácii,
- podklady na systematické usmerňovanie ožiarenia obyvateľstva,
- údaje o rádioaktívnej kontaminácii životného prostredia, ktoré sú potrebné na rozhodovanie o vykonaní a ukončení zásahov a opatrení na obmedzenie ožiarenia v núdzovej situácii,
- údaje o úrovni ožiarenia na informovanie obyvateľstva a na medzinárodnú výmenu informácií o radiačnej situácii na území Slovenskej republiky.

Kontinuálne územné monitorovanie dávkových príkonov externého gama žiarenia zabezpečuje sieť stabilných monitorov prevádzkovaných Slovenským hydrometeorologickým ústavom (SHMÚ) a systém monitorov civilnej ochrany (CO) a armády SR. Systém SHMÚ a CO sú on-line prepojené na samostatné vlastné ústredia, ktoré nie sú navzájom prepojené. SHMÚ okrem toho zabezpečuje kontinuálny odber aerosólov, ktoré sa vyhodnocujú periodicky na úradoch verejného zdravotníctva. Úlohou tohto systému nie je hodnotenie radiačnej záťaže obyvateľstva, ale včasné získavanie informácií o mimoriadnych radiačných udalostiach. SHMÚ zabezpečuje poskytovanie týchto informácií do európskeho systému EURDEP (European Union Radiation Data Exchange Platform).

Útvary ochrany zdravia pred žiarením Úradu verejného zdravotníctva SR a regionálnych úradov verejného zdravotníctva so sídlom v Bratislave, Banskej Bystrici a Košiciach monitorujú obsah rádioaktivity v pôde, aerosóloch vzduchu, prašnom depozite, v povrchových a pitných vodách, v poľnohospodárskych produktoch, hubách, vo vybraných potravinách, krmovinách, stavebných materiáloch a v ďalších komoditách. Meranie dávkových príkonov externého gama žiarenia zabezpečujú integrálnym meraním pomocou termoluminiscenčných dozimetrov alebo diskontinuálnym bodovým meraním. Úrad verejného zdravotníctva SR a Regionálny úrad verejného zdravotníctva so sídlom v Banskej Bystrici vykonávajú aj kontrolné merania v okolí jadrových zariadení. Úrady verejného zdravotníctva zabezpečujú v tomto systéme predovšetkým vyššie spomenuté integrálne monitorovanie a kontinuálne monitorovanie v Bratislave - Slovenské ústredie radiačnej monitorovacej siete (SÚRMS).

Na základe údajov jednotlivých zložiek RMS SR, Slovenské ústredie radiačnej monitorovacej siete (SÚRMS) vypracováva Správu o radiačnej situácii na území SR v príslušnom roku, ktorú predkladá Komisia pre radiačné havárie (KRH SR). Táto správa v prvej časti prezentuje údaje o koncentrácii rádionuklidov v životnom prostredí a dávkach z ionizujúceho žiarenia na území štátu v priestore a čase. V druhej časti správy sú zahrnuté výsledky monitorovania výpustí a okolia jadrových elektrární Bohunice a Mochovce, vykonávané prevádzkovateľom v súlade s odsúhlasenými monitorovacími plánmi, ako aj výsledky štátneho dozoru.

Radiačné monitorovacie siete, či už lokálne ale najmä regionálne, majú dva základné ciele:

- Vydať signál včasného varovania v ľubovoľnom čase o výskyte umelej rádioaktivity v životnom prostredí.
- Dlhodobu sledovať úroveň rádioaktívneho pozadia, ktoré je súčasťou fyzikálnych rizikových faktorov v životnom prostredí.

Lokálne siete sú zamerané predovšetkým na kontrolu pravidelných, alebo potenciálnych výpustí zdrojov zvláštnej dôležitosti, ako sú jadrové elektrárne, výskumné zariadenia a úložiská rádioaktívnych odpadov. Štruktúra lokálnych systémov závisí od charakteru a profilu jadrového zariadenia. Hoci primárne monitorované médium môže byť rôzne: emisie z jadrových reaktorov môžu byť monitorované meraním externého príkonu dávkového ekvivalentu vo vzduchu, kým na kontrolu povrchových aj podzemných vôd sa využíva meranie rádioaktivity vody z okolitých na vhodne volenom mieste vŕtaných studní. Vykonáva sa aj pravidelná kontrola povrchovej vrstvy pôdy a rôznych podzemných vrstiev.

Na druhej strane, regionálne monitorovanie má trochu všeobecnejší charakter: je založené na detekcii rádioaktivity v atmosfére. Najdôležitejšou požiadavkou radiačného monitorovania životného prostredia je schopnosť rozlíšiť prírodnú a umelú rádioaktivitu. Ak vezmeme pojem „včasného varovania“ striktno, nemožno uvažovať rádiochemickú analýzu, aj keby by bola procedúra separácie rádioizotopov automatizovaná ako systém nepretržitého včasného varovania. Doterajšie skúsenosti ukazujú, že riešenie takéhoto problému je možné len s prístrojovým vybavením prostredníctvom analógovo digitálneho dátového procesoru. Vyžaduje to kontinuálne meranie rádioaktivity ovzdušia, či už meraním dávkového príkonu

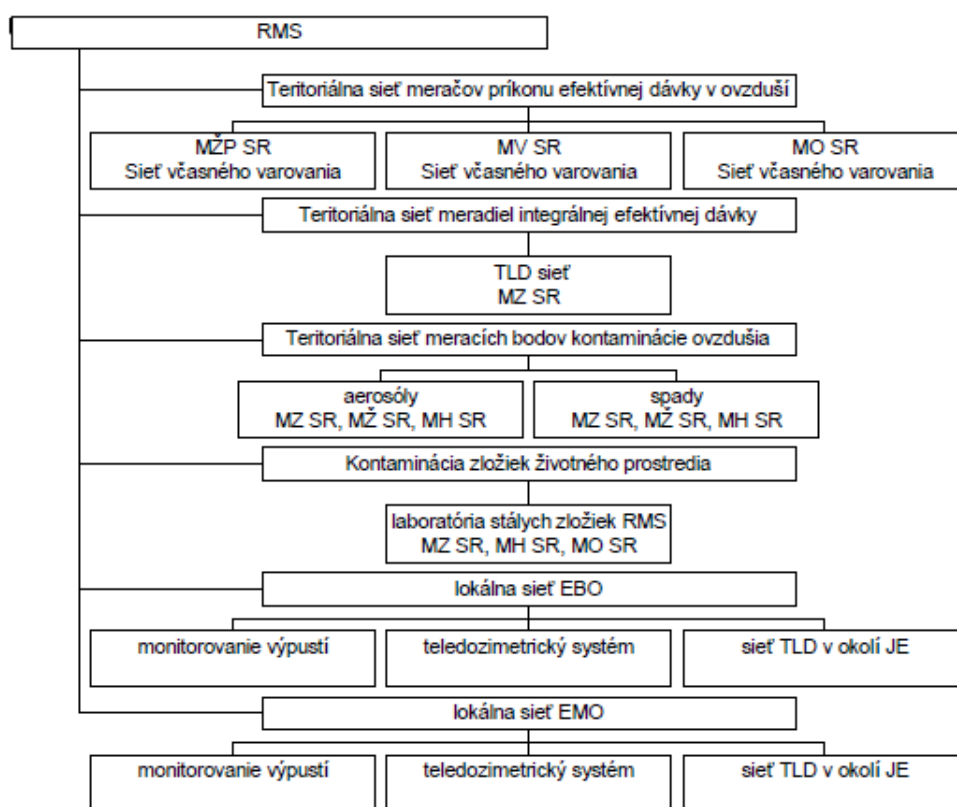
(príkone dávkového ekvivalentu), alebo aktivity aerosólov. Kombináciou týchto dvoch metód merania je možné veľmi dobre rozlíšiť umelú rádioaktivitu životného prostredia od prirodzenej rádioaktivity prírodného pozadia.

5.1.1 Činnosť radiačnej monitorovacej siete

Činnosť RMS prebieha v dvoch režimoch:

- v čase mimo radiačnej, resp. jadrovej havárie alebo nehody (tzv. „normálny režim monitorovania“), kedy je zabezpečené celoplošné monitorovanie aktuálnej radiačnej situácie, vrátane sledovania a hodnotenia následkov predchádzajúcich mimoriadnych udalostí,
- pri jadrovej havárii, resp. mimoriadnej udalosti spojenj s únikom rádionuklidov do životného prostredia, alebo pri podozrení na ich vznik či už na území, alebo mimo územia SR.

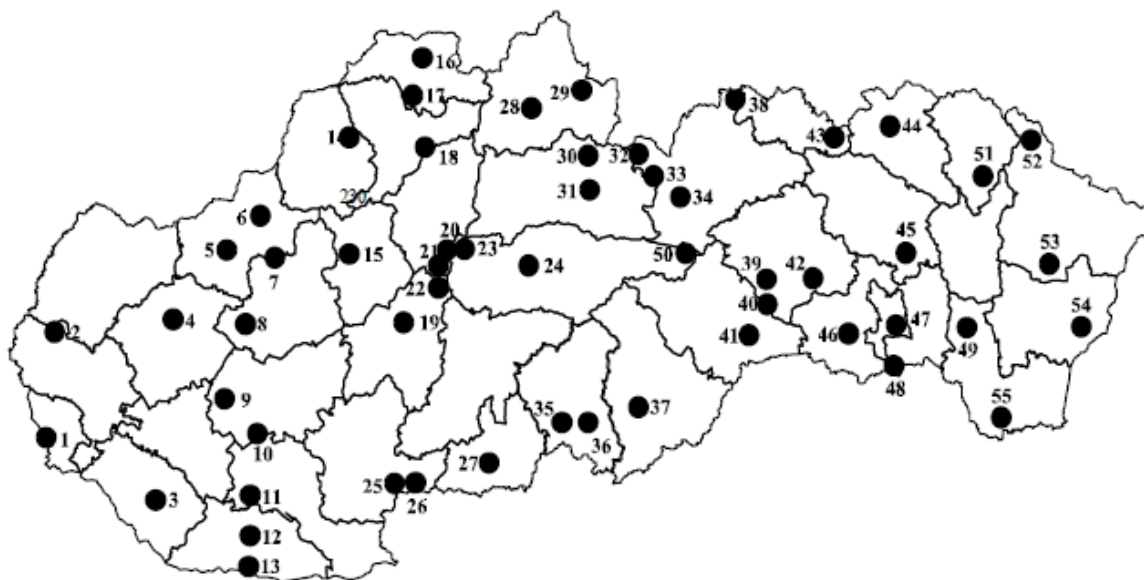
Normálny režim monitorovania je zameraný na spracovanie monitorovacích plánov, zabezpečenie akcieschopnosti RMS SR a jej koordináciu, zber údajov a overovanie ich kvality vrátane organizovania porovnávacích meraní, zjednocovanie metodických postupov stálych zložiek RMS z jednotlivých rezortov, spracovanie podkladov pre Správu o radiačnej situácii na území SR. Výsledkom monitorovania v tomto pracovnom režime je prehľad dlhodobých časových trendov distribúcie rádionuklidov v životnom prostredí a úrovni dávok z ionizujúceho žiarenia, ako aj možnosť včasného zistenia prípadných odchýlok od dlhodobého priemeru. V rámci normálneho režimu monitorovania radiačnej situácie na území SR je v prevádzke päť monitorovacích subsystémov:



Obr. 5.1 Subsystémy Radiačnej monitorovacej siete v normálnom režime monitorovania

1) *Teritoriálna sieť meradiel príkonu dávkového ekvivalentu v ovzduší*

Je vybudovaná na báze integrálnych termoluminiscenčných dozimetrov (obr. č. 5.2). Túto sieť prevádzkuje rezort MZ SR, ktorý prostredníctvom ÚVZ SR v Bratislave, regionálnych ÚVZ v Banskej Bystrici, Košiciach a SZU rozmiestnil TL dozimetre na 55 stálych meracích miestach kontaminácie ovzdušia (MMKO) a zabezpečuje ich štvrtročnú výmenu a vyhodnotenie. Okrem teritoriálnej siete TL dozimetrov sú vybudované v okolí našich jadrových elektrární lokálne siete TL dozimetrov (lokalita J. Bohunice – 24 stabilných meracích miest, lokalita Mochovce – 21 stabilných meracích miest), ktoré sú v správe SE Bratislava (LRKO EBO, LRKO EMO). Ďalej v rámci štátneho dozoru, ÚVZ SR zabezpečuje sledovanie integrálnej dávky z externého ožiarenia na 11-tich lokalitách v 30-km pásme okolia EBO a na 12-tich lokalitách v 20-km pásme okolia EMO. Celkovo, na území SR sa nachádza 123 stabilných monitorovacích miest (SMM) vybavených TL dozimetrami.



Obr. č. 5.2 Teritoriálna sieť termoluminiscenčných dozimetrov MZ SR (Cabáneková, 2008)

2) *Teritoriálna sieť meracích miest príkonu ekvivalentnej dávky*

Sieť včasného varovania (SVV) je tvorená teritoriálnou sieťou stabilných meracích miest (SMM) pre kontinuálne sledovanie príkonu ekvivalentnej dávky vo vzduchu, resp. príkonu dávky z gama žiarenia. Ich prevádzku zabezpečujú rezorty MŽP SR, MV SR – Úrad CO a MO SR.

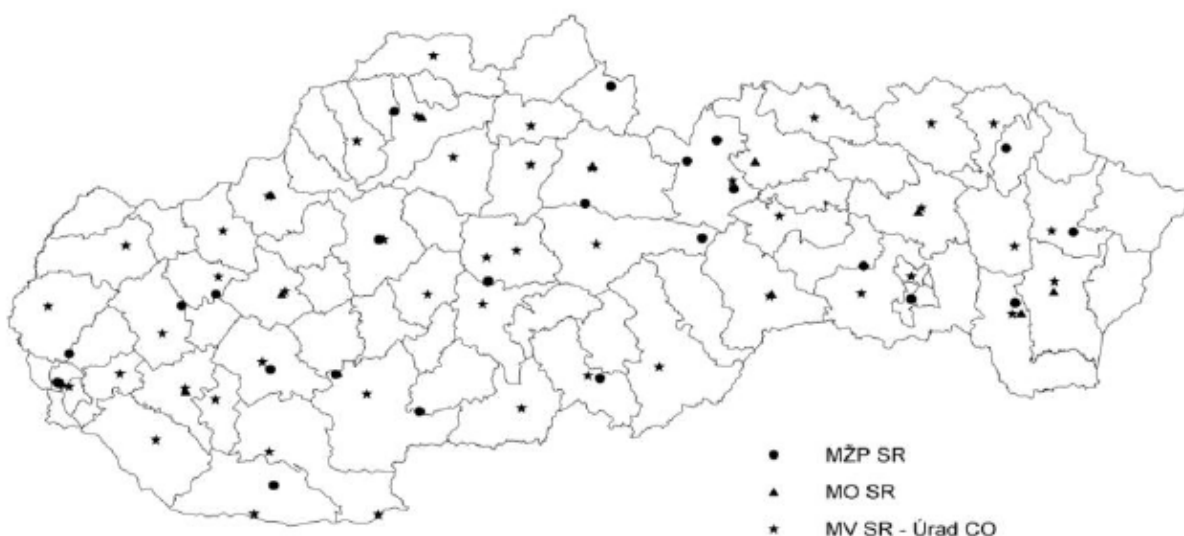
SVV MŽP SR pozostáva z 23 SMM lokalizovaných na profesionálnych meteorologických stanicích SHMÚ SR, vybavených sondami typu Gamma-Tracer. V súčasnosti tieto sondy sú nastavené na integrálny zber dát v 10 minútových intervaloch a systémom on-line sú dáta prenášané na SHMÚ. Pre účely porovnávacích analýz rôznych typov detektorov má SHMÚ SR inštalovanú jednu sondu RPSG-05 v Bratislave a sondu typu BITT na aerosólovom zberači v Jaslovských Bohuniciach.

SVV MO SR - OS SR je tvorená 12-timi SMM systému ARIS, so zabezpečeným on-line prenosom dát do Strediska výstrahy ZHN v Trenčíne. Dáta sú zároveň automaticky

prenášané aj do strediska SHMU SR. SMM sú vybavené sondami typu DC-4D-84/N a DC-4D-84/V.

SVV MV SR je tvorená 52-mi SMM lokalizovanými na obvodných úradoch odborov krízového riadenia, 3 kontrolných chemických laboratóriách CO a Úrade CO MV SR. Táto sieť je vybavená monitormi typu RM-60 poskytujúcimi údaje v 10 minútových intervaloch. Sieť je periodicky doplňovaná aktuálnymi meraniami pomocou sond typu DC z ďalších obvodných úradov. Systém SVV je on-line prepojený do centra na Sekciu krízového manažmentu a CO MV SR.

Rozloženie SMM SVV rezortov MŽP SR, MO SR a MV SR – Úrad CO na území SR je na obr. č. 5.3.



Obr. č. 5.3 Sieť včasného varovania MŽP SR, MV SR a MO SR (Cabánková, 2008)

3) Lokálne siete jadrových zariadení

Lokálne siete jadrových zariadení Mochovce a Jaslovské Bohunice pozostávajú z teledozimetrického systému a siete TLD, rozmiestnených v kontrolovanom pásme okolia JE. Patria sem aj stabilné miesta pre kontrolu výpustí. Tieto siete sa riadia monitorovacími plánmi elektrární a SÚRMS-u poskytujú údaje požadované jeho monitorovacím plánom, schváleným hlavným hygienikom SR v štvrtročných intervaloch.

4) Teritoriálna sieť meracích miest sledovania aerosólov

Teritoriálna sieť meracích miest kontaminácie ovzdušia (MMKO), ktorá zabezpečuje kontinuálne sledovanie objemovej aktivity aerosólov v prízemných vrstvách atmosféry je tvorená štyrmi odberovými miestami na profesionálnych meteorologických staniách SHMÚ, 15-timi MMKO v rámci lokálnej siete EMO a 24-mi MMKO v rámci lokálnej siete EBO. Z ekonomických dôvodov odber aerosólov na filtre v 4-och MMKO SHMÚ nie je kontinuálny, ale uskutočňuje sa vždy v prvý týždeň každého mesiaca. Spracovanie a vyhodnocovanie filtrov je zabezpečené v rámci rezortu MZ SR (SZU SR, RÚVZ B. Bystrica, RÚVZ Košice). Laboratória radiačnej kontroly okolia EMO a EBO (LRKO EMO, LRKO EBO) zabezpečujú kontinuálny 14 – dňový interval odberu

aerosólov na filtre. V Jaslovských Bohuniciach je umiestnený na meteorologickej stanici SHMÚ automatický aerosólový zberač AMS-02.

5) Sieť laboratórií monitorovania obsahu rádionuklidov v životnom prostredí

Sieť laboratórií MZ SR spolu s LRKO EMO a LRKO EBO zabezpečuje monitorovanie obsahu rádionuklidov v životnom prostredí, v potravinovom reťazci a v biologických vzorkách. Počty a druh analyzovaných vzoriek ako aj frekvencia ich odberu sa upravuje ročnými monitorovacími plánmi SÚRMS-u a JEZ, schválenými hlavným hygienikom SR a prevádzkovateľom JEZ. Počet vzoriek potravinového reťazca, v ktorých sa stanovuje obsah jednotlivých rádionuklidov sa za posledné roky výrazne zredukoval vzhľadom na nízku koncentráciu týchto rádionuklidov v analyzovaných vzorkách, pričom sú sledované len základné druhy potravín a poľnohospodárskej výroby, s cieľom stanovenia dlhodobého priemeru úrovne koncentrácie jednotlivých rádionuklidov.

Vnútoraná kontaminácia osôb sa stanovuje na základe celotelových meraní skupiny dobrovoľníkov na celotelovom počítači na SZU v Bratislave (*Cabáneková 2008*).

Prevádzkovanie monitoringu rádioaktivity v SHMÚ plní tieto ciele:

- Vytvára podklady pre rozhodovanie v oblasti hospodárstva.
Umelé zdroje žiarenia sa totiž stali prínosom vo viacerých oblastiach. Spolu s ožiarením z prírodných zdrojov, ktoré nemožno vylúčiť, je treba poznať charakteristiky ionizujúceho žiarenia, aby ich bolo možné zahrnúť do rozhodovacieho procesu pri hospodárskych aktivitách.
- Poskytuje informácie o špecifickej časti životného prostredia.
Len málo oblastí ľudského poznania vyvoláva vo verejnosti také kontroverzné postoje ako práve oblasť účinkov ionizujúceho žiarenia. Dôkladná informovanosť verejnosti o tomto probléme umožní jednak formovať správny vzťah k tejto otázke, formovať správanie verejnosti a umožní vznik takých opatrení, ktoré budú smerovať k ochrane zdravia a zvýšeniu kvality života.
- Poskytuje podklady pre rozhodovanie managementu priemyselných havárií.
Jednou z funkcií tohto monitoringu je byť súčasťou ochrany obyvateľstva v prípade jadrových havárií. Počas havárie sa môžu uvoľniť rádioaktívne látky a za určitých špecifických podmienok uniknúť do okolia. Operatívne informácie z monitoringu sú preto nevyhnutné pri organizovaní účinných opatrení na ochranu zdravia a majetku ľudí.
- Plní medzinárodné záväzky SR.
Atmosféra je globálnym systémom. Medzinárodná spolupráca a výmena informácií je preto základom akýchkoľvek aktivít v lokálnom, regionálnom a globálnom meradle. Táto výmena a spolupráca je primárne založená na reciprocite v poskytovaní dát a v budovaní a prevádzkovaní medzinárodných systémov (*Melicherová 2009*).

5.2 Monitorovanie kontaminácie ovzdušia, vypustí a niektorých zložiek životného prostredia

Údaje z monitorovania sú všetky stále zložky SÚRMS-u povinné hlásiť na Ústredie v mesačných, resp. štvrťročných intervaloch. V súčasnosti je odovzdávanie údajov z monitorovania zabezpečené elektronickou alebo písomnou formou. V prípade radiačnej havárie

alebo podozrenia na akýkoľvek únik rádionuklidov do životného prostredia sa intervaly odberu a meraní menia podľa pokynov SÚRMS-u a prevádzkovateľa JEZ. Zároveň sa skracujú aj intervaly hlásení o sledovaní radiačnej situácie v danej lokalite. V prípade havarijnej situácie sú okamžité údaje monitorovania zo SVV v 30 min. intervaloch on-line zasielané do Centra havarijnej odozvy (CHO) ÚJD SR pre potreby ORS a SÚRMS-u. rezortu životného prostredia (SHMÚ SR).

V súčasnosti je na Slovensku 26 monitorovacích miest príkonu dávkového ekvivalentu gama žiarenia v ovzduší, z toho 23 meteorologických záhrad je vybavených sondami typu GammaTracer a tri sondami typu RPSG-05. Súčasťou monitorovacej siete je aj automatický aerosólový zberač AMS-02 firmy BITT Technology, ktorý je umiestnený v Jaslovských Bohuniciach a je spojený s národnou centrálou v Bratislave a so strediskom v Rakúsku.

Plošné monitorovanie príkonu dávkového ekvivalentu externého žiarenia je tiež zabezpečované teritoriálnou sieťou TL dozimetrov Táto sieť je v správe MZ SR a využíva dozimetre typu HARSHAW TLD 100 a TLD 700. Dozimetre sú po štvrtročnej expozícii vyhodnocované na odboroch radiačnej hygieny ÚVZ SR Bratislava, regionálnom ÚVZ B. Bystrica a SZU v Bratislave. Pri zbere dozimetrov sa vykonávajú merania dávkového príkonu gama žiarenia pomocou prenosných zariadení typu DC-3E, resp. FH 40-GL.

Pre hodnotenie bezpečnosti prevádzky SE EBO V-2, JAVYS V-1 a JAVYS-VYZ a ich vplyvu na okolie sú prevádzkovateľom kontinuálne sledované výpuste rádioaktívnych látok do atmosféry a hydrosféry ako aj monitorované okolie celého jadrovo - energetického zariadenia. Na základe kontinuálnych meraní vo ventilačných komínoch a odberov vzoriek sa pomocou gamaspektrometrie, kvapalnej scintilačnej spektrometrie, alfa spektrometrie a rádiochemických analýz stanovujú aktivity vypustených rádioaktívnych aerosólov, vzácnych plynov, stroncia, jódu, transuránov, trícia a uhlíka. Tieto údaje sa potom vzťahujú k limitným hodnotám vypustí rádioaktívnych látok pre plynné výpuste ventilačnými komínmi v areáli SE EBO, JAVYS V1 a JAVYS-VYZ. Autorizované limity sú stanovené rozhodnutím Hlavného hygienika SR, pre kvapalné výpuste sú limity stanovené Okresným úradom životného prostredia v Nitre po schválení Úradom jadrového dozoru SR. Limitné hodnoty pre výpuste do atmosféry sú stanovené spoločne pre ventilačné komíny v areáli SE EBO, JAVYS V-1, kvapalné výpuste sú stanovené samostatne pre výpuste z areálu SE EBO a JAVYS-V-1 do recipientu Dudváh a do recipientu Váh a vzťahujú sa na trícium a ostatné korózne a štiepne produkty. Ročné limitné hodnoty vypustí rádioaktívnych látok z areálu JAVYS-VYZ do atmosféry a hydrosféry sú stanovené samostatne. Údaje o výpustiach rádioaktívnych látok z jednotlivých zdrojov v areáli SE EBO, JAVYS V-1 a JAVYS-VYZ slúžia aj ako vstupné údaje pre modelový výpočet dávkovej zaťaženosti okolitého obyvateľstva. V rámci monitorovacieho plánu, schváleného hlavným hygienikom SR a monitorovacích plánov kontroly okolia JEZ, všetky zložky RMS SR zabezpečujú aj kontinuálne sledovanie kontaminácie ovzdušia prostredníctvom kontinuálneho odberu vzdušných aerosólov na filtre a odberom suchého i mokrého spádu v MMKO RMS SR a SDS LRKO EMO, LRKO EMO a JAVYS a.s.

Kontaminácia pôd jednotlivými rádionuklidmi výrazne ovplyvňuje úroveň terestriálneho žiarenia v danej lokalite, ktoré spolu s kozmickým žiarením je v čase mimo havárie hlavným zdrojom externej expozície populácie. Súčasťou dlhodobého sledovania a

hodnotenia radiačnej situácie na celom území SR je aj gamaspektrometrická analýza vzoriek pôd odoberaných v referenčných miestach RMS SR.

Rozsah monitorovania produktov rastlinnej a živočíšnej výroby je stanovený schváleným monitorovacím plánom, ktorý sa riadi vegetačným obdobím. Stále zložky RMS SR určené pre kontrolu kontaminácie potravín majú jednotný monitorovací plán upravovaný vzhľadom na prioritu produkcie v územne príslušnej oblasti. Vzorky sa odoberajú dvakrát ročne – na jar a na jeseň, mlieka mesačne (*Cabáneková 2008*).

5.2.1 Veličiny a jednotky používané v radiačnej ochrane

V súvislosti s používaním veličín a jednotiek v radiačnej ochrane často vznikajú nedorozumenia a nejasnosti. Historicky sa jednotky postupne vyvíjali, niektoré zostali v používaní v niektorých krajinách, iné štáty sa pripojili k jednotným medzinárodným štandardom, a tak sa teraz môžeme stretnúť v praxi s oboma systémami a musíme používať prepočty.

Základné vysvetlenie pojmov a jednotiek s nimi súvisiacich:

- Aktivita sa vzťahuje k množstvu ionizujúcej radiácie uvoľnenej rádioaktívnym materiálom. Či už emituje alfa alebo beta častice, gama lúče, Rtg žiarenie alebo neutróny, množstvo rádioaktívneho materiálu je vyjadrené jeho aktivitou. Aktivita je počet rádioaktívnych premien v látke za jednotku času. Množstvo rádioaktívnej látky je charakterizované aktivitou. Jednotkou merania aktivity je curie (Ci) a becquerel (Bq).
- Expozícia vyjadruje množstvo radiácie prechádzajúcej vzduchom. Mnoho meračov radiácie meria práve expoziáciu. Jednotkami pre expoziáciu sú röntgen (R) a coulomb/kilogram (C/kg).
- Absorbovaná dávka popisuje množstvo radiácie absorbovanej objektom alebo osobou (to znamená množstvo energie absorbovanej v jednotke hmotnosti ožarovanej látky v určitom mieste). Jednotky pre absorbovanú dávku sú radiačná absorbovaná dávka (rad) a gray (Gy).
- Dávkový ekvivalent (alebo efektívna dávka) kombinuje množstvo absorbovanej radiácie a zdravotných účinky príslušného typu radiácie. Pre beta a gama radiáciu je dávkový ekvivalent rovnaký ako absorbovaná dávka. Oproti tomu dávkový ekvivalent je väčší ako absorbovaná dávka pre alfa a neutrónovú radiáciu, pretože tieto typy žiarenia sú pre ľudské telo oveľa škodlivejšie. Jednotky pre dávkový ekvivalent sú röntgen equivalent man (rem) a sievert (Sv) a biologické dávkové ekvivalenty sú všeobecne merané v 1/1000 rem alebo Sievert (známe ako mrem alebo mSv).

Vidíme rozdiel medzi fyzikálnymi jednotkami, ktoré popisujú radiáciu emitovanú z rádioaktívneho materiálu (Bq), jednotkami odrážajúcimi rôzne množstvo energie absorbovanej v materiáli (rad, gray) a tými jednotkami, ktoré merajú relatívne biologické poškodenie organizmov (rem, Sv).

Základné konverzie:

$$1 \text{ gray (Gy)} = 100 \text{ rad} \quad 1 \text{ rad} = 10 \text{ milligray (mGy)},$$

$$1 \text{ sievert (Sv)} = 1,000 \text{ millisieverts (mSv)} = 1,000,000 \text{ microsieveverts (}\mu\text{Sv)},$$

1 sievert = 100 rem,

1 becquerel (Bq) = 1 count per second (cps),

1 curie = 37,000,000,000 becquerel = 37 Gigabecquerels (GBq),

Pre Rtg a gama žiarenie 1 rad = 1 rem = 10 mSv,

Pre neutróny 1 rad = 5 to 20 rem (v závislosti na energetickej hladine) = 50-200 mSv,

Pre alfa častice 1 rad = 20 rem = 200 mSv (*Hinca 2020*).

5.2.2 Monitorovanie príkonu priestorového dávkového ekvivalentu gama žiarenia

Veličinou, ktorá sa v súčasnosti meria v sieti včasného varovania pred žiarením, je príkon absorbovanej dávky, ktorý slúži pre stanovenie príkonu dávkového ekvivalentu gama žiarenia v ovzduší. Je definovaný ako súčin absorbovanej dávky, akostného faktora a ďalších modifikujúcich faktorov pre vyhodnotenie účinkov ožiarenia u exponovaných osôb tak, že sú uvažované rôzne charakteristiky expozície. Jednotkou dávkového ekvivalentu je sievert (Sv), v sieti sa meria ukazovateľ v nSv/h. Dávkový ekvivalent = absorbovaná dávka x akostný súčiniteľ.

Absorbovaná dávka (radiačná dávka) je definovaná ako podiel množstva energie ionizujúceho žiarenia pohltenej v anorganickej látke a hmotnosti tejto látky. Jednotkou absorbovanej dávky je gray (Gy), $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$. Staršou jednotkou absorbovanej dávky je rad (radiation absorbed dose). Platí $100 \text{ rad} = 1 \text{ Gy}$

Ekvivalentná dávka (dávkový ekvivalent) je daná súčinom absorbovanej dávky a akostného faktora charakterizujúceho biologický účinok daného druhu rádioaktívneho žiarenia na organickú látku. Jednotkou ekvivalentnej dávky je sievert (Sv), $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$. Staršou jednotkou ekvivalentnej dávky je rem (röntgen equivalent man); $100 \text{ rem} = 1 \text{ Sv}$. Akostný faktor pre gama žiarenie sa rovná 1.

Efektívna dávka je definovaná ako súčet všetkých ekvivalentných dávok vo všetkých orgánoch alebo tkanivách vynásobených príslušným váhovým faktorom. Váhový faktor vyjadruje vzťah medzi pravdepodobnosťou náhodných účinkov žiarenia a ekvivalentnou dávkou. Jednotkou je $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$.

Kolektívna efektívna resp. ekvivalentná dávka sa používa na účely kvantifikácie ožiarenia skupín obyvateľstva. Je to súčet efektívnych resp. ekvivalentných dávok všetkých jednotlivcov v určitej skupine, udáva sa v manSv.

Úväzok ekvivalentnej dávky $H(t)$ je časový integrál ekvivalentnej dávky v orgáne alebo tkanive T za čas t od príjmu rádionuklidu.

Úväzok efektívnej dávky $E(t)$ je časový integrál efektívnej dávky za čas t od príjmu rádionuklidu. Pre výpočet úväzku efektívnej alebo ekvivalentnej dávky sa u osôb starších ako 18 rokov veku počíta s obdobím 50 rokov a u osôb mladších ako 18 rokov veku s obdobím 70 rokov od príjmu rádionuklidov, ak nie je uvedené inak (*Hinca 2020*).

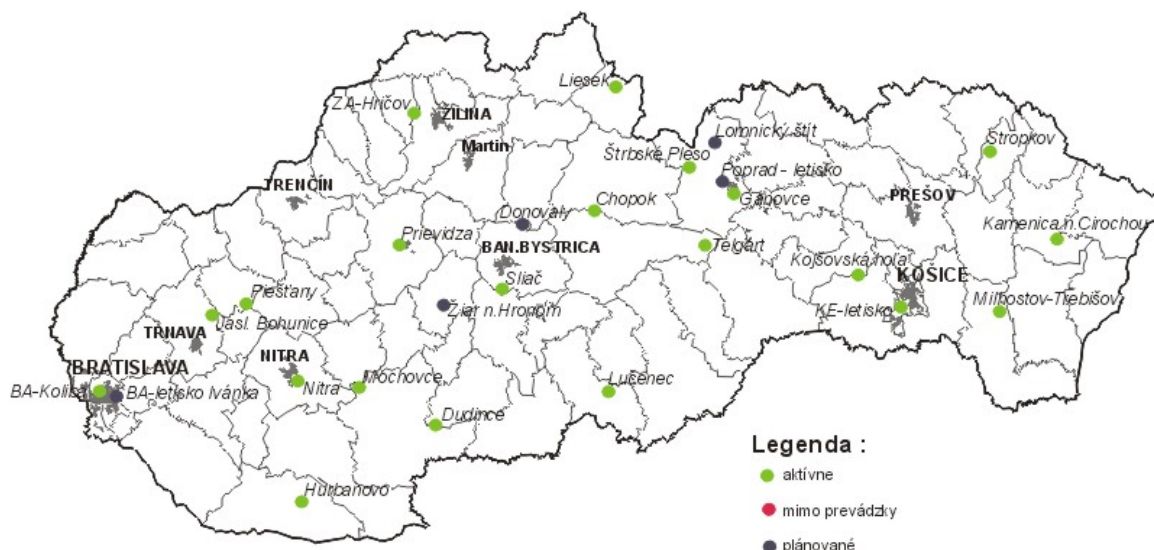
Kontinuálne meranie externého príkonu dávkového ekvivalentu

Je to najrozšírenejšou metódou radiačného monitorovania životného prostredia alebo samotného príkonu dávky. Táto priama metóda nemôže presne rozlíšiť umelú od prirodzenej rádioaktivity. Aby sme dosiahli spoľahlivé riešenie takejto úlohy, treba nastaviť pri meraní dostatočne vysokú varovnú úroveň, ktorá nemôže byť prekročená prirodzeným pozadím za normálnych podmienok. Signalizačnú a varovnú úroveň spravidla určuje prevádzkovateľ monitorovacej siete v spolupráci s výrobcom meracieho systému. Havarijnú úroveň obyčajne určuje prevádzkovateľ monitorovacej siete s hygienickými orgánmi po vzájomnej dohode. Meraný príkon dávkového ekvivalentu je ovplyvnený viacerými faktormi rôzneho charakteru a typu. Všetky musia byť starostlivo skúmané a analyzované pred nastavením signalizačných a varovných úrovní kvôli správnej identifikácii a registrácii umelej rádioaktivity nad úrovňou prirodzeného pozadia.

Môžeme ich rozdeliť na:

- koncentráciu aktivity ^{222}Rn a ^{220}Rn a ich dcérskych produktov v atmosfére,
- vymývanie častíc vznikajúcich vo vzduchu a obsahujúcich adsorbované radónové dcérske produkty do zeme,
- rádioaktivitu povrchových vrstiev pôdy,
- kozmické žiarenie,
- ostatné zložky radiácie prostredia danej lokality, napr. rádioaktivita stavebných materiálov, fosfátové hnojivá a i..

Z meracích staníc prichádzajú 10-minútové a 24-hodinové priemery. Na serveri RADMON beží servisný program, ktorý prichádzajúce dáta priebežne zapisuje do databázy Radiácia databázového systému (Melcherová 2012).



Obr. 5.4 Monitorovacia sieť príkonu dávkového ekvivalentu gama žiarenia SHMU (<https://www.shmu.sk/sk/?page=258#1>)

Tab. 5.1 Sieť meracích miest včasného varovania – 21 v rôznych nadmorských výškach

Bratislava – Koliba	Piešťany	Nitra
Jaslovské Bohunice	Mochovce	Hurbanovo
Žilina – D. Hričov	Prievidza	Dudince
Štrbské Pleso	Sliach	Chopok
Poprad – Gánovce	Liesek	Lučenec
Kojšová hoľa	Telgárt	Stropkov
Košice – letisko	Milhostov	Kamenica/Ciro.

Meracie prístroje

Sondy GammaTracer sú prostredníctvom privátnej siete prepojené s telekomunikačným počítačom STRATUS Continuum, ktorý je umiestnený na pracovisku Bratislava-Koliba. Prostredníctvom MSS (Message Switching System) sú správy prerozdeľované prostredníctvom ftp-protokolu do radiačného servera SHMÚ a ostatným užívateľom (Úrad jadrového dozoru, sekcia Civilnej ochrany a krízového riadenia Ministerstva vnútra SR a stredisko Výstrah ZHN práporu RCHBO Pozemných síl OS SR v Trenčíne - v príprave).

Sondy RPSG-05 sú s radiačným serverom spojené prostredníctvom GPRS. Z meracích miest SHMÚ prichádzajú 10-minútové a 24-hodinové priemery príkonu priestorového dávkového ekvivalentu gama žiarenia.

Aplikačné programové vybavenie radiačného servera umožňuje prostredníctvom komunikačného modulu komunikáciu s telekomunikačným počítačom STRATUS Continuum. Modul pre zápis prichádzajúcich dát do databázy, prezentačný modul (tabuľková časť, grafická časť: grafy a geografický modul), servisný modul (archivácia údajov) a konfiguračný modul (aktualizácia metainformácií systému) zabezpečujú ďalšie funkcie. Dáta sa priebežne zapisujú do databázy MS SQL Server v prostredí operačného systému WINDOWS. Dáta z nových sond RPSG-05 sú zapisované do databázy ORACLE, čo je perspektívne databázové prostredie pre ďalšiu modernizáciu informačného systému radiačného servera (Melcherová 2012).

Tab. 5.2 Technický popis meracieho zariadenia GammaTracer

Typ detektora:	2 GeigerMullerove trubice
Rozsah citlivosti:	a: 20 nSv/h – 10 mSv/h, b: 1 mSv/h - 10 Sv/h
Energetický rozsah:	48 keV – 1.25 MeV
Energetická závislosť:	+/- 22 % (48 keV – 1.25 MeV)
Teplota prostredia:	40 °C - + 60°C
Tepelná závislosť: (pri vyššie uvedených teplotách)	+/- 2,5 % (-20 °C do +50 °C) +/-5 % (-40 °C do +60 °C)
Relatívna vlhkosť vzduchu:	0 – 100 %

Tab. 5.3 Technický popis meracieho zariadenia RPSG-05

Typ detektora:	2 GM trubice s energeticky kompenzačným filtrom
Príkon:	0.6W (12V/50mA @ 150 nSv/h)
Merací rozsah:	10 nSv/h – 10 Sv/h
Energetický rozsah:	50 keV – 1.5 MeV (6.6MeV)
Energetická závislosť:	+/- 20 % (50 keV – 1.5 MeV)
Teplota prostredia:	40 °C - + 60 °C
Mikroprocesor	DS80C320
Neurčitosť merania:	0 – 100 %

5.2.3 Monitorovanie aerosólov

SHMÚ prevádzkuje 4 veľkoobjemové odberové zariadenia VAJ-01 umiestnené na meteorologických staniách Lučenec, Liesek, Hurbanovo a Stropkov. Okrem týchto stabilných monitorovacích miest pre odber aerosólov z prízemnej vrstvy atmosféry je umiestnený v Jaslovských Bohuniciach automatický aerosólový zberač. Výsledky z automatického aerosólového zberača AMS-02 v Jaslovských Bohuníc sú v národnej centrále na Kolibe k dispozícii každé 3 hodiny a to nielen z Jaslovských Bohuníc, ale z celej monitorovacej siete aerosólov Rakúska. Meranou veličinou je objemová aktivita jednotlivých rádionuklidov stanovených na základe gamaspektrometrickej analýzy v Bq/m³. Sledované rádionuklidy sú: Cs¹³⁷, Be⁷.

Filtre z veľkoobjemových zberačov VAJ 01 sú exponované po dobu jedného týždňa každý mesiac a vyhodnocujú sa na pracoviskách Štátneho zdravotného ústavu Banská Bystrica a Košice a Ústavu preventívnej a klinickej medicíny v Bratislave. Výsledky sa pre SHMÚ poskytujú v tabuľkovej forme a sú uložené v databáze na serveri pod názvom Aerosóly.

Kontinuálne meranie vzoriek aerosólov zo vzduchu

Kontinuálne meranie aerosólov zo vzduchu pracuje automaticky s diaľkovým ovládaním merania a aj odberu vzoriek. Pri meraní meracími jednotkami na meracom mieste prebieha aj automatický odber atmosférických komponentov. Tieto meracie jednotky vykonajú filtráciu a následnú inštrumentálnu analýzu. Filter napojený na vzduchovú pumpu je schopný akumulovať častice zachytené zo vzduchu prietokom veľkého objemu vzduchu na malú plochu filtračného materiálu, ktorého rádioaktívny obsah môže byť určovaný s dobrou účinnosťou detekcie, lebo takto sa vytvoria výhodné podmienky na nízke detekčné a varovné úrovne.

Pri havarijnom úniku umelej rádioaktivity do životného prostredia môžeme predpokladať tri druhy rádioaktívneho materiálu:

- vzácne plyny,
- častice viažuce rádionuklidy (väčšinou ióny),
- komponenty v plyno-parovej fáze, ktoré sa ľahko adsorbujú na vhodný materiál (napr. molekulárna a organická zložka jódu).

Zdroje rádioaktivity „prírodného pozadia“ patria k prvej a druhej skupine. Vzorky získané filtráciou môžu zvýšiť citlivosť len pre druhú a tretiu skupinu. Je všeobecne prijaté, že jódomý filter má byť pripojený k odberovému zariadeniu tak, aby presávaný vzduch prešiel

najprv cez aerosólový filter a až potom cez jódový filter. Vzduchové čerpadlá používané v monitorovacích systémoch majú rôzne prietoky vzduchu od 10 až do niekoľko 100 m³ /h.

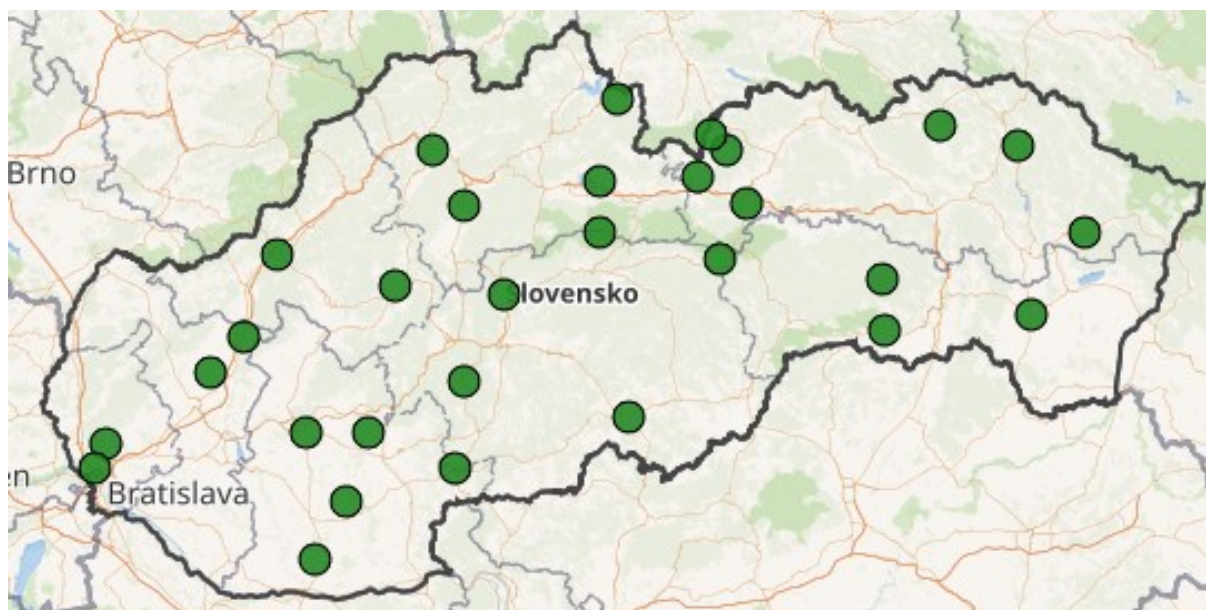
Na zachytávanie aerosólových častíc na filtri sa doteraz najčastejšie používajú dve metódy: na bežiaci pás filtra a na fixovanú plochu filtra.

Výstup zo systému jem možno rozdeliť ako: výstupy podľa typu (tabuľky, grafy, mapy), výstupy z SHMÚ (denné, mesačné, 10-minútové, 2-hodinové, atď.) a výstupy od zmluvných partnerov.

Informácie sú verejne prístupné vo forme záverečných správ a projektov.

Kontinuálne meranie externého príkonu dávkového ekvivalentu a kontinuálne automatické diaľkovo riadené odbery vzoriek vzduchových aerosólov boli zavedené ako dve rôzne úrovne regionálneho radiačného monitoringu. Hlavným cieľom oboch metód je „včasné varovanie“ na základe rozpoznania a identifikácie aerosólovej umelej rádioaktivity uvoľnenej z miesta zdroja. Treba zdôrazniť, že fixné aerosólové a jódové filtre sú vo všeobecnosti výhodnejšie pri detekcii predpokladaného pomalého vzostupu rádioaktivity aerosólov, kým systémy s pohyblivým pásom sú aplikovateľné v lokálnych monitorovacích systémoch, kde je pravdepodobnejší rýchly nárast koncentrácie aktivity (Melcherová 2012).

Monitorovacia sieť aerosólov SHMÚ je zobrazená na obr. 5.5.



Obr. 5.5 Monitorovacia sieť aerosólov SHMÚ (<https://www.shmu.sk/sk/?page=253>)

Tab. 5.4 Zoznam monitorovacích miest

Malý Javorník	Dudince	Kojšovská Hoľa
Bratislava	Sliach	Košice
Jaslovské Bohunice	Chopok	Stropkov
Piešťany	Liesek	Milhostov
Žilina	Lučenec	Kamenica
Nitra	Lomnický štít	Banská Bystrica
Mochovce	Štrbské Pleso	Trenčín
Hurbanovo	Telgárt	Liptovská Ondrášov
Prievidza	Gánovce	

Meracie prístroje

Zariadenie VAJ-01 je veľkoobjemové zariadenie pre kontinuálny odber aerosólov z prízemnej vrstvy atmosféry s deklarovaným objemom presávania cca 200 m³.h⁻¹ a slúži predovšetkým pre identifikáciu kontaminácie ovzdušia. Pre odber aerosólov z ovzdušia sa používajú filtre typu FLPS PC-9A PND 5913388 o rozmeroch 55x65 cm. Odber vzoriek aerosólov sa uskutočňuje presávaním vzorkovej vzdušiny cez vlákňitú filtračnú látku s vysokou účinnosťou záchytu aerosólových častíc. Hlavným záchytným procesom je impakt na vlákňach látky (pre prípad použitia odporúčaného druhu FLPC resp. pre sklovlákňité materiály). Hlavný podiel zachytených aerosólov sa ukladá vo vnútornom objeme filtračnej látky. Hĺbkový záchyt aerosólových častíc umožňuje zachytiť na jednotke plochy filtra relatívne veľký počet častíc pri veľmi miernom zvyšovaní aerodynamického odporu filtra.

Po ukončení odberu sú filtre skladané, hermeticky uzavreté a po zmeraní dávkového príkonu sú zasielané na gamaspektrometrické analýzy. Polovodičovými detektormi z čistého germánia sú na pracoviskách Ministerstva zdravotníctva po spracovaní tieto filtre analyzované na obsah jednotlivých rádionuklidov. Výsledkom je hodnota objemovej aktivity pozitívne detegovateľného rádionuklidu. Filtre sú exponované po dobu jedného týždňa raz do mesiaca.

Na základe gamaspektrometrických analýz odobratých filtrov v aerosóloch prízemnej vrstvy atmosféry je pravidelne detegovaný a vyhodnocovaný prírodný rádionuklid ⁷Be a umelý rádionuklid ¹³⁷Cs je spravidla na alebo pod úrovňou detekčného limitu systému (rádové jednotky μBq.m⁻³).

Zariadenie AMS-02

Hlavné časti meracieho systému AMS-02:

- Detektory: 2“ x 2“ Na(Tl) (2 kusy), PIPS 1700 mm², germániový detektor (HP Ge).
- Riadiaca jednotka.
- Čerpadlo: nominálny prietok 6 m³/h.
- Filtre: priemer 60 mm Schleicher & Schüll typ 10 (DIN 24 184) zo sklenej vaty, priemer 60 mm filter z papiera nasýteného aktívnym uhlím, silikágelový filter (zariadenie je vybavené zásobníkom 500 filtrov automaticky zakladaných manipulátorom).

Zariadenie sa skladá z dvoch PC spojených lokálnou sieťou:

- Komunikačné PC v Bratislave na Kolibe spojené s centrárou v Rakúsku,
- PC v kontajneri v Jaslovských Bohuniciach vybavené špeciálnou kartou (MCA - Multikanálový analyzátor) pre analyzovanie PIPS detektora, germániového detektora, pohybov manipulátora.

Prevádzka zariadenia:

Pred nasávaním vzduchu sa robí meranie pozadia. Je to nevyhnutné pre nastavenie správnych hodnôt pre testovacie merania. Meranie pozadia trvá 900 sec. Opakuje sa po každej výmene filtra.

Čerpanie vzduchu sa spúšťa po ukončení merania pozadia. Prúd vzduchu otvorí klapku aerosólového a následne aj jódového filtra. Pulzy sa sčítavajú po dobu 5 minút.

Z počtu pulzov je vypočítaná aktuálna hodnota aktivity rádioaktívnej kontaminácie zachytenej na filtroch. Ak hodnota prekročí prírodné pozadie, odošle sa výstražné hlásenie. Pre potvrdenie tohto hlásenia musia mať tri po sebe nasledujúce hlásenia vyššiu hodnotu. Pre odoslanie poplachového hlásenia je potrebná iba jedna nameraná aktivita, ktorá je 10-násobne vyššia ako výstražná hodnota. Riadiaci program ukladá objemy meraného vzduchu, takže je možné určiť maximálnu a minimálnu aktívnu koncentráciu pre každú kontaminačnú zložku.

Spektrum z detektoru HP Ge sa nezmazáva a obnovuje sa v 5 minútových intervaloch, takže pulzy z jednotlivých cyklov sa sčítavajú. Tým sa detekčný limit pre umelé izotopy nepriamo zlepšuje, pretože sa u nich predpokladá dlhšia doba polpremeny ako u dcérskych prvkov radónu. V prípade nízkej, ale stálej aktivity v presávanom vzduchu je ich intenzita (t.j. pomer pulzov k celkovému vzorkovaciemu času) konštantná, kým u „potlačených“ dcérskych produktov radónu klesajú. Na druhej strane, tento detektor nemôže „držať krok“ s rýchlymi zmenami úrovni radónu, na to je vhodnejší PIPS detektor.

Pravidelné spracovanie toku dát z PIPS a NaI(Tl) detektorov dodáva priemerné hodnoty súčasnej rovnovážnej koncentrácie radónového ekvivalentu (v Bq/m³) v atmosfére pri použití hodnôt z aerosólových filtrov. Rovnako je indikovaný stav jódového filtra.

Po 12 – 24 hodinách normálneho merania je aerosólový filter vymenený za nový po vyprchaní prirodzenej rádioaktivity, inak môže obsah dcérskych produktov ²²⁰Rn (thoronu) viesť k zvýšeniu počtu pulzov pri výmene filtrov a nárastu pravdepodobnosti falošného poplachu. Nový cyklus sa spustí výmenou aerosólového filtra.

Efektívne doby polpremeny ²³⁸U a ²³²Th radónových dcérskych produktov sú 30 min a 10 hodín. Aerosólový filter môže byť znovu použitý po dostatočnom znížení aktivity ²²⁰Rn – teda asi po 84 hodinách (7 meracích cyklov), ak je jeho vzdušný odpor v limite. Odpor sa kontroluje po každom vyhodnotení dát. Ak je nadlimitný, filter sa nahradí novým.

Sledované ukazovatele:

- Rn⁻²²², Rn⁻²²⁰,
- umelé rádionuklidy alfa, beta,
- Cs⁻¹³⁷, Cs⁻¹³⁴,
- elem. I⁻¹³¹, I⁻¹³², I⁻¹³³,
- Co⁻⁶⁰,
- príkon priestorového dávkového ekvivalentu gama žiarenia (nSv/h),
- zrážky, teplota vzduchu, rýchlosť a smer vetra (*Melcherová 2012*).

5.2.4 Zdroje rádioaktívneho žiarenia a úroveň ožiarenia

Celkovú rádioaktivitu rozdeľujeme na prirodzenú a umelú rádioaktivitu. Úroveň ožiarenia *prírodnými zdrojmi ionizujúceho žiarenia* nie je všade rovnaká., líši sa v závislosti od geologického zloženia oblasti a od nadmorskej výšky. Ročné efektívne dávky žiarenia na Zemi sú v rozsahu od 1 do 13 mSv v závislosti od lokality. Pričom priemerná ročná efektívna dávka zo všetkých prírodných zdrojov je približne 2,4 mSv/r. Podľa správy UNSCEAR z roku 2000 je priemerná ročná efektívna dávka na Slovensku cca 3,2- 3,5 mSv. Vo svete existujú aj lokality, kde je ožiarenie prírodnými zdrojmi na úrovni desiatok mSv ročne, ako napr. oblasť Guarapari

v Brazíli, Ramsar v Iráne, Yangijang v Číne a Kerala v Indii. Najväčší príspevok k efektívnej dávke spôsobuje inhalácia prírodného rádioaktívneho vzácneho plynu radónu a to najviac pri pobyte vo vnútri budov. Radón sa vyskytuje v rôznych horninách a teda aj v pôde, vo vode a v atmosfére. K ožiareniu človeka prispieva radón, ktorý sa uvoľňuje do obytných priestorov zo stavebných materiálov alebo preniká z pôdy a geologického podlažia do vnútra stavby.

Najväčší podiel na ožiarení *umelými zdrojmi ionizujúceho žiarenia* má lekárske ožiarenie. Globálna priemerná efektívna dávka z lekárskeho ožiarenia bola v rokoch 1997 – 2007 podľa správy UNSCEAR 0,65 mSv za rok. V krajinách s rozvinutou lekárskou starostlivosťou, medzi ktoré patrí aj Slovensko, je priemerná dávka na obyvateľa z diagnostického lekárskeho ožiarenia až 1,9 mSv. Ku globálnemu ožiareniu obyvateľov umelými rádioaktívnymi látkami prispieva aj ožiarenie z rádioaktívneho spad, to sú rádioaktívne látky, ktoré sa dostali do atmosféry prevádzkovaním jadrových elektrární, pokusmi jadrových zbraní a jadrovými haváriami. Správa UNSCEAR 2008 odhaduje, že globálny priemer efektívnej dávky jednotlivca spôsobenej spadom bol nižší ako 0,005 mSv za rok. Ďalšími zdrojmi sú ťažba, preprava a uskladnenie rádioaktívnych surovín, priemyselné aplikácie a výskumná činnosť.

Tabuľka 5.5 Prehľad zdrojov ožiarenia človeka

Zdroje		Ročná efektívna dávka [mSv]	% podiel ročnej radiačnej záťaže
prírodné	kozmicke žiarenie	0,39	12,6
	zemské žiarenie	0,46	14,8
	rádionuklidy v tele (príjem potravín)	0,23	7,4
	radón a dcérske produkty (dýchaním)	1,3	41,8
umelé	lekárska diagnostika	-	10,6
	lekárska terapia	-	8,8
	atómové skúšky, havárie	-	3,5
	ostatné priemyselné	-	0,4

Ožiarenie jednotlivcov, ktoré je výsledkom kombinácie relevantných činností so zdrojmi IŽ, musí byť regulované limitmi dávok, resp. obmedzeniami rizika v prípade potenciálnej expozície. Cieľom limitovania je zabezpečiť, aby žiaden jednotlivец exponovaný ionizujúcemu žiareniu, za normálnych okolností nebol vystavený neakceptovateľnému riziku počas celého života. Limity ožiarenia sú stanovené legislatívou (Zákon č. 87/2018 Z. z.) na základe odporúčaní Medzinárodnej komisie na ochranu pred žiarením.

Limity ožiarenia obyvateľov:

- efektívna dávka 1 mSv v kalendárnom roku,
- ekvivalentná dávka v očnej šošovke 15 mSv v kalendárnom roku,
- ekvivalentná dávka v koži 50 mSv v kalendárnom roku, ktorá sa stanovuje ako priemerná dávka na ploche 1 cm² najviac ožiarenej kože bez ohľadu na veľkosť ožiarenej plochy kože.

Limity ožiarenia pracovníkov so zdrojmi ionizujúceho žiarenia:

- efektívna dávka 20 mSv v kalendárnom roku, za výnimočných okolností môže dozorný orgán povoliť dávku 50mSv za rok, ak priemerná dávka počas piatich za sebou nasledujúcich kalendárnych rokov neprekročí 20 mSv,
- ekvivalentná dávka v očnej šošovke 20 mSv v kalendárnom roku, resp. 100mSv počas piatich za sebou nasledujúcich kalendárnych rokov, pričom ekvivalentná dávka v žiadnom kalendárnom roku nesmie prekročiť 50mSv,
- ekvivalentná dávka v koži 500 mSv v kalendárnom roku, ktorá sa stanovuje ako priemerná dávka na ploche 1 cm² najviac ožiarenej kože bez ohľadu na veľkosť ožiarenej plochy kože,
- ekvivalentná dávka v rukách od prstov až po predlaktie a v nohách od chodidiel až po členky 500 mSv v kalendárnom roku.

Tab. 5.6 Porovnanie expozícií ionizujúceho žiarenia osoby

Dávka celotelového ožiarenia spôsobujúca smrť	60000000 μSv
Dávka celotelového ožiarenia spôsobujúca ochorenie z ožiarenia s trvalými následkami	20000000 μSv
Dávka spôsobujúca symptómy choroby z ožiarenia	4000000 μSv
Limit pre zasahujúce osoby (osobný dávkový ekvivalent)	200000 μSv
Limit pre radiačných pracovníkov	100000 μSv/5 rokov, 20000 μSv/rok
CT brucha a panvy	15000 μSv
CT hrudníka	7000 μSv
Prirodzené ožiarenie obyvateľa SR za rok	3500 μSv
CT hlava	2000 μSv
Diagnostické lekárske ožiarenia obyvateľa SR za rok	1900 μSv
Limit ožiarenia obyvateľstva (okrem lekárskeho a prirodzeného)	1000 μSv
Skioskopické RTG vyšetrenie brucha	600 μSv
Mamografia	400 μSv
Priemerné efektívne dávky z potravín a nápojov	300 μSv
Rok bývania v dome z kameňa, tehál alebo betónu	70 - 200 μSv
Medzikontinentálny let lietadlom cca 10 h	50 - 80 μSv
Autorizovaný limit pre ožiarenie z vypustí JE	45 μSv
RTG hrudníka	20 μSv
Prirodzené ožiarenie obyvateľa SR za deň	9,5 μSv
RTG chrup	5 μSv
RTG končatina	1 μSv
Limit pre automatické spustenie alarmu v radiačnej monitorovacej sieti	0.4 μSv/h
Rok bývania pri jadrovej elektrárni alebo jeden banán	0,1 μSv

6 Monitorovanie odpadov

Významnú úlohu v oblasti starostlivosti o životné prostredie zohráva odpadové hospodárstvo. Odpady vznikajú prakticky pri každej ľudskej činnosti tak vo výrobnej, ako aj v spotrebiteľskej sfére. Po spotrebovaní úžitkových hodnôt sa stávajú odpadom aj samotné výrobky. Hromadenie odpadov predstavuje výrazný zásah do životného prostredia. Odpady obsahujú látky, ktoré často ohrozujú prakticky všetky zložky životného prostredia, t. j. kvalitu vôd, ovzdušia a pôdy. Prenikajú do rastlín a cez potravinový reťazec ohrozujú zdravie alebo život živočíchov a ľudskej populácie. Správne nakladanie a hospodárenie s odpadmi musí zaujímať prioritné postavenie pri riešení ekologických problémov. Množstvo odpadov je ovplyvnené najmä tromi faktormi: nárastom populácie, zvyšovaním osobnej spotreby a úrovňou technológie spoločenskej výroby. Zhoršovanie kvality životného prostredia v posledných desaťročiach preto patrí medzi najzávažnejšie problémy súčasnosti (Šooš, 2007).

V záujme predchádzania škôd na životnom prostredí je okrem iného dôležité vykonávať:

- monitoring odpadov, ktorého základným predpokladom je získavanie podrobných a pravdivých informácií o vzniku odpadov a nakladaní s nimi,
- kvalitatívne analýzy predovšetkým nebezpečných odpadov, aby sme poznali ich zloženie a obsah prípadných škodlivých látok,
- kvantitatívne analýzy zloženia jednotlivých prúdov odpadov, ktoré môžu jednak prispieť k efektívnejšiemu využitiu odpadov a zároveň upozorniť na prípadné riziká pri nakladaní s nimi,
- monitoring skládok odpadov a
- kvalitatívne analýzy kompostov vyrobených z biologicky rozložiteľných odpadov a aplikovaných na poľnohospodársku pôdu.

6.1 Druhy odpadov

Odpady sú členené podľa Katalógu odpadov, ktorý je ustanovený vyhláškou č. 365/2015 Z. z. a vyhláškou č. 320/2017 Z.z., ktorou sa mení a dopĺňa pôvodná vyhláška. Podľa vyhlášky č. 365/2015 Z. z. sa odpady členia na kategórie Nebezpečné odpady označované písmenom „N“ a Ostatné odpady označované písmenom „O“. Komunálny odpad patrí medzi ostatné odpady.

Druhy odpadov sú označené šesťmiestnym číslom, v ktorom prvé dvojčíslenie označuje skupinu, druhé dvojčíslenie podskupinu v príslušnej skupine a tretie dvojčíslenie druh odpadu v príslušnej skupine a podskupine.

Napríklad: 20 02 01

- 20 – Komunálne odpady (odpady z domácností a podobné odpady z obchodu, priemyslu a inštitúcií) vrátane ich zložiek zo separovaného zberu
- 02 – Odpady zo záhrad a z parkov (vrátane odpadu z cintorínov)

- 01 – Biologický rozložiteľný odpad

Nebezpečný odpad je taký odpad, ktorý svojimi vlastnosťami, najmä toxicitou, infekčnosťou, dráždivosťou, výbušnosťou, horľavosťou, chemickými vlastnosťami, karcinogénnymi (rakovinotvorné), teratogénnymi (poškodzujúce ľudský plod) a mutagénnymi (spôsobuje mutácie genetickej informácie, prípadne rakovinu) vlastnosťami je alebo môže byť nebezpečný pre zdravie obyvateľstva alebo životné prostredie. Do tejto kategórie patria odpady produkované niektorými priemyselnými odvetviami, rádioaktívny odpad, odpad z bitúnkov, kafilérií, nemocníc a iné. Ku každému druhu nebezpečného odpadu sa priradí aj kód nebezpečných vlastností podľa katalógu odpadov.

Ostatný odpad je taký odpad, ktorý nevykazuje žiadnu z vlastností nebezpečného odpadu. Tvorí skupinu, ktorá nepredstavuje veľké riziko pre životné prostredie. Do tejto kategórie možno zaradiť stavebnú hlušinu, organický poľnohospodársky odpad (slama) a iné. Táto skupina odpadov je problematická najmä svojim veľkým objemom, ale nie svojim chemickým zložením.

Stavebná hlušina sa ukladá na skládky odpadu alebo na miesta starých opustených banských diel. Dobré sa však uplatňuje aj pri výstavbe ciest, kde sa neškodný upravený materiál v prípade splnenia vhodnosti podľa požadovaných skúšok stáva súčasťou násypov.

Vedľa oficiálneho členenia odpadov sa môžeme stretnúť aj s pomenovaním odpadov napríklad podľa:

a) vplyvu na človeka a životné prostredie odpady delíme na:

- zvláštny odpad - taký odpad, ktorý vyžaduje osobitný režim pri nakladaní s ním, najmä z národohospodárskych dôvodov alebo ochrany životného prostredia,
- nebezpečný odpad - taký zvláštny odpad, ktorý je škodlivinou, alebo ktorý svojimi vlastnosťami je, alebo môže byť nebezpečný pre zdravie obyvateľstva alebo životné prostredie. Podľa prílohy č. 3. nariadenia Komisie (EÚ) č. 1357/2014 z 18. decembra 2014, ktorým sa nahrádza príloha III k smernici Európskeho parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpade a o zrušení určitých smerníc sa nebezpečnému odpadu priraduje kód nebezpečnej vlastnosti HP1 až HP15. HP 1 Výbušný, HP 2 Oxidujúci, HP 3 Horľavý, HP 4 Dráždivý – spôsobujúci podráždenie kože a poškodenie oka, HP 5 Toxický pre špecifický cieľový orgán (STOT)/aspiračne toxický, HP 6 Akútna toxicita, HP 7 Karcinogénny, HP 8 Leptavý, HP 9 Infekčný, HP 10 Toxický pre reprodukciu, HP 11 Mutagénny, HP 12 Uvoľňujúci akútne toxické plyny, HP 13 Senzibilizujúci, HP 14 Ekotoxický a HP 15 Odpad, ktorý môže vykazovať nebezpečnú vlastnosť uvedenú v predchádzajúcom texte, ktorú pôvodný odpad nevykazoval.

b) základných fyzikálnych vlastností:

- plynné: napr. SO_x, NO_x, CO, CO₂ ...,
- kvapalné: napr. kyseliny, dusičnany, chloridy, soli ...,
- tuhé: napr. popolček, prach, sadze ...,

- zmesi: odpad zložený z tuhej a kvapalnej fázy v určitom vzájomnom hmotnostnom pomere, odpad tvorený dvoma alebo viacerými látkovými skupinami odpadov.

c) základných oborov hospodárskej činnosti:

- výrobné, z priemyslu, poľnohospodárstva, stavebnej činnosti,
- spotrebné – komunálne.

d) možnosti využitia odpadov ako druhotných surovín:

- využiteľné ako druhotná surovina (recyklácia),
- nevyužiteľné.

Odpady je vhodné rozdeliť aj takto:

- komunálne odpady,
- priemyselné odpady,
- odpady z ťažby surovín,
- lesnícke a poľnohospodárske odpady,
- odpady z energetiky,
- kaly z čistiarní mestských a priemyselných odpadových vôd,
- úpravy vody a sedimenty,
- rádioaktívne odpady (Vyhláška č. 365/2015 Z. z., Vyhláška č. 320/2017 Z.z.).

6.2 Čiastkový monitorovací systém Odpady

Bol zriadený na základe uznesenia vlády Slovenskej republiky č. 449/1992 ako jeden zo systémov zameraných na monitorovanie stavu životného prostredia. Zameraný je na zber a spracovanie údajov o vzniku a nakladaní s odpadmi. Prevádzkovaný je Slovenskou agentúrou životného prostredia v spolupráci s Ministerstvom životného prostredia Slovenskej republiky .

Na zber a spracovanie všeobecných údajov o vzniku a nakladaní s odpadmi je zameraný Regionálny informačný systém o odpadoch (RISO). Na zber a spracovanie údajov o obaloch a odpadoch z obalov je určený informačný systém OBALY, na zber a spracovanie údajov o neobalových výrobkoch je určený informačný systém NEOBALY a na zber a spracovanie údajov o elektrických a elektronických zariadeniach a odpadoch z nich je určený informačný systém ELEKTRO. Informačné systémy OBALY, NEOBALY a ELEKTRO budú transformované do jednotného registra výrobcov, ktorý bude súčasťou pripravovaného nového informačného systému odpadového hospodárstva (ISOH) (<https://www.enviroportal.sk>).

6.2.1 Regionálny informačný systém o odpadoch (RISO)

Sledovanie vzniku a nakladania s odpadmi sa vykonáva pomocou RISO, ktorý je v prevádzke od roku 1995. Údaje do systému RISO sú zbierané prostredníctvom pracovísk okresných úradov, odborov starostlivosti o životné prostredie, ktoré sú základnými vstupnými miestami údajov. Tento zber údajov je založený na spracovaní ohlásení subjektov činných v

oblasti vzniku a nakladania s odpadmi podľa zákona o odpadoch. Základným vykonávacím predpisom pre vedenie evidencie vzniku a nakladania s odpadmi a pre výkon plnenia ohlasovacích povinností je v súčasnosti vyhláška MŽP SR č. 366/2015 Z. z. o evidencnej povinnosti a ohlasovacej povinnosti v znení neskorších predpisov (ďalej len "evidenčná vyhláška"). Rozdelenie odpadov na jednotlivé druhy odpadov určuje vyhláška MŽP SR č. 365/2015 Z. z., ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov v znení vyhlášky č. 320/2017 Z. z. (ďalej len „Katalóg odpadov“), ktorý je plne kompatibilný s európskym katalógom odpadov.

Pôvodcovia, držitelia odpadov, sprostredkovatelia a obchodníci (povinné subjekty) vedú evidenciu a ohlasujú údaje z evidencie podľa § 14 ods. 1 písm. f) a písm. g) zákona č. 79/2015 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon o odpadoch“). Tieto hlásenia podávajú raz ročne za jednotlivé prevádzkarne územne príslušnému okresnému úradu. Pracovníci okresných úradov údaje z ohlásení vkladajú online do systému RISO.

Informačný systém (jeho číselníky a štruktúra) sa priebežne upravuje v zmysle úprav platnej legislatívy. Možnosť autorizovaného prístupu k údajom v RISO majú pracovníci okresných úradov, Slovenskej inšpekcie životného prostredia (SIŽP) a MŽP SR.

Limitom pre podávanie ohlásenia je nakladanie s viac ako 50 kg nebezpečných odpadov alebo 1 t ostatných odpadov (podľa § 3 ods. 1 evidencnej vyhlášky). Limity neplatia pre druhy odpadov uvedené v prílohe 3 k evidencnej vyhláške. Ohlásenie podáva povinný subjekt za každú svoju prevádzkareň osobitne.

Povinné subjekty v ohlásení uvádzajú sumárne údaje za každý druh a poddruh odpadu, spôsob nakladania s ním a odberateľa predmetného druhu a poddruhu odpadu. Spôsoby nakladania sú legislatívne stanovené v súlade s predpismi EÚ číselníkmi "R" kódov (príloha č. 1 k zákonu o odpadoch) a "D" kódov (príloha č. 2 k zákonu o odpadoch). Navyše sú doplnené ďalšie spôsoby nakladania "Z" - Zhromažďovanie odpadov, "DO" - Odovzdanie odpadu na využitie v domácnosti, „PO“ – Príprava na opätovné použitie, „OO“ – Prijatie/Odovzdanie odpadu obchodníkovi, „OS“ – Prijatie/Odovzdanie odpadu sprostredkovateľovi, „TU“ – Využitie odpadu na úpravu terénu, „V“ – Odovzdanie odpadu za účelom zberu, „SVZ“ – Dočasné uloženie výkopovej zeminy, „PS“ – Dočasné uloženie odpadu v prekládkovej stanici komunálneho odpadu.

Údaje o vzniku a nakladaní s komunálnymi odpadmi (odpady skupiny 20 podľa Katalógu odpadov) sú od roku 2005 v zmysle medzirezortnej dohody MŽP SR a Štatistického úradu Slovenskej republiky bezodplatne preberané zo zisťovaní Štatistického úradu Slovenskej republiky, ktorému zasa rezort životného prostredia rovnako bezodplatne poskytuje údaje o vzniku a nakladaní s odpadmi inými ako komunálnymi, tzv. „priemyselnými odpadmi“ (odpady skupiny 01 až 19 podľa Katalógu odpadov) (<https://www.enviroportal.sk>).

6.2.2 Informačný systém OBALY

Informačný systém OBALY je zameraný na zber a spracovanie údajov o množstvách obalov ročne uvádzaných na trh v Slovenskej republike a tiež o množstvách odpadov z obalov a miere ich zhodnocovania. Na základe týchto údajov sa hodnotí plnenie legislatívne

stanovených limitov miery zhodnocovania odpadov z obalov jednotlivými výrobcami a organizáciami zodpovednosti výrobcov.

Informačný systém zároveň obsahuje verejne prístupný register povinných osôb. Na základe žiadosti výrobcu vykoná MŽP SR jeho zápis do registra. Register sa vedie priebežne v rozsahu údajov obsiahnutých v žiadosti o zápis do registra. Povinná osoba každú zmenu údajov dotýkajúcich sa registra oznamuje MŽP SR v stanovenej lehote podľa zákona o obaloch. Register je vedený priebežne.

Systémom sa tiež vedie evidencia údajov z ročných ohlásení o obaloch uvedených na trh a plnení záväzných limitov zhodnocovania a recyklácie odpadov z obalov podávaných výrobcami a organizáciami zodpovednosti výrobcov podľa zákona o odpadoch raz ročne MŽP SR.

Systém je rozdelený na:

- časť verejnú – register povinných osôb a oprávnených organizácií,
- časť neverejnú – evidencia ohlásení výrobcov, ktorí majú udelenú individuálnu autorizáciu a organizácii zodpovednosti výrobcov, do ktorej má autorizovaný prístup MŽP SR a SIŽP (<https://www.enviroportal.sk>).

6.2.3 Informačný systém ELEKTRO

Informačný systém ELEKTRO je určený na zber a spracovanie údajov o množstvách elektrických a elektronických zariadení ročne uvádzaných na trh v Slovenskej republike a tiež o množstvách odpadov z elektrických a elektronických zariadení a miere ich zhodnocovania. Na základe údajov v tomto systéme sa hodnotí plnenie legislatívne stanovených limitov miery zhodnocovania odpadov z elektrických a elektronických zariadení jednotlivými povinnými osobami, ktorými sú výrobcovia elektrozariadení.

Informačný systém zároveň obsahuje tiež register výrobcov elektrozariadení, ktorý je verejne prístupný. Výrobca elektrozariadenia je povinný požiadať o zápis do registra výrobcov elektrozariadení, ktorý po splnení požadovaných náležitostí vykoná MŽP SR.

V informačnom systéme ELEKTRO sa vedie aj evidencia údajov z ročných ohlásení výrobcu elektrozariadení podávaných výrobcami elektrozariadení MŽP SR pre jednotlivé kategórie elektrozariadení.

Systém je rozdelený na:

- časť verejnú – register výrobcov elektrozariadení a organizácii zodpovednosti výrobcov,
- časť neverejnú – evidencia ohlásení organizácií zodpovednosti výrobcov, do ktorej má autorizovaný prístup MŽP SR a SIŽP (<https://www.enviroportal.sk>).

6.2.4 Informačný systém NEOBALY

Informačný systém NEOBALY slúži zatiaľ výlučne na registráciu výrobcov neobalových výrobkov, ktorý je verejne prístupný. Výrobca neobalového výrobku je povinný

požiadať o zápis do registra výrobcov neobalových výrobkov, ktorý po splnení požadovaných náležitostí vykoná MŽP SR.

Systém je rozdelený na:

- časť verejnú – register výrobcov,
- časť neverejnú – register výrobcov, do ktorej má autorizovaný prístup MŽP SR (<https://www.enviroportal.sk>).

6.2.5 Metódy analytickej kontroly odpadov

Pri cezhraničnej preprave nebezpečných odpadov (NO) sú členské štáty povinné dodržiavať Bazilejský dohovor o riadení pohybov nebezpečných odpadov cez hranice štátov a ich zneškodňovaní, ktorý upravuje pravidlá prepravy nebezpečných odpadov s prihliadnutím na dosiahnutie minimalizácie pohybu odpadov v súlade so zásadou, že každý štát má na svojom území zabezpečiť zneškodňovanie v ňom produkovaných nebezpečných odpadov. Dovoz, vývoz a tranzit nebezpečných odpadov je možný len so súhlasom všetkých dotknutých krajín, pričom každý členský štát má právo úplne zakázať dovoz nebezpečných odpadov na svoje územie. Bazilejský dohovor bol podpísaný 22. marca 1989 v Bazileji a má tri hlavné ciele:

- minimalizovať tvorbu nebezpečného odpadu,
- zneškodňovať odpad čo najbližšie k miestu kde vznikol,
- minimalizovať cezhraničnú prepravu nebezpečného odpadu.

Dôležitou súčasťou logistiky nakladania s nebezpečnými odpadmi na území nášho štátu je analytická kontrola (hodnotenie) odpadov, ktorej cieľom je získať spoľahlivé informácie o ich látkovom zložení. Od nej závisia fyzikálne, chemické, fyzikálnochemické, toxické a ekotoxikologické vlastnosti odpadov. Odpady, ktoré majú byť uložené na skládkach, podliehajú aj skúške vylúhovateľnosti, pri ktorej sa zisťuje zloženie vodného výluhu odpadu v laboratóriu. Ak sa nedá získať dostatok informácií o vlastnostiach NO z ich chemického zloženia, pristúpi sa ku skúšaniam nebezpečných vlastností odpadov. Chemická analýza odpadov a skúšanie ich nebezpečných vlastností sa často vzájomne dopĺňajú, čo poskytuje dostatok informácií na prijatie účinných opatrení na ochranu zdravia človeka prichádzajúceho do styku s NO i na ochranu životného prostredia (*Lacuška 2003*).

Pôvodca nebezpečného odpadu je povinný pri vzniku každého nového druhu nebezpečného odpadu alebo odpadu, ktorý vznikol pri úprave nebezpečného odpadu, ako aj pred zhodnotením alebo zneškodnením ním vyprodukovaného nebezpečného odpadu, zabezpečiť (na účely určenia jeho nebezpečných vlastností a bližších podmienok nakladania s ním) odber vzoriek a analýzu jeho vlastností a zloženia kvalifikovanou osobou.

Držiteľ nebezpečného odpadu, ktorý dodáva odpad do zariadenia na nakladanie s nebezpečnými odpadmi, zabezpečí vykonanie analytickej kontroly odpadu v rozsahu určenom v prevádzkovom poriadku tohto zariadenia. O vykonaní analýzy odpadu držiteľ odpadu predloží prevádzkovateľovi zariadenia protokol z analytickej kontroly odpadov vypracovaný podľa vzoru ustanoveného v prílohe č. 6 k vyhláske č. 371/2015 Z. z.

Prevádzkový poriadok zariadenia na nakladanie s nebezpečnými odpadmi obsahuje určenie rozsahu analýzy jednotlivých druhov odpadov, s ktorými sa v zariadení nakladá.

Ak ide o nebezpečné odpady tvorené kompaktnými celkami zhodnými s pôvodným výrobkom, napríklad svetelné zdroje alebo akumulátory, považujú sa za analytickú kontrolu odpadu údaje z karty bezpečnostných údajov výrobku alebo zo sprievodnej dokumentácie výrobku o jeho zložení (ak výrobok kartu bezpečnostných údajov nemá). Ak ide o nebezpečné odpady s nebezpečnými vlastnosťami, ktoré vyplývajú z celkového zloženia odpadov, za analytickú kontrolu odpadov sa považujú údaje o relevantných nebezpečných vlastnostiach z dostupnej odbornej literatúry.

Z uvedeného vyplýva, že v súvislosti s nakladaním s odpadmi sa vyžadujú analýzy pre nasledujúce prípady:

- analýzy upravovaných odpadov,
- analýzy odpadov určených na zneškodnenie spaľovaním,
- analýzy odpadov pre prijímanie odpadov na skládky odpadov.

Analyzujú sa nasledujúce vzorky odpadov:

- odpady v natívnom stave,
- vodné výluhy z odpadov,
- odpady po chemickej alebo fyzikálno-chemickej úprave,
- vzorky odpadov odobraté v priebehu procesu úpravy.

Držiteľ odpadu môže do zariadenia na nakladanie s odpadmi dodať len odpad, ktorý zodpovedá ním predloženému protokolu z analytickej kontroly odpadov (Vyhláška č. 371/2015 §5). Analytická kontrola odpadov sa vykoná podľa v súčasnosti platného výnosu z 9. septembra 2015 č. 1/2015 o jednotných metódach analytickej kontroly odpadov. Vo výnose sa upravujú postupy:

- odberu vzoriek odpadov na analýzu nebezpečných vlastností a zloženia odpadov,
- prípravy vodného výluhu z odpadov,
- stanovenia sledovaných ukazovateľov odpadov a vodných výluhov z odpadov,
- spracovania výsledkov analýz odpadov a výluhov z odpadov a vyjadrovania výsledkov analýz odpadov.

6.2.6 Odber vzoriek tuhého odpadu

Odber prebieha podľa vopred vypracovaného plánu, ktorého obsah je daný technickými normami (*STN 01 5110 Vzorkovanie materiálov. Základné ustanovenia (01 5110)*, *STN EN 14899 Charakterizácia odpadov. Odber vzoriek odpadových materiálov. Rámec prípravy a použitia plánu odberu vzorky (83 8202)*). Celkové množstvo odobratej vzorky má byť dostatočne veľké na to, aby bolo možné vykonať všetky potrebné skúšky a analýzy, a aby bolo možné pripraviť tiež rezervné a rozhodujúce vzorky. Plán odberu vzoriek obsahuje určené rozdelenie jednotlivých vzoriek v rámci celého posudzovaného množstva odpadu. Takisto je potrebné brať do úvahy skutočnosť, či ide o pohyblivý prúd odpadu (dopravné cesty - potrubia, dopravníky) alebo o statický odpad (haldy, odkaliská).

V zásade je možné rozlíšiť pri odbere tri typy vzoriek:

- jednoduchá (čiastková) vzorka sa získa odobratím potrebného množstva vzorky vo zvolenom bode odberu,
- priemerná zmesová vzorka sa získa zmiešaním jednoduchých (čiastkových) vzoriek rovnakej hmotnosti alebo objemu,
- proporcionálna zmesová vzorka sa získa zmiešaním jednoduchých (čiastkových) vzoriek rôznej hmotnosti alebo objemu.

Zmiešavací pomer hmotnosti alebo objemov jednotlivých častí proporcionálnej zmesovej vzorky vopred stanoví odborník.

Je nutné stanoviť hmotnosť alebo objem čiastkovej vzorky a tiež hmotnosť alebo objem hrubej (základnej) vzorky, z ktorej sa následne pripraví skúšobná vzorka.

Minimálny počet potrebných vzoriek závisí od strednej veľkosti zrna odpadu a od celkového posudzovaného množstva. Minimálny počet jednotlivých odobratých vzoriek sa určí na základe tab. 6.1.

Tab. 6.1 Minimálny počet odobratých vzoriek v závislosti od zrnitosti a množstva odpadu.

Veľkosť zrna	Minimálny počet jednotlivých vzoriek					
	z pohyblivého odpadu		zo stojaceho odpadu			
			z dopr. prostriedku	na skládkach		
	< 50 t	> 50 t		<50 t	50-150 t	>150 t
> 20 mm	5 ks	1 ks /10 t	3 ks na vozidlo	5 ks	1 ks /10 t	15 ks
< 20 mm	3 ks	3 ks /50 t		3 ks	3 ks /50 t	8 ks

Minimálna hmotnosť jednotlivej vzorky je závislá od objemu, prípadne hmotnosti najväčšieho zrna odpadu, z ktorého sú vzorky odoberané a približne sa dá vypočítať podľa nasledujúceho vzorca:

$$G = 0,06 \cdot d$$

kde, G je minimálna hmotnosť jednotlivej vzorky [kg]; d je maximálny priemer jednotlivého zrna odpadu [mm].

Ak sa z dôvodu zníženia počtu vzoriek už na mieste odberu pripraví z jednotlivých čiastkových vzoriek priemerná zmesová vzorka alebo proporcionálna zmesová vzorka pri zachovaní veľkosti zrna a vlastností, potom minimálna hmotnosť jednotlivej čiastkovej vzorky zodpovedá požiadavkám tab. 6.2.

Rozdelenie laboratórnej vzorky na vzorku skúšobnú (analytickú), rezervnú a prípadne rozhodujúcu je mimoriadne dôležité a má byť vykonané tak, aby počas procesu rozdeľovania laboratórnej vzorky nevznikla možnosť rozdielov sledovaných vlastností medzi jednotlivými vzorkami.

Veľkosť jednotlivých vzoriek (skúšobnej, rezervnej a rozhodujúcej) je jednoznačne daná množstvom vzorky odpadu potrebným pre vykonanie všetkých potrebných skúšok a

stanovení. Každá z týchto vzoriek má obsahovať štvornásobné množstvo materiálu, ktoré je potrebné pre vykonanie všetkých požadovaných skúšok a stanovení.

Odobraté množstvo vzorky (hrubá vzorka) je zvyčajne niekoľkonásobne väčšie, ako množstvo potrebné na vykonanie požadovaných skúšok a analýz, preto pri príprave laboratórnej vzorky sa hmotnosť vzorky zmenší bez toho, aby sa zväčšila chyba odberu a zároveň, aby hmotnosť vzorky bola postačujúca na prípravu aj vzoriek rezervných a rozhodujúcich.

Tab. 6.2 Minimálna hmotnosť čiastkovej vzorky v závislosti od maximálnej veľkosti zrna*

Max. veľkosť zrna vzorky [mm]	Min. hmotnosť čiastkovej vzorky v závislosti od heterogenity odpadu	
	Prevažne homogénny materiál [kg]	Veľmi heterogénny materiál [kg]
120	50	200
30	10	30
10	1	1,5
3	0,15	0,15

*Pri veľkostiach zrn nad 120 mm je možné veľkosť zrn zmenšiť

6.2.7 Príprava vodného výluhu z odpadu

Pri príprave vodného výluhu zo zrnitých druhov odpadov a kalov sa postupuje podľa štandardizovaného postupu medzinárodnej normy: *STN EN 12457-4 Charakterizácia odpadov. Vylúhovanie. Overovacia skúška na vylúhovanie zrnitých odpadových materiálov a kalov. Časť 4: Jednostupňová dávková skúška pri pomere kvapaliny a tuhej látky 10 l/kg materiálov s veľkosťou častíc menšou ako 10 mm (bez zmenšovania veľkosti alebo so zmenšovaním veľkosti) (83 8231).*

Príprava vodného výluhu z monolitického odpadu a odpadu po úprave

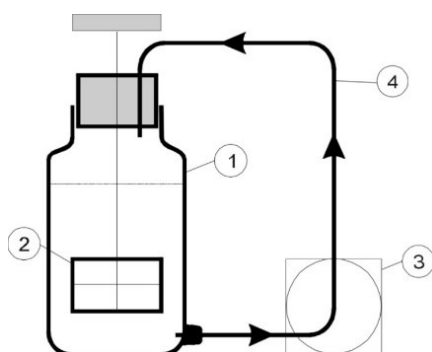
V prílohe č. 3 k vyhláške MŽP SR č. 382/2018 Z. z. o skládkovaní odpadov a uskladnení odpadovej ortuti sú uvedené odpady, ktoré sa pred uložením na skládku odpadov musia upraviť stabilizáciou. Sú to hlavne odpady obsahujúce nebezpečné látky ako azbest, ortuť, arzén a pod. Ich stabilizácia má zabezpečiť minimalizáciu rizika kontaminácie životného prostredia a ohrozenia zdravia ľudí v prípade úniku priesakových kvapalín do okolia skládky.

Z monolitických alebo stabilizovaných odpadov kusového charakteru (napr. vo forme pevných transportovateľných kvádrov vytvorených liatím do foriem) sa odoberie skúšobná vzorka stabilizátu. Vzorka odpadu sa za definovaných podmienok vylúhuje vylúhovadlom a nerozpustené podiely sa oddelia filtráciou alebo odstredením. Za výluh sa považuje kvapalná fáza získaná filtráciou.

Na prípravu vodného výluhu odpadu sa použije uzavretý cirkulačný systém zostavený z fľaše so širokým hrdlom (s výpustom tesne nad dnom fľaše) a peristaltického rotačného čerpadla na kontinuálne prečerpávanie vylúhovadla (pozri obr. 6.1).

Skúšobná vzorka s predpísanými rozmermi sa zavesí pomocou dostatočne pevného polymérového vlákna do fľaše naplnenej vodou tak, aby bola približne 10 cm odo dna fľaše

(napr. pri skúšobnej vzorke v tvare kocky s hranou 10 cm a s hustotou stabilizátu 3 kg/dm bude hmotnosť skúšobnej vzorky 3 kg a na vylúhovanie sa použije 30 l vody). Docieli sa tak, že celý povrch vzorky bude počas vylúhovania obmývať vylúhovadlo. Vzorka sa nechá najskôr v pokoji namáčať pri laboratórnej teplote cca 20 °C tri hodiny. Po troch hodinách sa zapne čerpadlo. Výkon čerpadla sa nastaví tak, aby umožnil počas 24 hodín 6 až 8-krát prečerpať objem vody použitej na vylúhovanie odpadu. Vzorka sa po namáčaní lúhuje za stálej cirkulácie vody 24 hodín. Po 24 hodinách sa výluh získaný z upraveného odpadu alebo monolitického odpadu filtruje za rovnakých podmienok ako v prípade zrnitých druhov odpadov. V získanom výluhu sa stanovujú koncentrácie sledovaných škodlivín a ďalšie určené ukazovatele prijaté pre jednotlivé triedy skládok odpadov.



Obr. 6.1 Schéma zariadenia na vylúhovanie odpadu; 1 - fľaša na vylúhovanie, 2 - skúšaná vzorka odpadu, 3 - peristaltické čerpadlo, 4 - rúrka zo silikónového kaučuku

6.2.8 Stanovenie sledovaných chemických a ostatných ukazovateľov

Stanovenie sledovaných ukazovateľov prijatých na hodnotenie vylúhovateľnosti odpadov sa uskutoční podľa príslušných technických noriem uvedených v prílohe č. 2 k vyhláske MŽP SR č. 382/2018 Z. z. Porovnaním výsledkov analýzy vodného výluhu odpadu s hodnotami ukazovateľov prijatými pre triedy skládok odpadov sa určí trieda skládky odpadov vhodná na jeho uloženie. Limitné hodnoty ukazovateľov pre jednotlivé triedy skládok a triedy vylúhovateľnosti sú uvedené v prílohe č. 1 k vyhláske č. 382/2018 Z. z. - Kritériá na prijímanie odpadov na skládky odpadov. Sledovanými ukazovateľmi sú prevažne hodnoty koncentrácie vylúhovateľných škodlivín vyjadrené v mg.l⁻¹ výluhu z odpadu.

6.2.9 Kvantitatívne analýzy zloženia komunálnych odpadov

Slovensko ako členská krajina EÚ sa v oblasti odpadového hospodárstva zaviazalo plniť nasledovné ciele:

- rozšíriť opätovné využívanie a recykláciu KO na minimálne 60 % do roku 2030 (a 65 % do roku 2035),
- minimalizovať skládkovanie recyklovateľných plastov, kovov, skla, papiera a kartónu, ako aj biologicky rozložiteľných odpadov (BRO) do roku 2025,
- do roku 2035 prakticky odstrániť skládkovanie (znížiť ho na 10 % KO).

V tejto súvislosti Európska komisia (2018) vydala správu, v ktorej vystríha Slovensko, že mu hrozí nedodržanie týchto cieľov a navrhuje v SR podporiť zavádzanie domáceho

kompostovania zavedením ekonomických podporných opatrení pre domácnosti s kompostérmi (napr. umožniť im menej časté a lacnejšie zbery odpadu alebo znížiť poplatky za odpad).

Program predchádzania vzniku odpadov (PPVO) SR na roky 2019 – 2025 konštatuje, že „*nevyhnutnou podmienkou zodpovedného návrhu opatrení na zníženie množstva a škodlivosti zmesového KO je znalosť jeho zloženia. V SR neexistuje jednotná metodika analyzovania zloženia zmesových KO a ani povinnosť vykonávať tieto analýzy. Analýzy sú vykonávané iba na dobrovoľnej báze.*“ Priemerné výsledky kvantitatívnych analýz zloženia zmesového KO z rôznych obcí SR realizovaných v rokoch 2013 – 2017 občianskym združením Priatelia Zeme a Inštitútom cirkulárnej ekonomiky, uvedené v tab. 1, dokazujú, že približne polovicu skládkovaných KO tvorili v tom čase biologicky rozložiteľné odpady (= BRKO + odpad z potravín).

Tab. 6.3 Priemerné zloženie zmesového KO v obciach SR v % (PPVO SR na roky 2019 - 2025)

Sledovaná zložka zmesového KO	Priemerný hmotnostný podiel v KBV (zo 16 obcí)	Priemerný hmotnostný podiel v IBV (z 34 obcí)
Papier	10,47	7,55
Viacvrstvé kombinované obaly	1,33	1,43
Plasty	11,09	10,89
Sklo	7,28	5,40
Kovy a kovové obaly	2,33	2,66
BRKO - celkom	42,46	46,29
Odpad z potravín (nepoužitú potraviny)	6,64	4,33
Textil	3,06	4,36
Drobný stavebný odpad	3,16	3,52
Hygienické potreby (plienky a vložky)	7,28	4,52
Nebezpečný odpad	0,88	0,94
Nevytriediteľný odpad – zmes	13,20	11,75

Aby bolo možné vyhodnotiť, či navrhované (resp. zrealizované) opatrenia, ako napr. zavádzanie domáceho kompostovania, mali žiadaný efekt, je nevyhnutné vykonávať v budúcnosti pravidelné kontroly zloženia skládkovaného KO a ich výsledky navzájom porovnávať. Preto MŽP SR vytvorilo jednotnú metodiku analýzy zmesového KO a plánuje zaviesť od 1. júla 2020 povinnosť vykonávania priebežných analýz.

Analýza zmesového komunálneho odpadu je jeho podrobné preskúmanie z hľadiska jeho surovinového zloženia. Cieľom analýzy je zistiť zastúpenie jednotlivých zložiek komunálneho odpadu, ktoré sa ešte nachádzajú v zmesovom komunálnom odpade a posúdenia ich možnej využiteľnosti.

Analýza sa realizuje v deň zvozu zmesového komunálneho odpadu v sledovanej lokalite. Obyvatelia tejto lokality nie sú vopred informovaní o realizácii analýzy, aby nedošlo k zmene ich správania a snahe o vylepšenie výsledkov.

Veľkosť vzorky sa stanoví na 5 - 10 % z celkového počtu nádob určených na zvoz zmesových komunálnych odpadov, ktoré sa používajú v záujmovom území.

Analýzu realizuje dostatočný počet osôb, ktoré zabezpečia, aby analýza prebiehala ručne a v súlade s metodikou analýzy. Jeden človek roztriedi cca 21 až 23 kg zmesového komunálneho odpadu za 1 hodinu. Všetkých pracovníkov treba dôkladne vyškoliť o rozsahu a spôsobe dotried'ovania a zabezpečiť im ochranné pomôcky: rukavice, rúška, ochranné odevy a pevnú obuv.

Samotné dotried'ovanie vzorky prebieha ručne tak, že sa vyčlenia vrecia na samostatný zber vybraných zložiek odpadu. Zo vzorky sa postupne vyberajú jednotlivé zložky a vkladajú sa do vriec. Triedenie môžeme rozdeliť na rôzne úrovne podľa cieľa analýzy:

- **Úroveň dotried'ovania I.:** 12 komodít: papier, plasty, sklo, kovy, viacvrstvé kombinované materiály, biologicky rozložiteľný komunálny odpad, potravinový odpad, textil, nebezpečné odpady, inertný odpad (drobný stavebný odpad, keramika), elektroodpad zmesový komunálny odpad (môžu sa vyskytovať aj napr. pneumatiky, stavebný odpad, drevo a iné komodity).
- **Úroveň dotried'ovania II.:** rozdelenie materiálov na odpady z obalov a odpady z neobalov.
- **Úroveň dotried'ovania III.:** triedenie jednotlivých zložiek na podfrakcie (odpady z plastov na jednotlivé typy plastov, recyklovateľné/nerecyklovateľné, kovy na magnetické a nemagnetické, papier na kartón, tlačoviny, viacvrstvé kombinované materiály podľa prevažujúceho materiálu, biologicky rozložiteľné komunálne odpady na kuchynské a záhradné a pod...).

Údaje o hmotnosti vytriedených zložiek sa zapisujú do tabuľky podľa jednotlivých sledovaných zložiek. Na začiatku je uvedený dátum, miesto, typ zástavby (individuálna bytová výstavba, komplexná bytová výstavba), počet nádob, prepočíta sa ich priemerná hmotnosť, a tiež sa uvedie počet osôb, ktoré sa analýzy zúčastnili a trvanie rozboru v hodinách.

Výsledky analýzy môžu byť použité na účely stanovenia cieľov v oblasti odpadového hospodárstva v samosprávach a na úrovni štátu, na optimalizáciu odpadového hospodárstva, na osvetové a vzdelávacie aktivity a motiváciu obyvateľov k predchádzaniu vzniku odpadov, triedeniu a celkovému znižovaniu množstva zmesového komunálneho odpadu.

6.3 Monitorovanie skládok

Vyhláška MŽP SR č. 382/2018 Z. z. o skládkovaní odpadov a uskladnení odpadovej ortuti upravuje okrem iného aj postupy kontroly a monitorovania skládky odpadov počas jej prevádzky a počas následnej starostlivosti o skládku odpadov po jej uzatvorení. Prevádzkovateľ skládky odpadov je povinný zabezpečiť monitorovanie skládky na obdobie najmenej 30 rokov od vydania potvrdenia o jej uzatvorení.

Pred začiatkom prevádzkovania skládky odpadov je potrebné zistiť vstupné hodnoty kvality podzemných vôd. Ak je skládka odpadov situovaná v takom vhodnom geologickom prostredí, že v mieste lokalizácie skládky odpadov a v jej okolí sú horniny, ktoré spĺňajú požiadavky na tesnenie skládky odpadov, a ani do 30 m pod základovou škárou skládky

odpadov nebola zistená hladina podzemnej vody a nie je ani predpoklad jej výskytu v budúcnosti, možno od vybudovania monitorovacích sond podzemných vôd upustiť. Takéto skládky odpadov musia byť jedenkrát ročne monitorované geofyzikálnymi metódami.

Požiadavky na monitorovací systém skládky odpadov (uvedené v prílohe č. 4 k vyhláške č. 382/2018 Z. z. účinné od 1.1.2019) môžeme rozdeliť do štyroch oblastí:

- meteorologické údaje,
- emisné údaje,
- ochrana podzemných vôd,
- topografia skládky odpadov.

6.3.1 Meteorologické údaje

Údaje z monitorovania skládky odpadov alebo z najbližšej meteorologickej stanice, ktorej údaje možno aplikovať na príslušnú skládku odpadov je potrebné zbierať a vyhodnocovať v intervaloch podľa tabuľky č. 6.4. Uvedené údaje sa zbierajú a vyhodnocujú iba vtedy, ak ich požaduje príslušný orgán štátnej správy vo svojom rozhodnutí alebo ak sú potrebné na hodnotenie vodnej bilancie na skládke odpadov.

Tab. 6.4. Sledovanie meteorologických údajov na skládke odpadov

Údaj	Frekvencia	
	Počas prevádzky	Po uzatvorení skládky odpadov
Množstvo zrážok (o 7.00 h SEČ priradené k predchádzajúcemu dňu)	denne	denne, mesačné súčty
Teplota (min., max., o 14.00 h MSSC - miestny stredný slnečný čas)	denne	mesačný priemer
Smer a sila prevládajúceho vetra	denne	nevyžaduje sa
Vyparovanie (napr. lyzimeter/priesakomer)	denne	denne, mesačné súčty
Vlhkosť vzduchu (14.00 h MSSC - miestny stredný slnečný čas)	denne	mesačný priemer

6.3.2 Emisné údaje

Odber vzoriek a meranie množstva a zloženia priesakových kvapalín a povrchových vôd sa musí vykonávať na reprezentatívnych miestach. Monitorovanie skládkového plynu musí byť reprezentatívne pre každú časť skládky odpadov. Frekvencia odberu vzoriek a analýz je uvedená v tab. 6.5 a je špecifikovaná aj v súhlase na prevádzkovanie skládky odpadov.

Parametre a látky, ktoré sa analyzujú v priesakových kvapalinách, sa líšia podľa zloženia a vlastností uloženého odpadu, preto je potrebné ich stanoviť v súhlase na prevádzkovanie skládky odpadov. Ak z vyhodnocovania údajov vyplynie, že dlhšie intervaly sú počas prevádzky skládky tiež efektívne, možno ich prijať. Pri priesakových kvapalinách sa počas prevádzky musí vždy merať elektrolytická vodivosť. Počas prevádzky sa sledujú emisie CH₄, CO₂ a O₂ pravidelne; H₂S, H₂ a ďalšie podľa potreby, vzhľadom na zloženie a vlastnosti ukladaného odpadu. Tieto merania sa vzťahujú hlavne na obsah organických látok v odpade.

Po uzavretí skládky sa musí pravidelne kontrolovať aj účinnosť systému na odvádzanie plynov. Po piatich rokoch po uzavretí, rekultivácii a monitorovaní skládky odpadov môže príslušný orgán štátnej správy prehodnotiť frekvenciu a upraviť sledovanie parametrov, najmä ak je preukázané, že skládka odpadov neovplyvňuje alebo minimálne ovplyvňuje povrchové alebo podzemné vody.

Tab. 6.5 Frekvencie vyhodnocovania emisných údajov na skládke odpadov

Údaj	Frekvencia	
	Počas prevádzky	Po uzatvorení skládky odpadov
Množstvo priesakových kvapalín	mesačne	každých 6 mesiacov
Zloženie priesakových kvapalín	štvrt'ročne	každých 6 mesiacov
Množstvo a zloženie povrchovej vody	štvrt'ročne	každých 6 mesiacov
Potenciálne emisie plynov a atm. tlak	mesačne	každých 6 mesiacov

6.3.3 Ochrana podzemných a povrchových vôd

Monitorovací systém sleduje vplyv skládky na kvalitu podzemných a povrchových vôd, je povinne vybudovaný na každej skládke pre bezpečný a nebezpečný odpad. Podľa § 7 Vyhlášky MŽP SR 382/2018 Z.z. systém pozostáva najmenej z troch monitorovacích objektov. Z nich jeden – *referenčný*, je situovaný nad skládkou v zmysle prúdenia podzemných vôd a signalizuje kvalitu vôd, vstupujúcich do priestorov skládky. Ďalšie dva – *indikačné*, sú pod skládkou v predpokladanom smere prúdenia vôd. Systém monitoringu zahŕňa tiež kontrolu kvality priesakovej kvapaliny, ktorá sa zhromažďuje v drenážnych nádržiach. Skutočný počet monitorovaných miest býva spresnený na základe hydrogeologického prieskumu, s ohľadom na potrebu včasnej identifikácie havarijných priesakov. Ak sú monitorovacie vrty situované nevhodne, výsledky neumožňujú posúdiť skutočný stav znečistenia podzemných vôd.

Výber sledovaných parametrov

Princípy monitoringu skládky sú stanovené v „Súhlase na prevádzkovanie“, ktoré vydáva orgán štátnej správy pred zahájením skládkovania. Ide o záväzný dokument, teoreticky zohľadňujúci požiadavky príslušného zákona, operatívne aplikovaného na podmienky uvažovanej skládky. Rozsah stanovených parametrov musí byť podľa Prílohy č.4 k vyhláške 382/2018 Z.z., odvodený od očakávaného zloženia priesakových kvapalín a kvality podzemnej vody v tejto oblasti. Môže tiež zahŕňať indikačné parametre, ktoré zabezpečujú včasné zistenie zmien kvality podzemnej vody – pH, celkový obsah organického uhlíka, fenoly, ťažké kovy fluoridy, ropné látky a pod..

Monitoring skládky nie je možné robiť mechanicky, jednoduchým aplikovaním prílohy 4 k Vyhláške 382/2018 Z.z.. V prvom rade je pre sledovanie kontaminácie podzemných a povrchových vôd v okolí záťaží vhodné spracovať program monitorovania, zahŕňajúci program odberu vzoriek (pôsob šírenia kontaminácie) a tiež program analýz.

Žiadny, hoci aj veľmi podrobný rozbor vôd, nemôže byť rozborom úplným, preto analýzy vôd treba robiť cielene a sledovať vopred stanovené ukazovatele. Výber analytických rozsahov na tých lokalitách, kde je nedostatok informácií o chemickom zložení vôd vychádza

zo zoznamu ukazovateľov kvality vody uvedených v príslušných normách a zákonoch. Tam, kde je dostatok predchádzajúcich informácií, sa robí úzko zameraná analýza na konkrétny kontaminant, alebo na skupinu kontaminantov. Trvalým zdrojom informácií musí byť priesaková kvapalina. Táto je v podstate reprezentuje kvapalinu unikajúcu v prípade havárií zo skládkového priestoru.

Z hľadiska vplyvu kontaminujúcich ukazovateľov na chemické a fyzikálne vlastnosti vôd sa dajú vyčleniť dve hlavné skupiny:

- makrokontaminanty, ktoré sa v podzemnej vode vyskytujú vo vyšších koncentráciách (ich obsah býva 10^2 až 10^3 mg/l). Takéto koncentrácie majú zlúčeniny síry (hlavne sírany) a chlóru (chloridy). Aj keď ide o najmenej nebezpečné kontaminanty venuje sa im zvýšená pozornosť, pretože menia hydrochemické a fyzikálne parametre podzemných vôd, napríklad vodivosť,
- mikrokontaminanty, ktoré sa vyskytujú v stopových množstvách a neovplyvňujú hlavné hydrogeochemické a fyzikálne vlastnosti. Sem sa radia kontaminanty na báze N, P, Fe, Mn, Zn s obsahom 1 až 10 mg/l, a stopové prvky: Hg, Pb, Cd, Se, Cu, As, V, Cr, Co, Ni. Tieto prejavujú svoju toxicitu, resp. iné nepriaznivé účinky už pri nízkych koncentráciách, ale vôbec alebo nepodstatne menia fyzikálne vlastnosti.

Uvedené členenie je dôležité z hľadiska metodiky sledovania transportu kontaminantu, najmä pri využití geofyzikálnych metód. Pri štúdiu vzájomných vzťahov a korelačných väzieb medzi komponentmi býva pozornosť orientovaná na komponenty s najvyššou koncentráciou, ktoré ako dominujúce zložky ovplyvňujú svojou prítomnosťou fyzikálne vlastnosti vôd. Z výsledkov analýz je potom možné zistiť korelačnú závislosť medzi niektorým mikrokontaminantom a fyzikálnymi vlastnosťami podzemných vôd platnými v rámci vrtu, lokality, alebo aj väčšieho regiónu. Je vhodné vybrať taký typický chemický parameter – makrokontaminant, ktorý je charakteristický pre skúmanú oblasť a ktorý budeme považovať za reprezentanta fyzikálnych vlastností pre dané prostredie.

Monitoring má na základe opakovaných odberov a analýz, realizovaných v optimálnom množstve a v dostatočne dlhej časovej rade vystihnúť dynamiku javov, ktoré v environmentálnej záťaži a v okolí prebiehajú. V programe analýz pre jednotlivé lokality je potrebné, okrem spomenutých požiadaviek, zohľadniť aj ekonomickú stránku (finančnú náročnosť) laboratórnych prác.

Odber vzoriek

Merania sa musia vykonávať akreditovaným laboratóriom tak, že poskytujú informácie o podzemných vodách, ktoré môžu byť ovplyvnené skládkovaním, pričom najmenej jedno meracie miesto musí byť v oblasti prítoku do skládky odpadov a najmenej dve v oblasti výtoku zo skládky odpadov. Počet meracích miest môže byť väčší na základe hydrogeologického prieskumu a s ohľadom na potrebu včasnej identifikácie havarijných priesakov do podzemných vôd. Odber vzoriek podzemných vôd na analýzy sa musí vykonať akreditovaným laboratóriom najmenej na troch miestach aj pred začiatkom skládkovania na zabezpečenie referenčných hodnôt budúcich odberov.

Analýza vzoriek

Parametre, ktoré sa analyzujú v odobratých vzorkách, musia byť odvodené od očakávaného zloženia priesakových kvapalín a kvality podzemnej vody v tejto oblasti. Pri výbere parametrov na analýzu treba vziať do úvahy prúdenie podzemnej vody v danom priestore. Parametre môžu tiež zahŕňať indikačné parametre, ktoré zabezpečujú včasné zistenie zmeny kvality podzemnej vody, napríklad pH, elektrolytická vodivosť, TOC (celkový organický uhlík), ťažké kovy, niektoré prvky (B, Zn a pod.), pri niektorých priemyselných odpadoch môžu byť indikačnými parametrami fluoridy, fenoly alebo fenolový index.

Úroveň hladiny podzemnej vody sa meria každých šesť mesiacov počas prevádzky skládky odpadov aj v období po jej uzatvorení. Ak v danej oblasti výrazne kolíše hladina podzemnej vody, frekvencie merania musia byť častejšie. Frekvencia merania zloženia podzemných vôd sa určuje podľa charakteru skládky odpadov a na základe znalostí a vyhodnotení rýchlosti prúdenia podzemnej vody v danej oblasti počas prevádzky skládky odpadov a aj po jej uzatvorení.

Významné nepriaznivé vplyvy zo skládkovania na životné prostredie možno predpokladať, ak analýza vzoriek podzemných vôd ukáže výraznú zmenu v kvalite vôd. Kritická hodnota sa určí tak, že sa zohľadnia hydrogeologické špecifiká v mieste skládky odpadov a kvalita podzemnej vody. Vždy, keď je to možné, je kritická hodnota uvedená aj v súhlase na prevádzkovanie skládky odpadov. Ak je dosiahnutá kritická hodnota (kritická úroveň), treba vykonať opätovné odbery vzoriek. Ak je hodnota potvrdená, musí sa postupovať podľa havarijného plánu, ktorý tvorí súčasť prevádzkového poriadku skládky odpadov.

Pozorovania sa musia vyhodnotiť prostredníctvom grafického zobrazenia a zaužívaných kontrolných pravidiel a úrovní pre každú monitorovaciu sondu. Kontrolné úrovne sa musia určiť podľa lokálneho kolísania kvality podzemnej vody (*Vyhláška MŽP SR 382/2018 Z.z.*).

6.3.4 Topografia skládky odpadov

Sledujú sa nasledujúce údaje o telese skládky odpadov:

- Jedenkrát ročne počas prevádzky skládky odpadov štruktúra a zloženie telesa skládky odpadov ako podklad pre situačný plán skládky odpadov, a to: plocha pokrytá odpadom, objem a zloženie odpadu, miesto uloženia nebezpečného odpadu, metódy ukladania odpadu, čas a trvanie ukladania odpadu, výpočet voľnej kapacity, ktorá je ešte na skládke odpadov k dispozícii.
- Jedenkrát ročne počas prevádzky skládky odpadov a aj po jej uzatvorení sadanie úrovne telesa skládky odpadov (*Vyhláška MŽP SR 382/2018 Z.z.*).

6.4 Uzavretie a rekultivácia skládky

Po ukončení prevádzky je prevádzkovateľ povinný skládku uzavrieť. Povrch skládky musí byť uzavretý spôsobom, ktorý zaistí rovnakú tesniacu účinnosť ako tesnenie dna skládky s výnimkou skládky, na ktorej je uložený len odpad s triedou vylúhovateľnosti I. Spôsob uzavretia skládky musí zodpovedať druhu uložených odpadov a budúcemu využitiu povrchu skládky.

Pokrývacia vrstva by mala mať hrúbku najmenej 1 m. Prevádzkovateľ skládky je povinný zabezpečiť odvádzanie plynov vznikajúcich na skládke aj po jej uzavretí. Tesnenie povrchu skládky musí:

- vylúčiť prenikanie povrchovej vody do telesa skládky,
- byť odolné proti vplyvu sadania skládky,
- umožňovať rekultiváciu.

Rekultivácia skládky je začlenenie skládky do okolitej krajiny tak, aby nepôsobila rušivo. Vylučuje sa vysádzanie drevín, ktoré by svojím koreňovým systémom mohli poškodiť funkčnosť povrchového tesnenia skládky. Cieľom rekultivácie skládky je snaha o obnovenie morfológie priľahlej krajiny, úprava povrchu skládky a obnovenie vegetácie tak, aby nepôsobila v krajine rušivo. Vysadením plytko koreniacich drevín ako napr. *Picea abies* (smrek obyčajný), *Fagus sylvatica* (buk lesný) alebo *Carpinus betulus* (hrab obyčajný), ale tiež niektorých rastlín ako napr. *Festuca rubra* subsp. *com-munata* (kostrava červená pomiešaná), *Lolium multiflorum* Lam. (mätonoh mnohokvetý), *Medicago sativa* L. (lucerna siata), *Trifolium pratense* L. (ďateľina lúčna), *Agropyrum cristatum* (pyr hrebenitý) a iných by sa malo zabrániť erózii uzavretej skládky. Takto zrekultivovanú skládku možno využiť napr. ako športovisko, miesto oddychu alebo rekreácie. Na eventuálne poľnohospodárske využitie skládky sa vyžaduje 70 cm vrstva úrodnej horniny a 30 cm vrstva úrodnej pôdy (*Vybíral 2009*).

6.5 Životný cyklus skládkovania komunálneho odpadu

Skládka je nevyhnutný prvok akéhokoľvek systému hospodárenie s odpadmi. Ide tiež o spôsob zneškodňovania odpadu, ktorý je schopný zvládnuť všetky materiály v segmente tuhého odpadu. Iné možnosti ako napr. mechanicko-biologická predúprava alebo spaľovanie, produkuje zvyškový odpad, ktorý treba umiestniť na skládku. Skládkovanie je v hierarchii odpadového hospodárstva postavené najnižšie v dôsledku najnižšieho potenciálneho zhodnotenia odpadu (iba využitie bioplynu). Hlavným cieľom modernej skládky je bezpečné, dlhodobé zneškodnenie odpadov a to z hľadiska zdravotného aj environmentálneho. Keďže sa v priebehu procesu vyskytujú emisie v podobe skládkového plynu a výluhov v priesakovej vode, treba ich tiež kontrolovať a pokiaľ možno spracovať. Umiestnenie odpadu na skládke v obmedzenej miere umožňuje zhodnotenie odpadu, pokiaľ ide o znovuzískavanie energie a bioplynu. Predpokladom je, že skládka je vybavená zberovými systémami na zachytávanie plynu a priesakových kvapalín. Pri štandardnom nastavení sa plyn zachytáva od začiatku prevádzky a to trvá ešte 10 rokov po uzavretie skládky. Zhromaždený plyn možno využiť na výrobu energie alebo alternatívne spaľovať. Zachytávanie priesakových kvapalín a ich spracovanie sa začína od začiatku prevádzky a trvá až 50 rokov po uzavretí skládky (*Vybíral 2009*).

7 Monitorovanie hluku

Problematikou hluku sa na Slovensku zaoberá Štátny zdravotný fakultný ústav Slovenskej republiky. Z pohľadu rizikovosti je najväčšmi sa vyskytujúcim faktorom pracovného a životného prostredia. Zákon NR SR č. 2/2005 Z. z. o posudzovaní a kontrole hluku vo vonkajšom prostredí a o zmene zákona NR SR č. 272/1994 Z. z. o ochrane zdravia ľudí je účelom ustanoviť jednotný postup pri posudzovaní a kontrole hluku vo vonkajšom prostredí zameraný na zábranu, prevenciu alebo znižovaniu škodlivých účinkov spôsobených vystavením hluku.

Nadmernému hluku z priemyslu a dopravy sú vystavení najmä obyvatelia väčších miest, preto je potrebné túto zložku životného prostredia monitorovať. Význam monitoringu spočíva v systematickom sledovaní meraní a prepočítavaní podmienok prostredia, rozvoj environmentálnej politiky, plánovaní opatrení ochrany životného prostredia a zároveň kontrolu ich efektivity.

Počas predvstupového obdobia bolo MZ SR určené ako zodpovedná inštitúcia pre harmonizáciu slovenských zákonov so smernicou Európskeho parlamentu a rady 2002/49/EC z 25. júna 2002, týkajúcou sa posudzovania a riadenia environmentálneho hluku. 2. decembra 2005 bol prijatý zákon č. 2/2005 o posudzovaní a kontrole hluku vo vonkajšom prostredí a o zmene zákona NR SR č. 272/1994 Z. z. o ochrane zdravia ľudí v znení neskorších predpisov. Cieľom zákona je zabezpečiť postupné znižovanie hluku vo vonkajšom prostredí, najmä v zastavaných oblastiach, vo verejných parkoch alebo iných tichých oblastiach v aglomerácii, v tichých oblastiach, v otvorenej krajine. Komplexnejšie monitorovanie hluku sa v SR začalo realizovať od roku 1995 vo všetkých okresných mestách..

Podľa poznatkov zdravotníctva hluková hladina 65 dB(A) predstavuje hranicu, od ktorej začína byť negatívne ovplyvňovaný vegetatívny nervový systém. Pri pôsobení hluku sa prejavujú poruchy sústredenosti, zníženie pracovného výkonu, poruchy spánku, zvýšená citlivosť na hluk, zhoršenie niektorých chorôb, funkčné poruchy v krvnom obeh, rast tlaku krvi, atď.

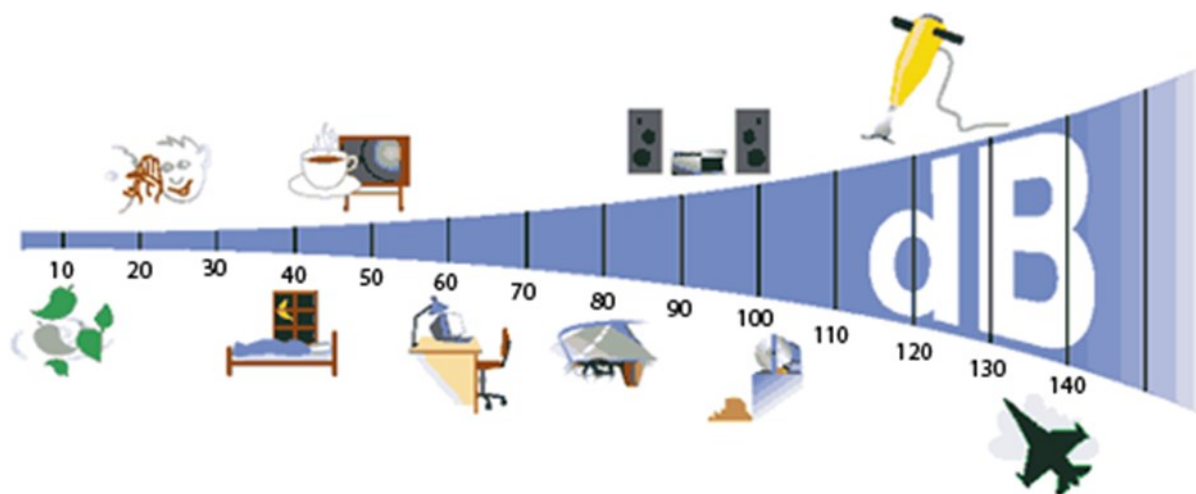
Kompetentné orgány v členských krajinách EÚ sú povinné vypracovať strategické hlukové mapy pre hlavné cesty, železnice, letiská a aglomerácie a tiež musia vypracovať akčné plány na redukciu tam, kde je to nevyhnutné a udržať environmentálnu kvalitu hluku tam, kde je dobrá.

7.1 Charakteristika zvuku a hluku

Zvuk vzniká kmitaním hmoty, ktorá toto kmitanie odovzdáva hmotným časticiam v prostredí, ktoré ho obklopuje, napr. vzduchu, vode, kovu. Vo vzduchu nastáva zhusťovanie a zried'ovanie častíc, ktoré postupujú ako zvuková vlna rýchlosťou, ktorú označujeme rýchlosťou zvuku. Počet týchto zhustení a zriedení za sekundu sa nazýva frekvencia. Zvuk sa šíri jedine v hmotnom prostredí. Z toho vyplýva, že vo vákuu nemôže nastať šírenie zvuku, pretože vákuum neobsahuje žiadne hmotné častice. Zvuk je možné charakterizovať ako pozdĺžne mechanické vlnenie v látkovom prostredí, ktoré je schopné vyvolať v ľudskom uchu sluchový vnem. Zvuk je charakterizovaný frekvenciou a intenzitou.

Frekvencia nám určuje výšku tónu a jeho kvalitu. Ľudské ucho vníma frekvencie od 15 – 22 000 Hz, sú to hranice počuteľnosti. Optimálna frekvencia predstavuje 2000 Hz, avšak horná hranica

sa vekom znižuje. Mimo týchto hraníc človek zvuk nevníma. V širšom zmysle je možné považovať za zvuk aj vlnenie mimo tohto rozsahu, teda infrazvuk a ultrazvuk. Zvuk s frekvenciou nižšou než 20 Hz nazývame infrazvuk. Zvuk s frekvenciou vyššou ako 20 kHz nazývame ultrazvuk (Tomašovič 2009).



Obr. 7.1 Škála zdrojov hluku (Zdroj: <https://www.agregaty.sk/n/ako-znizit-hlucnost-elektrocentraly>)

Intenzita je vlastne akustický tlak – hlasitosť a meriame ju v dB. Od prahu počuteľnosti až po prah bolesti 0 – 140 dB. Nárast tejto veličiny nie je lineárny, ako je to pri iných jednotkách, ale logaritmický, čo znamená, že pri náraste z 10 dB na 20 dB je hluk desaťnásobný, pri náraste o 20 dB stonásobný a pri náraste o 30 dB tisícnásobný. Preto je rozdiel medzi 40 dB a 50 dB oveľa menší, než rozdiel medzi 70 dB a 80 dB. Na obr. 7.1 je znázornená škála akustického tlaku rôznych zdrojov zvuku. V tab. 7.1 sú spôsoby dorozumievania sa v závislosti od intenzity hluku prostredia.

Tabuľka 7.1 Spôsoby dorozumievania sa v závislosti od intenzity hluku prostredia

Spôsob dorozumievania sa	Intenzita hluku (dB)
Šepot	do 35
Normálny hlas	35 až 55
Zvýšený hlas	60 až 65
Obťažné dorozumievanie sa	80
Krik	110
Dorozumievanie nie je možné	115

Zvuk môžeme špecifikovať na:

- **Vysokofrekvenčný zvuk** – je počuteľný a jeho kmitočtové spektrum sa nachádza v niektorých alebo vo všetkých tretinovo oktánových pásmach so stredným kmitočtom 8 kHz až 20 kHz.
- **Infrazvuk** – je zvuk, ktorého kmitočtové spektrum sa nachádza v tretinovo oktánových pásmach so stredným kmitočtom 1,0 až 20 Hz.

- **Ultrazvuk** – je zvuk s vyšším kmitočtom ako počuteľný zvuk. Je to zvuk v kmitočtových tretinooktávových pásmach so stredným kmitočtom 25 kHz až 40 kHz.

Zvuk možno rozdeliť na:

- **Výsledný zvuk** – je zvyčajne zložený z viacerých blízkyh a vzdialených zdrojov.
- **Špecifický zvuk** – je zvuk, ktorý možno konkrétne identifikovať a ktorý je spojený s konkrétnym zdrojom zvuku.
- **Reziduálny zvuk** – je zvuk zostávajúci v danom mieste a v danej situácii, keď špecifické zvuky, ktoré sa brali do úvahy, zanikli. Reziduálny zvuk zahŕňa aj špecifický zvuk, ktorý sa neberie do úvahy.

Okrem toho sa zvuk ďalej špecifikuje na **začiatkový zvuk**, **premenný zvuk** a **prerušovaný zvuk**, ktorý sa vyskytuje len v pravidelných alebo nepravidelných časových intervaloch, ako je napríklad: hluk motorových vozidiel pri malej hustote premávky, vlaku, lietadla a hluk kompresora. **Nepredvídaný zvuk** charakterizuje zvýšenie výsledného zvuku, ktorý je výsledkom zavedenia určitého špecifického zvuku.

Hluk môžeme charakterizovať ako nehudobnú zmes tónov, ktoré obťažujú človeka, ohrozujú jeho zdravie.

Poznáme päť typov hluku:

- **Ustálený hluk** – je súvislý zvuk, ktorého hladina akustického tlaku sa v sledovanom časovom intervale a v mieste pozorovania významne nemení (v menšom rozsahu ako 5 dB).
- **Premenný hluk** – je súvislý zvuk, ktorého hladina akustického tlaku sa v sledovanom časovom intervale a v mieste pozorovania významne mení, ale nie je to hluk impulzový.
- **Prerušovaný hluk** – je zvuk, ktorý sa v mieste pozorovania vyskytuje v pravidelných alebo nepravidelných časových intervaloch. Trvanie každého intervalu je zvyčajne viac ako 5 sekúnd.
- **Impulzný hluk** – je rušivý alebo nepríjemný zvuk, ktorý vzniká v dôsledku jedného alebo viacerých zvukových impulzov, z ktorých každý má trvanie kratšie ako 1 sekunda.
- **Zvlášť rušivý hluk** – je zvuk, ktorý individuálne silne obťažuje človeka – tónové zložky zvuku, intenzívne a opakujúce sa zvukové impulzy, prerušovaný alebo premenný hluk s veľkým rozdielom hladín.

Môžeme povedať, že vysoké frekvencie sú škodlivejšie než nízke, impulzový hluk je agresívnejší ako ustálený hluk a s dĺžkou pôsobenia stúpa aj odozva t. j. zmeny organizmu. Pôsobenie nadmerného hluku sa môže prejavovať rôznymi spôsobmi a v rôznych oblastiach. Sú nimi poškodenie sluchu alebo iné druhy poškodenia sluchu a to akustická trauma. Hluk aj pri nižších hladinách môže vyvolávať stres (Tomašovič 2009).

7.2 Hluková záťaž človeka od okolitého prostredia

Neprijemný alebo obťažujúci sluchový vnem človeka označovaný pojmom hluk, najčastejšie ruší komunikáciu, znižuje komfort ako aj kvalitu životného a obytného prostredia, a tým negatívne vplýva aj na ľudský organizmus. Hluk z priemyselných podnikov, z dopravy, je najčastejším obťažujúcim faktorom, ktorý pôsobí v čase určenom na odpočinok a relax. Obťažovanie a rušenie hlukom je každodenným problémom pre ľudí, ktorí sú tejto problematike vo väčšej miere vystavení. Mám na mysli obytné domy a bytovky, ktoré sú vystavané v blízkosti priemyselných podnikov alebo v blízkosti pozemných komunikácií, železníc a leteckej dopravy. Hluk z týchto zdrojov môžeme nazvať ako širokú multidisciplinárnu problematiku súvisiacu s hlukovou záťažou obyvateľstva.

Vo všeobecnosti rozlišujeme štyri druhy zdrojov hluku:

- **Dopravný hluk** - automobilová, koľajová a letecká doprava. V mnohých mestách trvalo presahuje normou povolenú hodnotu 50 dB. Napr. na bratislavských uliciach bola v čase dopravných špičiek nameraná hladina hluku v rozmedzí 65 až 85 dB(A), pričom špičkové hodnoty sa pohybovali v rozpätí 95 až 100 dB(A). Situácia z hľadiska hlučnosti je zlá aj v rekreačných a liečebných oblastiach. Napr. vo Vysokých Tatrách namerali v Starom Smokovci až 68 dB, pričom najvyššia dovolená hranica v rekreačných oblastiach je 45 dB. Preto sa problému znižovania hluku dopravných prostriedkov (a to ako vnútorného, tak aj vonkajšieho) venuje stále väčšia pozornosť.
- **Hluk v pracovnom prostredí** - ručné mechanizované náradie (motorové píly, pneumatikové kladivá a pod.), banské stroje, hutníctvo, strojárstvo (obrábacie stroje), textilný priemysel (tkáčske stavy), vzduchotechnické zariadenia, mobilné zariadenia, poľnohospodárstvo, lesníctvo a iné..
- **Hluk súvisiaci s bývaním** - vstavané technické vybavenie domu (výtahy, trať, kotolne), hygienicko-technické vybavenie domu (kúpeľne, WC), činnosť osôb v byte (hovor, rozhlas, TV, vysávač, kuchynské stroje, umývačky, práčky a iné.).
- **Hluk súvisiaci s trávením voľného času** - kultúrne a spoločenské zariadenia (divadlá, kiná, koncertné sály, púte a i.), športové zariadenia (napr. ihrisko, bazény, strelnice), individuálne reprodukcia a počúvanie hudby (prehrávača s reproduktormi alebo slúchadlami).

Činnosť človeka sa vykonáva buď v otvorenom, alebo uzatvorenom priestore. Hluk v uzatvorených priestoroch od vonkajších zdrojov sa do určitej miery redukuje stavebnými konštrukciami a ich polohou vzhľadom na zdroj hluku. Na druhej strane sa v uzatvorených priestoroch vykonávajú činnosti človeka, ktoré sú náročnejšie na kvalitu prostredia. Preto je dôležité osobitne kvantifikovať vonkajšie a vnútorné prostredie (Tomašovič 2009).

Pôsobenie hluku na človeka predstavuje Lehmanove rozdelenie pásiem hluku podľa rôznej intenzity:

- **0 dB** - bezzvukovosť, ktorá je pre človeka škodlivá, je to hodnota pod absolútnym prahom počuteľnosti,
- **do 30 dB** - normálne prírodné prostredie, šum dažďa, vetra, pohyby ľudí, zvierat a pod.,

- **30 - 65 dB** - hluk relatívny, ktorý sa za určitých okolností môže stať pre človeka škodlivý. Rozhodujúci je citový vzťah človeka k hluku, najmä pri dlhotrvajúcom pôsobení. Ide o normálny rozhovor, tichú až stredne hlučnú ulicu,
- **65 - 95 dB** - absolútny hluk, ktorý sa pre človeka stáva rýchlo škodlivý bez ohľadu na duševný postoj. Funkčné telesné zmeny sú závislé predovšetkým od hladiny hluku. Je to hluk na veľmi rušných križovatkách, v továrenských halách, krik,
- **95 - 130 dB** - okrem vzniku duševných a funkčných telesných reakcií skôr alebo neskôr sa poškodzuje sluch. Je to hluk vo veľmi hlučných továrenských prevádzkach, hluk štartujúceho lietadla, veľkých motorov a strojov, silné unikanie pary a pod,
- **nad 130 dB** - prah bolesti. Hluk spôsobuje bolesť a poškodzuje vnútorné ucho.

7.2.1 Hodnotenie hlukovej záťaže vo vonkajšom prostredí

Kvantitatívne a kvalitatívne ukazovatele záťaže človeka a prostredia sú predovšetkým podmienené:

- *všeobecnými a špecifickými vlastnosťami zdroja hluku* (príčiny vzniku akustickej energie – mechanická, aerodynamická, frekvenčné rozloženie hluku, šírka pásma významného hluku, stupeň obťažovania, smerovosť zdroja a pod.),
- *charakteristikou prostredia v mieste zdroja hluku* (uloženie zdroja hluku a kvalita podložky zdrojov v pokoji, kvalita a profil komunikácie, výškové umiestnenie zdroja, poveternostné podmienky – dážď, vietor, vlhkosť, inverzia a pod.),
- *charakteristikou a vplyvom okolia na hluk* (vzdialenosť stavebných konštrukcií od komunikácií, tratí a zdrojov hluku),
- *charakteristikou prenosovej cesty od zdroja k príjemcovi* (bariéry, násypy, prírodné prekážky, vzdialenosť a pod.).

Tieto charakteristiky zdrojov a prostredia vo väčšej alebo menšej miere ovplyvňujú výsledný účinok hlukovej záťaže človeka vo vonkajšom prostredí.

Najvyššie prípustné hodnoty hluku vo vonkajšom priestore sa vzťahujú na priestor mimo budov, na miesta, ktoré ľudia používajú dlhodobo alebo opakovane na liečenie, oddych, šport, rekreáciu, priestor pred fasádami obytných miestností s oknom, učebni a budov vyžadujúcich tiché prostredie, okrem priestoru komunikácií a vonkajších pracovísk. Určujúcimi veličinami hluku vo vonkajšom priestore sú ekvivalentná hladina A.

Vo vonkajšom prostredí analyzujeme a charakterizujeme najmä nasledujúce zdroje hluku:

- hluk z dopravy na pozemných komunikáciách, vrátane miestnej hromadnej dopravy, v prípade blízkych vodných plôch aj vodnú dopravu,
- hluk železničnej dopravy,
- hluk z leteckej dopravy a v urbanistických zónach v blízkosti letísk,

- hluk z iných zdrojov, ako napríklad zo stacionárnych zdrojov, hluk z priemyselnej, stavebnej a výrobnjej činnosti, ako aj hluk z mimopracovných aktivít človeka (*Vyhláška MZ SR 549/2007*).

7.2.2 Hodnotenie hlukovej záťaže vo vnútornom prostredí

Hluková záťaž človeka závisí okrem už spomenutých charakteristík aj od:

- vzdialenosti obytných domov, úradov, škôl, nemocníc a pod., od osi komunikácií, križovatiek, železnice, priemyselných objektov a zdrojov hluku z občianskej vybavenosti,
- stupeň izolácie stavebných prvkov a konštrukcií,
- vzduchotechnického a klimatizačného vybavenia budov.

Pri hodnotení hluku sa môže použiť široká škála veličín, charakterizujúcich kvantitatívnu a kvalitatívnu hlukovú záťaž človeka, ktoré možno rozdeliť do troch základných skupín:

Prvá skupina:

- hladina akustického tlaku L [dB],
- hladina impulzného hluku L_{Im} [dB],
- hladina hluku pri použití váhových filtrov L_A, L_C, L_D [dB],
- maximálna hladina hluku $L_{max}, L_{A, Cmax}$ [dB],
- hladina hlukovej expozície L_{AE} [dB],
- hustota akustickej energie w [$J \cdot m^{-3}$],
- hladina hlasitosti, hlasitosť $L_{N, N}$ [fon, son].

Hladina akustického tlaku je veličina určená vzťahom:

$$L = 10 \cdot \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 \quad (7.1)$$

kde, p je akustický tlak v Pa, p_0 je referenčný akustický tlak, $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa

Druhá skupina:

- frekvenčné hodnotenie hluku – výška tónu [Hz] – [mel],
- drsnosť hluku [asper],
- ostrosť hluku [acum],
- hladina hluku deň - noc L_{dn} [dB],
- hladina hluku deň – večer – noc L_{dvn} [dB],
- ekvivalentná hladina spoločenského hluku CNEL* [dB (A)],
- hladina znečistenia hlukom NPL [dB(NP)],

- zložená hluková zaťaženosť CNR [dB],
- hlukový a číselný index NNI,
- dopravný hlukový index TNI,
- vystavenie hlukovej záťaži NER.

Tretia skupina:

Do tretej skupiny možno zaradiť tie akustické charakteristiky, ktoré sledujú Gaussovo rozloženie hluku a komerčné ciele a to sú:

- časové rozloženie hladín [s], [dB],
- hladiny hluku L10, L50, L90 [dB],
- predpoveď hlukovej expozície NEF,
- efektívna hladina hlasitosti EPNL.

Gaussovo rozloženie umožňuje určiť nielen maximálnu, priemernú a minimálnu hladinu hluku, ale pomocou štatistických charakteristík stanoviť pravdepodobnosť pokračovania určitej hladiny. Z histogramov môžeme predpovedať vývoj hlukovej záťaže človeka, ako aj získať dôležité informácie pri hodnotení jeho hlukovej expozície.

Legislatívne zavedeným kritériom pre hodnotenie hlučnosti v životnom prostredí je ekvivalentná hladina hluku A L_{Aeq} (dB). Ekvivalentná hladina hluku A je energetický priemer okamžitých hladín akustického tlaku A. Táto štatistická hodnota predstavuje rozloženie hladín hluku cez pravdepodobnosť rozloženia kumulatívnej a relatívnej početnosti dopravného, železničného, leteckého hluku. Ekvivalentná hladina hluku je energetické posúdenie celkovej hlukovej expozície. Teda nevyjadruje len okamžitú hladinu hluku, ale aj časové pôsobenie hlukovej expozície. Vyjadruje sa v decibeloch.

Ekvivalentná hladina A zvuku je veličina definovaná vzťahom

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left[\frac{p_A(t)}{p_0} \right]^2 \cdot dt \quad (7.2)$$

kde $p_A(t)$ je časová funkcia okamžitého akustického tlaku váženého frekvenčnou váhovou funkciou A, T je integračný interval ($T = t_2 - t_1$ v s), p_0 je referenčný akustický tlak ($p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa).

Podobne je definovaná ekvivalentná hladina C zvuku L_{Ceq} (dB) a ekvivalentná hladina G infrazvuku L_{Geq} (dB).

Poznámka: Index v značke sa môže doplniť časovým údajom T, napr. $L_{Aeq,30min}$, $L_{Aeq,12h}$, $L_{Aeq,d}$

Jedinou výnimkou, kedy sa nehodnotí ekvivalentná hladina hluku L_{Aeq} , je hluk letecký, kde je požadované splnenie limitov pre maximálnu hladinu hluku L_{Amax} . Pri meraní imisii hluku sa doplnkovo sledujú i ďalšie akustické veličiny, ako sú pravdepodobné limity hluku – hladina hluku pozadia. Ďalšími sú maximálna a minimálna hladina hluku: L_{Amin} a L_{Amax} .

Pri hodnotení hlukových udalostí sa využívajú aj percentuálne hladiny $L_{1\%}$, $L_{10\%}$, $L_{50\%}$, $L_{95\%}$, $L_{99\%}$, ktoré udávajú percentuálny výskyt hladín hluku určitej hodnoty v danom časovom intervale.

Z hľadiska obťažovania je dôležitou hladinou hodnotiaca hladina L_R , v ktorej sa zohľadňujú aj neakustické a subjektívne faktory pridaním korekcií k nameranej alebo predikovanej hladine – hladinám, aby sa zohľadnila určitá vlastnosť zvuku, ako napríklad tónový alebo impulzový obsah spektra zvuku – hluku, a aby sa zohľadnili rozdiely medzi jednotlivými druhmi zdrojov.

$$L_R = L_{Aeq} + k_I + k_T + k_R + k_S \quad (7.3)$$

kde k_I je korekcia (penalizácia) na impulzovosť hluku, k_T je korekcia (penalizácia) na tónový a informatívny obsah spektra hluku, k_R je korekcia (penalizácia) na akusticky citlivú časť dňa, k_S je korekcia (pozitívna alebo negatívna) pre určité zdroje a situácie.

Termíny a definície rešpektujú doterajšiu platnú terminológiu. Objavujú sa však nové termíny, ktoré rozširujú obsah už známych termínov alebo bližšiu špecifikáciu danej situácie. Sú to predovšetkým termíny: časovo vážená a frekvenčne vážená hladina akustického tlaku, maximálna časovo vážená a frekvenčne vážená hladina akustického tlaku, percentuálna hladina zvuku prekračujúca N percent, t. j. určitý počet, vrcholová hladina akustického tlaku, hladina zvukovej expozície, ekvivalentná hladina akustického tlaku, referenčný časový interval, dlhodobý časový interval.

Akustické faktory hlukovej záťaže sú:

- intenzita, respektíve hladina akustického tlaku,
- výška frekvencie vyžarovaného hluku,
- tónové zložky frekvenčného spektra zvuku,
- frekvenčné spektrum a jeho jednotlivé zložky,
- časový interval pôsobenia,
- frekvencia prerušovania hluku a rozdielu hladín medzi hlukom zdroja a hlukom pozadia,
- kumulácia dávok hluku.

Neakustické faktory hlukovej záťaže sú:

- subjektívny vzťah k zdroju hluku,
- čas vnímania hluku subjektom (deň, noc, ročné obdobie) a okamžitá dispozícia človeka,
- nevyhnutnosť hluku spojená s aktivitami človeka,
- spoločenské postavenie,
- skúsenosti s hlukom z minulosti,
- ekonomická závislosť od zdroja hluku,

- ekonomické a technické možnosti zamestnávateľa vytvárať optimálnu akustickú klímu na pracovisku,
- disciplinovanosť pracovníkov pri aplikácii ochranných prostriedkov (*Vyhláška MZ SR 549/2007, Nariadenie vlády SR č. 115/2006 Z.z.*).

7.2.3 Prípustné hodnoty určujúcich veličín hluku vo vonkajšom prostredí

Určujúcimi veličinami hluku pri hodnotení vo vonkajšom prostredí sú ekvivalentná hladina A zvuku L_{Aeq} a pre hluk z leteckej dopravy aj maximálna hladina A zvuku L_{ASmax} . Pre hluk z vysokoenergetických impulzových zdrojov je určujúcou veličinou tiež hladina C zvukovej expozície.

Posudzovaná hodnota vo vonkajšom prostredí je ekvivalentná hladina zvuku pre deň, večer a noc. Pre hluk z leteckej dopravy je posudzovanou hodnotou aj maximálna hladina A zvuku pre deň, večer a noc. Posudzovaná hodnota pre impulzový hluk, tónový hluk, zvlášť rušivý hluk alebo vysokoimpulzový hluk sa stanovuje pripočítaním korekcie K podľa tabuľky č. 7.2 k ekvivalentnej hladine A zvuku. Korekcie sa uplatňujú pre časový interval trvania špecifického hluku. V danom časovom intervale sa uplatňuje iba korekcia s najvyššou hodnotou.

Prípustné hodnoty určujúcich veličín hluku vo vonkajšom prostredí sú uvedené v tabuľke č. 7.2 pre príslušné kategórie územia, referenčné časové intervaly a zdroje hluku.

Prípustné hodnoty uvedené v tabuľke č. 7.2 sa nevzťahujú na hluk zariadení, ktoré sú v prevádzke iba výnimočne, napr. výstražná zvuková signalizácia. Maximálna hladina A zvuku týchto zariadení nesmie prekročiť v miestach a v čase možného pobytu ľudí hodnotu 118 dB.

Ak sú pri hodnotení hluku z leteckej dopravy dostupné potrebné údaje:

- Posudzovaná hodnota $L_{R,Aeq}$ sa určuje pre kategóriu územia III ako priemerná ekvivalentná hladina A zvuku pre sedem po sebe nasledujúcich 24 hodinových dní za predpokladu, že ani v jednom takomto dni nebudú prekročené prípustné hodnoty $L_{Aeq,p}$ uvedené v tabuľke č. 7.2 o viac ako o 5 dB.
- Posudzovaná hodnota $L_{R,ASmax}$ sa určuje ako druhá najvyššia hodnota pre noc a tretia najvyššia hodnota pre deň a večer v rovnakom časovom intervale ako hodnota $L_{R,Aeq}$.

Ak je preukázané, že jestvujúci hluk z pozemnej a koľajovej dopravy, prekračujúci prípustné hodnoty podľa tabuľky č. 7.2 pre kategóriu územia II a III, zapríčinený postupným narastaním dopravy nie je možné obmedziť dostupnými technickými a organizačnými opatreniami bez podstatného narušenia dopravného výkonu, posudzovaná hodnota pre kategóriu územia II môže prekročiť prípustné hodnoty hluku z pozemnej dopravy uvedené v tabuľke č. 7.2 najviac o 5 dB a pre kategóriu územia III a IV najviac o 10 dB.

V pracovných dňoch od 7.00 do 21.00 hod. a v sobotu od 8.00 do 13.00 hod. sa pri hodnotení hluku zo stavebnej činnosti vo vonkajšom prostredí stanovuje posudzovaná hodnota pripočítaním korekcie $K = (-10)$ dB k ekvivalentnej hladine A zvuku. V uvedených časových intervaloch sa neuplatňujú korekcie podľa tabuľky č. 7.3.

Ak hladina hluku z iných zdrojov podľa tabuľky č. 7.2 prekračuje prípustnú hodnotu a vzniká spolupôsobením viacerých zdrojov hluku rôznych prevádzkovateľov, posudzovaná hodnota pre jednotlivých prevádzkovateľov sa určuje s pripočítaním korekcie $K = +3$ dB pri dvoch prevádzkovateľoch alebo $K = +5$ dB pri troch a viacerých prevádzkovateľoch.

Tabuľka 7.2 Prípustné hodnoty určujúcich veličín hluku vo vonkajšom prostredí

Kategória územia	Opis chráneného územia	Ref. čas. inter.	Prípustné hodnoty ^{a)} (dB)					Hluk z iných zdrojov $L_{Aeq,p}$
			Hluk z dopravy				Hluk z iných zdrojov $L_{Aeq,p}$	
			Pozemná a vodná doprava b)c)	Železničné dráhy c)	Letecká doprava			
			$L_{Aeq,p}$	$L_{Aeq,p}$	$L_{Aeq,p}$	$L_{ASmax,p}$		
I.	Územie s osobitnou ochranou pred hlukom (napríklad kúpeľné miesta, kúpeľné a liečebné areály).	deň	45	45	50	–	45	
		večer	45	45	50	–	45	
		noc	40	40	40	60	40	
II.	Priestor pred oknami obytných miestností bytových a rodinných domov, priestor pred oknami chránených miestností školských budov, zdravotníckych zariadení a iných chránených objektov, ^{d)} vonkajší priestor v obytnom a rekreačnom území.	deň	50	50	55	–	50	
		večer	50	50	55	–	50	
		noc	45	45	45	65	45	
III.	Územie ako v kategórii II v okolí diaľnic, ciest I. a II. triedy, miestnych komunikácií s hromadnou dopravou, železničných dráh a letísk, mestské centrá.	deň	60	60	60	–	50	
		večer	60	60	60	–	50	
		noc	50	55	50	75	45	
IV.	Územie bez obytnej funkcie a bez chránených vonkajších priestorov, výrobné zóny, priemyselné parky, areály závodov.	deň	70	70	70	–	70	
		večer	70	70	70	–	70	
		noc	70	70	70	95	70	

Poznámky k tabuľke č 7.2:

- a) Okolie je:
1. územie do vzdialenosti 100 m od osi vozovky alebo od osi príľahlého jazdného pásu pozemnej komunikácie,
 2. územie do vzdialenosti 100 m od osi príľahlej koľaje železničnej dráhy,
 3. územie do vzdialenosti 500 m od okraja pohybových plôch letísk, územie do vzdialenosti 1000 m od osi vzletových a pristávacích dráh a územie do vzdialenosti 1000 m od kolmého priemetu určených letových trajektórií s dĺžkou priemetu 6000 m od okraja vzletových a pristávacích dráh letísk.
- b) Pozemná doprava je doprava na pozemných komunikáciách električkovej dopravy.
- c) Zastávky miestnej hromadnej dopravy, autobusovej, železničnej, vodnej dopravy a stanovištia taxi služieb určené na nastupovanie a vystupovanie osôb sa hodnotia ako súčasť pozemnej a vodnej dopravy.
- d) Prípustné hodnoty pred fasádou nebytových objektov sa uplatňujú v čase ich používania, napr. školy počas vyučovania a pod..

Tabuľka 7.3 Korekcie K na stanovenie posudzovaných hodnôt hluku vo vonkajšom prostredí

Špecifický hluk	Referenčný časový interval	K ^{a)} na stanovenie LR (dB)
Zvlášť rušivý hluk, tónový hluk bežný impulzový hluk	deň, večer, noc	+5
Vysokoimpulzový hluk	deň, večer, noc	+12
Vysokoenergetický impulzový hluk	deň, večer, noc	podľa b)

Poznámky k tabuľke č. 7.3:

- a) Korekcie sa uplatňujú pre časový interval trvania špecifického hluku,
- b) Pri hodnotení vysokoenergetického impulzového hluku sa primerane postupuje podľa STN ISO 1996-1: 2006 Akustika. Opis, meranie a posudzovanie hluku vo vonkajšom prostredí. Časť 1: Základné veličiny a postupy posudzovania, vrátane prílohy B.

Na základe súhlasného stanoviska orgánu na ochranu zdravia sa môžu umiestňovať nové budovy na bývanie a budovy vyžadujúce tiché prostredie, okrem škôl, škôlok, nemocničných izieb a pod., aj v území, kde hluk z dopravy prekračuje hodnoty uvedené v tabuľke č. 7.2 pre kategóriu územia II, alebo v území, kde takéto prekročenie je možné v budúcnosti očakávať,

- ak sa vykonajú opatrenia na ochranu ich vnútorného prostredia,
- posudzovaná hodnota v primeranej časti príľahlého vonkajšieho prostredia budovy na bývanie alebo oddychovej zóny v tesnej blízkosti budovy na bývanie, neprekročí prípustné hodnoty uvedené v tabuľke č. 1 pre kategóriu územia III o viac ako 5 dB.

Ak sa umiestňujú administratívne budovy alebo iné budovy s pracoviskami vyžadujúcimi tiché prostredie v kategórii územia IV podľa tabuľky č. 7.2, prípustná hodnota pred oknami určenými na vetranie pracovísk s trvalým pobytom osôb je $L_{Aeq,p} = 65$ dB.

Hodnoty uvedené v tabuľke č. 7.2 sa vzťahujú na priestor vo výške 1.5 m alebo 4 m nad terénom pre územné plánovanie a pred fasádou budov vo výške okien chránených miestností do vzdialenosti 2 m od fasády. Ak nie je ustanovené inak, posudzujú sa hodnoty namerané s krytom proti vetru na mikrofóne, pri pôsobení vetra do 5 m/s, pri suchej vozovke a nezasneženom teréne. Hodnotiacu hladinu môžeme charakterizovať ako aj ekvivalentnú hladinu akustického tlaku, ktorá sa vypočíta z upravených hladín zvukovej expozície, alebo je to upravená ekvivalentná hladina akustického tlaku. Iná rozšírená metóda na opísanie komunálneho hluku prostredia, ktorá sa používa na posúdenie zvuku pomocou hodnotiacich hladín, je celodenná kombinovaná hodnotiacu hladina počas rôznych období jedného celého dňa (*Zákon NR SR 2/2005 Z.z.*).

7.2.4 Prípustné hodnoty určujúcich veličín hluku a infrazvuku vo vnútornom prostredí

Hluk a infrazvuk vo vnútornom prostredí sa hodnotí, najmä ak:

- a) preniká do chránenej miestnosti z vnútorných zdrojov, alebo
- b) preniká do chránenej miestnosti z vonkajšieho prostredia a pred oknami chránenej miestnosti, alebo v prípade leteckého hluku na miestach podľa vyhlášky č. 549/2007 §6 ods. 3 písm. c) sú prekračované hodnoty uvedené v tabuľke č. 7.2 pre kategóriu územia II.

Určujúcou veličinou vo vnútornom prostredí pri hodnotení hluku z vnútorných zdrojov je maximálna hladina A zvuku L_{Amax} alebo ekvivalentná hladina A zvuku L_{Aeq} . Pre hluk prenikajúci z vonkajšieho prostredia je určujúcou veličinou ekvivalentná hladina A zvuku L_{Aeq} . Pri hodnotení infrazvuku je určujúcou veličinou ekvivalentná hladina G infrazvuku L_{Geq} .

Posudzovanou hodnotou pre hluk z vnútorných zdrojov je:

- maximálna hladina A zvuku pre deň, večer a noc pre kategórie vnútorného priestoru A, B,
- ekvivalentná hladina A zvuku pre deň, večer a noc alebo iný referenčný časový interval pre kategórie vnútorného priestoru C, D, E podľa tabuľky č. 7.4.

Posudzovaná hodnota pre špecifický hluk pri hodnotení hluku z vnútorných zdrojov sa stanovuje pripočítaním korekcie $K = + 5$ dB k maximálnej hladine A zvuku alebo k ekvivalentnej hladine A zvuku.

Pre kategórie vnútorného priestoru A, B sa korekcia pre deň a večer sa uplatňuje iba vtedy, ak celkové trvanie špecifického hluku prekračuje hodnotu 10 minút za deň alebo 5 minút za večer. Pre hluk prenikajúci z vonkajšieho prostredia je posudzovanou hodnotou ekvivalentná hladina A zvuku pre deň, večer a noc alebo iný referenčný časový interval. Posudzovanou hodnotou pri hodnotení infrazvuku je najnepriaznivejšia jednohodinová ekvivalentná hladina G infrazvuku pre deň, večer a noc.

Prípustné hodnoty hluku vo vnútornom prostredí sú uvedené v tabuľke č. 7.4 pre príslušné kategórie vnútorných priestorov, referenčné časové intervaly a zdroje hluku.

Prípustná hodnota infrazvuku je $L_{Geq,1h,p} = 90$ dB pre najnepriaznivejšiu hodinu.

Prípustná hodnota hluku z hudobnej produkcie v spoločenských priestoroch v miestach zdržiavania sa ľudí je $L_{Aeq,4h,p} = 95$ dB pre štvorhodinový referenčný časový interval. Pre deti do 15 rokov je prípustná hodnota hluku pre elektronicky zosilňovanú hudbu $L_{Aeq,2h,p} = 85$ dB pre dvojhodinový referenčný časový interval. Neprekračovanie uvedených hodnôt nie je zárukou dodržania prípustných hodnôt hluku podľa tohto nariadenia vlády v iných chránených priestoroch ovplyvňovaných touto hudobnou produkciou.

Prípustné hodnoty uvedené v tabuľke č. 7.4 sa nevzťahujú na hluk zariadení, ktoré sú v prevádzke iba výnimočne, napr. výstražná zvuková signalizácia. Maximálna hladina A zvuku týchto zariadení nesmie prekročiť v miestach a v čase možného pobytu ľudí 118 dB.

V pracovných dňoch od 08.00 hod. do 19.00 hod. sa pri hodnotení hluku zo stavebnej činnosti vo vnútri budov posudzovaná hodnota stanovuje pripočítaním korekcie $K = (-15)$ dB k maximálnej hladine A zvuku.

Tabuľka 7.4 Prípustné hodnoty určujúcich veličín hluku vo vnútornom prostredí

Kategória vnútorného priestoru	Popis chráneného vnútorného priestoru alebo chránenej miestnosti v budovách	Referenčný časový interval	Prípustné hodnoty (dB)	
			hluk z vnútorných zdrojov $L_{Amax,p}$	hluk z vonkajšieho prostredia a $L_{Aeq,p}$
A	nemocničné izby, ubytovanie pacientov v kúpeľoch	deň	35	35
		večer	30	30
		noc	25 ^{a)}	25
B	obytné miestnosti, ubytovne, domovy dôchodcov, škôlky a jasle ^{b)}	deň	40	40 ^{c)}
		večer	40	40 ^{c)}
		noc	30 ^{a)}	30 ^{c)}
			$L_{Aeq,p}$	
C	učebne, posluchárne, čítárne, študovne, konferenčné miestnosti, súdne siene	počas používania	40	40
D	miestnosti pre styk s verejnosťou informačné strediská	počas používania	45	45
E	priestory vyžadujúce dorozumievanie rečou, napr. školské dielne, čakárne, vestibuly	počas používania	50	50

Poznámky k tabuľke č. 7.4:

- Posudzovaná hodnota pre impulzový hluk, ktorý vzniká činnosťou osobných výťahov sa stanovuje pripočítaním korekcie $K = (-7)$ dB k L_{Amax} pre noc.
- Prípustné hodnoty pre škôlky a jasle sa uplatňujú v čase ich používania.
- Posudzovaná hodnota pre hluk z dopravy v kategórii územia III podľa tabuľky č. 1 sa stanovuje pripočítaním korekcie $K = (-5)$ dB k L_{Aeq} pre deň, večer a noc (*Vyhláška MZ SR 549/2007*).

7.2.5 Akčné hodnoty hlukových indikátorov vo vonkajšom prostredí

Akčné hodnoty hlukových indikátorov L_{dvn} a L_{noc} vo vonkajšom prostredí, ktoré sa stanovujú na účely osobitného predpisu, sú uvedené v tabuľke č. 7.5. Hlukové indikátory L_{dvn} a L_{noc} sa stanovujú na účely osobitného predpisu.

Tabuľka 7.5 Akčné hodnoty hlukových indikátorov vo vonkajšom prostredí L_{dvn} a L_{noc}

Zdroje hluku	Akčné hodnoty hlukových indikátorov (dB)			
	Vonkajšie prostredie ^{a)}		Vonkajšie prostredie s osobitnou ochranou pred hlukom ^{b)}	
	L_{dvn}	L_{noc}	L_{dvn}	L_{noc}
priemysel	55	40	50	35
letiská	60	50	60	50
pozemné komunikácie	60	50	55	45
železničné dráhy	60	50	55	45

Poznámky k tabuľke č. 7.5:

- okrem areálov priemyselných podnikov a plôch dopravného vybavenia územia,
- tiché oblasti v aglomerácii, napr. kúpeľné a liečebné areály (*Vyhláška MZ SR 549/2007*).

7.2.6 Akčné hodnoty normalizovanej hladiny expozície hluku na pracovisku

Na ochranu zdravia zamestnancov, predovšetkým z hľadiska ochrany ich sluchu pred počuteľným hlukom, sa ustanovujú limitné hodnoty expozície hluku, horné akčné hodnoty expozície hluku a dolné akčné hodnoty expozície hluku.

Určujúcimi veličinami hluku na pracoviskách sú normalizovaná hladina expozície hluku a vrcholová hladina C akustického tlaku.

Na ochranu zdravia zamestnancov predovšetkým z hľadiska ochrany ich sluchu pred počuteľným zvukom sú stanovené limitné hodnoty expozície a akčné hodnoty expozície hluku takto:

- limitné hodnoty expozície $L_{AEX, 8h, L} = 87$ dB a $L_{CPk} = 140$ dB,

- horné akčné hodnoty expozície $L_{AEX, 8h, a} = 85$ dB a $L_{CPk} = 137$ dB,
- dolné akčné hodnoty expozície $L_{AEX, 8h, a} = 80$ dB a $L_{CPk} = 135$ dB.

Pri uplatňovaní limitných hodnôt expozície sa pri určovaní expozície zamestnanca berie do úvahy tlmenie spôsobené chráničmi sluchu, ktoré zamestnanec používa. Pri akčných hodnotách expozície sa neberú do úvahy účinky chráničov sluchu.

Normalizovaná hladina expozície hluku sa pred porovnaním s limitnými hodnoty expozície a akčnými hodnoty expozície hluku nekoriguje na vplyv tónových alebo impulzových zložiek hluku.

Ak je pracovný čas v priebehu pracovného týždňa rozdelený nerovnomerne alebo ak sa expozícia hluku v priebehu týždňa výrazne mení, vypočíta sa týždenný priemer denných hodnôt normalizovanej hladiny expozície hluku $L_{AEX,TD}$ a ten sa porovná s limitnými hodnotami expozície a akčnými hodnotami expozície. Tento spôsob hodnotenia je možné použiť, ak

- týždenný priemer denných hodnôt normalizovanej hladiny expozície hluku neprekročí limitnú hodnotu expozície 87 dB a
- prijímú sa primerané opatrenia, ktoré riziko spojené s vykonávanou prácou znížia na minimum.

Akčné hodnoty expozície hluku pre skupiny prác

Na ochranu zdravia zamestnancov z hľadiska ochrany pred nešpecifickými, najmä rušivými alebo obťažujúcimi účinkami hluku sa ustanovujú akčné hodnoty normalizovaných hladín expozície hluku pre skupiny prác. Takéto hodnotenie sa používa len pre práce, ktoré vyžadujú duševné sústredenie sa alebo sluchovú komunikáciu.

Určujúcou veličinou hluku na pracoviskách je normalizovaná hladina expozície hluku.

Akčné hodnoty normalizovanej hladiny expozície hluku na pracovisku pre jednotlivé skupiny prác sú uvedené v tabuľke č.7.6. Pri uplatňovaní akčných hodnôt expozície podľa tabuľky č. 7.6 sa neberú do úvahy účinky chráničov sluchu a zohľadňuje sa vplyv tónovej a impulzovej zložky zvuku. Akčné hodnoty sa nevzťahujú na rečovú komunikáciu.

Ak počas pracovnej zmeny vykonáva zamestnanec práce patriace do rôznych skupín prác, potom ekvivalentná hladina L_{Aeq} počas práce nesmie v žiadnej skupine prác číselne prekročiť najvyššie prípustné hodnoty pre tieto skupiny prác okrem krátkodobu alebo občasne vykonávaných činností.

Ak je zvuk tónový, určuje sa jeho ekvivalentná hladina L_{Aeq} počas trvania tónovej zložky s korekciou $K_T = +5$ dB. Ak je zvuk impulzový, určuje sa jeho ekvivalentná hladina L_{Aeq} s korekciou, ktorá sa získa z rozdielu nameraných hladín L_{AIeq} a L_{Aeq} podľa vzťahu

$$K_I = (L_{AIeq} - L_{Aeq}) - 5.$$

Ak je K_I menšie ako 0 dB, zvuk sa nepovažuje za impulzový a korekcia sa nepoužije. Ak je zvuk zároveň tónový aj impulzový, použije sa iba korekcia s vyššou hodnotou.

Ak hluk preniká zvonku, zo susedných oddelených priestorov alebo je spôsobený nevýrobným zariadením, znižuje sa jeho akčná hodnota v skupine prác IV o 10 dB a v skupine prác III o 5 dB.

Tabuľka č. 7.6 Akčné hodnoty normalizovanej hladiny zvuku pre skupiny prác

Skupina prác	Činnosť	Hluk na pracovisku $L_{AEX,8h}$ (dB)
I	Činnosť vyžadujúca nepretržité sústredenie alebo nerušené dorozumievanie; tvorivá činnosť	40
II	Činnosť, pri ktorej dorozumievanie predstavuje dôležitú súčasť vykonávanej práce; činnosť, pri ktorej sú veľké nároky na presnosť, rýchlosť alebo pozornosť	50
III	Činnosť rutínnej povahy, pri ktorej je dorozumievanie súčasťou vykonávanej práce; činnosť vykonávaná na základe čiastkových sluchových informácií	65
IV	Činnosť, pri ktorej sa používajú hlučné stroje a nástroje alebo ktorá je vykonávaná v hlučnom prostredí, vyžaduje aspoň čiastkové sluchové informácie a nespĺňa podmienky zaradenia do skupín I, II alebo III	80

Skupina prác I - Práca v kancelárskych priestoroch bez hlučných strojových zariadení; konverzácia s pacientom alebo návštevníkmi; bežná výučba (nie vo výrobných priestoroch a bez prítomnosti ďalších zdrojov hluku); schôdze a rokovania.

Skupina prác II - Kontrola alebo riadenie výroby a diaľkové ovládanie; ručná montáž/kompletizovanie, kontrola a pod.; práce, ktoré sú spojené s účtovnými úkonmi alebo prácou na počítači; bežná kancelárska práca, laboratória.

Skupina prác III - Triedenie, balenie, práca v sklade a pod.; obsluha v reštauráciách iných ako tanečné kluby a diskotéky.

Skupina prác IV - Prevažne fyzická práca, práca s využitím zariadení a výrobných procesov vo výrobných priestoroch a závodoch; poľnohospodárstvo a lesníctvo, stavebníctvo a ťažký priemysel; obsluha nákladných dopravných zariadení; práca v tanečných reštauráciách a diskotékach; vodič motorového vozidla (*Nariadenie vlády SR č. 115/2006 Z.z.*).

7.3 Meranie hluku

Vzhľadom na špecifiká vzniku a šírenia hluku z priemyselných podnikov, dopravy po cestných komunikáciách a požiadavku na zabezpečenie reprezentatívnych výsledkov monitoringu hluku vo vonkajšom prostredí, sa musia dodržať tieto zásady:

- situovanie – lokalizácia monitorovacieho bodu v danej lokalite sa musí jednoznačne zdokumentovať,
- umiestnenie meracieho mikrofónu v monitorovacom bode sa musí jednoznačne zdokumentovať,
- meranie sa nevykonáva v dňoch pracovného pokoja,

- meranie vykonávať za vhodných meteorologických podmienok,
- v priebehu merania eliminovať náhodné akustické rušivé javy (*Vyhláška MZ SR 549/2007*).

7.3.1 Požiadavky na meranie a hodnotenie hluku, infrazvuku a vibrácií

Na meranie hluku, infrazvuku a vibrácií je potrebné použiť postupy, ktoré umožnia stanoviť posudzované hodnoty určujúcich veličín uvedené v prílohe.

Hluk, infrazvuk a vibrácie sa merajú určenými meradlami. Ak osobitný predpis neustanovuje takéto určené meradlá, meranie sa vykonáva kalibrovaným meradlom. Výber meracích prístrojov a metódy merania sa určujú s ohľadom na podmienky merania, časové a frekvenčné vlastnosti meraného hluku, infrazvuku a vibrácií, expozíciu a faktory prostredia.

Hluk a infrazvuk sa hodnotia v miestach, na ktoré sa vzťahujú prípustné hodnoty podľa vyhlášky č. 549/2007a § 6 takto:

- hluk vo vonkajšom prostredí mimo budov sa hodnotí vo výške $1,5 \pm 0,2$ m nad terénom,
- hluk vo vonkajšom prostredí pred obvodovou stenou budov sa hodnotí vo vzdialenosti $1,5 \text{ m} \pm 0,5 \text{ m}$ od steny a vo výške $1,5 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ nad podlahou príslušného podlažia,
- letecký hluk vo vonkajšom prostredí sa hodnotí vo výške $4 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ nad horizontálnou plochou, v mieste, kde je vplyv odrazu zvuku od okolitých objektov zanedbateľný, napríklad nad strechou najvyššej budovy,
- hluk a infrazvuk vo vnútornom prostredí budov sa hodnotí vo výške $1,5 \pm 0,2$ m nad podlahou a najmenej $0,5$ m od stien miestnosti. Pri meraní v bytoch, lôžkových oddeleniach nemocníc, škôlkach a v iných miestnostiach určených na spanie sa meria i v blízkosti miesta hlavy pri spaní a v miestach maximálneho zvukového poľa, ak sa takéto miesta nachádzajú v priestore zdržovania sa ľudí.

Vibrácie sa hodnotia v miestach zdržiavania sa ľudí, na ktoré sa vzťahujú prípustné hodnoty vibrácií podľa prílohy .

- Nameraná hodnota sa zväčší o hodnotu rozšírenej neistoty merania stanovenej v súlade s metrologickou praxou a v prípade potreby o ďalšie korekcie v súlade s prílohou a ak je to potrebné, stanoví sa pre príslušný referenčný časový interval. Takto získaná posudzovaná hodnota sa porovnáva s prípustnou hodnotou (*Vyhláška MZ SR 549/2007*).

7.3.2 Metódy merania hluku

- Metóda monitorovania hluku ručným analyzátorom zvuku.
- Metóda monitorovania hluku akustickou kamerou.
- Objektívna metóda – meranie ekvivalentne hladiny hluku L_{Aeq} prostredníctvom meracieho prístroja.
- Subjektívna metóda – pomocou dotazníkov sa zisťuje a zhodnotí obťažovanie hlukom ľudí v daných lokalitách a to z dopravy a priemyslu.

Meracie prístroje

Zvukomer je vhodný pre vykonávanie štandardných meraní hluku a poskytuje hodnoty v decibeloch. Zvukomer je nevyhnutný najmä pre zamestnávateľov, pretože tí musia zabezpečiť dodržiavanie predpisov o ochrane zdravia a bezpečnosti pri práci a vykonávať kontroly na pracovisku. To zohľadňuje otázku bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, ktorá sa zameriava na udržanie zdravia zamestnancov. Zvukomery sa často používajú najmä v nasledujúcich oblastiach:

- Meranie hluku v kúrenárstve, najmä v kotle.
- Meranie hluku strojov a zariadení vo výrobe.
- Meranie na pracoviskách podľa predpisov (napr. hladina hluku v kanceláriách).
- Stanovenie úrovne hluku v decibeloch na verejných podujatiach.
- Testovanie zostáv a kompresorov (napr. v chladiacich systémoch).

Zvukomer meria hlasitosť v decibeloch a poskytuje užívateľovi objektívnu hodnotu. Je však dôležité vykonať určité nastavenia zvukomeru pre získanie výsledkov, ktoré je možné efektívne použiť. Napríklad musí byť nastavené časové zaťaženie, aby prístroj meral zvuky, ktorých hlasitosť sa mení zriedka alebo zvuky s rapídnu zmenou hlasitosti. Na určenie hladiny zvuku lineárnym alebo zvukovo presným spôsobom musí byť tiež zvolené frekvenčný zaťaženie. Charakteristika - A, ktorá je štandardizovaná, je považovaná za presné vyhodnotenie hluku. Presnosť je prevedená pomocou merača hluku. Navyše je samozrejme dôležité, aby mikrofón nástroja smeroval k zdroju hluku. Zvukomer môže správne zachytiť zvukové vlny a zobrazíť správne výsledky merania v decibeloch iba v prípade, že sú skutočne vykonané tieto nastavenia. Závisí to nielen od nastavenia, ktorým zvukomer začína meranie, ale aj na vonkajších podmienkach. Zvukomer nerozlišuje medzi rôznymi zdrojmi hluku. Kľúčový je teda celkový hluk, ktorému sú zamestnanci denne vystavení.

Akustická kamera je zariadenie na priestorovú lokalizáciu a identifikáciu hlukových emisií s ich kvantitatívnym vyhodnotením a frekvenčnou analýzou v dynamickom režime. Množstvo získaných a analyzovateľných informácií je neporovnateľné so všetkými doteraz používanými metódami, ktoré spočívali v meraní emisií hluku v jednotlivých imisných bodoch. Akustická kamera ponúka možnosť dokonalej frekvenčnej analýzy zdrojov hluku na vzdialenosť niekoľkých desiatok až stoviek metrov. Je to modulárny a flexibilný nástroj na vizualizáciu, lokalizáciu a analýzu zdrojov hluku, je mimoriadne vhodný pre prevádzkovateľov rozsiahlych priemyselných zdrojov hluku, ako aj producentov výrobkov, automobilový priemysel a podobne. Prostredníctvom vizualizácie, exaktných a rýchlych výsledkov skracuje vývojové časy následných technických opatrení na znižovanie hlukovej záťaže obyvateľstva. Základná konfigurácia zariadenia pozostáva z mikrofónového poľa čiže antény, dátového rekordéra, špeciálneho notebooku a softvéru Noise Image. Pre rôzne oblasti využitia sú dodávané rôzne mikrofónové polia, ktoré sú navzájom kompatibilné a obsahujú 32 až 48 štúdiových mikrofónov a digitálnu kameru s vysokým rozlíšením.

Literatúra

Publikácie:

Cabáneková H., Radiačná monitorovacia sieť slovenskej republiky, X. Banskoštiavnické dni 8. – 10. 2008, Zborník referátov, SZU v Bratislave, 2008.

Hinca R., Radiačná bezpečnosť a ochrana pred žiarením, STU, 2020.

Kvasnová P., Mračna V.: Technické prostriedky merania a monitorovania vody a pôdy, TU Zvolen, 2009, ISBN 9780-80-228-1880-3.

Králiková R., Pauliková A.: Monitoring a diagnostika životného prostredia, VIENALA, 1999, ISBN 80-7099-435-5.

Lacuška M.: Analytical waste control – the instrument of Environmental protection. In Životné Prostredie, vol. 37, no. 6, 2003, s. 297-299.

Melicherová T., Cabáneková H., Bodorová J.: Záverečná ročná správa čiastkového monitorovacieho systému „Radioaktivita Životného prostredia“ 2011, MŽP SR, Bratislava, SHMÚ, Bratislava, 2012.

Melicherová T., Cabáneková H.: Radiačný monitoring a informovanie verejnosti, SZU, SHMÚ, SNUS, 2009.

Melicherová T., Čiastkový monitorovací systém Radioaktivita ŽP (záverečná správa za obdobie 2000 - 2004), 2004.

MŽP SR, Rámcový program monitorovania vôd Slovenska na obdobie rokov 2022 – 2027, 2022.

Nemec P., Holubčík M.: Zdroje tepla a znečisťovanie životného prostredia, ŽU v Žiline, 2020.

Pavlovský J., Vontorová J., Praus P.: Metody monitorování životního prostředí, VŠB-TU Ostrava, 2013, ISBN 978-80248-3340-8.

Peciar M., Černecký J., Peciarová Z.: Ochrana ovzdušia – Meranie a monitorovanie, STU Bratislava, 2010.

Rusko, M., Halász, J., Environmentálne orientované informačné systémy. - Žilina: Strix, Edícia EV-64, Prvé vydanie, 2011, ISBN 978-80-89281-76-3, 220 s.

Soják L., Chmielewská E., Krištín J., Kubinec R., Mátel J.: Monitoring kontaminácie životného prostredia Univerzita Komenského Bratislava, 2002.

Šool' E.: Odpady 1 : Environmentálne technológie. Bratislava: STU, 2007. 165 s. ISBN 978-80-227-2627-6.

Tölgyessy J., Harangozó M., Daxnerová O.: Monitoring životného prostredia, Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica, 2000.

Tölgyessy J., Lesný J.: Analýza vody a ovzdušia pre ochranu životného prostredia, Univerzita sv. Cyrila a Metoda Trnava, Bratislava, 2002.

Tomašovič P., Dlhý D., Gašparovičová V, Rychtáriková M., Akustika budov, Stavebná a urbanistická akustika, Bratislava, 2009, ISBN 978-80-227-019-8.

Vybíral V.: Ekologické problémy skládok komunálneho odpadu I. In Posterus : Portál pre odborné publikovanie, ISSN 1338-0087. Ročník 2, číslo 12. 2009.

Zákony, vyhlášky a nariadenia:

Zákon č. 525/2003 Z. z. o štátnej správe starostlivosti o životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

Zákon č. 201/2009 Z.z. o štátnej hydrologickej službe a štátnej meteorologickej službe.

Zákon č. 359/2007 Z.z. o prevencii a náprave environmentálnych škôd a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

Zákon č. 24/2006 Z. z. Zákon o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

Zákon č. 39/2013 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

Zákon č. 137/2010 Z. z. o ovzduší.

Zákon č. 478/2002 Z.z. o ochrane ovzdušia.

Zákon č. 364/2004 Z.z. o vodách a o zmene a doplnení zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon).

Zákon č. 305/2018 Z.z. o chránených oblastiach prirodzenej akumulácie vôd a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

Zákon NR SR č. 87/2018 Z.z. o radiačnej ochrane a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

Zákon 355/2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

Zákon NR SR č. 541/2004 Z.z. o mierovom využívaní jadrovej energie.

Zákone NR SR č. 42/1994 Z.z o civilnej ochrane obyvateľstva.

Zákon č. 79/2015 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.

Zákona č. 355/2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

Zákon NR SR 2/2005 Z.z. o posudzovaní a kontrole hluku vo vonkajšom prostredí a o zmene zákona NR. SR č. 272/1994 Z.z. o ochrane zdravia ľudí v znení neskorších predpisov

Zákon NR SR č. 43/2007 Z.z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o strategických hlukových mapách a akčných plánoch ochrany pred hlukom.

Vyhláška MŽP SR č. 365/2015 Z. z., ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov v znení neskorších predpisov.

Vyhláška MŽP SR č. 366/2015 Z. z. o evidenčnej povinnosti a ohlasovacej povinnosti v znení neskorších predpisov.

Vyhláška MŽP SR č. 382/2018 Z. z. o skládkovaní odpadov a uskladnení odpadovej ortuti.

Vyhláška č. 371/2015 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o odpadoch.

Vyhláška MZ SR 98/2018 Z.z. ktorou sa ustanovujú podrobnosti o obmedzovaní ožiarenia pracovníkov a obyvateľov z prírodných zdrojov ionizujúceho žiarenia.

Vyhláška MŽP SR č. 29/2005 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o určovaní ochranných pásiem vodárenských zdrojov, o opatreniach na ochranu vôd a o technických úpravách v ochranných pásmach vodárenských zdrojov.

Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 418/2010 Z.z. o vykonaní niektorých ustanovení vodného zákona.

Vyhláška MŽP SR č. 73/2011 Z.z. , ktorou sa ustanovujú podrobnosti o stanovení významných a trvalo vzostupných trendov koncentrácií znečisťujúcich látok a podzemných vodách a o postupoch na ich zvrátenie.

Vyhláška MŽP SR č. 113/2006 Z.z ktorou sa ustanovujú podrobnosti o odbornej spôsobilosti na účely posudzovania vplyvov na životné prostredie.

Vyhláška č. 244/2016 Z.z o kvalite ovzdušia.

Vyhláška MŽP SR č. 410/2012 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o ovzduší.

Vyhláška MŽP SR č. 411/2012 Z. z. o monitorovaní emisií zo stacionárnych zdrojov znečisťovania ovzdušia a kvality ovzdušia v ich okolí.

Vyhláška MZ SR 549/2007, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o prípustných hodnotách hluku, infrazvuku a vibrácií a o požiadavkách na objektivizáciu hluku, infrazvuku a vibrácií v životnom prostredí

Nariadenie vlády SSR č. 13/1987 Zb. o niektorých chránených oblastiach prirodzenej akumulácie vôd.

Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 269/2010 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd v znení nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 398/2012 Z.z. a nariadenia č. 359/2022 Z. z.

Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 282/2010 Z.z., ktorým sa ustanovujú prahové hodnoty a zoznam útvarov podzemných vôd v znení nariadenia č. 452/2019 Z. z.

Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 201/2011 Z.z., ktorým sa ustanovujú technické špecifikácie pre chemickú analýzu a monitorovanie stavu vôd.

Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 416/2011 Z. z o hodnotení chemického stavu útvaru podzemných vôd v znení nariadenia vlády č. 213/2016 Z.z.

Nariadenie vlády SR č. 115/2006 Z.z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou hluku v znení neskorších predpisov.

Rámcový program monitorovania vôd Slovenska na roky 2022-2027, MŽP Slovenskej republiky, 2022.

Normy:

STN 01 5110 Vzorkovanie materiálov.

STN EN 14899 Charakterizácia odpadov. Odber vzoriek odpadových materiálov. Rámec prípravy a použitia plánu odberu vzorky.

STN EN 12457-4 Charakterizácia odpadov. Vylúhovanie. Overovacia skúška na vylúhovanie zrnitých odpadových materiálov a kalov. Časť 4: Jednostupňová dávková skúška pri pomere kvapaliny a tuhej látky 10 l/kg materiálov s veľkosťou častíc menšou ako 10 mm (bez zmenšovania veľkosti alebo so zmenšovaním veľkosti).

internetové zdroje:

www.enviroportal.sk

www.minzp.sk

www.sazp.sk

www.shmu.sk