

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Ochrana vod při hospodaření v zemědělství pro udržitelný  
rozvoj venkova**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Monika Radimská**

**Obor studia: Veřejná správa v zemědělství a krajině (ABV)**

**Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Soukup, CSc.**

© 2019 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Ochrana vod při hospodaření v zemědělství pro udržitelný rozvoj venkova" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10. dubna 2019

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Josefu Soukupovi, CSc., za pomoc, cenné rady, odborné vedení mé bakalářské práce a jeho vždy ochotný přístup. Dále děkuji své rodině za pomoc, pochopení a podporu po dobu mého studia.

# Ochrana vod při hospodaření v zemědělství pro udržitelný rozvoj venkova

## Souhrn

Cílem bakalářské práce je shrnutí poznatků z oblasti ochrany vod České republiky při zemědělském hospodaření a seznámení s vývojem i současným stavem jakosti podzemních a povrchových vod. Práce je zpracována formou literárního přehledu na základě dostupných domácích, zahraničních původních vědeckých prací a dalších literárních zdrojů.

Na současný stav jakosti podzemních a povrchových vod poukazují aktuální výsledky jejich pravidelných kontrol. Jakost vod je proměnlivá a úzce souvisí s vývojem společnosti, průmyslu a se zemědělstvím.

Zdroje znečištění vod zemědělskou činností lze rozlišit na znečištění hnojivy a znečištění přípravky pro ochranu rostlin. Jejich aplikace je v současné době nezbytná, přesto je nutné je užívat racionálně. Znečištění převážně souvisí s nadměrnou aplikací hnojiv a přípravků nebo s jejich únikem při nevhodném skladování. Z dlouhodobého hlediska je nezbytné pečovat o půdní úrodnost dalšími agrotechnickými opatřeními.

V České republice se ochranou vod zabývají různé instituce. Je zde stanovena řada politických opatření a právních předpisů, které je třeba respektovat. Je tedy nezbytné dodržovat opatření týkající se správné aplikace těchto přípravků, zejména opatření obsažená v Zásadách správné zemědělské praxe. Při porušení těchto se předpisů se zemědělská společnost vystavuje nejen riziku sankce ze strany odpovědných institucí, ale také může také ztratit nárok na dotace.

**Klíčová slova:** kvalita vod, ochrana vod, DZES, správná zemědělská praxe, hnojiva

# Water protection in farm management for sustainable rural development

## Summary

Main goal of this bachelor thesis is to sum up scientific findings oriented on the protection of water resources in the Czech Republic and to present current situation and development in quality of ground and surface waters also. This thesis has been made in the form of literature review by using available Czech and foreign original scientific resources and by using the other literature resources.

Results of the regular water controls show current state of quality of the ground and surface waters. Water quality is variable and it is closely connected to the development of human society, industrial development and agriculture. Two sources of the agricultural pollution can be distinguished – fertilizers and plant protective agents. Although their utilization can't be avoided, it is necessary to apply them reasonably. Pollution is thus connected mainly with the overuse of the fertilizers and plant protective agents. It is necessary to take care of the soil fertility by using other agrotechnical measures.

Several state authorities are focused on the water protection in the Czech Republic. Several political measures and law regulations have been established, which are necessary to follow. It is necessary to follow measures focus on reasonable application of fertilizers and plant protective agents, especially those presented in the Good Agriculture Practices. By breaking these measures and law regulations agriculture company can be penalized and cut back on the agricultural subsidies.

**Keywords:** Water quality, water protection, GAEC, good agricultural practice („GAP“), water pollution, agricultural fertilizers

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Voda.....</b>	<b>3</b>
3.1.1	Povrchové vody .....	6
3.1.2	Podzemní vody .....	7
3.1.3	Odpadní vody.....	8
3.1.4	Jakost povrchových a podzemních vod .....	9
<b>3.2</b>	<b>Znečištění vod .....</b>	<b>13</b>
3.2.1	Znečištění vod zemědělskou činností .....	16
3.2.2	Hnojiva.....	18
3.2.2.1	Chov hospodářských zvířat a statková hnojiva .....	18
3.2.2.2	Minerální hnojiva .....	24
3.2.2.3	Aplikace hnojiv .....	29
3.2.3	Pesticidy.....	31
3.2.3.1	Aplikace pesticidů.....	35
<b>3.3</b>	<b>Právní normy k ochraně vod před znečištěním.....</b>	<b>36</b>
3.3.1	Vodní zákon.....	37
3.3.2	Vodní rámcová směrnice .....	37
3.3.3	Ochranná pásma.....	38
3.3.4	Nitrátová směrnice .....	39
3.3.5	Legislativa k registraci a používání pesticidů.....	40
<b>3.4</b>	<b>Opatření zemědělské politiky k ochraně vod.....</b>	<b>44</b>
3.4.1	Správná zemědělská praxe.....	44
3.4.2	Dobrý zemědělský a environmentální stav půdy (DZES) .....	50
3.4.3	Ekonomické aspekty ochrany vod .....	53
<b>4</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>54</b>
<b>5</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>55</b>

# 1 Úvod

Jednou ze základních podmínek pro existenci života na Zemi je voda, a proto je třeba dbát na její ochranu a kvalitu. Ačkoliv se kvalita povrchových vod v posledních desetiletích zlepšila, stále se mohou vyskytnout problémy s lokálním znečištěním. Kvalita i kvantita vody je rovněž velkým tématem s ohledem na probíhající změny klimatu.

Znečištění vod se v poslední době stalo fenoménem, který lidstvo nemuselo v takovém rozsahu dosud řešit. Ke znečišťování vod sice vždy docházelo, ale jeho intenzita se zvyšovala s vývojem lidských sídel a ekonomických aktivit, jako je zemědělství, průmysl či doprava. Spotřeba vody roste spolu s intenzifikací zemědělství a s rostoucím počtem světové populace. S tím souvisí i nutnost dosahovat vysokých výnosů plodin, které jsou však založeny na aplikaci hnojiv a přípravků na ochranu rostlin. Jejich neuváženým používáním však dochází ke kontaminaci podzemních i povrchových vod, což je způsobeno vyplavováním chemických látek z půdy. To zhoršuje jakost vody a působí značné problémy ve vodních ekosystémech. Kontaminující látky vstupují do potravního řetězce a mohou mít negativní dopad na lidský organismus i po velice dlouhé době.

Ochranou vod se zabývají četná politická opatření a právní předpisy, jimiž jsou např. vodní rámcová směrnice, vodní zákon, nitrátová směrnice či zásady správné zemědělské praxe. Tyto předpisy zahrnují různá pravidla týkající se užívání vod a nakládání s nimi. Například ve vodním zákoně jsou vypsány tzv. látky nebezpečné i zvláště nebezpečné. Nitrátová směrnice pak vymezuje zranitelné oblasti, kde se nachází vody kontaminované dusičnany s původem právě ze zemědělských zdrojů, a jejím cílem je předcházení tomuto znečištění. Na základě dlouhodobých trendů lze konstatovat, že i vlivem výše uvedených opatření dochází k výraznému zlepšení jakosti vod.

Česká republika je označována jako střecha Evropy, na její území přichází voda pouze z atmosférických srážek. Mnoho povrchových vod pramenících na našem území zde začíná svou cestu do moří. Je pouze na naší společnosti, nejen jakou kvalitu budou mít vody, které zde budeme uchovávat, ale i jakou kvalitu budou mít vody, které naši republiku opustí. To je významný důvod, proč by její kvalita měla být co nejlepší. Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku ochrany vod v České republice při zemědělské činnosti.

## **2 Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je shrnout kritéria týkající se jakosti povrchových a podzemních vod, identifikovat nejvýznamnější zdroje a příčiny znečištění vod při zemědělské činnosti a definovat zásady správného hospodaření při respektování Standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy, především pak těch, které jsou zaměřeny na oblasti týkající se ochrany vod.



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Voda

Voda je obnovitelný přírodní zdroj, jehož dostupnost je proměnlivá a v neposlední řadě omezená. Mezi faktory, které její dostupnost ovlivňují, řadíme srážky, teplotu, výpar (Pimentel et al. 1997). Cílek et al. (2017) popisují vodu jako jednu z nejrozšířenějších chemických látek a zároveň jako jednu z nejfantastičtějších sloučenin na Zemi, se kterými se člověk denně setkává.

Jak je obecně známo, voda je stejně jako půda a vzduch nenahraditelná a pro život všech organismů na Zemi nezbytná. Je také předpokladem pro úspěšnou lesní i zemědělskou výrobu (Tlapák et al. 1992). Je jednou ze základních složek životního prostředí v přírodě, je fakticky nevyčerpatelná, uměle nevytvořitelná, a co se kvality týče, je poškoditelná (Gadasová 1997).

Voda se vyskytuje ve všech svých skupenstvích (pevném, kapalném i plynném), a to na povrchu i v hloubce kontinentů (Myslil 2011).

Kovář (2008) rozděluje vodu v hydrosféře podle jejich typických vlastností na čtyři klasifikační skupiny takto:

- a) meteorická
- b) mořská
- c) fosilní
- d) magmatická

**Vodu meteorickou** můžeme charakterizovat jako vodu ze srážek (dešťové, sněhové apod.), jež se zúčastňuje známého koloběhu vody v přírodě.

**Voda mořská** dokáže pronikat v určitých místech do hloubky pevninských hornin (pomáhá jí v tom značný tlak vodního sloupce odpovídající hloubkám často i několik tisíc metrů).

**Voda fosilní** (též označována jako voda prastará) je uzavřena po celá dlouhá geologická období v sedimentech, tedy v usazených horninách. Fosilní vodu můžeme též nalézt společně s ropou v hlubinných ložiscích. I přesto, že je fosilní voda tak nesmírně „stará“, nedá se říci, že by byla nějakým způsobem poznamenána jako některé jiné sloučeniny. Má tytéž vlastnosti jako voda „mladá“. Dlouhověkost vody patří mezi její jedinečné vlastnosti.

**Voda magmatická**, jejíž klasifikace vychází spíše z fyzikálních hledisek, koluje v hydrologickém oběhu, který započal již při utvoření hydrosféry Země.

Vody lze rozlišovat dle původu, výskytu nebo použití. Podle původu se dělí na přírodní a odpadní. Podle výskytu se přírodní vody rozdělují na atmosférické, povrchové, podzemní a podle použití rozeznáváme vody pitné, užitkové, provozní či odpadní. (Pitter 2009). Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů, neboli vodní zákon určuje dvě základní kategorie vod, jimiž jsou vody povrchové a podzemní (Číhalík et al. 1992).

Lze říci, že voda tvoří tenký pokryv na povrchu Země, tzv. hydrosféru. Tento obal pokrývá zhruba 70 % povrchu Země, proto naši planetu někdy nazýváme modrou planetou (Myslil et al. 1999). Kovář (2008) dále uvádí, že hydrosféra je z více než 97 % tvořena vodou v oceánech a mořích, tedy nepitnou slanou vodou. Z toho vyplývá, že zbylá necelá 3 % tvoří voda sladká. Tato voda musí vystačit pro veškeré suchozemské rostliny a živočichy, nevyjímaje celé lidstvo. Z tohoto, již redukováného množství vody, je zapotřebí odečíst ještě velký objem vody, která je vázána v ledocích, sněhu i v atmosféře Země. Voda je v podstatě přítomna všude, je důležitá pro osobní hygienu, je nenahraditelná při výrobě potravin, tvoří podstatnou složku všech organismů (Myslil et al. 1999). Tesoro (2002) dodává, že živé organismy mohou obsahovat od 60 % do 95 % vody; například člověk je tvořen vodou z 60 %. Faktem je, že člověk sice fyziologicky spotřebuje 3-5 litrů pitné vody denně, avšak reálná spotřeba je daleko vyšší. Ve velkých evropských městech je průměrná denní spotřeba vody až stonásobná (Nováček 2011). S tím, jak rychle rostou potřeby čím dál tím více početnější populace, tak neméně rychle klesají vodní zdroje na jednoho obyvatele (Pimentel et al. 1997).

Ve střední Evropě nebyl a zatím není problém s nedostatkem vody, poslední léta však ukazují, že vlivem globálního oteplování tento problém může rychle a snadno nastat (Siegel 2017).

Všeobecně je voda charakterizována souborem fyzikálních, biologických a chemických vlastností, mezi které patří například teplota společně s její vlastností termoregulace, která je využívána pro zemědělství, chlazení nebo klimatizaci. Další důležitou vlastností vody jsou její energie kinetická i potenciální, které jsou využívány pro energetiku, plavbu nebo rekreaci. Dále je důležité zmínit její schopnost samočištění nebo schopnost rozpouštět sloučeniny (Tlapák et al. 1992).

### **Fyzikální a chemické vlastnosti vody**

Pitter (2009) uvádí, že jednou z nejvýznamnějších chemických vlastností vody je její polární charakter, jako další důležitou vlastnost vody uvádí její schopnost tvořit vodíkové vazby (můstky), díky kterým mají její molekuly tendenci ke sdružování ve větší celky. Právě kvůli těmto vlastnostem má voda nejvyšší hustotu při dosažení teploty 3,98 °C. Tento jev se nazývá

anomálie vody a brání kromě jiného zamrznání vody až ke dnu. Z tohoto důvodu ve vodě v zimních obdobích přežijí mnohé organismy.

Důležitou fyzikálně-chemickou vlastností vody je její velké povrchové napětí, které může působit tak, jako by byl její povrch pokryt tenkou, pružnou „blánou“, která je schopna na povrchu udržet drobné částičky (např. prach) nebo organismy (např. vodoměrka). Voda se vzhledem ke své vysoké hodnotě měrné tepelné kapacity podílí i na termoregulaci Země.

Molekuly vody jsou schopny se pomocí výparu, kondenzace, gravitace, kohezních sil a hydraulického tlaku přemísťovat. Takové přemísťování vody hraje v přírodě velice důležitou roli, kterou je oběh vody v přírodě, a právě ten je podmínkou pro tvorbu zásob vody na Zemi (Myslil et al. 1999).

### **Koloběh vody**

Veškerá voda na Zemi podléhá nepřetržitému oběhu, tedy koloběhu vody či hydrologickému cyklu, jehož hlavní hnací silou je sluneční energie. Zahrnuje ovšem i řadu různých procesů, mezi které patří výměna vody, chemické reakce, změny skupenství či přenos energie (Němec & Hladný 2006).

Velký koloběh vody na zemském povrchu je každému vzdělanému člověku jistě dobře znám. Voda se působením sluneční energie vypařuje z vodních hladin, tímto procesem vzniká atmosférická vlhkost, která kondenzuje do formy oblaků, jež jsou následně hnány prouděním vzduchu nad pevninu, kde v důsledku adiabatického ochlazení vznikají srážky ve formě deště či sněhu. Voda je poté absorbována půdou nebo odtéká po jejím povrchu zpět do nádrží (Kender 2000). Při velkém oběhu vody tedy dochází k přesunu vody mezi pevninou a oceánem. Voda, která je obsažena v atmosféře, pochází z 87 % z oceánu a zbylých 13 % se do ní dostane výparem z pevniny. Na vodu vypařenou z vodní hladiny připadá 90 %, půda a vegetace přispívá asi jen 10 % (Kovář 2008).

Vedle velkého koloběhu vody, pro který je typický povrchový odtok, v přírodě hraje důležitou roli také malý koloběh vody. Ten má, co se hydrologického hlediska týká, pro hospodaření s vodou největší význam. Uplatňuje se v něm totiž kondenzace vzdušných par nejen na zemském povrchu, ale i v půdě nebo odběrem půdní vody vegetací (Tlapák et al. 1992).

### 3.1.1 Povrchové vody

Povrchové vody tvoří potůčky, potoky, řeky a veletoky v těch místech, kde je výpar a vsak do podzemních vod menší, než je množství srážek. Vody tekoucí po povrchu země využívají spád a morfologii terénu povrchu. Není pokaždé pravidlem, že povrchové toky začínají jako pramenné vývěry. Povrchový tok většinou začíná tam, kde je kapacita infiltrace hornin a půd na povrchu země překročena během deště. Odtok povrchových vod je kromě charakteru hornin ovlivňován i vegetací a velmi závisí na morfologii území, na jeho tvarech a spádech (Myslil et al. 1999).

Povrchové vody definuje vodní zákon jako veškeré vody, které se přirozeně vyskytují na zemském povrchu a tento charakter neztratí ani při přechodném protékání zakrytými úseky či přirozenými dutinami nacházejícími se pod zemským povrchem (§ 2 odst. 2 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů).

Jsou děleny na vodu kontinentální a vodu mořskou, která se v našich vnitrozemských podmínkách nevyskytuje (Pitter 2009).

Siegel (2017) dále doplňuje, že z důvodu absence mořské vody na území České republiky je o to více důležité naši povrchovou vodu šetřit a hlídat si ji, případně se snažit obnovit některé zaniklé povrchové nádrže (např. zasypané rybníky atd.).

Kontinentální povrchové vody rozlišujeme na tekoucí (vodní toky) a stojaté (rybníky, jezera, nádrže). Voda brakická vzniká mísením říční vody a mořské vody při ústí řek do moře (Pitter 2009).

Myslil et al. (1999) rozdělují povrchové toky podle časového charakteru takto:

- a) trvalé vodoteče
- b) periodické (občasné) toky
- c) episodické (intermitentní, nepravidelné) toky

Převážná většina našich vodních toků na území České republiky pramení. K významnějším řekám, které pramení mimo naše území, patří např. Ohře, Dyje, Lužnice. Na území České republiky jsou vodní zdroje závislé výhradně na atmosférických srážkách. Česká republika je tedy významným hydrologickým rozvodím, tudíž nese odpovědnost za kvalitu vody, která odtéká do okolních států. Vzhledem k tomu, že Česká republika v roce 1998 podepsala Chartu oceánů (zavázala se tím chránit Černé, Severní a Baltské moře), je nutné, aby právě z našeho území odtékala voda v nejvyšší možné kvalitě (Ministerstvo zemědělství 2008).

### 3.1.2 Podzemní vody

Podzemní vodou se dle vodního zákona rozumí všechna voda, která se přirozeně nachází pod povrchem země v pásmu nasycení při přímém styku s horninami, za podzemní vody se také považují vody ve studních a vody, které protékají drenážním systémem (§ 2 odst. 2 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů). Ačkoli se donedávna označovala jako voda spodní, někdy je v souvislosti s podzemními vodami popisována také voda studniční. Ta je dnes nazývána jako mělká spodní voda (Myslil 2011).

Dle Raghunatha (1987) je podzemní voda velice drahocným zdrojem. Lze říci, že pod zemským povrchem je možné obecně najít dva zdroje vody. Voda se do podzemního oběhu dostává v případě, kdy se z tuhnutí lávy hluboko pod zemským povrchem uvolňují molekuly kyslíku a vodíku, které se následně velkým tlakem sloučí, a tím vzniká voda juvenilní. Té ale pod zemským povrchem není takové množství jako vody vadózní. Vodu vadózní lze označovat též jako vodu gravitační. Vadózní voda se infiltuje působením gravitace do svrchních vrstev zemské kůry povrchem (Matoušková 2005).

Největší podíl na vzniku podzemní vody má tedy vsakování srážkových vod, dále pak průsaky povrchových vod z řek a z nádrží jak přirozených, tak i z umělých. Různé bývá také uložení podzemních vod, které závisí na charakteru útvarů ovlivňujících její pohyb. Jako kolektory se označují útvary, mezi kterými se voda snadno pohybuje (jsou propustné), a jako izolátory jsou považovány útvary, mezi kterými se voda pohybuje méně (nepropustné). Pokud se podzemní vody dostanou mezi dva izolátory, pak vytvoří tzv. napjatou hladinu vody, která při vrtání může samovolně tryskat na povrch (Číhalík et al. 1992). Rychlé vyčerpávání podzemních vod může vážně ohrozit zásobování vodou ve světových zemědělských oblastech (Glennon 2002).

Podzemní voda se dělí do skupin dle svého výskytu, původu, chemického složení nebo teploty (Myslil 2011).

Dle Kováře (2008) je chemické složení podpovrchových vod pestré a záleží na druhu horniny, kterou vody prochází, dále pak na době, po kterou se v daném úseku zdrží, na aciditě daných vod, na hloubce, teplotě či přítomnosti plynů. Jen vody, které se pod povrchem zdrží krátce, lze srovnávat podle chemického složení s vodou srážkovou. Číhalík et al. (1992) popisují, že u podzemních vod z větších hloubek bývá chemické složení stálější, což dokazují například minerální vody nacházející se v oblasti Karlových Varů, u kterých jsou výsledky analýz minulého století shodné s dnešními. To samozřejmě neplatí všeobecně, zde Číhalík et al. (1992) uvádějí jako příklad srovnání analýz Běloveské kyselky z let 1967 a 1990.

Z hlediska chemického se podzemní vody rozdělují jako:

- a) **Prosté podzemní vody**, které obsahují omezené množství rozpuštěných látek. Jde o vodu, která napájí vegetaci a také způsobuje vlhkost hornin nebo vyvěrá v pramenech.
- b) **Minerální vody**, které se od prostých liší množstvím rozpuštěných látek, plynů či svou teplotou.

Myslil et al. (1999) rozlišují podzemní vody z fyzikálního hlediska jako:

- a) chemicky vázané vody
- b) hygroskopicky vázané vody
- c) kapilární vody
- d) gravitační vody

Nováček (2011) uvádí, že v současné době hladina podzemní vody klesá na všech pěti kontinentech, 40 % lidí žije ve 260 povodích, které mnohdy sdílí i více států. Zásobování vodou více než dvaceti zemí závisí na vodních zdrojích sousedního státu, což je důvodem, proč by v budoucnu mohly nastat vážné konflikty o vodu.

### 3.1.3 Odpadní vody

Za odpadní vody považujeme vody použité v průmyslových, obytných, zemědělských a jiných objektech nebo zařízeních. Tyto vody mají po použití změněnou jakost nebo mohou po odtečení z těchto zařízení ohrozit jakost vod povrchových a podzemních. Odpadní vody musí být před svým vypuštěním do povrchových vod čištěny dle kanalizačního řádu (Nesměrák 2006). Odvádění odpadních i dešťových vod je zabezpečeno právě kanalizační sítí. Čištění je prováděno v čistírnách odpadních vod, které jsou umístěny před jejich vyústěním do recipientu (Spellman 2009).

Vysoká pozornost je při čištění věnována organickým látkám, nutrientům, nebezpečným a zvláště nebezpečným látkám. Koncentraci těchto látek je zapotřebí co nejvíce snížit, v ideálním případě pak zcela odstranit (Nesměrák 2006).

Čistírny nejsou schopny vody vyčistit zcela dokonale, po každém čistírenském procesu ve vodách zbyde určité množství znečištění, jež je vypouštěno do řek. Počítá se s tím, že se vody dočistí v procesu zvaném samočištění (Štěrbá et al. 2008). Tento jev je tvořen souborem chemických, biologických a fyzikálních procesů, pomocí kterých se voda zbavuje znečištění. Jde tedy o postupné zlepšování kvality vody bez antropogenního vlivu. Mezi hlavní činitele, které ovlivňují samotný proces, se řadí toxicita, rozložitelnost, druh, ale i koncentrace znečištění (Tlapák et al. 1992).

V našich podmínkách je oproti např. Izraeli využívání odpadní vody v podstatě minimální. V Izraeli je odpadní voda brána jako cenný zdroj pro zemědělství a je využívána minimálně ze 70 %. Odpadní voda v Izraeli úspěšně slouží k svému opětovnému využití pro zemědělské účely, a tak i v pouštních podmínkách znovu zavádějí zemědělskou výrobu. Proces čištění odpadních vod využívá také samotnou poušť, a to k filtraci vody skrze pouštní písek (Siegel 2017).

### 3.1.4 Jakost povrchových a podzemních vod

Termín „jakost“ se dnes ve vodohospodářské praxi uvádí jako souhrn všech atributů vody a pojem „kvalita“ se užívá jen pro její fyzikální a chemické ukazatele (Nesměrák 2006).

Neustálé sledování, vyhodnocování nebo ukládání hydrologických dat, které charakterizují stav vodních zdrojů, je jedním z nejdůležitějších a základních předpokladů hospodaření s vodou v České republice. Jakost vod je v celostátním rozsahu monitorována (pravidelně sledována) a hodnocena Českým hydrometeorologickým ústavem (Hon 2013).

Český hydrometeorologický ústav monitoruje jakost povrchových vod již od roku 1963 a jakost vod podzemních od roku 1984. V současné době se jakost vod vyhodnocuje 12× ročně, a to na 283 profilech na vodních tocích v České republice (Šťastný 2006).

Znečištění zdrojů povrchových a podzemních vod ohrožuje nejenom zdraví veřejnosti a životního prostředí, ale také přispívá k vysokým nákladům na úpravu vody, čímž dále omezuje dostupnost vody pro použití (Pimentel 2004).

#### Jakost povrchových vod

Kvalita povrchových vod se pravidelně klasifikuje a vyhodnocuje již od 60. let 20. století (Mičaník et al. 2017). Klasifikací rozumíme výpočet charakteristických ukazatelů a jejich porovnání s mezními hodnotami jednotlivých tříd kvality vody. Jakost povrchových vod posuzuje v České republice norma ČSN 75 7221 Klasifikace kvality povrchových vod. Užívá se k porovnání jakosti různých míst v různém čase a člení vody dle stupně znečištění do 5 kvalitativních tříd:

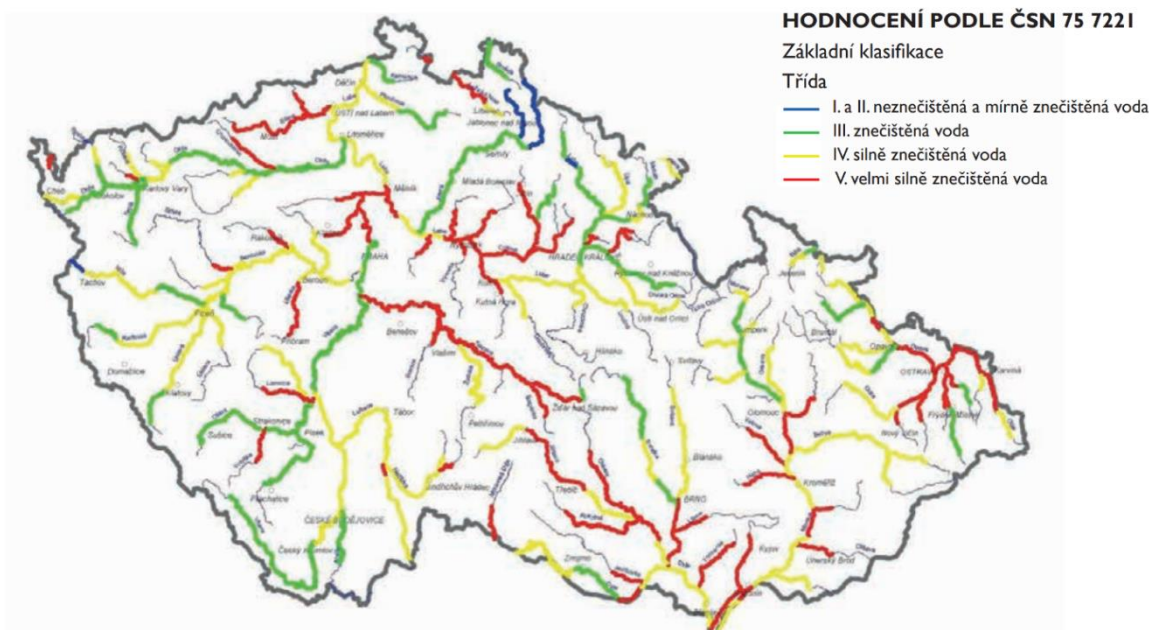
1. **neznečištěná voda** – vody, které zatím nebyly ovlivněny lidskou činností a jejichž ukazatelé jakosti odpovídají jejich přirozenému složení
2. **mírně znečištěná voda** – vody, které již lidská činnost ovlivnila a je v nich umožněna existence bohatého a vyváženého ekosystému
3. **znečištěná voda** – vody, které patří do této třídy, byly ovlivněny lidskou činností

4. **silně znečištěná voda** – v takových vodách ovlivněných lidskou činností může existovat pouze nevyvážený ekosystém
5. **velmi silně znečištěná voda** – vody, ve kterých je umožněna existence pouze silně nevyváženého ekosystému (ČSN 75 7221. 1998).

Ukazatele jakosti vody se pro potřeby normy rozdělují do následujících skupin:

- a) kyslíkový režim
- b) základní chemické a fyzikální ukazatele
- c) doplňující chemické ukazatele
- d) těžké kovy
- e) biologické a mikrobiologické ukazatele
- f) radiologické ukazatele (Pitter 2009).

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka každoročně vytváří mapu aktuálního stavu jakosti na vybraných tocích České republiky, a to na základě podkladů od Českého hydrometeorologického ústavu. Tuto mapu porovnává s mapou jakosti zpracovanou z období let 1991-1992. Od tohoto dvoutletí se každoročně zpracovávají stejné mapy pro porovnání s aktuálním stavem. Z níže uvedeného obrázku č. 1 je patrné, že v letech 1991-1992 bylo značné množství povrchových toků České republiky velmi silně znečištěno. Dále je z obrázku patrné, že málo znečištěné nebo neznečištěné vody se nacházely na severu České republiky (Ministerstvo zemědělství 2018).

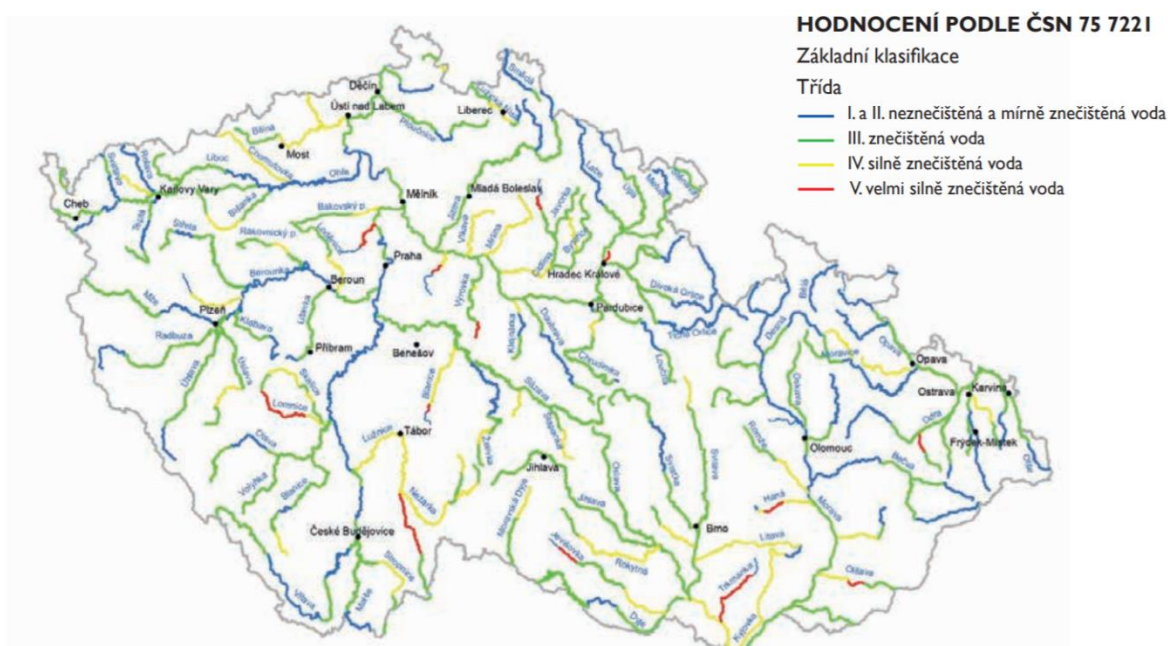


Obrázek 1: Jakost vody v tocích České republiky 1991-1992

Zdroj: Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2017. Available from [http://eagri.cz/public/web/file/607186/Modra\\_zprava\\_2017\\_WEB\\_18.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/607186/Modra_zprava_2017_WEB_18.pdf)



Z obrázku č. 2 je patrné, že v letech 2016-2017 se jakost vod oproti výchozímu období výrazně zlepšila. Kvalita vody se zvýšila natolik, že mnoho vodních toků dnes lze přiřadit do I. nebo II. kategorie klasifikace. I nadále se však na našem území vyskytují úseky vodních toků řazených do V. třídy jakosti, které najdeme převážně na jihu Čech a Moravy. Nejvíce vodních toků spadá dle základní klasifikace do kategorie III., tedy do kategorie znečištěné vody (Ministerstvo zemědělství 2018).



Obrázek 2: Jakost vody v tocích České republiky 2016-2017

Zdroj: Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2017. Available from [http://eagri.cz/public/web/file/607186/Modra\\_zprava\\_2017\\_WEB\\_18.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/607186/Modra_zprava_2017_WEB_18.pdf)

### Jakost podzemních vod

Ochrana kvality zdrojů podzemní vody je řešena vymezením různých ochranných pásem. Jde o vymezení úseků, které omezují činnost např. zemědělců hospodařících v těchto oblastech, jejichž činnost by mohla následně ohrozit nebo jinak ovlivnit vodu, která je zde infiltrována do vody podzemní a tím ji znehodnotit (Myslil et al. 1999).

V roce 2017 byla jakost vody pozorována u 696 objektů (z toho je 201 pramenů, 226 mělkých vrtů, 269 hlubokých vrtů). Referenční hodnoty pro podzemní vodu podle vyhlášky č. 5/2011 Sb., o monitoringu pozemních vod, byly srovnány s naměřenými hodnotami minulých let. Za nejvýznamnější ukazatele znečištění podzemních vod jsou považovány pesticidy, anorganické látky (dusičnany), kovy (kobalt, arsen, nikl, baryum, mangan), polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), ale také obsah organických látek. Výsledky hodnocení jakosti podzemních vod z roku 2017 v podstatě potvrzují výsledky z přechozích tří let, a to vzhledem k zastoupení nejčteněji se vyskytujících monitorovaných látek.

U sledovaných objektů podzemních vod se za rok 2017 snížil počet lokalit s nadlimitními hodnotami monitorovaných látek (Ministerstvo zemědělství 2018).

Z tabulky č. 1 uvedené níže je patrné, že hodnoty ukazatelů, které překračují limity, častěji nacházejí v podzemních vodách mělkých vrtů, které jsou z větší části ovlivněny lidskou činností. Snížené překročení limitů pro jednotlivé organické látky je možné přičíst zvýšenému počtu monitorovaných objektů, a to i díky rozsáhlejšímu monitoringu. V zásadě je nevyhovující stav většiny útvarů podzemních vod ovlivněn pravidlem, že pokud jeden ukazatel nevyhovuje, pak nevyhovuje celý vodní útvar (Ministerstvo zemědělství 2018).

Počty objektů s překročením limitů alespoň jednoho sledovaného ukazatele jsou oproti roku 2016 nepatrně nižší. Počet lokalit s obsahem nadlimitních hodnot monitorovaných látek se také snížil, a to zvláště u pramenů a u hlubokých vrtů (Ministerstvo zemědělství 2018).

Tabulka 1: Počty objektů s překročením limitů pro podzemní vodu minimálně v jednom ukazateli za rok 2017, srovnání s roky 2016 a 2015

Objekty	Počet objektů	Počet objektů s překročením limitů pro podzemní vodu	% objektů s překročením limitů pro podzemní vodu		
			2017	2016	2015
Mělké vrty	226	217	96	96,4	95,9
Hluboké vrty a prameny	470	358	76,2	82,1	75,1
<b>Všechny objekty</b>	<b>696</b>	<b>575</b>	<b>82,6</b>	<b>86,8</b>	<b>82,1</b>

Zdroj: Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky. Available from [http://eagri.cz/public/web/file/607186/Modra\\_zprava\\_2017\\_WEB\\_18.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/607186/Modra_zprava_2017_WEB_18.pdf)

Zákon o vodách č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, věnuje pozornost také budoucnosti podzemních vod jakožto významné složce vodního bohatství České republiky. Je zapotřebí zamezit či alespoň omezit vstupy nebezpečných, zvláště nebezpečných i dalších závadných látek a zabránit tak zhoršení stavu všech útvarů těchto vod. Důležité je zajistit jejich ochranu a zlepšit jejich stav. Dále je důležité dosáhnout vyváženého stavu mezi odběry a doplňováním podzemní vody, tedy odebírat tuto vodu ze zdroje v takovém množství, které je příroda schopna obnovit. Společnost si často neuvědomuje, že i malé znečištění na povrchu může pod zemí putovat i desítky let, a proto je nutné dbát na to, aby infiltrační území podzemních vod nebylo jakýmkoliv způsobem znečištěno (Zeman & Kopp 2006).

## 3.2 Znečištění vod

Sharma (1994) definuje znečištění vod jako změny jejich fyzikálních, chemických i biologických vlastností, jejichž účinky mohou mít negativní dopad na člověka i na vodní biotu. Také znemožňuje využívat povrchové vody v zemědělství, v průmyslu, na zavlažování i jako vodu pitnou.

Znečištění vody může být původem antropogenní činnosti, přírodní povahy či jejich kombinací. V přírodě se voda vyskytuje s různým stupněm znečištění. Obsahuje plyny, koloidní látky nebo soli, které se do ní dostávají přirozeně hydrologickým cyklem, srážkami, povrchovým či podzemním odtokem nebo biologickou činností živých organismů. K těmto přirozeným pochodům se připojil další činitel – člověk (Tlapák et al. 1999).

Kovář (2008) poukazuje na skutečnost, že znečištění vody se stalo fenoménem, se kterým se lidstvo nemuselo v takovém rozsahu dosud potýkat. Na počátku vývoje zemědělství, dopravy, průmyslu nebo těžby surovin o čistotě vody téměř nikdo nepřemýšlel. Znečištění vody bylo malé a příroda se s ním vypořádala sama. Toto podcenění starosti o čistotu vody mělo samozřejmě negativní dopad. Lidská společnost totiž po většinu času vnímala vodu hlavně ze stránky kvantitativní. Lidé vodu pili a koupali se v ní a s postupem času se začali zajímat také o její dostatek pro zavlažování nebo o její využití jako dopravní cesty. Autor dále klade důraz na fakt, že úroveň čistoty vod není uspokojivá a lidstvo se již k dokonalé čistotě vod, jako byla před industrializací, nikdy nedopracuje. Ke znečišťování vody bude docházet i v dalších letech, podílet se na něm bude samozřejmě i nárůst počtu obyvatel či výstavba měst.

Tlapák et al. (1999) v publikaci uvádějí, že významné intenzity dosáhlo lidské působení zejména ve druhé polovině dvacátého století, kdy se začal nezvykle rychle rozvíjet průmysl, zemědělství a těžba, také byl v tomto období zaznamenán značný růst populace. Jakost vody se samozřejmě bezohledným využíváním rychle zhoršuje a pomalu se tak stává limitujícím faktorem rozvoje lidské společnosti. Je třeba také uvést, že v těchto letech způsobilo zintenzivnění zemědělství značné problémy se znečištěním dříve kvalitních vod v mnoha neprůmyslových oblastech (Howarth 1988). Koncem dvacátého století nastal zvrát a od té doby se čistota vod v Česku neustále zlepšuje (Štěrbá et al. 2008). Na hodnotu životního prostředí (zemědělská krajina, kvalita vody, kvalita půdy, kvalita ovzduší, dostupnost vody) totiž občané Evropy začali klást důraz až v 90. letech dvacátého století (Cooper et al. 2009).

Množství chemických prvků i sloučenin ve vodách závisí nejen na tom, s jakými látkami je voda ve styku, ale také na tom, jak dlouhá je doba expozice.

Důležité je z hlediska životního prostředí také to, zda jde o látky toxické či netoxické. Zdroje znečišťování povrchových vod dělíme na:

- a) **bodové zdroje znečištění** jsou přímé vstupy do toků z městské, dešťové a průmyslové kanalizace. Jedná se o vypouštění odpadních vod z městských čistíren, u kterých je možné zjistit jejich kvalitu i kvantitu. Siegel (2017) popisuje jako příklad řešení situaci v Izraeli, kde splaškovou vodu recyklují a její vypouštění do moře omezují na minimální množství.
- b) **plošné zdroje znečištění** jsou znečištění, jejichž původ je převážně ze zemědělství. Jsou to hnojiva, pesticidy nebo jiné chemické látky, které jsou z půdy postupně vyplavovány. Pro porovnání lze opět uvést situaci v Izraeli, kde se tyto látky aplikují kapénkovou závlahou, čímž nedochází k jejich úniku do vodních zdrojů. Navíc se s nimi šetří, tzn. - spotřebuje se jich méně a zároveň se zvyšují výnosy polních plodin.
- c) **difuzní zdroje znečištění:** jde o rozptýlené bodové zdroje, vliv plošných a difuzních zdrojů se nerozlišuje (Nesměrák 2006).

Novotny (2003) uvádí jako další zdroj havarijní znečištění, které většinou bývá neočekávané a není možné ho předvídat. Například se jedná o technické závady na potrubích nebo úniky ropných látek do povrchových vod.

Mezi nežádoucí látky ve vodě řadíme všechny ropné produkty a jiné uhlovodíkové sloučeniny, které mohou znečistit až stonásobně větší množství vody, než je jejich samotný objem. Dalšími znečišťujícími látkami ve vodě jsou syntetické detergenty, které se používají nejen v průmyslu, ale také v domácnostech. Jsou nebezpečné kvůli své schopnosti snižovat oxidační schopnost vody a navíc také snižují její povrchové napětí. Ničí různé druhy bakterií, které jsou pro čistou vodu důležité tím, že rozkládají nadbytečné organické látky, které jsou ve vodě obsaženy. V určitém množství pak mohou působit toxicky na vodní rostliny i na dospělé ryby. Jejich nebezpečnost se projevuje již od 1 mg na 1 litr vody. Detergenty, které jsou používány v pracích prostředcích, neoznačujeme jako přímé jedy. Ve vodě se objevuje mnoho jiných toxinů, mezi které patří nejčastěji kovy, jako jsou měď, olovo nebo zinek. Jinými škodlivými látkami obsaženými ve vodě jsou kyanidy a fluoridy. Pokud jsou vody znečištěny převážně fosforem či dusíkatými látkami, jde o speciální případ znečištění vody, který označujeme jako eutrofizace. Tento druh znečištění pochází hlavně ze zemědělství, kde fosfor a dusík představují složku biocidů a průmyslových hnojiv (Kovář 2009). Právě nitráty jsou jedny z nejproblematičtějších a nejrozšířenějších kontaminantů podzemních vod. Znečištění podzemních vod je stále častějším problémem všude ve světě, a to ze dvou důvodů. Prvním

důvodem je rozsáhlé využívání podzemních vod, vedoucí k poklesu hladiny podzemní vody. Druhým důvodem je znečištění podzemních vod, které vede k nežádoucím účinkům na její uživatele nebo přímo k omezení využívání podzemní vody (Canter 1996).

Důležitou roli při znečišťování vody mají vedle lidské činnosti také přirozené pochody, jako je vymývání rašelinišť, opad listů ze stromů a další způsoby, kvůli kterým se do vody dostávají organické látky, které jsou do jisté míry nezbytné pro život organismů žijících ve vodě a jsou jimi využívány jako potrava. Prameniště a horní úseky potoků nebo řek obsahují nejméně živin a organických látek. Naopak v dolních úsecích s pomalejším prouděním bývá těchto látek obsaženo více. Již zmíněné organické látky se ve vodě rozkládají na látky jednodušší a při těchto procesech se spotřebovává ve vodě rozpuštěný kyslík. Pokud tedy bude množství těchto látek tak vysoké, že se při jejich rozkladu spotřebovaný kyslík nestihne doplňovat svým prostupováním skrze hladinu, tak může dojít až k jeho vyčerpání. Při této situaci by ve vodě převládly anaerobní podmínky, při nichž vyšší organismy nepřežijí (Kučera 2005).

Podle znečištění povrchových vod se rozlišují citlivé a zranitelné oblasti. V citlivých oblastech (vodní útvary povrchových vod) dochází nebo může docházet kvůli vysokému stupni koncentrace živin k nežádoucímu stavu jakosti vod a může dojít i k vyššímu stupni čištění odpadních vod. Oproti tomu ve zranitelných oblastech se nacházejí podzemní nebo povrchové vody, u nichž koncentrace dusičnanů přesahuje hodnotu 50 mg/l, nebo povrchové vody, u kterých dusičnany s původem ze zemědělských zdrojů způsobují nežádoucí zhoršení jakosti vody (Pitter 2009).

### **Eutrofizace**

Smith et al. (1999) popisují eutrofizaci vod jako soubor přírodních nebo uměle vytvořených procesů, které vedou ke zvyšování obsahu anorganických živin z vod stojatých i tekoucích. Tento jev je tedy reakce na zvyšování obsahu minerálních živin, a to především sloučeninami fosforu a dusíku. Eutrofizace je nejlépe pozorovatelná ve stojatých vodách (Pitter 2009).

Přirozenou eutrofizaci způsobuje především uvolňování sloučenin dusíku a fosforu z půdy a také z rozkladu odumřelých vodních organismů. Antropogenní eutrofizaci způsobují smyvy dusíkatých a fosforečných hnojiv z polí, splaškové vody a fekálie (Kvítek & Tippl 2003). Bennet et al. (2001) dodávají, že antropogenní eutrofizace je způsobena především obsahem fosforu využívaného v pracích práscích či v krmivech. V takto znečištěné vodě dochází k masovému rozvoji sinic a řas, jejichž hromadění na vodní hladině se označuje jako tzv. vodní květ (Kvítek & Tippl 2003).

### **Historie znečištění vod ve světě**

Se znečištěním vod měly problém všechny země, které prošly fází industrializace. Nováček (2011) například uvádí, že v roce 1920 až 1960 byla řeka Temže znečištěna natolik, že v ní nežily ryby. Do záchrany znečištěných řek se investovalo mnoho prostředků pro jejich vyčištění, a proto v současné době v nich opět žije velké množství vodních organismů. Podobný problém nastal v Německu, kde takové enormní znečištění postihlo řeku Rýn, který se ve druhé polovině 20. století díky investicím poskytnutým od obcí, státu i průmyslových podniků opět proměnil v řeku s čistou vodou. Jak již bylo popsáno výše, v České republice a ostatních socialistických zemích východní a střední Evropy se situace začala zlepšit až po pádu komunismu, tedy v 90. letech 20. století. V současné době se se znečištěním vody potýkají v první řadě rozvojové země. Právě v přelidněné Asii se řadí řeky Yangetze, Ganga, Mekong nebo Indus k 10 nejvíce znečištěným tokům na světě. Čínskými městy protéká zhruba 90 % řek, které jsou silně znečištěny většinou právě vysokými koncentracemi dusíku a fosforu. Dále je třeba podotknout, že v Číně je vypouštěno cca 80 % odpadních vod přímo do jezer nebo do vodních toků. Zhruba 90 % podzemních vod je znečištěno jak organickým, tak i anorganickým znečištěním. Jako další příklad publikace uvádí Bangladéš, kde je problémem znečištění podzemních vod arzenem. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2006) popisuje, že intenzivní chovy hospodářských zvířat jsou jednou z hlavních příčin nejzávažnějších problémů životního prostředí, a jako příklad špatného hospodaření s vodou uvádí jihoafrický stát Botswanu, kde došlo k akutnímu nedostatku pitné vody a v roce 1997 a kde připadalo na masný průmysl až 23 % z celkového množství spotřebované vody.

#### **3.2.1 Znečištění vod zemědělskou činností**

Znečištění podzemních vod sloučeninami dusíku ze zemědělské půdy je problémem většiny evropských zemí (Šarapatka et al. 2009).

Dle Nováčka (2011) v současné době zemědělství celosvětově využívá přes 50 % pitné vody, a aby uživilo stále narůstající populaci, bude ji do budoucna potřebovat daleko více. Přitom musí v přírodě zůstat dostatečné množství vody pro volně žijící rostliny i živočichy (Nováček 2011).

Právě zemědělství je v současné době odvětvím, ve kterém se spotřeba vody neustále zvyšuje, a to hlavně při zavlažování krmných plodin, jako je sója, která se pěstuje na obrovských plantážích, u kterých je potřeba neustálé zavlažování, aby se dosáhlo co nejvyšších výnosů (Holm & Jokkala 2009).

V první polovině 20. století byla pitná voda zajišťována z místních vodních zdrojů nebo studní. Riziko ohrožení půdního fondu větrnou nebo vodní erozí bylo menší, a to z důvodu hospodaření na pozemcích s menšími plošnými výměrami. Závlahy se neprovozovaly v takovém měřítku jako dnes, takže nebylo třeba zajišťovat příliš velké odběry vody. Živočišná výroba byla rozptýlená a odpady z ní sloužily jako přirozené hnojivo. Takzvaná zelená revoluce, která byla podnícena na jedné straně populační explozí a na straně druhé pokrokem v genetice rostlin, agrochemii a v mechanizaci zemědělských prací, ve světě nastoupila v 60. letech 20. století. Podstatou této revoluce bylo pěstování vysoce produktivních odrůd zemědělských plodin a obilovin. Celý tento proces byl provázen velice intenzivním zavlažováním nebo odvodňováním pozemků, které doposud nebyly zemědělsky využívány. Opakované křížení různých odrůd snižovalo jejich odolnost vůči chorobám a škůdcům, to vedlo k tomu, že i na území České republiky se ve snaze zvyšování rostlinné výroby začaly používat mnohem vyšší dávky hnojiv a pesticidů než dříve. Tím ale nevyhnutelně docházelo k poškození půdy a její vodní složky. Také vyšlo najevo, že jednotlivé oblasti životního prostředí mají různou citlivost na chemické znečištění. Rostlinná výroba nebyla jediným znečišťovatelem. Důležitým aspektem, který zhoršoval kvalitu vody, bylo také postupné narůstání živočišné výroby. To se stalo důvodem, proč se jedním z nejvýznamnějších znečišťovatelů vody v krajině ve druhé polovině 20. století stalo právě zemědělství. V 50. letech minulého století se způsob hospodaření s vodou v zemědělství výrazně změnil. Došlo ke scelování polí do velkých lánů, rozsáhlým hospodářsko-technickým úpravám krajiny, rozorání mezí, také nastoupily velkokapacitní chovy dobytka a velkovýrobní technologie. Bylo třeba zajišťovat dodávku vody i z veřejných vodovodů, a to z důvodu rostoucího počtu požadavků na soustředěné zásobování velkých stájí nebo výkrmů. Viditelné změny prodělal i fond zemědělské půdy, celková rozloha se postupně zmenšovala kvůli výstavbám, důlní činnosti či zalesňování a podíl zemědělské půdy na celostátní ploše České republiky tak klesl na 54,3 %, u půdy orné pak na 39,2 % (Ehrlich et al. 2006). Dle Stavi et al. (2016) intenzifikace v zemědělství byla a je vnímána jako nutnost k pokrytí celosvětové poptávky po potravinách. Poslední dobou si ale společnost u tohoto způsobu hospodaření uvědomuje nepříznivé dopady na životní prostředí. Tato metoda je intenzivní jak v množství používaných chemických látek, tak i při obdělávání půdy. Důsledkem toho je, že půda není schopna poskytovat v těchto systémech pro zemědělskou výrobu optimální podmínky (Arriaga et al. 2017).

Po roce 1990 v důsledku privatizace a restituce majetku došlo v rostlinné výrobě k výraznému snížení odběru vody pro závlahy a lze očekávat, že toto snižování bude pokračovat i nadále. Stejně tak v živočišné výrobě došlo ke snížení stavu hospodářských zvířat. Současně

tedy došlo k poklesu odběrů podzemních vod čerpaných ze zemědělských vodovodů (Ehrlich et al. 2006).

Nepříznivé či škodlivé efekty zemědělství působící na povrchové a podzemní vody jsou do jisté míry způsobovány erozí a vyplavováním látek nebo přívalovými vodami. Rizika pro kvalitu vody Samsonová et al. (2005) označují následně:

- a) nadměrné organické hnojení v kombinaci s nevhodným skládkováním
- b) příliš vysoké aplikace minerálních dusíkatých hnojiv
- c) nevhodné střídání plodin
- d) vysoké množství dostupného dusíku po sklizni.

Jako další hlavní zdroje přímého znečištění se označuje využívání pesticidů v lesním, polním či vodním hospodářství, převážně se jedná o (velkoplošné) postřikování polí a lesů. Dále se jako závažný zdroj znečištění vod označují odpady z domácností a také z průmyslové výroby pesticidů. K nepřímým zdrojům je řazena již zmíněná erozní činnost větru či splachy půd (Guang-Guo 2018).

### **3.2.2 Hnojiva**

Hnojení je jedním ze způsobů zvyšování půdní úrodnosti a produkční schopnosti půd (Bedrna & Lopatník 1982). Půda sama o sobě nestačí poskytovat živiny pro dosažení vyšších úrod. Půda, která není hnojena, může rostlinám dodat pouze malé množství živin, které se uvolňují mineralizací organických látek v půdě nebo také jejich zvětráváním (Ivanič et al. 1988). Hnojiva jsou látky (prvky a sloučeniny), které rostlinám poskytují živiny, mohou zlepšit jejich výživu, půdní vlastnosti i půdní úrodnost. Tím příznivě ovlivňují jejich výnos, růst či kvalitu rostlinné produkce (Hignett 1985). Hnojiva se dle původu a obsahu rozlišují na hnojiva organická a minerální. Na základě řady dlouhodobých pokusů je zřejmé, že pravidelné hnojení hnojem organickým v kombinaci s hnojem minerálním má nejlepší vliv na kvalitu a výnosy hnojených produktů, neboť zvyšuje obsah kvalitní organické hmoty v půdě a příznivě působí na udržení i zvýšení půdní úrodnosti (Vaněk et al. 2016).

#### **3.2.2.1 Chov hospodářských zvířat a statková hnojiva**

Chov hospodářských zvířat v České republice zahrnuje chov skotu, prasat, drůbeže, ovcí, koz i koní (Stupka et al. 2013). Živočišná výroba je nedílnou součástí zemědělské výroby, a to díky efektivnímu využití rostlinné výroby jako zdroje různých druhů krmiv. Dále toto odvětví zaujímá velký podíl při údržbě krajiny. Především se jedná o podhorské a horské oblasti, ve kterých převládá pastevní chov ovcí či skotu (Ministerstvo zemědělství 2019a).

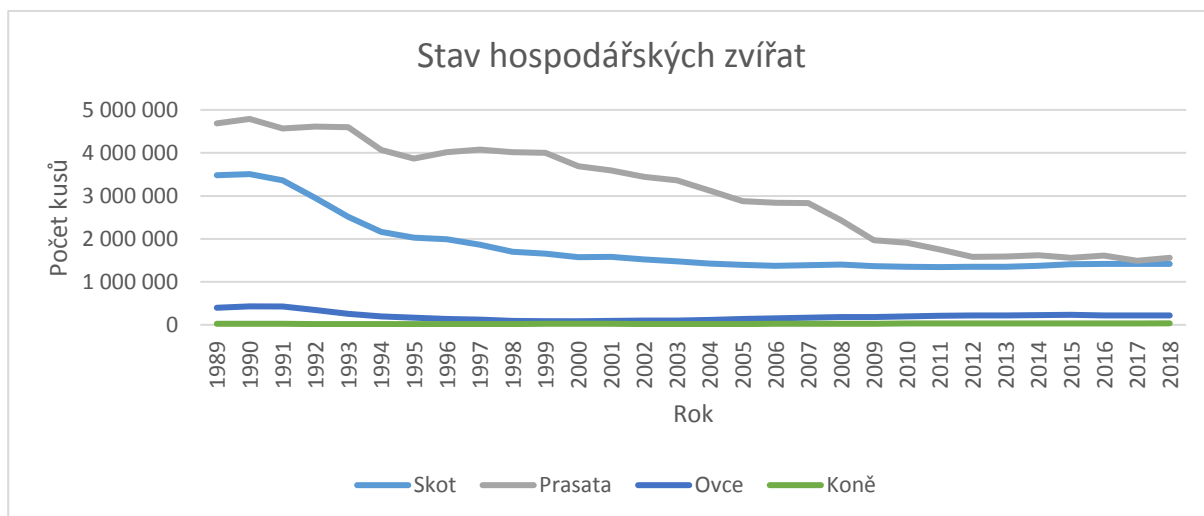


Hospodářská zvířata mají nezastupitelný význam pro půdní úrodnost, a to jako producent statkového hnojení (Šarapatka et al. 2009). Za hlavní cíl živočišné výroby je jistě považována výroba masa, mléka nebo vajec, a to nejen na trh tuzemský, ale i její směřování k efektivnímu vývozu. Pro chov jednotlivých kategorií hospodářských zvířat jsou v České republice používány technologie, které lze srovnat i s okolními zeměmi Evropské unie. Je tedy možné říci, že živočišná výroba přispívá nejen k produkci potravin, ale také k udržení kulturní krajiny (Ministerstvo zemědělství 2019a).

**Chov skotu** je z pohledu objemu zemědělské produkce hlavním odvětvím živočišné produkce v celé Evropě. Skot je rozhodujícím konzumentem pícnin, které jako přežvýkavec dokáže pomocí složeného žaludku přetvořit na plnohodnotnou živočišnou bílkovinu (tedy není pro lidi takovým potravním konkurentem jako např. prasata nebo drůbež). **Chov prasat** se podílí na celosvětové produkci masa asi ze 40 %. Tato skutečnost zcela jasně dokládá, jakou prioritu chov prasat má. Předností **chovu drůbeže** je jeho relativně rychlá a efektivní přeměna rostlinné hmoty na biologicky plnohodnotnou živočišnou hmotu (vejce, maso) s vysokým obsahem snadno stravitelných bílkovin, minerálních látek a vitaminů (Stupka et al. 2013).

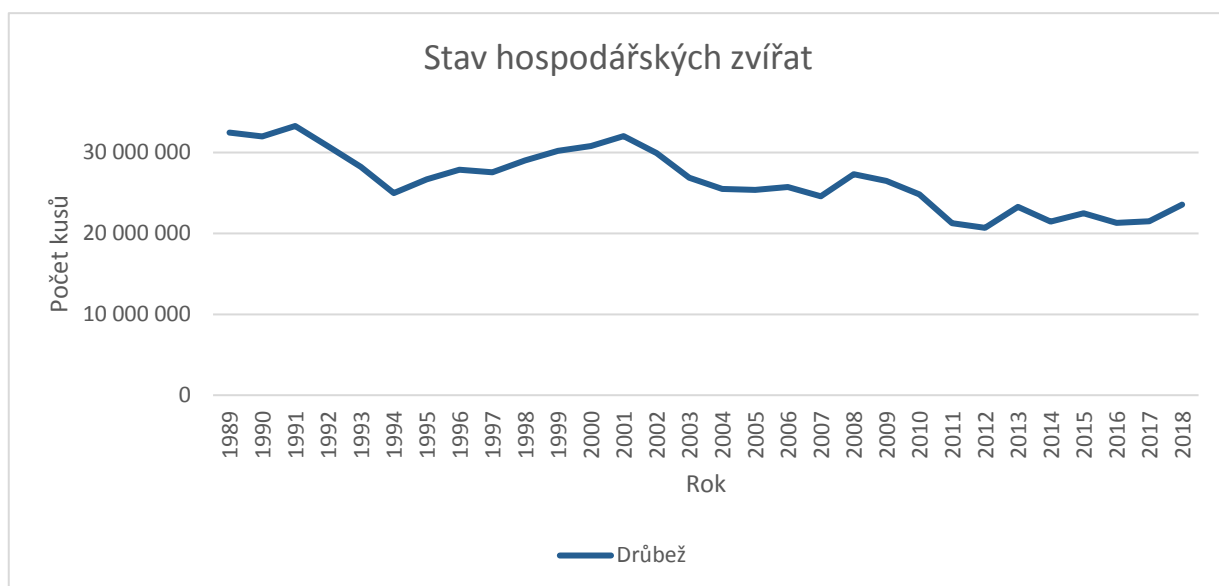
### Stav hospodářských zvířat

Stavy skotu a prasat dlouhodobě klesají, výkonnost v zemědělství je nižší než v roce 1936. V zemědělství převažuje rostlinná výroba nad živočišnou. Čeští zemědělci produkují na 100 hektarů zemědělské půdy 62 kg vepřového masa a 75 kg mléka. V Německu je na stejné rozloze vyrobeno 356 kg vepřového masa a 170 kg mléka, v Nizozemí to je 690 kg vepřového masa a 680 kg mléka (Sekaninová 2018). Dlouhodobý vývoj stavu hospodářských zvířat je vyobrazen v grafu č. 1 a v grafu č. 2 níže.



Graf č. 1 Stav hospodářských zvířat (skot, prasata, ovce, koně)

Zdroj: Český statistický úřad. 2019a. Available from [https://www.czso.cz/csu/czso/zem\\_cr](https://www.czso.cz/csu/czso/zem_cr)



Graf č. 2: Stav hospodářských zvířat (drůbež)

Zdroj: Český statistický úřad. 2019a. Available from [https://www.czso.cz/csu/czso/zem\\_cr](https://www.czso.cz/csu/czso/zem_cr)

Vaněk et al. (2016) uvádějí, že statková neboli organická hnojiva bývají produkována přímo v zemědělském podniku. Jejich složení i obsah živin jsou většinou odrazem druhu a staří zvířat, krmení, způsobu jejich ošetřování, ale i živinného režimu půd dané oblasti. Organická hnojiva mají poměrně vysokou hnojivou hodnotu a bývá v nich soustředěno velké množství živin, které mohou využít zemědělské plodiny. Z živin je rostlinami nejvíce využíván fosfor (téměř 30 %) a dusík (cca 20 %). Zvířecí exkrementy spolu se stelivem a zbytky krmiv tedy představují významné množství živin, které se mohou při dobrém hospodaření navracet do půdy. Do půdy jsou pomocí statkových hnojiv dodávány rostlinné živiny (makroprvky, mikroprvky), organické látky, mikroorganismy a látky stimulační, hormonální a růstové. Produkce těchto hnojiv je závislá na množství zvířat, která připadají na určitou plochu. Statková hnojiva jsou popisována jako univerzálnější a jejich působení je většinou dlouhodobé a pozvolnější. Do půdy mimo živin dodávají také množství organických látek, které jsou využívány mikroorganismy a výrazně tím přispívají ke zvýšení nebo udržení půdní úrodnosti. Půdy, které jsou statkovými hnojivy hnojené pravidelně, bývají úrodnější, protože mají lepší fyzikální vlastnosti, lépe zadržují živiny a přijímají vodu, a také jsou odolnější vůči výkyvům. Růžek et al. (2004) uvádějí, že statková hnojiva mají hned několik výhod před hnojivy minerálními. Za prvé vznikají jako vedlejší výrobek při chovu hospodářských zvířat. Proto je tedy nemusíme nakupovat tak jako hnojiva minerální. Za druhé nepředstavují takové nebezpečí pro životní prostředí jako minerální hnojiva, pokud se dodrží základní zásady pro jejich aplikaci

a skladování. Největší výhodou těchto hnojiv je dodání více živin pěstovaným rostlinám najednou, a to z toho důvodu, že obsahují řadu hlavních a stopových prvků.

### **Vliv hnojení na kvalitu povrchových a podzemních vod**

Hlavní rizika znečištění podzemních a povrchových vod spojená s používáním statkových hnojiv v našem zemědělství vyplývají z nedostatku vyhovujících skladovacích kapacit a nevyhovující techniky (např. zastaralé či ve špatném technickém stavu) pro aplikování hnojiv. Problémy mohou nastat u některých velkokapacitních objektů pro chov hospodářských zvířat, kde není k dispozici dostatek vhodné zemědělské půdy pro aplikování statkových hnojiv (Růžek et al. 2004).

Z hlediska vodních zdrojů se nejnepříznivěji projevují minerální hnojiva, snadno se totiž vyplavují a splachují do povrchových vod nebo se infiltrují do vod podzemních spolu s vodou srážkovou. Zejména hnojiva dusíkatá na bázi dusičnanů, která se neváží na sorpční komplex půdy, se do podzemní vody infiltrují velice snadno. Lepší výsledky jsou při využití minerálních hnojiv s dusíkem amoniakálním. Statková hnojiva mají s výjimkou kejdy na kvalitu vody méně nepříznivý vliv. Za rozhodujícího činitele, který ovlivňuje kvalitu vody v zemědělské krajině, jsou považovány dusičnany, jejich převážné množství má původ ve hnojení, dále také z rozkladu zbytků rostlin nebo z atmosférických srážek. Dále obsah dusičnanů v povrchových vodách zvyšují drenážní vody, které odvádí vodu z intenzivně hnojené půdy (Tlapák et al. 1992).

### **Silážní šťávy**

Při konzervaci silážováním vzniká v silážních žlabech silážní šťáva. Ta obsahuje zbytky organické hmoty, konzervační přísady a také vodu, která je uvolňována rozkladem organické hmoty (může obsahovat též srážkovou vodu). Pro povrchové a podzemní vody mohou silážní šťávy znamenat závažné nebezpečí, zvláště při jejich úniku. Nebezpečí může spočívat třeba i v tom, že šťávy jsou bakteriálně znečištěny. Silážní šťávy je třeba pečlivě shromažďovat ve sběrných jímkách a ty následně pravidelně vyvážet na pole (Tlapák et al. 1992).

### **Chlévský hnůj**

Chlévský hnůj je již po staletí využíván jako základní zdroj rostlinných živin. Kromě toho, že do půdy dodává živiny, také zlepšuje strukturu půdy a zvyšuje půdní vlhkost (Wolf et Snyder 2003). Vzniká uzráním chlévské mrvy (směs výkalů, steliva i zbytků krmiva, která opouští stáj) na hnojišti. Množství produkce chlévské mrvy a živin závisí na druhu a stáří zvířat chovaných v zemědělském podniku. Dále závisí na způsobu krmení zvířat, na druhu a množství

steliva. Skutečnost, že je složení hnoje tolik závislé na výživě zvířat, může představovat riziko kontaminace mědí či zinkem. Tuto kontaminaci způsobují výživové doplňky stravy hospodářských zvířat (Petersen et al. 2007).

Proces zrání mrvy obsahuje kvašení, tlení a hnití, při kterém se rozkládají její složky a následně se přeměňují na látky s jiným kvalitativním složením. Jedná se tedy o na sebe navazující biologicko-chemické procesy, které se vzájemně prolínají. Největší intenzita rozkladu organických látek probíhá za přístupu vzduchu, kdy se z uhlíkatých organických látek uvolňuje oxid uhličitý a z dusíkatých organických látek amoniak. Při dosud užívané technologii nezpevněných stanovišť nebo sklápění návěsů vedle sebe představoval úbytek organických látek cca 60 %, což obnáší i značné finanční ztráty. Naopak při dobré péči o hnůj (jako je vrstvení do bloků) by ztráty organických látek neměly být vyšší než 40 %. Hlavní zásadou při používání chlévského hnoje je jeho okamžité zaorání, protože jinak se snižuje jeho hnojivá účinnost, kdy se již po 6 hodinách snižuje až o 16 % a po 4 dnech až o 36 %. Současné předpisy však ukládají povinnost hnůj zapravit do půdy do 48 hodin (Vaněk et al. 2016).

### **Močůvka**

Močůvku Richter & Kubát (2003) definují jako zkvašenou moč hospodářských zvířat, která bývá ředěna vodou napájecí, ale i dešťovou. Přímé použití močůvky jako hnojení není dostatečné. Mezi její hlavní nevýhody patří nezáměr o její využití nebo kapacita jímek, která nebývá dostatečná.

Močůvku je možné řadit k dusíkato-draselným hnojivům. Obsah organických látek a fosforu je zde zanedbatelný, proto se její dávkování řídí dle náročnosti hnojené plodiny na dusík nebo draslík. Močůvka obsahuje většinu dusíku ve formě amoniaku, proto hrozí nebezpečí jeho ztrát při skladování a aplikaci. Velké ztráty dusíku také vznikají při hnojení na suché půdě za slunných dnů nebo při větru. Jako hlavní cíl při používání močůvky by měla být co nejvyšší snaha o omezení ztrát (Petr et al 1992). Hnojení močůvkou je vhodné především pro trvalé travní porosty, zvláště při možnosti současné závlahy. Výhodné je také její použití k jednoletým pícninám na orné půdě či k zelenému hnojení. Při častém močůvkování pozemků a zároveň při vynechání hnojení fosforem hrozí nebezpečí rozšíření plevelů (Vaněk et al. 2016). Organické látky obsažené v močůvce se nesmí nekontrolovatelně dostat vody. Při jejich rozkladu je z vody odnímán kyslík, který následně chybí živočichům. Také přímo škodí čpavkový dusík (Kozlovská et al. 2004).

## **Kejda**

Kejda je směsí pevných a tekutých výkalů hospodářských zvířat, zředěných vodou. Je produkována při roštovém nebo volném ustájení zvířat bez podestýlky. Kvalitní kejdu lze srovnat s ostatními statkovými hnojivy. Problémy s kejdou na našem území jsou způsobeny nekázní personálu (např. nadměrným ředěním) nebo nedostatečným technologickým vybavením. Naopak v zemědělsky vyspělých západních zemích kejda zaujímá dominantní postavení bez větších problémů se skladováním či s aplikací. Základním předpokladem pro efektivní využití kejdy je nastavit systém rostlinné výroby tak, aby byla veškerá kejda spotřebována a nebylo třeba hledat náhradní řešení pro její další zpracování (většinou je kejda aplikována k okopaninám, kukuřici a při zaorávce) (Vaněk et al. 2016). Stupka et al. (2013) uvádějí jako hlavní minerální látky kejdy dusík, draslík a fosfor. Zvýšená aplikace tohoto hnojiva vzhledem k obsahu těchto látek tedy může vést až k eutrofizaci vod. Aplikace kejdy v půdě může způsobovat její průsak a styk s vodou, s kterou následně odteče většina nitrátů. Mimo to probíhá v půdě adheze fosfátů na půdní částice (podpora půdní eroze).

Vodní zdroje se mohou znečišťovat i při samotné aplikaci kejdy. Při hnojení vysokými dávkami může docházet k jejímu hromadění na povrchu půdy a mimo jiné i k silnějšímu šíření nepříjemného zápachu. Při dešťových srážkách je kejda splachována do povrchových vod a infiltrací znečišťuje podzemní vody (Tlapák et al. 1992).

## **Sláma**

Zaorávky slámy přichází v dnešní době stále více v úvahu, a to vzhledem k rozvoji nových technologií v živočišné výrobě, ve které se omezuje potřeba steliva, jelikož klesají stavy zvířat, s čímž souvisí právě i přebytek slámy. Je účelné zapojit ji do koloběhu látek a živin, protože je jejich významným zdrojem. Hnojení slámou přichází v úvahu především v podnicích bez živočišné výroby, v podnicích s nízkými stavy zvířat nebo v osevných sledech s vysokým zastoupením obilnin. Efektivnost tohoto opatření záleží především na úrovni rozdrčení a rozprostření slámy po pozemku, na přihnojení dusíkem k podpoře rozkladu slámy nebo na vlhkostních poměrech v půdě. Nejčastěji se k zaorávce používá sláma z řepky ozimé nebo z ozimých obilnin, přičemž se zaorávají plodiny, které k tomuto účelu byly produkovány (Vaněk et al. 2016).

## **Zelené hnojení**

Při zeleném hnojení se do půdy zaorává hmota rostlin pěstovaných k tomuto účelu. Pěstování takových plodin probíhá formou podsevů, letních a ozimých meziplodin a jen

výjimečně formou plodin hlavních. K nejčastějším pěstovaným meziplodinám patří řepka a hořčice, z podsevu jetel plazivý. Mezi hlavní kritéria pro uplatnění tohoto hnojení patří časové hledisko (dostatečně dlouhá vegetační doba pro vysévané plodiny), vláhové podmínky stanoviště či finanční náročnost. Hnojení je možné používat samostatně i v kombinaci s hnojem, močůvkou, kejdou, slámou. Bývá užíváno při nedostatku organických hnojiv, na pozemcích vzdálených od hnojiště či v místech, kde je ztížena jejich doprava. V neposlední řadě se zelené hnojení doporučuje jako významné protierozní opatření nebo jako ochrana proti vymývání živin do podzemních vod. Zelené hnojení se stává významným faktorem pro udržení a obnovu půdní úrodnosti z důvodu snižování stavů zvířat. Proto by tomuto opatření měla být věnována zvýšená pozornost a také by mělo dojít k rozšíření jeho plochy. Zaorávkou hnojiva se do půdy dostane dobře rozložitelná organická hmota, která je schopna příznivě ovlivnit biologickou činnost půdy, většinou ale není schopna výrazně zvýšit obsah uhlíku v půdě, proto je nutné zelené hnojení kombinovat se zaorávkou slámy (Vaněk et al. 2016).

### **Komposty**

Komposty mají nezastupitelnou úlohu při využívání a zapojení odpadů a vedlejších produktů rostlinné produkce do obnovy půdní úrodnosti. Kompostováním se do půdy vrací velké množství živin a organických látek a současně se také snižuje množství odpadů, které by příliš zatěžovaly životní prostředí. Proto má kompostování i velký hygienický a ekologický význam (Vaněk et al. 2016). Dle Flowerdewa (2010) může být kvalitní kompost stejně dobrý jako kvalitní hnůj. Použití kompostů je univerzální a po jejich aplikaci na povrch pozemku nehrozí nebezpečí výraznějších ztrát dusíku, jako tomu je po hnojení klasickými statkovými hnojivy. Mezi výhody kompostování patří také skutečnost, že po hnojení na povrch stačí jejich mělčí zapravení do půdy (Vaněk et al. 2016).

#### 3.2.2.2 Minerální hnojiva

Minerální neboli průmyslová či koncentrovaná hnojiva jsou většinou produkty chemického průmyslu, na jejichž výrobě se zčásti podílejí i ostatní úseky hospodářství (hutnictví, stavebnictví). Při jejich výrobě se většinou omezuje množství vedlejších složek, čímž se v nich koncentruje vyšší obsah živin (Vaněk et al. 2016).

Vaněk et al. (2016) dělí minerální hnojiva na:

- a) **Jednosložková hnojiva** obsahující jen jednu hlavní živinu. Dle obsahu jednotlivých živin se dále rozlišují na dusíkatá, fosforečná, vápenatá, draselná, hořečnatá, hnojiva se sírou, hnojiva s mikroprvky.

b) **Vícesložková hnojiva** obsahující dvě i více hlavních živin a podle jejich zastoupení se dělí na hnojiva dvojitá (s obsahem dvou hlavních živin) a hnojiva plná (s obsahem zpravidla tří hlavních živin).

Dále lze minerální hnojiva rozlišovat podle technologie výroby takto:

- hnojiva smíšená (vznikají směsí jednotlivých složek s následnou granulací)
- kombinovaná hnojiva vícesložková, a to dvojitá i plná (vznikají upravenými chemickými procesy).

Vaněk et al. (2016) rozlišují hnojiva i podle skupenství na:

- a) tuhá hnojiva, většinou zde převažují zrnitá hnojiva
- b) kapalná hnojiva, vyráběny jako čiré roztoky či suspenze

### **Dusíkatá hnojiva**

Tato hnojiva na trhu zaujímají největší podíl minerálních hnojiv. Základem výroby dusíkatých hnojiv je syntéza amoniaku, která byla objevena již v roce 1913. Při syntéze čpavku je spotřebováno velké množství energie, které se ale v průběhu let díky zdokonaleným technologiím razantně snížilo. Čpavek je možné použít přímo jako hnojivo, ale větší část je využita jako základní složka pro výrobu kyseliny močové a močoviny, které společně se čpavkem slouží k výrobě hnojiv na bázi sloučeniny dusičnanu amonného. Působení a využívání dusíku je závislé na jeho formě, na vlastnostech pěstovaných plodin i na vnějších podmínkách. Znalost složení hnojiv a jejich fyziologického působení na plodiny je důležitou pro zajištění vysokého využití dusíku a dobrého agronomického efektu (Vaněk et al. 2016).

Vaněk et al. (2016) dále rozlišují dusíkatá hnojiva dle formy dusíku na:

- a) hnojiva s dusíkem ledkovým
- b) hnojiva s dusíkem amonným
- c) hnojiva s dusíkem amidovým a kyanamidovým
- d) hnojiva s dvěma a více formami dusíku
- e) hnojiva s pozvolně působícím dusíkem

V souvislosti s dusíkatými hnojivy zmiňuje Isherwood (1998) jako rizikový faktor při nesprávném i nadbytečném užívání těchto hnojiv dusičnanové aniony, které mohou kontaminovat zdroje pitné vody, a tak negativně působit na lidské zdraví nebo na okyselení půdy, zejména pak při používání síranu amonného.

K přeměně na dusičnany dochází při biochemické oxidaci sloučenin dusíku (N) nitrifikačními bakteriemi, poté je tento koloběh dusičnanů uzavřen jejich spotřebováním rostlinami, které je následně zabudují do svých buněk jako organický dusík. Přirozeně nízké

koncentrace dusičnanů výrazně narušila intenzifikace zemědělství, zejména pak vysoké dávky dusíkatých hnojiv, které se dále dostávají do povrchových vod smyvem z půdy a dále do podzemních vod průsakem z půdy. Jde o kontaminaci plošnou, která se v dnešní době podílí na znečištění vod z více než 50 % (Hubáčková 2005).

### **Fosforečná hnojiva**

Kunzová (2009) definuje fosforečná hnojiva jako chemické látky, jejichž hlavní živinou je fosfor. Ten mohou obsahovat ve formě, které jsou rostlinám přístupné, nebo ho poskytují až po uvolnění v půdě. Rozpustnost hnojiv je důležitým ukazatelem, dělí se následovně:

- a) hnojiva s fosforečnany rozpustnými ve vodě (superfosfát)
- b) hnojiva s fosforečnany, které se rozpouští v citranu amonném
- c) hnojiva s fosforečnany rozpustnými v kyselině citrónové (Thomasova moučka)
- d) hnojiva s fosforečnany rozpustnými v silných kyselinách (kostní moučky, hyperfosfáty)

Hlavní výrobci těchto hnojiv jsou USA, Čína, Afrika a Střední východ. Mezi nimi lze najít několik rozvojových zemí, pro které je fosfátový průmysl velice důležitý z ekonomického hlediska (Isherwood 1998).

Fosfor je vyplavován z půdy s malými ztrátami 2-4 kg P/ha za rok (lehké až těžké půdy). Při prudkých deštích se však fosfor dostává do povrchových vod, kde může způsobit eutrofizaci (Richter 1996).

### **Draselná hnojiva**

Při výrobě draselných hnojiv bývají hlavním zdrojem draslíku přírodní ložiska draselných minerálů. Ve většině nalezišť se nachází minerály, kde je draslík přítomen jako chlorid. Dále může být draslík vázán na síranový aniont. K dispozici jsou tedy dva typy draselných hnojiv, převážnou část tvoří hnojiva chloridového typu (draselné soli), menší podíl zaujímají hnojiva síranového typu (Vaněk et al. 2016). Při použití draselných hnojiv je potřeba mít na paměti půdní vlastnosti, obsah přístupného draslíku v půdě a požadavky pěstovaných plodin. Draselná hnojiva jsou ve vodě poměrně dobře rozpustná, draslík se váže na sorpční komplex a uvolňuje kationty do půdního roztoku. Na nasycených půdách se ze sorpčního komplexu vytěsňují hlavně kationty vápníku a hořčíku, a tím se podporuje okyselení půdy. Na sorpčně nenasyčených půdách se ze sorpčního komplexu vytěsňuje vodíkový kationt, čímž se půda okyseluje (Kunzová 2010).



## **Vápenatá hnojiva**

Vaněk et al. (2016) uvádějí, že se tato hnojiva v půdě vyskytují v několika formách, např. podle jejich účinných sloučenin je lze rozlišit na vápenatá hnojiva:

- a) uhličitanová (účinná složka –  $\text{CaCO}_3$ )
- b) oxidová (účinná složka –  $\text{CaO}$ )
- c) křemičitanová (vápník je vázán na kyselinu tetrahydrogen křemičitou  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ )
- d) síranová ( $\text{CaSO}_4$ )

Uhličitanová, oxidová a křemičitanová hnojiva jsou využívána především k úpravě pH půd. Síranová hnojiva (síran vápenatý) se uplatňují především jako zdroj vápníku a síry. Také lze tato hnojiva použít k odstraňování sodíku ze zasolených půd.

Vápník lze v rostlinné výrobě uplatnit pro plnění řady agronomicky a ekologicky významných funkcí. Vápněním je možné ovlivnit téměř všechny půdní procesy. Tím jsou myšleny např. eliminace škodlivého působení hliníkových iontů, úpravy půdních reakcí, úprava rozpustnosti sloučenin a tím i utváření struktury půd, zlepšení pórovitosti. Vhodné pH příznivě ovlivňuje výskyt mikroorganismů, transformaci primární organické hmoty či tvorbu kvalitního humusu. Z ekologického hlediska je podstatné, že při vyšších hodnotách pH bývá také nižší rozpustnost a tím i pohyblivost a přijatelnost těžkých kovů (Vaněk et al. 2016).

## **Spotřeba hnojiv**

Celková spotřeba živin dodaných do půdy minerálními hnojivy má dlouhodobě mírně vzrůstající tendenci. Oproti tomu spotřeba statkových hnojiv dlouhodobě klesá. Je zřejmé, že negativní cenová politika v živočišné výrobě je příčinou poklesu stavů hospodářských zvířat, tedy i snížení produkce statkových hnojiv. To má zřejmě také za následek kompenzaci živin pro rostliny v podobě průmyslových hnojiv. Jsou samozřejmé meziodnikové a mezikrajové rozdíly (od úplné absence živočišné výroby až po podniky s dostatečnou výrobou statkových hnojiv) (Vaněk et al. 2016; Ministerstvo zemědělství 2017).

Trend spotřeby hnojiv je zobrazen v tabulce č. 2 níže.

Tabulka č. 2: Spotřeba hnojiv (měrná jednotka: tuna)

Období	Minerální hnojiva	v tom			Vápenatá hnojiva	Statková hnojiva	v tom			
		dusíkatá	fosforečná	draselná			hnůj	kejda	močůvka	ostatní
<b>2006/2007</b>	301 864	223 683	47 083	31 097	174 206	15 432 770	9 140 954	3 199 896	2 774 911	317 009
<b>2007/2008</b>	320 042	237 875	49 034	33 133	203 125	15 243 517	8 712 609	3 539 687	2 607 827	383 395
<b>2008/2009</b>	278 198	221 668	35 218	21 313	145 304	14 727 601	8 401 110	3 626 899	2 327 892	371 701
<b>2009/2010</b>	281 484	225 982	35 078	20 424	134 559	13 889 881	8 013 852	3 447 059	2 015 247	413 654
<b>2010/2011</b>	303 927	238 554	39 991	25 382	181 817	16 217 605	7 927 788	3 493 816	1 872 223	923 778
<b>2011/2012</b>	318 225	248 024	43 001	27 199	262 640	13 687 821	7 635 938	3 211 010	1 780 281	1 060 592
<b>2012/2013</b>	337 764	261 216	47 053	29 495	307 916	13 626 878	7 404 935	3 216 338	1 692 904	1 312 701
<b>2013/2014</b>	353 989	268 892	50 847	34 250	341 563	13 249 929	7 115 067	3 015 899	1 660 964	1 458 000
<b>2014/2015</b>	357 668	270 023	52 005	35 641	352 570	13 330 256	7 388 941	3 017 418	1 479 329	1 444 569
<b>2015/2016</b>	385 739	292 750	54 401	38 589	365 687	13 181 247	7 419 346	3 033 196	1 389 587	1 339 119
<b>2016/2017</b>	380 659	285 739	56 194	38 725	345 041	12 911 883	7 113 348	3 070 163	1 312 973	1 415 400
<b>2017/2018</b>	<b>374 995</b>	<b>281 271</b>	<b>54 969</b>	<b>38 755</b>	<b>408 365</b>	<b>13 341 814</b>	<b>7 259 277</b>	<b>3 208 994</b>	<b>1 263 519</b>	<b>1 610 025</b>

Zdroj: Český statistický úřad, 2019b. Available from [https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=ZEM11A&z=T&f=TABULKA&skupId=2542&katalog=30840&pvo=ZEM11A&u=v274\\_\\_VUZEMI\\_\\_97\\_\\_19#fx=1](https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=ZEM11A&z=T&f=TABULKA&skupId=2542&katalog=30840&pvo=ZEM11A&u=v274__VUZEMI__97__19#fx=1)

### 3.2.2.3 Aplikace hnojiv

Způsoby, kterými jsou organické látky aplikovány, mají na jejich účinnost značný vliv. Pokud jsou organické látky přidány na povrch, kde se zachovávají jako mulč, pak poskytnou maximální zachování vlhkosti, sníží ztráty vody jejím odpařováním, přispějí k udržení teploty a také zabrání zhutnění nebo erozi půdy. Pokud se organické látky použijí ve směsi s ornici, pak po zaorání poskytnou velice rychlé uvolňování živin nebo přispějí ke zlepšení infiltrace půdy, ochranu proti erozi ale neposkytují v takové míře, jako když se aplikují pouze na povrch půdy (Wolf et Snyder 2003).

Hůla & Procházková (2008) uvádějí, že existují tři způsoby hnojení minerálními hnojivy, jimiž jsou:

- **Základní hnojení** – užívá se až po sklizni předplodiny na strniště před podzimním zpracováním půdy. Zde se vyplatí použít tuhá minerální hnojiva složená z dusíkatých a fosforečných hnojiv (případně draselných) a použít je během jedné operace. Díky tomu se sníží náklady a nebezpečí zhutnění půdy.
- **Hnojení před setím** – nejvíce užívaná metoda je aplikace dusíku před setím. Zde je důležité nevyvíjet na půdu příliš velký tlak, aby se nevytvořily koleje, se kterými později souvisí problémy se zakládáním porostu. Tato metoda také na jaře zajišťuje výživu okopanin a jařin.
- **Přihnojování** – tento způsob se dále dělí na první jarní hnojení (regenerační přihnojování), druhé jarní hnojení (produkční přihnojování), pozdní hnojení (kvalitativní přihnojování).

Kompostování a skladování statkových hnojiv na nezpevněném povrchu může vést k průsakům, a tím i ke kontaminaci povrchových a podzemních vod. Těmto průsakům je možné předejít např. zajištěním skladovací plochy, zakrytím zakládek kompostovaného materiálu nebo přidáváním minerálního podílu (Samsonová et al. 2005).

#### **Vyplavování dusičnanů**

Kontaminace podzemních vod způsobená vyplavováním sloučenin dusíku ze zemědělské půdy je problém, který je řešen na většině území Evropy. Kontaminace půdy dusičnany je způsobena převážně právě zemědělstvím a vzniká vždy, když se v půdě nachází více dostupného dusíku, než jsou rostliny schopny využít, nebo pokud dešťová voda či voda ze závlah půdou prostupuje do vod podzemních. V souvislosti s tímto problémem lze vnímat např. ekologické zemědělství jako nástroj pro ochranu vody, a to z důvodu, že mnoho studií

prokázalo vysoké hodnoty obsahu půdního minerálního dusíku v konvenčním zemědělství. K nadměrnému vplavování dusíkatých látek může docházet např. při zaorání jetelovin na podzim s následným osetím plodinami, které mají nízký nárok na obsah půdního dusíku. V takovém případě se může objevit vysoká mineralizace a následně zvýšené vyplavování. Proto by se mělo hospodaření s dusíkem řádně promýšlet (Samsonová et al. 2005).

Dusičnany jsou nebezpečné pro zdraví lidí vzhledem k jejich redukcí na dusitany v lidském organismu. U kojenců hrozí až nebezpečí udušení z důvodu reakce dusitanů a krevního barviva, při níž vzniká methemoglobin, který není schopen kyslík krví dále přenášet. Dospělí jedinci jsou ohroženi výskytem rakoviny, a to reakcí dusitanů a nitrosanačními sloučeninami v žaludku na nitrosoaminy, které řadíme k nejsilnějším karcinogenům. Kromě pitné vody najdeme dusitany i dusičnany v zelenině a v uzeninách (Luňák 2005).

Znečištění podzemních vod dusičnany je celosvětovou záležitostí. Na rozdíl od fosforu se dusík v půdě neakumuluje a snadno se transportuje do podzemní vody ve formě dusičnanu a také, ačkoli v mnohem menší míře, jako amonium. Pro dusičnany mohou být primární procesy, které přenášejí dusík ze zdrojové oblasti do vodních útvarů. V posledních desetiletích dvacátého století dosáhla znečištění povrchových a podzemních vod dusíkem alarmujících rozměrů (Klír & Kozlovská 2012).

### **Používání minerálních a statkových hnojiv**

Dávky minerálních i statkových hnojiv jsou stanovovány vzhledem k potřebám jednotlivých plodin na určitých stanovištích. Zpravidla se vychází z potřeby živin, která je potřebná pro dosažení reálné úrovně a požadované kvality výnosů. Rozdělení dávek, termín hnojení i způsob aplikace se upřesňují dle aktuálního stavu porostu, podle povětrnostních podmínek a podle zásob dusíku v půdě, které jsou rostliny schopny využít. Mezi hlavní zásady a doporučení pro používání minerálních a statkových hnojiv patří:

- a) Nutnost dbát při aplikaci na rovnoměrné dávkování a rozmetání hnojiv
- b) Použití minerálních dusíkatých hnojiv, kdy se očekává jejich využití rostlinou
- c) Od začátku července do začátku období nevhodného ke hnojení (Tabulka 2) lze u minerálních hnojiv aplikovat pouze v dávce do 40 kg N/ha nebo u tekutých statkových hnojiv v dávce 80 kg N/ha. Takto je možno hnojit ozimé plodiny (vyjma půd s promyvným vodním režimem), dále meziploidy (s výjimkou čistých porostů luskovin a jetelovin). Dále v jejich kapalné formě k podpoře rozkladu slámy - opět s výjimkou půd s promyvným vodním režimem, kde se aplikace minerálních dusíkatých hnojiv přesouvá na jarní vegetační období.

- d) Při hnojení plodin na trvalých travních porostech a orných půdách je doporučeno používání dělených dávek minerálních a statkových hnojiv.
- e) Pro dosažení vysoké účinnosti dodaného dusíku je doporučena vyrovnaná výživa rostlin dalšími živinami a udržování pH půdy (Dostál et al. 2004).

Tabulka 3: Období nevhodná k používání minerálních a statkových hnojiv

Zemědělský pozemek s pěstovanou plodinou nebo připravený pro založení porostu	Období bez hnojení		
	Hnůj, kompost	Kejda, močůvka, hnojůvka	Minerální dusíkatá hnojiva
Jednoleté plodiny na orné půdě	1.6. - 31.7	15.11. - 31.1.	1.11. - 31.1.
Travní porosty na orné půdě, louky, pastviny	Aplikace není časově omezena	15.11. - 31.1.	1.10. - 28.2.

Zdroj: Dostál et al. 2004. *Zásady správné zemědělské praxe zaměřené na ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů. Ministerstvo zemědělství ČR v Ústavu zemědělských a potravinářských informací. Praha.*

### 3.2.3 Pesticidy

Dle definice Food and Agricultural Organization (FAO) jsou pesticidy látkami určenými k prevenci, potlačení či ničení škodlivých činitelů. Dále jsou určeny k odpuzení či kontrole těchto činitelů při výrobě, skladování, transportu a distribuce či zpracování potravin a zemědělských komodit (krmiv). Za škodlivé činitele lze považovat nežádoucí mikroorganismy, rostliny a živočichy (Hajšlová & Kocourek 2004). Hon (2013) popisuje pesticidy jako chemické látky, které jsou nezbytné při regulaci škodlivých organismů, jakými jsou plevely, škůdci nebo choroby rostlin. Pesticidy se nejvíce využívají v zemědělství a v lesnictví. Do této velice rozsáhlé skupiny jsou řazeny defolianty, regulátory růstu u rostlin i repelenty, které se dají volně koupit, a to ve formě granulí nebo roztoků. Rozlišují se nejčastěji dle jejich zaměření:

- Baktericidy – přípravky užívané proti bakteriím
- Fungicidy – přípravky určené proti plísním a houbovým chorobám
- Insekticidy – přípravky, které se užívají k hubení hmyzu
- Rodenticidy – přípravky k hubení hlodavců
- Herbicidy – jsou užívány k hubení plevelů

### Osud pesticidů ve vodě a v půdním prostředí

I když se pesticidy užívají podle zásad správné zemědělské praxe, není možné vyloučit jejich zasažení organismů, proti kterým nejsou určeny. Je odhadováno, že přibližně 60 % aplikovaného přípravku zasáhne plochu listu. Dalšími 30 % je zasažena půda a zbylých 10 %

se odpaří do atmosféry. Zde uvedené poměry jsou samozřejmě závislé na mnoha faktorech - např. na způsobu aplikace, hustotě porostu či počasí, rychlosti větru nebo druhu půdy (Briggs & Council 1992).

Díky metabolickým procesům, jež probíhají v rostlině, a vlivem dalších faktorů, jako je teplota, světlo či srážky, se obsah pesticidu v rostlině snižuje a ztrácí tím účinnost. U některých pesticidů je účinek krátkodobý. U jiných přetrvává i týdny. U všech pesticidů se stanovuje specifická ochranná lhůta, která se většinou udává ve dnech. Tato lhůta se pohybuje v rozmezí 3 až 21 dní. Dále lhůta udává interval od posledního použití přípravku až do sklizně a musí být obsažena v registračních údajích prostředku. Některé přípravky tuto lhůtu ve svých registračních údajích neobsahují. Je tedy nutné řídit se závaznou dobou aplikace přípravků - např. aplikace až po sklizni (Kazda et al. 2010).

Pesticidy se do vodního toku dostávají formou úletu při aplikaci vlivem proudění vzduchu, dále odpařováním z rostlin (těkavé pesticidy), po kterém jsou srážkami a atmosférickým spadem transportovány i do míst, kde vůbec nebyly použity. Nejvíce pesticidů se do recipientu dostává při přívalových deštích po aplikaci přípravků na ochranu rostlin. V důsledku dešťových srážek dochází k erozi půdy a s ní i ke smyvu pesticidů (povrchový odtok) vyluhováním. Méně významné cesty jejich vstupu k povrchové vodě zahrnují průsak podzemní vody nebo laterální průtok (Brown CD et al. 2009; Zajíček et al. 2017).

Ve většině případů dochází ke kontaminaci vod pesticidy v konvenčním zemědělství při vyplavování půdním profilem, dále z povrchového odtoku, z eroze nebo přímo z aplikace pesticidů v blízkosti povrchových vod, výjimečně pak k únikům pesticidů může dojít při špatném skladování nebo dopravě (Samsonová et al. 2005).

Mezi faktory, které významně ovlivňují účinek pesticidů, tedy Kazda et al. (2010) řadí:

- Teplotu – se stoupající teplotou roste účinek přípravků, hrozí zde riziko tzv. popálení rostlin
- Povětrnostní podmínky – při silném větru dochází k úletům aplikovaných prostředků, což vede k nepravidelným účinkům přípravku
- Půdní druh – lehké a písčité půdy s nízkou sorpční kapacitou umožňují pesticidům snadný pohyb (riziko vyplavení do podzemních vod), proto se v takových případech aplikují nižší dávky přípravků; těžké a jílovité půdy mají vysokou sorpční kapacitu, tudíž se v nich pesticidy váží silně a nehrozí zde takové riziko vyplavení

- Půdní vlhkost – aktivita pesticidů stoupá s vyšší vlhkostí půdy, poločas rozpadu pesticidu ve vlhké půdě klesá
- Srážky – zde mohou nastat problémy při prudkých příválových deštích, kdy hrozí riziko proplavení pesticidů do spodní vrstvy ornice

Larson et al. (1999) uvádějí jako jeden z procesů, kterým se do vod dostávají prostředky pro ochranu rostlin, **splach (runoff)**. Pesticidy se tímto procesem dostávají do vod tak, že se rozpouští ve vodě nebo se váží na částice půdy. Ke splachu dochází, pokud je do půdy dodáno množství vody, které půda není schopna absorbovat. Pesticidy obsažené v povrchové vodě pak mohou poškodit živočichy a rostliny. Také mohou kontaminovat vodu podzemní. Množství pesticidů, které jsou odnášeny splachem, je závislé na struktuře a vlhkosti půdy, na množství srážek a na druhu pesticidu. Autoři uvádějí jako další proces, kterým se pesticidy dostávají do vod, tzv. **leaching** neboli **vymývání**. Tento proces je způsoben zavlažováním či prudkými dešti. Jde o transport přípravků na ochranu rostlin do vody přes půdu. Významnou roli zde má půdní druh. Písčité půdy mají oproti jílovitým půdám nízký obsah organického uhlíku. Z tohoto důvodu nejsou schopny absorbovat takové množství chemických látek (včetně pesticidů) jako půdy jílovité. Pohyb pesticidů v půdním prostředí je uskutečněn dvěma způsoby, a to difuzí či proudem vody. Voda následně může působit v rámci půdního tělesa jako transportní medium, ale také může kontaminovat vody podzemní i povrchové (Vlček & Pohanka 2011). Mezi faktory, které vymývání pesticidů podporují, lze řadit vysoké frekvence srážek, rozpustnost pesticidů nebo písčité podíly půdy (Larson et al. 1999). Argaval (2009) popisuje persistenci pesticidů jako schopnost dlouhodobě setrávat v půdním prostředí. Pesticidy se po jejich aplikaci rozkládají vlivem fyzikálních, chemických nebo biologických faktorů. Největší vliv na jejich rozklad má sluneční záření (fotolýza), vlhkost (hydrolýza), teplota (výpar), kyslík (oxidace) a také mikroorganismy nacházející se na povrchu rostlin či v půdě. Rychlost degradace pesticidů je za optimálních podmínek většinou ovlivňována převážně jejich fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Platí, že sorpce či desorpce pesticidů v půdě významně souvisí se zrnitostí, složením a obsahem humusu. Dále se předpokládá, že intenzita sorpce je tvořena přibližně z 66 % organickou hmotou a zbylých necelých 33 % tvoří jílová frakce. Jelikož je půdní organická hmota spíše heterogenní, její sorpční schopnosti spočívají v jejím množství i v její kvalitě. Sorpční kapacita půdy se zvyšuje s klesajícím pH. Pokud je ale hodnota pH vodného roztoku překročí hodnotu disociační konstanty pesticidu, pak dojde k jeho disociaci a pesticid se bude vyskytovat převážně ve formě aniontů. Anionty jsou od půdních částic a koloidů odpuzovány záporně nabitým povrchem půdních částic. Z tohoto důvodu se

v půdním prostředí pesticid stane mobilním. Je tedy možné říci, že riziko kontaminace povrchových a podzemních vod roste společně s vyšší intenzitou srážek, s nižší intenzitou sorpce nebo se sklonitostí terénu daného území (Vlček & Pohanka 2011).

V zemědělství je více než polovina pesticidů užívána jako ochrana úrody základních plodin jako je obilí, kukuřice či bavlna, sója nebo rýže. Při pohledu do historie využívání pesticidů lze říci, že se jejich vývoj od látek vysoce toxických a perzistentních přesunul k látkám, které nejsou toxické pro organismy, na které nejsou cílené. V přírodě se rozkládají rychleji, než tomu bylo na počátku jejich užívání a vývoje, a jsou také celkově méně škodlivé (Hon 2013). Shukla et al. (1998) uvádí, že přibližně kolem roku 1850 byly zavedeny dva insekticidy přírodního původu: jednalo se o rotenon z kořenů derrisu a pyrethrum z květů chryzantém. V dalších letech byly zaváděny nové látky, jež obsahovaly především těžké kovy (síru, rtuť či měď). Od těchto pesticidů zvaných první generace bylo ale postupně upouštěno z důvodu jejich vysoké toxicity a nízké účinnosti. Následná druhá generace pesticidů již představovala syntetické organické látky (Hond 2003). V současné době se na trhu vyskytují pesticidy, které by se neměly v životním prostředí kumulovat tak intenzivně jako prostředky předešlé, také by měly být lépe odbouratelné. Z insekticidů jsou v dnešní době významně používány syntetické pyrethroidy, organofosforové sloučeniny či karbamáty (Hajšlová & Kocourek 2004). Již od druhé poloviny 20. století je v podstatě nemožné si představit zemědělství bez pesticidů, které usnadňují růst produkce za relativně nízké náklady (Hond et al. 2003).

Ačkoli v některých zemích jsou některé pesticidy již zakázané, v rozvojových zemích tomu tak být nemusí. Problémem je rozdíl v jejich ceně, protože nové pesticidy jsou výrazně nákladnější. Tato situace pak vyvolává mnoho diskuzí a sporů, protože chemikálie nezůstanou pouze v místě použití, ale vlivem globální cirkulace mohou být přeneseny i tisíce kilometrů daleko (Felberová 2005). Zde je možné pro příklad uvést, že rezidua DDT (což je mimo jiné látka pro člověka potenciálně karcinogenní) byla nalezena v místech, kde samotné DDT nebylo nikdy použito, např. v grónském ledu (Kožíšek 2006).

Výnosy plodin by bez použití pesticidů byly nižší, dražší a měly by také horší kvalitu. V České republice se používá cca 250 takových látek, jež jsou evidovány v Registru přípravků na ochranu rostlin, který je veden Ústředním a kontrolním ústavem zemědělským. V této databázi jsou zahrnuty dle zákona č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči, přípravky registrované v České republice a společně s nimi i dovážené přípravky na ochranu rostlin (Zajíček et al. 2017).



### 3.2.3.1 Aplikace pesticidů

V současné době považují Kazda et al. (2010) chemické metody za nejvýznamnější způsob ochrany rostlin proti škodlivým organismům. Jako jejich významnou přednost uvádějí jejich rychlý způsob ochrany, který lze snadno uskutečnit. Také ale poukazují na skutečnost, že dlouhodobé užívání těchto prostředků s sebou může nést řadu nevýhod. Těmi je nebezpečí toxicity pro člověka i zvířata (domácí i volně žijící). Právě nesprávná aplikace zmíněných prostředků může negativně ohrozit veškeré složky životního prostředí. Dále autoři rozdělují aplikaci pesticidů na popraše, postřiky, mořidla, granulované přípravky.

Zajíček et al. (2017) uvádějí, že při nesprávné či nadměrné aplikaci se zvyšuje riziko vyplavování pesticidů do podzemních a povrchových vod. Liška et al. (2015) se zabývali průnikem pesticidů do podzemních a povrchových vod, kde mohou způsobit vážné ekotoxikologické problémy u vodní i terestrické bioty, a zhoršovat tak jakost samotné vody. Přetrvávající nebo stoupající výskyt koncentrací reziduí nebo metabolitů účinných látek, které se vyskytují často i v alarmujících koncentracích v hromadných zdrojích pitné vody, vyvolává potřebu tuto problematiku řešit. Například v povodí nádrže Švihov, která se nachází na Želivce a zásobuje pitnou vodou zhruba 15 % obyvatel České republiky, byl nalezen terbuthylazin, což je herbicid užívaný do kukuřice, linuron (také herbicid užívaný u silážní kukuřice, u brambor či u řepky) a acetochlor, což je herbicid používaný u silážní kukuřice. Právě tyto látky a jejich metabolity se často nachází v některých přítocích vodní nádrže Švihov, v některých sezónách se vyskytují v nadlimitním množství. Většinou se v podzemních i povrchových vodách nachází právě dobře rozpustné látky skupin triaziny, pyretroidy, deriváty močoviny, glyfosát. Právě plošné zdroje, jakými je odtok ze zemědělské půdy, mají největší podíl na tomto znečištění.

Dále Zajíček et al. (2017) popisují, že velký význam má také drenážní odtok, který je součástí mělkého podpovrchového odtoku, což ukazují nové a zlepšené možnosti pravidelného sledování jakosti vody (monitoringu). Drenáž neboli podzemní odvodnění je využívána především u těžkých půd, zamokřených podzemní vodou. Autoři také představují různé postupy, které jsou vhodné pro snížení vyplavování pesticidů z odvodněných zemědělských půd. Zde se jedná buď o vymezení enkláv zemědělské půdy, kde je vysoké riziko vyplavování pesticidů, nebo jde o šetrný management, jako je zatrávňování, užití osevních postupů se sníženým vstupem herbicidů, využití postupů precizního zemědělství nebo zvýšení organické hmoty v půdě. Brown et al. (2009) uvádějí, že transport pesticidů podzemními odtoky z místa aplikace může významně přispět ke znečištění povrchových vod.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2009/128/ES obecně požaduje dobrý chemický stav vody a také klade požadavek na udržitelné používání pesticidů v České republice. V současné době se vztahuje pouze na přípravky k ochraně rostlin, ale do budoucna se předpokládá rozšíření její působnosti i na biocidní přípravky. Seznam prioritních látek a jejich norem environmentální kvality je aktualizován Směrnicí Evropského parlamentu č. 2013/39/ES. Tato směrnice je v České republice implementována do nařízení vlády č. 23/2011 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, a jsou podle ní vymezeny limity 100 ng/l pro jednotlivé pesticidy spolu s jejich metabolity a limity 500 ng/l, jež platí pro součet jednotlivých pesticidů i jejich metabolitů. Pro podzemní vody platí podobné limity, které určuje vyhláška č. 264/2015 Sb., o vymezení hydrogeologických rajónů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod (Zajíček et al. 2017).

Při aplikaci pesticidů je třeba respektovat a dbát na shodu mezi zemědělským hospodařením a ochranou životního prostředí. Jde o tzv. kontrolu podmíněnosti neboli Cross compliance, na kterou se váží přímé platby zemědělcům. Používání přípravků pro ochranu rostlin se týká také dodržování Standardů dobrého zemědělského stavu půdy, konkrétně jde o dodržení ochranných pásů podél vodních toků, které definuje požadavky na zachování ochranných pásů podél vodních toků ve zranitelných oblastech. Záměrem tohoto opatření je ochrana vody před znečištěním, které pochází ze zemědělské činnosti a předcházení vzniku takového znečištění (Brown CD et al. 2009; Zajíček et al. 2017).

### **3.3 Právní normy k ochraně vod před znečištěním**

Ochrana povrchových a podzemních vod patří k jedné z nejdůležitějších environmentálních priorit a to proto, že by jakákoli kontaminace mohla způsobit riziko pro člověka i pro zvířata. Také by mohla poškodit např. akvatické biocenózy (Samsonová et al. 2005).

Vodní právo má jako odvětví správního práva na území České republiky dlouhou historii, neboť již na konci 18. století existovaly tzv. mlynářské řády a v 19. století byly vydány zemské vodní zákony (český, moravský, slezský). Český zemský vodní zákon platil do roku 1995 a následně byl nahrazen zákonem č. 11/1995 Sb., o vodním hospodářství. Dalším vodním zákonem byl zákon č. 138/1973 Sb., o vodách, jenž platil do 31. 12. 2001. Poté byl nahrazen dnes platným zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, jenž označujeme také jako Vodní zákon (Pokorný et al. 2006).

V České republice je uplatněn systém tzv. sdílených kompetencí, což znamená, že působnost ústředního správního orgánu sdílí pět ministerstev. Ministerstvo životního prostředí zajišťuje sledování stavu vod, ochranu jakosti vody, ochranu před povodněmi. Ministerstvo zdravotnictví spolu s ministerstvem životního prostředí vykonává působnost ústředního vodoprávního úřadu např. u vod využívaných ke koupání. Ministerstvo dopravy vykonává působnost ve věcech využívání povrchových vod k plavbě. Ministerstvo obrany vykonává působnost ústředního vodoprávního úřadu ve věcech, ve kterých je založena působnost újezdních úřadů. Působnost ministerstva zemědělství je vodním zákonem stanovena jako zbytková, a to pro úkony státní správy, kdy není taxativně stanovena působnost dalšího ústředního vodoprávního úřadu. Ministerstvo zemědělství zajišťuje správu více než 94,5 % délky vodních toků na našem území. Zhruba na 5,5 % vodních toků spravuje ministerstvo obrany, správy národních parků, právnické osoby či fyzické osoby (Ministerstvo zemědělství 2008).

### **3.3.1 Vodní zákon**

Nejdůležitějším a zároveň nejvýznamnějším zákonem, který řeší problematiku ochrany vod, je zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů - tzv. vodní zákon. Účelem vodního zákona je dbát na ochranu povrchových a podzemních vod, vytvářet podmínky pro snížení nepříznivých účinků sucha či povodní, stanovovat podmínky pro zachování a zlepšení kvality podzemních a povrchových vod, přispívat k ochraně vodních zdrojů, zajistit zásobování obyvatel pitnou vodou. Dále jsou zákonem upravovány vztahy k využívání podzemních a povrchových vod u osob fyzických a právnických, dále vztahy k stavbám a pozemkům s cílem zajistit trvale udržitelné užívání vod. V zákoně jsou také uvedeny látky nebezpečné i zvláště nebezpečné pro životní prostředí. Mezi zvláště nebezpečné látky patří rtuť a sloučeniny rtuti, kadmium spolu se svými sloučeninami, perzistentní syntetické látky nebo perzistentní uhlovodíky ropného původu. Mezi látky nebezpečné patří biocidy, kovy a jejich sloučeniny, fluoridy a kyanidy, fosfor elementární a také jeho anorganické sloučeniny (Zákon č. 254/2001 Sb., zákon o vodách a o změně některých zákonů).

### **3.3.2 Vodní rámcová směrnice**

Dne 22. prosince 2000 vstoupila v platnost Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ustanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky, tzv. rámcová směrnice. Tato směrnice je nejvíce ucelenou a také nejvýznamnější ucelenou právní úpravou

v oblasti vod. Jako důvod jejího vzniku byla deklarována snaha sjednotit způsoby ochrany vod a také prosazení jednotné péče o životním prostředí. Směrnice představuje nejvýznamnější legislativní nástroj v oblasti vody a má se stát hnací silou v celoevropském procesu ochrany vody, a to až do roku 2027. Dále tato směrnice zavazuje členské státy Evropské unie dosáhnout dobrého kvalitativního stavu vnitrozemských vod, dále brakických a pobřežních vod a také vod podzemních. Rámcová směrnice obsahuje soubor cílů, které předpokládají zachování udržitelného, spravedlivého i vyrovnaného využití vod. Tyto cíle mají dále vést ke snížení znečištění podzemních a povrchových vod, k ochraně mořských vod a také ke splnění mezinárodních závazků, jež se týkají toxických látek, které jsou následující:

- a) rozšíření oblasti činností zaměřených na ochranu vod
- b) zabránění v dalším znečištění, ochrana a zlepšení stavu vodních ekosystémů, a to s ohledem na jejich potřebu vody, stav suchozemských ekosystémů a stav mokřadů
- c) podpora trvale udržitelného využívání vod založeného na dlouhodobé ochraně dosažitelných vodních zdrojů
- d) přijetí specifických opatření pro kontrolu znečištění, které má za cíl snížit emise a úniky nebezpečných látek či jim plně zamezit
- e) snižování znečištění podzemních vod
- f) přispět ke zmírnění účinku při povodních a období sucha
- g) dosáhnout dobrého stavu vod před předem stanoveným termínem (Ministerstvo životního prostředí 2004)

### **3.3.3 Ochranná pásma**

Při užívání pesticidů je důležité respektovat pravidla a opatření, která bývají uváděna v návodech k jejich správné aplikaci. Každé použití pesticidů může způsobit nevratné změny nebo znamenat riziko pro životní prostředí (podzemní a povrchové vody), a to zejména v případě, že při jejich použití nejsou dodrženy zásady správné aplikace. Všechny přípravky před svým uvedením na trh prochází expertním hodnocením a povolovacím řízením. Při těchto řízeních musí být prokázáno, že použití pesticidů nemá nepříjemný vliv na jednotlivé složky životního prostředí. Vodní zdroje jsou před nebezpečnými látkami, které jsou součástí přípravků pro ochranu rostlin, chráněny tak, že se stanovují ochranná pásma. Touto problematikou se jako první zabýval § 19 zákona č. 138/1973 Sb., o vodách. Dle dikce původního zákona se užíval výraz pásma hygienické ochrany. Šlo o plošnou ochranu vodních zdrojů, jež byla stanovována pro podzemní a povrchové zdroje, které sloužily pro zásobování

pitnou i užitkovou vodou. Dělí se na pásma 1. a 2. stupně. Pásma 2. stupně bylo možné rozdělit na vnější a vnitřní část. Dále bylo možné u povrchových vodních zdrojů stanovit i 3. pásmo hygienické ochrany. Tato pravidla v určité době platí do dnešní doby (Ministerstvo zemědělství 2010).

V dnešní době je ochrana vody dle vodního zákona č. 254/2001 Sb. rozdělena na 3 základní typy: **1. typ** (ochrana obecná) zahrnuje všechna opatření pro zajištění ochrany vody a platí pro ni, že ji musí dodržovat každý občan České republiky; **2. typ** (ochrana zvláštní) zajišťuje vyšší stupeň ochrany než 1. typ. Stanovuje se pro vodohospodářsky významné nebo strategické oblasti, o které má zájem stát, a proto je chrání. Zde jde především o chráněné oblasti přirozené akumulace vod. **3. typ** (ochrana speciální) je stanovován právním předpisem § 30 Vodního zákona č. 254/2001 Sb. Území, která jsou ošetřena tímto předpisem, jsou zakreslena v katastrálních mapách, jedná se především o ochranná pásma vodních zdrojů (Ministerstvo zemědělství 2010).

Ochranná pásma jsou stanovována u vodních zdrojů, které jsou využívány pro zásobování pitnou vodou, kde průměrný odběr přesahuje 10 000 m<sup>3</sup>/rok, ne však pro vodu užitkovou, jako tomu bylo dříve u ochranných pásem hygienické ochrany.

Z hlediska používání pesticidů jsou ochranná pásma rozdělena takto:

1. **Ochranná pásma I. stupně** jsou určena k ochraně vodního zdroje v jeho bezprostředním okolí odběrného či jímacího zařízení. Použití prostředků je v tomto pásmu zcela vyloučeno.
2. **Ochranná pásma II. stupně** jsou tvořena vně I. ochranného pásma, ve kterém může být užití pesticidů přímo vyloučeno (při nesplnění národních kritérií), nebo jen omezeno. Kritéria jsou určována na základě vodního zákona a zákona o rostlinolékařské péči. Tato kritéria pak rozhodují, zda přípravek bude, či nebude z II. stupně vyloučen. Informace o použitelnosti či nepoužitelnosti přípravků na ochranu rostlin je možné najít na etiketách těchto přípravků (Ministerstvo zemědělství 2010).

### 3.3.4 Nitrátová směrnice

Nitrátová směrnice nebo také Směrnice rady 91/676/EEHS o ochraně vod před znečištěním způsobeným dusičnany ze zemědělských zdrojů je jednou ze směrnic Evropské unie, která byla vytvořena pro ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělství. Má za úkol vymezit zranitelné oblasti, což jsou takové oblasti, kde se nacházejí vody kontaminované dusičnany pocházejícími ze zemědělských zdrojů a kde je její plnění povinné.

Jejím cílem je snižovat znečištění vody způsobené dusičnany s původem ze zemědělských zdrojů a také předcházet dalšímu znečištění. Dále stanovuje nástroje ke snížení rizika znečištění vody dusičnany. Těmito nástroji v podmínkách České republiky rozumíme zásady správné zemědělské praxe zaměřené na ochranu vod před znečištěním dusičnany zemědělskými zdroji a akční program, který stanovuje účinná opatření v daných zranitelných oblastech a jehož požadavky se vztahují na zemědělce hospodařící ve zranitelných oblastech. Akční program se týká pouze vybraných objektů (např. místa skladování statkových hnojiv) nebo zemědělské půdy (např. vinice, chmelnice, orná půda nebo trvalé travní porosty). Akční program je každé čtyři roky přezkoumán, případně upraven. K takovému přezkoumání slouží údaje o bonitaci půdy. Plnění opatření akčního programu je povinné pro všechny zemědělce hospodařící ve zmíněných zranitelných oblastech. Mezi opatření akčního programu patří např. limity hnojení k jednotlivým plodinám jak v létě, tak i v zimě nebo zákaz hnojení v zimním období. Tyto nástroje mají za cíl zachovat udržitelný rozvoj zemědělství při současném dodržování principů ochrany přírody (Klír & Kozlovská 2012).

Nitrátová směrnice je v České republice implementována mezi tři národní předpisy, kterými jsou: Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (tzv. vodní zákon). V roce 2003 na základě jeho zmocnění vláda ustanovila Nařízení č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a o užívání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatřeních v těchto oblastech. Následně byl tento vládní předpis zrušen v roce 2012 novým nařízením vlády. V platnost vstoupilo Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu (toto nařízení může nově vymezovat zranitelné oblasti). Třetím národním předpisem, ve kterém je nitrátová směrnice implementována, je Zákon o hnojivech č. 156/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Od 1. ledna 2009 se dodržování uvedených podmínek promítá do tzv. Cross-compliance neboli kontrol podmíněnosti (Ministerstvo zemědělství 2009; Klír & Kozlovská 2012).

### **3.3.5 Legislativa k registraci a používání pesticidů**

Monitoring pesticidů v životním prostředí a v zemědělských produktech v České republice provádějí různé instituce. Například Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský odpovídá za monitorování půdy, Státní zemědělská a potravinářská inspekce je zodpovědná za sledování reziduí v potravinách, Státní zdravotní ústav má na starost sledování pitné vody (Samsonová et al. 2005).

- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009 ze dne 21. října 2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh a o zrušení směrnic Rady 79/117/EHS a 91/414/EHS (Ministerstvo zemědělství 2012a)
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/128/ES ze dne 21. října 2009, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství za účelem dosažení udržitelného používání pesticidů
- Směrnice 60/2000 ES, tzv. Rámcová vodní směrnice
- Zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů – reguluje např. používání mechanizačních prostředků k aplikaci látek pro ochranu rostlin (Ministerstvo zemědělství 2012b)

Národní akční plán ke snížení pesticidů vychází z ustanovení § 48 zákona č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů. Tento plán má za úkol stanovit kvantitativně měřitelné úkoly, dále průběžné a konečné cíle, podporuje vývoj i zavádění integrované ochrany rostlin, tzn. že upřednostňuje alternativnější přístupy ochrany rostlin. Dále stanovuje harmonogramy a opatření pro snižování rizik a omezení dopadů používání pesticidů na lidské zdraví a na životní prostředí. Předmětem národního akčního plánu ke snížení pesticidů jsou 3 oblasti. První se týká ochrany zdraví lidí, prevence otrav v důsledku používání přípravků či zdravotních rizik vzniklých v důsledku konzumace kontaminovaných potravin. Druhá oblast se zaměřuje na ochranu podzemních a povrchových vod a zdrojů pitné vody. Třetí oblast se týká ochrany živých organismů, které jsou zasaženy používáním pesticidů přímo i nepřímo (Zajíček et al. 2017).

Beresvill et al. (2014) uvádějí, že existuje mnoho opatření ke snižování rizik kontaminace vody pesticidy (obzvláště ze zemědělských zdrojů). Zároveň je rozděluje na opatření, která jsou vztažena k aplikaci látek, jako jsou šetrné postupy aplikace, precizní aplikace nebo snížení aplikovaných látek, opatření vztažena přímo k managementu a zpracování půdy a na opatření v krajině nebo na zemědělské půdě. Zajíček et al. (2017) řadí mezi opatření agrotechnické povahy např. postupy zpracování půdy, jež by měly mít za cíl zvyšování absorpce pesticidů v půdě. Dále jsou mezi tato opatření řazena využití osevních postupů, zatravnění lokalit nebo opatření redukcující vyplavování pesticidů z půdy, čehož lze dosáhnout zpracováním půdy nebo dodáním organické hmoty do půdy. Právě dodávání organických látek do půdy má z hlediska omezení vyplavování pesticidů velice kladné výsledky. Dle Jesus Marin Benito et al. (2018) je možné uvažovat o snížení vyplavování

pesticidů aplikací kompostu, a to vzhledem ke skutečnosti, že převážná většina pesticidů je v půdě vázána na organický uhlík.

Tento efekt byl zatím testován převážně laboratorně a lze říci, že v reálném provozu tyto pokusy zatím neproběhly (Herrero-Hernandez et al. 2015).

Opatření týkající se aplikací přípravků pro ochranu rostlin využívá mnoho zemí Evropy. Jsou zaměřena především na jejich vhodnou aplikaci a také na minimalizaci jejich úniků. Patří sem tedy opatření, jakými jsou zóny bez postřiků nebo omezení období aplikace, jehož cílem je zamezit aplikaci v období vyšších rizik (FOCUS 2007).

Vymezení zón bez postřiku je redukování emisí pesticidních látek, které se dostávají do ohrožených vodních ekosystémů. Do skupin, které mají za cíl snižování emisí, se řadí šetrné aplikační technologie, jež se zatím jeví jako perspektivní, ale ne zcela prozkoumané – např. tzv. precizní dávkování, dále pak omezení období aplikací, které mají za cíl zamezit aplikaci v období vyšších rizik vyplavení. Za opatření, která redukují vliv již vyplavených pesticidů, se považují náhrady použitého přípravku za jiný. Takový přípravek by měl mít kratší dobu poločasu rozpadu nebo by měl mít nižší toxicitu pro organismy, na které není cílený.

Slovenská asociácia ochrany rastlín (2013) popisuje preventivní opatření při používání přípravků na ochranu rostlin. Protože pesticidy obsahují účinné látky, mělo by se s nimi zacházet opatrně a měly by se používat správným způsobem. Jejich negativní účinky je možné minimalizovat v případě, že obsluha dodržuje uvedené pokyny na etiketách stejně tak, jako dodržuje preventivní ochranná a hygienická opatření. Nebezpečnost pesticidu určuje jeho toxicita, která je uvedena na etiketě a kterou vyjadřují výstražné symboly. Expozici ovlivňuje způsob, jakým obsluha přípravky používá, a dále závisí na technice aplikace, na plodině, která se má ošetřovat (hustota a výška porostu, podmínky pěstování), na době samotné aplikace, na aplikačním zařízení a na podmínkách při aplikaci (počasí, topografie terénu).

Trend spotřeby pesticidů je zobrazen v tabulce č. 4 níže.



Tabulka 4: Spotřeba přípravků na ochranu rostlin (kg, l)

Kategorie	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Zoocidy, mořidla</b>	646 929	714 250	868 799	898 475	1 031 817	1 405 577	1 454 677	1 117 902	1 106 035
<b>Herbicidy, desikanty</b>	6 378 536	6 537 167	7 296 644	7 649 274	6 978 787	6 334 267	5 986 093	6 108 874	6 046 744
<b>Fungicidy, mořidla</b>	2 811 733	2 831 152	3 262 315	3 286 430	3 796 376	3 611 868	3 588 704	3 782 240	3 896 299
<b>Regulátory růstu</b>	1 019 072	1 035 542	1 373 929	1 361 184	1 230 344	1 138 975	1 222 713	1 145 151	1 320 472
<b>Rodenticidy</b>	65 246	172 077	114 932	170 681	75 514	179 721	278 437	129 128	61 981
<b>Ostatní<sup>1)</sup></b>	308 722	297 715	419 754	459 703	524 532	470 522	501 390	526 529	409 697
<b>Celkem</b>	<b>11 230 238</b>	<b>11 587 903</b>	<b>13 336 373</b>	<b>13 825 729</b>	<b>13 637 370</b>	<b>13 140 930</b>	<b>12 732 014</b>	<b>12 809 824</b>	<b>12 841 228</b>

<sup>1)</sup>ostatní – pomocné prostředky pro ochranu rostlin, minerální oleje, repelenty aj.

Zdroj: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2018. Available from [http://eagri.cz/public/web/file/486841/Spotřeba\\_pripavku\\_na\\_ochranu\\_rostlin\\_\\_POR\\_\\_a\\_dalsich\\_prostredku\\_\\_DP\\_\\_v\\_letech\\_2009\\_2017\\_ceska\\_verze.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/486841/Spotřeba_pripavku_na_ochranu_rostlin__POR__a_dalsich_prostredku__DP__v_letech_2009_2017_ceska_verze.pdf)

### **3.4 Opatření zemědělské politiky k ochraně vod**

#### **3.4.1 Správná zemědělská praxe**

Eroze se jako jeden z přírodních činitelů výrazně projevuje v zemědělství. Jde o proces, kdy je půda vlivem větru nebo vody odnášena či rozrušována, což se projevuje až obnažením horninového podkladu. Současně také způsobuje zanášení vodních toků, nádrží, kanalizací a vodních staveb. Erozní smyvy jsou důsledkem především vodních toků (Tlapák et al. 1999).

Eroze půdy ochuzuje zemědělské půdy o jejich nejcennější část, tedy ornici, dále také významně zhoršuje její fyzikální vlastnosti nebo snižuje množství živin i organických látek obsažených v půdě (Kvítek & Tipl 2003). Eroze nepříznivě ovlivňuje produktivitu zemědělských plodin snížením dostupnosti vody, půdní bioty a půdní organické hmoty (Pimentel & Kounang 1998). Halecki et al. (2018) ve své publikaci uvádí, že eroze je hlavním problémem zejména v horských oblastech. Mezi příčiny eroze se řadí používání nevhodných plodin, jakou je např. kukuřice. Jako další příčinu označuje obhospodařování velkých lánů, a to z důvodu spojení menších polí ve větší celky. Negativní vliv přineslo také rozorání mezi a remízky v době kolektivizace. Eroze způsobuje ztrátu produkčních schopností ornice, tudíž zemědělci jsou nuceni intenzivně využívat chemická hnojiva (Státní pozemkový úřad 2018). Od ledna roku 2019 by měla být zavedena protierozní vyhláška, která zpřísní pravidla pro hospodaření na erozně ohrožených pozemcích. Např. zemědělci, kteří na mírně erozně ohrožených půdách pěstují rizikové plodiny, budou muset zakládat ochranné pásy, jež přeruší svažitý pozemek. Tím se odtok vody zpomalí a umožní sedimentaci unášených půdních částic (NAŠE VODA 2019).

Eroze půdy je významnou ekologickou hrozbou pro udržitelné a produkční zemědělství. Během posledních 40 let byla téměř jedna třetina světové orné půdy nenávratně ztracena erozí (Pimentel et al. 1995). I v současné době se vlivem půdní eroze ztrácí více než 10 milionů hektarů půdy ročně (Pimentel 2009). V případě, že úhrn a intenzita dešťových srážek převyšují infiltraci vody do půdy, dochází k povrchovému odtoku přebytečné vody. Vodní eroze způsobuje škody nejen na území, na kterém vzniká, ale i v celém povodí, a tak zhoršuje jakost vody. Eroze se zpočátku projevuje nenápadným smyvem s následnou tvorbou erozních rýh a stružek, kterou jsou schopny soustředit povrchový odtok či lokální nánosy zeminy, přičemž je odnášena ornice a půda je ochuzována o živiny (Morgan 2005).

Opakovaným výskytem eroze se ztráty půdních částic zvyšují. Výsledkem je tedy snížení půdní úrodnosti a zhoršení jejích fyzikálních vlastností (Dostál et al. 2004).

Dostál et al. (2004) dělí protierozní opatření na orných půdách takto:

- a) **Organizační opatření**, kam je řazena delimitace kultur zatravňováním či zalesněním, protierozní rozmíst'ování plodin dle osevních postupů, pásové střídání plodin a také změna velikosti nebo tvaru pozemku.
- b) **Agrotechnická opatření**, mezi která patří vrstevnicové obdělávání, mulčování, půdoochranné zpracování půdy a ponechávání organických zbytků na jejím povrchu, setí do ochranné brázdy či přerušované brázdování.
- c) **Technická opatření**, jež se rozdělují na terasování, protierozní nádrže, polní cesty, příkopy, průlehy či protierozní kanály.

**Opatření organizačního charakteru** nevyžadují příliš vysoké náklady, jejich podstatou je pěstování plodin s vysokým protierozním charakterem. Pro delimitaci kultur je kritériem z hlediska protierozní ochrany sklonitost území. Platí zde, že svahy s vyšším sklonem než 50 % by měly být zalesněny. Dále platí, že plochy se sklonem vyšším než 25 % by měly být chráněny trvalými travními porosty. Plodiny, které nejsou schopny ochránit půdu před erozí, by měly být umístěny na pozemcích rovinných nebo mírně sklonitých, a to nejvýše se sklonitostí do 8 %. Tvar a rozměry pozemků mají v protierozní ochraně významnou roli. Obdélník situovaný delší stranou po vrstevnici je ideálním tvarem pozemku. Pásové hospodaření je účinnější než vrstevnicové obdělávání půdy. Tvoří ho pásové střídání plodin a systém ochranných pásů. Jde tedy o obdělávání plodin ve směru vrstevnic v kombinaci se stejně širokými pásy plodin, které nejsou schopny dostatečně chránit půdu (např. kukuřice), s pásy plodin, které půdu chrání (např. trávy, pícniny). Šířka těchto pásů může být stejná nebo se volí dle šířky mechanizačních prostředků v závislosti na svažitosti (Kvítek & Tipll 2003).

**Opatření agrotechnického charakteru** navazují na opatření organizační, jejich účelem je hlavně zvýšit vsakovací schopnost půdy a vytvořit ochranu jejího povrchu především v období přívalových srážek, kdy širokořádkové plodiny nejsou schopny půdu krýt dostatečně. Vrstevnicové obdělávání spočívá v orbě po vrstevnicích nebo s malým odklonem od vrstevnic pomocí oboustranných otočných pluhů, které půdu překlápí proti svahu, a významně tak může přispět k ochraně půdy před erozí. Mimo orby k protierozní ochraně přispívají i další operace, jako je setí nebo sklizňové práce. Při ochranném obdělávání půdy se nechává nejméně 30 % rostlinných zbytků na povrchu půdy, což vede ke snížení eroze, místo orby je půda pouze kypřena. Posklizňové zbytky se zapravují jen částečně a na povrchu se tvoří mulč. Výhody ponechání rostlinných zbytků na povrchu půdy spočívají ve zvýšení půdní vlhkosti, zlepšení

infiltrace, snížení výparu, omezení eroze. Mezi nevýhody se řadí zvýšení možnosti zaplevelení, a tudíž i potřeba užití herbicidů, dále zvýšení počtu škůdců a rozšíření chorob rostlin (Kvítek & Tippl 2003).

**Opatření technického charakteru** jsou používána v případě, že erozi nelze snížit agrotechnickými ani organizačními opatřeními. Tato opatření jsou finančně vysoce nákladná. Lze je rozdělit na zemní úpravy a hydrografické prvky. Terasování, které patří mezi úpravy zemní, se užívá na extrémně svažitéch pozemcích, které mají sklon vyšší než 20 % a je považováno za krajní řešení, které je nutno zajistit pouze speciálními druhy rostlin. Ze zemních úprav lze také zmínit terénní urovnávky, kdy jde především o odstranění nerovností přesunem zeminy, čímž se sníží sklon pozemku. Výše zmíněné hydrografické prvky mají za cíl odvádět přívalové vody z malých povodí (Kvítek & Tippl 2003). Průlehy jsou používány k zachycení, infiltraci a k odvádění krátkodobého povrchového odtoku, který je způsoben přívalovými srážkami či náhlým táním sněhu. Protierozní příkopy se používají k doplnění hydrografické sítě a slouží k zachycování i k odvádění povrchové vody (Toy et al. 2002).

### **Zásady správné zemědělské praxe**

Zásadami rozumíme jednotlivá doporučení, jak hospodařit s ohledem na životní prostředí a jeho ochranu. Zásady shrnují takové požadavky na hospodaření, které mají za cíl omezit nadměrné zatěžování vod dusičnany. Tyto zásady jsou dobrovolné kromě oblastí vymezených jako zranitelné, za jejich plnění zemědělci nedostávají odměny. Pokud je ale poruší, tak jim mohou být omezeny podpory pocházející především ze zdrojů Evropské unie. Zásady mají za cíl dosáhnout jejich plnění na celém území České republiky. Dále by měly obsahovat požadavky, které se týkají postupů aplikace hnojiv na zemědělských půdách, např. jejich množství, způsob aplikace, topografie terénu, zamrzlé nebo podmáčené podloží, anebo se týkají zařízení, která jsou určena pro skladování statkových hnojiv. Doporučeno je také přijmout opatření, jež se týkají managementu využívání půd nebo vypracování plánů hnojení, zavlažování ploch, dále také opatření osevních postupů či využívání poměrů plochy vymezené pro kultury trvalé a jednoleté. Každý stát si sám nastaví opatření dle svých vlastních zkušeností a podkladů, aby byla pro dané oblasti co nejvíce účinná (Samsonová et al. 2005).

Cílem zásad správné zemědělské praxe pro ochranu vod před znečištěním ze zemědělských zdrojů je omezit úniky dusičnanů do povrchových a podzemních vod. Opatření, která jsou v zásadách uvedena, je vhodné uplatňovat na celém území České republiky. Akční program, což jak bylo zmíněno výše, je povinnou částí nitrátové směrnice, ale platí jen ve zranitelných oblastech. Jelikož je území České republiky výrazně členité, je nutné, aby akční

program byl dle toho různě diferenciován, tudíž mohou existovat některá doporučení, která jsou uvedena v zásadách v rozporu s akčním programem (Dostál et al. 2004).

### **Období nevhodná ke hnojení**

Hnojiva i statková hnojiva lze na zemědělské půdě použít jen v případě, kdy nehrozí přímé vyplavení či povrchový smyv dusíku do vody. Účinnost dodávaných živin a jejich využití rostlinami závisí na typu hnojiv i statkových hnojiv, na termínu jejich aplikace, na klimatických podmínkách, topografii terénu a pěstovaných plodinách. Používání ostatních statkových hnojiv, které zásady neuvádí, se řídí dle poměru uhlíku k dusíku, tedy C : N. V případě, že je tento poměr C : N v takovém hnojivu vyšší nebo roven hodnotě 10, pak platí doporučení jako při používání hnoje a kompostu. Pokud hodnota poměru C : N nabývá nižších hodnot než 10, pak jsou zásady stejné jako u tekutých statkových hnojiv (Dostál et al. 2004).

### **Používání hnojiv na svažitých pozemcích**

Problémem svažitých pozemků je zvýšené riziko znečištění vod, a to díky půdní erozi, povrchovým smyvem hnojiv či vyplavováním dusičnanů podpovrchovým odtokem. Výše množství vyplaveného dusíku je závislá na místních podmínkách, které jsou charakterizovány:

- půdně-klimatickými podmínkami
- tvarem pozemku
- délkou, členitostí, expozicí svahu
- pěstovanými plodinami
- použitými hnojivy

Na těžkých jílových půdách je zvýšené riziko povrchového odtoku oproti lehkým půdám s dobrou infiltrací. Aby se předcházelo ztrátám dusíku, je důležité především na svažitých orných půdách při sklonitosti nad 3° bez porostu zapravovat dusíkatá hnojiva do půdy. Na půdách bez rostlinného pokryvu při sklonitosti vyšší než 12° je aplikace dusíkatých hnojivých látek naopak nevhodná (výjimkou je neprodleně zapravený hnůj nebo kompost). Na půdách, které jsou ohroženy erozí, je doporučeno dodržování vhodných agrotechnických protierozních opatření, která odpovídají stanovištním podmínkám (Dostál et al. 2004).

### **Použití hnojiv na podmáčených či promrzlých půdách**

Při nepříznivých půdních a povětrnostních podmínkách hrozí riziko vyplavení dusíkatých látek na orných půdách, na loukách i na pastvinách. Zaplavené pozemky nebo pozemky přesycené vodou nelze hnojit. Pokud jsou půdy promrzlé do hloubky vyšší než 8 cm, pak hrozí značné riziko povrchového odtoku. To platí, i pokud je půda pokryta vrstvou sněhu ve výšce 5 cm a více. Za těchto podmínek tedy není možné používat žádná hnojiva ani hnojiva statková (zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech ve znění pozdějších předpisů).

Dostál et al. (2004) připomínají, že pokud je půda promrzlá jen na povrchu a přes den rozmrzá, pak je možné hnojit při dodržení opatření, které zabraňují smyvům hnojiv minerálních i statkových. Tento způsob se uplatňuje např. v předjaří, při regeneračním hnojení řepky, která je náročná na přísun dusíku po obnovení vegetace.

### **Podmínky aplikace minerálních a statkových hnojiv v blízkosti povrchových vod**

Při používání minerálních a statkových hnojiv na zemědělské půdě je třeba zabránit jejich přímému vniknutí do vod povrchových (Vyhláška č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv).

Pro ochranu vody je důležité uchovávat původní porost v šířce alespoň 1 m od břehu. Aby bylo zamezeno vniknutí minerálních či statkových hnojiv do vody, je zapotřebí přizpůsobit jejich aplikaci aktuálním povětrnostním podmínkám, druhu hnojiva a jeho skupenství, jeho vlastnostem, dále také charakteru samotného břehu. Pozemky se sklonitostí vyšší než 7° by se neměly hnojit ve vzdálenosti 25 m od břehové čáry, dále se na těchto pozemcích nedoporučuje pěstovat širokořádkové plodiny, jako jsou brambory, kukuřice nebo slunečnice, a to z důvodu ochrany vody před znečištěním a půdy před erozí. Pozemky nacházející se v zaplavovaných územích lze hnojit až po ukončení období jarního tání, kdy už nehrozí riziko možných povodní (Dostál et al. 2004).

Z důvodu zvýšené ochrany vod je třeba vymezit 3 m široký, nehnojený ochranný pás. Toto ustanovení není vztaheno na výkaly či moč zanechané hospodářskými zvířaty při pastvě nebo na sklíditelné rostlinné zbytky (Klír & Kozlovská 2012).

### **Skladování statkových hnojiv**

V případě správného hospodaření nesmějí ze stájí a skladišť statkových hnojiv ani z jiných faremních prostor volně vytékat látky závadné pro vody (např. močůvka, hnojůvka). (Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách).

Skladovací prostory jsou budovány pro období, kdy statková hnojiva nelze používat, ať už s ohledem na půdně-klimatické podmínky či pouze v období nevhodném ke hnojení (Dostál et al. 2004). Minimální kapacita skladovacích prostor pro statková hnojiva je stanovena vyhláškou č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv, ve znění pozdějších předpisů. V návaznosti na tuto vyhlášku Klír & Kozlovská (2012) poukazují na skutečnost, že vzhledem ke klimatickým podmínkám České republiky i s cílem efektivního využití statkových hnojiv v nevhodnějších obdobích je doporučována skladovací kapacita minimálně na šestiměsíční produkci, a to s výjimkou tuhých statkových hnojiv uložených na zemědělském pozemku a hnojůvky. Každý, kdo se závadnými látkami zachází, musí učinit taková opatření, aby tyto látky nemohly vniknout do vod povrchových ani podzemních. Tato povinnost vyplývá z vodního zákona. Dle vyhlášky č. 264/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv je nutné, aby byly sklady zabezpečeny nepropustnou úpravou proti úniku těchto látek do vod podzemních. Tekutá statková hnojiva, kapalná organická hnojiva i organominerální hnojiva se skladují v nepropustných nadzemních či částečně zapuštěných nádržích nebo v zemních jámkách. Tuhá statková hnojiva vzniklá při ustájení hospodářských zvířat či tuhá organická hnojiva je doporučeno ukládat na zemědělském pozemku nejdéle po dobu 12 měsíců a na stejném místě je doporučeno uložit tato hnojiva znovu nedříve po dobu 4 let.

Uložení hnoje před jeho rozmetáním na okraji pozemku je možné, pokud jsou splněny základní požadavky, jako např. uložení hnoje netrvá déle než 9 měsíců. Polní hnojiště se nezakládají na svažitých pozemcích, na propustném podloží nebo v blízkosti vodního zdroje a vodních toků (Dostál et al. 2004).

### **Hospodaření s půdou a omezení doby bez rostlinného pokryvu**

Při pěstování jednoletých plodin je doporučeno omezit dobu mezidobí bez porostu, kdy hrozí zvýšené riziko vyplavování živin nebo eroze půdy. Při obnově trvalých travních porostů nebo po zaorávce jetelovin je třeba vysévat následné plodiny v nejbližším agrotechnickém termínu. Dále se doporučuje používat půdoochranné technologie. Pokud po jetelovinách následuje jarní plodina, pak je nutné porost jetelovin na podzim zaorat co nejpozději. Právě podzim je z hlediska tvorby dusičnanů rizikový. Nebezpečný je právě rychlý rozklad organické hmoty v půdě, který následuje po provzdušnění půdy právě po podzimní orbě. V přítomnosti rostlin může být vzniklý minerální dusík částečně odčerpán, a tím může být omezeno jeho následné vyplavení v zimním období. Vhodné pak může být vynechání podmítky a posunutí termínu zaorávky jetelovin do pozdějšího období, kdy je rozklad zpomalen při nižších

teplotách. Množství dusičnanů v půdě a jeho ztráty jsou tudíž ovlivněny nejen hnojením, ale také půdními vlastnostmi, způsobem jejího zpracování a také termínem (Dostál et al. 2004).

### **Používání minerálních a statkových hnojiv a plány hnojení**

Základem správného hospodaření se živinami je bilancování a vyváženost. Významnou část živin totiž lze při správném hospodaření se statkovými hnojivy do půdy navracet zpět a tím je možné ušetřit peníze za nákup hnojiv, nezbytných pro nahrazení živin odebraných z půdy již sklizenými plodinami. Pro zlepšení hospodaření se živinami bývá doporučováno vypracování plánů hnojení, a to včetně programů používání statkových hnojiv. Plánem hnojení je myšleno stanovení dávek živin s předpokládanými termíny jejich aplikace na jednotlivých pozemcích. Tento program obsahuje údaje o předpokládaném používání statkových hnojiv na jednotlivých pozemcích a přiloženou mapu v měřítku 1 : 25 000 či podrobnější, a to včetně míst skladování hnoje ještě před jeho aplikací. Při návrhu tohoto plánu je třeba dbát na půdně-klimatické podmínky, potřebu rostlin i na omezení, která vyplývají z platné legislativy (Dostál et al. 2004).

V zákoně č. 156/1998 Sb., o hnojivech, je řečeno, že je třeba vést a uchovávat nejméně 7 let přehlednou evidenci o množství, druhu i o době aplikace minerálních hnojiv, statkových hnojiv i použití aktivovaného kalu dle jednotlivých pozemků a let. Toto opatření je nutné pro možnost kontrol i pro vlastní potřebu.

### **Postupy potřebné při zavlažování**

Intenzita závlah by měla být nižší, než je rychlost průsaku vody prokořeněnou částí půdního profilu, a závlahová dávka by neměla přesáhnout retenční kapacitu půdy. Při hnojivých závlahách jsou třeba doplňkové závlahy, proto je třeba dávku vody a hnojiv citlivě kombinovat a dělit na dávky dílčí podle plodiny a podle podmínek stanoviště. Utužení půdy nebo zhoršení půdního škrálopu lze předejít kultivací půdy (Dostál et al. 2004).

### **3.4.2 Dobrý zemědělský a environmentální stav půdy (DZES)**

Koncepce dobrého zemědělského a environmentálního stavu (Good Agricultural and Environmental Condition) byla zavedena reformou společné zemědělské politiky v roce 2003 v rámci podmíněnosti a byla prováděna členskými státy od roku 2005. Zahrnuje účely zachování zemědělské politiky, aby se zabránilo opouštění zemědělské půdy a byla zajištěna udržitelnost životního prostředí (Anglieri et al. 2011).

Od roku 2005 do roku 2009 platilo v České republice 5 standardů DZES. Těchto 5 standardů se týkalo zákazu rušení či narušování krajinných prvků, zákazu pěstování kukuřice,



brambor či řepy na půdních blocích s průměrnou sklonitostí nad 12°, zákazu přeměny travního porostu na ornou půdu a zákazu pálení rostlinných zbytků a půdních blocích. V letech 2005 až 2014 byly standardy Dobrého zemědělského stavu definovány členskými státy Evropské unie, který je stanoven v příloze č. III nařízení Rady (ES) 73/2009. Tento rámec zahrnoval celkem 5 tematických okruhů:

1. Eroze půdy – GAEC 1, GAEC 2
2. Organické složky půdy – GAEC 3, GAEC 4
3. Struktura půdy – GAEC 5
4. Minimální úroveň péče – GAEC 6, GAEC 7, GAEC 8, GAEC 9
5. Ochrana vody, hospodaření s ní – GAEC 10, GAEC 11, GAEC 12 (Ministerstvo zemědělství 2019c).

Od roku 2015 došlo v souvislosti s novým programovacím obdobím Společné zemědělské politiky 2014-2020 ke změnám v podmínkách standardů a ke sloučení některých standardů, k přečíslování či změně označení. Z tohoto důvodu dochází ke snížení celkového počtu platných standardů na sedm, jimiž jsou:

1. Ochranné pásy podél vodních toků
2. Zavlažovací soustavy
3. Ochrana podzemních vod před znečištěním
4. Minimální pokryv půdy
5. Minimální úroveň obhospodařování půdy k omezení eroze
6. Zachování úrovně organických složek půdy, včetně zákazu vyplavování strnišť
7. Zachování krajinných prvků a opatření proti invazivním druhům rostlin (Ministerstvo zemědělství 2019b).

### **Standardy DZES (GAEC) k ochraně vody**

#### **Založení ochranného pásu podél vodních toků – GAEC 1**

Tento standard řeší ochranu jakosti podzemní vody, aby ochranné břehové pásy byly schopny zachytit smyvy ze zemědělských půd, které jsou často nasyceny zbytky dusíkatých látek. Jeho záměrem je tedy ochrana vod před znečištěním původem ze zemědělské činnosti a také předcházení takovému znečištění. Podmínka říká, že je třeba, aby byly založeny ochranné pásy podél vodních toků, a to uvnitř i vně zranitelných oblastí. Pás nehnojené půdy je stanoven nařízením vlády č. 262/2012 Sb., pro hospodaření ve zranitelných oblastech. Standard zahrnuje 3 požadavky na pás nehnojené půdy, jimiž jsou:

- Šířka nejméně 3 m od břehové čáry na pozemku, kde průměrná sklonitost převažuje 7°

- Šířka nejméně 25 m od břehové čáry na zbylých pozemcích s tím, že zde nebudou použita tekutá hnojiva s rychle uvolnitelným dusíkem
- Dodržení stanovené bezpečné vzdálenosti při aplikaci přípravku na ochranu rostlin (Ministerstvo zemědělství 2019d).

#### Povolení pro udržování zavlažovacích soustav – GAEC 2

Tento standard se vztahuje na žadatele, kteří k zavlažování využívají technická zařízení, pro jejichž provoz je třeba dodávat mechanickou, elektrickou či jinou energii. Podmínka zahrnuje požadavek na držení povolení k nakládání s vodami pro tyto uživatele. Účelem tohoto standardu je tedy zabránit nedostatku podzemní vody (Ministerstvo zemědělství 2019d).

#### Ochrana podzemních vod proti znečištění – GAEC 3

Standard zahrnuje požadavky stanovené § 38 vodního zákona a § 39 vodního zákona k ochraně vod povrchových a podzemních a životního prostředí při manipulaci, skladování a vypouštění závadných látek. Každý zemědělec, který se závadnými látkami nakládá, je povinen učinit přiměřená opatření, aby tyto látky nevnikly do povrchových ani do podzemních vod. Dále je tento standard doplněn o požadavek na technický stav jímek určených pro tekutá statková hnojiva (kejda, močůvka apod.) a pro kapalná organická hnojiva (digestát) (Ministerstvo zemědělství 2019d).

#### **Kontrola podmíněnosti**

Kontrola podmíněnosti představuje systém, který vyplácí přímé platby a podpory. V České republice je zavedena již od 1. ledna 2009. Systém kontroly podmíněnosti zahrnuje různé evropské finanční podpory, jež jsou určeny pro zemědělské subjekty, které žádají o přímé platby či podpory Programu rozvoje venkova. Od 1. ledna 2009 je v České republice vyplácení přímých podpor či dotací podmíněno plněním standardů udržování půdy v Dobrém zemědělském a environmentálním stavu, dále dodržováním povinných požadavků v oblasti životního prostředí, zdraví zvířat a rostlin, veřejného zdraví a také minimálních požadavků v rámci agroenvironmentálních opatření. Při porušení podmínek v průběhu určitého roku může žadatel na základě kontroly plnění přijít dokonce i o celou podporu. V České republice má plnění určitých požadavků na starost 6 dozorových organizací (Ministerstvo zemědělství 2019b).

### **3.4.3 Ekonomické aspekty ochrany vod**

Finanční podpory v oblasti vodního hospodářství zahrnují vybrané národní a nadnárodní dotační programy s vazbou na vodní hospodářství. V roce 2017 státní podpora dosahovala výše 5 mld. Kč, ministerstvo zemědělství se na této části podílelo z necelých 61 %, ministerstvo životního prostředí z 34 % a ministerstvo dopravy necelými 6 %. Ministerstvo zemědělství zavedlo v roce 2017 osm dotačních národních či nadnárodních programů, které jsou zaměřeny na vodní hospodářství. Celkově byly čerpány finanční prostředky ve výši cca 3 mld. Kč. Například programu Podpora výstavby a technického zhodnocení infrastruktury vodovodů a kanalizací poskytlo Ministerstvo zemědělství finanční prostředky ve výši 1 594,4 mil. Kč, program Prevence před povodněmi III byl podpořen 655,3 mil. Kč. Ministerstvo životního prostředí poskytovalo v roce 2017 v rámci národních a nadnárodních dotačních titulů finanční podporu ve výši 1 659,1 mil. Kč. K tomu ještě Státní fond životního prostředí poskytl finanční podporu v hodnotě 43,7 mil. Kč. Celkově tedy v resortu Ministerstva životního prostředí byly poskytnuty finanční prostředky ve výši 1 702,8 mil. Kč, z této částky Ministerstvo životního prostředí poskytlo finanční podporu ve výši 1 582,68 mil. Kč pro Operační program Životní prostředí 2014-2020, a to v rámci programů spolufinancovaných z fondů Evropské unie. Tento program navazuje na Operační program Životní prostředí 2007-2013 a dělí se na 4 prioritní osy, mezi které je jako první řazena prioritní osa I, týkající se zlepšování kvality vod a snižování rizika povodní (Ministerstvo zemědělství 2018).

## 4 Závěr

Pravidelná kontrola povrchových i podzemních vod nám v současné době poskytuje aktuální výsledky, které poukazují na skutečnost, že se kvalita povrchových i podzemních vod na území České republiky od minulého století celkově zlepšila. Většinu ze sledovaných povrchových vod již hodnotíme jako neznečištěné či mírně znečištěné, i přesto se však v některých lokalitách České republiky stále nalézají vody velmi silně znečištěné.

V současné době je míra užívání hnojiv a přípravků na ochranu rostlin předmětem rozsáhlé diskuze na odborné i laické úrovni. Nelze však zpochybňovat skutečnost, že je jejich používání nezbytné pro splnění požadavku, aby zemědělství produkovalo dostatečné množství nutričně hodnotných a zdravotně nezávadných potravin pro stále narůstající populaci. Je proto na místě racionální a ohleduplné využití hnojiv a těchto přípravků. Jsou-li tedy při aplikaci hnojiv a pesticidů ignorovány moderní agrotechnické poznatky (dávkování, termín použití atd.), může dojít ke znečištění vod a také vstupu škodlivých látek do potravinového řetězce. Je tedy nezbytné dodržovat a respektovat pravidla a opatření pro jejich správnou aplikaci. Z toho důvodu jsou u mnohých vodních zdrojů stanovována ochranná pásma, která aplikaci pesticidů regulují. Mezi hlavní rizika kontaminace vody patří jejich nadměrné aplikování nebo jejich únik při nevhodném skladování. Minerální hnojiva se ve srovnání s organickými hnojivy snadněji splavují do povrchových vod a také infiltrují do podzemních vod. Se znečištěním podzemních a povrchových vod jistě souvisí i klesající stavy hospodářských zvířat. Klesá produkce statkových hnojiv a do půdy se tak dostává méně organických látek, které zlepšují půdní úrodnost. Půda pak hůře váže vodu a v ní rozpuštěné látky.

V České legislativě jsou zakotveny předpisy (směrnice, vyhlášky aj.), které regulují hospodaření s vodami. Mimo tato právní ustanovení v České republice platí také tzv. Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu, které jsou součástí zemědělské politiky Evropské unie. Na plnění těchto standardů za péči o půdu a krajinu jsou zemědělcům poskytovány odměny ve formě dotací. Mají tedy za cíl motivovat zemědělce k šetrnému užívání půdy.

Pro předcházení znečištění vod ze zemědělských zdrojů je důležité zachycovat vodu v půdě a krajině, omezit erozi půdy a bránit smyvům půdy do okolních vod. Toho lze docílit používáním daných opatření obsažených v Zásadách správné zemědělské praxe, jako je zakládání pásové vegetace, zatravnění některých lokalit, využívání osevních postupů, případně změna tvaru a velikosti pozemku. Dále je nezbytné hnojiva správně skladovat a aplikovat je jen v období, kdy nehrozí jejich přímé vyplavení z půdy.

## 5 Literatura

- Agarwal SK. 2009. Pesticide pollution. APH Publishnig Corporation. New Delhi.
- Anglieri V, Loudjani P, Serafini F. 2011. GAEC implementation in the EU: situation and perspectives. *Italian Journal of Agronomy* **6**:6-9.
- Arriaga FJ, Guzman J, Lowery B. 2017. Conventional Agricultural Production Systems and Soil Functions. Pages 109-125 in Al-Kaisi MM, Lowery B, editors. *Soil health and intensification of agroecosystems*. Academic Press, an imprint of Elsevier. Boston.
- Bedrna Z. 1989. Substráty na pestovanie rastlín. *Príroda*. Bratislava
- Benešová L, Čihálik J. 1992. Znečišťování vod. Pages 38-55 in Čihálik J. *Vliv zemědělství na životní prostředí*. Brázda. Praha.
- Bennet EM, Carpenter SR, Caraco NF. 2001. Human Impact on Erodable Phosphorus and Eutrophication: A Global Perspective: Increasing accumulation of phosphorus in soil threatens rivers, lakes, and coastal oceans with eutrophication. *BioScience* **51**:227-234.
- Bereswill R, Streloke M, Schulz R. 2014. Risk mitigation measuers for diffuse pesticide entry into aquatic ecosystems: proposal of guide to identify appropriate measuers on a catchment scale. *Integration environmental assessment and management* **10**:286-298.
- Briggs SA, Council RC. 1992. *Basic Gueide To Pesticides: Their Characteristic And Hazards*. Taylor & Francis. Washington.
- Brown CD, Beinum van W. 2009. Pesticide Transport via sub-surface drains in Europe. *Environmental pollution* **157**:12.
- Canter LW. 1996. *Nitrates in groundwater*. Lewis publishers. United States of America.
- Cílek V, Just T, Sůvová Z. 2017. *Voda a krajina. Kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině*. Dokořán, s.r.o. Praha.
- Cooper T, Hart K, Baldock D. 2009. *The public goods from agriculture in the European Union*. Institute for European Environmental Polici. London.
- Dostál J, Haberle J, Klír J, Kozlovská L, Kvítek T, Růžek P. 2004. *Zásady správné zemědělské praxe zaměřené na ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů*. Ministerstvo zemědělství ČR v Ústavu zemědělských a potravinářských informací. Praha.

- Ehrlich P, Hladný J, Knopp J. 2006. Voda v zemědělství. Pages 62-65 in Němec J, Hladný J, editors. Voda v České republice. Consult. Praha.
- Felberová L. 2005. Kumulativní jedovaté látky ve vodách. Pages 254-257 in Bartych. Živel voda. Agentura koniklec. Praha.
- Flowerdew B. 2010. Composting: Bob's Basics. Skyhorse Publishnig. New York.
- Gadasová D. 1997. Veřejná správa: vody a jejich právní ochrana. Vydavatelství Univerzity Palackého. Olomouc.
- Glennon R. 2002. The Perils of Groundwater Pumping. Issues in Science and Technology **19**:73-79.
- Guang-Guo Y. 2018. Environmental risk assessment. Pages 67-79 in Meastroni B, Cannavan A, editors. Integrated Analytical Approaches for Pesticide Management. Elsevier Science Publishing Co Inc. San Diego.
- Halecki W, Kurk E, Ryczek M. 2018. Loss of topsoil and soil erosion by water in agricultural areas: A multi-criteria approach for various land use scenarios in the Western Carpathians using a SWAT model. Land use policy. Science direct **73**:363-372.
- Herrero-Hernandez E, Marín-Benito JM, Andrades MS, Sánchez-Martín MJ, Rodríguez-Cruz MS. 2015. Field versus laboratory experiments to evaluate the fate of azoxystrobin in an amended vineyard soil. Journal of Environmental Management **163**:78-86.
- Hignet TP. 1985. Fertilizer manual. Springer-Science+Buisness media, B.V. Dordecht.
- Hon Z. 2013. Základy toxikologie pro obor vodního hospodářství. Vysoká škola evropských a regionálních studií, o.p.s. České Budějovice.
- Hond den Frank, Groenewegen P, Straalen van NM. 2003. Pesticides: problems, improvements, alternatives. Blackwell Science. Oxford.
- Howarth W. 1988. Water pollution law. Shaw&Sons. London.
- Hubáčková J. 2005. Vodárny a vodovody. Pages 236-239 in Bartych. Živel voda. Agentura koniklec. Praha.
- Hůla J, Procházková B. 2008. Minimalizace zpracování půdy. Prodi Press Praha.
- Isherwood KF. 1998: Fertilizer Use and the Environment. International Fertilizer Industry Association. Paris.
- Ivanič J, Havelka B, Knop K. (1984): Výživa a hnojení rostlín. Příroda. Bratislava.

- Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. Encyklopedie ochrany rostlin. Profi Press s.r.o. Praha.
- Kender J. 2000. Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny. Enigma. Praha.
- Klír J, Kozlovská L, 2012. Správná zemědělská praxe pro ochranu vod před znečištěním. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i. Praha.
- Kovář L. 2008. Tajemství vody. H&H. Jinočany.
- Kožíšek F, Pomykacova I, Jeligova H, Cadek V, Svobodova V. 2013. Survey of human pharmaceuticals in drinking water in the Czech Republic. *Journal of Water and Health* **11**:84-97.
- Kučera J. 2005. Znečištění vody hnojícími organickými látkami. Pages 250-251 in Bartych. *Živel voda*. Agentura koniklec. Praha.
- Kunzová E. 2009. Výživa rostlin a hnojení fosforem – metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha.
- Kunzová E. 2010. Výživa rostlin a hnojení draslíkem – metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha.
- Kvítek T, Tippl M. 2003. Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha.
- Larson SJ, CapelPD, Majewski MS. 1999. Pesticides in Surface Waters: Distribution, Trends and Governing Factors. CRC-Press. Chelsea, Michigan.
- Liška M, Fučík P, Dobiáš J, Wildová P, Koželuh M, Válek J, Soukupová K, Zajíček A. 2015. Problematika výskytu pesticidních látek v povrchových vodách v povodí vybraných vodárenských zdrojů. *Vodní hospodářství* **65**:1-6.
- Luňák S. 2005. Voda z chemického hlediska. Pages 170-177 in Bartych. *Živel voda*. Agentura koniklec. Praha.
- Matoušková M. 2005. Podzemní voda. Pages 78-79 in Bartych. *Živel voda*. Agentura Koniklec. Praha.
- Marín-Benito JM, Barba V, Ordax JM, Andrades MS, Sánchez-Martín MJ, Rodríguez-Cruz MS. 2018. Application of green compost as amendment in an agricultural soil: Effect on the behaviour of triasulfuron and prosulfocarb under field conditions. *Journal of Environmental Management* **207**:180-191.

- Ministerstvo životního prostředí. 2004. Implementace rámcové směrnice EU pro vodní politiku v České republice. Ministerstvo životního prostředí odbor ochrany vod. Praha.
- Ministerstvo zemědělství. 2008. Informační systém VODA České republiky. Ministerstvo zemědělství. Praha.
- Morgan RPC. 2005. Soil Erosion and Conservation. Blackwell Publishing. USA.
- Myslil et al. 1999. VODA ZEMĚ ŽIVOT. Ministerstvo životního prostředí. Praha.
- Myslil V. 2011. Podzemní voda. Pages 214-221 in Kleczek. Voda ve vesmír, na zemi, v životě a v kultuře. Radioservis. Praha.
- Nesměrák I. 2006. Vodovody a kanalizace. Pages 51-57 in Němec J, Hladný J, editors. Voda v České republice. Consult. Praha.
- Nováček P. 2011. Udržitelný rozvoj. Univerzita Palackého v Olomouci. 2. vydání. Olomouc.
- Novotny V. 2003. Water quality: Diffuse Pollution and Watershed Management. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- Tlapák V, Šálek J, Legát, V. 1992. Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda. Praha.
- Petersen SO, Sommer SG, Béline F, Burton C, Dach J., Dourmad YA, Liep A, Misselbrook T, Nicholson F, Polsen H D, Provolo G, Sørensen P, Vinneras B, Weiske A, Bernal MP, Böhm R, Juhász C, Mihelic R. 2007. Recycling of livestock manure in a whole-farm perspective. *Livestock Science* **112**:180-191.
- Petr J, Dlouhý J. 1992. Ekologické zemědělství. Zemědělské nakladatelství Brázda. Praha.
- Pimentel D, Havrey C, Resosudarmo P, Sinclair K, McNair M, Crist S, Shpritr L, Fitton L, Saffouri R, Blair R. 1995. Environmental and economic cost of erosion and conservation benefits. *Science* **267**:1117-1123.
- Pimentel D, Houser J, Preiss E, White O, Fang H, Mesnick L, Barsky T, Tariche S, Schreck J, Alpert S. 1997. Water Resources: Agriculture, the Environment, and Society. *BioScience* **2**:97-106.
- Pimentel D, Kounang N. 1998. Ecology of Soil Erosion in Ecosystems. *Ecosystems* **1**:416-426.
- Pimentel D, Berger B, Filiberto D, Newton M, Wolfe B, Karabinakis E, Clark S, Poon E, Abbet E, Nandagopal S. 2004. Water Resources: Agricultural and Environmental Issues. *BioScience* **54**:909-918.



- Pimentel D. 2009. World Soil Erosion and Conservation. Cambridge University Press. Cambridge.
- Pitter P. 2009. Hydrochemie. Vydavatelství VŠCHT. Praha.
- Pokorný D, Pešek V, Medunová A. 2006. Voda v ČR do kapsy. Ministerstvo zemědělství. Praha.
- Raghunath HM. 1987. Ground water. New age international publishers. New Delhi.
- Richter R. 1996. Půdní úrodnost. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva vnitra České republiky. Praha.
- Richter R, Kubát J. 2003. Organická hnojiva, jejich výroba a použití. Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha. Praha.
- Růžek P, Kusá H, Hejnová D. 2003. rizika používání dusíkatých hnojiv ve zranitelných oblastech. Úroda **51**:40-42.
- Samsonová P, Šarapatka B, Urban J. 2005. Přínos ekologického zemědělství pro kvalitu podzemních a povrchových vod. PRO-BIO ve spolupráci s Bioinstitutem, o.p.s.
- Sharma BK. 1994. Water pollution. Krishna Prakashan Media. Meerut.
- Siegel Seth SM. 2017. Budiž voda: izraelská inspirace pro svět ohrožený nedostatkem vody. 2. vydání. Aligier s.r.o. Praha.
- Slovenská asociácia ochrany rastlín. 2013. Iniciatíva za bezpečné a trvalo udržiteľné používanie prípravkov na ochranu rastlín: Zodpovedné používanie prípravkov na ochranu rastlín. © Slovenská asociácia ochrany rastlín. Bratislava.
- Smith VH, Tilman GD, Nekola JC. 1999. Eutrophication Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine and terrestrial ecosystems. Environmental pollution **100**:179-196.
- Spellman FR. 2009. Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations. CRC Press. New York.
- Stavi I, Bel G, Zaady E. 2016. Soil functions and ecosystem services in conventional, conservation, and integrated agricultural systems. A review. Agronomy for Sustainable Development. **36**:31-32.
- Stupka R, Šprysl M, Čítek J. 2013. Základy chovu prasat. Powerpoint. Praha.

- Sukla OP, Omkar, Kulsheretha AK. Pesticides, man and biosphere. APH Publishnig. New Delhi.
- Šarapatka B, Urban J. 2009. Organic agriculture. IAEI. Prague.
- Šťastný B. 2006. Zdravotní rizika a havarijní znečištění vod. Pages 96-99 in Němec J, Hladný J, editors. Voda v České republice. Consult. Praha
- Štěřba O. 2008. Říční krajina a její ekosystémy. Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc.
- Toy JT, Foster GR, Renard KG. 2002. Soil Erosion: Prossesses, Prediction, Measurement, and Control. John Wiley & Sons, Inc. Canada.
- Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press s.r.o. Praha.
- Vlček V, Pohanka M. 2011. Environmentální aspekty užití organofosforových a karbamátových pesticidů schválených k užití v České republice. Chemické listy **105**:908-912.
- Wolf B, Snyder HG. 2003. Sustainable soils: The place of organic matter in sustaining soils and their productivity. Food produt press. New York.
- Zajíček A, Duffková R, Fučík P, Kaplická M, Haberle J, Liška M. 2017. Technologie šetrné aplikace pesticidů v odvodněných zemědělských povodích. Výzkumný ústav meliorací a ochrana půdy, v.v.i. Praha.
- Zeman O, Kopp J. 2006. Podpovrchové vody. Pages 31-35 in Němec J, Hladný J, editors. Voda v České republice. Consult. Praha

### **Elektronické zdroje**

- Český statistický úřad. 2019a. Zemědělství, časové řady. Český statistický úřad. Available from [https://www.czso.cz/csu/czso/zem\\_cr](https://www.czso.cz/csu/czso/zem_cr) (accessed March 2019).
- Český statistický úřad. 2019b. Spotřeba hnojiv za hospodářský rok. Český statistický úřad. Available from [https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=ZEM11A&z=T&f=TABULKA&skupId=2542&katalog=30840&pvo=ZEM11A&u=v274\\_\\_VUZEMI\\_\\_97\\_\\_19#fx=1](https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=ZEM11A&z=T&f=TABULKA&skupId=2542&katalog=30840&pvo=ZEM11A&u=v274__VUZEMI__97__19#fx=1) (accessed March 2019).
- FAO. 2006. Livestock a major threat to environment: Remedies urgently needed. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome. Available from

- <http://www.fao.org/Newsroom/en/news/2006/1000448/index.html> (accessed January 2019).
- FOCUS. 2007. Landscape and mitigation factors in aquatic ecological risk assessment. European commission. Available from [https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB\\_Archive/eusoils\\_docs/other/FOCUS\\_Vol1.pdf](https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/other/FOCUS_Vol1.pdf) (accessed January 2019).
- Hajšlová J, Kocourek V. 2004. Osud prostředků pro ochranu rostlin v potravním řetězci. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. Available from <http://www.phytopsanitary.org/projekty/2003/vvf-05-03.pdf> (accessed January 2019).
- Holm J, Jokkala T. 2009. Průmyslový chov zvířat a klima: jak EU dělá ze špatného ještě horší. Federativ AB. Stockholm. Available from [http://www.meatclimate.org/sites/default/files/reports/meatclimate\\_czech.pdf](http://www.meatclimate.org/sites/default/files/reports/meatclimate_czech.pdf) (accessed January 2019).
- Mičaník T, Hanslík E, Němejcová D, Baudišová D. 2017. Klasifikace kvality povrchových vod. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace. Available from <https://www.vtei.cz/2017/12/klasifikace-kvality-povrchovych-vod/> (accessed October 2018).
- Ministerstvo zemědělství. 2009. Nitrátová směrnice. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from <http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-vody/nitratova-smernice/> (accessed February 2019).
- Ministerstvo zemědělství. 2010. Zásady ochrany vod a necílových organismů při aplikaci přípravků na ochranu rostlin. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/dokumenty-a-publikace/informacni-letaky/ostatni-nemazat/zasady-ochrany-vod-a-necilovych.html> (accessed March 2019).
- Ministerstvo zemědělství. 2017. Zelená zpráva 2016. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from <http://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemedelstvi/vyrocní-a-hodnotící-zpravy/zpravy-o-stavu-zemedelstvi/zelena-zprava-2016.html> (accessed March 2019).
- Ministerstvo zemědělství. 2018. Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2017. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from [http://eagri.cz/public/web/file/607186/Modra\\_zprava\\_2017\\_WEB\\_18.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/607186/Modra_zprava_2017_WEB_18.pdf) (accessed February 2019).

- Ministerstvo zemědělství. 2019a. Živočišná výroba. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/zivocisna-vyroba/> (accessed February 2019).
- Ministerstvo zemědělství. 2019b. Cross compliance. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/kontroly-podminenosti-cross-compliance/> (accessed February 2019).
- Ministerstvo zemědělství. 2019c. Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy DZES (GAEC). Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/kontroly-podminenosti-cross-compliance/dobry-zemedelsky-a-environmentalni-stav/?fullArticle=1> (accessed February 2019).
- Ministerstvo zemědělství. 2019d. Shrnutí informací k podmínkám standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy DZES. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/kontroly-podminenosti-cross-compliance/dobry-zemedelsky-a-environmentalni-stav/shrnuti-informaci-k-podminkam-standardu.html> (accessed February 2019).
- NAŠE VODA. 2019. Přípravy protierozní vyhlášky finišují. Naše voda. Available from <https://www.nase-voda.cz/category/podnikani-s-vodou-a-zakony/> (accessed February 2019).
- Sekaninová I. 2018. Stavby hospodářských zvířat. ProfiPress. Available from <https://www.vetweb.cz/stavy-hospodarskych-zvirat/> (accessed March 2019).
- Státní pozemkový úřad. 2018. Zachrání protierozní vyhláška naši půdu. Státní pozemkový úřad, Praha. Available from <http://zitkrajinou.cz/puda/zachrani-protierozni-vyhlaska-nasi-pudu/> (accessed February 2019).
- Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2018. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from [http://eagri.cz/public/web/file/486841/Spotreba\\_pripavku\\_na\\_ochranu\\_rostlin\\_\\_POR\\_\\_a\\_dalsich\\_prostredku\\_\\_DP\\_\\_v\\_letech\\_2009\\_2017\\_ceska\\_verze.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/486841/Spotreba_pripavku_na_ochranu_rostlin__POR__a_dalsich_prostredku__DP__v_letech_2009_2017_ceska_verze.pdf) (accessed March 2019).

## **Legislativní dokumenty**

Ministerstvo zemědělství. 2001. Zákon č. 254 ze dne 28. června 2001 o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Pages 5617-5667 in Sbírka zákonů České republiky, částka 98. Česká republika.

Ministerstvo zemědělství. 2012a. Nařízení vlády č. 448 ze dne 5. prosince 2012, kterým se mění nařízení vlády č. 479/2009 sb., o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování některých podpor, ve znění pozdějších předpisů, a některá související nařízení vlády. Pages 5778-5792, in Sbírka zákonů České republiky, částka 165. Česká republika

Ministerstvo zemědělství. 2012b. Vyhláška č. 205 ze dne 6. června 2012 o obecných zásadách integrované ochrany rostlin. Pages 2884-2885 in Sbírka zákonů České republiky, částka 72. Česká republika.

Ministerstvo zemědělství. 2013. Vyhláška č. 274 ze dne 12. listopadu 1998, o skladování a způsobu používání hnojiv. Pages 6693-6708 in Sbírka zákonů České republiky, částka 149. Česká republika.

Ministerstvo zemědělství. 2017 Zákon 156 ze dne 19. ledna 2017, kterým se mění zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů. Pages 609-628 in Sbírka zákonů České republiky, částka 21. Česká republika.

## **Technické normy**

ČSN 75 7221. Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod. 1998. Český normalizační institut, Praha.