

Karol Kalúz – Jozefína Pokrývková

Zníženie úrod vybraných plodín vplyvom imisií

Decrement of selected crops caused by immissions

Abstract Immission situation, compared to the maximum concentrations, has radically changed during the last quarter of the century. Decrement of pollutant production of general type of SO₂ (sulphur dioxide) and the solid pollutants (dust, ash) led to the decrement of their concentrations under their limit values. The most significant reason of this change is the disposal of aged non-ecologic factories, effective separation of pollution and implementation of new, non-waste technologies. Although this positive trend, the actual immission level, in synergy with aged load, is negatively showing in quality and quantity of agricultural crops by the changes of outpost conditions.

Intensity of this effect was monitored in the area bounded by soil production potential and actual immission load by recognition of actual and potential yields in longer chronology. By the evaluation of surveyed effect is detected, that the under-limit concentrations in target area are causing the decrement of surveyed agricultural crops.

Key words agricultural production - crops decrement - concentrations of immissions

Abstrakt Imisná situácia sa, v porovnaní s maximálnymi koncentráciami, za posledné štvrtstoročie radikálne zmenila. Zníženie produkcie znečisťujúcich látok všeobecného typu SO₂ (oxidu siričitého), NO_x (oxidov dusíka) a TZL (tuhých znečisťujúcich látok – prach, popolček) viedlo k poklesu ich koncentrácií pod limitné hodnoty. Najvýraznejšie k tejto zmene prispela likvidácia starých neekologických prevádzok, účinné odlučovanie znečistením a zavádzanie nových bezodpadových technológií. Aj pri tomto priaznivom trende sa súčasná úroveň imisií, v spolupôsobení so starými záťažami, negatívne prejavuje na kvalite a kvantite úrod, najmä zmenou stanovištných podmienok.

Intenzita tohto vplyvu bola sledovaná v priestore ohraničenom produkčným potenciálom pôd a aktuálnou imisnou záťažou porovnávaním v súčasnosti dosahovaných a potenciálnych úrod v dlhšom časovom slede. Vyhodnotením skúmaného vplyvu je zistenie, že aj podlimitné koncentrácie v záujmovom území spôsobujú straty na sledovaných poľnohospodárskych plodinách.

Kľúčové slová poľnohospodárska výroba - straty na úrodách - koncentrácie imisií

Všeobecne sa predpokladá, že úrody poľnohospodárskych plodín sú ovplyvňované (znižované) aj pri podlimitných koncentráciách imisií všeobecného typu podľa zásady, že každý neriadený input cudzorodej látky do systému je škodlivý kvalitatívne i kvantitatívne.

Takýto vplyv sa prisudzuje najmä imisným situáciám v rozpätí $40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3} \text{SO}_2$ – oxidu siričitého (podľa metodiky ÚVTIZ Praha č. 12/1992) až $15 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3} \text{SO}_2$ (podľa vyhlášky MŽP č. 360/2010 Z. z.) celoročného priemeru izolovane, prípadne v synergizme s NO_x (oxidmi dusíka). Trend dokumentujú aj koncentrácie mimo tohto intervalu.

Kvalitatívnym posunom je použitie matematických, prevažne štatistických metód. Výsledky získané v kontrolovaných podmienkach po vyhodnotení, vykazovali väčšiu chybovosť v absolútnych hodnotách, než bol požadovaný interval spoľahlivosti metódy na zvolenej hladine významnosti. Nezriedka, dokonca vo väčšine prípadov, bola väčšia chyba než základ pre hodnotenie. Tento jav by mala eliminovať použitá metodika.

Metodický postup

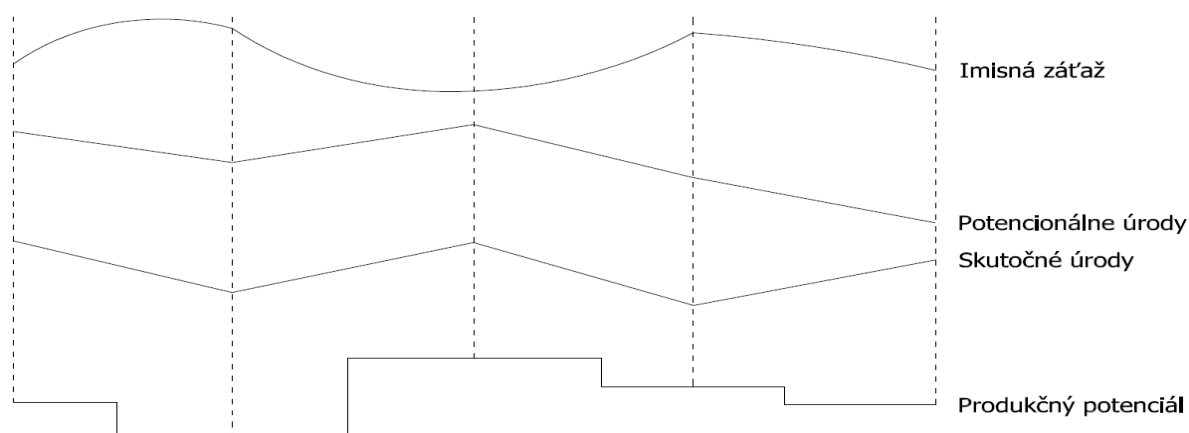
Materiálom pre dosiahnutie stanovených cieľov – overenie hypotézy o škodlivosti podlimitných koncentrácií SO_2 (NO_x), sú všetky vlastné a súvisiace charakteristiky záujmového územia (imisnej oblasti) nášho najväčšieho zdroja imisií všeobecného typu Slovenských elektrární, a.s. (SE, a.s.) – závodu Elektrárne Nováky (ENO) Zemianske Kostolany za sledované obdobie.

Najpodstatnejšími sú charakteristiky zdrojov najvýraznejšie vplývajúce na mechanizmus a chemizmus imisií, veľkosť emisie, konkrétna meteorologická situácia a jej prvky v jednotlivých rokoch súvisiace s rozptylom a transformáciou emisií, pôdne pomery v oblasti charakterizujúce produkčný potenciál pôd a dosiahnuté výnosy pestovaných plodín vo fyzických, finančných a energetických jednotkách závislé na produkčnom potenciály, úrovni hospodárenia, meteorologických vplyvoch a pod. Uvádzané sú len charakteristiky potrebné pre demonštráciu metodických postupov.

Metodika je podriadená cieľom práce a má potvrdiť alebo vyvrátiť hypotézu o preukaznosti vplyvu podlimitných koncentrácií imisií na výšku dosahovaných úrod. Skúmanie vplyvu sa sleduje v priestore ohraničenom produkčným potenciálom pôd a imisnou záťažou porovnávaním dosahovaných a potenciálnych úrod v dlhšom časovom slede (Obr. 1).

Obr. 1

Schéma skúmania vzťahu potenciálnych a skutočných úrod (Pokrývková, 2011)
Scheme examining the potential and actual yields (Pokrývková, 2011)



Imisná záťaž - immission load, potenciálne úrody - potential yield, skutočné úrody - real yields, produkčný potenciál - production potential

Produkčný potenciál pôd

Potenciálne úrody poľnohospodárskych plodín pre konkrétnu výrobnú oblasť sú závislé na produkčnom potenciály pôd rovnako ako skutočné úrody – v imisnej oblasti navyše ovplyvnené imisnou záťažou. Identifikácia je vykonaná na základe BPEJ (bonitovaných pôdno–ekologických jednotiek). Aby bolo možné vzájomné porovnanie úrod, resp. ich trendu v závislosti na záťaži imisiami, je potrebné pre produkčný potenciál vytvoriť porovnávaciu rovinu, čím sa eliminujú iné vplyvy ako imisné. Možnosti vytvorenia porovnávacej roviny produkčného potenciálu pôd, ktoré boli skúmané, sú štyri:

- kategorizácia produkčného potenciálu pôd,
- bodová hodnota produkčného potenciálu pôd,
- finančné vyjadrenie – HRRE (hrubý ročný rentový efekt),
- hodnota energetického potenciálu pôd v GJ . ha⁻¹.

Imisná záťaž

Imisná záťaž záujmovej oblasti je vyjadrená izolíniami koncentrácie SO₂ (oxidu siričitého) v µg . m⁻³. Pre tento účel je použitý matematický model rozptylu znečisťujúcich látok v ovzduší Win Modim ver. 4.11 vypracovaný firmou ENVItch, s.r.o. Trenčín na báze metodiky ISC2 EPA USA (Kalúz, K., 2005).

Model počíta koncentrácie imisí pre určenú oblasť v uzlových bodoch siete so zvoleným krokom v zadaných referenčných bodoch ľubovoľne umiestnených v mape záujmovej oblasti. Pomocou interpolácie hodnôt vypočítanej mriežky koncentrácií model dokáže zobrazíť hranice – izočiary ľubovoľných koncentrácií – v našom prípade bodových hodnôt v SV–JZ transekte záujmovej oblasti s centrom v mieste zdroja. Doplnkovým výstupom je numerický výpočet hodnôt koncentrácií v určenej oblasti.

Win Modim počíta rozptyl znečisťujúcich látok na základe vstupných údajov o zdroji znečisťujúcich látok a o rozptylových podmienkach, smere a rýchlosti vetra (veterná ružica), stability ovzdušia a ďalších údajoch.

Skutočné úrody

Skutočné úrody sú úrody pestovaných plodín v záujmovej oblasti dosiahnuté korektným zberom a evidované na štatistických tlačivách (Poľ 16–01). Tieto úrody sú však porovnateľné s potenciálnymi úrodami len po vyrovnaní pôdneho produkčného potenciálu, nakoľko pôdne podmienky sú značne nevyrovnané. Produkčný potenciál pôd je vyjadrený podľa stupňa, resp. bodovej hodnoty produkčného potenciálu pôd, finančného vyjadrenia (HRRE) alebo energetického potenciálu (GJ) úrod ako hlavného a vedľajšieho produktu.

Potenciálne úrody

Tento parameter možno posudzovať v dvoch smeroch – ako parametrizované úrody viazané na HPJ (hlavnú pôdnu jednotku), resp. BPEJ (bonitovanú pôdnoekologickú jednotu) alebo ako priemerné úrody za danú výrobnú oblasť.

Obe kategórie majú svoju výpovednú hodnotu, pričom pre naše použitie je smerodajná priemerná úroda príslušnej výrobnnej oblasti, ktorá zohľadňuje extrémny ročník. Charakteristické spôsoby hospodárenia vo výrobnnej oblasti spolu s kvalitou poľnohospodárskeho pôdneho fondu reprezentuje doplnkový údaj – parametrizované úrody na základe HPJ (BPEJ).

Vlastná práca

Výsledky

Výsledková časť pozostáva:

- zo stanovenia imisnej záťaže územia (príspevok zdroja podľa modelu rozptylu je zvýšený o pozadovú koncentráciu stanovenú z rozdielu merania AMS Oslany a príspevku zdroja v mieste stanice) v členení na 5 zón,
- z porovnania vyrovnaných parametrizovaných úrod s reálnymi úrodami plodín pestovaných v jednotlivých zónach,
- z posúdenia produkčného potenciálu pôd podľa EPP (energetického potenciálu pôd), KPPP (kategórie produkčného potenciálu pôd), BH (bodovej hodnoty produkčného potenciálu pôd) a HRRE (hrubého ročného rentového efektu) s vytvorením porovnávacej hladiny,
- z určenia zníženia reálnych úrod v závislosti na imisnej záťaži územia.

Imisná záťaž záujmového územia

Meranie znečisťujúcich látok na záujmovom území zabezpečuje SHMÚ Bratislava na stanici Bystričany (rozvodňa SE, a.s.) a AMS Oslany v správe SE, a.s. Tab. 1 uvádza namerané hodnoty SO₂ a NO_x za roky 2007–2009 v µg . m⁻³ na stanici Oslany.

Namerané hodnoty znečisťujúcich látok AMS¹ Oslany v rokoch 2007-2009 *Readings pollutants AMS¹ Oslany between 2007-2009*

Tab. 1

Znečisťujúca látka ²	Hmotnostná koncentrácia ZL ³ v µg . m ⁻³		
Rok	2007	2008	2009
SO ₂	8,7	8,5	7,6
NO _x	17,0	19,4	16,8

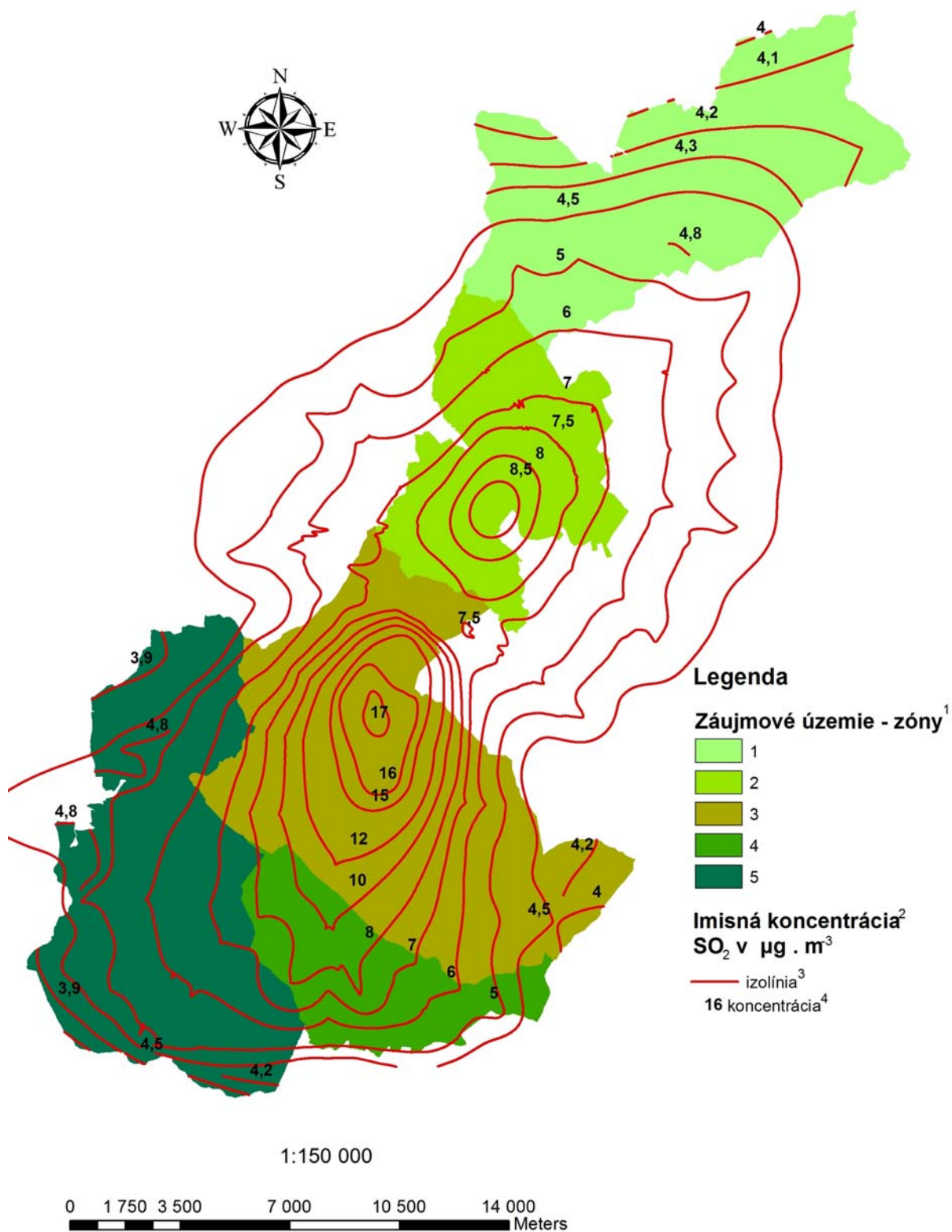
Prameň: SE,a.s.

1)AMS - automatická monitorovacia stanica - automatic monitoring station, 2)Znečisťujúca látka – pollutant, 3)Hmotnostná koncentrácia ZL- Mass concentration of the pollutant in µg . m⁻³

Hodnoty imisnej koncentrácie SO₂ a NO_x v µg . m⁻³ za roky 2007-2009 pre jednotlivé časti záujmového územia a ilustračne pre rok 2009 sú znázornené na Mapách 1 a 2. Uvedené mapy boli vytvorené pomocou programu Arc GIS 9.1, kde boli interpoláciou izočiar imisného príspevku zdroja znečistenia ENO (Elektrárne Nováky), závod Zemianske Kostolany a nameraných hodnôt znečisťujúcich látok AMS Oslany stanovené konkrétne koncentrácie jednotlivých častí zón záujmového územia.

Mapa 1

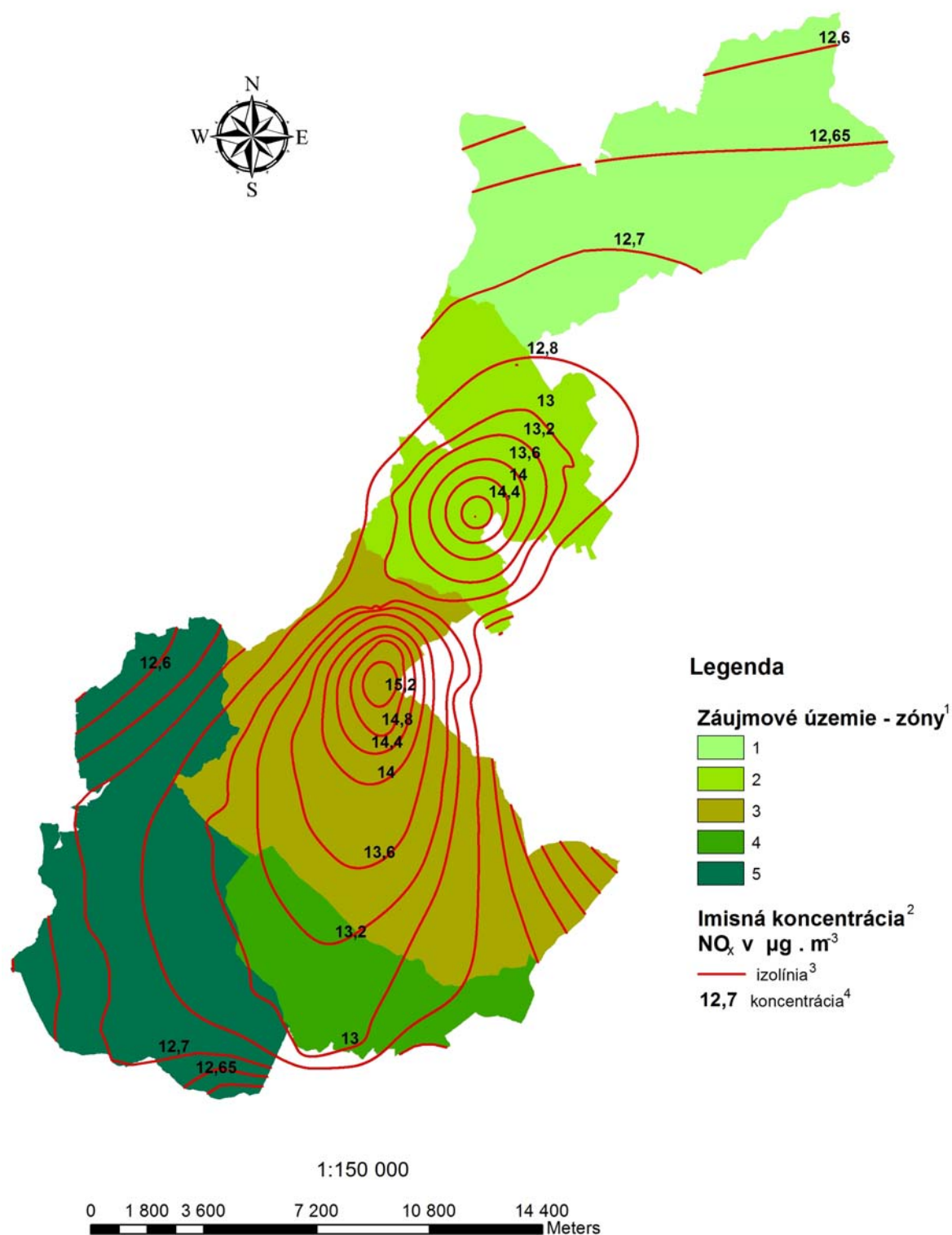
Mapa imisnej koncentrácie SO_2 v $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ za rok 2009 (Pokrývková, 2011)
 Map of ambient concentrations of SO_2 in $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ for 2009 (Pokrývková, 2011)



1) interest are – zone, 2) immission concentrations, 3) isoline, 4) concentrations

Mapa 2

Mapa imisnej koncentrácie NO_x v $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ za rok 2009 (Pokrývková, 2011)
 Map of ambient concentrations of NO_x in $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ for 2009 (Pokrývková, 2011)



1)interest are – zone, 2)immission concentrations, 3)isoline, 4)concentrations

Porovnanie parametrizovaných úrod s reálnymi

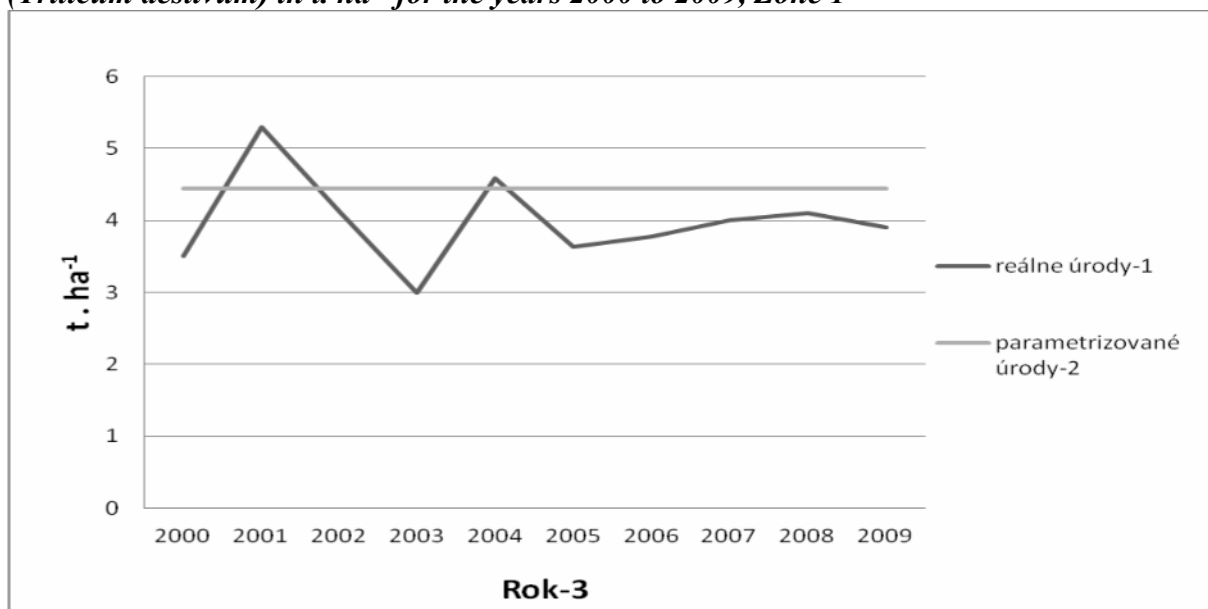
Parametrizované úrody sme vyhodnotili podľa jednotlivých zón záujmového územia, keďže na každej zo záujmových plôch máme rôzne kódy BPEJ. Predtým, ako sme začali porovnávať parametrizované úrody s reálnymi, vykonali sme aktualizáciu parametrizovaných úrod (zjednotili sme údaje podľa vlastných nákladov a výsledkov hospodárenia poľnohospodárskych podnikov v SR za roky 1992 až 2009 v triedení podľa výrobných oblastí - VÚEPP).

Na Grafe 1 až 4 je graficky znázornené porovnanie parametrizovaných úrod s reálnymi úrodami pre pšenicu letnú f. ozimnú (*Triticum aestivum*), jačmeň jarný (*Hordeum sativum*), kukuricu situ (*Zea mays*) a cukrovú repu (*Beta vulgaris*) v t . ha⁻¹ za roky 2000 až 2009 pre prvú zónu záujmového územia. Rovnako boli spracované aj zóny 2 až 5.

Graf 1

Grafické vyjadrenie parametrizovaných úrod s reálnymi úrodami pre pšenicu letnú f. ozimnú (*Triticum aestivum*) v t . ha⁻¹ za roky 2000–2009, zóna 1

*Graphic representation of parameterized with real yields Wheat harvest for f. winter (*Triticum aestivum*) in t . ha⁻¹ for the years 2000 to 2009, Zone 1*

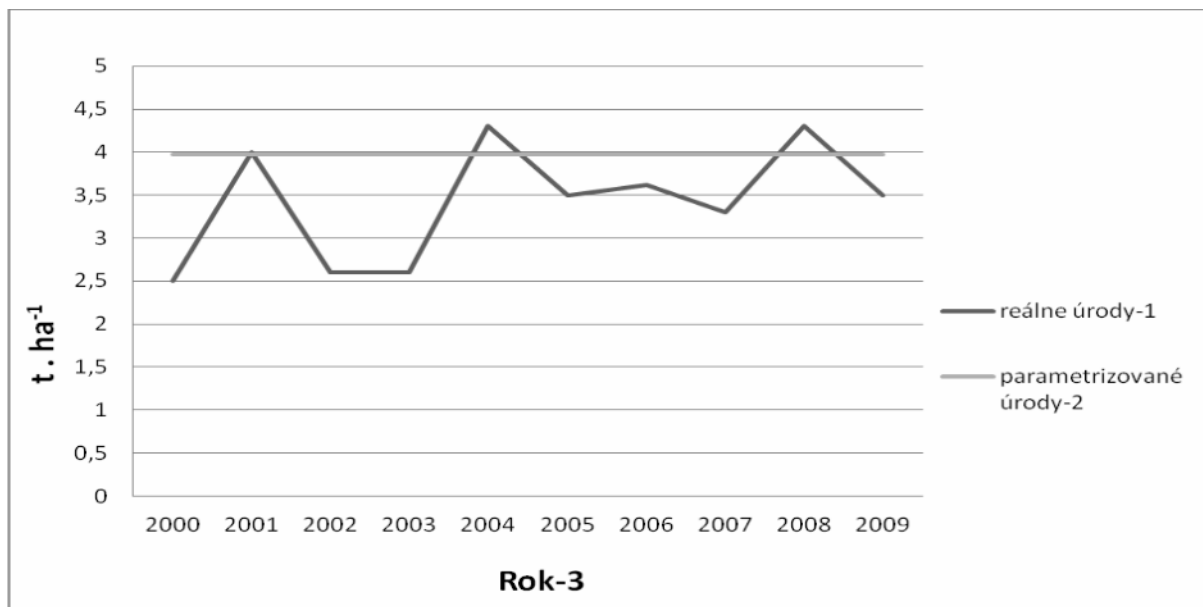


1) real yields, 2) parameterized yield, 3) year

Graf 2

Grafické vyjadrenie parametrizovaných úrod s reálnymi úrodami pre jačmeň jarný (*Hordeum sativum*) v t . ha⁻¹ za roky 2000–2009, zóna 1

Graphic representation of parameterized with real yields harvests of spring barley (*Hordeum sativum*) vt. ha⁻¹ for the years 2000 to 2009, Zone 1

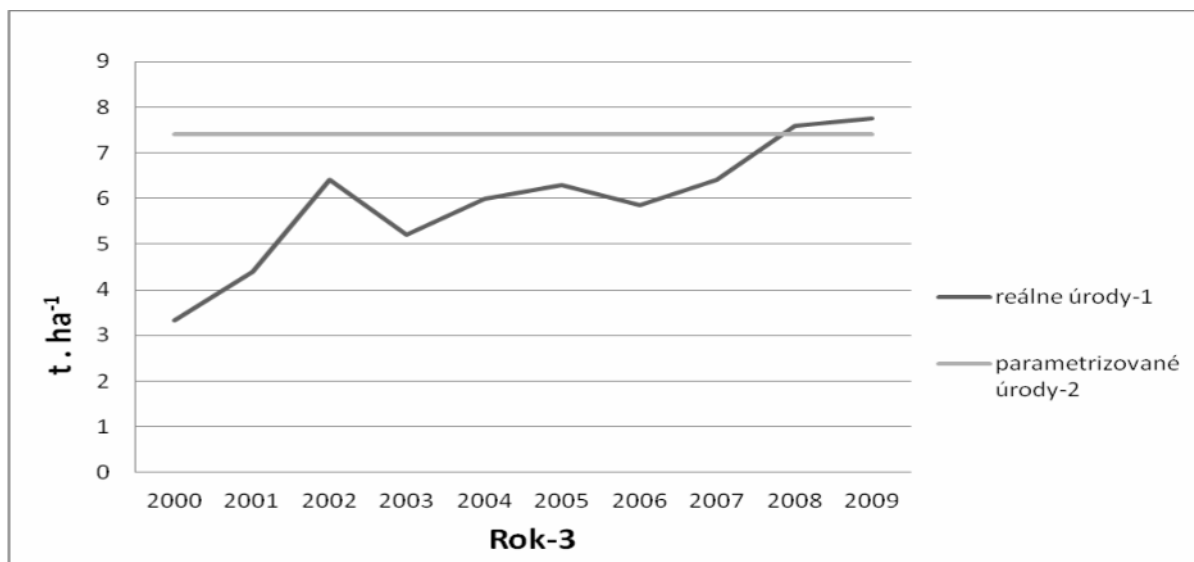


1) real yields, 2) parameterized yield, 3)year

Graf 3

Grafické vyjadrenie parametrizovaných úrod s reálnymi úrodami pre kukuricu sita (*Zea mays*) v t . ha⁻¹ za roky 2000–2009, zóna 1

Graphic representation of parameterized with real yields harvest for grain maize (*Zea mays*) vt. ha⁻¹ for the years 2000 to 2009, Zone 1

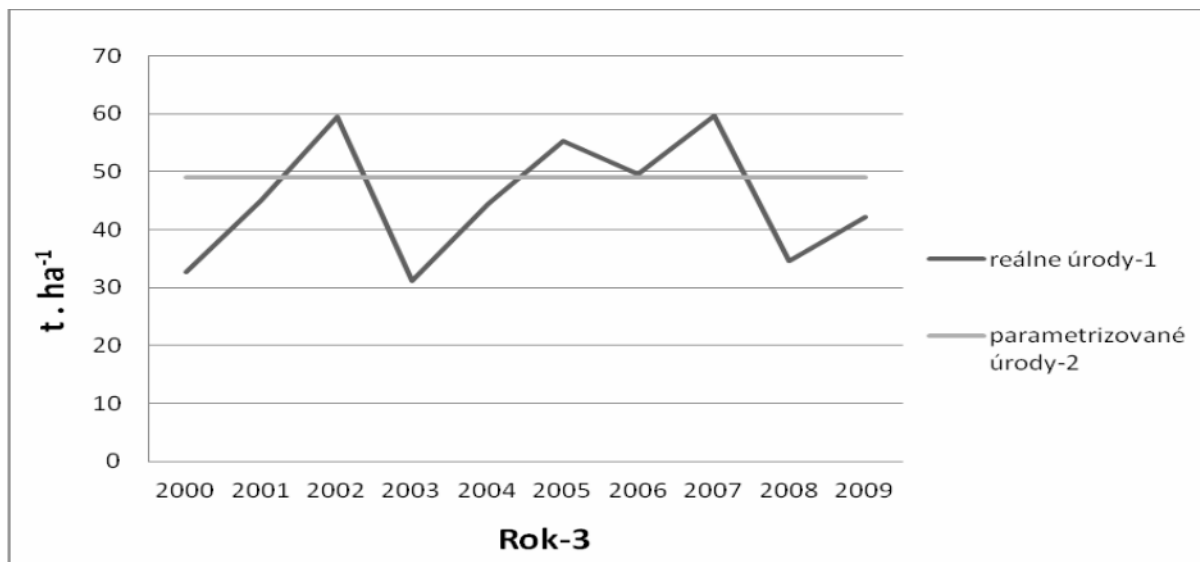


1) real yields, 2) parameterized yield, 3)year

Graf 4

Grafické vyjadrenie parametrizovaných úrod s reálnymi úrodami pre cukrovú repu (*Beta vulgaris*) v t . ha⁻¹ za roky 2000–2009, zóna 1

*Graphic representation of parameterized with real yields harvests of sugar beet (*Beta vulgaris*) vt. ha⁻¹ for the years 2000 to 2009, Zone 1*



1) real yields, 2) parameterized yield, 3) year

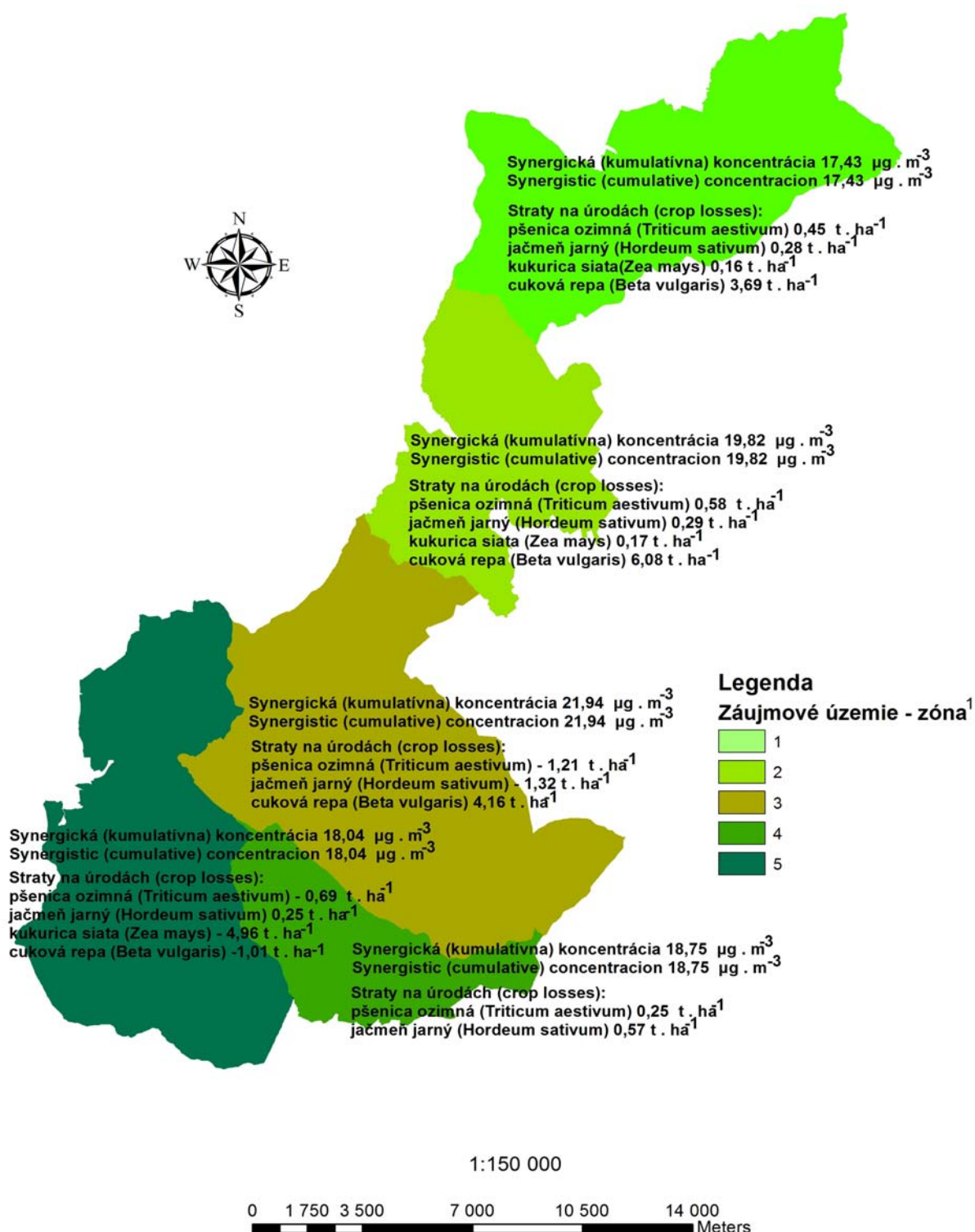
Zníženie reálnych úrod podľa imisnej záťaže územia

V sledovaní tejto závislosti boli použité synergické koncentrácie imisií všeobecného typu (SO₂, NO_x) a ich vplyv na rozdiel vyrovnaných parametrizovaných úrod a skutočne dosiahnutých úrod v záujmovom území v členení na jednotlivé zóny. Plošnú orientáciu poskytuje Mapa 3 a priemerované závislosti za celú záujmovú oblasť je možné zistiť z Grafu 5.

Mapa 3

Grafické zobrazenie synergických (kumulatívnych) koncentrácií SO_2 a NO_x a priemernej straty úrod pre jednotlivé plodiny (Pokrývková, 2011)

Graphical display of synergy (cumulative) concentrations of SO_2 and NO_x and the average yield losses for each crop (Pokrývková, 2011)

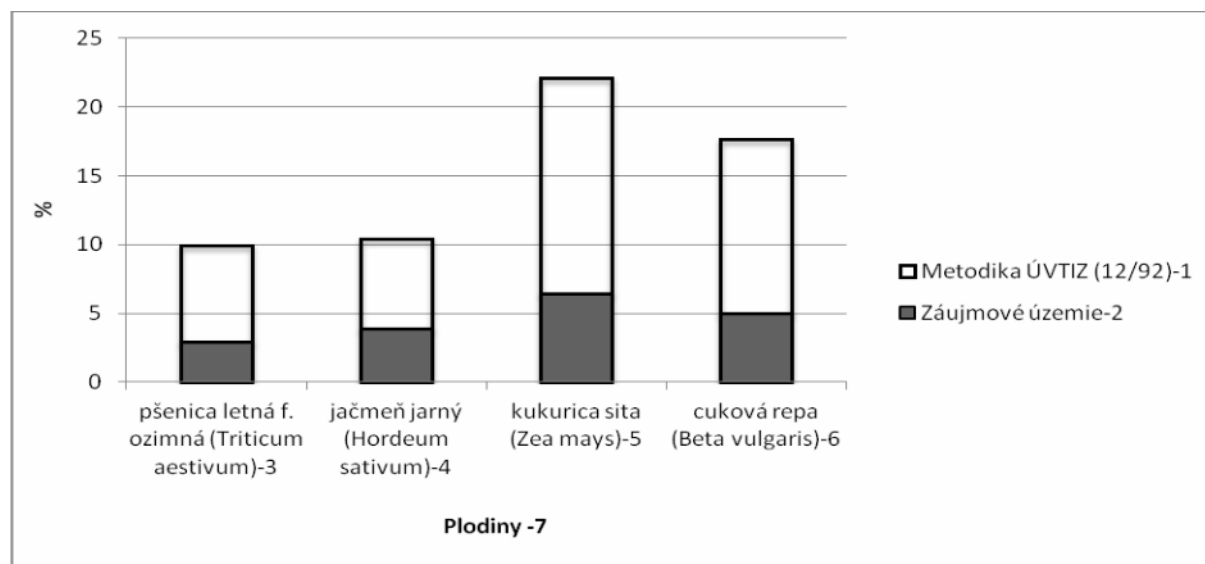


1)interest are – zone

Graf 3

Prepočítané lineárne zníženie úrod podľa metodiky (ÚVTIZ 12/92) a stratami na úrodách, ktoré boli zistené v súčasných podmienkach

Calculated yields a linear reduction according to methodology (ÚVTIZ 12/92) and crop losses, which were detected in the current conditions



1)methodology (ÚVTIZ 12/92), 2)area of interest, 3)wheat f. winter (Triticum aestivum), 4)spring barley (Hordeum sativum), 5)maize (Zea mays), 6)sugar beet (Beta vulgaris), 7)crops

Záver

Hodnotenie dosiahnutých výsledkov v rámci diskusie, aj pri uvedomení si známych nepresností a nútených priblížení umožňuje vysloviť nasledovné závery.

Stanovenie imisnej záťaže pre záujmové územie zodpovedá v literatúre pertraktovaným údajom a spôsob určenia celkovej koncentrácie sledovaných nox (SO₂, NO_x) zvýšením príspevku imisného zdroja z modelového riešenia o požadovú koncentráciu opísaným spôsobom v dostatočnej miere spĺňa požiadavku požadovanej presnosti.

Porovnanie vyrovnaných parametrizovaných a reálnych úrod (neskôr vo vzťahu k imisnej záťaži) je predpokladaným i skutočným jadrom riešeného problému. Vyrovnané parametrizované úrody s trendom sledovaného obdobia (2007–2009) signalizujú markantné diferencie s reálnymi úrodami. Rozdiely, prevažne v kladnom smere (t.j. skutočná úroda je nižšia ako parametrizovaná) sú zákonite ovplyvnené druhom plodiny, ročníkom a viac – menej známym iným vplyvom (poistné udalosti, škodcovia, ochrana, hnojivá a i.). Nespochybniteľným záverom je, s miernymi extrémami, zníženie dosahovaných úrod v záujmovej oblasti v porovnaní s úrodami parametrizovanými počas celého sledovaného obdobia 2000–2009.

V súčasnosti neexistuje aktuálna metodika pre stanovenie vplyvu imisnej koncentrácie na poľnohospodársku výrobu, ktorá by zohľadňovala klesajúci trend vypúšťaných emisií. Cieľom bolo stanoviť vplyv imisnej koncentrácie na poľnohospodársku výrobu, hlavne úrod pestovaných plodín v súčasných podmienkach. Klesajúci trend imisných koncentrácií ovplyvňuje vzniknuté škody na poľnohospodárskej výrobe. Metodika ÚVTIZ 12/92 udáva

hodnoty pre zníženie úrod poľnohospodárskych plodín imisiami základných znečisťujúcich látok. V 1. stupni znečistenia územia imisiami sa hodnota pohybuje v intervale 37 až 62 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, pre SO_2 40 až 50 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Na záujmovom území sa v súčasnosti synergické (kumulatívne) koncentrácie pohybujú v intervale od 17,43 do 21,94 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Buday, Kalúz (2003) akceptujú, za rovnakých podmienok ako u SO_2 (prepočítavací faktor $\text{SO}_2 = 0,8 \text{ NO}_x$) a pre izolované pôsobenie koncentrácie 19,5 $\mu\text{g} \cdot \text{NO}_x \cdot \text{m}^{-3}$, t.j. na úrovni dolnej medze pre hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia.

Zníženie úrod poľnohospodárskej výroby vplyvom negatívneho pôsobenia imisií podľa metodiky (ÚVTIZ 12/92) v prvom stupni znečistenia pre vybrané plodiny sa pohybuje od 6,5 % do 15,7 %. Prepočítané lineárne zníženie úrod podľa metodiky (ÚVTIZ 12/92) v súčasných imisných podmienkach na záujmovom území je pre pšenicu letnú f. ozimnú (*Triticum aestivum*) 2,93 %, pre jačmeň jarný (*Hordeum sativum*) 3,88 %, pre kukuricu sita (*Zea mays*) 6,43 % a pre cukrovú repu (*Beta vulgaris*) 5,03 %.

Literatúra

- [1] KALÚZ, K. et al.: Kvalita ovzdušia. vyd. SPU, Nitra, 2005. 88 s. ISBN 80-8069-532-6
- [2] NĚMEC, J. et al.: Oceňování náhrad škod způsobených imisemi na zemědělské výrobě. metodika ÚVTIZ č. 12, 1992, 48 s.
- [3] U.S. EPA, 1997. ISC3 OLM Model, Technology Transfer Network, Support Center for Regulatory Air Models, EPA 1997, 30 p.
- [4] VÚEPP 1993, 1994, 1995. Vlastné náklady a výnosy hospodárenia PD a ŠM v SR za rok 1992, 1993, 1994 v triedení podľa výrobných oblastí. vydavateľstvo VÚEPP v Bratislave, 1993, 1994, 1995.
- [5] VÚEPP 1996-2010: Vlastné náklady a výnosy hospodárenia poľnohospodárskych podnikov SR za rok 1995-2009 v triedení podľa výrobných oblastí, vydavateľstvo VÚEPP v Bratislave, 1996–2010.
- [6] Vyhláška MŽP SR č. 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia

Podakovanie

Práca vznikla s podporou grantového projektu VEGA č. 1/0681/10 „Pôsobenie imisií na poľnohospodárske plodiny záťažou stanovišťa“.

Došlo 24. 11. 2011

Kontaktná adresa

† doc. Ing. Karol KALÚZ, CSc.

Katedra krajinného inžinierstva, FZKI SPU v Nitre, Hospodárska 7, 949 76, Nitra, SR

tel: +421 (37) 641 5238 email karol.kaluz@uniag.sk

Ing. Jozefína POKRÝVKOVÁ, PhD.

Katedra krajinného inžinierstva, FZKI SPU v Nitre, Hospodárska 7, 949 76, Nitra, SR

tel: +421 (37) 641 5228 email Jozefina.paulovicova@uniag.sk