

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

TECHNICKÁ FAKULTA
KATEDRA ZEMĚDĚLSKÝCH STROJŮ



Dizertační práce

Téma: Zpracování půdy při zaměření na omezení vodní eroze půdy při pěstování vybraných polních plodin

Soil tillage focusing on the reduction of water erosion of soil in the cultivation of selected field crops

Obor : Technika zemědělských technologických systémů

Vypracoval : Ing. Petr Novák

Školitel: prof. Ing. Josef Hůla, CSc.

PRAHA 2014

©

Prohlašuji, že jsem tuto disertační práci vypracoval samostatně pod vedením školitele a uvedl jsem veškerou použitou literaturu. Tištěná a elektronická verze práce se doslovně shodují.

Ing. Petr Novák

Poděkování

Na prvním místě chci poděkovat svému školiteli panu prof. Ing. Josefu Hůlovi, CSc. za odborné konzultace a zejména za velkou dávku trpělivosti. Další poděkování patří všem kolegům a přátelům z Katedry zemědělských strojů. Rovněž chci touto cestou poděkovat panu Ing. Pavlu Kovaříčkovi, CSc. a paní Marcelě Vláškové z VUZT v. v. i. za spolupráci při uskutečnění polních měření.

Velký dík patří mé rodině a přátelům za všemožnou pomoc a podporu.

Abstrakt

Vodní eroze představuje problém celosvětového významu. Každý rok je vodní erozí zničena nebo poškozena obrovská rozloha zemědělsky využitelné půdy. Podmínky ČR jsou charakterizovány vysokou průměrnou svažitostí pozemků. Uvádí se, že přibližně polovina pozemků v ČR je ohrožena vodní erozí. Vodní eroze představuje přirozený proces, jemuž nelze v plné míře zabránit. V případě zemědělské půdy je důležitá volba vhodného zpracování půdy, které může projevy vodní eroze omezit. Problém vodní eroze zemědělské půdy v podmínkách ČR roste vzhledem k nárůstu ploch širokořádkových plodin (především kukuřice). To je způsobeno rozšířením bioplynových stanic využívajících často kukuřičnou siláž.

Cílem práce bylo vyhodnotit a posoudit jednotlivé technologie založení porostu polních plodin z hlediska odolnosti vůči vodní erozi. Za tímto účelem byl založen polní pokus se šesti variantami plodin a technologií založení porostu a kontrolní variantou bez porostu. Pro zjištění povrchového odtoku vody a smyvu zeminy byly použity dvě základní metody: měření pomocí odtokových mikroparcelek a měření s využitím simulátoru deště.

Ze zpracovaných výsledků měření lze prokázat potvrzení příznivého vlivu půdoochranného zpracování půdy na odolnost půdy vůči vodní erozi. Důsledkem je tedy snížení povrchového odtoku a zejména smyvu zeminy. Rovněž se příznivě projevil vliv pokrytí půdy organickou hmotou i v případě konvenčního zpracování půdy.

Klíčová slova:

Zpracování půdy, vodní eroze, povrchový odtok, smyv zeminy, organická hmota, kukuřice, oves.

Abstract

Water erosion is a problem of a global significance. Water erosion destroyed or damaged a vast expanse of usable agricultural land every year. Terms in the Czech Republic are characterized by a high average slope of the land. It is reported that approximately half of the land in the Czech Republic is threatened by water erosion. Water erosion is a natural process that cannot be fully prevented. In case of agricultural land an important option is suitable tillage, which may reduce symptoms of water erosion. The problem of water erosion of agricultural land is growing in the Czech Republic, which is mainly caused by the growth of wide areas of crops (maize). This is due to the expansion of biogas power plants using parts of maize silage.

The aim of the Ph.D. thesis was to evaluate and assess the crop stand establishment in terms of resistance to water erosion. For this purpose, a field experiment was set up. It consists of six variants of crops and technologies stand establishment and control treatment without vegetation. To determine the surface runoff and water washes away two main methods were used: measurement by runoff microplots and measurement using the rainfall simulator.

From processed measurement the positive impact of reduced tillage on soil resistance to water erosion results can be confirmed. The consequence is a reduction of surface runoff and especially erosive washes of soil. Impact of ground cover with organic matter is favorable, even in case of conventional tillage.

Key words:

Soil tillage, water erosion, surface runoff, erosive wash, organic matter, maize, oats.

Obsah

1.	Úvod	7
2.	Zpracování půdy	8
3.	Vodní eroze	12
3.1	Příčiny a působení vodní eroze	13
3.1.1	Erozní činitele klimatické a hydrologické	14
3.1.2	Půdní a geologické erozní činitele	15
3.1.3	Morfologické erozní činitele	18
3.1.3	Vliv organické hmoty	18
3.1.4	Vliv drsnosti půdy	21
3.2	Druhy vodní eroze	22
3.3	Modely eroze půdy a určení ohroženosti pozemků	24
3.4	Opatření proti erozi	26
4.	Cíl práce a předpoklady	30
4.1.	Očekávané výsledky disertační práce	30
5.	Použité metody a popis polního pokusu	31
5.1.	Polní pokus	31
6.	Výsledky měření	36
6.1.	Výsledky z roku 2010	36
6.1.1.	Úvodní předpoklady a agrotechnika pokusu	36
6.1.2.	Měření metodou odtokových mikroparcelek v roce 2010	36
6.1.3.	Měření simulátorem deště v roce 2010	46
6.1.4.	Dílčí závěr z měření z roku 2010	51
6.2.	Výsledky měření z roku 2011	52
6.2.1.	Úvodní předpoklady a agrotechnika pokusu	52
6.2.3.	Měření simulátorem deště v roce 2011	63
6.2.4.	Dílčí závěr z měření z roku 2011	69
6.3.	Výsledky měření z roku 2012	70
6.3.1.	Úvodní předpoklady a agrotechnika pokusu	70
6.3.2.	Měření metodou odtokových mikroparcelek v roce 2012	71
6.3.3.	Měření simulátorem deště v roce 2012	80
6.3.4.	Dílčí závěr z měření z roku 2012	86
6.4.	Výsledky měření z roku 2013	88
6.4.1.	Úvodní předpoklady a agrotechnika pokusu	88
6.4.2.	Měření metodou odtokových mikroparcelek v roce 2013	88
6.4.3.	Měření simulátorem deště v roce 2013	94
6.4.4.	Dílčí závěr z měření z roku 2013	100
6.5.	Souhrn výsledků	101
7.	Diskuze	103
8.	Přínos práce a doporučení pro další výzkum	107
9.	Závěr	109
10.	Seznam použité literatury:	110
11.	Seznam obrázků	118
12.	Přílohy	121

1. Úvod

Půda je jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů na Zemi. V minulosti se úspěch jednotlivých národů a kultur velmi často měřil schopností zajištění dostatku potravin. Bez dostatečné plochy kvalitní zemědělské půdy toto nebylo v zásadě možné. Obecnou vlastností půdy je její pomalá obnovitelnost. Poškození půdního prostředí různými vlivy bývá patrné i po mnoho desítek let. Současné období je charakterizováno stoupajícím tlakem na produkční schopnost půdy spolu s často nevhodnými technologickými systémy obhospodařování.

Mezi základní rizika snížení kvality zemědělské půdy patří vodní a větrná eroze, úbytek organické hmoty v půdě, omezení biologické aktivity v půdě a zhutnění půdy (Hůla et al., 2010). Při degradaci zemědělské půdy velmi často dochází ke kombinaci výše zmíněných jevů. Rovněž lze nalézt příčinnou souvislost mezi těmito nežádoucími jevy. Půda degradovaná jedním z těchto jevů ztrácí odolnost vůči dalším rizikům. Při hospodaření na půdě jakýmkoli systémem by mělo být trvale v popředí zájmu uchování úrodnosti půdy a jejích ekologických funkcí (Hůla et al. 1997).

Jak bylo uvedeno, mezi hlavní rizika degradace zemědělské půdy patří vodní eroze. Jedná se o problém celosvětového významu, který každoročně způsobuje obrovské škody na zemědělské půdě. Vodní eroze způsobuje degradaci půdy, která snižuje produkční schopnost půdy. Erodovatelnost půdy závisí na řadě půdních vlastností fyzikálního, chemického a mineralogického charakteru, které se dají poměrně snadno změřit (Kinnel 1993).

Mimo těchto přirozených a těžko ovlivnitelných parametrů působí na erozi půdy rovněž technologický systém obhospodařování. Poměrně velkým rizikem je pěstování širokořádkových plodin (v podmínkách ČR zejména kukuřice) na svažitých pozemcích ohrožených vodní erozí. Vzhledem k výraznému zvětšení pěstovaných ploch v souvislosti s budováním bioplynových stanic dochází k nárůstu významu této problematiky.

2. Zpracování půdy

Zpracování půdy bylo odedávna spojeno se snahou člověka o vytvoření co nejlepších podmínek pro růst požadovaných rostlin. V minulosti bylo zpracování půdy limitováno jednak materiálovými možnostmi dané doby a rovněž využitím pouze lidské nebo zvířecí síly. Během vývoje zpracování půdy je patrná snaha o zvyšování jeho intenzity.

Teprve v průběhu posledních desetiletí je vidět snaha o optimalizaci zpracování půdy z hlediska potřeby rostlin, zachování úrodnosti a v neposlední řadě také spotřeby energie. Rovněž je patrný důraz i na protierozní účinky zpracování půdy. Z tohoto důvodu se začaly vyvíjet nové technologie zpracování půdy a spolu s tím i stroje pro toto zpracování.

Zpracování půdy je popisováno jako mechanický zásah do půdy nebo promíchání půdy za účelem vytvoření co nejlepších podmínek pro růst a výživu rostlin (Or a Ghezzehei 2002). Titi (2002) uvádí, že zpracování půdy rozrušuje agregáty, kompaktnost, půdní strukturu a mění velikost, distribuci i strukturu pórů a tím tvoří žádoucí prostředí pro pohyb vzduchu a vody v půdě.

Postupy zpracování půdy lze obecně rozdělit podle intenzity, hloubky a způsobu kypření. V současné době lze rozdělit technologie zpracování půdy na dvě základní, **technologie s orbou** (konvenční, tradiční zpracování) a na **technologie bez orby** (minimalizační).

Technologie bez orby pro podmínky České republiky lze rozdělit na dle Hůly et al. (2008) na:

- minimalizace s kypřením půdy do zvolené, zpravidla malé hloubky,
- půdoochranné zpracování, kde zůstává nejméně 30 % povrchu půdy po zasetí pokryto zbytky předplodiny nebo meziploidy,
- přímé setí – setí do nezpracované půdy.

Technologie bez orby jsou dlouhodobě v největší míře využívány v USA. Půdoochranné zpracování půdy zde bývá dále děleno na několik způsobů. Brady a Weil (1999) rozdělili půdoochranné technologie na pět základních typů.

No-till (direct-drilling, zero-tillage) - půda je narušená až při setí, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů.

Ridge-till (zpracování půdy s vytvořením hrůbků) - do hrůbků o výšce 100 – 150 mm jsou vysety širokořádkové plodiny, například kukuřice, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů a kultivací. Vytvořené hrůbky mohou zůstat na pozemku i několik sezon,

v jiném případě jsou každoročně obnovovány. Významná část rostlinných zbytků zůstává po zasetí na povrchu půdy.

Strip-till (zpracování půdy v pásech) - je označení pro technologii, u které se půda zpracovává v úzkých pruzích, do nichž je uloženo osivo, mezi těmito pruhy zůstává půda mechanicky nezasazena, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů a kultivací.

Mulch till – je technologie, při níž po zpracování půdy zůstane nejméně 30 % rostlinných zbytků na nebo blízko povrchu půdy, použitím radličkových, talířových a dlátových nástrojů pro zpracování půdy, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů a kultivací.

Reduced-till – jiný systém zpracování půdy a setí, který zanechá nejméně 30% pokrývnost rostlinných zbytků na povrchu půdy.

Často je popisován příznivý vliv půdoochranných technologií na omezení vodní eroze půdy. Hlavním principem těchto technologií je využití organické hmoty (posklizňové zbytky předplodin, biomasa meziplodin) na povrchu půdy. Hmota pokrývá částečně povrch půdy a snižuje povrchový odtok i smyv zeminy. Rovněž lze využít i zapojený porost na povrchu. U půdoochranného zpracování půdy jde v podstatě o redukované obdělávání zmenšováním počtu pracovních operací, jejich slučováním při současné ochraně povrchu půdy rostlinnými zbytky. Tento systém ochrany půdy se též nazývá „konzervační“.

Příznivý vliv půdoochranných technologií na snížení povrchového odtoku vody a zvýšení infiltrace vody do půdy dokládá např. Truman, Shav a Reeves (2005). Rasmussen (1999) uvádí, že minimalizační technologie zpracování půdy snížily ztrátu půdy erozí o polovinu až dvě třetiny. Podobných výsledků dosáhli Tippl et al. (2001), který sledoval porosty kukuřice, varianty tradičně pěstované s kypřením svrchní vrstvy půdy a bez kypření. Nejmenší odtok byl zaznamenán u bezorebné varianty s ponechanými posklizňovými zbytky a s prokypřením půdy.

Půdoochranné zpracování půdy může zvýšit kapacitu hydraulické vodivosti půdy a tím i následně infiltraci vody do půdy. Z tohoto důvodu může přispívat k snížení povrchového odtoku vody a rizika eroze půdy. Na druhou stranu konvenční zpracování půdy vytváří homogenní vrstvu půdy, která může snížit vsakování vody do půdy (Titi 2002). Shipitalo et al. (2000) také potvrzují, že půdoochranné technologie mohou redukovat povrchový odtok a zvýšit infiltraci vody do půdy.

Při zpracování půdy hrají významnou roli také fyzikální vlastnosti půdy jako je objemová hmotnost, pórovitost nebo penetrační odpor (Titi 2002). Dexter (1988) popisuje nejdůležitější metody měření půdních vlastností, jako je měření objemové hmotnosti, velikosti

pórů, velikosti agregátů a stability agregátů. Popis a kvantifikace půdní struktury je velice důležitá, protože agronomické zásahy mají vztah k uspořádání půdních agregátů i hrud a mají vliv na stabilitu půdní struktury. Díaz-Zorita et al. (2002) uvádějí, že velikost půdních agregátů má vztah k mechanickým zásahům do půdy.

Při porovnání půdoochranného zpracování půdy s konvenčním je patrná změna půdní struktury, která ovlivňuje schopnost půdy absorbovat a přemísťovat vodu. Kladný vliv na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy popisují např. Hubbard et al. (1994) nebo Karlen et al. (1994). Dexter (1988) uvádí, že z hlediska zpracování půdy mají fyzikální vlastnosti půdy prvořadou úlohu, protože především tyto vlastnosti rozhodují o tom, jakým způsobem je vhodné půdu obdělávat a jakých změn fyzikálních vlastností je třeba dosáhnout, aby fyzikální stav půdy byl pro pěstované rostliny nejpříznivější.

Půda se po zpracování obvykle nachází v nestabilním nakypřeném stavu. Pórovitost se skokově zvýší a naopak objemová hmotnost klesá v celé zpracovávané vrstvě. Tyto parametry se ovšem budou časem opět měnit k původnímu stavu. Na vině je přirozené sesedání půdy působením srážek, vysycháním půdy, biologickou činností i dalšími agrotechnickými zásahy.

Změna půdní struktury po zpracování půdy dále přináší změnu hydraulické vodivosti a propustnosti pro vodu, teplo a vzduch. Zde je patrný vliv pórovitosti. Póry se dělí na ty, které vodu zadržují a na póry, které podporují odtok vody. Intenzita zpracování půdy se odráží v orientaci půdní struktury resp. pórů. Leij et al. (2002) popisuje dva strukturní stavy půdy. Homogenní vrstva s horizontální strukturou vzniká při konvenčním zpracování půdy a vertikální struktura, která vzniká při redukovaném zpracování. Ta je vytvářena působením biologických činitelů a trhlinami. Tyto stavy potom přímo ovlivňují hydraulickou vodivost, a tím i rychlost infiltrace.

Orba při konvenčním zpracování utužuje půdu pod zoranou vrstvou, zanikají povrchové kapilární póry, přibývá nerozložených rostlinných zbytků a vzrůstá utužení povrchové vrstvy půdy (Roth et al. 1988). Konvenčně zpracovávané půdy vlivem dlouhodobé kultivace mají tendenci zmenšovat objem pórů v ornici a naopak na bezorebně zpracovávaných půdách se objem pórů s časem zvyšuje (Voorhees, Lindstrom 1984).

Z této problematiky se ovšem nedá vyloučit rozdílné chování různých typů půd. Na jedné straně Benjamin (1993); Chan, Mead (1989) zjistili, že půda, kde se několik let zpracovává minimalizačním způsobem, měla o 30-180 % vyšší rychlost infiltrace než půdy orané. Na druhé straně Obi, Nnabude (1988) a Heard et al. (1988) nezjistili na písčitých půdách rozdíly v infiltraci mezi bezorebně a konvenčně zpracovávanými půdami, nebo zjistili dokonce i opačný efekt vyšší rychlosti infiltrace u konvenčních ploch.

Samotná volba vhodného systému zpracování půdy v dané lokalitě je potom náročný proces, ve kterém je zapotřebí uplatnit hluboké teoretické znalosti této problematiky, ale i dlouhodobé zkušenosti z dané lokality. Po tomto uvážení musí následovat výběr vhodné techniky pro daný systém zpracování půdy. O výběru vhodné techniky se zmiňuje Pastorek (2002). Vhodné je vždy praktické zhodnocení kvality práce odpovídající zvolenému systému v místních podmínkách. Volbu technologického systému z hlediska ochrany půdy proti erozi v současné době ovlivňují i standarty GAEC 2.

3. Vodní eroze

Jak bylo uvedeno, vodní eroze představuje problém celosvětového významu. Pod pojmem vodní eroze si lze představit rozrušování zemského povrchu dešťovými kapkami, povrchovým odtokem, podzemní a stojatou vodou. Nejrozšířenější je rozrušování povrchu stojatými vodami, konkrétně vodami mořskými. Do pevninských erozních jevů je možné dále zařadit erozi srážkovou, spojenou s působením povrchového odtoku a erozi proudovou. Dále bude pojednáváno z největší části o erozi srážkové.

Půdní eroze je přírodní proces, probíhající na všech půdách. Dochází k rozrušování povrchu půdy, odnosu půdních částic a následnému usazování těchto částic na jiných místech. Krajina je přetvářena převážně erozními silami a mechanickým zvětráváním hornin. Hlavními faktory zvětrávacích procesů jsou voda, vítr a teplotní výkyvy. Druhů erozních procesů je více, ale na zemědělských půdách se nejvíce projevuje eroze vodní a větrná (Morgan 2005).

Zachar (1970) dělí erozi na přirozenou (přírodní) a na člověkem ovlivněnou. Přirozená eroze probíhá v přirozených podmínkách a je způsobena přírodními činiteli. Tento druh eroze je tedy ze své podstaty neovlivnitelný a probíhá vždy. Pod člověkem ovlivněnou se rozumí eroze způsobená přírodními činiteli, jejichž účinek člověk svým jednáním zvýšil nebo snížil. Pokud svým jednáním člověk erozi urychlil, mluvíme o erozi zrychlené.

Celosvětové měřítko tohoto problému pak popisuje Janeček et al. (2008). Uvádí, že množství sedimentů splavených do oceánů před zavedením intenzivního hospodaření na půdě se zvýšilo z 10 miliard tun za rok, na současných 25 – 50 miliard tun ročně. Za tuto dobu bylo erozí zničeno nebo vážně poškozeno 430 milionů hektarů zemědělsky využitelných ploch a k tomuto množství každým rokem přibývají přibližně další 3 mil. hektarů. Na území České republiky je podle Janečka et al. (2008) ohroženo téměř 50 % orné půdy vodní erozí a přibližně 7,5 % erozí větrnou. Odhadovaný světový rozsah půd ohrožených vodní a větrnou erozí je uveden v tabulce 1.

Tab. 1 Rozsah půd ohrožených vodní a větrnou erozí v milionech ha.

Světadíl	Vodní eroze	Větrná eroze
Asie	441	22
Afrika	227	186
Jižní a střední Amerika	169	47
Evropa	114	42
Severní Amerika	60	35
Oceánie	83	16
Svět	1 094	548

ZDROJ: Janeček et al. (2008)

Kvítek a Tippl (2003) popisují důsledky eroze půdy jako ochuzení zemědělské půdy o nejúrodnější podíl – ornici, zhoršení fyzikálních vlastností půdy, zmenšení mocnosti půdního profilu, zvýšení šterkovitosti, snížení obsahu živin a organických látek v půdě, ztráty osiva a sadby a znesnadnění pohybů strojů po pozemcích, rozrušených erozními rýhami. Důsledkem snížení počáteční akumulace a infiltrace vody do půdy se zvyšuje povrchový odtok vody, který následně ohrožuje níže ležící území.

3.1 Příčiny a působení vodní eroze

Půdní eroze způsobená činností vody je proces, který se skládá z několika dílčích procesů. Nejprve dochází k uvolňování částic z půdního profilu (na povrchu nebo blízko povrchu), následuje transport částic. Třetí fází je uložení přenášených částic, k němuž dochází tehdy, není-li k dispozici dostatek energie, jež by částice dále transportovala. Kvítek a Tippl (2003) popisují vodní erozi půdy jako selektivní proces, při němž jemnější a lehčí částice jsou přednostně odtrhávány a unášeny odtékající vodou. Uvolněné půdní částice a organické látky mají velkou schopnost absorpce rostlinných živin, těžkých kovů, pesticidů a jejich reziduí, ale i patogenních organismů, a proto představují nebezpečí, hlavně pro kvalitu vodních zdrojů.

Erozní procesy vznikají vzájemným působením přírodních a člověkem ovlivněných činitelů. Janeček et al. (2002) erozní činitele rozděluje na klimatické a hydrologické, morfologické, geologické a půdní, vegetační a také podle způsobu využívání a obhospodařování půdy.

3.1.1 Erozní činitele klimatické a hydrologické

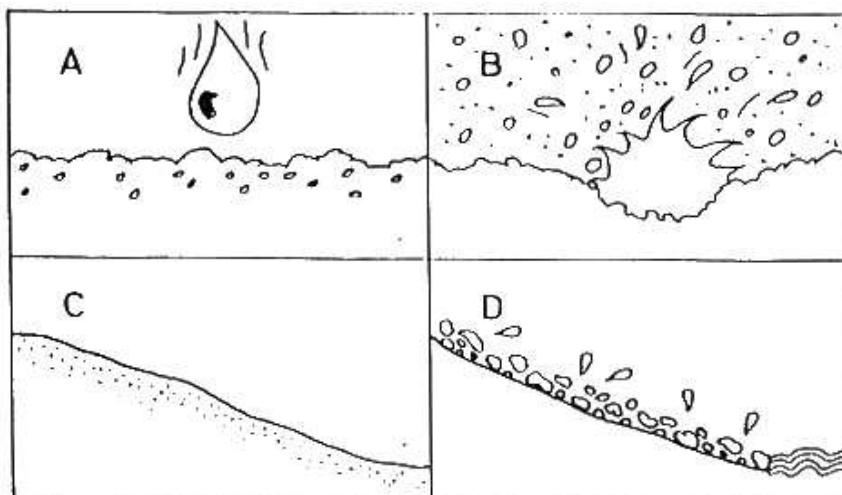
Srážky a povrchový odtok – vznik a průběh erozních procesů je většinou vyvolán přívalovými srážkami, které jsou charakterizovány vysokou intenzitou, malou zasaženou plochou a krátkou dobou trvání. Velmi nebezpečné jsou přívalové deště, jejichž úhrn srážek přesahuje 20 mm. Ještě více než na samotném úhrnu srážek však závisí na jejich intenzitě. Avšak kritická hodnota intenzity srážek není konstantní pro každý jednotlivý pozemek, je závislá na odtokových poměrech a propustnosti půdy. Zde je vidět interaktivita všech činitelů na vznik erozního procesu. Na zamrznutých a těžkých půdách se rychlost infiltrace vody do půdy blíží nule. V takovém případě nestačí infiltrační kapacita půdy i při málo intenzivních srážkách, rychle roste povrchový odtok se značnou erozivní a transportní energií. Naopak ve velmi propustných půdách se povrchový odtok tvoří zřídka a to pouze na krátké vzdálenosti.

Erozivní účinek dešťových srážek je dán jejich kvalitativními charakteristikami, především jejich intenzitou a kinetickou energií, nebo jejich kombinací. Vodní eroze je tedy funkcí erozivity deště. Ta je dána rozrušovací silou kapek. Nejdůležitější faktory, působící na rozrušovací sílu, jsou velikost kapek a jejich tvar, úhel dopadu, povrchové napětí, doba trvání a opakování deště a jeho intenzita (Torri et al. 1987). Nearing a Bradford (1985) zjistili, že rozrušovací síla způsobená deštěm, která vede k porušení půdního povrchu, je z většiny způsobena výškou povrchového odtoku a zadržené vody. Poměr mezi destrukčním působením deště na půdní povrch a odolností půdního povrchu je dán výškou následného povrchového odtoku. V případě, že působením deště ještě nedošlo k pohybu a přemístění půdních částic, je povrch půdy pokryt částicemi půdy, které jsou relativně odolnější a působením soudržných sil zabraňují povrchovému odtoku.

Velký vliv má také samotný dopad dešťových kapek na povrch terénu (Bazzoffi, Mbagwu 1998). Harrold (1972) popsal dopad dešťových kapek na povrch půdy. Dopad dešťové kapky rozstříkne a vymrští část půdních agregátů do kruhové oblasti, velikost dopadové energie lze pozorovat na vytvořeném důlku po dopadu dešťové kapky. Částičky půdy mohou být po dopadu odmrštěny až do vzdálenosti 1m.

Na Obrázku 1 je znázorněn postup vodní eroze dopadající kapkou. Na povrch půdy dopadá dešťová kapka s určitou kinetickou energií (A), po dopadu jsou odděleny malé částičky půdy (B), které zakryjí a ucpou povrchové póry v půdě (C), a vytvoří kluzkou povrchovou vrstvičku. Dešťová voda potom stéká spolu s malými částičkami půdy až k místu, kde se jejich rychlost vlivem sklonu pozemku sníží a dochází k usazování částic půdy (Derpsch, et al. 1991).

Obrázek 1- Postup vodní eroze dopadající kapkou. (Derpsch, et al. 1991)



Teplota a sluneční záření- dlouhodobá průměrná teplota určuje v nižších polohách vlastnosti klimatu a v horských polohách ve vyšší nadmořské výšce i množství rostoucí vegetace. Se suchostí klimatu klesá ochranný účinek vegetace a snižuje se tím i odolnost půdy vodní erozi. Významně působící mohou být i dlouhodobě působící vysoké teploty doprovázené dopadem slunečních paprsků, které vysušují půdu a snižují vitalitu vegetace. Při dlouhodobé vysoké sluneční aktivitě může klesat i pokryvnost půdy vegetací. Při teplotách pod bodem mrazu dochází k zmrznutí půdy, jejímu rozrušování vlivem zmrzlé vody a k omezení (zastavení) schopnosti půdy infiltrovat vodu. Zmrzlá půda představuje velké riziko vzniku lokálních povodní právě z důvodu neschopnosti infiltrovat vodu.

3.1.2 Půdní a geologické erozní činitele

Jak bylo uvedeno výše, vodní eroze je také velice výrazně ovlivněna fyzikálními vlastnostmi půdy. Zejména se jedná o ovlivnění texturou, strukturou, obsahem organické hmoty v půdě a vlhkostí. Tyto vlastnosti půdy určují velikost a časový průběh infiltrace vody do půdy a tím ovlivňují tvorbu povrchového odtoku vody. Zároveň tím určují i odolnost půdy proti destrukčním účinkům dešťových kapek a povrchového odtoku a transportovatelnost uvolněných půdních částic (Janeček 2000).

Půda tedy musí z pohledu protierozní ochrany vodu zadržovat a současně umožnit její pohyb půdním profilem, což má význam pro rostlinnou produkci ale i celé životní prostředí. Pohyb vody půdním profilem rovněž zásobuje podzemní vody, a čím víc vody je přemístěno do části podpovrchové, tím více se snižují erozní procesy a snižuje se rovněž ukládání

splavených sedimentů v tocích nebo nádržích. Zadržení a pohyb vody jsou dány půdní strukturou, zejména vlastnostmi půdního povrchu. Struktura povrchové vrstvy půdy má tedy rozhodující vliv na vznik povrchového odtoku vody a tím i na erozi půdy, protože podstatným způsobem ovlivňuje rychlost infiltrace vody do půdy a vodní kapacitu půdního profilu. Obecně platí, že velký vliv na propustnost vody má podíl velkých písčitých částic. Čím větší je podíl těchto částic, tím větší je propustnost půdy. Naopak nejméně odolné jsou půdy hlinité s velkým obsahem prachových částic, které se snadno uvolňují a transportují.

Obecným ukazatelem vlastností půdy vzhledem k náchylnosti vodní erozi je erodovatelnost půdy. Erodovatelnost půdy je dynamická půdní vlastnost a její proměnlivost závisí na způsobu zpracování půdy a na jejím stavu po orbě nebo dešti. Brown et al. (1989) erodovatelnost popisují jako půdní vlastnost vztaženou ke ztrátě půdy z plochy, kde dochází jak k plošné, tak k rýhové erozi. V erodovatelnosti půdy nastávají rovněž sezónní změny, které se projevují změnou půdní struktury, stability agregátů a propustnosti půdy (např. Imeson, Vis 1984, Lal 1994). Erodovatelnost půdy pak závisí na řadě půdních vlastností fyzikálního, chemického a mineralogického charakteru, které se dají poměrně snadno změřit (Kinnel 1993). Rozhodující je stupeň stability půdních agregátů pod vlivem energie dopadajících dešťových kapek. K porušení agregátů dešťovými kapkami dojde tehdy, když je překonána vnitřní síla odporu agregátů. Bazzoffi, Mbagwu (1998) rovněž zjistili, že erodovatelnost půdy se mění přímo s obsahem písku a nepřímo s obsahem jílu.

Důležitým faktorem ovlivňujícím infiltraci vody do půdy a stabilitu půdního povrchu je vznik půdní krusty. Je to vrstva, která se vytváří vyschnutím dispersní formy půdy na povrchu (Nearing, Bradford 1985). Ta vznikla přemístěním zeminy částečným povrchovým odtokem a zejména rozbitím půdních agregátů vlivem kinetické energie dopadajících kapek při srážce. Takto vzniklá vrstva půdy je méně odolná vodní erozi (Misra, Rose 1995). Tvorba půdní krusty může utěšňovat povrch půdy, který se stává pro vodu méně propustný. Dojde tedy ke skokovému snížení pórovitosti půdy v této oblasti a těsně pod ní.

Půdní krusta byla předmětem zkoumání mnoha vědeckých pracovníků. Většinou k jejímu šetření používají simulátory deště. Mc Intyre (1985) zjistil, že propustnost stmelené vrstvy o tloušťce 0,1 mm a půdní krusty (1,5 - 2,0 mm) byla o několik řádů nižší než u podloží vrstvy. Již dříve Tackett, Pearson (1965) zjistili, že podloží vrstvy byly 5x propustnější než půdní krusta. Freebairn et al. (1989) měřili infiltraci na propustných půdách s půdní krustou a bez krusty. Při rozrušení krusty kultivací byly půdy vysoce propustné ($> 200 \text{ mm.hod}^{-1}$), s půdní krustou byla infiltrace velmi nízká, někdy pouze 10 mm.hod^{-1} , podle

pevnosti a mocnosti krusty. K obdobným výsledkům došli i Chiang et al. (1993), Nishimura et al. (1995) nebo Le Bissonnais, Bruand (1993).

Z dalších důležitých parametrů majících vliv na parametry erozního procesu je třeba zmínit počáteční vlhkost půdy. Jak uvádějí Loch, Foley (1994) odolnost půdních agregátů vůči dopadajícím kapkám deště je určována také počáteční vlhkostí půdy. Při dopadu kapek na vyschlou půdu dochází k většímu rozrušení půdních agregátů a jejich vyplavení. To způsobuje jednak větší ztrátu půdy a jednak ucpání povrchových makropórů v půdě, což vede následně ke snížení infiltrace vody do půdy a tím pádem rychlému zvýšení povrchového odtoku (Roth, Eggert 1994). Na suchých půdách je smyv půdy větší než na půdách vlhkých, neboť suché agregáty jsou proti vlhkým méně stabilní při působení vody. Při náhlém silném příjmu vody v suchých půdách vzduch uzavřený v suchých půdních agregátech je pronikající vodou stlačován, až dojde k malým explozím, které brání vsaku Tab. 2 (Kehl 1997).

Tab. 2 Stabilita suchých a vlhkých půdních agregátů

Lokalita	Jíl %	C _{org.} %	Objemová hmotnost g.cm ⁻³	Vlhkost agregátů		Stabilita agregátů	
				Suché	Vlhké	Suché	Vlhké
				% hm.		%	
1	11,0	1,78	1,65	1,4	18,4	70,3	97,4
2	12,5	0,73	1,78	1,4	15,4	36,3	97,0
3	13,7	1,19	1,69	1,6	23,9	62,7	97,2
4	15,1	1,31	1,8	1,6	22,1	58,1	97,0
5	20,3	1,62	1,81	2,2	21,7	64,1	96,9
6	28,4	1,55	1,86	1,8	20,0	65,1	99,0
7	38,7	1,36	1,95	3,4	15,8	83,4	98,3

ZDROJ: Kehl 1997

Někteří autoři se rovněž zaměřili na vztah mezi vysycháním půdy, povrchovým odtokem a plošnou erozí na půdách s krustou. U písčitohlinitých půd byl odtok 75 - 85 % ze srážky a 50 - 60 % u půd jílovitých. Vysušení mezi srážkami zvyšovalo intenzitu odtoku a celkovou ztrátu půdy při srovnání s půdami udržovanými ve vlhkém stavu. Snadněji dispergující a krustu vytvářející písčitohlinitá půda vykazala větší ztrátu půdy po vyschnutí. Jílovitou půdu vysoušení ovlivnilo nejméně. Vyschnutí půdy mezi srážkami průkazně snižuje stabilitu půdní krusty a zvyšuje množství ztráty půdy, i když zpočátku ne velikost povrchového odtoku. U nejméně stabilní písčitohlinité půdy se ztráta půdy při vlhkém postupu snižovala od počáteční hodnoty 12 g.m⁻².min⁻¹ na konečnou hodnotu 7 g.m⁻².min⁻¹ (Zhang, Miller 1993).

3.1.3 Morfologické erozní činitele

Janeček et al. (2008) řadí mezi morfologické ukazatele tvar, délku, expozici a zejména sklon svahu.

Sklon svahu – patří mezi nejdůležitější morfologické ukazatele. Vždy platí, že čím větší je sklon, tím větší je rychlost, kinetická energie a síla odtékající vody. Za významný ukazatel se považuje tzv. kritický sklon. Po jeho překročení dochází na nechráněných půdách ke škodlivé erozi. Zachar (1970) podle měření v několika slovenských lokalitách stanovil při plošné erozi hodnotu kritického sklonu 1 až 8° a při svahových rýhách 2,5 – 16°. Dále také zjistil, že při zvýšení sklonu o dvojnásobnou hodnotu se smyv půdy zvýšil až dvakrát. Vliv sklonu na erozi může být např. vhodnou vegetací zeslaben, nikoliv však zcela potlačen.

Délka svahu – po sklonu druhý nejvýznamnější činitel. Na krátkém svahu dochází pouze k unášení půdních částic relativně malým povrchovým odtokem. Naproti tomu delší svah je rovněž erodován účinkem hromadícího se povrchového odtoku. Na svazích s proměnlivou svažitostí navíc často dochází k vytváření nánosů půdních částic v místech, kde dojde k prudkému snížení kinetické energie povrchového odtoku, tedy místa s nižší nebo nulovou svažitostí.

3.1.3 Vliv organické hmoty

Jedním z nejdůležitějších vstupních parametrů s velkým vlivem na erozní procesy je vliv organické hmoty. Tento vliv může mít mnoho podob, ale dva základní jsou vegetační kryt půdy rostlinami a dále pokryvnost půdy organickými zbytky rostlin.

Dostatečně pokryvný vegetační kryt má vliv na průběh i intenzitu erozních procesů. Jeho projevem je ochrana půdy před dopadem dešťových kapek, zpevnění půdy kořenovým systémem rostlin zejména v podpovrchových vrstvách, zvýšení infiltrační schopnosti půdy díky prorůstání kořenového systému a zlepšením fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy. Kořeny některých rostlin např. dokáží rozrušit zhutnělou vrstvu půdy vzniklou zejména technogenním zhutněním. Nesmírně důležitou problematikou je volba vhodné plodiny pro daný pozemek. Zachar (1970) stanovil ze sesbíraných údajů od autorů z celého světa, že např. hnojením půdy se mohou erozní ztráty snížit až 4,7krát, úpravou mikroreliefu až 30krát a volbou vhodné plodiny až 37 000krát.

Největší nebezpečí pro půdu představují nevhodným způsobem založené porosty širokořádkových plodin, zejména v počátečním vývojovém stadiu, nově založené vinice. Jak bylo zmíněno v úvodu, v podmínkách ČR se jedná zejména o porosty kukuřice zaseté na svažitých pozemcích. Obilniny, dočasné travní porosty, trvalé travní porosty jsou poškozovány méně. Nejméně jsou pak poškozovány lesní porosty.

Největší množství studií v této části problematiky se zabývá organickou hmotou na povrchu půdy. Tato organická hmota na povrchu může mít různý původ. Může se jednat o rozdrčené zbytky předcházející plodiny, umrtvený výdrol, vymrzlou (umrtvenou) mezipločinu nebo záměrně aplikovanou organickou hmotou.

Rostlinné zbytky na povrchu půdy a v povrchové vrstvě půdy přispívají k omezení vypařování vody, zpomalují povrchový odtok vody a zvyšují infiltraci (Páltik 2003). Již Meyer et al. (1970) uvádějí, že pokrytí povrchu půdy mulčem ze slámy v množství $0,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ sníží ztrátu půdy o $1/3$ a množství mulče $5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ redukuje ztrátu půdy o 95 %. Podobně Latanzzi et al. (1974) zjistili ze svých pokusů, že aplikace mulče v množství $0,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ redukuje ztrátu půdy až o 40 % a $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ mulče o 80 %.

Wischmeier et Smith (1978) uvádějí, že každé zvýšení pokryvnosti půdy rostlinnými zbytky o 10 % sníží erozi půdy o 20 %. Důležitost ponechávání rostlinných zbytků na povrchu půdy z hlediska ochrany půdní struktury zdůrazňuje mnoho autorů (Hanna et al. 1995; Janeček et al. 2002). Johnson (1988) shrnuje poznatky několika autorů a uvádí, že pokrytí dvaceti až třiceti procent povrchu půdy rostlinnými zbytky snižuje vodní erozi o 50 % až 90 % v porovnání s povrchem půdy bez pokrytí.

Azooz, Arshad (1997) při svých pokusech ponechali na povrchu půdy pokryvnost cca 70 % a porovnávali velikost infiltrace s konvenčně zpracovávanou půdou, pokrytou pouze minimálně - cca 5 % povrchu pokryto rostlinnými zbytky. U varianty s ponechanými rostlinnými zbytky se infiltrace zvýšila v průměru o 20 %. Roth et al. (1988) zjistil, že půda, která je pokryta 100 % rostlinných zbytků po předchozích plodinách umožní infiltraci deště o srážkovém úhrnu až 60 mm, kdežto utužená půdy klasicky zpracovávaná infiltruje pouze do 20 % stejného srážkového úhrnu. Lueschen (1991) při svých pokusech porovnával pokrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky při různém zpracování půdy v porostech kukuřice. Při zpracování půdy jedním kypřením byl povrch půdy pokryt rostlinnými zbytky v rozmezí 69 - 82 %, při zpracování půdy dvojnásobným kypřením 49 % a klasickým zpracování půdy méně než 10 %. Je tedy prokazatelné, že pokryvnost půdy organickou hmotou má prvotní souvislost s metodou zpracování půdy, jak již bylo uvedeno v předcházející kapitole.

Vliv organické hmoty se v žádném případě nevztahuje pouze k povrchu půdy. Další stránkou této problematiky je půdní organická hmota. Půdní organická hmota hraje v půdě významnou funkci. Podporuje biologickou aktivitu v půdě, má dopad na vlastnosti půdních agregátů a v neposlední řadě ovlivňuje infiltraci. Velikost zastoupení organické hmoty v půdě může být označena jako jeden z indikátorů půdní kvality.

Jak uvádí Franzluebbers (2002) je organická hmota v půdě klíčový faktor při přípravě půdy a infiltraci vody do půdy. Obsah organické hmoty se určuje pomocí parametru obsahu půdního uhlíku. Při svých měřeních odebíral vzorky půdy na pozemcích s dlouhodobými pokusy, kde byla uplatňována klasická příprava a přímé setí. Neporušené půdní vzorky (válečky) a přesáté vzorky byly odebírány pro sledování dlouhodobého (neporušené) a krátkodobého (přesáté vzorky) vlivu na infiltraci vody do půdy, penetrační odpor, objemovou hmotnost, stabilitu půdních agregátů a obsah organické hmoty. Průměrná týdenní infiltrace se nelišila mezi porušenými a neporušenými vzorky u dlouhodobého pokusu s klasickým zpracováním půdy (hodnota 220 mm.h^{-1}). Daleko vyšší rozdíl byl u bezorebného zpracování. Hodnoty dosáhly 720 mm.h^{-1} u neporušeného vzorku a 280 mm.h^{-1} u přesátého. Ačkoliv zpracování půdy zvyšuje skokově pórovitost půdy, je to krátkodobé řešení (vzhledem k sesedání půdy), které má negativní dopad na povrchovou půdní stabilitu a organický uhlík. Tyto vlastnosti ovlivňují infiltraci vody do půdy, pohyb vody v půdě a zadržování vody v půdě. Rozvrstvení organické hmoty v půdě může být jednoduchým nástrojem pro určení postupu zpracování půdy.

Dále Franzluebbers (2002) uvádí, že půdní organická hmota byla výrazně rozvrstvená u dlouhodobě nezpracovávané půdy (no till). U konvenčního zpracování půdy bylo rozložení rovnoměrné. Obsah půdního organického uhlíku byl u nezpracovávané půdy vyšší než u půdy zpracovávané, především ve vrstvě půdy do 60 mm. V hloubce do 120 mm byl obsah uhlíku poloviční u konvenčního zpracování v porovnání s vrstvou bez zpracování půdy. Obsah stabilních půdních agregátů nevykázal významné rozdíly ve způsobu zpracování ani v hloubce odběru. Nicméně při dlouhodobém pokusu bez zpracování byl obsah stabilních půdních agregátů vyšší než u zpracovávané varianty. Infiltrace vody do neporušeného vzorku půdy byla u půdy dlouhodobě nezpracovávané vyšší než u konvenčně obdělávané půdy. Vyšší infiltrace u nezpracované půdy v porovnání s konvenčním způsobem zpracování byla naměřena pouze v případě dlouhodobého způsobu popsaného zpracování půdy na stejném stanovišti, nicméně v případě uplatnění zmíněných technologií po dobu kratší než několik let, může být infiltrace u nezpracovávané půdy stejná nebo často i nižší než u orané půdy následkem počátečního technogenního utužení a absence biologické aktivity nutné pro vytvoření stabilní půdní struktury.

Znovu se tak potvrzuje délka přechodového období pro vytvoření vhodné půdní struktury, což potvrzují i předcházející autoři. Výsledky ukázaly, že rozložení organické hmoty v půdním profilu je důležitější, než celková hodnota půdního organického uhlíku v půdě.

Reicosky et al. (2005) konstatuje, že ztráta půdního uhlíku a přemísťování půdy při zpracování může být příčina degradace půdy a půdní eroze. Dále uvádí, že půda hraje významnou roli v zadržování uhlíku. Zpracování půdy, které způsobuje ztrátu uhlíku, je v přímém spojení s vlastnostmi půdy a environmentálními problémy (Paustian et al. 1997).

3.1.4 Vliv drsnosti půdy

Drsnost povrchu půdy je jeden z důležitých vlivů, které ovlivňují erozi půdy. Drsnost povrchu bývá definována jako standardní odchylka úrovně povrchu půdy při zanedbání změn povrchu způsobených sklonem nebo po kolejových stopách zemědělské techniky. Na nerovném povrchu půdy se objevuje mnoho prohlubní a bariér, které zachycují vodu a splavené půdní agregáty, což může snižovat vodní erozi půdy v porovnání s rovnými povrchy.

Terzoudi et al. (2007) hodnotili v rámci měření povrchového odtoku vody i drsnost povrchu půdy v závislosti na třech různých způsobech zpracování půdy. Měřili drsnost po zpracování radličným pluhem, dlátovým kypřičem a talířovým kypřičem. Měření probíhalo v období od roku 1997 do roku 2000. Nejvyšší hodnota drsnosti byla vždy naměřena po zpracování půdy radličným pluhem. Nejnižší drsnost naopak byla měřena po zpracování talířovým kypřičem. Průměrná drsnost povrchu půdy po zpracování radličným pluhem byla 251 mm, po zpracování dlátovým kypřičem 158 mm a po zpracování talířovým kypřičem 82 mm. Hodnoty po zpracování půdy radličným pluhem samozřejmě platí pouze pro půdu zanechanou v hrubé brázdě.

3.2 Druhy vodní eroze

Plošná eroze

Při plošné erozi je dle Janečka et al. (2008) povrch pozemku erodován téměř rovnoměrně po celé jeho ploše nebo určité části plochy svahu. Čím je plocha svahu rovnější, tím jsou podmínky pro soustředování vody menší. Avšak ani dokonale urovnaný a uhlazený povrch nezabrání stékání vody do rýžek, proto lze jen obtížně oddělit plošnou erozi od eroze výmolné.

Působením plošné eroze se půdní vrstva ztenčuje, na velké ploše se v některých případech nakonec obnažuje až na skalní podloží. Dochází tedy k postupnému zahlazování a zaoblování celého reliéfu. Nejvíce se tento druh eroze vyskytuje na zemědělských pozemcích, kde jsou malé nerovnosti způsobené zpracováním půdy. Plošnou erozi dále Zachar (1970) rozděluje na kapkovou, vrstvičkovou, rýžkovou a vrstevnou. Na rovném povrchu je první fází eroze kapková, u které vznikají v půdě malé jamky po dopadu vodní kapky. Dalším podtypem je eroze vrstvičková. Probíhá prakticky při každém pohybu vody na nakloněném povrchu. Povrchovým odtokem dochází výběrovým účinkem ke smyvu jemnějších částic. V místech smyvu půdních částic se stává půda hrubozrnnější a zároveň dochází ke snížení obsahu živin. Naopak půda, kde dojde k usazení smyvu, je jemnozrnnější a navíc má zvýšený obsah živin. Rýžková eroze pak vzniká soustředěním odtékající vody do rýžek o hloubce a šířce několika centimetrů, přičemž jejich hloubka nesmí přesáhnout hloubku orniční vrstvy. Posledním podtypem plošné eroze je eroze vrstevná. Půdní hmota je smývána po vrstvách širokých až několik metrů a hlubokých 10 až 25 cm. Dochází k ní při povrchovém odtoku s vyšší kinetickou energií a nepříznivém utváření půdního profilu. Může dojít až k odnesení celé orniční vrstvy.

Výmolná eroze

Někdy také nazývána jako eroze stružková. Pokud dojde k soustředění většího množství vody anebo při postupném prohlubování stávajících stružek vznikají stružky různého tvaru a velikosti. Eroze ve stružkách je ovlivněna zejména vlastnostmi půdy a také vlastnostmi vodního proudu ve stružce. Oddělení částice v oblasti stružky je funkcí smykového namáhání vzniklého v důsledku vodního toku ve stružce (Laften et al. 1991). Aby eroze mohla vzniknout, musí být smykové namáhání vzniklé v důsledku odtoku vody stružkou větší, než kohezí síly, které drží půdní částice pohromadě (Horn, Dexter 1989). Zachar (1970) podle

tvaru rýh v příčném řezu rozeznává rýhy ploché, široké, úzké a oblé. Ploché tvary se vyskytují převážně na mělkých půdách, připomínající tvar širokého „V“. Tyto rýhy jsou širší než delší. Úzké tvary mají tvar užšího písmene „V“, přičemž šířka rýhy je menší než její hloubka. Široké rýhy mají široké dno a připomínají tvar „U“, převládá v nich boční eroze nad hloubkovou. Rýhy, které jsou stále erodovány, si ponechávají velmi strmý až kolmý tvar břehu. Posledním tvarem stružkové eroze jsou oblé rýhy.



Obrázek 2- Stružková eroze v porostu brambor.

ZDROJ: vlastní

Proudová eroze

Pod pojmem proudová vodní eroze bývá popisována eroze, která je způsobena tekoucí vodou. Někteří autoři proudovou erozi dále dělí podle místa výskytu, např. na erozi jezerní, kanálovou, přehradovou či říční. V České republice má na svědomí největší škody způsobené na půdním fondu eroze říční. V období záplav dochází k zvyšování eroze zvýšením množství protékané vody a tím unášením velkého množství materiálu.



Obrázek 3 - Proudová eroze způsobená řekou Colorado River v Grand Canyonu (USA)

ZDROJ: <http://usa.tripzone.cz>

3.3 Modely eroze půdy a určení ohroženosti pozemků

Modelování eroze půdy jsou matematické metody, které popisují proces od uvolnění a odtržení částic půdy přes pohyb až po usazení půdních částic na povrchu půdy po ztrátě kinetické energie.

Existují tři základní modely eroze půdy - empirický model, koncepční model a fyzicky založený model (Lane et al. 1988). Empirické modely jsou založené především na pozorování a jsou obvykle statistické povahy. V současné době se nejvíce používá univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE (Universal Soil Loss Equation), která byla původně sestavena pro podmínky USA a počítá smyv vynásobením šesti faktorů ovlivňujících jeho hodnotu (Wischmeier a Smith 1978). V 90. letech v USA byla na základě USLE sestavena nová rovnice RUSLE (Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy), která vznikla aktualizací, prověřením a revizí USLE. RUSLE je erozní model určený pro predikci dlouhodobé průměrné roční ztráty půdy, způsobené odtokem z pozemku ležícího v určité klimatické oblasti, s danými půdními poměry, o určitém sklonu a délce, při určitém systému pěstování plodin, obdělávání půdy a uplatňování protierozních opatření.

Rovnice má tvar:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad [t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}] \quad [1]$$

Kde:

G – průměrná roční ztráta půdy $[t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}]$

R – faktor erozní účinnosti deště – je závislý na úhrnu, četnosti, intenzitě a kinetické energii srážek. Roční hodnota faktoru R se stanovuje pomocí dlouhodobých záznamů o srážkách, nejlépe za období 50 let, a představuje součet erozní účinnosti jednotlivých přívalových dešťů v daném roce. Do těchto dešťů se nezapočítávají deště s úhrnem srážek menším než 12,5 mm a také pokud nespadlo alespoň 6,25 mm srážek za dobu 15 minut. Deště mezi sebou musí být odděleny minimálně 6 hodinovou přestávkou. Pro Českou republiku je základě měření ČHMÚ stanovena průměrná hodnota faktoru $R = 20$. (Janeček et al., 2002)

K – faktor erodovatelnosti půdy – je v univerzální rovnici definován jako odnos půdy v $t \cdot ha^{-1}$ na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku o sklonu svahu 9 % a délce 22,13 m. Hodnotu F faktoru lze stanovit ze vztahu:

$$100K = 2,75 \cdot M^{1,14} \cdot 10^{-4} \cdot (12 - a) + 3,25 \cdot (b - 2) + 2,5 \cdot (c - 3) \quad [2]$$

Kde:

$M = (\% \text{ prachu} + \text{práškového písku}) \cdot (100 - \% \text{ jílu})$

a - % organické hmoty

b – třída struktury ornice

c – třída propustnosti půdního profilu

Dále z nomogramu sestrojeného na základě uvedených rovnic nebo k přibližnému určení postačí užití map bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) a hodnoty K faktoru určit podle dostupných tabulek.

L – faktor délky svahu – předpokladem je, že intenzita eroze roste s narůstající délkou svahu. Faktor L lze stanovit z následujícího vztahu, kde po vypočtení se hodnota L faktoru odečte z dostupných tabulek.

$$L = \left(\frac{l}{22,13} \right)^m \quad [3]$$

Kde:

l – horizontální projekce nepřerušené délky svahu

22,13 – délka standardního pozemku [m]

m – exponent délky svahu vyjadřující náchylnost svahu k tvorbě rýžkové eroze

Za účinné přerušení délky pozemku po spádnicí se považuje sběrný či záchytný průleh, hrázka nebo příkop, nikoliv plodina nebo mez, přes kterou může povrchový odtok přetéct.

S – faktor sklonu svahu – předpoklad je, že se zvyšujícím se sklonem svahu narůstá erozivní síla, a to rychleji, než je tomu u délky svahu. Pokud je svah přímý, lze stanovit hodnotu faktoru S z následujících vztahů, kde s - sklon svahu v radiánech.

$$S = 10,8 \sin s + 0,03 \text{ pro } s < 9 \% \quad [4]$$

$$S = 16,8 \sin s - 0,50 \text{ pro } s \geq 9 \% \quad [5]$$

Pokud je sklon svahu proměnlivý, lze rozdělit svah na deset stejně dlouhých úseků a faktor sklonu svahu S stanovit jako vážený průměr.

$$S = 0,03 \cdot S_1 + 0,06 \cdot S_2 + 0,07 \cdot S_3 + 0,09 \cdot S_4 + 0,10 \cdot S_5 + 0,11 \cdot S_6 + \\ + 0,12 \cdot S_7 + 0,13 \cdot S_8 + 0,14 \cdot S_9 + 0,15 \cdot S_{10} \quad [6]$$

Kde s_i – je hodnota faktoru S pro i-tý úsek svahu, rozděleného na deset úseků stejné délky.

C – faktor ochranného vlivu vegetace – ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti půdy a hustotě porostu v době nejčastějšího výskytu Ochranný faktor C se stanovuje pro jednotlivé po sobě pěstované plodiny, včetně období mezi střídáním plodin, při zohlednění termínu a způsobu provádění agrotechnických prací v pěti základních obdobích. První je období podmítky a hrubé brázdy, druhé období trvá od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení, třetí období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, čtvrté období trvá od konce třetího období do sklizně a poslední je období strniště.

P – faktor účinnosti protierozních opatření – závisí na zvolených protierozních opatřeních a tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulkách přívalových dešťů.

(Janeček et al. 2002)

3.4 Opatření proti erozi

Zemědělskou půdu je bezpodmínečně nutné chránit před erozí vhodnými protierozními opatřeními. Obecně lze říci, že efektivní opatření protierozní ochrany půdy musí spočívat v zachycení povrchově odtékající vody na daném pozemku, převedení co největší části povrchového odtoku do půdního profilu (zvýšení infiltrace) a snížení rychlosti odtékající vody. Kvítek a Tippl (2003) popisují tři základní protierozní opatření: organizační, technická a agronomická.

Organizační opatření obsahují:

- návrh vhodného umístění pěstovaných plodin,
- návrh pásového pěstování plodin,
- návrh optimálního tvaru a velikosti pozemku,
- návrh vegetačních pásů mezi pozemky,
- návrh záchytných travních pásů.

Velikost a tvar pozemku – z hlediska protierozní ochrany je vhodné, aby délka pozemku ve směru spádnice nepřekročila délku stanovenou výpočtem přípustné ztráty půdy erozí. Problémem je současná ekonomicky zdůvodněná snaha o maximalizaci výměry jednotlivých pozemků. Z hlediska protierozní ochrany jsou vždy vhodnější pozemky menší a rozdělené. Janeček et al. (2008) obecně doporučuje v rovinatých územích vytvářet pozemky do velikosti 50 ha a ve členitějších územích s délkami ve směru vrstevnic do velikosti 20 ha.

Ochranné zatravnění (zalesnění) – je vhodné využít na pozemcích nevhodných pro pěstování běžných polních plodin zejména při překročení dovoleného splavu půdy. Zatravnění je rovněž vhodné pro pozemky okolo řek, potoků a vodních nádrží.

Pásové střídání plodin – důvodem tohoto uspořádání je střídání plodin s vysokou a nízkou protierozní schopností. Šířka pásů je závislá na sklonu a délce svahu. Morgan (2005) uvádí, že pásy mohou být uspořádány podle vrstevnic s proměnlivou šířkou, nebo mají jednotnou šířku, jsou orientovány napříč sklonu pozemku a nezakřivují se podél vrstevnic, případně kombinací předchozích.

Vhodné rozmíst'ování plodin – Janeček et al. (2008) uvádějí logický předpoklad pěstování širokořádkových plodin nejlépe pouze na rovinách, na svažitých pozemcích pak doporučují pěstování zejména obilovin a trvalých travních porostů.

Technická opatření obsahují:

- terénní urovnávky,
- příkopy a meze,
- průlehy,
- terasy,

- ochranné hrázky,
- protierozní nádrže,
- protierozní cesty.

Janeček et al. (2008) dále uvádějí, že účelem těchto opatření je snížení působení erozivního účinku povrchového odtoku zmenšením sklonu pozemku, délky svahu a zabezpečení neškodného odvodu povrchového odtoku.

Protierozní meze – musí být umístěny ve směru vrstevnic. Bývají zatravněné a často porostlé dřevinami. Rovněž slouží ke zmenšování výměr jednotlivých pozemků na dlouhých svazích.

Terasy – používají se spíše výjimečně. Kvítek a Tipl (2003) uvádí, že terasování se využívá na pozemcích o sklonu vyšším než 20 % na hlubokých až velmi hlubokých půdách.

Terénní urovnávky – jsou opět vhodné pouze pro velmi hluboké půdy vzhledem k mechanismu jejich provádění. Janeček et al. (2008) uvádějí, že se jedná o odstranění vertikálních nerovností přesunem zeminy ke snížení sklonu jednotlivých částí pozemku a omezení možnosti soustředování povrchového odtoku a následným vznikem rýhové eroze.

Hrázky – slouží k ochraně důležitých míst popř. objektů. Hrázky mohou být 1 až 1,5 m vysoké a bývají vybaveny vypouštěcím zařízením, které zajistí odtok v případě zatopení.

Průlehy – jedná se o mělké a široké příkopy, které mohou být obdělávatelné, vhodnější však je trvalé zatravnění, budované v mírném odklonu od vrstevnic. Janeček et al. (2008) potvrzuje, že se jedná o velice účinné opatření.

Agrotechnická protierozní opatření

Základem agrotechnických protierozních opatření by mělo být pěstování plodin s vysokým protierozním účinkem na svažitých a erozně ohrožených pozemcích. Osévání rovinatých pozemků lze bez rizika provádět i plodinami s nízkým protierozním účinkem. Erozi ohrožená půda by pokud možno nikdy neměla na delší časový úsek zůstat bez dostatečného pokryvu vegetací nebo posklizňových zbytků zejména v době nejčastějšího výskytu přívalových dešťů. V podmínkách ČR se jedná o období od poloviny května do začátku září (Janeček et al. 2000).

Podle stupně ochrany zemědělské půdy před vodní erozí můžeme rozdělit nejběžněji pěstované plodiny do tří základních skupin:

- 1) plodiny s vysokým protierozním účinkem po celou dobu vegetačního období (travní porosty, jetelotrávy, jeteloviny),
 - 2) plodiny s dobrou protierozní ochranou půdy po větší část vegetačního období (obiloviny, meziplodiny, luskoviny),
 - 3) plodiny s nedostatečnou protierozní ochranou půdy po převážnou část vegetačního období (kukuřice, brambory, cukrová řepa).
- (Janeček et al. 2000)

Protierozní odolnost půdy lze rovněž zvyšovat vhodně prováděným zlepšováním půdní struktury, zejména hnojení organickými hnojivy. Další vhodná opatření jsou vrstevnicové obdělávání půdy a půdoochranné způsoby zpracování půdy, jak bylo uvedeno v předcházejících částech.

4. Cíl práce a předpoklady

Cílem práce bylo vyhodnotit a posoudit jednotlivé technologie založení porostu polních plodin z hlediska odolnosti půdy vůči vodní erozi. Za tímto účelem byl založen polní pokus s jednotlivými variantami plodin a technologií založení porostu. Varianty jsou hodnoceny dvěma základními metodami popsány v následující podkapitole.

4.1. Očekávané výsledky disertační práce

Ze zpracované literární rešerše lze předpokládat potvrzení příznivého vlivu pŕdoochranného zpracování půdy na odolnost půdy vůči vodní erozi. Vysloveným předpokladem je tedy snížení povrchového odtoku a zejména smyvu zeminy. Rovněž by se měl příznivě projevit vliv pokrytí půdy organickou hmotou i v případě konvenčního zpracování půdy. Dalším předpokladem je pak postupná změna půdní struktury zejména u bezorebných variant.

5. Použité metody a popis polního pokusu

5.1. Polní pokus

Polní pokus byl pro účely měření založen v lokalitě Nesperská Lhota, která se nachází na pomezí Benešovské a Vlašimské pahorkatiny. Pokus byl založen na lehké, hlinitopísčité kambizemi v nadmořské výšce 420 m a průměrné svažitosti pozemku 5,4 °. Polní pokus tvoří sedm základních variant. Každá varianta má výměru 300 m² a rozměry varianty jsou 6 m x 50 m, kde delší strana je orientována po spádnicí. Jednotlivé varianty představují různé technologie založení porostu – kukuřice (*Zea Mays L.*) a ovesa (*Avena sativa L.*). Kukuřice tvoří 4 varianty a oves 2 varianty. Sedmou variantu pak tvoří černý úhor. Tato plocha je udržována bez rostoucí vegetace pomocí neselektivních herbicidů. Jedná se o kontrolní variantu. Polní pokus byl původně založen na 3 sezony, nicméně v roce 2014 by se měla uskutečnit již pátá sezona měření.



Obrázek 4- Satelitní snímek pokusného pozemku

ZDROJ: <http://maps.google.cz>, upravil Novák (2011)

K založení pokusu došlo již na podzim roku 2009. Po výběru vhodné lokality následovalo vymezení hranic jednotlivých variant. Umístění celého pokusu bylo zasazeno do svahu, nikoliv však těsně u hrany pozemku. Toto umístění bylo zvoleno z důvodu eliminace nepříznivých vlastností půdy na okraji pozemku (zejména technogenní zhutnění půdy- okraj

pozemku byl v dřívějším způsobu hospodaření souvratí). Předchozí plodinou bylo ozimé triticales (odrůda Tatra). Výnos činil průměrně 6,2 t/ha, značný byl i výnos slámy. Po sklizni triticales v srpnu 2009 (sláma byla podrcena a rozptýlena) byl pozemek ve druhé polovině srpna podmítnut talířovým kypřičem BDT 3,5 do hloubky 0,12 m. U bezorebných variant (označeny 4, 5, 6) zůstala půda na podzim bez dalšího zpracování, u variant oraných (označeny 1, 2, 3) následovala v říjnu 2009 podzimní orba jednostranným pluhem PH1-5-35 do hloubky 0,22 m (jízdy soupravy ve směru vrstevnic, klopení skýv proti svahu). Zpracování půdy a setí na jaře 2010 je uvedeno u jednotlivých variant pokusu. Toto uspořádání platí pro rok 2010. Během dalších let měření byly provedeny minoritní úpravy, které budou popsány vždy v související části včetně dalších případných agrotechnických zásahů. Pokus byl organizován tak, aby bezorebné varianty zůstaly bezorebné po několik let a obdobně varianty s orbou zůstaly na stejných místech.

Varianty pokusu:

1. Konvenční technologie zpracování půdy pro kukuřici – orba na podzim, přes zimu ponechána hrubá brázda, na jaře předseťová příprava půdy smykem s hřebovými bránami, setí kukuřice secím strojem Becker Aeromat 812.
2. Varianta s orbou, jarní obilnina (hlavní plodina) - orba na podzim, přes zimu ponechána hrubá brázda, na jaře předseťová příprava půdy smykem s hřebovými bránami, zasetí ovsa (Flora 601 s kotoučovými secími botkami).
3. Varianta s orbou, kukuřice s ochrannou podplodinou (ozimá obilnina zasetá na jaře - triticales) - orba na podzim, přes zimu ponechána hrubá brázda, na jaře předseťová příprava půdy smykem s hřebovými bránami, zasetí triticales (na celou plochu s roztečí řádků 0,125 m při výsevku 150 kg/ha), setí kukuřice secím strojem Becker Aeromat 812.
4. Varianta bez orby, kukuřice bez ochranné podplodiny, s jarní předseťovou přípravou půdy – podmítka po sklizni předplodiny talířovým kypřičem (BDT 3,5), na jaře zpracování půdy radličkovým kypřičem Kromexim 300 do hloubky 0,10 m, setí kukuřice secím strojem Becker Aeromat 812.
5. Varianta bez orby, jarní obilnina (hlavní plodina) - podmítka po sklizni předplodiny, na jaře zasetí ovsa (Flora 601 s kotoučovými secími botkami).
6. Varianta bez orby, kukuřice bez ochranné podplodiny, bez jarní předseťové přípravy půdy - podmítka po sklizni předplodiny talířovým kypřičem (BDT 3,5).

7. Varianta „černý úhor“ – na podzim orba, přes zimu ponechána hrubá brázda, na jaře zpracování půdy radličkovým kypřičem do hloubky 0,15 m, udržováno bez vegetace - 5x aplikace neselektivního herbicidu (Roundup Rapid, 4 l.ha⁻¹).

Měření pomocí odtokových mikroparcelek.

Na každou variantu pokusu byly po zasetí obilnin a kukuřice nainstalovány 4 odtokové mikroparcelky. Mikroparcelka je vymezena stěnami z ocelového plechu o tloušťce 1,5 mm. Plechové stěny byly zatlačeny do půdy tak, že 0,08 m výšky stěny se nachází v půdě a 0,04 m vyčnívá nad půdu. Ve spodní části mikroparcelky je odtok sveden do kolektoru a dále odváděn do zakopané níže položené plastové sběrné nádoby (kanystr o objemu 10 dm³). Zachycování povrchového odtoku z mikroparcelek je řešeno obdobně, jak uvádí Bagarello a Ferro (2007) nebo Hudson et al. (1993).



Obrázek 5- Odtoková mikroparcelka se záchytnou plochou 0,16 m²

ZDROJ: vlastní

V blízkosti pokusného pozemku je umístěna meteostanice Vantage Vue. Kromě úhrnu srážek je registrována intenzita srážek. Kontrola obsahu vody a sedimentu v nádobách následovala bezprostředně po srážkách, které mohly způsobit povrchový odtok srážkové vody. Pomocí odměrných válců byl zjišťován objem povrchového odtoku, množství sedimentu bylo zjištěno po přefiltrování obsahu a stanovení hmotnosti zachycené zeminy po vysušení při 105° C.



Obrázek 6 - Meteostanice Vantage Vue

ZDROJ: www.home-weather-stations-guide.com

Měření simulátorem deště

Druhou základní metodou měření infiltrace vody do půdy, povrchového odtoku vody a smyvu zeminy je měření s využitím simulátoru deště. Zadešťovací zařízení je vybaveno tryskou s kuželovým rozptylem, umístěnou nad středem měřicí plochy.

Měřicí plocha $0,5 \text{ m}^2$ ve tvaru čtverce je ohraničena plechovými pásy. Na spodní straně měřicí plochy je sběrač, který soustřeďuje odtékající vodu a smytou zeminu do trubky a dále do odměrné nádoby. Povrchový odtok v nádobě se váží na automatických vahách. Hodnoty se zaznamenávají do přenosného počítače. Tryska je napájena vodou vedenou hadicí od čerpadla s regulačním ventilem. Intenzita zadešťování a kinetická energie dešťových kapek se reguluje změnou postřikového tlaku (Kovaříček et al. 2008).



Obrázek 7 - Měření simulátorem deště

ZDROJ: vlastní

Ostatní metody měření

Pro zjišťování základních fyzikálních vlastností půdy byla využita metoda odběru neporušených půdních vzorků do Kopeckého fyzikálních válečků o objemu 100 cm^3 . Využito bylo vybavení k odběru půdních vzorků Eijkelkamp z laboratoří ČZU. Při následných laboratorních rozbořech byla stanovena objemová hmotnost suché zeminy, vlhkost, pórovitost celková a ukazatele základní distribuce pórů - póry kapilární a nekapilární (Valla, Kozák et al. 2000).

Byla využita metoda penetrometrie pro rychlé určení fyzikálního stavu půdy. K měření byl využit registrační penetrometr PEN 70 vyvinutý na Technické fakultě České zemědělské univerzity v Praze. Problémem měření penetrometrem se však ukazuje být šterkovitost pozemku.

K měření drsnosti povrchu pozemku po zpracování půdy, bylo využito tzv. řetězové metody (Klik et al. 2002). Dále byla hodnocena pokryvnost povrchu půdy organickou hmotou (metoda analýzy obrazu fotografických snímků povrchu půdy).

6. Výsledky měření

6.1. Výsledky z roku 2010

V této kapitole budou uvedeny hlavní výsledky z měření provedených v roce 2010. Jedná se o výsledky získané oběma hlavními metodami měření. Ostatní data (meteorologické veličiny, charakteristika půdy apod.) jsou uvedena v přílohách. Meteorologická data jsou uvedena v Příloze I. Výsledky měření fyzikálních vlastností půdy pak v Příloze II.

6.1.1. Úvodní předpoklady a agrotechnika pokusu

Po zasetí pokusu (všech variant) došlo postupně k instalaci mělkých sběrných nádob na pozemek. Nádoby byly umístěny v řadách v jednotlivých vrstevnicích pokusu. Ohrazení ploch pro simulování deště bylo provedeno těsně před samotným měřením a mimo místa určená pro měření metodou mělkých sběrných nádob.

Po vzejití byl porost ovsa ošetřen herbicidně přípravkem Dicopur M 750 v dávce 1 l.ha^{-1} a to ve fázi BBCH 15-20. Později byl ještě přihnojen dusíkem a to v podobě hnojiva DAM 390 v dávce 80 l.ha^{-1} . Porosty kukuřice byly ošetřeny preemergentně přípravkem Guardian extra v dávce $3,5 \text{ l.ha}^{-1}$. S výjimkou varianty 3, která byla ošetřena pouze přípravkem Starane pro potlačení dvouděložných plevelů. To bylo provedeno kvůli ochranné podplodině. Kukuřice byla později přihnojena hnojivem DAM 390 v dávce 100 l.ha^{-1} .

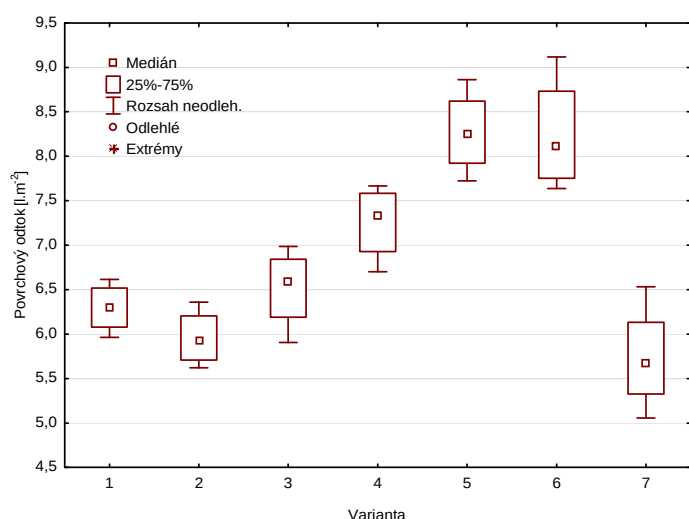
Zcela optimální nebyl použitý secí stroj pro setí kukuřice. Stroj Becker Aeromat využívá pouze radličkové secí botky a pro setí do nezpracované půdy na jaře nebyl vhodný. To se projevilo i na horším vzcházení rostlin a celkově slabším a nevyrovnaným porostem.

Oves byl sklizen sklízecí mlátičkou a sláma odvezena. Rostliny kukuřice byly mulčovány a většina hmoty opět odvezena.

6.1.2. Měření metodou odtokových mikroparcelek v roce 2010

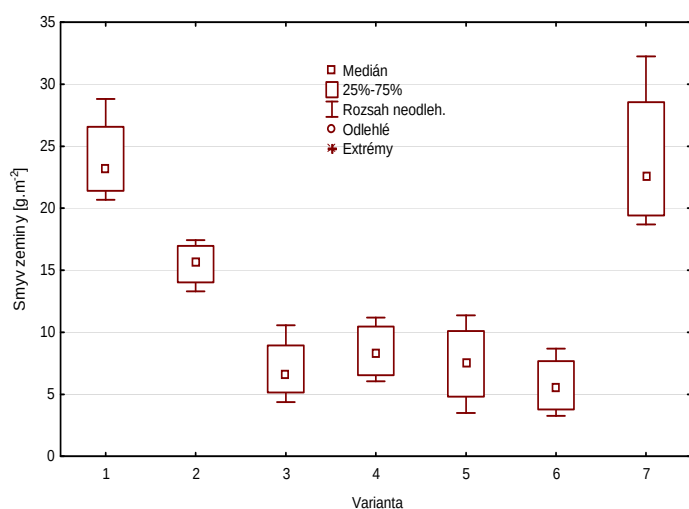
V této kapitole jsou uvedené výsledky získané metodou mikroparcelek. Každá erozní událost je hodnocena samostatně. Pro každou erozní událost je zobrazen výsledek měření povrchového odtoku a smyvu zeminy ve formě krabicového grafu. Současně s ním je uveden i výsledek příslušného Tukyeva testu, který je ve formě tabulky s vyobrazením příslušných homogenních skupin u jednotlivých variant.

První erozní událost nastala v důsledku dešťů ve třetí dekádě května a začátkem června – graf na obr. 8 a 9). Úhrn srážek v tomto období představoval 74 mm. Zvýšený povrchový odtok vody byl zaznamenán ve druhé části tohoto období, po nasycení ornice vodou. Z grafů na obr. 8 a 9 vyplývá, že při této první erozní události byl sice zaznamenán nejvyšší povrchový odtok srážkové vody na variantách č. 4, 5 a 6 (varianty bez orby), ale smyv zeminy byl na těchto variantách nízký. Nejvyšší smyv zeminy byl zjištěn u variant č. 1 a č. 7 - konvenční technologie zpracování půdy pro kukuřici a konvenční zpracování půdy při udržování půdy bez vegetace (černý úhor). Rozdíl hmotnosti smyté zeminy mezi variantami č. 1 a č. 7 byl pod hranicí statistické významnosti. Mezi těmito dvěma variantami a ostatními variantami polního pokusu byl rozdíl statisticky významný.



	Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]				
	Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
	Chyba: meziskup. PČ = ,22852, sv = 21,000				
	Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²]	1	2	3
Č. b.		Průměr			
7	7	5,729700	****		
2	2	5,956900	****		
1	1	6,297700	****	****	
3	3	6,517800	****	****	
4	4	7,256200		****	****
6	6	8,243100			****
5	5	8,271500			****

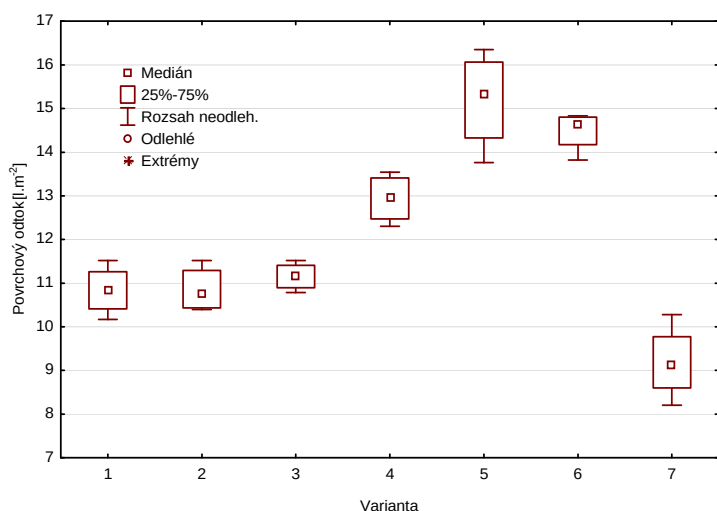
Obrázek 8 - Povrchový odtok při deštích ve třetí dekádě května a začátkem června 2010



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = 11,909, sv = 21,000					
	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²]	1	2	3
Č. b.		Průměr			
6	6	5,72000	****		
3	3	7,03250	****		
5	5	7,45500	****		
4	4	8,50000	****	****	
2	2	15,50000		****	
1	1	23,98500			****
7	7	23,98750			****

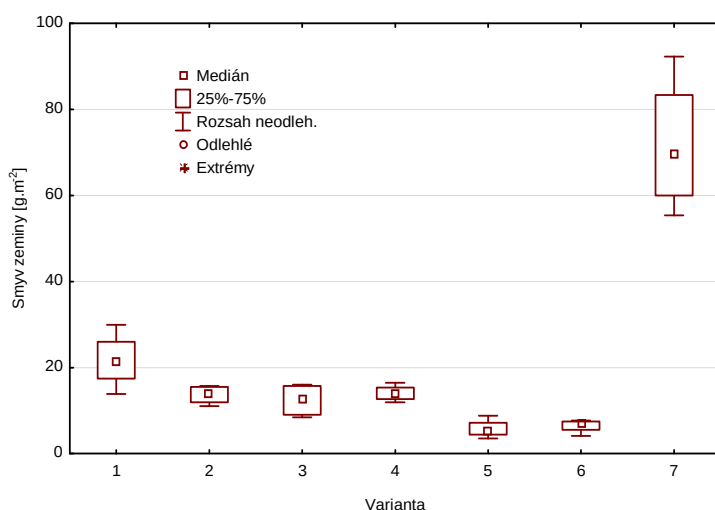
Obrázek 9- Smyv zeminy při deštích ve třetí dekádě května a začátkem června 2010

Další erozní událost vyvolaly dvě bouřky ve druhé dekádě června. Při bouřkách byl zjištěn úhrn srážek 25 mm, jejich intenzita dosáhla až 15 mm.h^{-1} . Statisticky významně nejnižší povrchový odtok byl zjištěn u varianty č. 7, ovšem smyv zeminy u této varianty byl vysoký ($71,7 \text{ g.m}^{-2}$) – grafy na Obr. 10 a 11. Hmotnost smyté zeminy u varianty č. 7 byla statisticky významně vyšší než u všech ostatních variant. Dále byla zjištěna statisticky významně vyšší hmotnost smyté zeminy u varianty č. 1 (konvenční technologie zpracování půdy pro kukuřici) než u variant č. 2 až 6.



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ²]						
Homogenní skupiny, alfa = ,05000						
Chyba: meziskup. PČ = ,46558, sv = 21,000						
Č. b	Varianta	Povrchový odtok[l.m ²] Průměr	1	2	3	4
7	7	9,18543				****
1	1	10,83572	****			
2	2	10,86381	****			
3	3	11,15173	****			
4	4	12,94247		****		
6	6	14,48742		****	****	
5	5	15,19669			****	

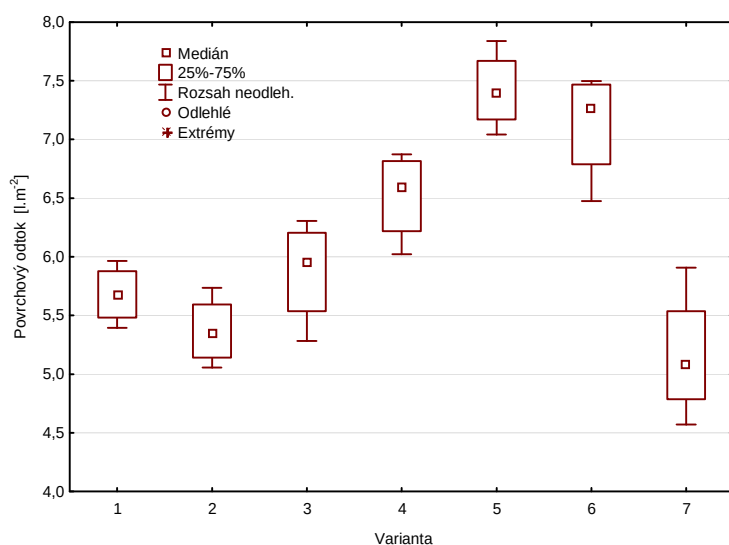
Obrázek 10 - Povrchový odtok po dvou bouřkách v červnu 2010



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = 46,115, sv = 21,000					
Č. b	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²] Průměr	1	2	3
5	5	5,79688	****		
6	6	6,48438	****	****	
3	3	12,34375	****	****	
2	2	13,71875	****	****	
4	4	14,00000	****	****	
1	1	21,68750		****	
7	7	71,67188			****

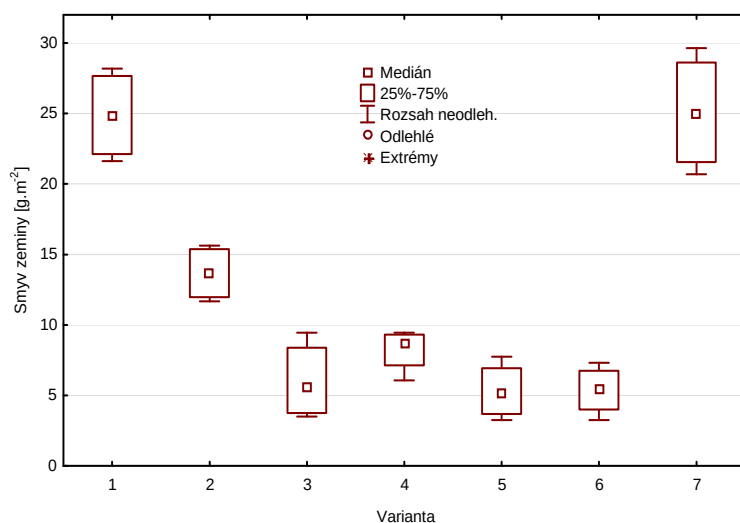
Obrázek 11 - Smyv zeminy po bouřkách v červnu 2010

Třetí erozní událost spojená s povrchovým odtokem a smyvem zeminy byla zaznamenána 5. července. Jednalo se o krátkou bouřku s velmi silným přívalovým deštěm. Grafy na Obr. 12 a 13 dokumentují povrchový odtok a smyv zeminy při této bouři po delším období bez srážek. Obdobně jako u předchozích erozních událostí byl zjištěn nejvyšší povrchový odtok u variant č. 4, 5 a 6, což jsou varianty bez orby. Smyv zeminy u těchto variant však byl nízký, nejvyšší smyv byl zaznamenán u varianty č. 1 a č. 7, tedy u variant s orbou a nechráněným povrchem půdy biomasou obilniny nebo odumřelými zbytky předplodiny.



		Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ²]			
		Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
		Chyba: meziskup. PČ = ,16259, sv = 21,000			
Č. b	Varianta	Povrchový odtok [l.m ²]	1	2	3
		Průměr			
7	7	5,161700	****		
2	2	5,367600	****		
1	1	5,680000	****	****	
3	3	5,871700	****	****	
4	4	6,517800		****	****
6	6	7,128400			****
5	5	7,419500			****

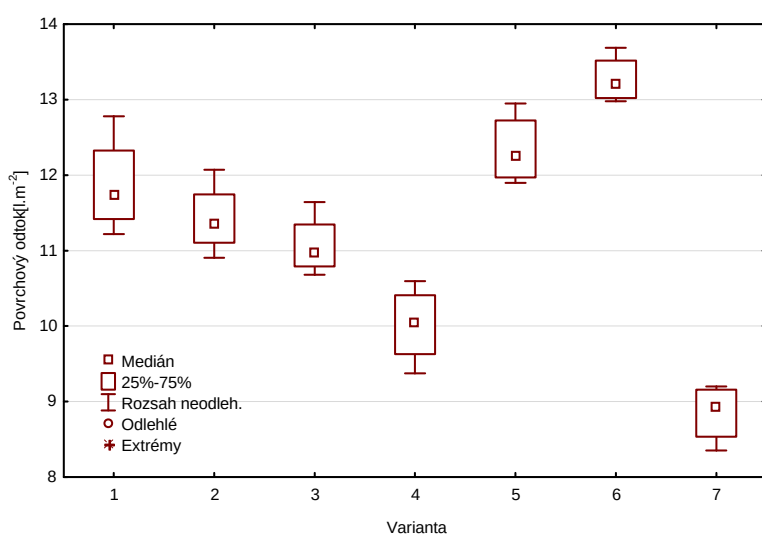
Obrázek 12 - Povrchový odtok po bouři 5. 7. 2010



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = 7,1137, sv = 21,000					
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m ²] Průměr	1	2	3
5	5	5,31250	****		
6	6	5,37500	****		
3	3	6,06250	****		
4	4	8,21875	****	****	
2	2	13,67188		****	
1	1	24,89063			****
7	7	25,09375			****

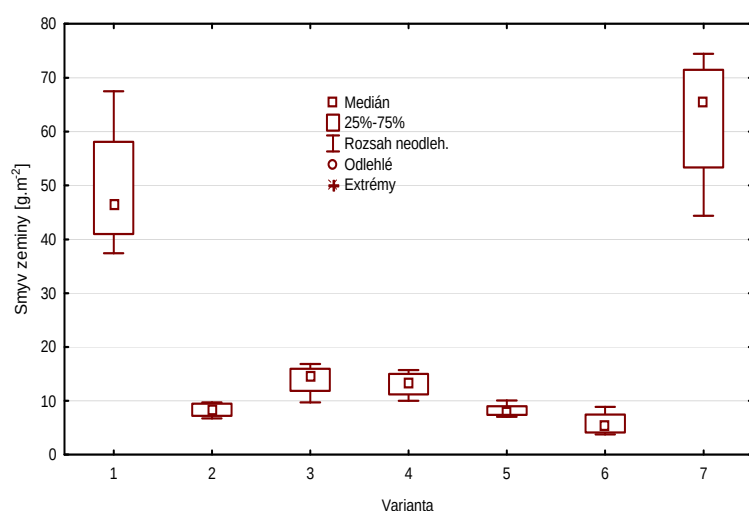
Obrázek 13 - Smyv zeminy po bouři 5. 7. 2010

Čtvrtá erozní událost v roce 2010 nastala koncem druhé dekády července. Jednalo se o prudkou bouřku s úhrnem srážek 36 mm. V tomto případě byl zjištěn statisticky významně nejnižší povrchový odtok u varianty č. 7, ovšem při hodnocení smyvu zeminy, tedy ukazatele charakterizujícího intenzitu vodní eroze půdy, byly zjištěny u varianty č. 7 nejvyšší hodnoty, statisticky významně vyšší než u variant č. 2 až 6 (obr. 14 a 15). Vysoké hodnoty smyvu zeminy, statisticky významně vyšší než u variant č. 2 až 6, byly zjištěny i u varianty č. 1. Obdobně jako u první až třetí erozní události se ukázala nedostatečná ochrana povrchu půdy při přívalem dešti u variant s orbou, bez ochranné funkce obilniny.



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]							
Homogenní skupiny, alfa = ,05000							
Chyba: meziskup. PČ = ,22802, sv = 21,000							
Varianta		Povrchový odtok [l.m ⁻²]	1	2	3	4	5
Č. b		Průměr					
7	7	8,84660					****
4	4	10,01810			****		
3	3	11,06890	****		****		
2	2	11,42390	****	****			
1	1	11,87120	****	****			
5	5	12,34690			****	****	
6	6	13,26990				****	

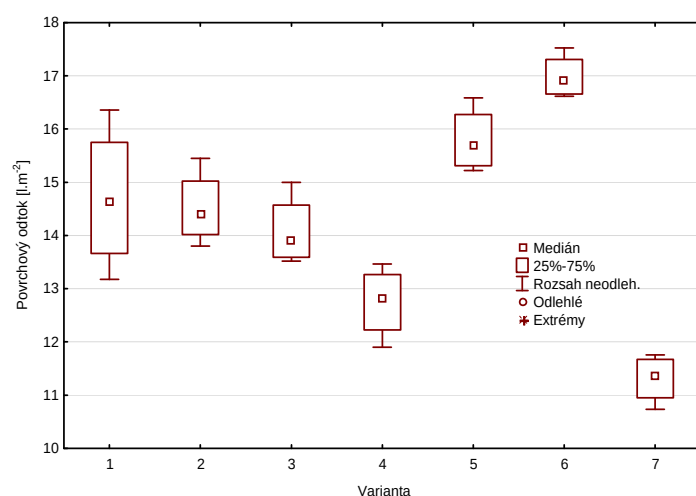
Obrázek 14 - Povrchový odtok po bouřce 18. 7. 2010



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 51,155, sv = 21,000				
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²] Průměr	1	2
6	6	5,79688	****	
5	5	8,21875	****	
2	2	8,35938	****	
4	4	13,12500	****	
3	3	13,90625	****	
1	1	49,51563		****
7	7	62,40625		****

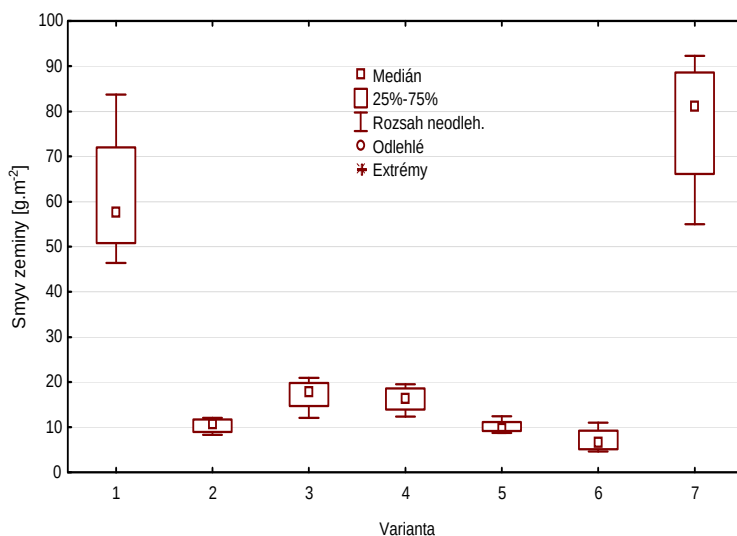
Obrázek 15 - Smyv zeminy po bouřce 18. 7. 2010

Páté měření sezony 2010 bylo zaznamenáno krátce po čtvrtém měření a to po prudké bouřce koncem července. Úhrn srážek při této bouřce přesáhl 42 mm a její intenzita po dobu několika minut přesahovala hodnotu 50 mm. h⁻¹. Její průběh charakterizují grafy na obrázcích 16 a 17. Výsledky měření povrchového odtoku jsou poměrně zajímavé. U varianty 7 bez vegetačního pokryvu stále převládá poréznost půdy, což způsobuje vysoké hodnoty infiltrace. Naopak u technologií přímého setí je, zaznamenám vliv hladkého povrchu, kde voda dobře stéká i po organické hmotě zanechané na povrchu z předcházející plodiny. Naopak hodnoty smyvu zeminy jasně ukazují opětovně riziko ponechání půdy bez zakrytí organickou hmotou v jakékoliv podobě.



	Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]					
	Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
	Chyba: meziskup. PČ = ,57296, sv = 21,000					
	Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²]	1	2	3	4
Č. b		Průměr				
7	7	11,31030		****		
4	4	12,74450		****	****	
3	3	14,07930	****		****	
2	2	14,51950	****			
1	1	14,70410	****			
5	5	15,79040	****			****
6	6	16,98320				****

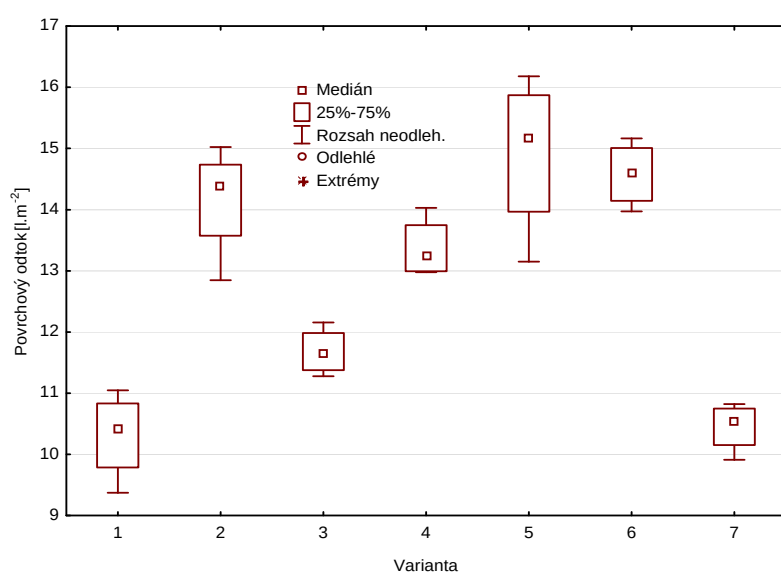
Obrázek 16 - Povrchový odtok po bouřce z konce července 2010



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 78,656, sv = 21,000				
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²] Průměr	1	2
6	6	7,18812	****	
5	5	10,19125	****	
2	2	10,36563	****	
4	4	16,27500	****	
3	3	17,24375	****	
1	1	61,39938		****
7	7	77,38375		****

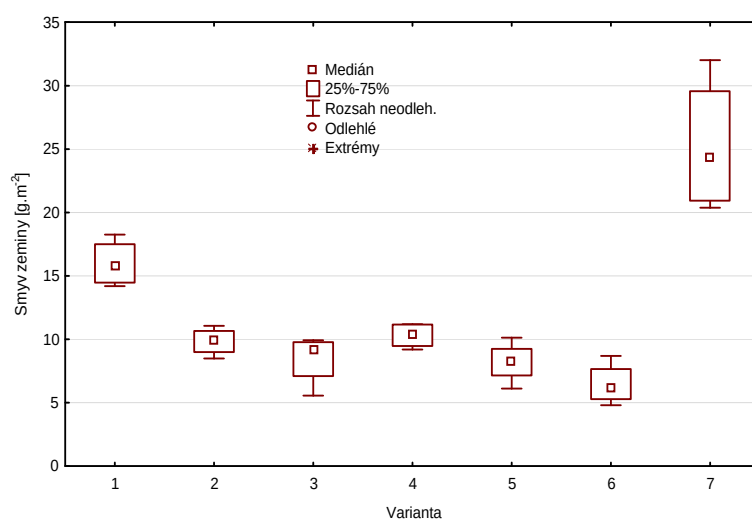
Obrázek 17 - Smyv zeminy po bouřce z konce července 2010

Šestá erozní je výsledkem krátké intenzivní bouřky na začátku srpna, kdy intenzita přesáhla po dobu cca 3 minut 120 mm.h^{-1} , a dále několikadenních dešťů většinou s malou intenzitou do 20 mm.hod^{-1} . Celkový úhrn srážek během erozní události překročil 110 mm. Vzhledem k nízké intenzitě deště však povrchový odtok v celkové výši nebyl nikterak extrémní. Na první pohled je u grafu na obr. 18 vidět prudký nárůst hodnot u variant 2 a 5. To je důsledkem sklizně ovsa s využitím sklízecí mlátičky a následného ručního odvozu slámy. Naopak pokles byl, zaznamenaný u varianty 1, kde došlo k úplnému zakrytí meziřádkového prostoru listy kukuřice. I přes tento pokles výsledky smyvu zeminy naznačují erozní účinek i u kapek stékajících přes listy kukuřice, i když jejich kinetická energie bude nižší (obr. 19).



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]						
Homogenní skupiny, alfa = ,05000						
Chyba: meziskup. PČ = ,32482, sv = 21,000						
Varianta		Povrchový odtok [l.m ²]	1	2	3	4
Č. b.		Průměr				
1	1	10,30920	****			
7	7	10,45120	****	****		
3	3	11,67950		****		
4	4	13,36930			****	
6	6	14,57630			****	
2	2	15,96080				****
5	5	16,42940				****

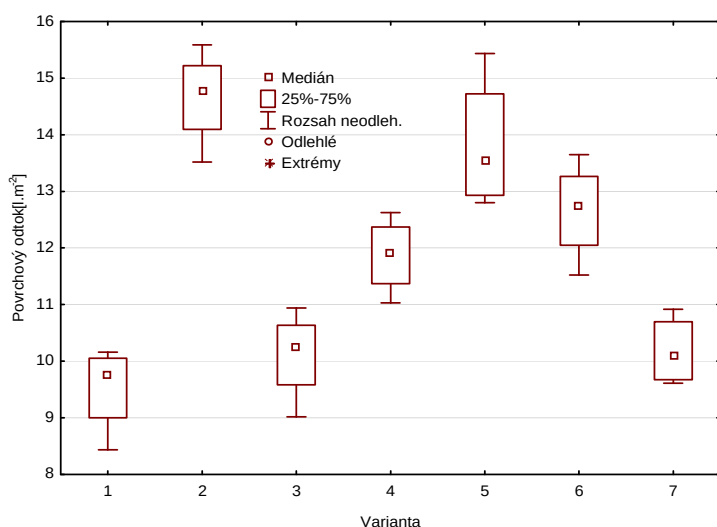
Obrázek 18 - Povrchový odtok pro bouřku ze začátku srpna 2010



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = 6,2952, sv = 21,000					
	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²]	1	2	3
Č. b.		Průměr			
6	6	6,46875	****		
5	5	8,20313	****		
3	3	8,43750	****		
2	2	9,82813	****		
4	4	10,31719	****	****	
1	1	15,98438		****	
7	7	25,25000			****

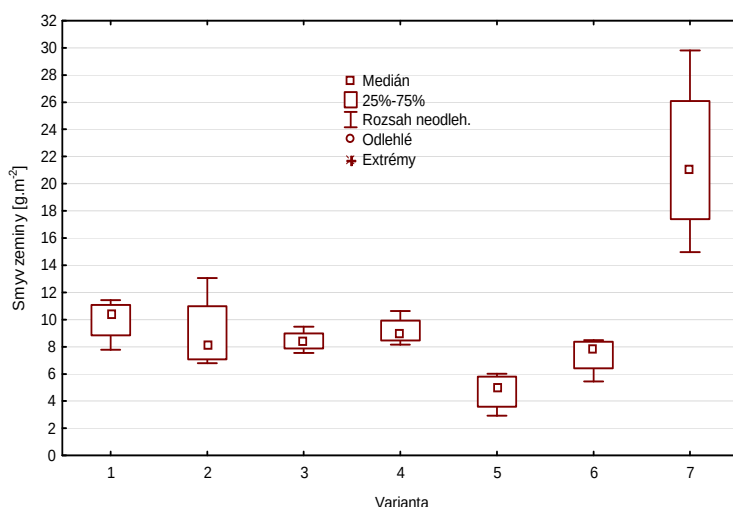
Obrázek 19- Smyv zeminy pro bouřku ze začátku srpna 2010

Sedmá erozní událost v roce 2010 byla zaznamenána po krátké intenzivní bouři z 14.8. Během bouřky napršelo jen 25 mm, avšak díky intenzitě 60 mm.h^{-1} po celou dobu trvání, vyvolala značný povrchový odtok i smyv zeminy. To bylo rovněž způsobeno faktem, že půda byla dosud prosycena vodou z předchozích dešťů a infiltrace tak byla velice nízká. Na výsledcích povrchového odtoku je výrazně patrný vliv sklizně ovsa, kdy obě varianty pokryté strništěm měly během bouře nejvyšší povrchový odtok se statisticky významným rozdílem oproti ostatním variantám (obr. 20). Smyv zeminy má analogický průběh s předcházejícím měřením (obr. 21). Se stále rostoucím porostem kukuřice klesá erozivní účinek deště i u oraných variant. Naopak extrémně vysoký smyv u varianty 7 je nepochybným důsledkem stavu půdy bez vegetace na povrchu.



	Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]						
	Homogenní skupiny, alfa = ,05000						
	Chyba: meziskup. PČ = ,71513, sv = 21,000						
	Varianta	Povrchový odtok [l.m ²]	1	2	3	4	5
Č. b.		Průměr					
1	1	9,52427	****				
3	3	10,10831	****	****			
7	7	10,18723	****	****			
4	4	11,86964		****	****		
6	6	12,65670			****	****	
5	5	13,82628				****	****
2	2	14,65826					****

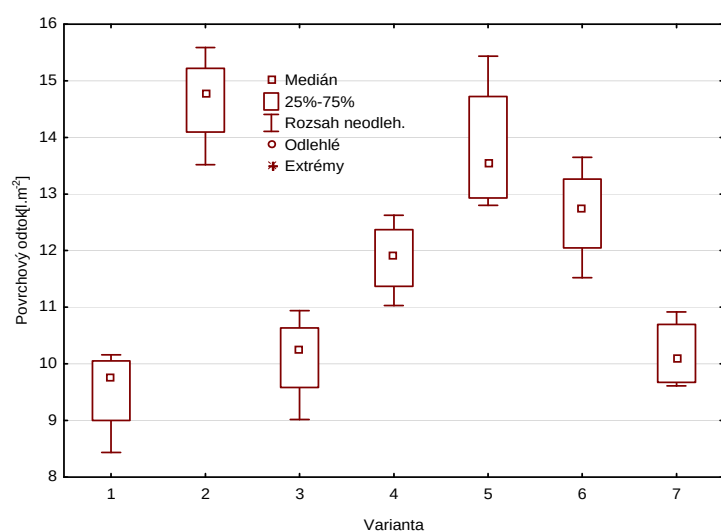
Obrázek 20- Povrchový odtok při bouři ze 14. 8. 2010



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 7,7811, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²] Průměr	1	2
5	5	4,69688	****	
6	6	7,39687	****	
3	3	8,43344	****	
2	2	9,03813	****	
4	4	9,19688	****	
1	1	9,96344	****	
7	7	21,73750		****

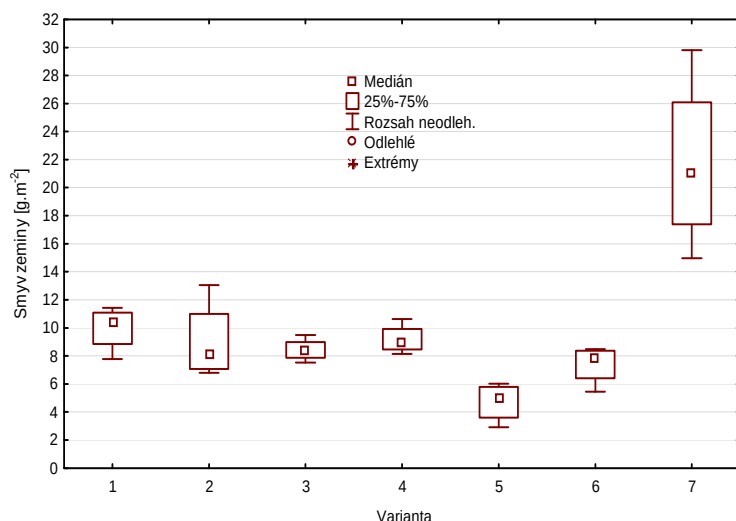
Obrázek 21- Smyv zeminy při bouři ze 14. 8. 2010

Předposlední zaznamenaná erozní událost následovala po noční bouři z 23.8. Množství srážek bylo jen 19 mm, nicméně déšť trval jen 6 minut a intenzita krátkodobě dosahovala až hodnoty 180 mm.h^{-1} . Naměřené hodnoty jsou vidět na obrázku 22 a 23. Nejvyšší povrchový odtok byl opětovně zaznamenan u variant se sklizeným ovšem. Vysokých hodnot neustále dosahuje i varianta 6. Zde je jedním z důvodů nevyrovnaný a slabý porost kukuřice. To mohlo být způsobeno technologií setí, kdy secí stroj typu Becker se nehodí pro metody přímého setí a nedokázal rovnoměrně uložit osivo v požadované kvalitě. Z hodnot smyvu zeminy statisticky významně vybočuje jen varianta 7. To je dáno opět absencí porostu.



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]						
Homogenní skupiny, alfa = ,05000						
Chyba: meziskup. PČ = ,71513, sv = 21,000						
Č. t	Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²]	1	2	3	4
1	1	9,52427	****			
3	3	10,10831	****	****		
7	7	10,18723	****	****		
4	4	11,86964		****	****	
6	6	12,65670			****	****
5	5	13,82628				****
2	2	14,65826				****

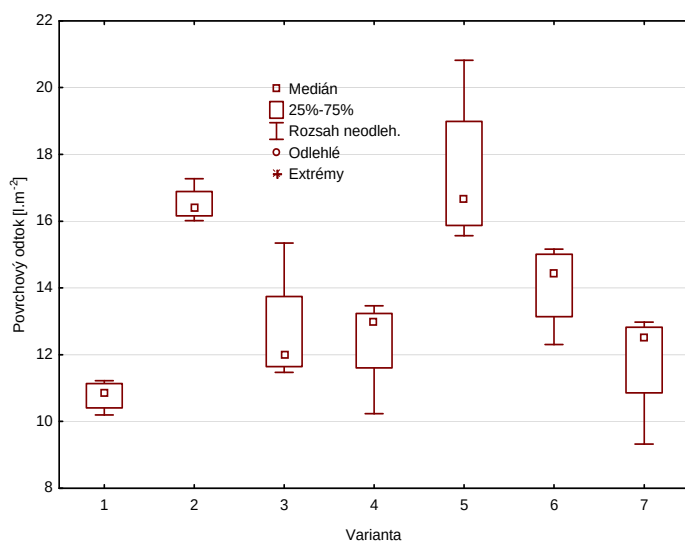
Obrázek 22 - Povrchový odtok při bouři z 23. 8. 2010



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 7,7811, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²]	1	2
5	5	4,69688	****	
6	6	7,39687	****	
3	3	8,43344	****	
2	2	9,03813	****	
4	4	9,19688	****	
1	1	9,96344	****	
7	7	21,73750		****

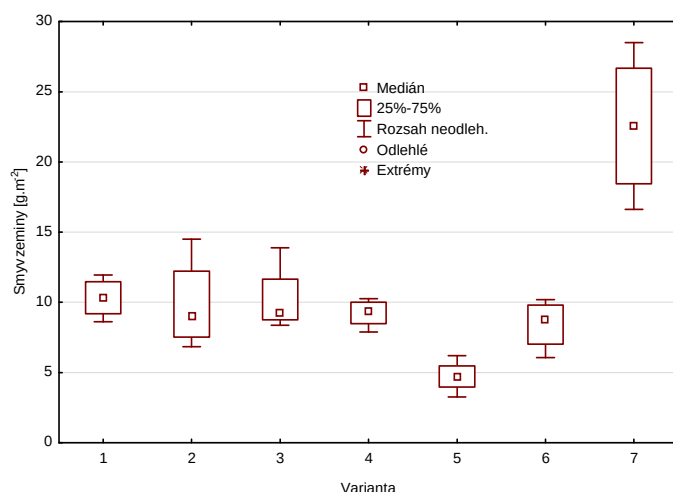
Obrázek 23 - Smyv zeminy při bouři z 23. 8. 2010

Poslední hodnocení proběhlo po krátké bouři s následným deštěm z 28.8. Úhrn srážek činil 22 mm. Krátkodobá intenzita opětovně dosáhla extrémních hodnot (140 mm.h^{-1}). Výsledky měření dokládají závěry z předcházejících měření z průběhu celé sezony 2010. Je zde patrný pokles hodnot povrchového odtoku u varianty 6, kde došlo k většinovému překrytí meziřádkového porostu listy kukuřice, i kdy celkově šlo o slabší porost, než u ostatních variant (obr. 24). Nejvyšších hodnot opět dosáhl povrchový odtok u variant se sklizeným porostem ovsa. Měření smyvu zeminy prokázalo obdobné výsledky jako měření předcházející, tj. stat. významně větší smyv u varianty 7 oproti variantám ostatním (obr. 25).



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 2,2740, sv = 21,000				
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²]	1	2
1	1	10,77120	****	
7	7	11,84250	****	
4	4	12,41940	****	
3	3	12,69580	****	
6	6	14,07540	****	****
2	2	16,52190		****
5	5	17,43120		****

Obrázek 24 - Povrchový odtok při bouři z 28. 8. 2010



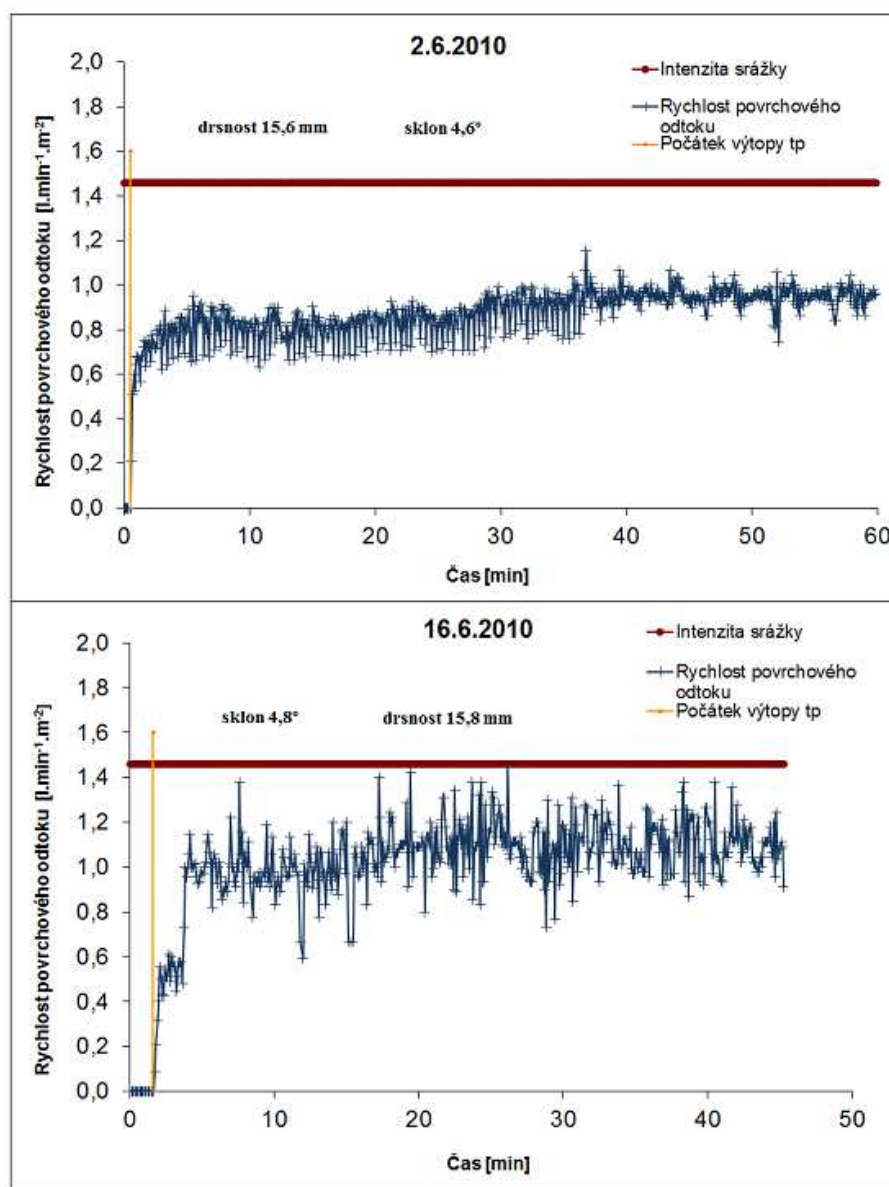
Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 7,4657, sv = 21,000				
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²]	1	2
5	5	4,71688	****	
6	6	8,41500	****	
4	4	9,23813	****	
2	2	9,86875	****	
3	3	10,20313	****	
1	1	10,32813	****	
7	7	22,56250		****

Obrázek 25 - Smyv zeminy při bouři z 28. 8. 2010

6.1.3. Měření simulátorem deště v roce 2010

Měření simulátorem deště proběhlo na pozemku v roce 2010 ve dvou termínech s částečným opakováním. Měření proběhlo ve dnech 2. 6 a 16. 6. Současně s měřením simulátorem deště bylo provedeno i několik dalších měření. Zejména se jednalo o odběr půdních vzorků a měření penetrometrického odporu. Rovněž byly pořízeny fotografie pro hodnocení pokryvnosti půdy.

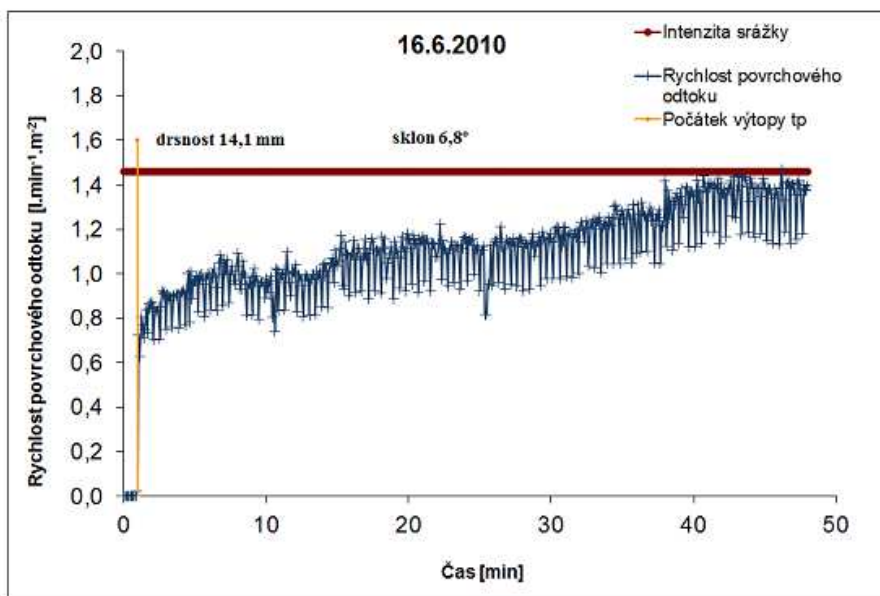
Na Obrázku 26 je zobrazen průběh měření varianty 1 při obou termínech měření. Po začátku zadešťování došlo vlivem vysoké intenzity rychle k počátku povrchového odtoku. Zaznamenaný čas byl v prvním případě 0,52 minut a při druhém termínu měření 1,6 minut.



Obrázek 26 - Průběh měření simulátorem deště varianty u 1 v roce 2010

U varianty 1 došlo velmi rychle k prosycení půdního profilu, kdy povrch nebyl dále schopen infiltrovat dopadající vodu ve formě kapkového spektra. Je velice pravděpodobné, že samotné měření u varianty 1 bylo ovlivněno vzniklou půdní krustou, která „utěsnila“ povrch půdy a znemožnila infiltraci v místě měření. Při měření 16.6 je vidět vyšší ustálená hodnota rychlosti povrchového odtoku, což mohlo být způsobeno postupným sesedáním půdy u oraných variant s následným poklesem pórovitosti. Dalším možným vysvětlením vysokých hodnot povrchového odtoku může být výskyt zhutnělé vrstvy půdy v místě měření. Např. by se mohlo jednat o místo, kde dříve docházelo k otáčení souprav pro zpracování půdy, nicméně toto nelze jednoznačně prokázat.

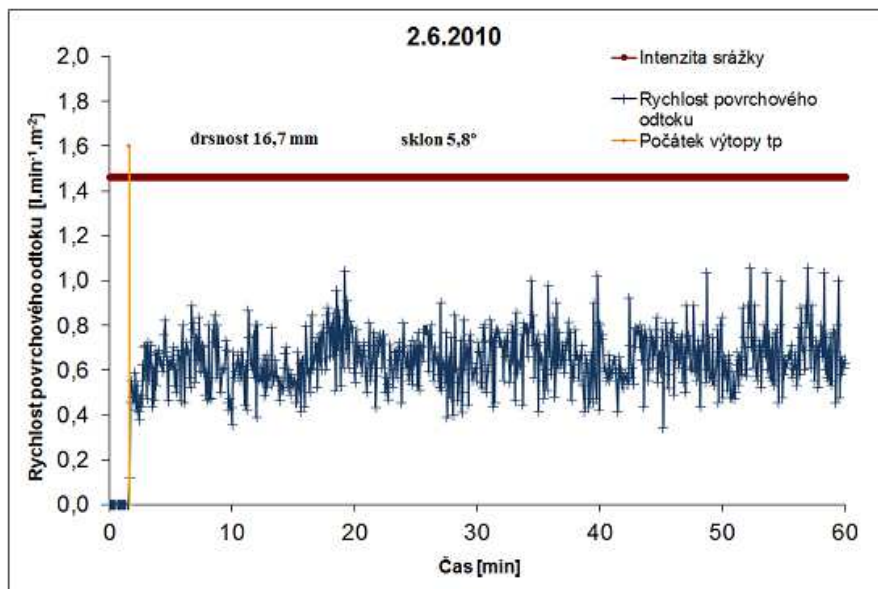
Na Obrázku 27 je uveden průběh měření varianty 2. Ačkoliv byl povrch půdy pokryt vzrostlým porostem ovsa, je vidět, že povrchový odtok ke konci měření se téměř přiblížil dávce aplikované vody. Podobně jako u varianty 1 došlo k prosycení půdního profilu, v tomto případě pozvolněji. Porost ovsa infiltraci vody nikterak nezlepšil, spíše naopak. Kapky vody stékaly po listech rostlin na povrch půdy a dále volně po povrchu do sběrné nádoby. Je však třeba podotknout vyšší sklon v místě měření, který přesáhl 6° . Povrchový odtok u této varianty byl zaznamenán již po 0,95 minuty. Vliv na měření měl i předcházející déšť s malou intenzitou, při kterém voda rovnoměrně vsakovala zejména do povrchové vrstvy půdy.



Obrázek 27 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 2 v roce 2010

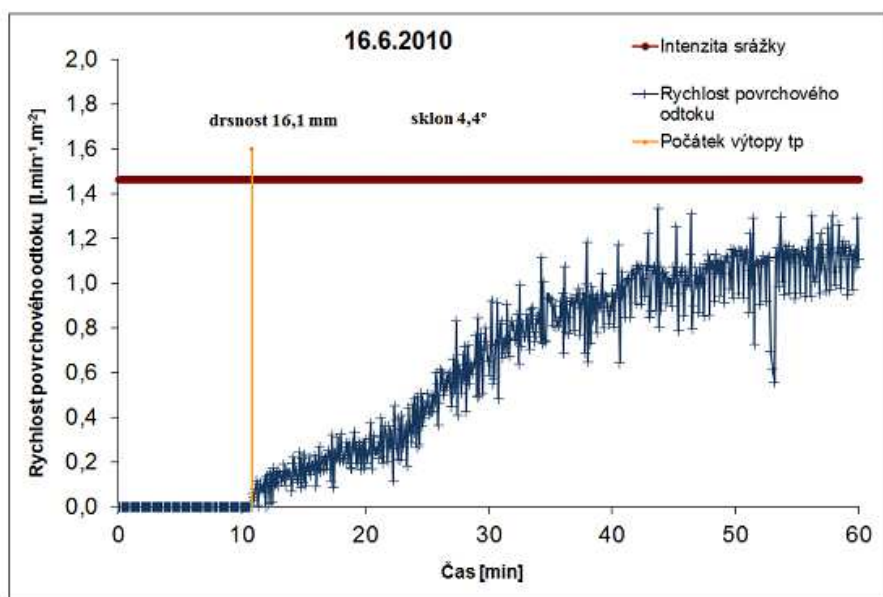
Další měřenou variantou (3) bylo měření porostu kukuřice s podsevem ozimé obilniny seté na jaře s klasickým zpracováním půdy. Měření proběhlo pouze v termínu 2. 6. Počátek povrchového odtoku byl zaznamenán za 1,6 minuty. Velmi rychle došlo k ustálení rychlosti

povrchového odtoku na hodnotě okolo $0,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Porovnáním výsledků s variantou 1 je patrná nižší hodnota ustálené rychlosti povrchového odtoku při stejném zpracování půdy. Nižší hodnota oproti variantě 1 může být způsobena prokořeněním povrchových vrstev obilninou za vzniku porézní vrstvy pro usnadnění infiltrace vody do půdy.



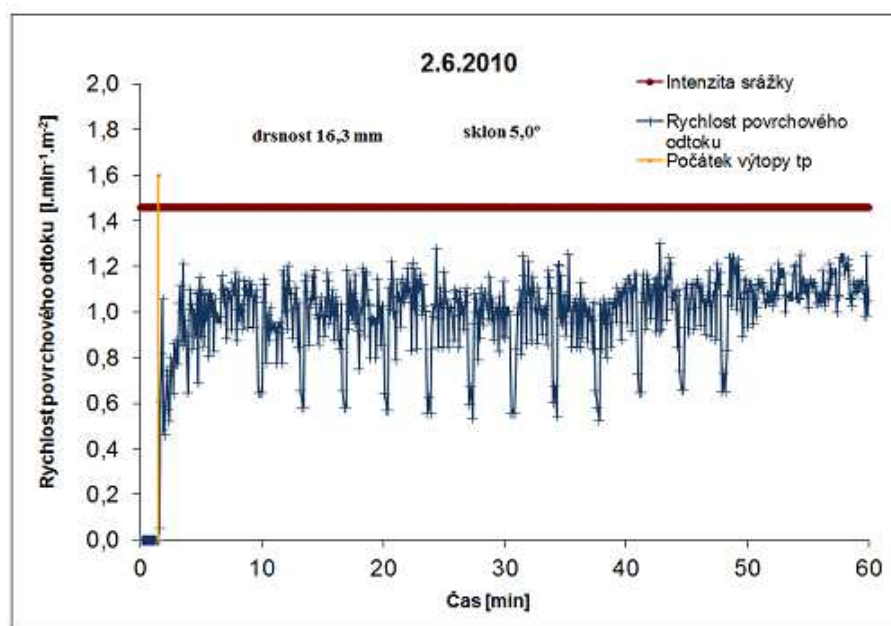
Obrázek 28 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 3 v roce 2010

Výsledky měření varianty bez orby jsou zobrazeny na Obrázku 29. Tato varianta byla měřena 16. 6. Jarní prokypření radličkami těsně před setím kukuřice způsobilo vznik porézní vrstvy půdy na povrchu. Ta velmi dobře infiltrovala vodu, po dobu více než 10 minut nebyl zaznamenán povrchový odtok. Je patrné, že radličky kypřiče nezpůsobily utužení vrstvy půdy těsně pod hloubkou zpracování, protože voda musela infiltrovat i do spodních vrstev. Po nasycení půdy vodou však docházelo k postupnému nárůstu rychlosti povrchového odtoku. Je zde patrný přínos minimalizační technologie. Nicméně ten nelze chápat jako úplné zamezení povrchového odtoku. Spíše jeho omezení platné zejména pro krátké srážky.



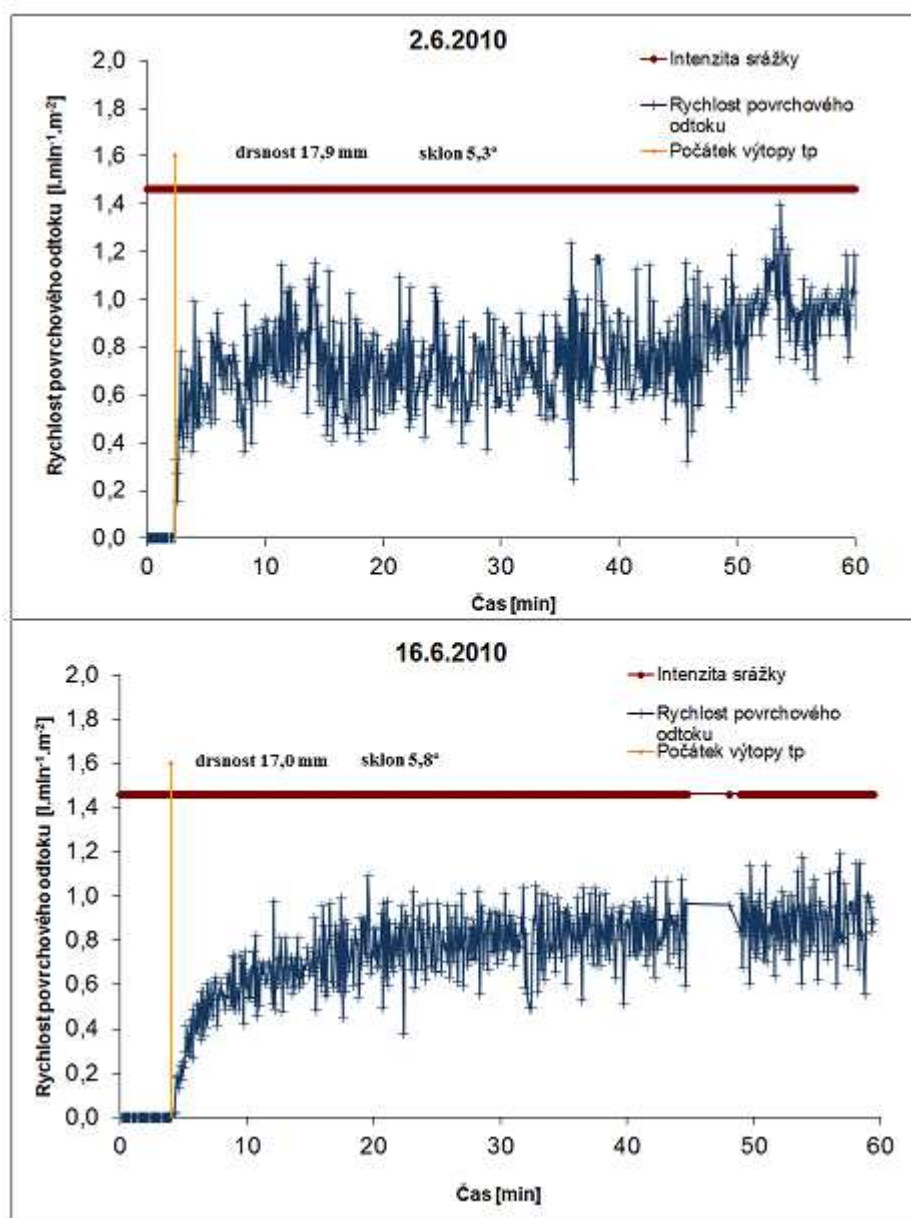
Obrázek 29 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 4 v roce 2010

Na Obrázku 30 je uvedeno měření další bezorebné varianty a to setí ovsa do nezpracované půdy. Na průběhu je vidět, že hladký povrch půdy nedokázal výrazněji infiltrovat vodu a naopak došlo k prudkému a okamžitému růstu povrchového odtoku již po 1,5 minutě. Nicméně je třeba uvést, že povrchový odtok byl tvořen téměř čistou vodou bez výrazného smyvu zeminy. Nebyl v tomto případě pozorován příznivý dopad minimalizačních technologií na povrchový odtok popisovaný většinou autorů.



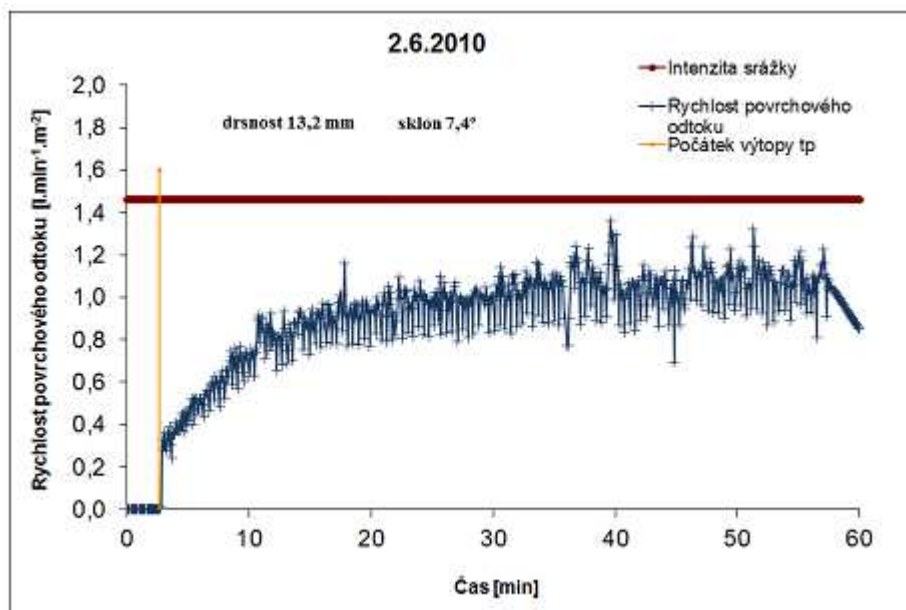
Obrázek 30 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 5 v roce 2010

Další měření se týkalo varianty s přímým setím kukuřice do nezpracované půdy. Jeho průběh ukazuje Obrázek 31. Průběh měření je velice podobný předcházejícímu měření u varianty 5. To je dáno stejným zpracováním půdy obou těchto variant. Ustálená rychlost odtoku se u obou měření pohybovala okolo $0,8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Nelze tedy prokázat příznivý vliv technologie přímého setí na povrchový odtok. Počátek povrchového odtoku byl zaznamenán již po 2,7 resp. 4 minutách. Je však třeba si uvědomit, že půdní struktura se vyvíjí mnoho let a pozemek byl předcházející desítky let pravidelně orán.



Obrázek 31- Průběh měření simulátorem deště varianty u 6 v roce 2010

Posledním měřením s využitím simulátoru deště v roce 2010 bylo měření kontrolní varianty bez vegetace. Průběh měření je podobný průběhu měření ostatních variant využívajících orbu, jak je vidět na Obrázku 32. Počátek povrchového odtoku byl určen na 2,7 minut. Opět je vidět, že půda nejprve infiltruje s využitím makropórů vzniklých po jarní předseťové přípravě půdy. Po jejím nasycení rychle klesá infiltrace do půdy a rychle stoupá povrchový odtok. Ten se po necelé půlhodině ustálil na hodnotě okolo $1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Tato hodnota je tak o něco vyšší než u většiny bezorebných variant.



Obrázek 32 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 7 v roce 2010

6.1.4. Dílčí závěr z měření z roku 2010

Předběžné výsledky bez výjimky potvrdily příznivý vliv zakrytí půdy organickou hmotou na smyv zeminy při erozních událostech. V rozporu s většinou autorů je fakt, že nebyl jednoznačně potvrzen snížený povrchový odtok na bezorebných variantách. To je zřejmě způsobeno krátkou dobou trvání pokusu. Půdní struktura ještě neměla dostatek času na své obnovení a projevují se tak účinky zpracování půdy z minulých let. Dalším faktem je měření při různých intenzitách srážek, díky metodě odtokových mikroparcelek.

V případě metody simulování je třeba zdůraznit, že kapkové spektrum trysky se dosti liší od měření přirozených dešťových srážek, což vede zejména k rozdílnému erodujícímu účinku dopadajících kapek na povrch půdy.

Některé další výsledky měření sezony jsou uvedeny v přílohách včetně komentáře. Zejména se jedná o výsledky měření meteorologických veličin, dále měření fyzikálních vlastností půdy u jednotlivých variant a rovněž výsledky měření výnosu a některých jeho ukazatelů.

6.2. Výsledky měření z roku 2011

6.2.1. Úvodní předpoklady a agrotechnika pokusu

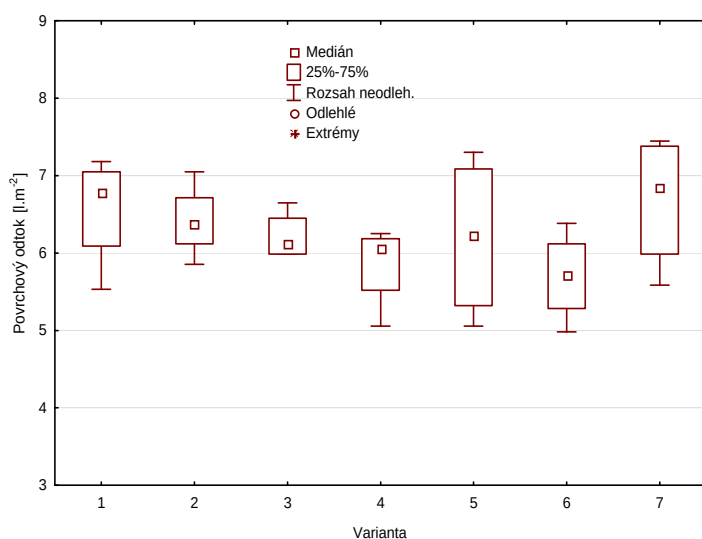
Oproti měření v prvním roce bylo provedeno v uspořádání pokusu několik změn. Největší změnou byla úprava bezorebných variant 4 a 6. V případě varianty 4 se jednalo o náhradu setí kukuřice do podsevu obilniny za setí do meziřádkového prostoru obilniny. To bylo z důvodu špatné zkušenosti s plošným výsevem obilniny v roce 2010. Zde došlo k zabránění růstu rostlin kukuřice rostlinami obilniny (ozimé triticales) a porost byl velice slabý a svým výnosem by byl nepoužitelný pro zemědělskou praxi. Proto byly před zasetím kukuřice zasety na ploše dva řádky obilniny (oves) s roztečí 0,125 m. Kukuřice pak byla vyseta do meziřádkového prostoru. Navigace secího stroje proběhla vizuálně díky již vzešlému porostu ovsa v době setí kukuřice.

Druhá změna u varianty 6 spočívala v úpravě na setí do vymrzlé mezíplodiny. Na podzim (září 2010) bylo provedeno kypření radličkovým kypřičem do 0,15 m a následný výsev hořčice bílé. Na jaře již nebyla půdy dále zpracovávána.

Technologicky důležitou změnou bylo i použití nového secího stroje na kukuřici, konkrétně Kinze 3600. Tento stroj díky vybavení kotoučovými krojidly (koltry) dokázal i do nezpracované půdy kukuřici zasít v požadované kvalitě, což u předchozího stroje Becker neplatilo. Výživa rostlin a chemická ochrana byla téměř analogická s předcházejícím rokem.

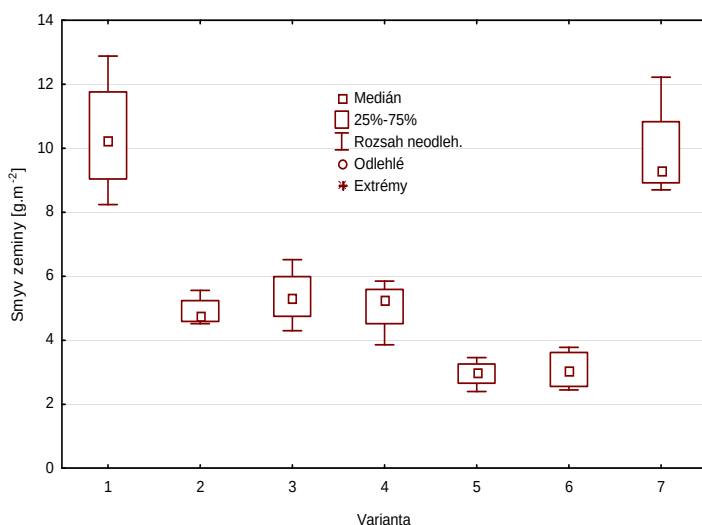
6.2.2. Měření metodou odtokových mikroparcelek v roce 2011

První měření druhé sezony polního pokusu následovalo po dešti z 27. května. Celkový úhrn srážek dosáhl 26 mm. Jeho výsledky jsou graficky znázorněny na obrázku 33 a 34. Jednalo se o pomalý déšť s malou intenzitou okolo 5 mm.h^{-1} . V případě povrchového odtoku všechny varianty měly podobné hodnoty a rozdíly pod hranicí statistické významnosti. Měření smyvu zeminy však prokázalo statisticky významné rozdíly i pro déšť s tak nízkou intenzitou. To v případě variant bylo způsobeno nejspíše nízkou hodnotou drsnosti půdy. Ostatní varianty tvoří druhou homogenní skupinu. Je nutné uvést, že v tomto termínu porost kukuřice dosahoval výšky pouze několik cm (BBCH 10-20).



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m^{-2}]			
Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
Chyba: meziskup. PČ = ,48252, sv = 21,0			
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m^{-2}] Průměr	1
6	6	5,700500	****
4	4	5,852000	****
5	5	6,202500	****
3	3	6,217750	****
2	2	6,417250	****
1	1	6,569500	****
7	7	6,683250	****

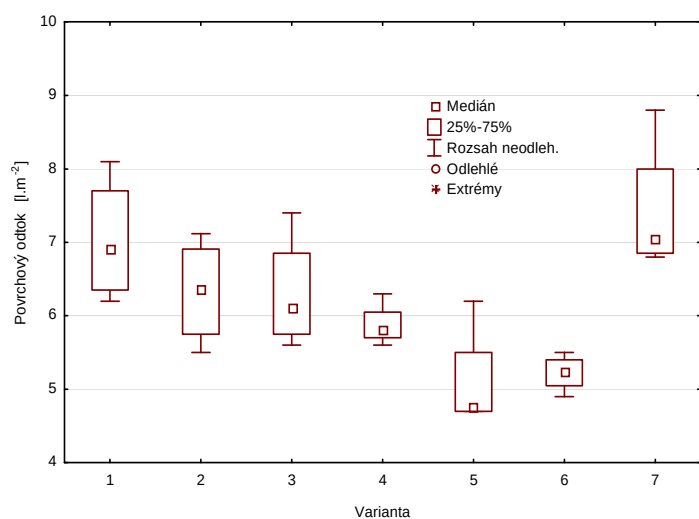
Obrázek 33 - Povrchový odtok pro déšť z 27. 5. 2011



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m^{-2}]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 1,2306, sv = 21,0				
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m^{-2}] Průměr	1	2
5	5	2,95925	****	
6	6	3,08700	****	
2	2	4,91450	****	
4	4	5,05400	****	
3	3	5,36425	****	
7	7	9,87750		****
1	1	10,40200		****

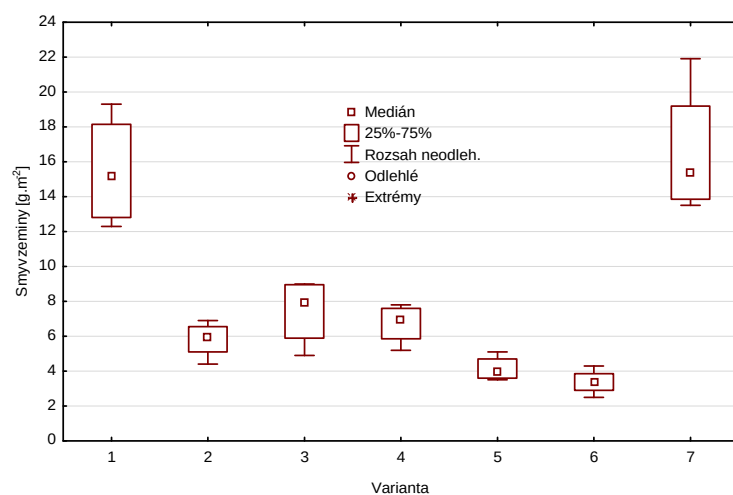
Obrázek 34 - Smyv zeminy pro déšť z 27. 5. 2011

Druhou zaznamenanou erozní událost vytvořila krátká intenzivní bouře 31. května. Během ní spadlo 16 mm vody, ovšem intenzita deště krátkodobě dosáhla až 100 mm.h^{-1} . Povrchový odtok dosáhl statisticky významných rozdílů pro jednotlivé varianty. V tomto případě jde o rozdíly mezi variantami 1 a 7 oproti variantě 5 a 6 (obr. 35). Smyv zeminy měl podobný průběh jako u předcházejícího měření. Byla nalezena statisticky významná odchylka mezi variantami 1 a 7 oproti ostatním variantám (obr. 36). Důvody budou opětovně stejné. Povrch těchto variant byl bez vegetace i jiné organické hmoty. Malé rostliny kukuřice u varianty 1 na zakrytí povrchu nemají efekt.



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m^{-2}]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = ,48994, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m^{-2}] Průměr	1	2
5	5	5,100000	****	
6	6	5,225000	****	
4	4	5,875000	****	****
3	3	6,300000	****	****
2	2	6,330000	****	****
1	1	7,025000	****	****
7	7	7,425000		****

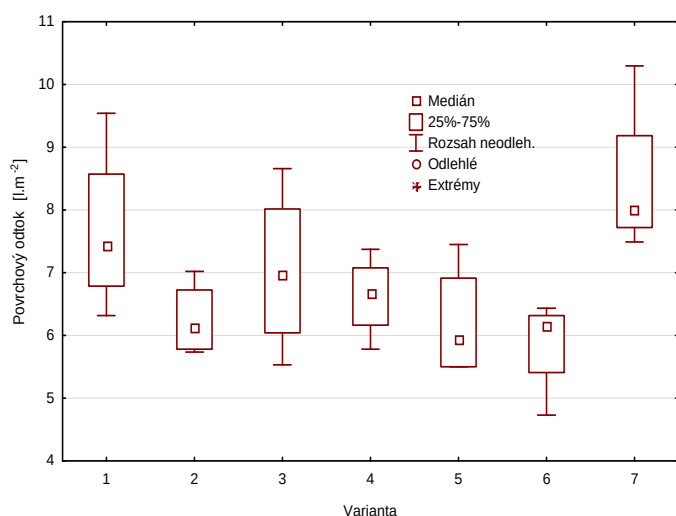
Obrázek 35 - Povrchový odtok pro bouřku z 31. 5. 2011



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m^{-2}]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 4,6198, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m^{-2}] Průměr	1	2
6	6	3,37500	****	
5	5	4,15000	****	
2	2	5,82500	****	
4	4	6,72500	****	
3	3	7,42500	****	
1	1	15,47500		****
7	7	16,52500		****

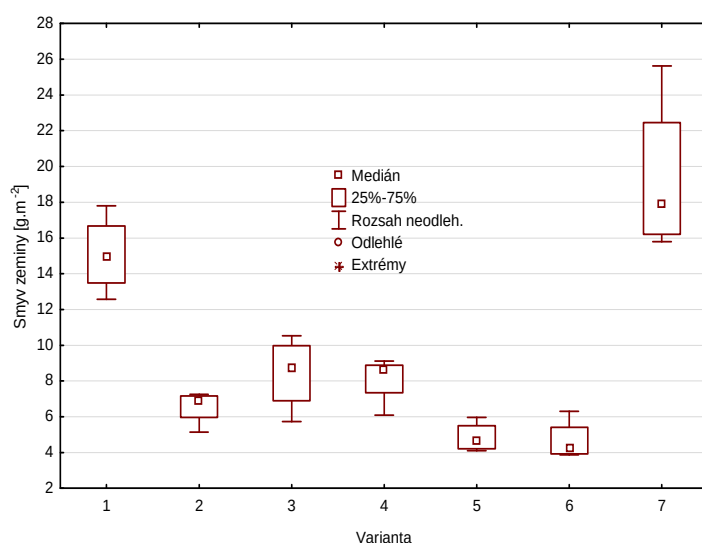
Obrázek 36 - Smyv zeminy pro bouřku z 31. 5. 2011

Trojice přeháněk z první dekády června krátce po sobě vyvolala další měření sezony 2011. Celkový úhrn srážek při této sérii přeháněk činil 22 mm. Intenzita přeháněk byla proměnlivá, ale špičkově dosáhla téměř 100 mm.h^{-1} . Výsledky povrchového odtoku prokázaly významný rozdíl jen mezi variantami 6 a 7 (obr. 37). V této sezoně je patrné zvýšení povrchového odtoku u oraných variant oproti neoraným, to může být způsobeno zanesením makropórů z kypření sesedáním půdy a vyplavováním jemných agregátů z povrchu. V případě měření smyvu zeminy byla opětovně nalezena rozdílnost varianty 1 a 7 oproti ostatním variantám (obr. 38).



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [L.m ⁻²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 1,0574, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [L.m ⁻²] Průměr	1	2
6	6	5,862500	****	
5	5	6,207000	****	****
2	2	6,254500	****	****
4	4	6,622250	****	****
3	3	7,027750	****	****
1	1	7,679250	****	****
7	7	8,454250		****

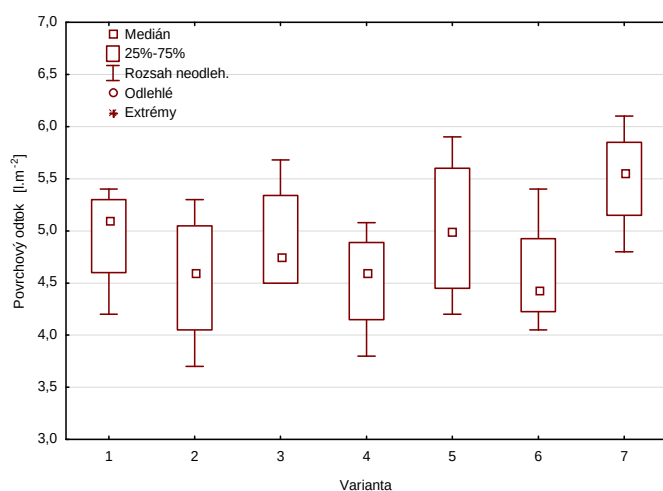
Obrázek 37 - Povrchový odtok pro trojici přeháněk z června 2011



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 4,8118, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²] Průměr	1	2
6	6	4,66100	****	
5	5	4,85550	****	
2	2	6,56525	****	
4	4	8,11825	****	
3	3	8,43650	****	
1	1	15,08300		****
7	7	19,33425		****

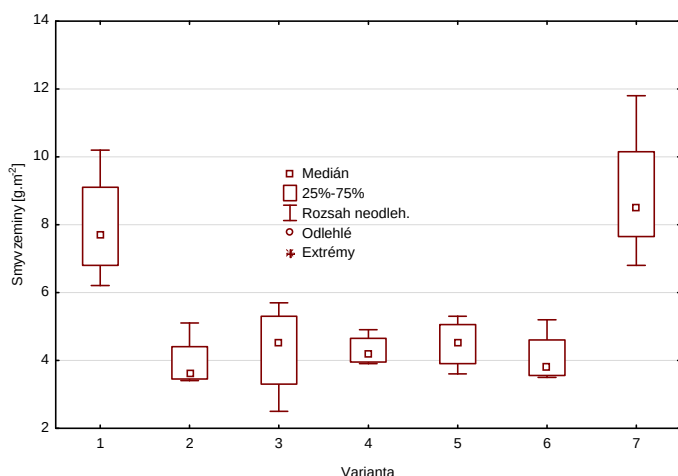
Obrázek 38 - Smyv zeminy pro trojici přeháněk z června 2011

Další měření proběhlo po deštích ve druhé dekádě června. Jednalo se o několik přeháněk s intenzitou do 30 mm.h-1. Jejich úhrn dle záznamů meteorologické stanice činil 16 mm. Při měření povrchového odtoku nebyl nalezen statisticky významný rozdíl mezi variantami (obr. 38). Potvrzuje se vyrovnanost hodnot povrchového odtoku při deštích s nižší intenzitou, menšími kapkami a menší kinetickou energií kapek. V případě smyvu zeminy byl opětovně nalezen statisticky významný rozdíl, nicméně je vidět, že se hodnoty přibližují a smyv zeminy zejména u varianty 1 se blíží k ostatním, zejména variantě 3 (obr. 39). To je dáno rostoucím porostem kukuřice. Nutno dodat, že hodnoty smyvu zeminy byly u této události na hranici měřitelnosti.



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,35674, sv = 21,00			
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²] Průměr	1
4	4	4,520000	****
2	2	4,550000	****
6	6	4,575000	****
3	3	4,920000	****
1	1	4,950000	****
5	5	5,025000	****
7	7	5,500000	****

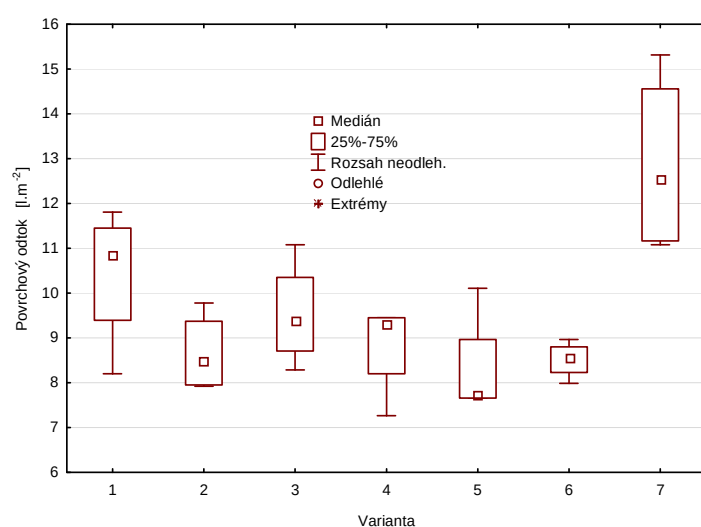
Obrázek 39 - Povrchový odtok pro deště z druhé dekády června 2011



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = 1,5777, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²] Průměr	1	2
2	2	3,925000	****	
6	6	4,075000	****	
3	3	4,300000	****	
4	4	4,300000	****	
5	5	4,475000	****	
1	1	7,950000		****
7	7	8,900000		****

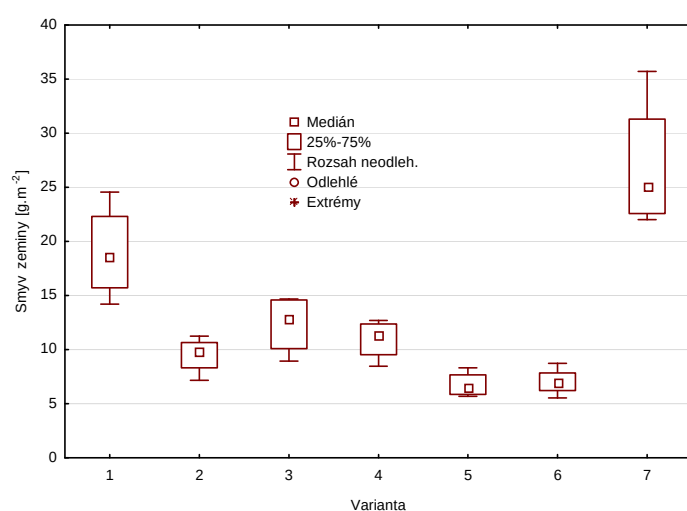
Obrázek 40 - Smyv zeminy pro deště z druhé dekády června 2011

Páté měření sezony 2011 byla výrazná erozní událost vyvolaná bouří z 22. června v nočních hodinách. Objem spadlých srážek byl v tomto případě 24 mm. Intenzita této bouře doprovázené přivalovým deštěm dosáhla špičkové hodnoty 250 mm.h^{-1} . I přes několikaminutový průběh vyvolala značný povrchový odtok i smyv zeminy. V případě povrchového odtoku byl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi variantou 7 a ostatními s výjimkou varianty 1. Měření smyvu zeminy prokázala příznivý efekt rostoucích rostlin kukuřice. Varianta 7 má nejvyšší hodnotu se statisticky významnou odchylkou od všech ostatních. Nicméně obě technologie výsevu kukuřice s orbou jsou statisticky významně odlišné od zbývajících.



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 1,6485, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²] Průměr	1	2
5	5	8,31300	****	
6	6	8,51675	****	
2	2	8,66325	****	
4	4	8,82625	****	
3	3	9,52875	****	
1	1	10,42625	****	****
7	7	12,86425		****

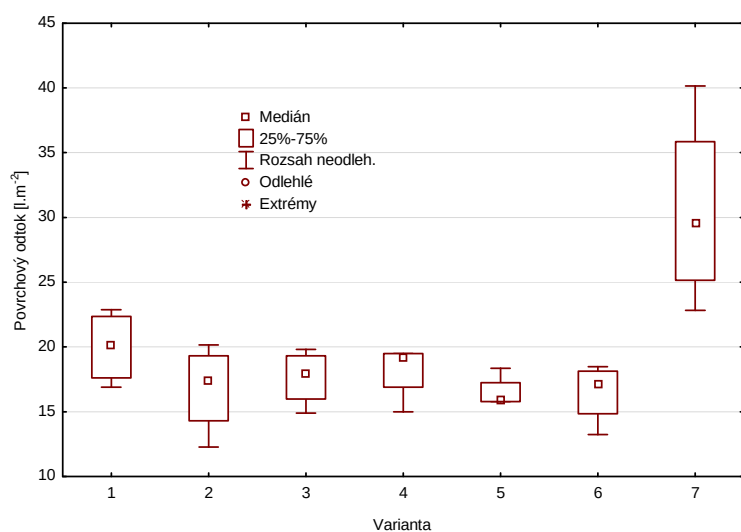
Obrázek 41 - Povrchový odtok pro bouřku z 22. 6. 2011



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = 10,716, sv = 21,00					
	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²]	1	2	3
Č. b.		Průměr			
5	5	6,76450	****		
6	6	7,05025	****		
2	2	9,49475	****		
4	4	10,96175	****		
3	3	12,34350	****	****	
1	1	19,01475		****	
7	7	26,93575			****

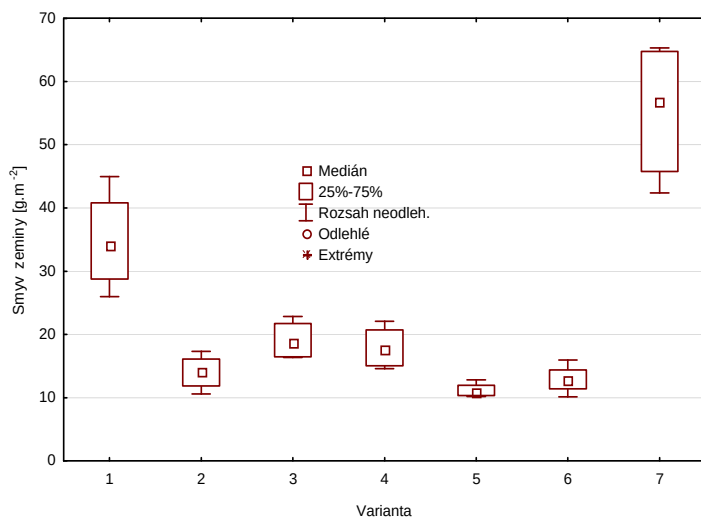
Obrázek 42 - Smyv zeminy pro bouřku z 22. 6. 2011

První dekáda července přinesla výskyt bouře s následným pomalým deštěm. Bouře měla charakter přivalového deště, následné srážky byly naopak pomalé s malou intenzitou. Celkový úhrn srážek v těchto dnech dosáhl 57 mm. Vzhledem k termínu této erozní události byla půda u variant s kukuřicí většinou pokryta rostlinami. Nicméně i přes to srážky vyvolali značný povrchový odtok u všech variant. Statisticky významně vyšší byl opětovně u varianty 7 (obr. 43). Je vidět, že příznivý efekt jarního nakypření v sezoně rychle odezněl a došlo k rychlému sesednutí půdy zřejmě vlivem jarních dešťů. Výsledky smyvu zeminy opětovně zobrazují rizika ponechání půdy bez pokryvu zejména při deštích s vysokou intenzitou (obr. 44).



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 12,862, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²] Průměr	1	2
6	6	16,48437	****	
5	5	16,51019	****	
2	2	16,79799	****	
3	3	17,64553	****	
4	4	18,18208	****	
1	1	19,97593	****	
7	7	30,49806		****

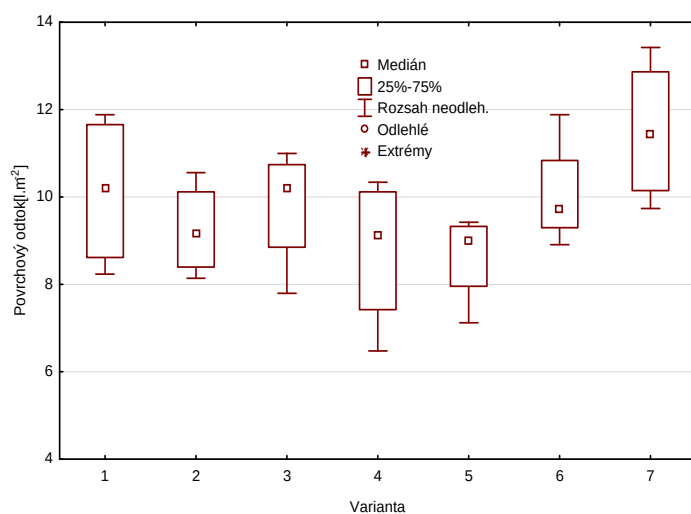
Obrázek 43 - Povrchový odtok pro deště z první dekády července 2011



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ²]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = 32,898, sv = 21,00					
Varianta		Smyv zeminy [g.m-2]	1	2	3
Č. b.		Průměr			
5	5	11,12834	****		
6	6	12,90196	****		
2	2	13,97390	****		
4	4	17,89335	****		
3	3	19,09013	****		
1	1	34,79699		****	
7	7	55,27514			****

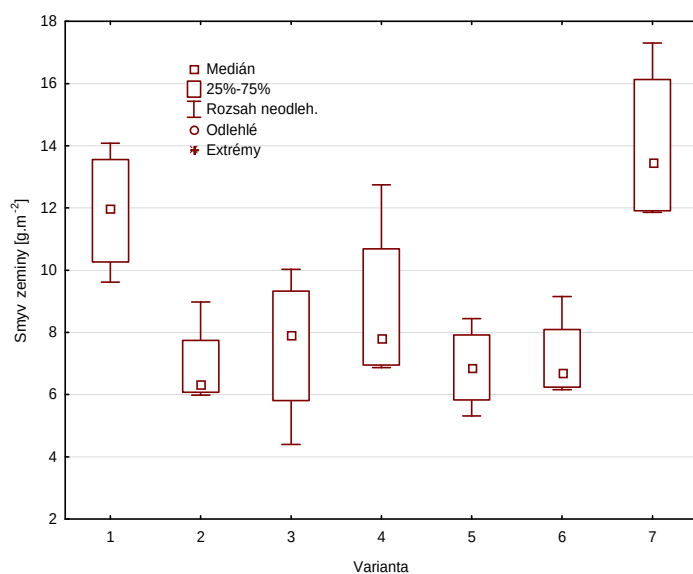
Obrázek 44 - Smyv zeminy pro deště z první dekády července 2011

V červenci 2011 byla zaznamenána ještě jedna erozní událost a to deště z 20. a 21. července. Srážky během těchto dešťů dosáhly celkem 49 mm. Intenzita dešťů byla většinou do 10 mm.h^{-1} , krátkodobě však i 30 mm.h^{-1} . Mezi hodnotami povrchového odtoku nebyl pro tuto erozní událost zaznamenán statisticky významný rozdíl pro žádnou variantu (obr. 45). V případě smyvu zeminy (obr. 46) opětovně největších hodnot bylo naměřeno u varianty 7, avšak ne tak výrazně jako při prudších srážkách. Statisticky významný rozdíl byl u této varianty zjištěn pro všechny ostatní s výjimkou varianty 1. Dále mezi variantou 1 a oběma variantami s ovsem (varianta 2 a 5).



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m^{-2}]			
Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
Chyba: meziskup. PČ = 2,1278, sv = 21,00			
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m^{-2}] Průměr	1
5	5	8,64500	****
4	4	8,77000	****
2	2	9,26000	****
3	3	9,79750	****
6	6	10,06500	****
1	1	10,14000	****
7	7	11,51000	****

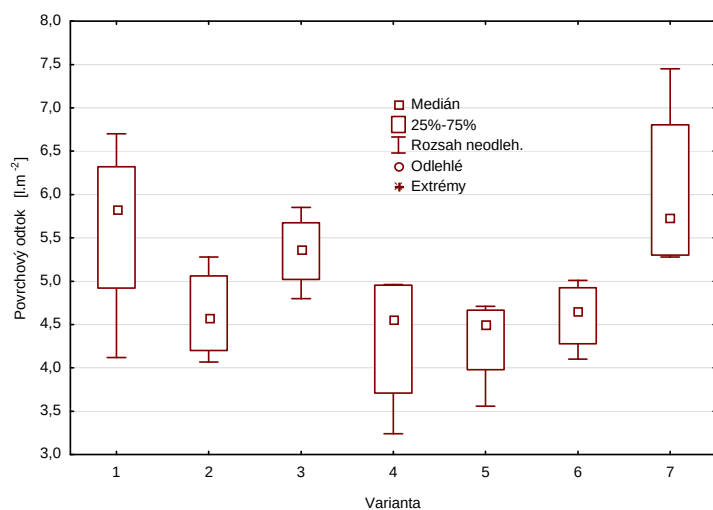
Obrázek 45- Povrchový odtok pro deště z 21. 7. 2011



	Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]				
	Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
	Chyba: meziskup. PČ = 4,2577, sv = 21,00				
	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²]	1	2	3
Č. b.		Průměr			
5	5	6,87400	****		
2	2	6,90800	****		
6	6	7,17200	****	****	
3	3	7,56800	****	****	
4	4	8,81700	****	****	
1	1	11,90900		****	****
7	7	14,02200			****

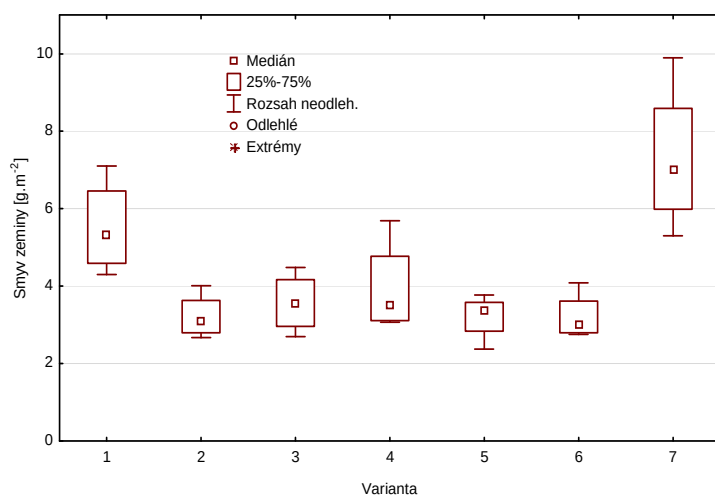
Obrázek 46 - Smyv zeminy pro deště z 21. 7. 2011

Přelom července a srpna provázely deště o celkovém úhrnu srážek 25 mm. Pro tento déšť byla charakteristická nízká intenzita do 10 mm.h^{-1} . Ve výsledcích povrchového odtoku je patrný vliv vegetačního pokryvu variant. Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán pouze mezi variantou 7 a 5 a dále 7 a 4 (obr. 47). V případě měření smyvu zeminy byly rovněž potvrzeny závěry z předcházejících měření v celé sezoně. Statisticky významné rozdíly byly opětovně zjištěny u varianty 7 oproti ostatním s výjimkou varianty 1 (obr. 48). I v pokročilých růstových fázích porostu jsou patrné rozdíly v jednotlivých technologiích založení porostu.



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = ,54274, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²] Průměr	1	2
5	5	4,322500	****	
4	4	4,332500	****	
6	6	4,601250	****	****
2	2	4,630000	****	****
3	3	5,348750	****	****
1	1	5,620000	****	****
7	7	6,052500		****

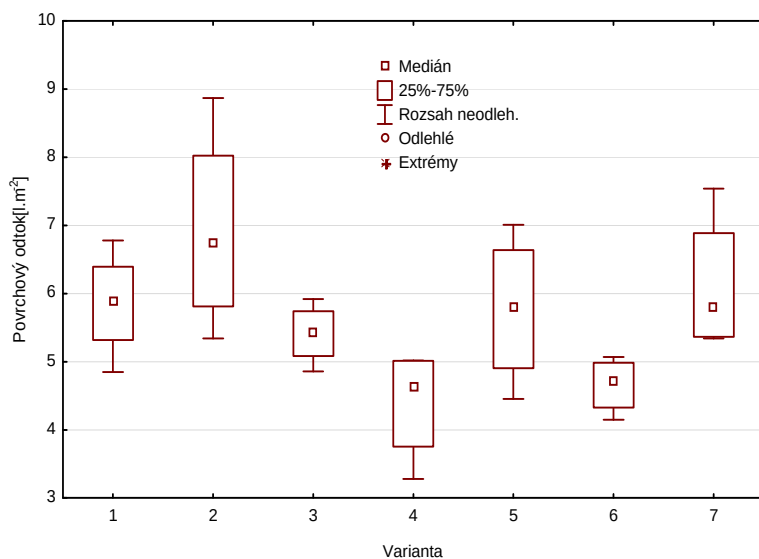
Obrázek 47 - Povrchový odtok pro deště z přelomu července a srpna



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 1,1970, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²] Průměr	1	2
6	6	3,201786	****	
2	2	3,208929	****	
5	5	3,209107	****	
3	3	3,560000	****	
4	4	3,936161	****	
1	1	5,520089	****	****
7	7	7,290804		****

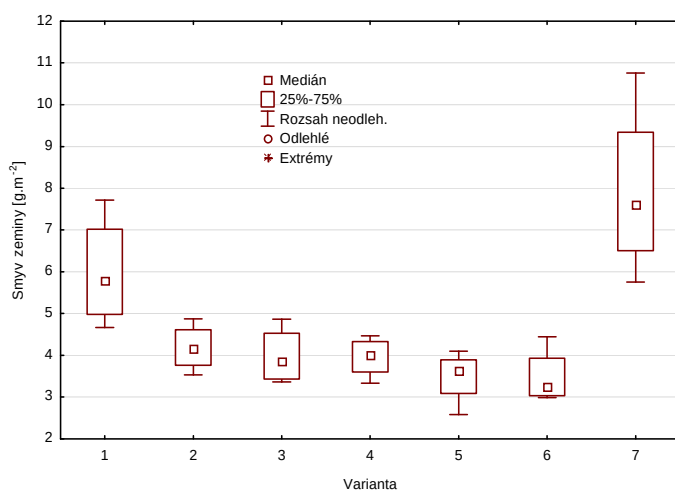
Obrázek 48 - Smyv zeminy pro deště z přelomu července a srpna

Po deštích uprostřed srpna, které dosáhly úhrnných srážek 31 mm, následovalo měření předposlední zaznamenané erozní události roku 2011. Intenzita deště byla v tomto případě nízká. Důležitým faktem je jednoznačně uskutečněná sklizeň ovsa. Varianty 1 a 5 tak měly podobu sklizeného strniště. To způsobilo zvýšení povrchového odtoku u těchto dvou variant, tak jak je vidět na Obrázku 49. Nicméně toto navýšení je pod hranicí statistické významnosti. Pouze u varianty 2 je zaznamenán rozdíl oproti variantám 4 a 5. Hodnoty smyvu zeminy byly tradičně nejvyšší u varianty 7 (obr. 50).



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = ,88918, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²] Průměr	1	2
4	4	4,384490	****	
6	6	4,656465	****	
3	3	5,412935	****	****
5	5	5,773200	****	****
1	1	5,857580	****	****
7	7	6,125130	****	****
2	2	6,918340		****

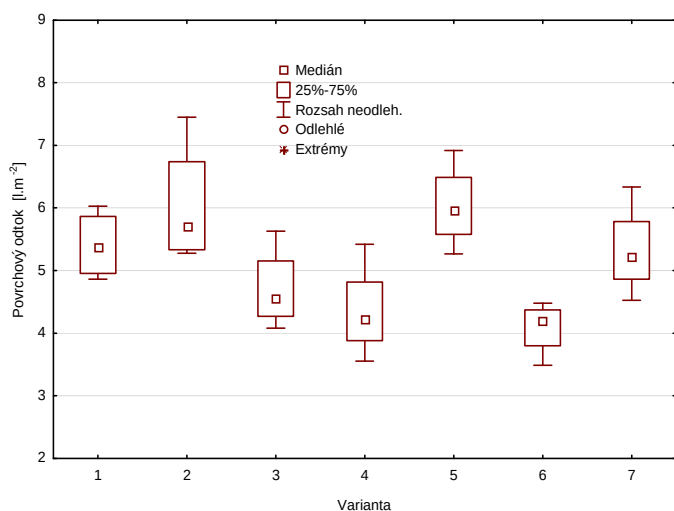
Obrázek 49 - Povrchový odtok pro deště z poloviny srpna



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = 1,1531, sv = 21,00					
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²]	1	2	3
		Průměr			
6	6	3,480341	****		
5	5	3,488299	****		
4	4	3,963957	****	****	
3	3	3,978712	****	****	
2	2	4,187129	****	****	
1	1	6,000337		****	****
7	7	7,925103			****

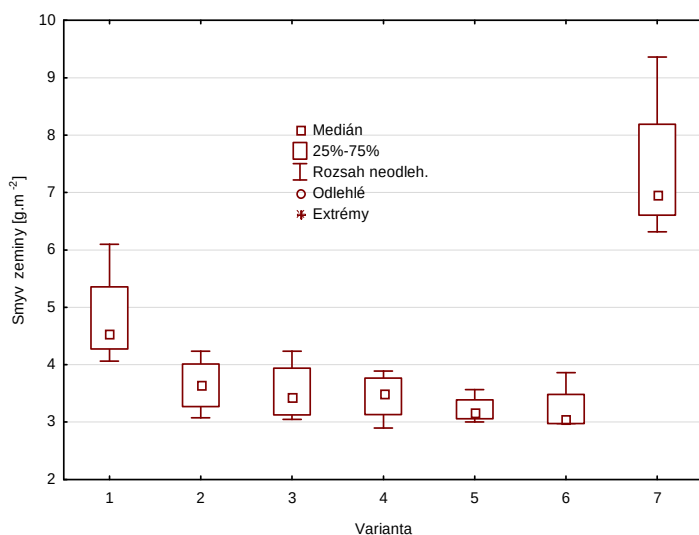
Obrázek 50 - Smyv zeminy pro deště z poloviny srpna

Poslední měření se uskutečnilo na konci srpna hodnocením dvojice menších bouřek s úhrnem srážek 24 mm se střední intenzitou. U měření povrchového odtoku jsou znovu zaznamenány zvýšené hodnoty pro varianty 2 a 5, tedy sklizené varianty s ovšem (obr. 51). Byl nalezen statisticky významný rozdíl oproti variantám 6 a 4, tedy dvěma zbývajícím bezorebným variantám. Smyv zeminy byl opětovně nejvyšší u kontrolní varianty 7 se statisticky významným rozdílem oproti ostatním variantám, které tvoří homogenní skupinu na dané hladině významnosti (obr. 52).



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m^{-2}]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = ,50687, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m^{-2}] Průměr	1	2
6	6	4,084654	****	
4	4	4,349407	****	
3	3	4,711123	****	****
7	7	5,323004	****	****
1	1	5,409367	****	****
5	5	6,033800		****
2	2	6,036800		****

Obrázek 51 - Povrchový odtok pro přeháňky z konce srpna 2011



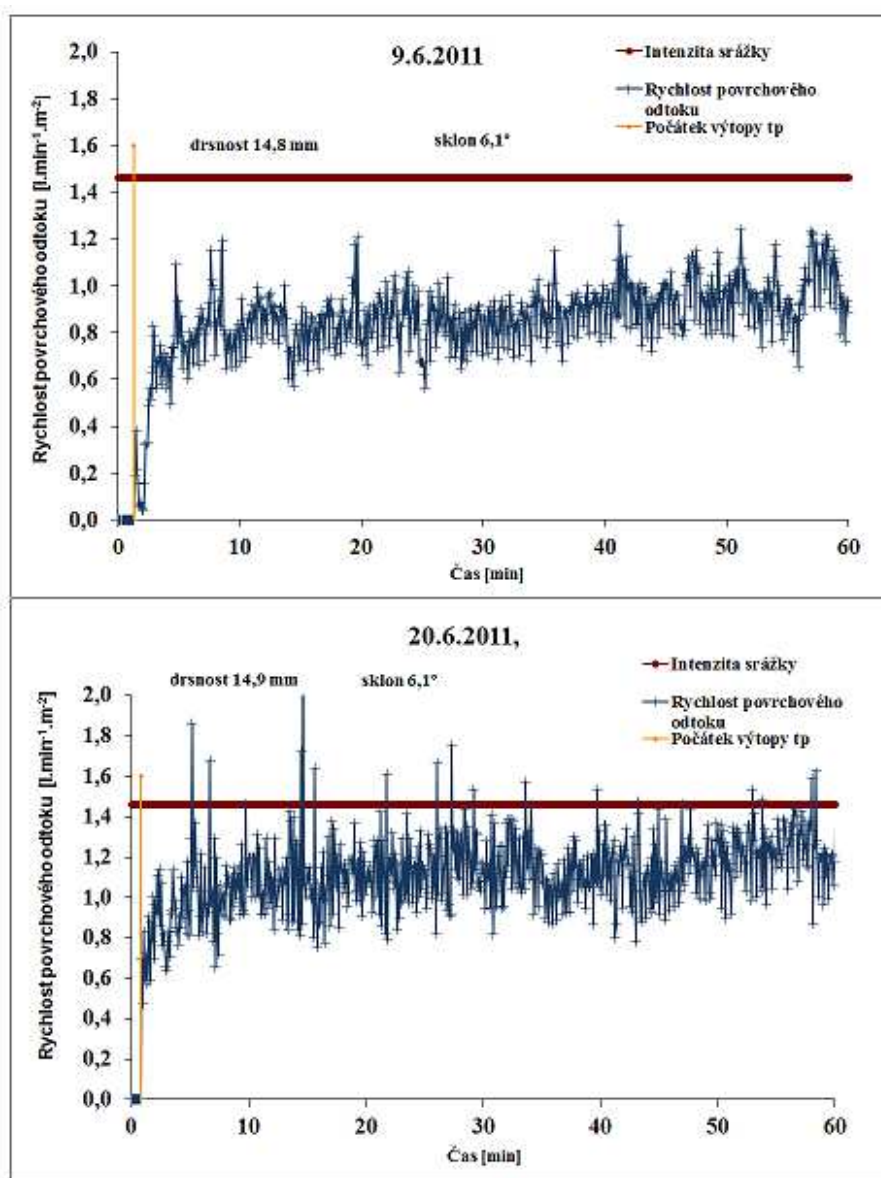
Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m^{-2}]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = ,50676, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m^{-2}] Průměr	1	2
5	5	3,223317	****	
6	6	3,228997	****	
4	4	3,448643	****	
3	3	3,530680	****	
2	2	3,642802	****	
1	1	4,814566	****	
7	7	7,398067		****

Obrázek 52 - Smyv zeminy pro přeháňky z konce srpna 2011

6.2.3. Měření simulátorem deště v roce 2011

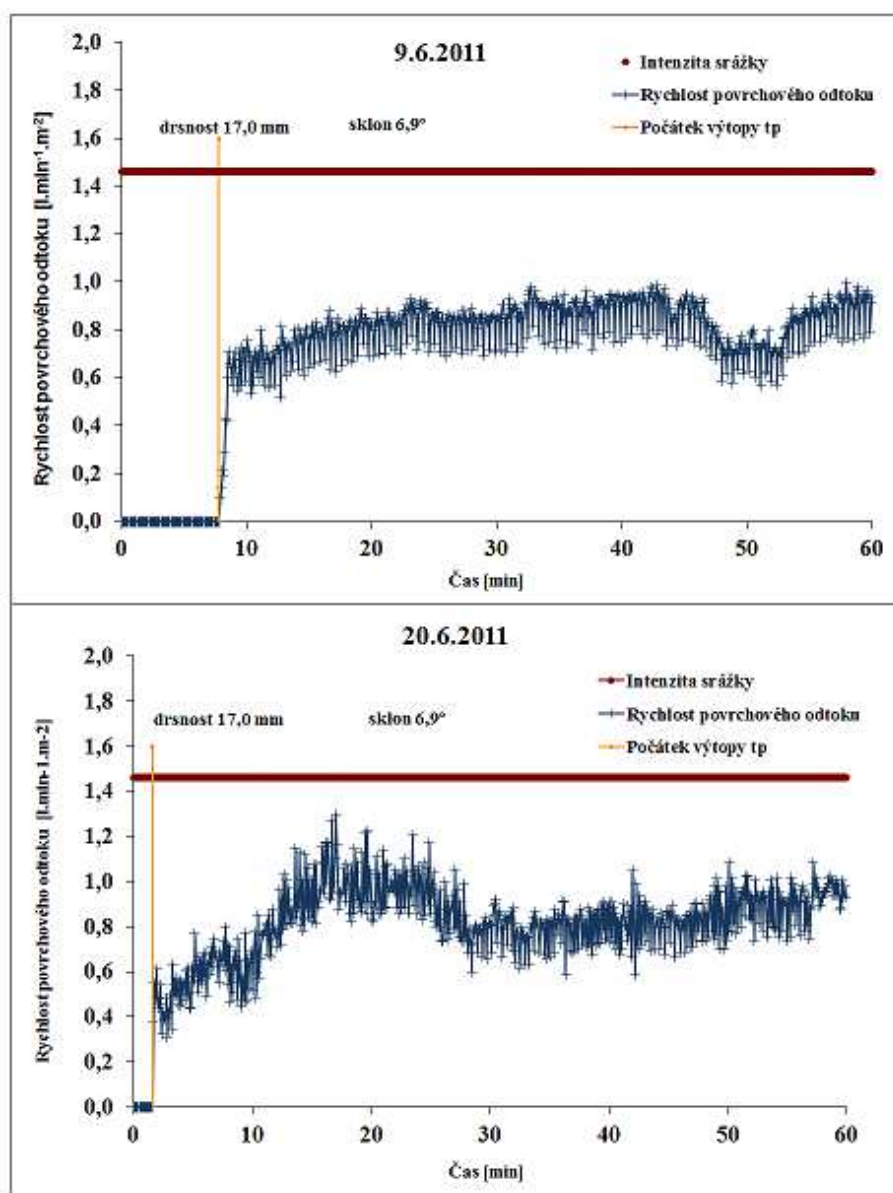
Měření simulátorem deště proběhlo na pozemku v roce 2011 ve dvou termínech s plným opakováním. Měření proběhlo ve dnech 9. 6 a 20. 6. Opět současně s měřením simulátorem deště bylo provedeno i několik dalších měření podobně jako v předcházejícím roce.

Na Obrázku 53 je vidět průběh měření varianty 1. V obou případech měření došlo k velmi rychlému počátku povrchového odtoku (1-2 minuty zadešťování) s následným rychlým nasycením povrchové vrstvy půdy. Povrchový odtok se po několika minutách ustálil na setrvalé hodnotě s následným konstantním průběhem na hodnotě 0,9 resp. 1,1 $\text{l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Průběh měření této varianty dokresluje rizikovost ponechání půdy bez pokryvu. Povrchový odtok rovněž obsahoval značné množství splavené zeminy, jak je uvedeno dále.



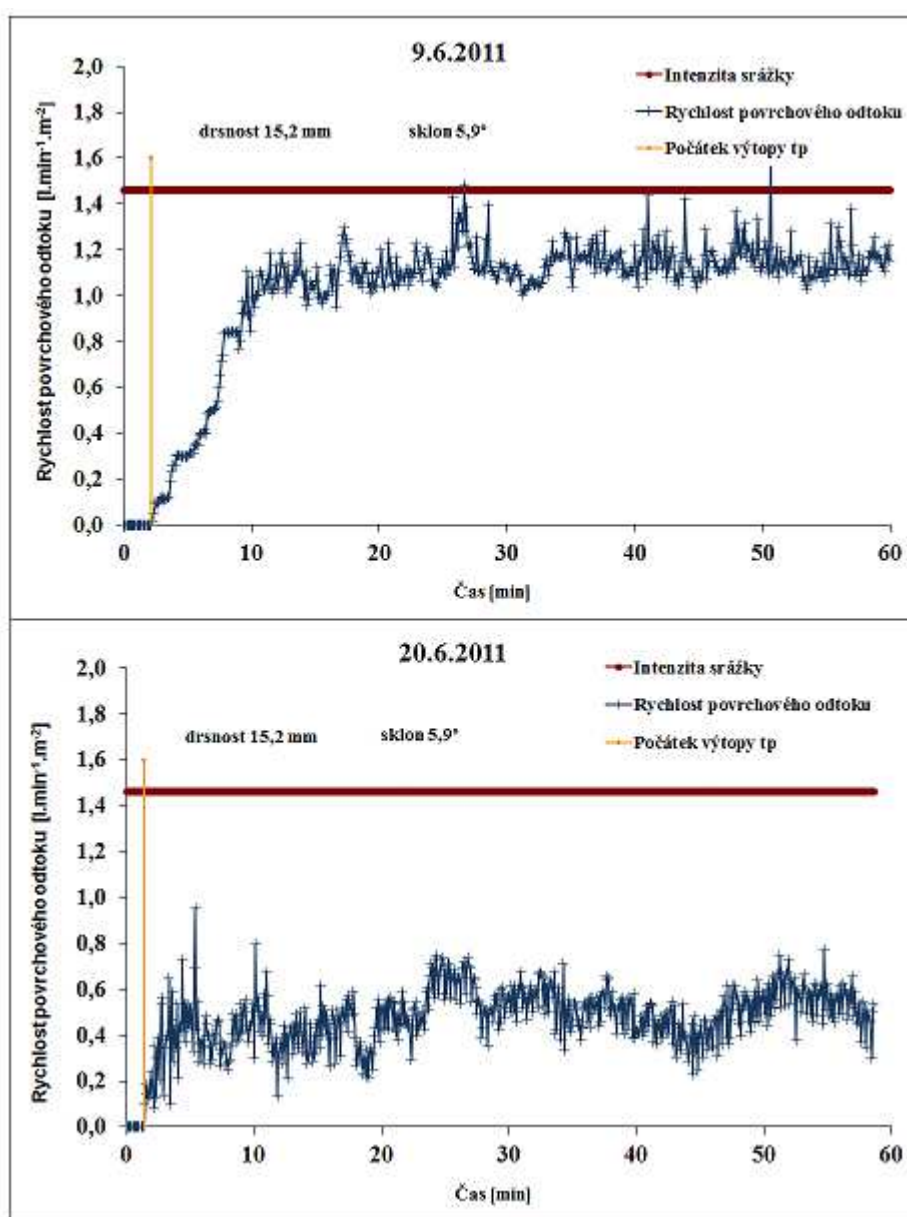
Obrázek 53 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 1 v roce 2011

Obrázek 54 zobrazuje průběh měření varianty 2 (oves-orební technologie). Počátek odtoku byl v obou případech měření dosti odlišný. Při prvním měření to bylo 7,8 minuty, v druhém případě 1,8 minuty. Nutné je i dodat že červen 2011 byl charakterizovaný téměř každodenním deštěm (viz. Příloha I). Z průběhu měření je však patrný pozitivní vliv porostu ovsa na povrchový odtok v obou případech měření. Z grafu je patrný i průběh s rostoucí rychlostí povrchového odtoku, kdy po určité době došlo opětovně k jejímu poklesu díky zlepšení podmínek infiltrace. To by mohlo být způsobeno infiltrací do vrstev půdy pod hloubkou zpracování půdy inicializované až po nasycení svrchní zpracovávané vrstvy. Celkově je povrchový odtok nižší než u orební varianty s kukuřicí (1) o cca 20 procent.



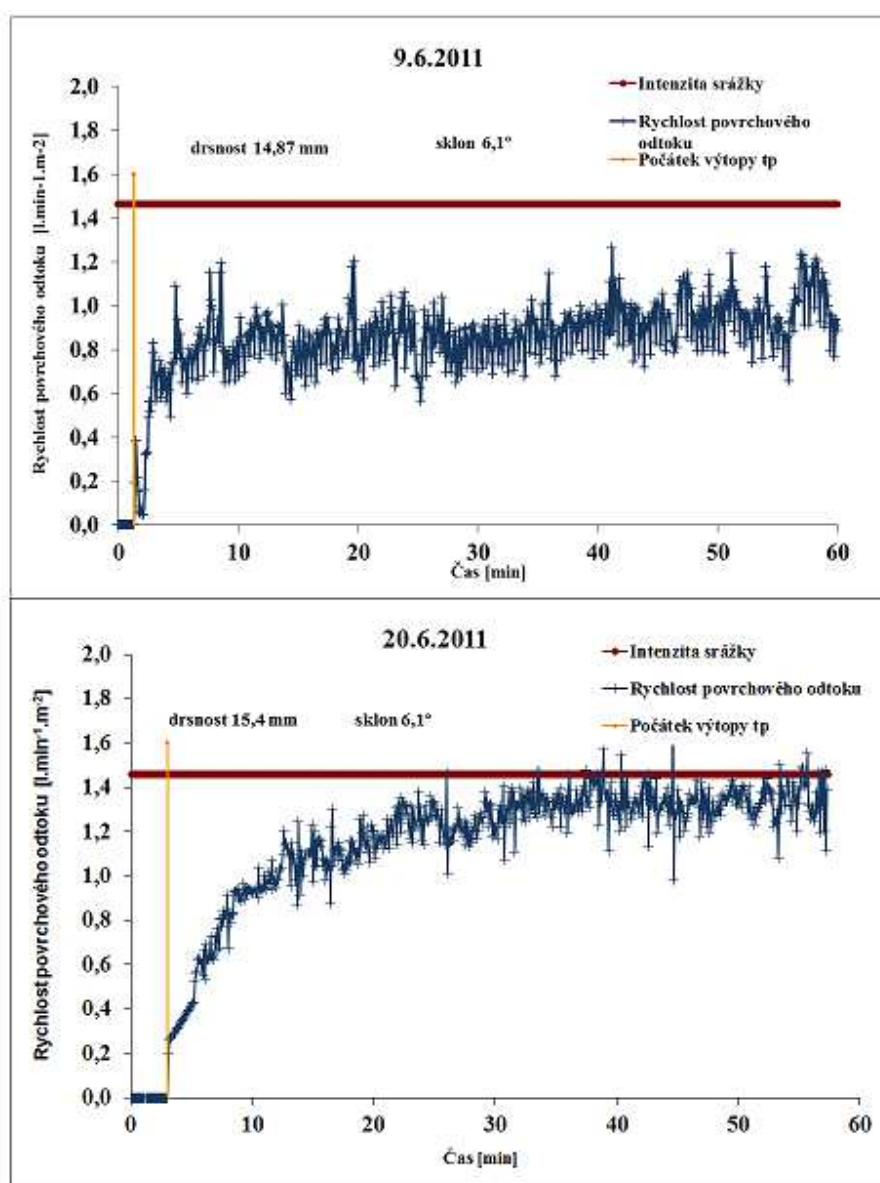
Obrázek 54 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 2 v roce 2011

Poslední variantou využívající podzimní orbu jako základní zpracování půdy byla varianta 3. Prvotním předpokladem měření bylo snížení povrchového odtoku díky pokrytí meziřádkového prostoru kukuřice rostlinami ovsa ve formátu dvou řádků po 0,125 m. Jak je však vidět z Obrázku 55, při opakovaném měření se výsledky lišily několikanásobně. V prvním případě (9. 6.) byl povrchový odtok již po cca 10 minutách téměř 80 procent dávky dopadající vody. Tedy ochranný efekt nebyl pozorován. Druhé měření prokázalo opak. Dne 20.6 byla u této varianty zjištěna vynikající infiltrace vody s výrazným protierozním efektem. U takto rozdílných výsledků nelze vyslovit jednoznačný závěr. Je možné, že došlo k ovlivnění některým z vnějších vlivů, např. výskyt ztuhlé vrstvy půdy v podorničí apod. Může se jednat i o následek nevhodné technologie mnoho let nazpět, to však nelze jednoznačně určit.



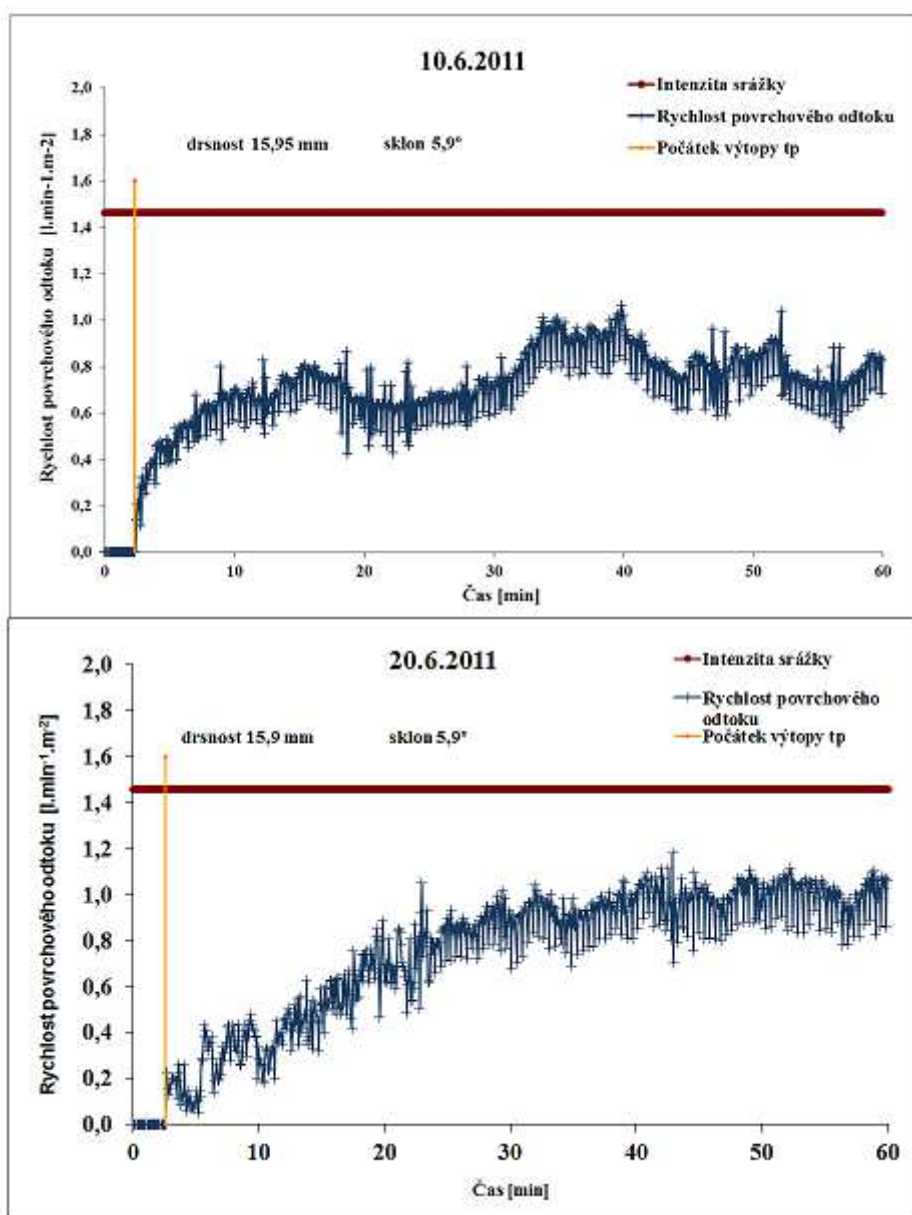
Obrázek 55 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 3 v roce 2011

Bezorebná varianta využívající jarní prokypření půdy do hloubky 0,15 metru s využitím radličkového kypřiče byla rovněž hodnocena při obou termínech měření. Měření 9. 6. neprokázalo pozitivní efekt technologie využívající zakrytí půdy zbytky rostlin na povrchový odtok. Během měření došlo k nasycení povrchové vrstvy půdy. Nejspíše voda prosytila kypřenou vrstvu půdy a dále nebyla vsakována do podloží. Hodnoty ustáleného povrchového odtoku přibližně kopírovaly hodnoty varianty s porostem kukuřice po zpracování půdy orbou. Druhý termín měření svým průběhem připomínal měření v roce 2010. Rychlost povrchového odtoku se zvyšovala pozvolně po dobu několika desítek minut (obrázek 56). Tento průběh potvrzuje závěry o pozitivním efektu bezorebných technologií. Intenzivní srážky většinou trvají jen několik minut, nebo desítek minut.



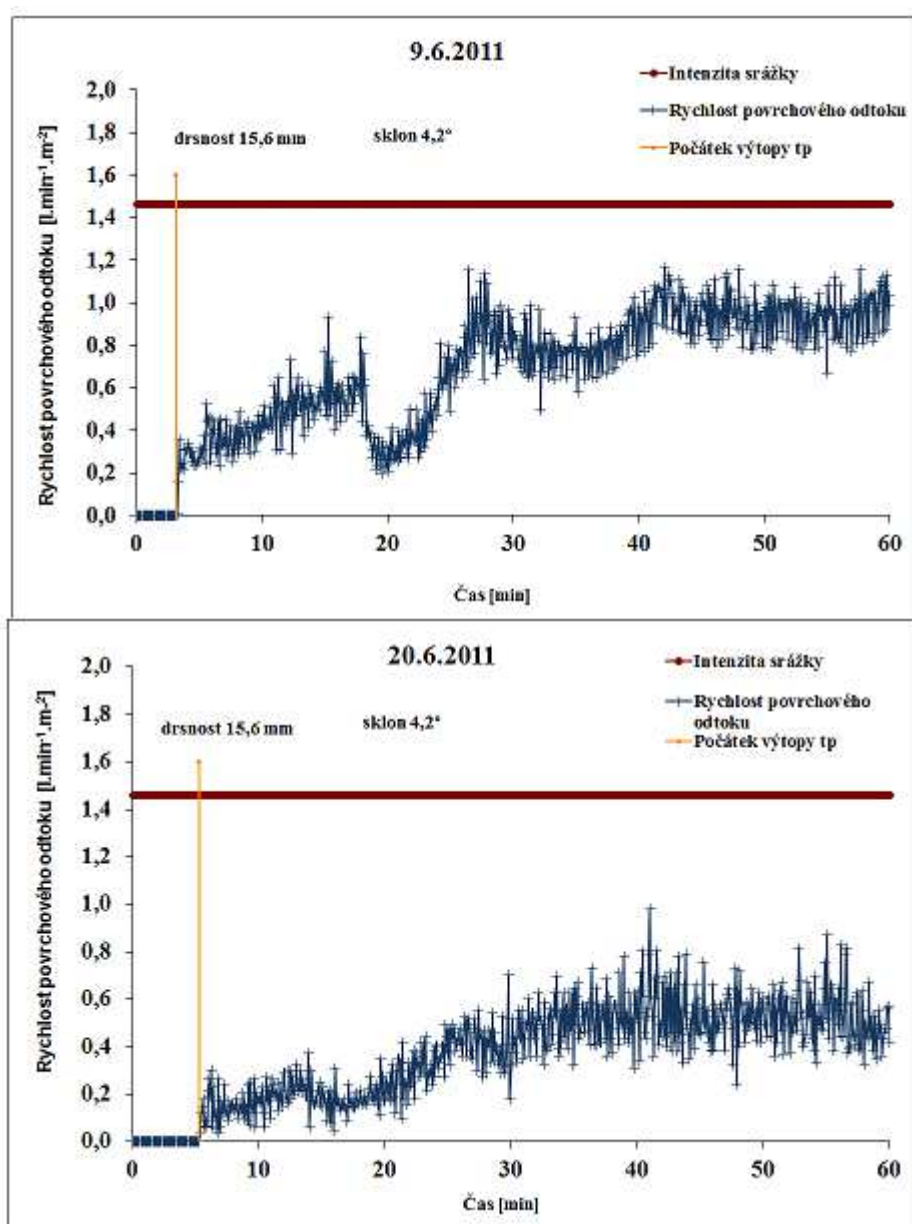
Obrázek 56 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 4 v roce 2011

Měření varianty přímého setí ovsa je uvedeno v grafu na Obrázku 57. V obou případech měření je vidět částečně pozitivní efekt této technologie založení porostu na povrchový odtok. Tento příznivý efekt je patrnější v první polovině zadešťování. Je viditelné postupné prosycování půdního profilu s možnou infiltrací i do větších hloubek. Je zde nutné i dodat, že varianta nebyla zpracovávána již 2 roky po sobě. Tvorba půdní struktury je vždy dlouhodobou záležitostí a případný pozitivní efekt nelze očekávat za krátkou dobu. Zároveň je třeba dodat i možné ovlivnění hodnot výskytem umrtvených plevelů ve formě podrostu, který sledované parametry ovlivnil.



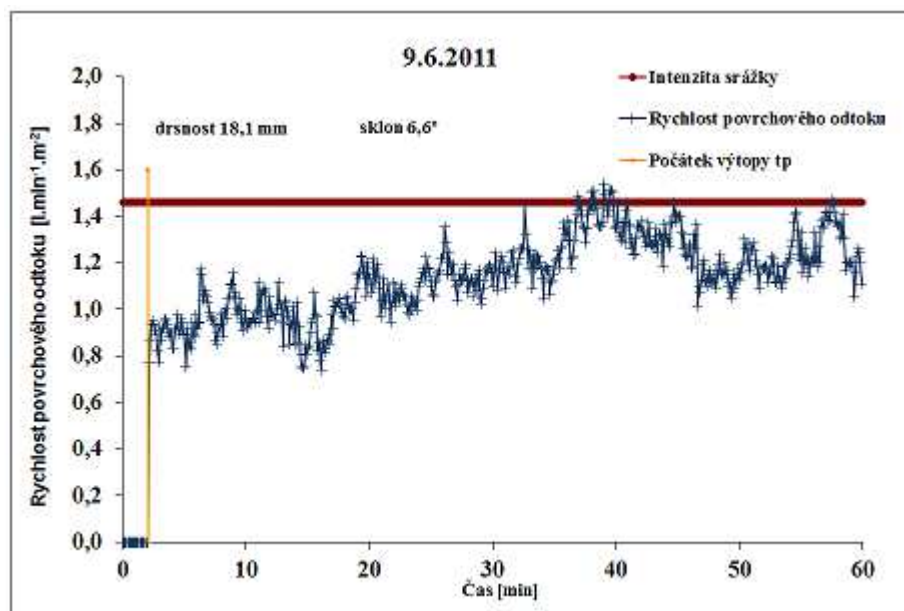
Obrázek 57 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 5 v roce 2011

Setí kukuřice do vymrzlé meziplodiny patří v současné době k nejvíce doporučeným postupům z hlediska omezení projevů vodní eroze. Na průběhu měření v obou termínech je vidět potvrzení těchto doporučení. Varianta ve srovnání s ostatními vykazovala vysokou míru infiltrace po poměrně dlouhou dobu. Více viditelné je to u průběhu měření z 20. 6. Půda dobře infiltrovala vodu v celém půdním profilu. Je to způsobeno nejspíše póry vytvořenými rostlinami hořčice, které měly charakter rostlinných zbytků na povrchu, ale i prokořenění půdního profilu. Je také patrné několik „zlomů“ v průběhu měření, kdy zřejmě došlo k infiltraci do podpovrchové vrstvy půdy.



Obrázek 58 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 6 v roce 2011

Kontrolní varianta 7 byla měřena pouze v prvním termínu, tedy 9. 6. Průběh měření dobře vystihuje skutečnost, že ačkoliv půda po orbě i kypření obsahuje velké množství makropórů, jejich efekt je krátkodobý a po sesednutí půdy naopak špatně infiltruje vodu. Je patrné, že již po cca půlhodině měření téměř všechna voda stékala ve formě povrchového odtoku a půdní profil nebyl dále schopen žádnou vodu infiltrovat.

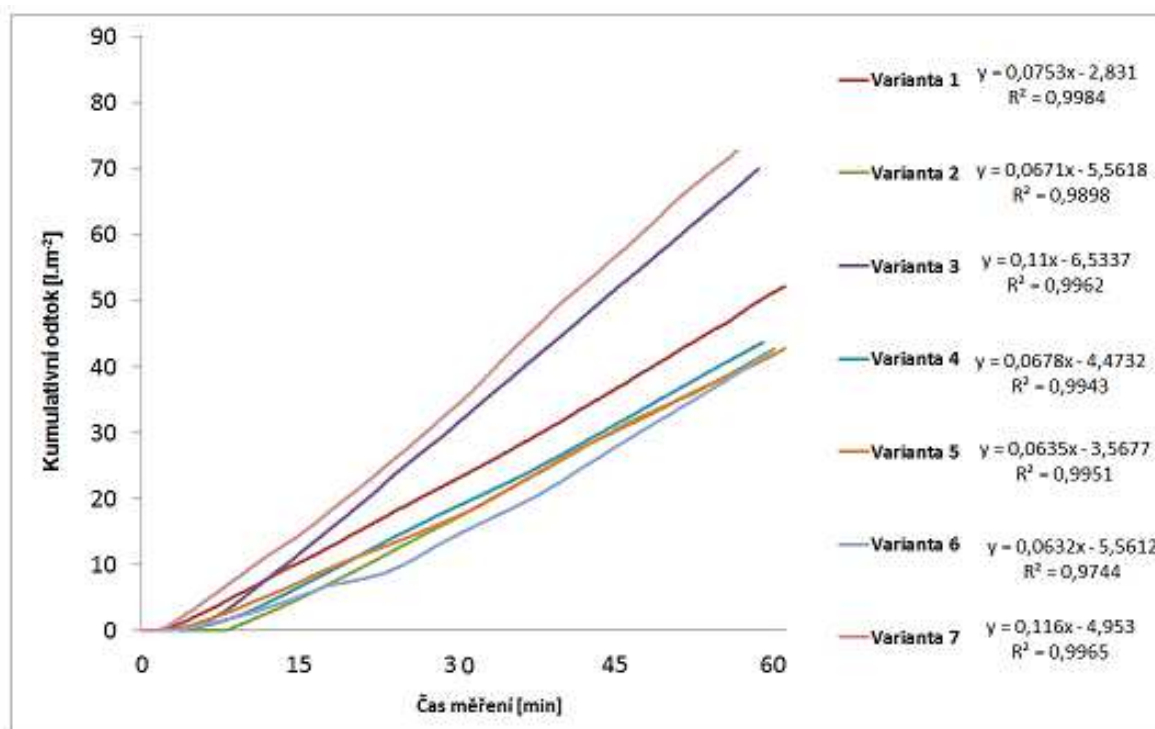


Obrázek 59 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 7 v roce 2011

6.2.4. Dílčí závěr z měření z roku 2011

Výsledky měření metodou odtokových mikroparcellek v roce 2011 více potvrzovaly původní předpoklady, než výsledky z roku 2010. To bylo zřejmě způsobeno rychlým poklesem pórovitosti ve spojení se sesedáním půdy po kypření. Dalším možným faktem je vznik půdní krusty, tedy tenké stmelené vrstvy na povrchu, která brání zasakování vody a zvyšuje povrchový odtok.

Tyto závěry potvrzují i výsledky získané druhou základní metodou měření, tedy simulací deště. Pro přehledné zhodnocení slouží graf na Obrázku 60. Z jeho průběhu je patrný vyšší kumulativní odtok u variant využívajících orbu jako základní zpracování půdy. U bezorebných variant je naopak možné pozorovat nižší kumulativní odtok i pozdější začátek odtoku. Křivky kumulativního odtoku lze popsat s využitím lineární regrese. Jak je vidět v grafu na obrázku 56, jedná se o velmi silnou závislost.



Obrázek 60 - Kumulativní odtok jednotlivých variant při měření 9. 6. 2011

Některé další výsledky měření sezony jsou uvedeny v přílohách včetně komentáře. Zejména se jedná o výsledky měření meteorologických veličin, dále měření fyzikálních vlastností půdy u jednotlivých variant a rovněž výsledky měření výnosu a některých jeho ukazatelů.

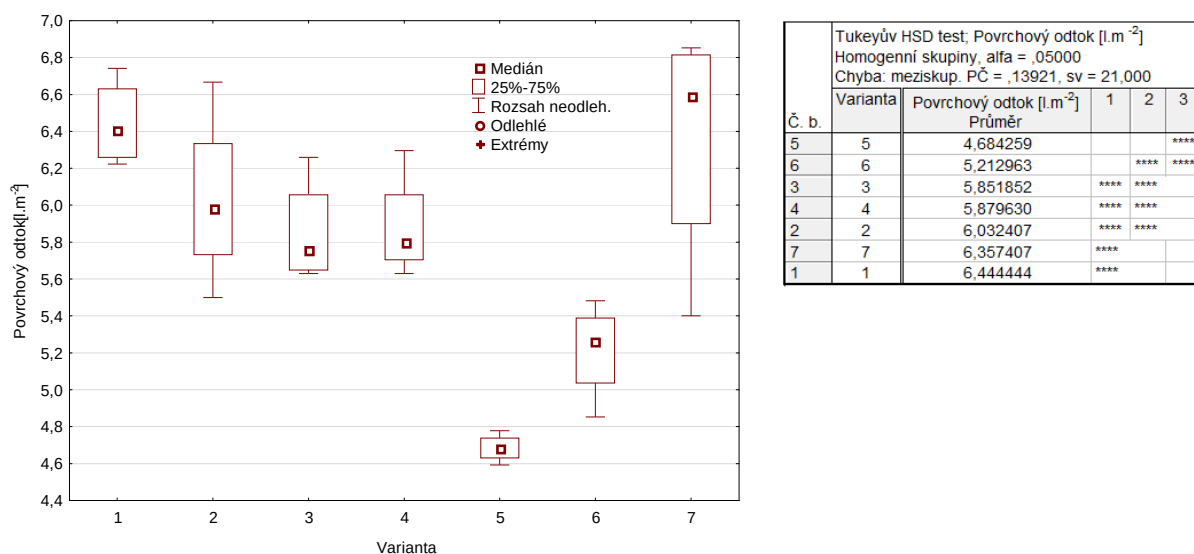
6.3. Výsledky měření z roku 2012

6.3.1. Úvodní předpoklady a agrotechnika pokusu

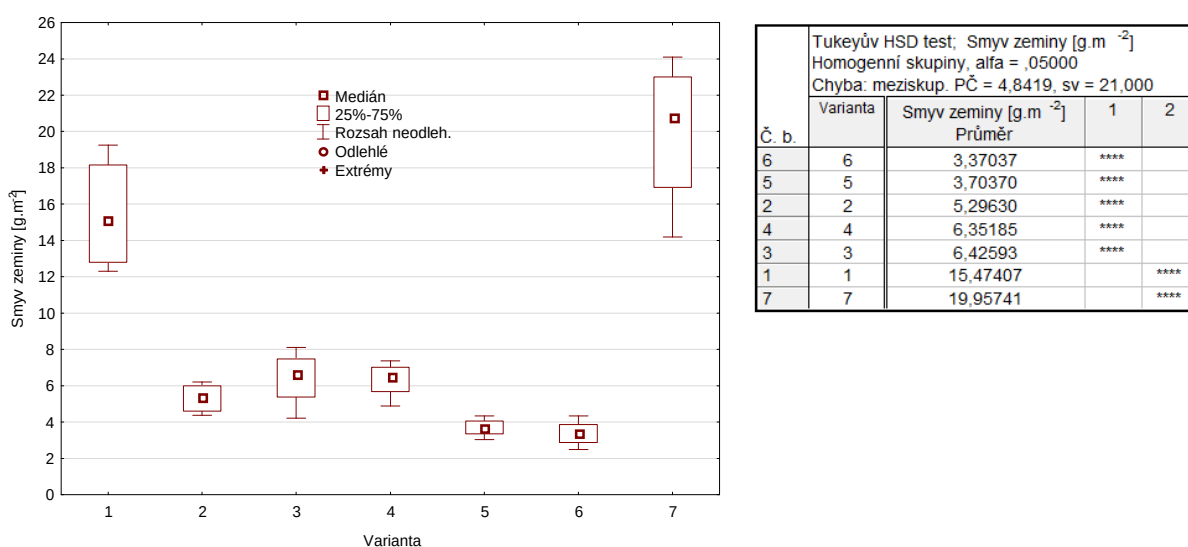
Pro sezonu 2012 nebyla učiněna žádná změna v technologickém postupu založení jednotlivých variant. Rovněž ochrana rostlin a jejich výživa probíhala podobně, s výjimkou podzimní předsezonní aplikace hnojiva NPK 15-15-15 celoplošně v dávce $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Je však nutné zmínit i špatnou vzcházejivost porostu ovsa u technologie přímého setí v roce 2012. Zde platí, že použitý secí stroj s dvoukotoučovými secími botkami se nehodí pro technologii přímého setí a tím je ovlivněn budoucí porost. Tento rozdíl je patrnější pokud dojde k vzcházení rostlin v době suššího počasí, kdy nesprávně umístěná semena po naklíčení zaschnou a rostlinky odumrou. Přesně tato situace nastala v roce 2012.

6.3.2. Měření metodou odtokových mikroparcelek v roce 2012

První erozní událost byla zaznamenána 3. - 5. května. Jednalo se o dvojici krátkých bouřek o celkovém úhrnu srážek cca 15 mm. Intenzita dosahovala až $45 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$. K události došlo jen několik dnů po zasetí kukuřice. Na variantách s kukuřicí se nenacházely žádné rostliny. Oves byl ve stádiu odnožování. Na Obrázku 61 je vidět velikost povrchového odtoku pro jednotlivé varianty. Výrazně nižší je povrchový odtok u varianty 5 (oves - přímé setí). To bylo způsobeno efektem rostlinných zbytků na povrchu půdy. Výsledky měření smyvu zeminy potvrzují riziko zanechání půdy bez pokryvu v období výskytu prudkých dešťů.

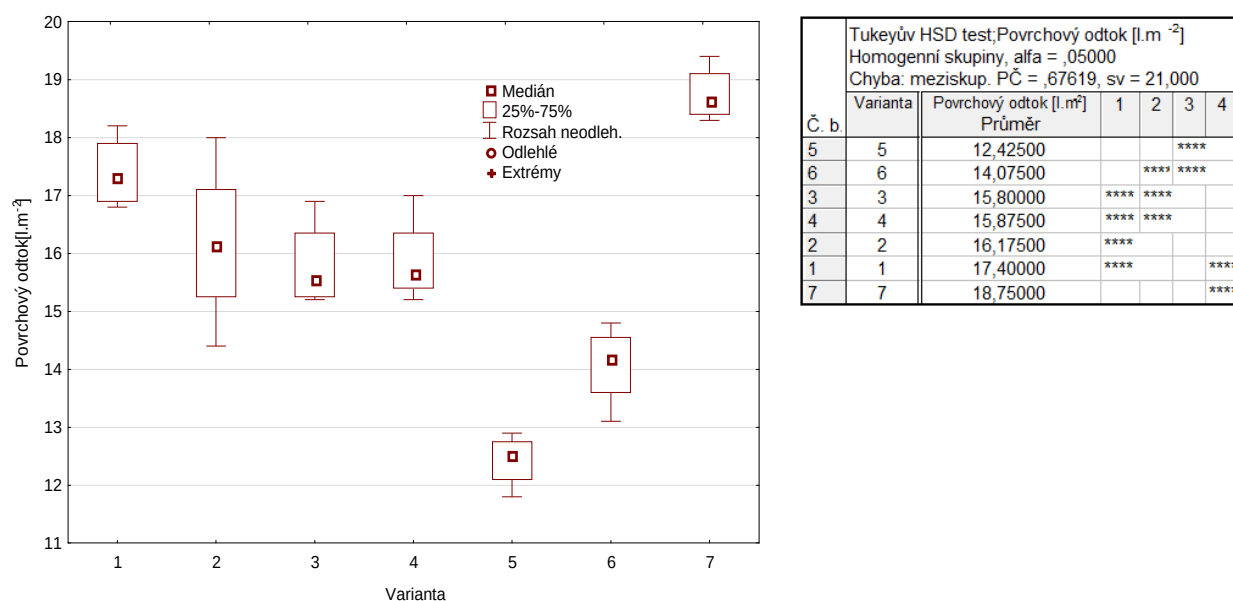


Obrázek 61- Povrchový odtok pro dvě bouřky z počátku května 2012

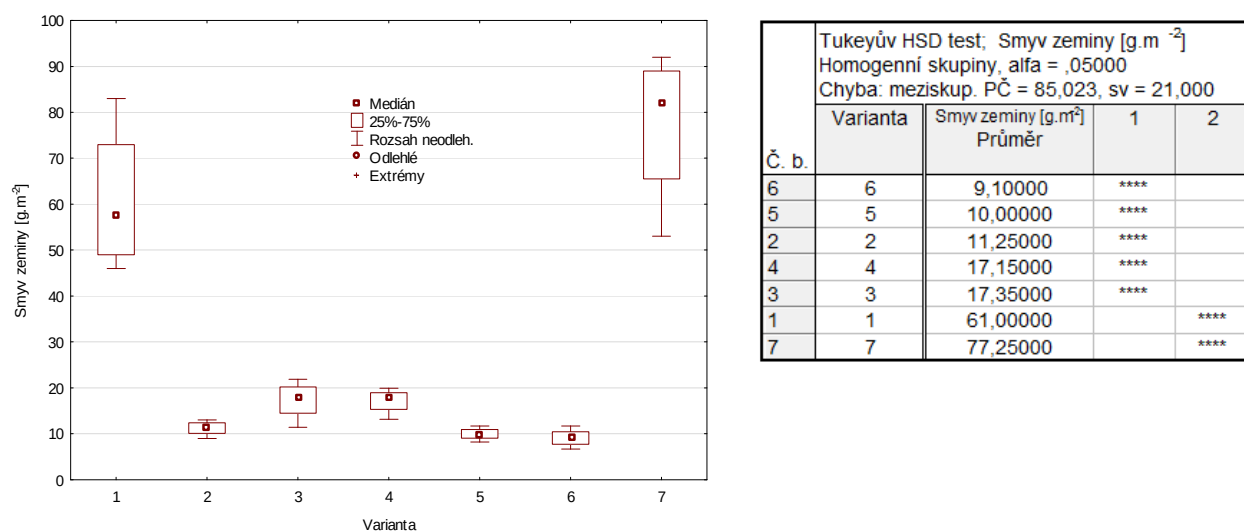


Obrázek 62 - Smyv zeminy pro dvě bouřky z počátku května 2012

Druhá erozní událost přišla na rozmezí května a června. Jednalo se o prudkou bouřku s výskytem přívalemého deště. Intenzita deště krátkodobě přesáhla 100 mm.h^{-1} . Výsledky opětovně ukázaly rizikovost výskytu nechráněné nebo málo chráněné půdy na svazích. Výsledky rovněž ukazují příznivý vliv minimalizačních technologií na povrchový odtok (obr 59). I jarní kypření půdy (varianta 4) bez orby u obou erozních událostí vykazuje poměrně vysoký povrchový odtok. To však mohlo být způsobeno malým množstvím organické hmoty na povrchu půdy po zimním období. Opět výrazně (statisticky významně) nejnižší hodnoty vykazovala varianta 5. Smyv zeminy potvrzuje tyto závěry (obr. 64)

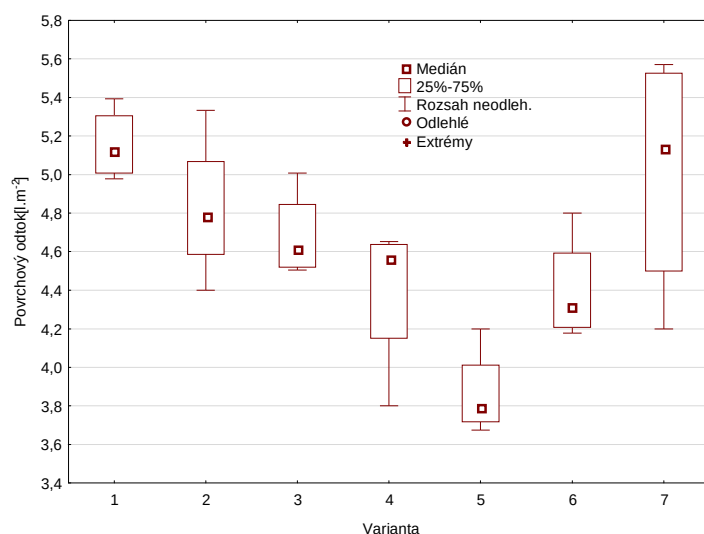


Obrázek 63 - Povrchový odtok při bouřce z přelomu května a června 2012



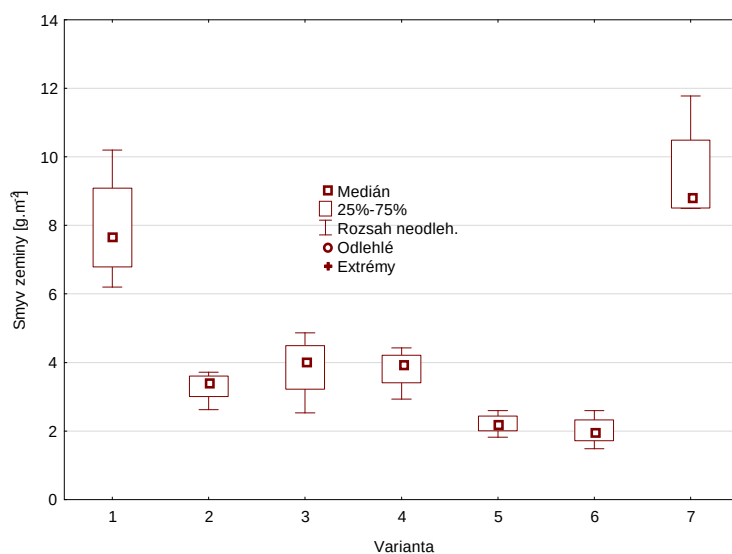
Obrázek 64 - Smyv zeminy při bouřce z přelomu května a června 2012

Třetí zaznamenanou událostí v roce 2012 byly deště z 13.-15. června. Úhrn srážek činil 17 mm. Intenzita deště byla minimální a to okolo 10 mm.h^{-1} . Hodnoty povrchového odtoku byly oproti předchozím erozním událostem minimální. Rovněž je patrný vzrůstající vliv vegetace na jeho hodnoty. Nicméně i varianta 7 bez vegetace vykazovala nízké hodnoty a to nejspíše díky výskytu makro pórů vlivem jarního kypření radličkami kypřiče. I přesto lze mezi variantami dosud nalézt statisticky významné rozdíly, jak ukazuje Obrázek 65. Závěry vyvozené z měření povrchového odtoku potvrzují i výsledky měření smyvu zeminy (obr. 66). Je však nutné říct, že hodnoty jsou na spodní hranici měřitelnosti.



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m^{-2}]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = ,13454, sv = 21,000				
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m^{-2}] Průměr	1	2
5	5	3,864074		****
4	4	4,394444	****	****
6	6	4,400000	****	****
3	3	4,681481	****	****
2	2	4,825926	****	
7	7	5,012963	****	
1	1	5,155556	****	

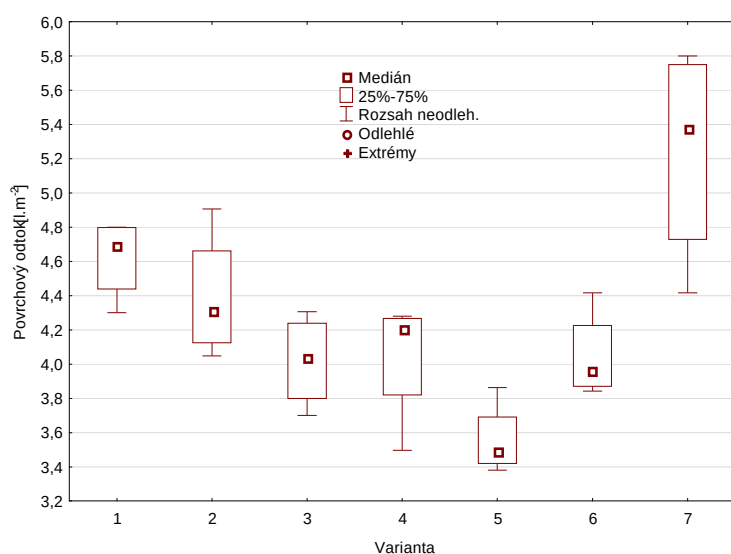
Obrázek 65 - Povrchový odtok pro deště z poloviny června



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m^{-2}]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 1,0152, sv = 21,000				
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m^{-2}] Průměr	1	2
6	6	2,022222	****	
5	5	2,222222	****	
2	2	3,305556	****	
4	4	3,811111	****	
3	3	3,855556	****	
1	1	7,940000		****
7	7	9,499444		****

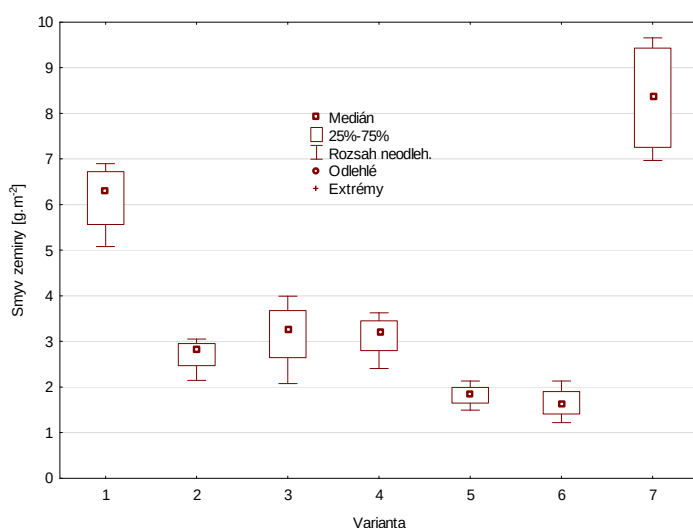
Obrázek 66 - Smyv zeminy pro deště z poloviny června

Velmi podobná erozní událost nastala i 19.-21 června. Jednalo se o pomalý déšť. Objem srážek činil 14 mm. Intenzita kolísala mezi 10 a 20 mm.h⁻¹. Hodnoty povrchového odtoku byly na spodní hranici měřitelnosti (obr. 67). Intenzita deště byla však vyšší než u předchozích dešťů. Zřejmě to je příčinou větších rozdílů mezi variantami. Zejména kontrolní varianta 7 byla statisticky odlišná od všech ostatních, až na variantu 1. Smyv zeminy byl opětovně výrazně vyšší pro varianty 1 a 7. Déšť sice neměl velkou intenzitu, nicméně kapky silně erodovaly povrch zejména nezakryté půdy. Výrazně se u tohoto měření potvrdil příznivý efekt bezorebných technologií na smyv zeminy, jak je vidět na Obrázku 68.



	Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]				
	Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
	Chyba: meziskup. PČ = ,13330, sv = 21,000				
	Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²] Průměr	1	2	3
Č. b.					
5	5	3,554948	*****		
3	3	4,019407	*****	*****	
4	4	4,042889	*****	*****	
6	6	4,048000	*****	*****	
2	2	4,392667	*****	*****	
1	1	4,619296		*****	*****
7	7	5,239741			*****

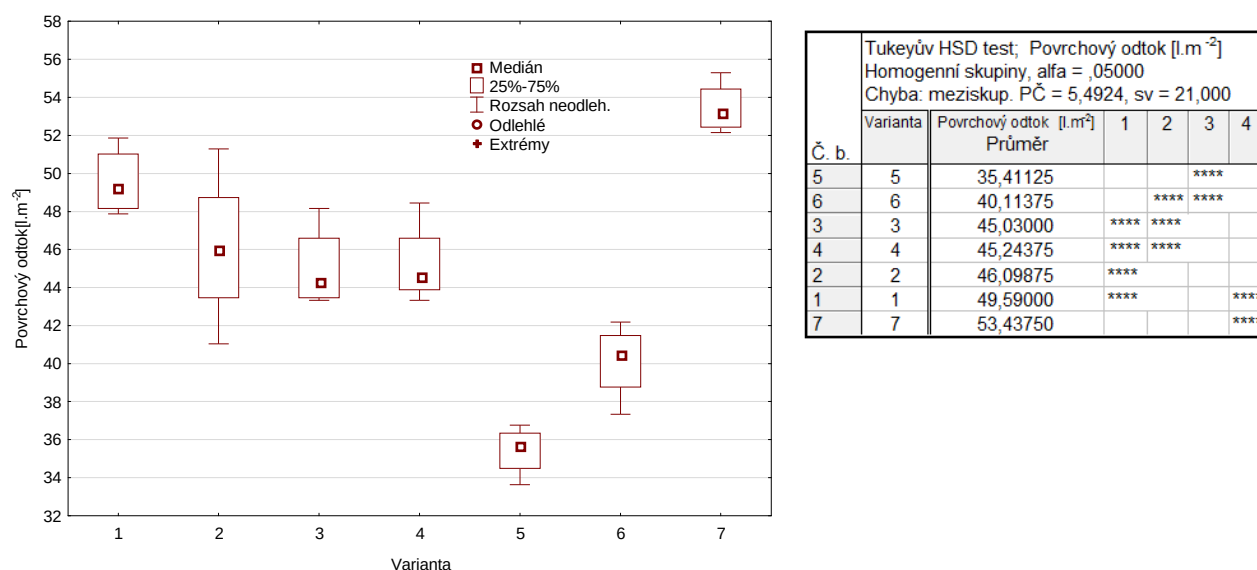
Obrázek 67 - Povrchový odtok pro deště z třetí dekády června



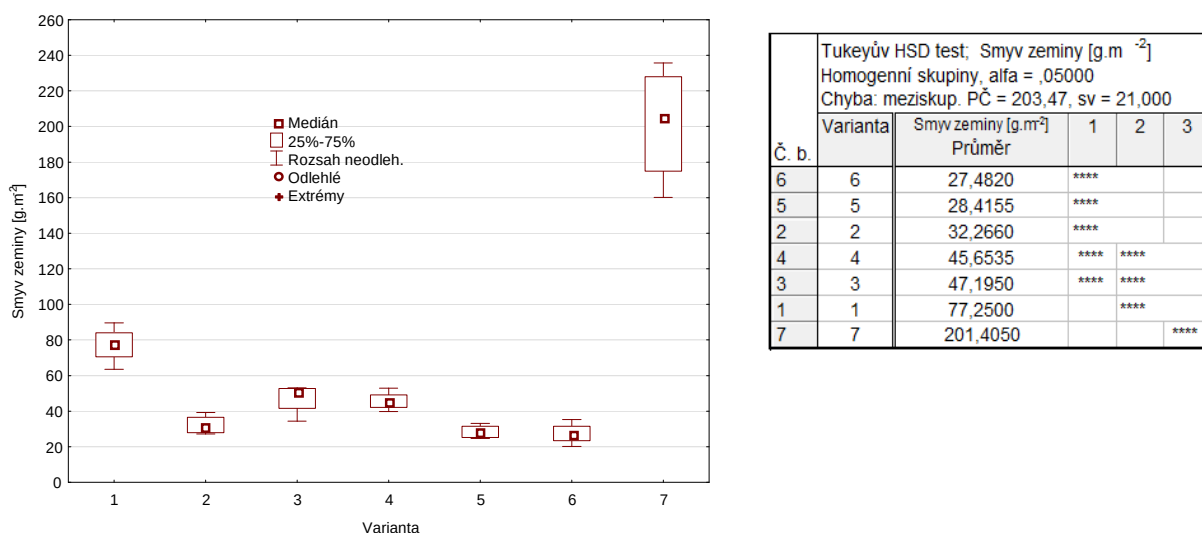
Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = ,50649, sv = 21,000					
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m ²] Průměr	1	2	3
6	6	1,658222	****		
5	5	1,822222	****		
2	2	2,710556	****		
4	4	3,125111	****		
3	3	3,161556	****		
1	1	6,144800		****	
7	7	8,342944			****

Obrázek 68 - Smyv zeminy pro deště z třetí dekády června

Erozní událost z období 3.-7. července byla charakterizována přívalovým deštěm v první den události. Ten dosahoval intenzity až 120 mm.h^{-1} . Tato intenzita trvala pouze několik minut, nicméně došlo k prudkému eroznímu účinku dopadajících kapek (celkem 67 mm). Na hodnotách se projevil i zapojující se porost kukuřice. Statisticky významné rozdíly lze pozorovat mezi více variantami. Výrazně nižší povrchový odtok měla varianta 5. Naopak výrazně větší povrchový odtok byl zaznamenán u varianty 7 bez vegetačního pokryvu. Příznivě se opětovně projevil vliv bezorebných technologií. Varianty 2 a 5 měly minimální hodnoty smyvu zeminy vzhledem k velikosti a hustotě porostu ovsa na nich (obr. 70).

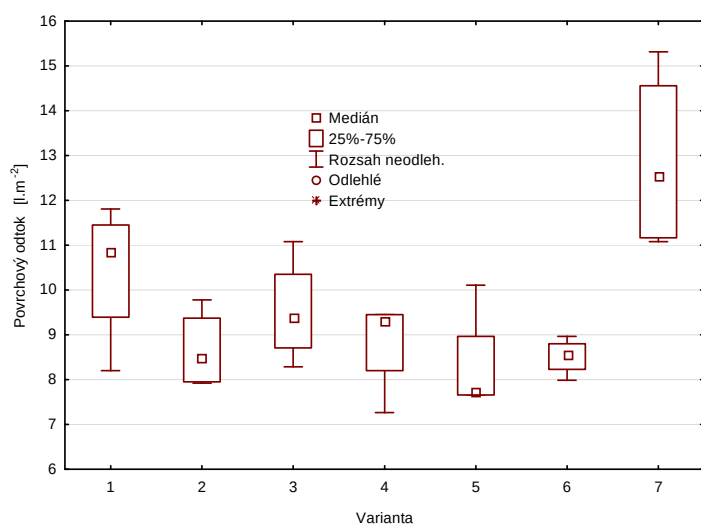


Obrázek 69 - Povrchový odtok pro přívalový déšť z počátku července



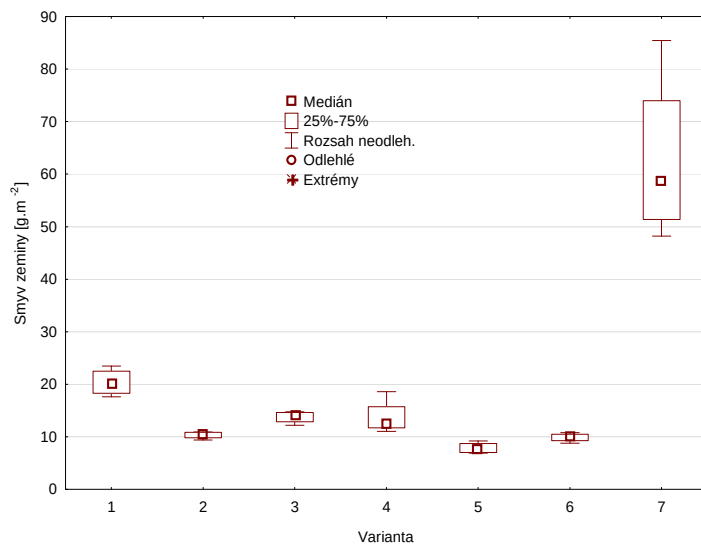
Obrázek 70 - Smyv zeminy pro přívalový déšť z počátku července

Rovněž další erozní událost byla vyvolána prudkým přívalovým deštěm o intenzitě až 120 mm.h-1. I přes malý celkový úhrn srážek, který činil 14 mm, bouře vyvolala značný povrchový odtok i smyv zeminy. To je i důsledek nasycení půdy z předcházejících dešťů. Z tohoto důvodu byly i rozdíly mezi variantami menší než u předcházejícího měření, jak je vidět na Obrázku 71. Zcela jiná situace panovala pro smyv zeminy (obr. 72). Varianta 7 vykazovala několikanásobně vyšší ztrátu půdy. V polovině července již i samotný porost kukuřice ochraňoval půdu před erodujícím účinkem prudce dopadajících kapek.



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m^{-2}]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 1,6485, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m^{-2}] Průměr	1	2
5	5	8,31300	****	
6	6	8,51675	****	
2	2	8,66325	****	
4	4	8,82625	****	
3	3	9,52875	****	
1	1	10,42625	****	****
7	7	12,86425		****

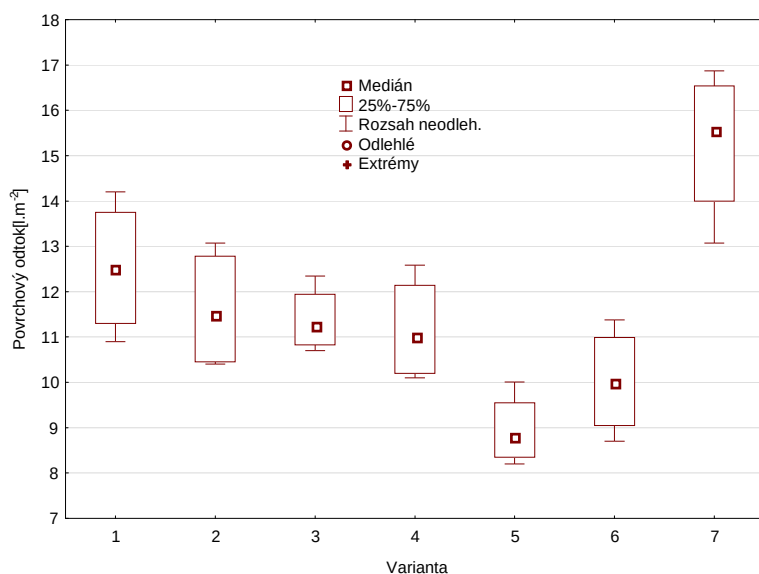
Obrázek 71- Povrchový odtok při bouři z 10. 7. 2012



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m^{-2}]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 40,864, sv = 21,000				
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m^{-2}] Průměr	1	2
5	5	7,89319	****	
6	6	9,90375	****	
2	2	10,35028	****	
4	4	13,72667	****	
3	3	13,76889	****	
1	1	20,39861	****	
7	7	62,65000		****

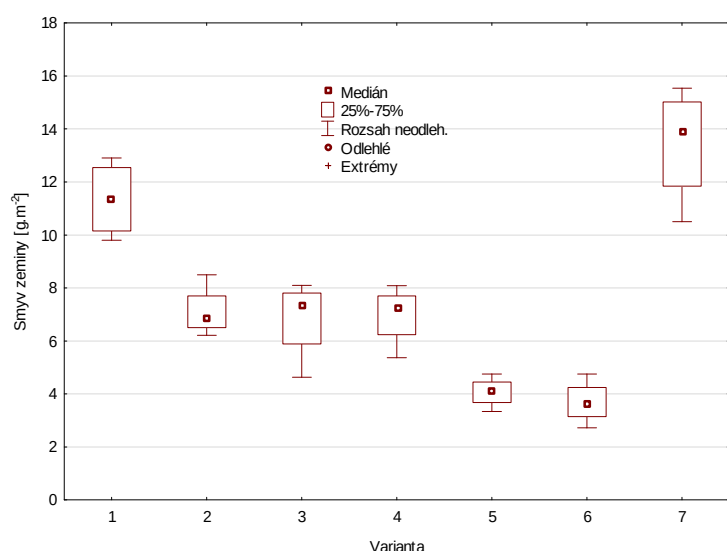
Obrázek 72 - Smyv zeminy při bouři z 10. 7. 2012

Sedmá erozní událost sezony 2012 byla zaznamenána po polovině července. Jednalo se o několik dešťů a jednou bouřkou se střední intenzitou. Celkový úhrn srážek se pohyboval okolo 20 mm. Tato erozní událost zejména ve smyslu měření smyvu zeminy byla na hranici měřitelnosti. I přes tuto skutečnost byly potvrzeny závěry předcházejících měření. Příznivý efekt minimalizačních technologií je patrný i přes úplné zakrytí meziřádkového prostoru listy kukuřice. U variant s ovsem patrný vliv dozrávajícího porostu v tomto období. U měření smyvu zeminy je stále patrný přínos variant 5 a 6 (obr. 73 a 74).



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = 1,5589, sv = 21,000					
Varianta		Povrchový odtok [l.m-2]	1	2	3
Č. b.		Průměr			
5	5	8,95131	****		
6	6	10,01923	****	****	
4	4	11,17181	****	****	
3	3	11,38529	****	****	
2	2	11,61784	****	****	
1	1	12,52525		****	****
7	7	15,26763			****

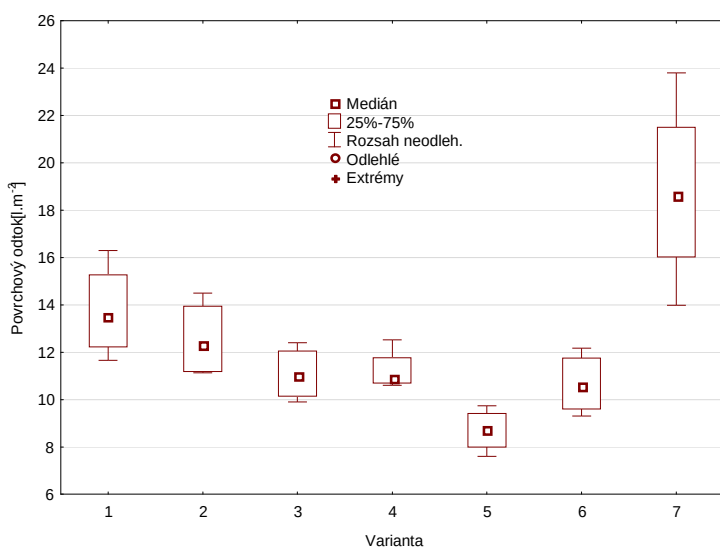
Obrázek 73 - Povrchový odtok pro deště 14. - 17. 7. 2012



Tukeyův HSD test: Smyv zeminy [g.m ⁻²]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = 1,7834, sv = 21,000					
	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²] Průměr	1	2	3
Č. b.					
6	6	3,69784		****	
5	5	4,06356	****	****	
3	3	6,85047	****		
4	4	6,96900	****		
2	2	7,10491	****		
1	1	11,35000			****
7	7	13,43578			****

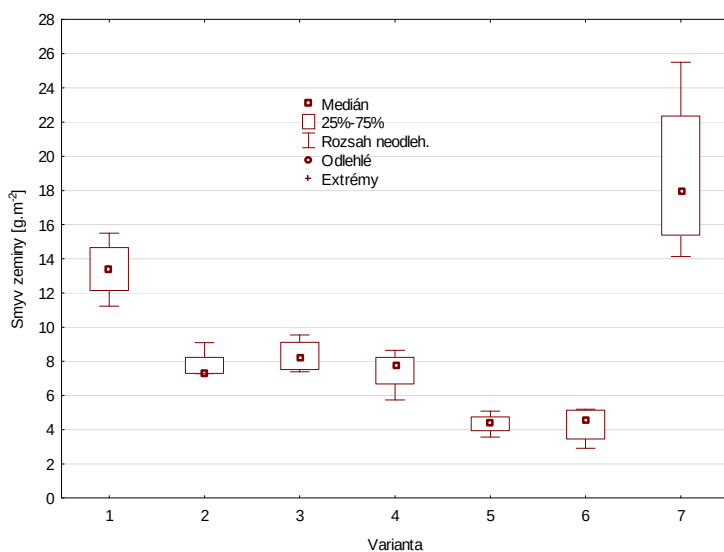
Obrázek 74 - Smyv zeminy pro deště 14. -17. 7. 2012

V posledních červencových dnech se nad pokusným pozemkem vyskytla bouřka doprovázená intenzivním deštěm dosahujícím až 70 mm.h^{-1} . Tato srážka vyvolala další měření, i při poměrně malém množství spadlé vody - 19 mm. V případě měření povrchového odtoku se jednoznačně odchytila varianta 7. Statisticky významný rozdíl byl, zaznamenán proti všem ostatním variantám. Trvalá absence vegetačního pokryvu vedla k vyhlazení povrchu a vzniku silné půdní krusty. Mezi ostatními variantami již byly rozdíly minimální. Zajímavým faktem je i stále vysoký smyv zeminy u varianty 1 (obr. 76). Kapky deště dokázaly erodovat povrch i v meziřadí kukuřice.



		Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]				
		Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
		Chyba: meziskup. PČ = 3,9562, sv = 21,000				
		Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²]	1	2	3
Č. b.			Průměr			
5	5		8,70800	****		
6	6		10,68108	****	****	
3	3		11,10466	****	****	
4	4		11,23675	****	****	
2	2		12,55950	****	****	
1	1		13,74850			
7	7		18,75985			****

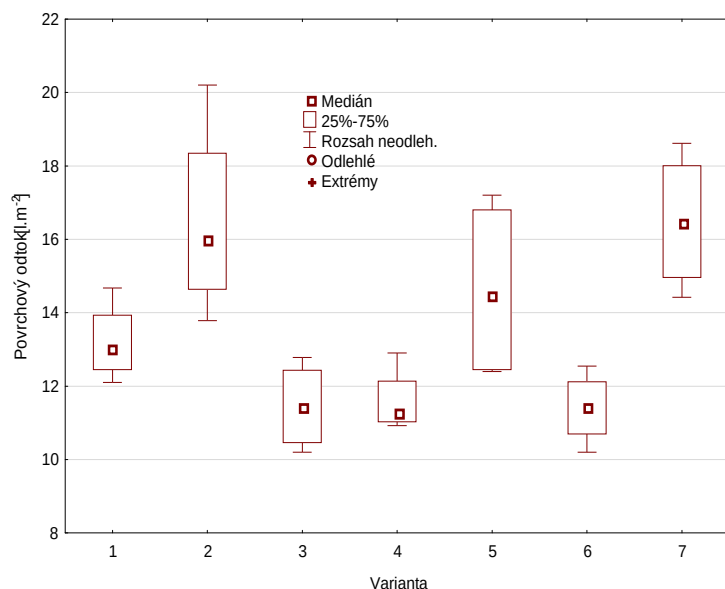
Obrázek 75 - Povrchový odtok při bouřce z konce července 2012



	Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]				
	Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
	Chyba: meziskup. PČ = 4,5441, sv = 21,000				
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²] Průměr	1	2	3
6	6	4,30012	*****		
5	5	4,34800	*****		
4	4	7,45683	*****		
2	2	7,76414	*****		
3	3	8,31737	*****		
1	1	13,39800		*****	
7	7	18,86378			*****

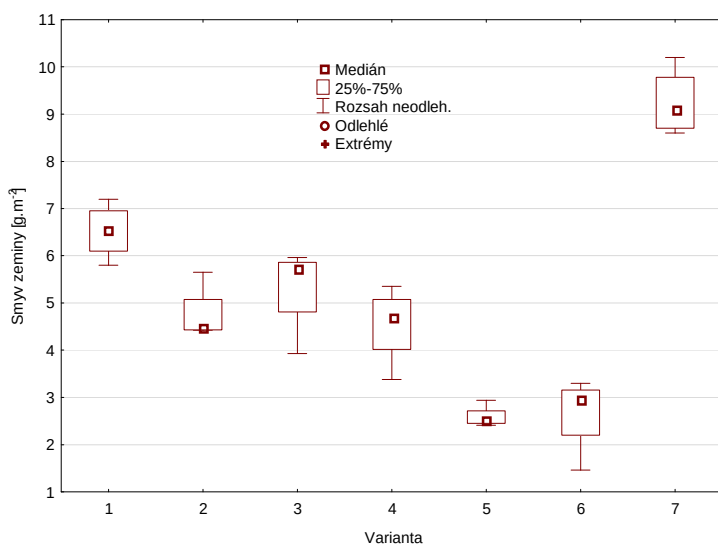
Obrázek 76 - Smyv zeminy při bouřce z konce července 2012

Poslední měření sezony proběhlo na konci srpna. Jednalo se o dešť s intenzitou do 40 mm.h⁻¹. Celkový úhrn srážek činil 27 mm. Podstatným rysem bylo sklizení variant s ovsem včetně odvozu slámy. Strniště na obou variantách bylo velmi náchylné k povrchovému odtoku. To ukazuje průběh měření na Obrázku 77. Hodnoty povrchového odtoku u strniště byly srovnatelné s hodnotou u kontrolní varianty 7. V případě smyvu zeminy byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi řadou variant, jak je vidět na Obrázku 78.



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 3,0939, sv = 21,000				
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²] Průměr	1	2
6	6	11,41219	****	
3	3	11,44810	****	
4	4	11,58428	****	
1	1	13,19175	****	****
5	5	14,62500	****	****
7	7	16,48258		****
2	2	16,49716		****

Obrázek 77 - Povrchový odtok pro deště z konce srpna 2012



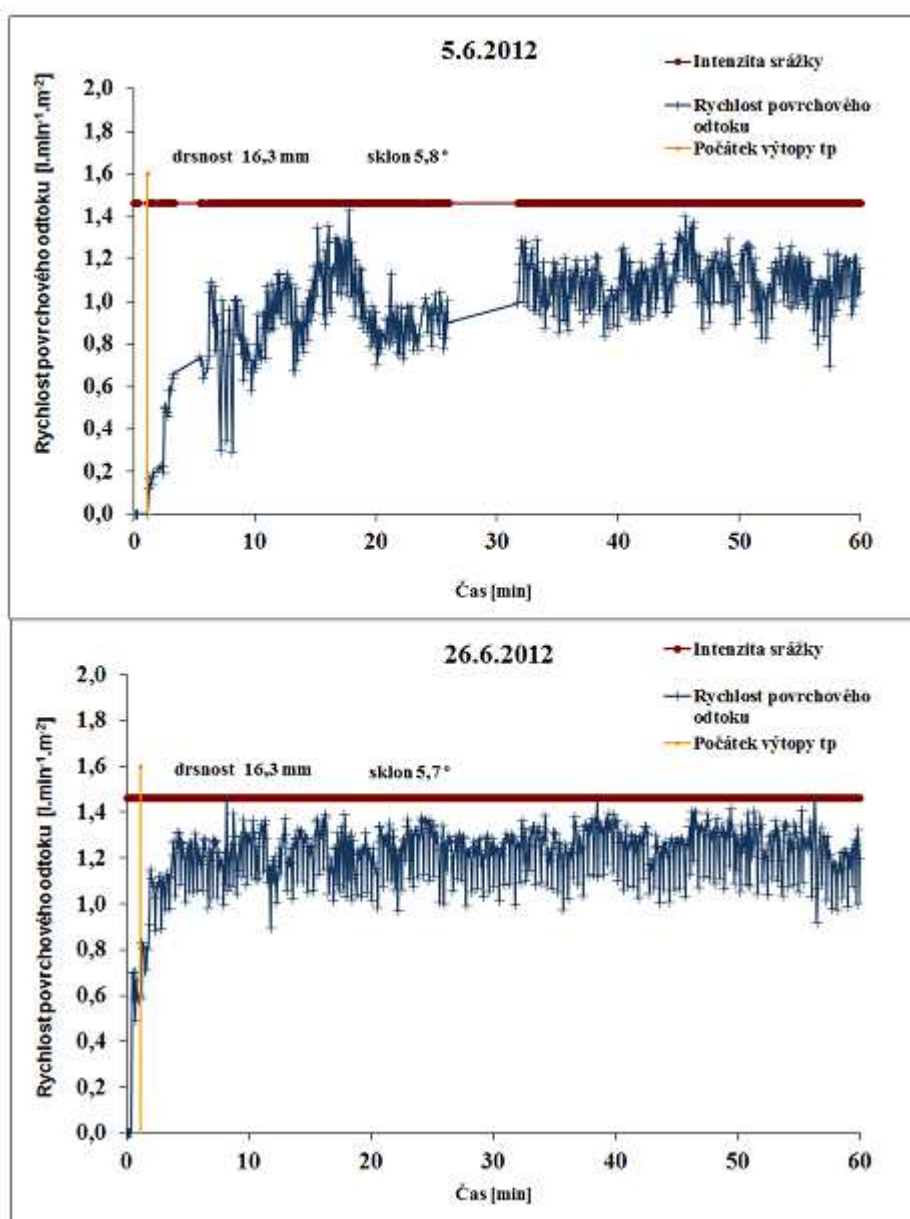
Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = ,50590, sv = 21,000					
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²] Průměr	1	2	3 4
5	5	2,586085		****	
6	6	2,679986		****	
4	4	4,544546	****		
2	2	4,752781	****		
3	3	5,336100	****		****
1	1	6,527060			****
7	7	9,237720			****

Obrázek 78 - Smyv zeminy pro deště z konce srpna 2012

6.3.3. Měření simulátorem deště v roce 2012

Měření simulátorem deště proběhlo v sezoně 2012 opětovně ve dvou termínech. První měření se uskutečnilo 5. 6. Druhé opakované 26. 6. Většina variant byla měřena v obou případech. Měření 5. 6. se uskutečnilo po několika deštích, naopak měření 26. 6. po několika teplých slunných dnech. Při měření byla opětovně provedena doplňková měření.

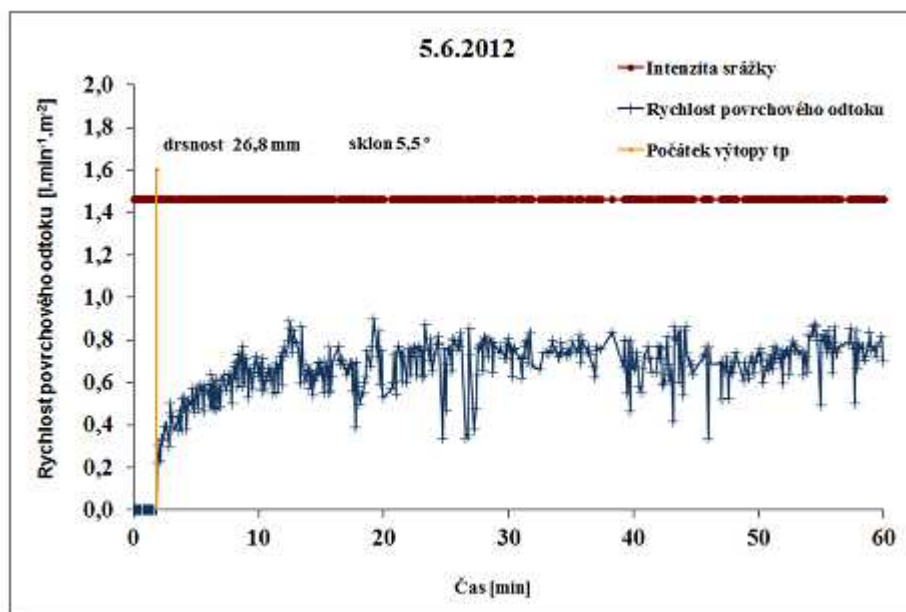
Na Obrázku 79 je vidět průběh měření z obou termínů pro variantu 1 (kukuřice-orební technologie). Průběh měření v obou případech dokresluje závěry předcházejících měření v sezoně 2010 a 2011. Ačkoliv půda po jarním kypření obsahovala množství makropórů, ty se velmi rychle vytrácely a půda naopak ztrácela schopnost infiltrace.



Obrázek 79 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 1 v roce 2012

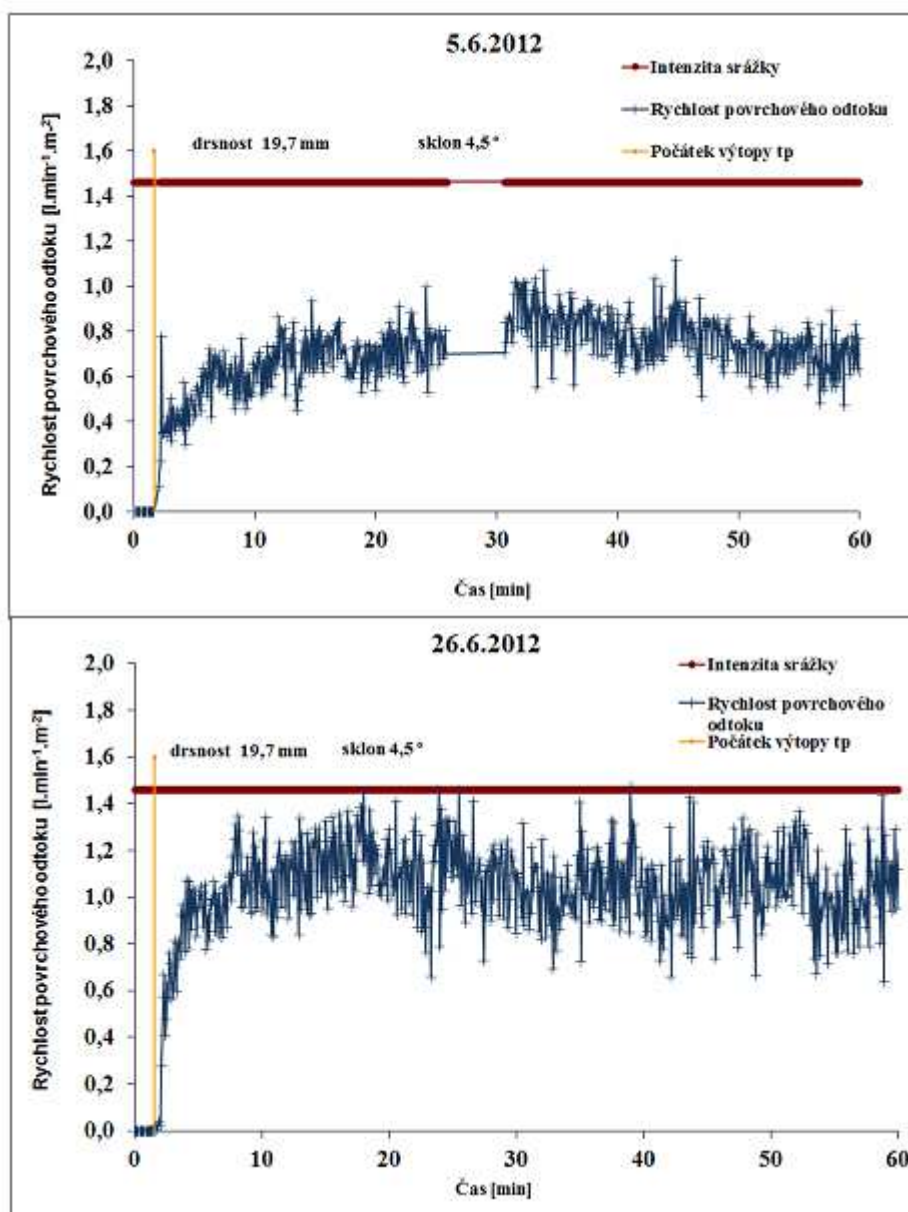
Čas počátku povrchového odtoku byl v obou případech méně než 2 minuty zadešťování. První termín měření byl charakterizován postupným zvyšováním rychlosti povrchového odtoku. To mohlo být způsobeno kapilárním odvodem vody do spodních vrstev půdy. Půda v předchozích dnech infiltrovala vodu během předcházejících dešťů a měření tak bylo pokračováním předchozích infiltračních procesů. Druhý termín měření vystihuje minimální infiltraci vody do půdy od začátku měření. Přibližně 80 procent dopadající vody bylo splaveno do sběrače ve formě povrchového odtoku. Půda nedokázala povrchový odtok zpomalit ani při začátku měření.

Na Obrázku 80 je uveden průběh měření u varianty 2 (oves - orební technologie). Tato varianta byla z organizačních důvodů měřena bohužel jen jednou a to v prvním termínu měření. Průběh měření je opětovně typický pro varianty využívající orbu jako hlavní technologii zpracování půdy. Velmi rychlé zaznamenání počátku povrchového odtoku (1,83 minut) s následným nasycením povrchové vrstvy půdy a stabilizací rychlosti povrchového odtoku, v tomto případě na hodnotě okolo $0,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Oproti variantě 1 se jedná o nižší hodnotu. To bylo pravděpodobně způsobeno výskytem porostu ovsa, který jednak zpomaluje povrchový odtok, ale i díky kořenovému systému zlepšuje infiltrační podmínky. U této varianty je pravděpodobné, že infiltrace závisela spíše na hloubce zpracování půdy, ale do spodních vrstev byla infiltrace minimální.



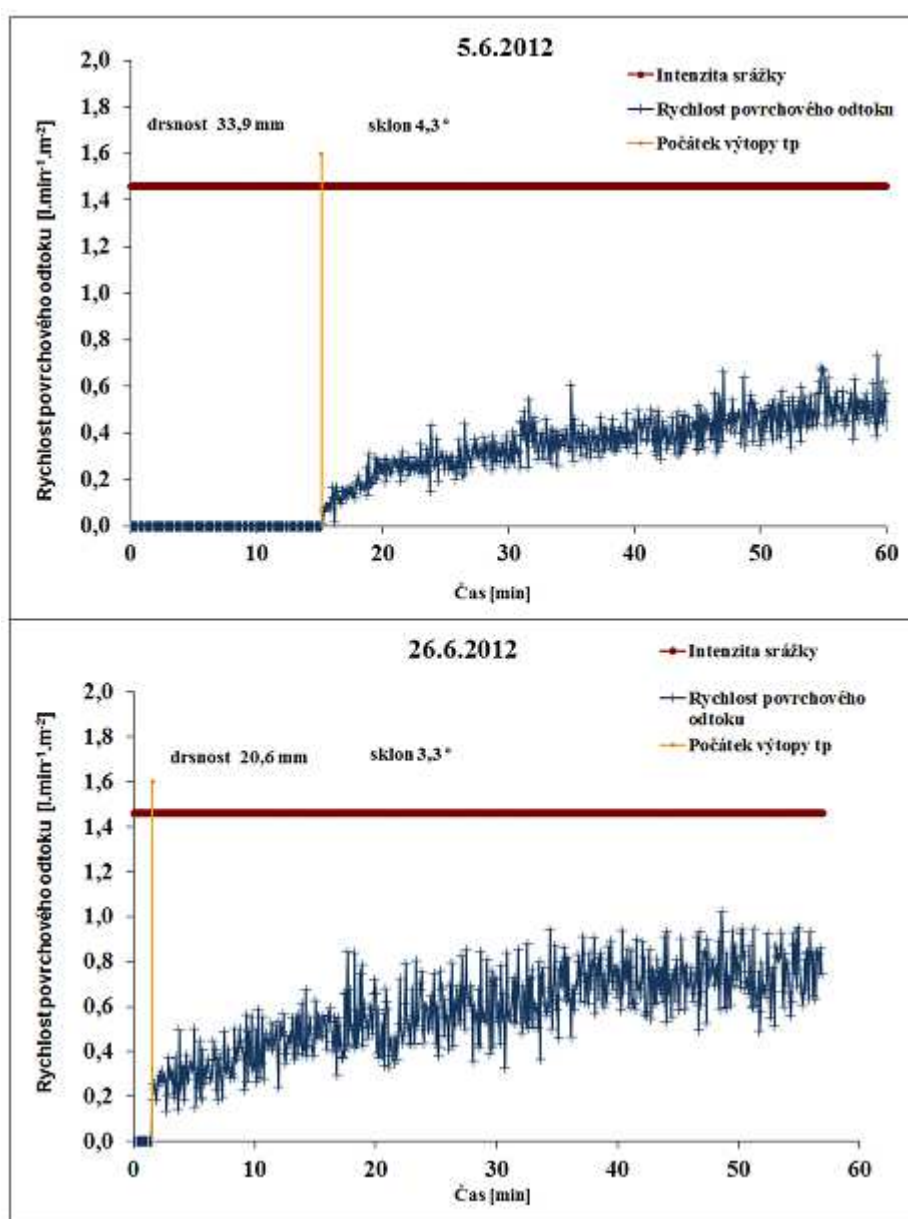
Obrázek 80 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 2 v roce 2012

Průběh měření na Obrázku 81 ukazuje chování varianty 3 (kukuřice s meziřádkovým výsevem ovsa) při zatešťování v obou termínech měření. Od varianty 3 bylo očekáváno zejména snížení povrchového odtoku zejména oproti variantě 1. To se potvrdilo jen částečně. K dílčímu snížení povrchového odtoku sice došlo, nicméně snížení není tak výrazné, jak bylo očekáváno. Průběh měření kopíruje obdobná měření, tj. rychlé nasycení povrchové vrstvy půdy s následným počátkem povrchového odtoku. Krátká fáze ustálení a následné setrvání vysoké hodnoty rychlosti povrchového odtoku po dobu zbytku měření. Přesto varianta 3 může být alternativou ke klasické technologii setí kukuřice.



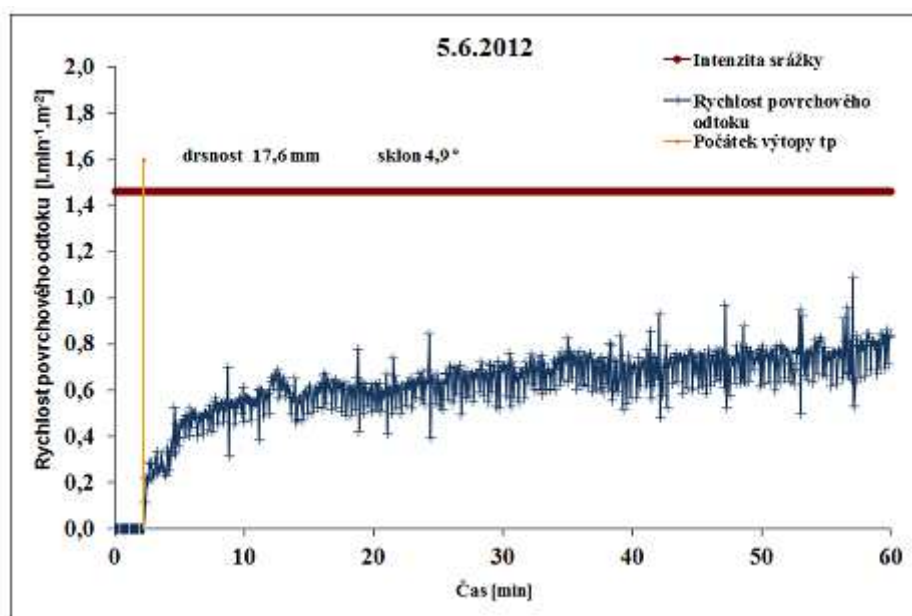
Obrázek 81 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 3 v roce 2012

Varianta 4 (kukuřice využívající minimalizační technologii s kypřením na jaře) v roce 2012 prokázala velice příznivý vliv na povrchový odtok. Při obou měření byl prokázán pozitivní efekt této minimalizační technologie na povrchový odtok. Zejména při prvním termínu měření půda rovnoměrně infiltrovala dopadající kapky do půdy. Po dobu 15 minut nebyl navíc zaznamenán žádný povrchový odtok (obr. 82). Takto příznivé výsledky jsou známkou půdní struktury s velkým obsahem makropórů. To může být výsledek dlouhodobějších změn v půdní struktuře vlivem používání minimalizační technologie po dobu 3 let. Vliv by mohl mít i průběh počasí během února, kdy půda promrzla do více než 1,5 m. Vliv mělo i rovnoměrné zakrytí povrchu půdy organickou hmotou na povrchu a její promíchání se svrchní vrstvou půdy.



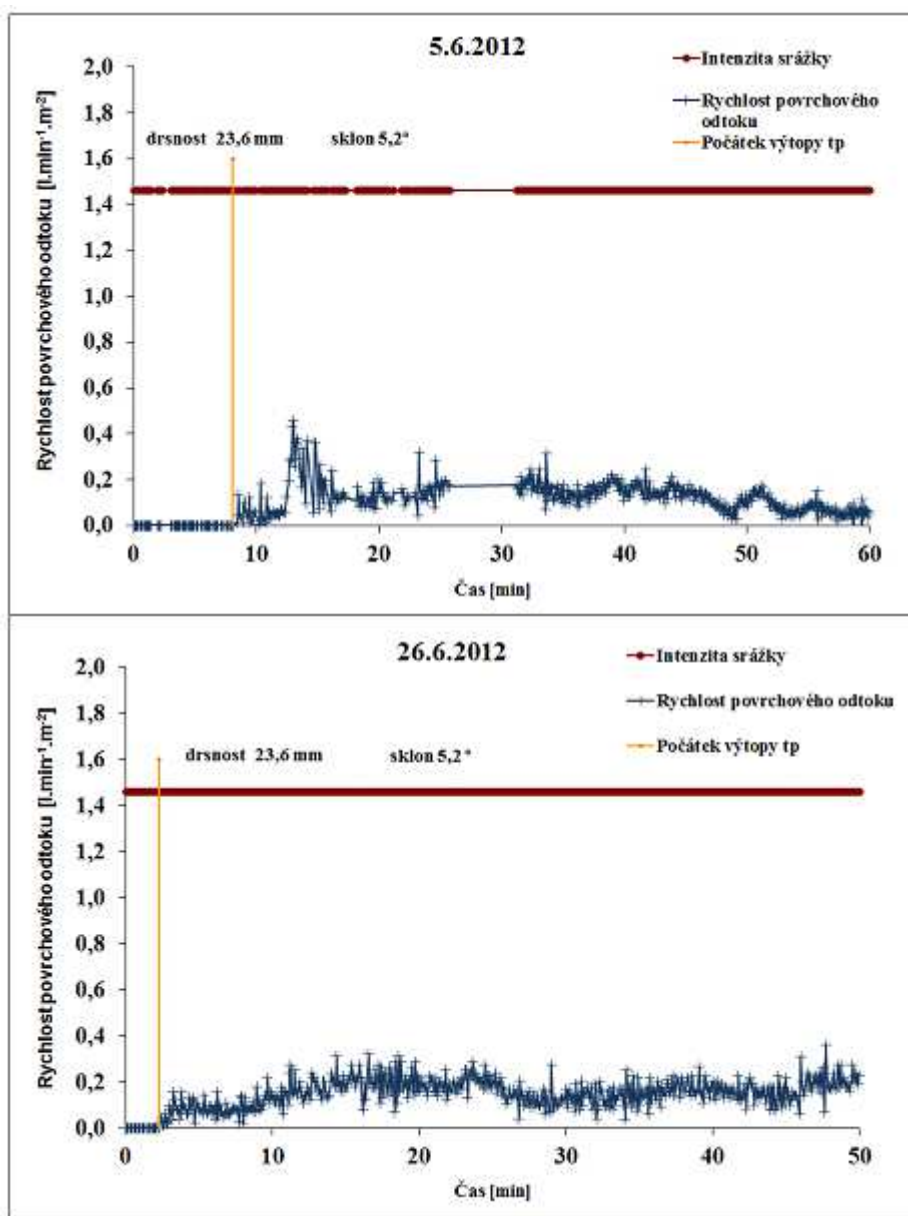
Obrázek 82 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 4 v roce 2012

Příznivý dopad minimalizačních technologií zpracování půdy potvrzuje i měření na variantě 5 (oves - přímé setí). Měření na této variantě se uskutečnilo pouze v prvním termínu měření, tedy 5. 6 (obr. 79). Srovnáním např. s variantou 4 zjistíme, že hladký a nezpracovaný povrch sice poskytoval dobrý základ pro infiltraci, leč jarní kypření (předchozí obrázek) vytváří nakypřenou vrstvu a zlepšuje podmínky infiltrace. Nicméně tato varianta vykazovala nižší povrchový odtok, než varianta oraná. Přesto tato varianta se pro pěstování ovsa nehodí, protože podmínky set'ového lůžka pro oves nejsou v žádném případě optimální z pohledu růstu rostlin. Porost na povrchu půdy byl velmi slabý, nevyrovnaný a citlivý na přísušek. Prokořenění povrchu rostlinami bylo rovněž daleko menší, než u ovsa s klasickým zpracováním půdy, ale tyto parametry nebyly primárním cílem práce.



Obrázek 83 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 5 v roce 2012

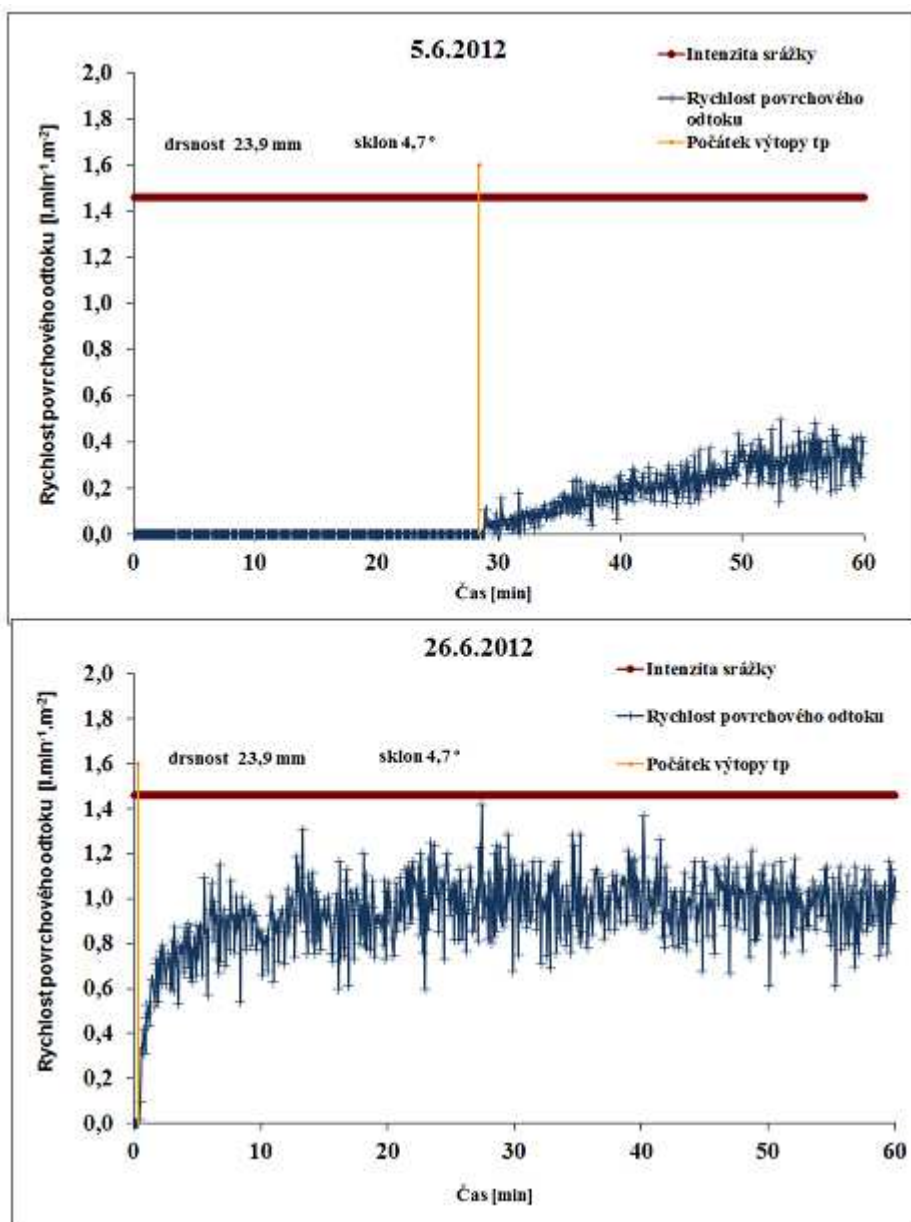
Ještě výraznější dopad technologie zpracování půdy byl pozorován při měření varianty 6. Toto měření je zobrazeno na Obrázku 84. Tato varianta z pohledu povrchového odtoku byla v sezoně 2012 optimální. Jak je vidět na průběhu měření, povrchový odtok v obou případech měření měl minimální rychlost. Valná většina kapek vody se plynule zasakovala do plochy varianty. Povrch půdy, ačkoliv nebyl na jaře nijak mechanicky zpracován, byl rozrušený díky rostlinám vymrzlé hořčice bílé. Tento fakt vytvořil optimální půdní strukturu z hlediska vsakování vody při intenzivních srážkách, v tomto případě simulovaných.



Obrázek 84 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 6 v roce 2012

Na Obrázku 85 je uvedeno měření kontrolní varianty 7 pro oba termíny měření. Průběh ze dne 5. 6. neodpovídal žádné z dosud provedených simulací u kontrolní varianty. Podle měření vykazovala varianta obrovskou infiltrační schopnost i při dlouhodobém zadešťování. Tento průběh by mohl znamenat velký vliv makropórů v půdě po nakypření, ale vzhledem k průběhu měření ostatních oraných variant z tohoto dne spíše půjde o chybu měření. Nejspíše se jednalo o posunutí sběrače vůči hraně půdy, která způsobilo zatékání odtoku pod sběrač, nikoliv do nádoby s váhou. Tomuto závěru by odpovídal i průběh měření z 26. 6. Při tomto měření varianta vykazovala typický průběh. Povrchový odtok byl zaznamenán již po jedné minutě od začátku zadešťování a jeho průběh byl po cca 10 minutách konstantní s vysokou

rychlostí povrchového odtoku. Chyby při měření nelze v žádném případě vyloučit, ale díky několikaletému průběhu měření je lze částečně eliminovat.

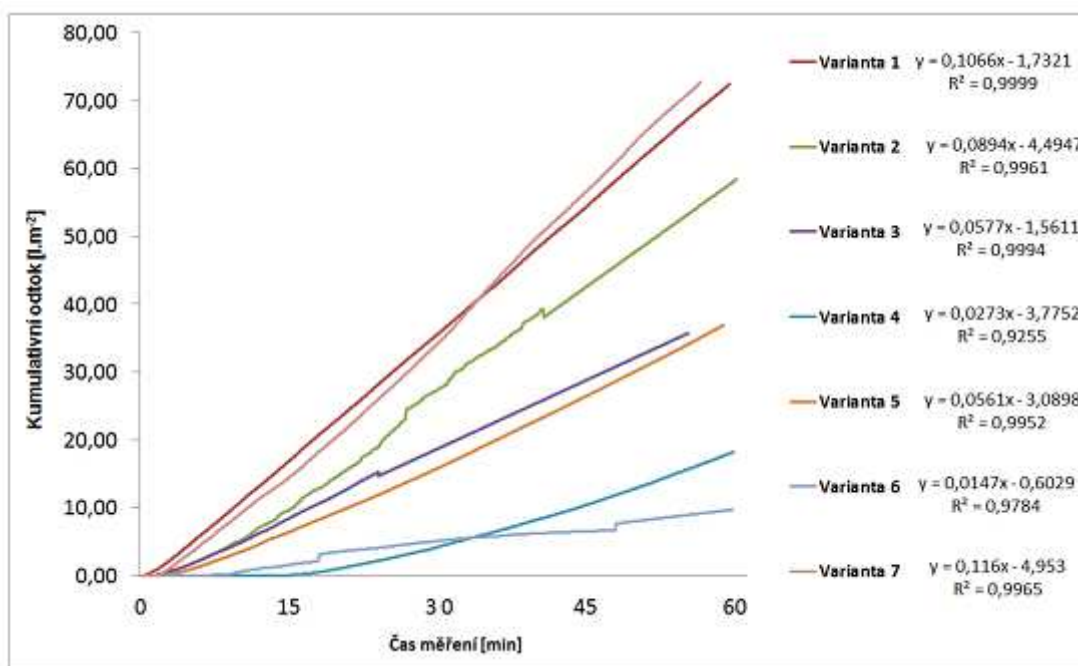


Obrázek 85 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 7 v roce 2012

6.3.4. Dílčí závěr z měření z roku 2012

Výsledky měření sezony 2012 ještě více demonstrují potřebu využívání vhodných technologií zejména při pěstování kukuřice. Výsledky jednoznačně prokazují příznivý efekt minimalizačních technologií a v tomto případě jak na povrchový odtok, tak smyv zeminy (půdní ztrátu). Tyto závěry potvrzují měření s využitím obou základních metod. Pro doplnění výsledků je uveden graf na Obrázku 86. Zde jsou uvedeny hodnoty kumulativního odtoku

jednotlivých variant při simulování dešťových srážek. Křivky se dají s úspěchem doplnit lineární závislostí, v případě varianty 4 by bylo vhodnější využít kvadratickou regresi, nicméně i tak se jedná v rozsahu měření o velmi silnou závislost. Z grafu je patrné, že varianty využívající orbu vykazují větší hodnoty kumulativního odtoku. Rozdíly v sezoně 2012 jsou daleko větší než v roce předcházejícím. To může mít několik příčin. Vliv může mít postupná změna půdní struktury u půdy, která není zpracovávána vůbec, nebo minimalizačně několik let. Dalším vlivem by mohlo být promrznutí půdy do hloubky více než 1,5 m v průběhu února a března. Dále může mít vliv celkový průběh počasí, zejména srážky v jarním období, které mají vliv na půdní pórovitost.



Obrázek 86 - Kumulativní odtok jednotlivých variant v roce 2012

6.4. Výsledky měření z roku 2013

6.4.1. Úvodní předpoklady a agrotechnika pokusu

Pro sezonu 2013 byla učiněna úprava varianty 4. Půda v této sezoně nebyla prokypřena na jaře radličkovým kypříčem, jednalo se tedy o klasické přímé setí. Ostatní varianty zůstaly bez změn. Setí kukuřice opětovně proběhlo secím strojem Kinze 3600, který se hodí pro technologie používané na pokusu. Chemická ochrana a výživa byla bez výrazných změn oproti předcházejícím sezonám.

Sezona 2013 však byla poznamenána zásadním způsobem extrémním průběhem počasí. Při deštích z konce května a začátku června došlo k výskytu dlouhotrvajících intenzivních dešťů. Během několika dnů napršelo 170 mm vody. Tyto deště na místních tocích vyvolaly záplavy s daleko většími škodami než např. v roce 2002.

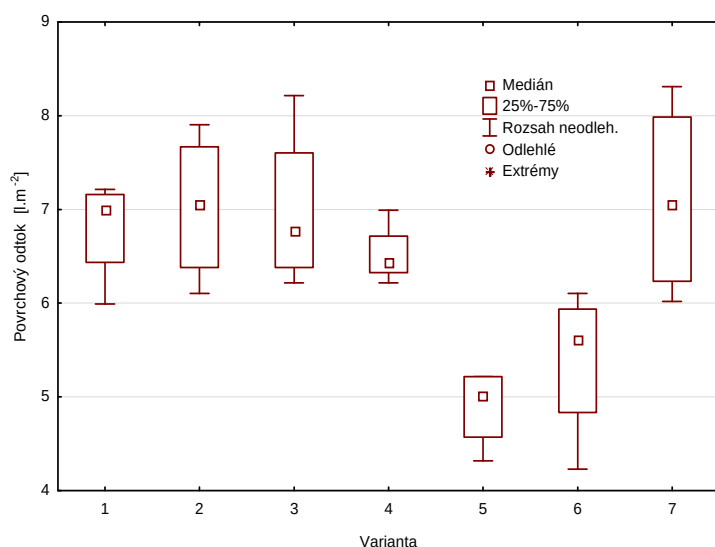
Tyto lokální povodně způsobily stékání povrchového odtoku po variantách pokusu z výše uložených částí pozemku. U zakopaných mikroparcelek došlo k mnoha poškozením. Došlo k vytržení mnoha nádob a následnému eroznímu poškození hrany výkopu pro měření. Varianty tak byly později znovu osazovány odtokovými mikroparcelkami. K menšímu poškození však došlo i při pozdějších deštích okolo 20. června. Jejich úhrn byl sice menší (80 mm), ale půda byla stále nasáklá po předchozích deštích a povrchový odtok byl znovu extrémní, opětovně vyvolal rozvodnění místních toků.

Celá následná sezona měření byla touto skutečností ovlivněna. Tato skutečnost však dobře dokresluje význam této práce a nutnost vhodných opatření, vzhledem ke stále častějšímu výskytu prudkých přívalových dešťů.

6.4.2. Měření metodou odtokových mikroparcelek v roce 2013

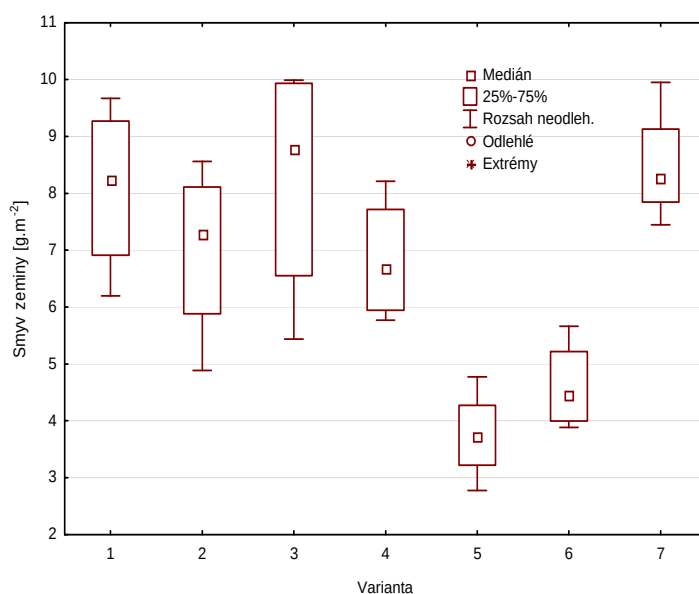
Měření v sezoně 2013 bylo provedeno ve dvou etapách. První měření sezony proběhlo ihned po zasetí kukuřice. Další zaznamenané a zpracované měření je ale datováno až na druhou polovinu července. Celkově se sezona 2013 pro měření použitými metodami příliš nehodila. Na pozemku rovněž došlo k vytvoření hlubokých rýh způsobených povrchovým odtokem. Splavená půda byla zachycena v porostu jarního ječmene pod pokusem.

První erozní událostí sezony 2013 byla bouřka v noci 9. na 10. května. Jednalo se o bouři doprovázenou přívalem deště s intenzitou až 80 mm.h-1. Úhrn srážek představoval 22 mm. Bouřka se vyskytla v období, kdy půda byla bez dostatečného vegetačního pokryvu. Porost kukuřice byl čerstvě zasetý. Půda byla v tomto období zejména na oraných variantách nedostatečně chráněná. Výsledky měření jsou uvedeny na obrázcích 87 a 88. Mezi výsledky měření povrchového odtoku byly nalezeny statisticky významné rozdíly. Zejména bezorebné varianty 5 a 6, částečně i varianta 4 (bezorebné varianty) vynikaly nižším povrchovým odtokem. Výsledky měření smyvu potvrzují tyto závěry.



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m^{-2}]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = ,54203, sv = 21,000					
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m^{-2}] Průměr	1	2	3
5	5	4,893500			****
6	6	5,386500	****		****
4	4	6,521250	****	****	****
1	1	6,797500	****	****	****
3	3	6,993000	****	****	
2	2	7,026300	****	****	
7	7	7,109750		****	

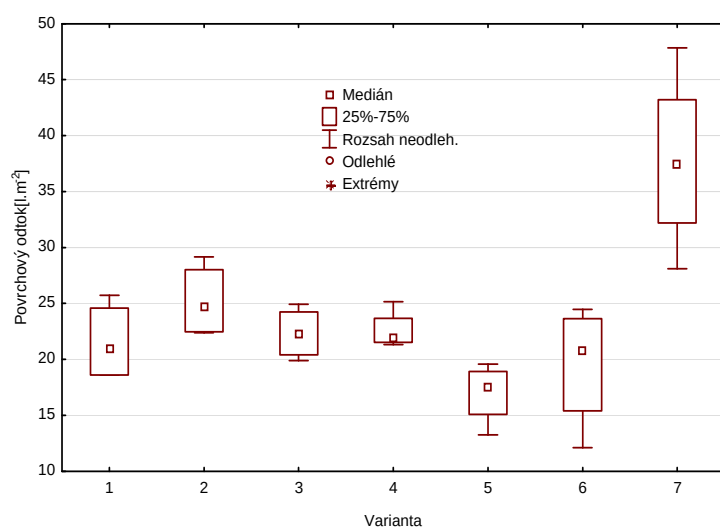
Obrázek 87 - Povrchový odtok při bouřce z 10. května 2013



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m^{-2}]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = 1,8613, sv = 21,00					
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m^{-2}] Průměr	1	2	3
5	5	3,746250		****	
6	6	4,606500		****	****
4	4	6,830250	****	****	****
2	2	6,996250	****		****
1	1	8,092500	****		
3	3	8,241750	****		
7	7	8,488750	****		

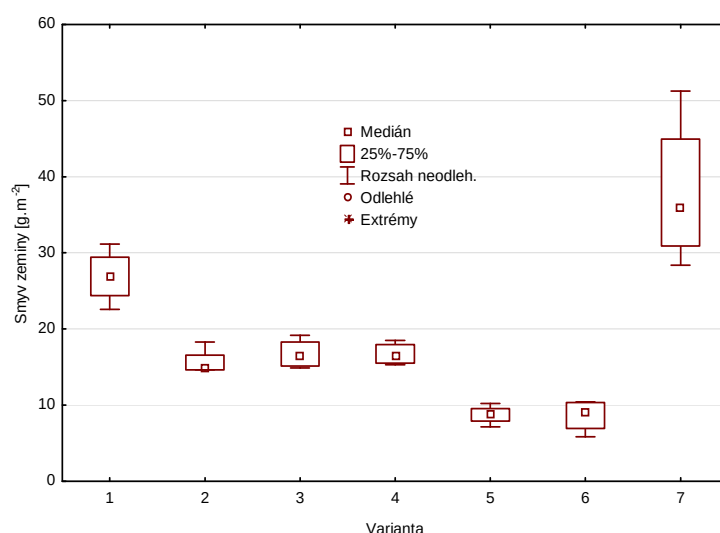
Obrázek 88 - Smyv zeminy při bouřce z 10. května 2013

Druhou měřenou událostí roku 2013 byla bouře z 29. července (obr. 89 a 90). Tato bouře měla krátkodobě nejvyšší zaznamenanou intenzitu za dobu měření - až 350 mm.h^{-1} . Souhrn spadných srážek představoval 40 mm. Průběh měření byl ovlivněn extrémním počasím v červnu. Přesto je patrná rizikovost varianty 7, která měla nejvyšší povrchový odtok i smyv zeminy. Půda byla na všech variantách ovlivněna vysokým smyvem i povrchovým odtokem z červnových dešťů. Půda vykazovala minimální drsnost až do konce sezony 2013. Výsledky nicméně potvrzují závěry předcházejících měření.



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 19,414, sv = 21,000				
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²] Průměr	1	2
5	5	17,00158	****	
6	6	19,51922	****	
1	1	21,59266	****	
3	3	22,32037	****	
4	4	22,58587	****	
2	2	25,24460	****	
7	7	37,70730		****

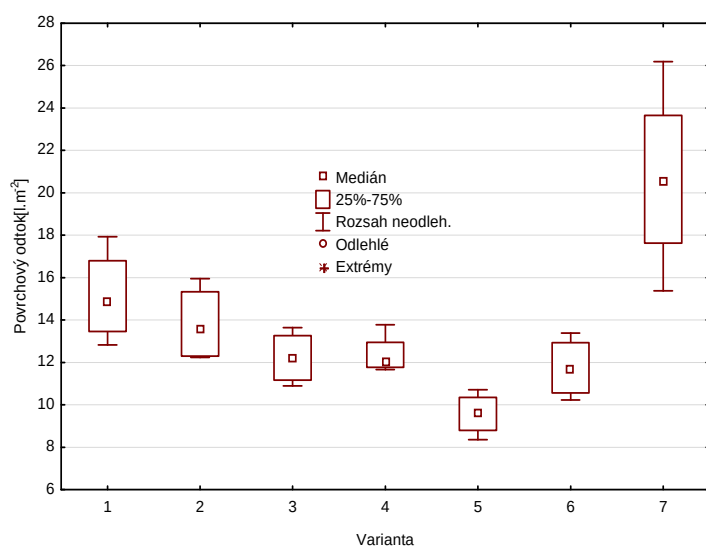
Obrázek 89 - Povrchový odtok při bouři z 29. července 2013



	Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]				
	Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
	Chyba: meziskup. PČ = 17,801, sv = 21,000				
	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²]	1	2	3
		Průměr			
Č. b.					
6	6	8,64325	****		
5	5	8,73949	****		
2	2	15,60592	****		
3	3	16,71792	****		
4	4	16,72919	****		
1	1	26,92998		****	
7	7	37,91620			****

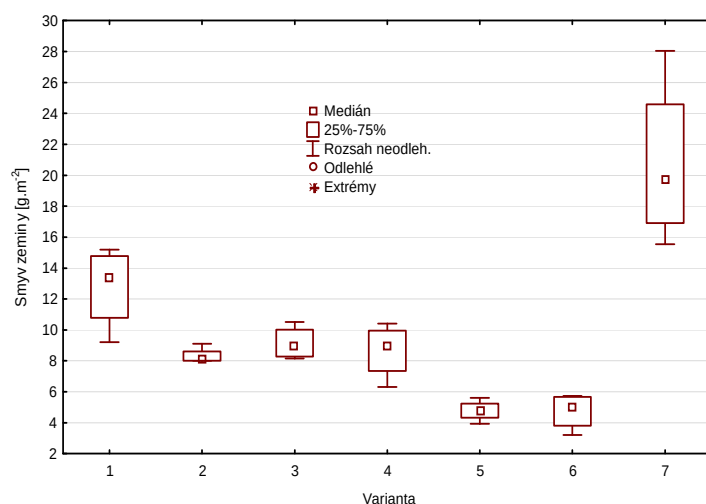
Obrázek 90 - Smyv zeminy při bouři z 29. července 2013

Následující erozní událost měla podobný charakter jako předcházející. Jednalo se o bouřku s přívalovým deštěm. Jeho intenzita dosahovala až 100 mm.h^{-1} . Tato událost je datována na 4. 8. Chování jednotlivých variant nikterak nevybočilo z trendu předchozích měření. Nejvyšší povrchový odtok byl zaznamenán u varianty 7. Důvodem je opětovně absence vegetace a v případě roku 2013 i velmi nízká drsnost povrchu ve spojení s vytvořenou půdní krustou. Rovněž smyv zeminy byl u této varianty nejvyšší. Je potvrzen také vliv prudších srážek na větší erodovatelnost povrchu (obr. 91 a 92).



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = 4,7870, sv = 21,000					
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²] Průměr	1	2	3
5	5	9,57880	****		
6	6	11,74919	****	****	
3	3	12,21513	****	****	
4	4	12,36043	****	****	
2	2	13,81545	****	****	
1	1	15,12335		****	
7	7	20,63583			****

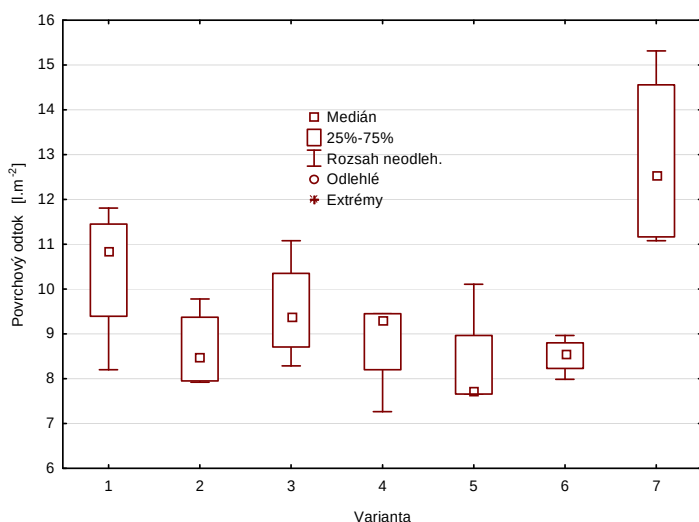
Obrázek 91 - Povrchový odtok při bouřce ze 4. srpna 2013



	Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]				
	Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
	Chyba: meziskup. PČ = 6,0575, sv = 21,00				
	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²]	1	2	3
Č. b.		Průměr			
6	6	4,73014	****		
5	5	4,78280	****		
2	2	8,31443	****	****	
4	4	8,65025	****	****	
3	3	9,14911	****	****	
1	1	12,77530		****	
7	7	20,75016			****

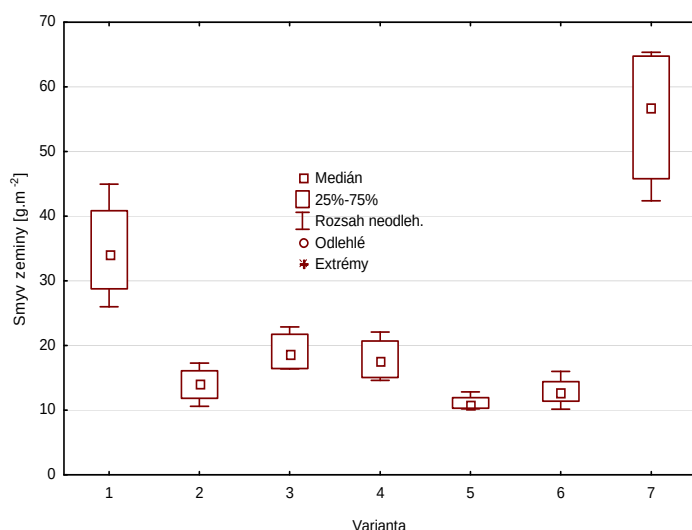
Obrázek 92 - Smyv zeminy při bouřce ze 4. srpna 2013

Již za 4 dny se vyskytla nad měřeným pozemkem další bouře opětovně doprovázená přívalem deštěm. Po bouři následoval ještě déšť s nízkou intenzitou. Celkový úhrn srážek činil 28 mm. Tato erozní událost dokreslovala předcházející měření svým průběhem. Malou změnou byl vyšší povrchový odtok u varianty 3, ale bylo to pod hranicí statistické významnosti. Naopak se ukázal erodující účinek intenzivních dešťů v meziřádkovém prostoru kukuřice i při vyšším porostu. Výsledky měření smyvu zeminy kopírují předcházející měření. (obr. 93 a 94)



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 1,6485, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²] Průměr	1	2
5	5	8,31300	****	
6	6	8,51675	****	
2	2	8,66325	****	
4	4	8,82625	****	
3	3	9,52875	****	
1	1	10,42625	****	****
7	7	12,86425		****

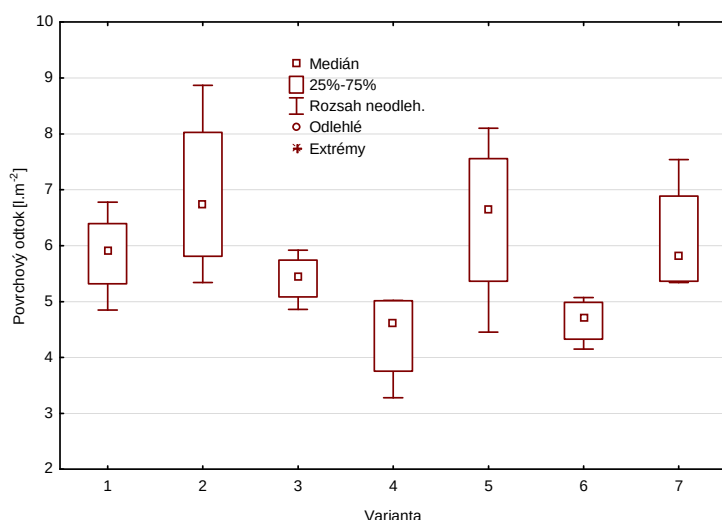
Obrázek 93 - Povrchový odtok při bouři z 8. srpna 2013



Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = 32,898, sv = 21,00					
Varianta		Smyv zeminy [g.m-2]	1	2	3
Č. b.		Průměr			
5	5	11,12834	****		
6	6	12,90196	****		
2	2	13,97390	****		
4	4	17,89335	****		
3	3	19,09013	****		
1	1	34,79699		****	
7	7	55,27514			****

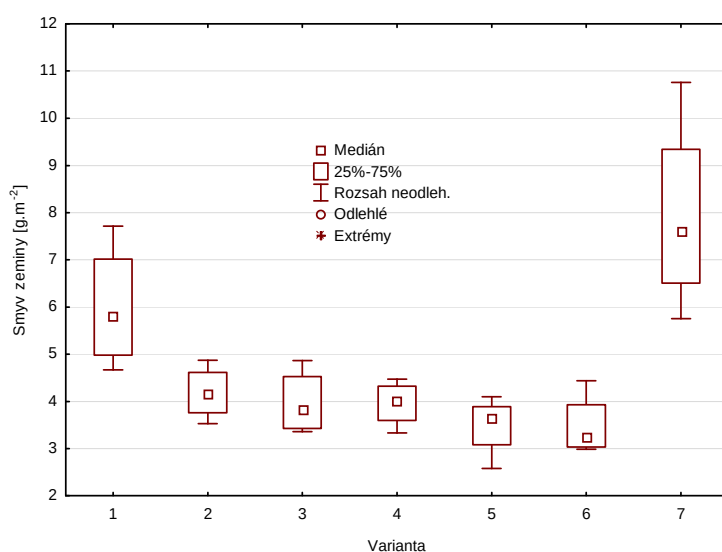
Obrázek 94 - Smyv zeminy při bouři z 8. srpna

Poslední hodnocenou událostí sezony 2013 byl déšť z konce srpna. Úhrnná srážka činila 36 mm. Intenzita deště byla do 20 mm.h⁻¹. Výsledky měření povrchového odtoku ukazují minimální rozdíly mezi variantami. Statisticky významný rozdíl byl pouze mezi variantou 2 a 4 (obr. 95). Vyšší hodnoty povrchového odtoku oproti předcházejícím měřením vykazují varianty 2 a 5. Smyv zeminy byl tradičně nejvyšší u varianty 7 (obr. 96), kde byl nalezen statisticky významný rozdíl oproti ostatním, s výjimkou varianty 1. Je však třeba doplnit i poškození porostů u jednotlivých variant v červnu, které ovlivnilo výsledky celé sezony.



Tukeyův HSD test; Povrchový odtok [l.m ⁻²]				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 1,0495, sv = 21,00				
Č. b.	Varianta	Povrchový odtok [l.m ⁻²] Průměr	1	2
4	4	4,384490	****	
6	6	4,656465	****	****
3	3	5,412935	****	****
1	1	5,857580	****	****
7	7	6,125130	****	****
5	5	6,458200	****	****
2	2	6,918340		****

Obrázek 95 - Povrchový odtok pro deště z konce srpna 2013

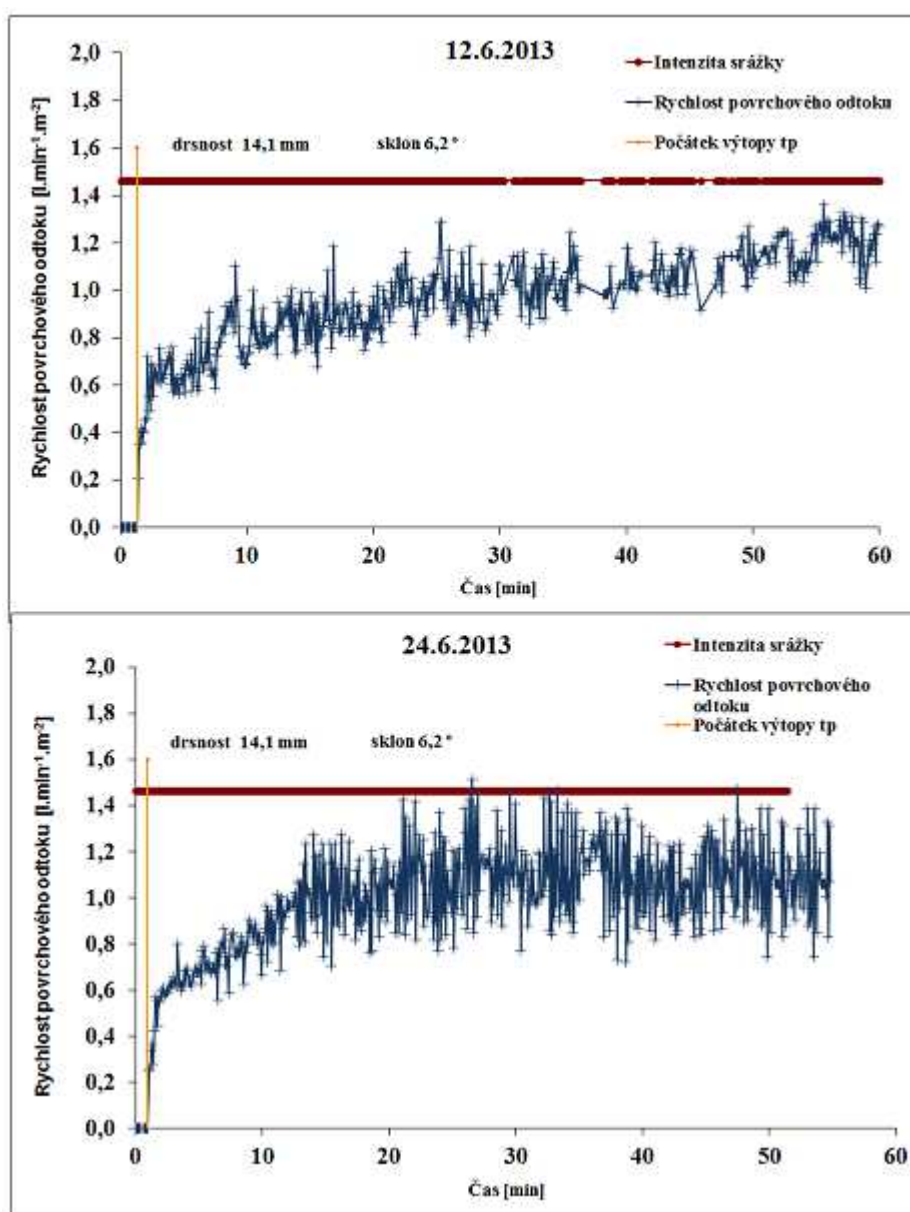


Tukeyův HSD test; Smyv zeminy [g.m ⁻²]					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000					
Chyba: meziskup. PČ = 1,1531, sv = 21,000					
Č. b.	Varianta	Smyv zeminy [g.m ⁻²] Průměr	1	2	3
6	6	3,480341	****		
5	5	3,488300	****		
4	4	3,963957	****	****	
3	3	3,978713	****	****	
2	2	4,187129	****	****	
1	1	6,000337		****	****
7	7	7,925104			****

Obrázek 96 - Smyv zeminy pro deště z konce srpna 2013

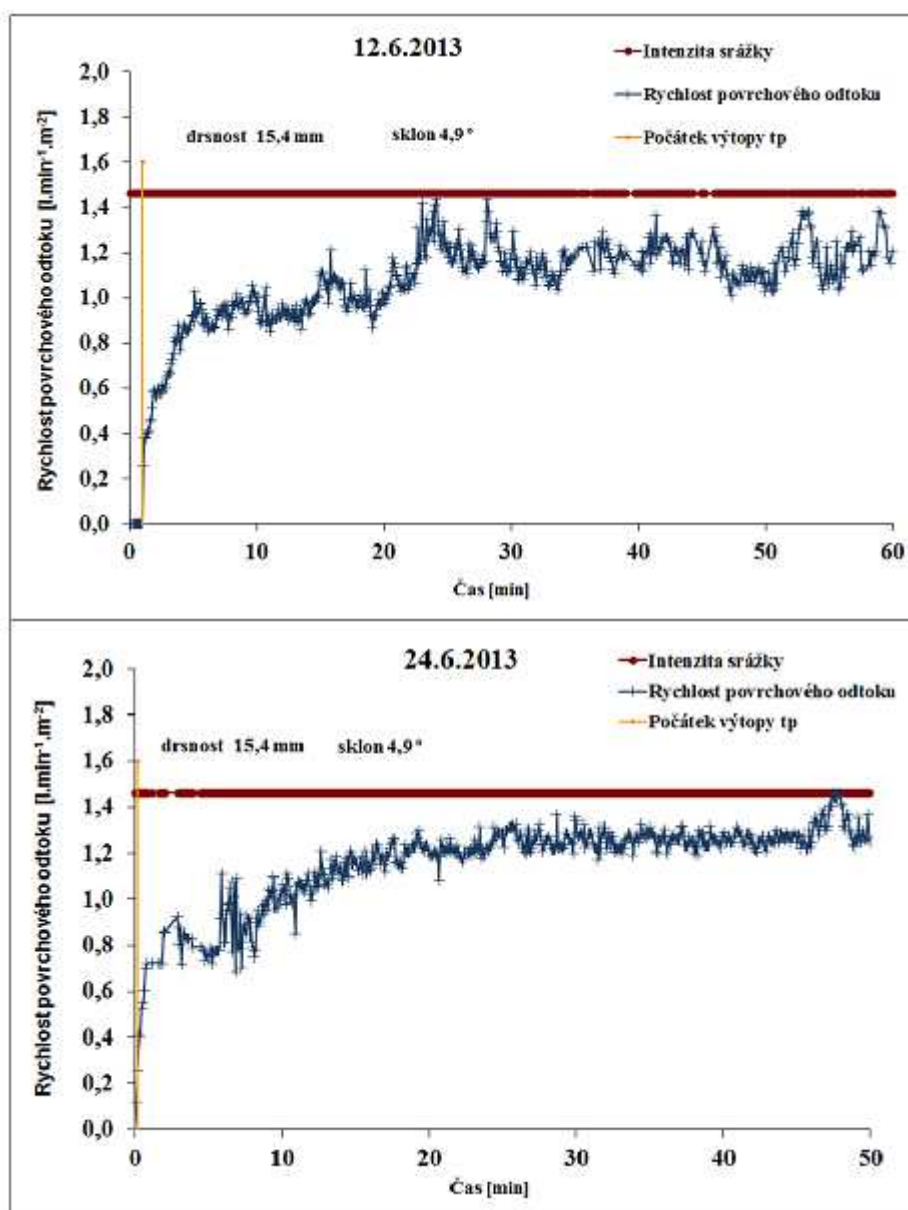
6.4.3. Měření simulátorem deště v roce 2013

Měření se uskutečnilo necelé dva týdny po výskytu lokálních povodní, v době, kdy již bylo možné vstupovat na pozemek. Obrázek 97 zobrazuje průběh měření varianty 1 (kukuřice, orební technologie). Měření vykazuje podobný průběh jako v předcházejících sezonách. Počátek povrchového odtoku byl v obou případech zaznamenán za méně než 2 minuty. Byl, zaznamenám pomalejší růst rychlosti povrchového odtoku. To bylo pravděpodobně způsobeno předcházejícími silnými dešti. Spodní vrstvy půdy byly v obou případech ještě prosyceny vodou ze silných dešťů. Tím zřejmě došlo k ovlivnění infiltrační schopnosti půdy zejména ze začátku zadešťování.



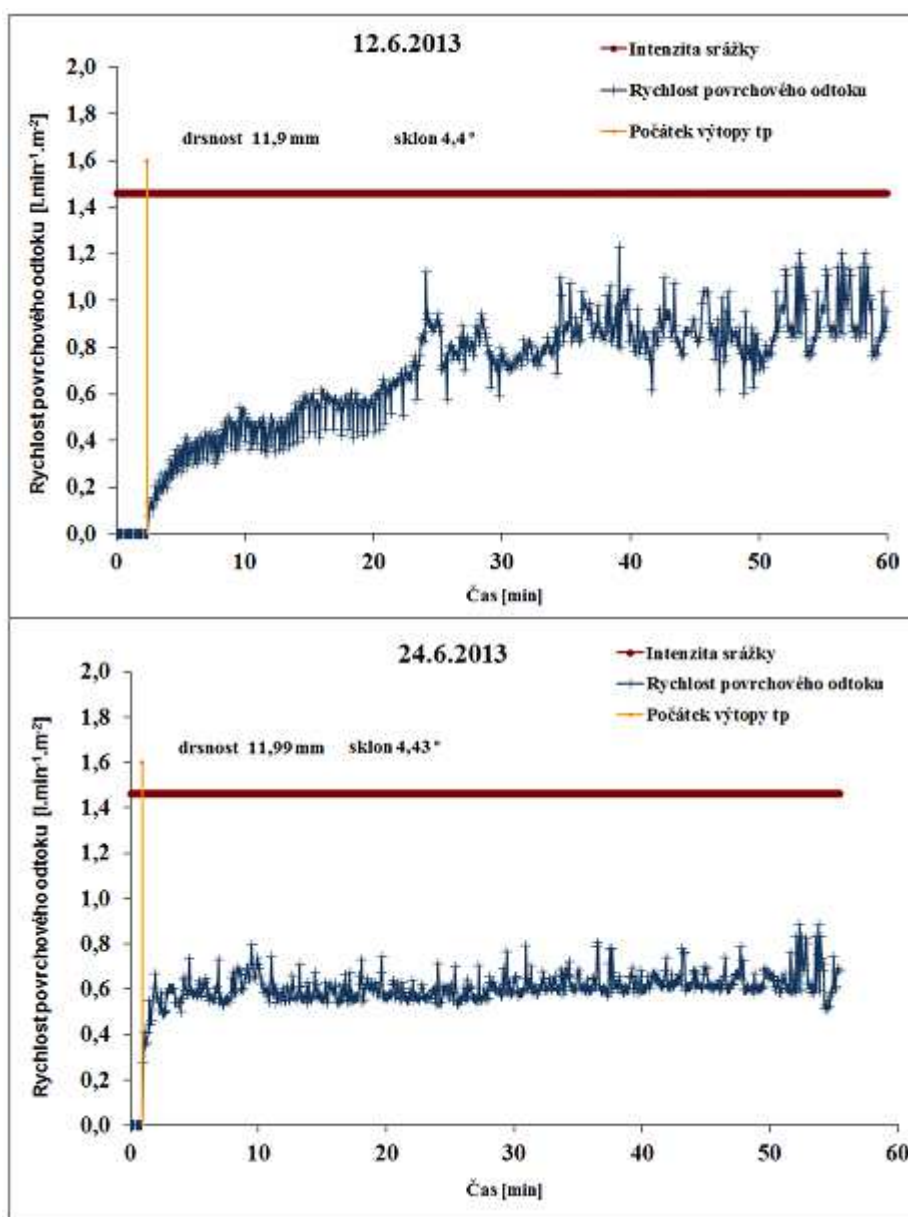
Obrázek 97 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 1 v roce 2013

Rovněž při měření varianty 2 (oves, orební technologie) byly opětovně potvrzeny výsledky předcházejících měření. Z Obrázku 98 je vidět typický průběh měření pro varianty využívající orbu jako hlavní zpracování půdy. V obou případech počátek povrchového odtoku nastal za cca 1 minutu zadešťování. Po nasycení povrchové vrstvy půdy a jejích pórů dojde ke stékání téměř celého množství vody, která dopadá na povrch půdy. Infiltraci nikterak nenapomohl ani porost ovsu na povrchu této varianty. Průběh měření je opětovně ovlivněn vydatnými dešti před oběma termíny měření. Je pravděpodobné, že se na povrchu varianty vlivem dešťů vytvořila půdní krusta, která znesnadňuje infiltraci. Po krustě voda snadno stéká a naopak infiltrace většího množství vody je nemožná.



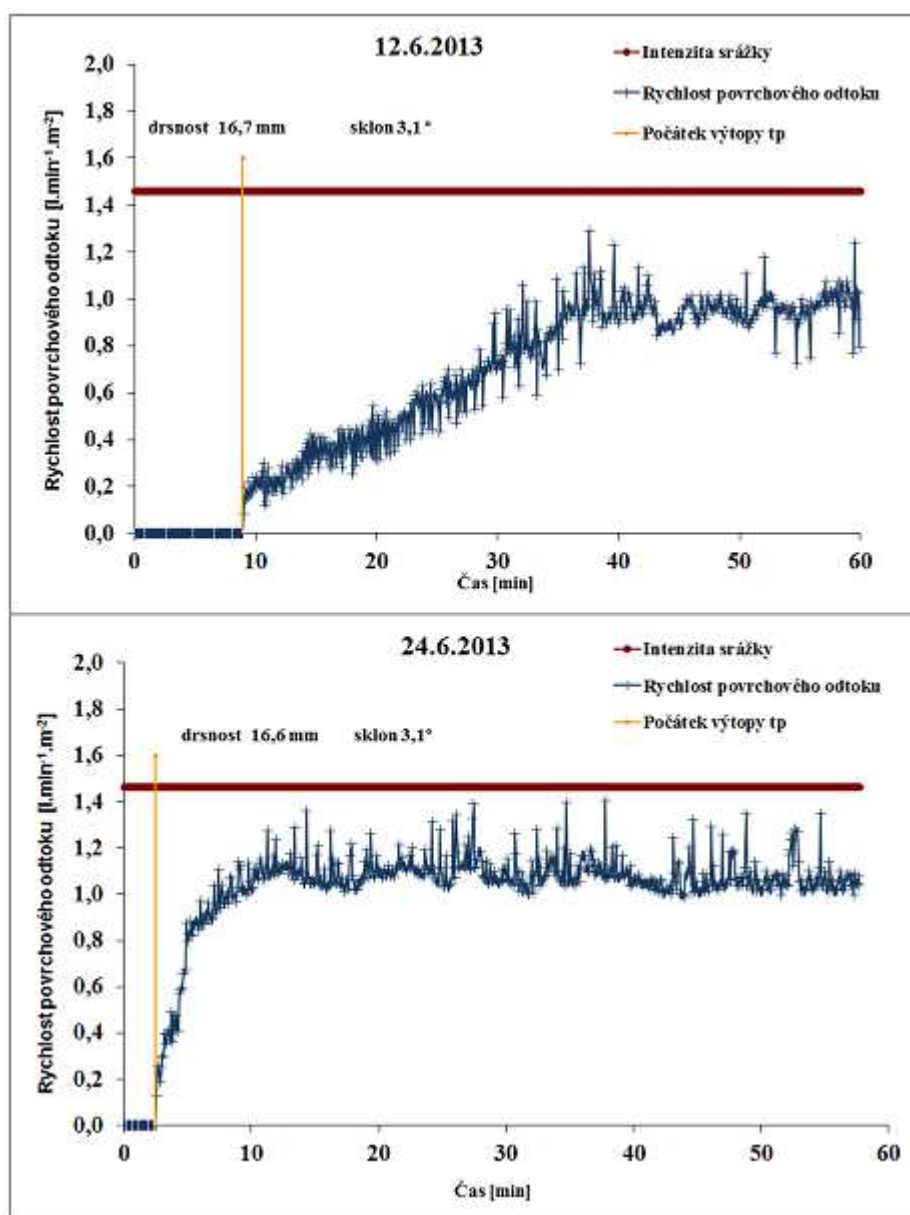
Obrázek 98 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 2 v roce 2013

Z oraných variant měla v sezoně 2013 nejpříznivější průběh měření varianta 3. V obou termínech měření sice došlo k velmi rychlému počátku povrchového odtoku, ale jeho rychlost se ustálila na nižších hodnotách, než u předcházejících variant. V prvním termínu došlo k velice pozvolnému nárůstu rychlosti povrchového odtoku. To by ukazovalo na infiltraci i do hlubších vrstev půdy. Druhý termín měření byl naopak charakterizován velice rychlým ustálením na hodnotě okolo $0,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Na průběh obou měření by mohlo mít vliv zaorání velkého množství rostlinných zbytků na podzim předcházejícího roku. Ty mohly výrazně usnadnit infiltraci vody do půdy vytvořením makroporézní vrstvy přibližně na hloubce orby.



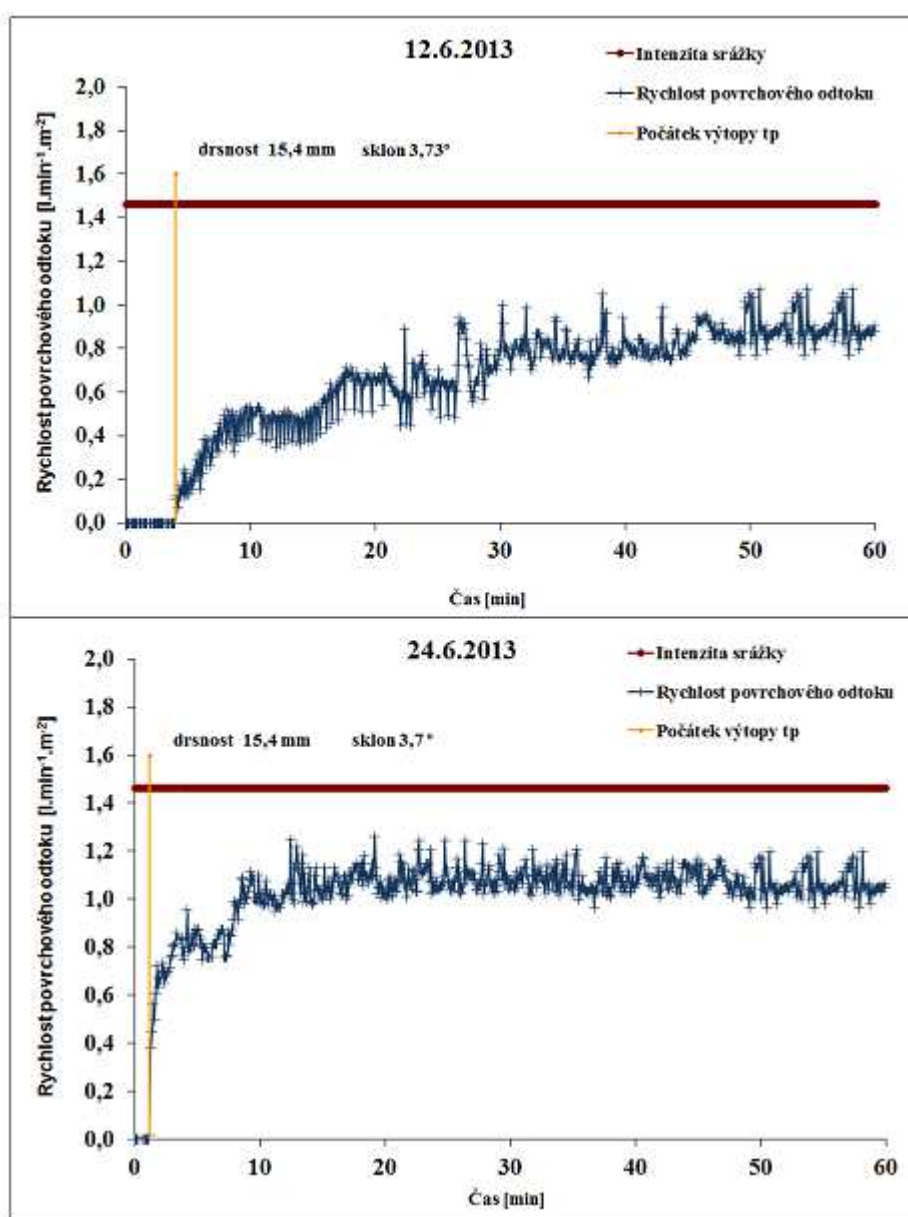
Obrázek 99 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 3 v roce 2013

Obrázek 100 zobrazuje průběh měření varianty 4 (kukuřice, přímé setí). V prvním termínu měření je vidět dobrá funkce povrchu pokrytého organickou hmotou. Počátek povrchového odtoku byl zaznamenán až po devíti minutách zadešťování. Průběh byl dále charakterizován pozvolným růstem rychlosti povrchového odtoku. Rychlost se po půlhodině zadešťování ustálila na hodnotě $1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Tento průběh je srovnatelný s předcházejícími měřeními dlouhodobě neoraných variant. Naopak průběh měření v druhém termínu více odpovídá průběhu oraných variant. Zde je možná příčina v ovlivnění intenzivními dešti v předcházejícím období. Zřejmě došlo k zanesení pórů jemnými půdními částicemi vlivem prudkých dešťů, čemuž nezabránilo ani pokrytí organickou hmotou na povrchu.



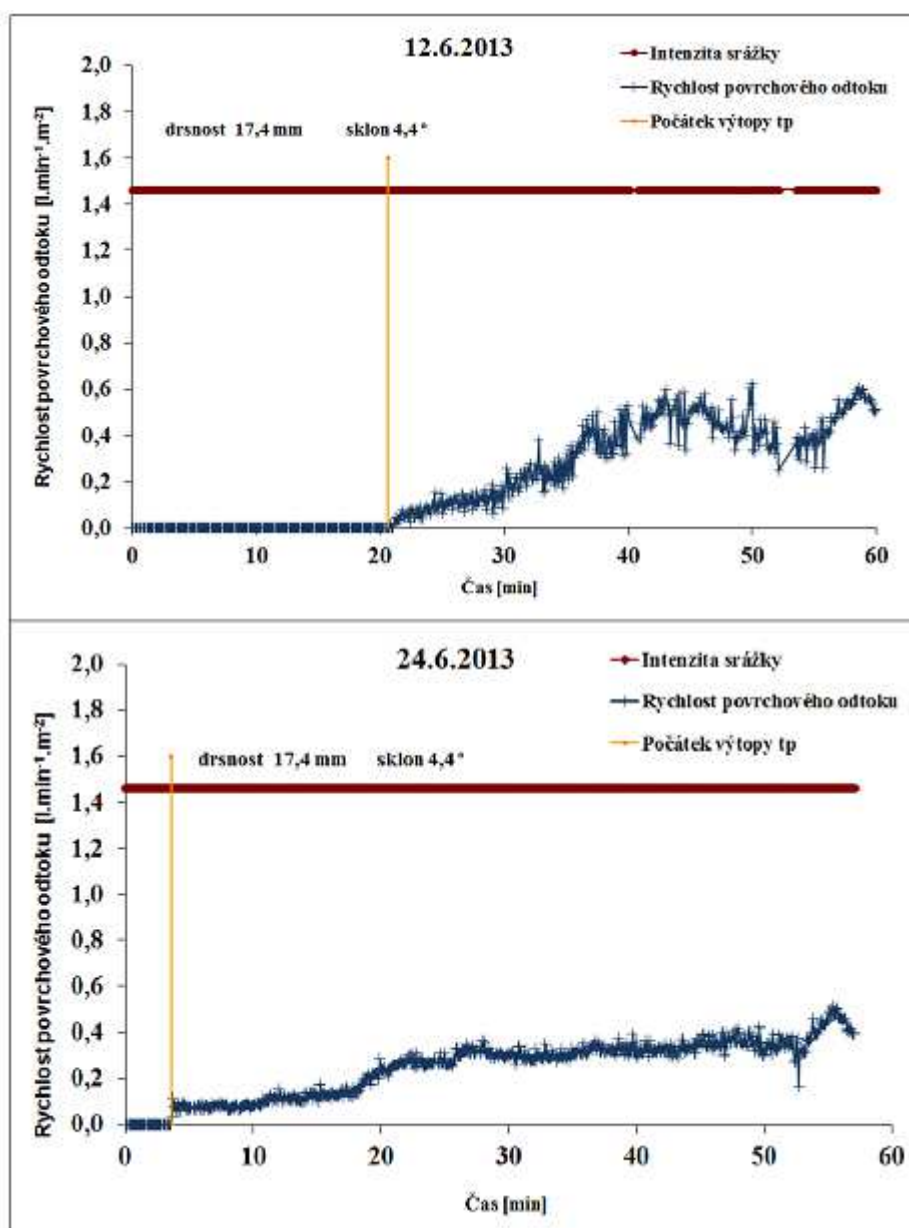
Obrázek 100 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 4 v roce 2013

Měření varianty 5 (oves, přímé setí) rovněž proběhlo v obou termínech měření, jak je vidět na Obrázku 101. Je nutné uvést, že porost ovsa byl opětovně poměrně slabý. Průběh měření zejména v prvním termínu opětovně odpovídá průběhu variant bez zpracování půdy. Plocha byla v tomto případě zpracována orbou naposledy na podzim roku 2008. Průběh měření rovněž kopíroval předcházející variantu. To je dáno stejným zpracováním půdy, rozdíl je pouze v pěstované plodině. Měření z 24. 6. rovněž odpovídá předcházející variantě. Opětovně je pravděpodobné, že došlo k zanesení pórů v půdě vlivem silných dešťů. Ovlivnění je rovněž možné i vysokou hladinou podzemních vod v krajině po vytrvalých deštích.



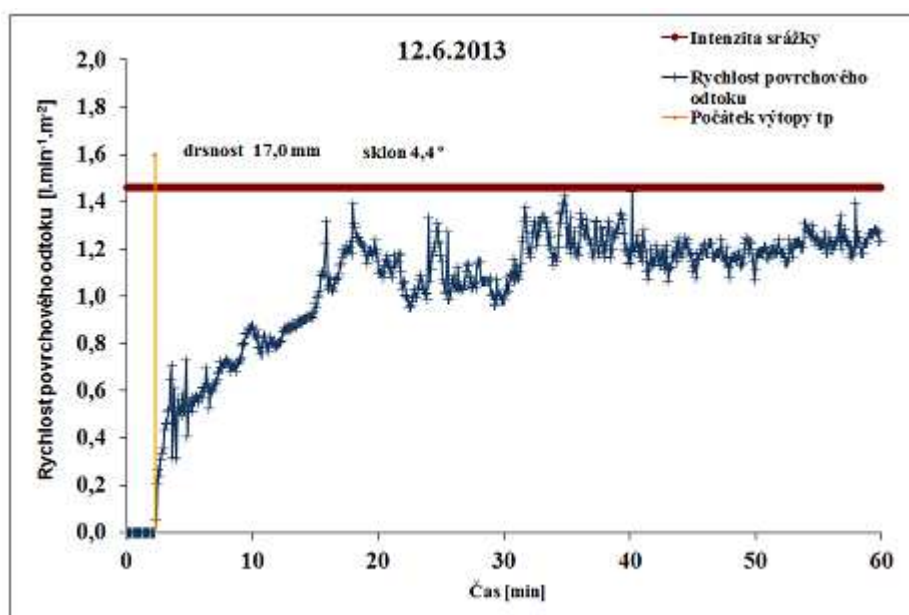
Obrázek 101 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 5 v roce 2013

Obrázek 102 zobrazuje měření varianty 6 (vymrzající meziplodina). Měření 12. 6. prokázalo vynikající infiltrační schopnost této varianty. To bude opětovně způsobeno makropóry vytvořenými rostlinami mezplodiny (hořčice bílá). Je nepravděpodobné, že by nějaký vliv mělo podzimní kypření radličkami do hloubky 0,15 m. Půda dokázala infiltrovat všechnu dopadající vodu po dobu 20 minut. To potvrdilo i opakované měření z 24.6. Zde sice došlo k postupnému zvyšování rychlosti povrchového odtoku, ale i tak byl patrný přínos této technologie. Je pravděpodobné, že dopadající voda infiltrovala do celého půdního profilu. Z hlediska povrchového odtoku je tato varianta opětovně nejvhodnější. Vliv vymrzlé mezplodiny je patrný po celou dobu vegetace.



Obrázek 102 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 6 v roce 2013

Kontrolní varianta 7 (bez vegetace) byla měřena pouze v prvním termínu měření. Průběh měření odpovídá závěrům vyvozeným dříve. Z grafu na obrázku 103 je patrný průběh měření, který je typický pro varianty s orbou. Krátce po začátku simulace došlo k prvotnímu zaznamenání povrchového odtoku na automatických vahách. Poměrně rychle došlo k nasycení povrchové vrstvy půdy dopadající vodou. Po době cca 20 minut došlo k ustálení hodnoty rychlosti povrchového odtoku. Jak je patrné z grafu, přibližně 80% vody stékalo ve formě povrchového odtoku. Vliv makropórů vzniklých po jarním kypření poměrně rychle odezněl. To bylo způsobeno i intenzivními srážkami před měřením.



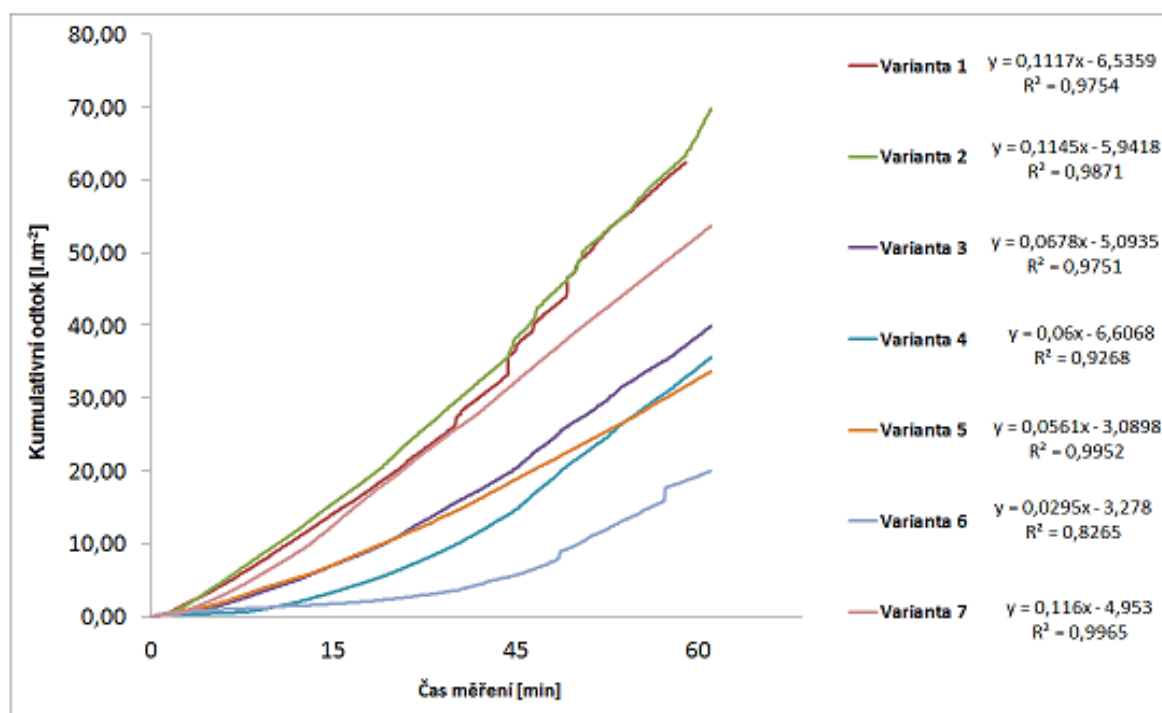
Obrázek 103 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 7 v roce 2013

6.4.4. Dílčí závěr z měření z roku 2013

Výsledky měření během celé sezony 2013 opětovně potvrzují příznivý efekt bezorebných technologií na povrchový odtok i smyv zeminy. Nutné je i zmínit vliv extrémních dešťů z června 2013, které ovlivnily celou sezonu měření. Přesto je z výsledků patrný vliv vhodně použité technologie na měřené veličiny. Měření metodou mikroparcelek poznamenal i fakt, že po extrémních deštích byla nutná jejich reinstalace, nebyly tedy na původním místě.

Obrázek 104 zobrazuje kumulativní odtok jednotlivých variant při simulaci z 12. 6. 2013. Z grafu je patrný opětovný pozitivní efekt bezorebných technologií na povrchový odtok. Výsledky měření potvrzují výsledky z předcházejících sezon. Efekt však není tak

příznivý jako v sezoně 2012. To je pravděpodobně způsobeno extrémními dešti během června, které ovlivnily infiltrační schopnost všech variant. Další možností je odlišný průběh zimního počasí. Pro popsání křivek byla opětovně využita lineární regrese. Pro většinu variant ji lze s úspěchem použít a jedná se o velmi silnou závislost. Pro bezorebné varianty 4 a 6 by bylo lépe využít regresi kvadratickou, která lépe vystihuje průběh kumulativního odtoku.



Obrázek 104- Kumulativní odtok jednotlivých variant v roce 2013

6.5. Souhrn výsledků

V tabulce 3 je proveden souhrn výsledků ze všech sezon měření metodou mikroparcelek. Výsledky jsou vyjádřeny v procentech. Jako etalon slouží varianta založení porostu kukuřice konvenční technologií. Ostatní hodnoty povrchového odtoku a smyvu zeminy jsou vyjádřeny procentuálně k variantě 1. Jak je vidět z tabulky, bezorebné technologie jasně snižují ztrátu půdy během intenzivních dešťových srážek. Výsledky povrchového odtoku nehovoří již jednoznačně. Výjimku v trendu tvoří sezona měření 2010, kdy byl naopak zjištěn nižší povrchový odtok u variant využívajících orbu. O možných příčinách je pojednáno v diskuzi. V ostatních třech sezonách měření byl naopak pozorován příznivý vliv bezorebných technologií na povrchový odtok. Nutné je však uvést, že z hlediska poškození půdy je smyv zeminy významnějším erozním ukazatelem.

Tab. 3- Souhrn výsledů

Rok	Varianta	Povrchový odtok [%]	Smyv zeminy [%]
2010	1	100.0	100.0
	2	114.4	39.6
	3	102.9	36.2
	4	108.9	38.8
	5	131.2	24.3
	6	127.5	21.8
	7	87.3	147.6
2011	1	100.0	100.0
	2	90.7	47.8
	3	91.9	57.7
	4	85.7	55.9
	5	86.2	39.0
	6	83.4	39.9
	7	120.1	132.5
2012	1	100.0	100.0
	2	98.6	39.7
	3	89.6	51.9
	4	89.8	49.9
	5	77.8	29.7
	6	82.2	29.3
	7	114.4	189.1
2013	1	100.0	100.0
	2	106.0	56.6
	3	93.8	62.2
	4	92.4	59.2
	5	75.3	33.9
	6	84.3	34.5
	7	144.3	137.0

Výsledky většinou se souhlasí se vstupními hypotézami práce. Jak je vidět z naměřených výsledků, nelze z předpokladů vyloučit rozdílné chování různých půd v individuálních podmínkách dané sezony. Přesto je jednoznačné, že zakrytí pozemku organickou hmotou způsobí snížení smyvu zeminy za všech podmínek zpracování půdy. Povrchový odtok je naopak velmi variabilní veličina závislá na mnoha dalších faktorech. Těmi mohou být i např. fyzikální vlastnosti půdy, tvorba půdního krusty, výskyt technogenního zhutnění, drsnost půdy, množství organické hmoty na povrchu i pod povrchem, předchozí způsob hospodaření a mnoho dalších faktorů.

7. Diskuze

Vstupní hypotézy spočívaly v předpokládaném snížení povrchového odtoku vody a smyvu zeminy při použití bezorebných technologií zpracování půdy. Tyto hypotézy se z většinového hlediska splnily při zhodnocení uskutečněného polního experimentu. Při valné většině měření byl prokázán příznivý vliv bezorebných technologií na povrchový odtok. Pouze u některých měření, zejména v sezoně 2010, byl naměřen efekt opačný. Rovněž je z výsledků patrný pokles rozdílů mezi jednotlivými variantami s uplynulým časem od založení pokusu. Rozdíl se naopak zvyšuje spolu s intenzitou dopadajících srážek. Dalším výsledkem je příznivý vliv organické hmoty v jakékoliv podobě u všech technologií zpracování půdy. Dlouhodobými pokusy tohoto typu se zabývala i řada dalších autorů.

Bylo zjištěno snížení povrchového odtoku u bezorebných variant, který využívají zakrytí povrchu půdy organickou hmotou. To potvrzuje řada autorů. Moreno et al. (1997) na šesti parcelách (rozměry 14x22 m) s lehkou písčitohlinitou půdou porovnával orební zpracování půdy s ochranným zpracováním půdy, představovaným pouze kypřením a zpracováním půdy talířovým kypřičem. Na povrchu půdy byly ponechány rostlinné zbytky ve formě mulče. Po 3 letech systematického zpracovávání půdy byla infiltrace povrchové vrstvy půdy vyšší při půdoochranném zpracování (124 mm.h^{-1}) než při tradičním zpracování půdy (66 mm.h^{-1}). Tebrügge, Düring (1999) prováděli pokusy na půdách, které byly dlouhodobě obhospodařovány rozdílným způsobem - orbou a bezorebně. K měření použili rovněž metodu mikroparcelek s plochou $0,25 \text{ m}^2$. Po několikaletém opakování zjistili u bezorebných metod zpracování půdy 1,2-2,6 krát vyšší rychlost infiltrace než u zpracování půdy s pomocí orby. Analogicky s infiltrací byl tedy povrchový odtok u oraných variant 1,2-2,6 krát vyšší než u bezorebných. Měření probíhalo většinově při simulovaných srážkách o intenzitě 40 mm.h^{-1} .

Simulátor deště k měření povrchového odtoku využili i Zhang et al. (2014), kteří vybrali na povrchu každé varianty plochu 1 m^2 . Intenzita zadešťování (90 mm.h^{-1}) byla stejná jako u měření v této práci. Autoři rovněž potvrzují snížení povrchového odtoku u bezorebných technologií založení porostu oproti orbě a zdůrazňují vliv organické hmoty na povrchu. Zjištěný trend potvrzují i měření, které provedli Baumhard a Jones (2002) nebo Anken et al. (2004). Ti zdůrazňují, že rostlinné zbytky v povrchové vrstvě půdy snižují povrchový odtok dešťové vody. Výsledky těchto experimentů velmi dobře korespondují s výsledky naměřenými během doby konání polního experimentu v této práci.

Přesto u některých měření, zejména v sezoně 2010, nebyl jednoznačně prokázán pozitivní efekt bezorebných technologií na povrchový odtok. Takovéto výsledky však nejsou ojedinělé. Například Clark (1993) nezjistil na lehké písčité půdě průkazné zvýšení infiltrace u bezorebných technologií zpracování půdy oproti orebním. Heard et al. (1988) dokonce během několikaletého experimentu zjistil menší rychlost infiltrace u bezorebných technologií oproti orebním.

Terzoudi (2007) uvádí, že u technologií typu no-till může dojít k vyššímu povrchovému odtoku i při zakrytí povrchu organickou hmotou. Autor uvádí možné ovlivnění druhem půdy. V rámci provedeného polního experimentu technologie typu no-till však byl prokázán příznivý efekt na povrchový odtok při většině měření oběma základními metodami. To potvrzuje i Santos (2003), který potvrdil příznivý vliv no-till technologií na povrchový odtok.

Akinyemi, Adedeji (2004) sledovali vliv zpracování půdy (no-till, konzervační zpracování a orební zpracování půdy) na infiltraci vody do půdy. Výsledky ukázaly významné rozdíly v infiltraci u použitých způsobů zpracování půdy. Nebyl sice pozorován významný rozdíl mezi konzervačním a klasickým zpracováním, ale technologie no-till vykazala významné rozdíly v porovnání se zbývajících způsoby a nejvyšší infiltrační schopnost.

Měření smyvu zeminy přineslo zcela jednoznačné potvrzení přínosu bezorebných technologií z hlediska ochrany půdy ve všech sezonách měření. Výsledky hodnocení smyvu zeminy při intenzivních deštích jsou v souladu s výsledky Rasmussena (1999) a dalších autorů (Truman, Shaw, Reeves, 2005). Potvrdil se přínos technologií bez orby z hlediska významného snížení ztráty půdy vodní erozí. O tom, že půdoochranné technologie zpracování půdy hrají významnou úlohu v ochraně půdy před nadměrným smyvem zeminy, pojednává také Assouline, Ben-Hur (2003). V práci porovnávali dva různé způsoby zpracování půdy. Zatímco u konzervační technologie byl smyv zeminy $0,02 \text{ kg.m}^{-2}$, u klasické technologie to bylo $0,59 \text{ kg.m}^{-2}$.

V průběhu vegetačního období kukuřice a jarní obilniny se však zmenšovaly rozdíly mezi variantami pokusu u hodnot povrchového odtoku vody při intenzivních deštích i v případě smyvu zeminy. Erozní účinek velkých vodních kapek na povrch půdy se postupně snižuje. To je v souladu s tvrzením, že se množství erozí oddělených částic snižuje s narůstajícím časem od přípravy půdy a setí. Brown (1989) naměřil, že pro všechny sledované půdní podmínky, to znamená jak pro půdu s rostlinami, tak pro úhor, se množství erozí oddělených částic snižovalo s rostoucím časem od založení pokusů. Tyto rozdíly mezi

množstvím erozí oddělených půdních částic ihned po obdělání pozemku a různými stádii mezi dalším jeho obděláváním mohou být způsobeny rozdíly v soudržných silách mezi půdními částicemi. Čerstvě zpracovaná půda má obecně vyšší náklonnost k půdní erozi než půda, která projde několika cykly vysušení a opětného zvlhčení. Podle Shainberga et al. (1996) způsobuje vlhkost půdy soudržnost mezi půdními částicemi a ovlivňuje půdní stabilitu. Síly soudržnosti mezi jednotlivými půdními částicemi potřebují však pro svůj vznik čas a s jeho postupem se zvyšují. Z tohoto nelze vyloučit ani vliv půdní krusty.

V případě vytvoření půdní krusty může být infiltrace vody do půdy silně snížena, jak je vidět z naměřených výsledků. To je typické právě pro orební technologie. Zvýšené riziko tvorby půdní krusty je při využívání technologií s orbou spojené s vyšším povrchovým odtokem (Bradford et al., 1994). Tvorba půdní krusty nemusí být pro dané stanoviště každoročně opakována ve stejné míře. Tvorba půdní krusty je ovlivněna průběhem počasí i způsobem hospodaření s organickou hmotou. Jak uvádí Shipitalo et al. (2000) je ovlivněna i bilancí uhlíku v půdě. To odpovídá i výsledkům měření metodou mikroparcelek v první sezoně. Zde došlo díky chladnému a vlhkému průběhu jara k přetrvání efektu makropórů vytvořených zpracováním půdy. Naopak toto se nepotvrdilo v dalších třech sezonách. Odlišné chování mezi variantami potvrzují i další autoři. Basic (2004) uvádí, že snižování propustnosti půdy pro vodu s následným zvyšováním povrchového odtoku vlivem půdní krusty je ovlivněno každoročními podmínkami měření i na stejném stanovišti. Rovněž při dlouhotrvajícím sušším počasí může půdní krusta rozpraskat. To je patrné i z výsledků získaných simulováním deště. Krátkou dobu voda dobře infiltrovala, nicméně po čase se trhliny uzavrou. To potvrzuje i Nishimura et al. (1993), kteří při studiu povrchové krusty zjistili, že v počáteční fázi prvního deště aplikovaného na půdu, vsákla veškerá voda do půdy. Po nasáknutí povrchové vrstvy a uzavření trhlín rychle míra infiltrace poklesla a povrchový roztok naopak rostl. Autoři rovněž využívali simulování s intenzitou srážky 100 mm.h^{-1} .

Výsledky měření povrchového odtoku tak nejsou zcela jednoznačné. Přesto vysloveným trendem je jeho snížení při dlouhodobém používání bezorebných technologií zejména při značném zakrytí povrchu půdy organickou hmotou. Ta však funguje i u technologií orebních. Je však třeba dodat, že povrchový odtok nezpůsobuje sám o sobě poškození půdy. Stékající povrchový odtok však dále poškozuje půdu a snáší půdní částice z jejich původního místa. Vzhledem k použitým metodám však nebylo možné určit erozní účinek povrchového odtoku v celoplošném měřítku.

Zcela jednoznačně se však podařilo prokázat příznivý efekt na smyv zeminy. Nebyl nalezen jediný zdroj, ve kterém by autor popisoval opačný efekt. Nicméně nelze očekávat, že jakákoliv technologie zpracování půdy zcela zabrání projevům vodní eroze.

Smyv zeminy však bude přetrvávat, dokud bude používána intenzivní zemědělská výroba i při zakrytí povrchu půdy organickou hmotou (Reicosky et al. 2005). Na projevy eroze má samozřejmě vliv i doba trvání intenzivního deště. Pokud trvá jen krátký okamžik, může půdu ochránit i konvenční technologie a to díky nasycování kypřené vrstvy půdy. Při delší době trvání deště přednosti bezorebných technologií vyniknou více. Hangen et al. (2002) uvádí jako možnou příčinu rozdílů v infiltraci různé způsoby zpracování půdy. Konzervační technologie může zvýšit dopravu vody a její zadržení ve větších hloubkách. Jak dále uvádí Hangen et al. (2002), konvenční technologie by mohly mít vliv na zadržení vody a redukci malých odtoků například při bouřkách.

8. Přínos práce a doporučení pro další výzkum

V rámci výsledků této práce bylo zhodnoceno 6 variant založení porostů dvou polních plodin a jedné kontrolní varianty bez vegetace. Přínos práce spočívá ve zhodnocení povrchové vrstvy půdy u jednotlivých variant z hlediska odolnosti faktorům vodní eroze, konkrétně povrchového odtoku a smyvu zeminy. Byl zjištěn pozitivní efekt bezorebných technologií na měřené erozní veličiny. Rovněž byl potvrzen příznivý dopad zakrytí povrchu organickou hmotou jak ve formě rostlinných zbytků, tak rostlin samotných. To platí jak pro bezorebné tak konvenční technologie založení porostu. Dále byla provedena další doplňková měření, zejména fyzikálních vlastností půdy a hodnocení výnosu. Zejména pro hodnocení výnosu platí, že technologie je třeba ověřit na více lokalitách po dobu několika sezon.

Byly hodnoceny metody založení porostu, ke kterým lze využít snadno dostupnou zemědělskou techniku. Výjimku tvoří varianta setí kukuřice do meziřadí jiné plodiny (v případě uskutečněného polního pokusu obilniny), k jejímuž založení jedním přejezdem neexistuje v současné době použitelný secí stroj. Secí stroje tohoto konstrukčního provedení jsou pouze ve stádiu vývoje.

Tato technologie přesto představuje perspektivní metodu. Podmínkou je zvážení vhodné meziřádkové plodiny z hlediska následné herbicidní ochrany. Umrtnuté rostliny půdu chrání méně. K této metodě založení porostu kukuřice je možné využít i dělený způsob, kdy nejprve dojde k založení porostu meziřádkové plodiny a až následně k setí kukuřice. V tomto případě by bylo vhodné založit meziřádkový porost mnohem dříve (např. ozimá obilnina na podzim) a dostatečně vzrostlý porost umrtvit neselektivním herbicidem před setím. Přesto dělené zakládání porostů (totéž platí i pro setí do vymrzající meziplodiny) přináší mimo zlepšení erozní odolnosti půdy i další vícenáklady. Rovněž v případě podzimních operací přináší další zásahy v době pracovní špičky.

Rovněž ve zpracování půdy je třeba reflektovat některé nové trendy. V oblasti širokořádkových plodin se jedná zejména o pásové zpracování půdy (strip tillage), které se pro širokořádkové plodiny (kukuřice) hodí. Rovněž u této technologie lze očekávat příznivý vliv na erozní ukazatele. Tyto technologie bude třeba v praxi dlouhodobě ověřit. V poslední době dochází v oblasti setí kukuřice k propagování technologií výsevu do dvojitého řádku. (twin row). V literatuře bývá uváděn příznivý vliv na výnos kukuřice. Všechny výše popsané technologie jsou podmíněny i využíváním soudobých prostředků precizního zemědělství.

Doporučení pro další výzkum tedy spočívá v dalším ověřování nových metod v oblasti zakládání porostů. V případě kukuřice půjde zejména o aplikace pásového zpracování půdy, aplikace technologie dvojitého řádků. Dalším doporučením je sledování jednotlivých technologií z hlediska vlivu na výnos biomasy. Pro zemědělskou praxi budou těžko přijatelné technologie, které sice výrazně sníží riziko výskytu vodní eroze, ale zároveň dojde jejich použitím ke snížení výnosu v řádech desítek procent.

Při měření uskutečněného polního pokusu se osvědčila metoda simulování dešťových srážek. Tato měření se uskutečnila ve spolupráci s VUZT v.v.i. Během doby vzniku této práce byl na KZS vyvinut vlastní simulátor deště. Do budoucna je třeba simulátor dále zlepšovat, zejména v oblasti používaných trysek a příslušenství, což zvyšuje rozsah použití simulátoru.



Obrázek 105- Simulátor deště vyvinutý na KZS

9. Závěr

Vodní eroze představuje přirozený proces, který se v přírodě vyskytuje od pradávna. V souvislosti s postupným využíváním zemědělské půdy se vlivem jejího intenzivního zpracování tento proces urychlil. Volba vhodného systému zpracování půdy, zejména na svažitých pozemcích, jistě dokáže omezit riziko nadměrného smyvu půdy, který lze považovat za nejškodlivější projev vodní eroze na zemědělské půdě. Přesto nelze v žádném případě očekávat, že jakýkoliv způsob zpracování půdy dokáže erozní procesy eliminovat. Volba vhodného zpracování půdy však dokáže erozní procesy výrazně omezit.

Tato práce obsahuje čtyřleté výsledky měření erozních veličin v rámci různých technologií zpracování půdy. Výsledky měření jednoznačně prokazují význam pokrytí půdy organickou hmotou, jakožto účinného prostředku k omezení erozních procesů. Organická hmota na povrchu půdy může mít velmi různorodý charakter. Přesto v jakékoliv podobě funguje jako ochranný prvek. Jak bylo uvedeno, riziko z hlediska nadměrné vodní eroze představují širokořádkové plodiny. Během doby vzniku této práce vešly v platnost standardy GAEC 2, které tuto problematiku částečně legislativně ošetřují. Přesto ani dodržování těchto standardů nezabrání vzniku významných erozních událostí.

Vstupní hypotézy práce byly z velké části potvrzeny. Zcela jednoznačně byl prokázán pozitivní efekt bezorebných technologií na snížení smyvu zeminy. V případě povrchového odtoku není jejich význam zcela jednoznačný. Nicméně je třeba uvést, že z hlediska poškození půdy je její ztráta daleko závažnější než prostý povrchový odtok.

Poškození zemědělské půdy vodní erozí nelze zcela zabránit ani v budoucnu. Výskyt prudkých intenzivních srážek v lokálním pojetí bude i nadále způsobovat poškození zasažených ploch. Přesto dílčí opatření, mezi něž lze zařadit i vhodné zpracování půdy dokáže následky zmírnit. Je třeba v oblasti zpracování půdy reflektovat nadějně trendy a možnosti dalších dílčích zlepšení pro omezení dopadů vodní eroze.

Vznik této práce byl umožněn díky podpoře několika projektů. Konkrétně šlo o projekty: *Zpracování půdy při měření na omezení vodní eroze půdy při pěstování vybraných polních plodin* IGA TF 31160/1312/3129, *Optimalizace dávkování a zapravení organické hmoty do půdy s cílem omezit povrchový odtok vody při intenzivních dešťových srážkách* MZe QH82191, *Studium zemědělského technologického systému s ohledem na jeho racionalizaci a šetrnou interakci s ekosystémy kulturní krajiny* MSM6046070905 a *Výzkum a vývoj secích strojů* FR-TI3/069.

10. Seznam použité literatury:

Akinyemi J. O., Adedeji A. O., 2004: Water Infiltration Under No-tillage, Minimum Tillage and Conventional Tillage Systems on a Sandy Loam Alfisols. ASAE/CSAE Annual International Meeting, Paper Number: 042111.

Anken, T., Weisskopf, P., Zihlmann, U., Forrer, H., Jansa, J., Perhacova, K., 2004. Long-term tillage system effects under moist cool conditions in Switzerland. *Soil & Tillage Research* 78: 171–183.

Assouline S., Ben-Hur M., 2003: Effects of water applications and soil tillage on water and salt distribution in a Vertisol. *Soil Science Society of America Journal*, 67 (3): 852-858.

Azooz, R. H., Arshad, M. A., 1997: Soil infiltration and hydraulic conductivity under long-term no-tillage and conventional tillage systems. *Can. J. Soil Sci.* 76: 143-152.

Bagarello, V., Ferro, V., 2007. Monitoring plot soil erosion and basin sediment yield at Sparacia experimental area. *Changing soil in a changing world: the soils of tomorrow*. ESSC, Palermo: 67 - 74.

Basic F., Kisic I., Mesic M., Nestroy O., Butorac A., 2004: Tillage and crop management effects on soil erosion in central Croatia. *Soil & Tillage Research* 78: 197-206.

Baumhard, R.L., Jones, O.R., 2002. Residue management and paratillage effects on some soil properties and rain infiltration. *Soil & Tillage Research* 65: 19-27.

Bazzoffi, P., Mbagwu, J.S.C., 1998: Soil characteristics related to resistance of breakown of dry soil aggregates by water-drops. *Soil Tillage Res.* 45: 133-145.

Benjamin, J.G., 1993: Tillage effects on near surface soil hydraulic properties. *Soil Tillage Res.* 26: 277-288.

Bradford, J.M., Chi-Hua, H., 1994: Interrill soil erosion as affected by tillage and residue cover. *Soil Tillage Res.* 31: 353-361.

Brady, N.C., Weil, R.R. 1999: *The nature and properties of soils*. 12th ed. Prentice Hall Inc., New Jersey, USA.

Brown, M.J., Carter, D.L., Lehrs, G.A., Sojka, R.E., 1995: Seasonal trends in furrow irrigation erosion in southern Idaho. *Soil Tech.* 8: 119-126.

Brown, L.C., Foster, G.R., Beasley, D.B., 1989: Rill erosion as affected by incorporated crop residue and seasonal consolidation. *Trans. ASAE* 32(6): 1967-1977.

Clark, R.L., Radcliffe, D.E., Langdale, G.W., Bruce, R.R., 1993. Soil strength and water infiltration as affected by paratillage frequency. *Trans. ASAE* 36, 1301 – 1305.

Dexter, A.R., 1988. Advances in characterization of soil structure. *Soil Tillage Res.* 11:199 - 238.

Díaz-Zorita, M., Perfect, E., Grove, J.H., 2002. Disruptive methods for assessing soil structure. *Soil Tillage Res.* 64: 3-22.

Franzluebbers, A.J., 2002. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil Tillage Res.* 66: 197–205.

Freebairn, D.M., Gupta, S.C., Onstad, C.A., Rawls, W.J., 1989: Antecedent rainfall and tillage effects upon infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53:1183-1189.

Hangen E., Buczko U., Bens O., Brunotte J., Hüttl R.F., 2002: Infiltration patterns into two soils under conventional and conservation tillage. *Soil & Tillage research*, 63: 181-186.

Hanna, H.M., Melvin, S.W., Pope, R.O., 1994. Tillage implement operational effects on residue cover. *Appl. Eng. Agric.*, 11: 205-210.

Heard, J.R., Klodivko, E.J., Mannering, J.V., 1988: Soil macroporosity, hydraulic conductivity and air permeability of silty soils under long –term conservation tillage in Indiana. *Soil Tillage Res.* 11: 1-18.

Horn, R., Dexter, A.R., 1989: Dynamics of soil aggregation in an irrigated desert loess. *Soil Tillage Res.* 13: 253-266.

Hubbard, R.K., Hagrove, W.L., Lowrance, R.R., Williams, R.G., 1994: Physical properties of a coastal plain soil as affected by tillage. *J. Soil Water Cons.* 49: 276-283.

Hudson, N.W., 1993. Field Measurement of soil erosion and runoff. United Kingdom: Silsoe Associates, 1993. 139 p.

Hůla, J. et al., 2010: Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí. VUZT v.v.i., Praha, 60 p.

Hůla, J., Abrahám, Z., Bauer, F., 1997: Zpracování půdy. Nakladatelství Brázda s.r.o., Praha, 144 p.

Hůla, J., Procházková, B. et al., 2008: Minimalizace zpracování půdy. Profi Press s.r.o., Praha, 248 p.

Chan, K.Y., Mead, J.A., 1989: Water movement and macroporosity of an Australian Alfisol under different tillage and pasture conditions. *Soil Tillage Res.* 14: 301-310.

Chiang, S.C., Radcliff, D.E., Miller, W.P., 1993: Comparison of Seal Hydraulic Properties Between Ultisols and Alfisols/Mollisols. *Catena supplement Cremlingen*: 47-54.

Imeson, A.C., Vis, M., 1984: Seasonal variations in soil erodibility under different land-use types in Luxembourg. *J. Soil Sci.* 35: 323-331.

Janeček, M. et al., 2002. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha, ISV, 200 p.

Janeček, M. et al., 2008: *Základy erodologie*. ČZU v Praze, Praha. 172 p.

Janeček, M., 2000. Způsoby omezení degradace půd erozí a systémy protierozní ochrany. ÚZPI, Praha, 217 p.

Johnson, R.R., 1988. Soil engaging tool effects on surface residue and roughness with chisel-type implements. Soil Sci. Soc. Am. J. 52, 237-243.

Karlen, D.L., Wollenhaupt, N.C., Erbach, D.C., 1994: Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn. Soil Tillage Res. 31: 149-167.

Kehl, M., 1997: Experimentelle Laboruntersuchungen zur Dynamik der Wassererosion verschieden texturierter Ackerböden Nordrhein-Westfalens. Bonner Bodenkundl. Abh., Band 21: 120 p.

Kinnel, P.I.A., 1993: Interrill erodibilities based on the rainfall intensity flow discharge erosivity factor. Aust. J. Soil Res. 31: 319-332.

Klik, A., Kaina, R., Badraoui, M., 2002. Desertification hazard in a mountainous ecosystem in the High Atlas Region. Morocco, 12th ISCO Conference, Beijing, 636-644.

Kováříček, P., Šindelář, R., Hůla, J., Kroulík, M., 2008. Measurement of water infiltration in soil using the rain simulation method. Research in Agricultural Engineering, Vol. 54, No. 3, 123-129.

Kvítek, T., Tipl, M., 2003. Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Praha, ÚZPI, 47 p.

Laften, J.M., Eliot, W.J., Simanton, J.R., Stolzhey, C.S., Khol, K.D., 1991: WEPP soil erodibility experiments for rangeland and cropland soils. J. Soil Water Conserv. 46: 39-44.

Lal, R., Mahboubi, A.A., Fausey, N.R., 1994: Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 517-522.

Lane, L.J., Shirley, E.D., Singh, V.P., 1988. Modelling erosion on hillslopes. In: Anderson, M. G. (ed.): Modelling geomorphological systems. New York, John Wiley Publ., 287–308.

Lattanzi, A.R., Meyer, I.D., Baugardner, M.F., 1974: Influence of mulch rate and slope steepness of interrill erosion. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 38: 946-950.

Le Bissonnais, Y., Bruand, A., 1993: Crust micromorphology and runoff generation on silty soil materials during different seasons. Soil surface sealing and crusting-Catena supplement 24: 1-16.

Leij, F.J., Ghezzehei, T.A., Or, D., 2002. Modelling the dynamics of the soil pore-size distribution. Soil & Tillage Res. 64 : 61 - 78.

Loch, R.J., Foley, J.L., 1994: Measurement of aggregate breakdown under rain: comparison with tests of water stability and relationships with field measurements of infiltration. Aust. J. Soil. Res. 32: 701-720.

Mc Intyre, D.S., 1985: Permeability measurement of soil crusts formed by rain drop impact, Soil Science 85: 185-189.

Meyer, L.D., Wischmeier, W.H., Foster, G.R., 1970: Mulch rates required for erosion control on steep slopes. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34: 982-991.

Misra, R.K., Rose, C.W., 1995: An examination of the relationship between erodibility-parameters and soil strength. Aust. J. Soil Res. 3: 715-732.

Morgan, R. P. C., 2005: Soil erosion and conservation. Third Edition. Blackwell Publishing company, Malden, USA. p. 304.

Moreno, F., Pelegrín, F., Fernández, J.E., Murillo, J.M., 1997: Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain. Soil Till. Res. 41: 24-42.

Nearing, M.A., Bradford, J.M., 1985: Single waterdrop splash detachment and mechanical properties of soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 547-552.

Nishimura, T., Nakano, M., Miyazaki, T., 1993: Properties of surface crusts of an andisol and their effects on soil-hydrological processes. *Catena supplement*:17-28.

Obi, M.E., Nnabude, P.C., 1981: The effect of different management practices on the physical properties of a sandy loam soil in southern Nigeria. *Soil Tillage Res.* 12: 81-90.

Or, D., Ghezzehei, T.A. 2002. Modelling post-tillage soil structural dynamics: a review. *Soil & Tillage Research* .64 : 41 - 59.

Páltik, J. et al., 2003. *Stroje pre rastlinnú výrobu – obrábanie pôdy, sejba*. SPU, Nitra, 241 p.

Pastorek, Z., 2002: *Zemědělská technika dnes a zítra*. Profi Press, Praha, 144 p.

Paustian, K., Collins, H.P., Paul, E.A., 1997. "Management controls on soil carbon." *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E. A. Paul, K. Paustian, E. T. Elliot, and C. V. Cole, eds. CRC Press, Boca Raton., 15-49.

Rasmussen, K.J., 1999: Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil Tillage Res.* 53: 3-14.

Reicosky, D.C., Lindstrom, M.J., Schumacher, T.E., Lobb, D.E., Malo, D.D., 2005. Tillage-induced CO₂ loss across an eroded landscape. *Soil Tillage Res.* 81, 183–194.

Roth, C.H., Eggert, T., 1994: Mechanismus of aggregate breakdown involved in surface sealing, runoff generation and sediment concentration on loess soils. *Soil Tillage Res.* 32: 253-268.

Roth, C.H., Eggert, T., 1994: Mechanismus of aggregate breakdown involved in surface sealing, runoff generation and sediment concentration on loess soils. *Soil Till. Res.* 32: 253-268.

Roth, C.H., Meyer, B., Frede, H.G., Derpsch, R., 1988: Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other soil physical properties of an Oxisol in Parana, Brazil. *Soil Tillage Res.* 11: 81-91.

Roth, C.H., Meyer, B., Frede, H.G., Derpsch, R., 1988: Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other soil physical properties of an Oxisol in Parana, Brazil. *Soil Tillage Res.* 11: 81-91.

Santos F.L., Reis J.L., Martins O.C., Castanheira N.L., Serralheiro R.P., 2003: Comparative Assessment of Infiltration, Runoff and Erosion of Sprinkler Irrigated Soils. *Biosystems Engineering* 86 (3): 355-364.

Shainberg.I.D., Goldstein, D., Levy, G.J., 1996: Rill erosion dependence on soil water content, aging, and temperature. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 916-922.

Shipitalo, M.J., Dick, W.A., Edwards, W.M., 2000: Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals. *Soil & Tillage Res.* 53: 167 - 183.

Tackett, J.L., Pearson, R.W., 1965: Some characteristics of soil crusts formed by simulated rainfall. *Soil Sci.* 99 (6): 407-413.

Tebrügge, R.A., Düring, R.A., 1999: Reducing tillage intensity - a review of results from a long-term study in Germany. *Soil Tillage Res.* 53: 15-28.

Terzoudi, Chr.B., Gemtos, T.A., Danalatos, N.G., Argyrokastritis, I., 2007. Applicability of an empirical runoff estimation method in central Greece. *Soil & Tillage Research*, 92: 198-212.

Tippl, M., Janeček, M., Bohuslávěk, J., Pivcová, J., 2001: Vliv půdní krusty na povrchový odtok a erozi. VÚMOP Praha 12: 127-136.

Titi, E.A., 2002: Soil tillage in agroecosystems. CRC press, U.S.A., 367 p.

Torri, D., Silanga, M., Del Sette, M., 1987: Splash detachment : runoff depth and soil erosion. Catena 14: 149-155.

Truman, C.C. - Shaw, J.N. - Reeves, D.W., 2005: Tillage effects on rainfall partitioning and sediment yield from an ultisol in central Alabama. Journal of Soil and Water conservation 60: 89-98.

Valla, M. et al., 2002: Pedologické praktikum. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, 151 p.

Voorhees, W.B., Lindstrom, M.J., 1984: Long term effects of tillage method on soil tilth independent of wheel traffic compaction. Aust. J. Exp. Agric. 26: 152-156.

Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. USDA Agric. Handb. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC., 79 p.

Zachar, D., 1970: *Erózia pôdy*. Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava, 528 p.

Zhang, X.C., Miller, W.P., 1993: The Effect of Drying on Runoff and Interrill Erosion of Crusted Soils. Catena supplement: 103-114.

Zhang, G.H., Liu, G.B., Zhang, P.C., 2014: Influence of vegetation parameters on runoff and sediment characteristics in patterned *Artemisia capillaris* plots , Journal of Arid Land. 6: 352-360.

11. Seznam obrázků

Obrázek 1- Postup vodní eroze dopadající kapkou. (Derpsch, et al. 1991)	15
Obrázek 2- Stružková eroze v porostu brambor.....	23
Obrázek 3 - Proudová eroze způsobená řekou Colorado River v Grand Canyonu (USA)	24
Obrázek 4- Satelitní snímek pokusného pozemku	31
Obrázek 5- Odtoková mikroparcelka se záchytnou plochou 0,16 m ²	33
Obrázek 6 - Meteostanice Vantage Vue.....	34
Obrázek 7 - Měření simulátorem deště	35
Obrázek 8 - Povrchový odtok při deštích ve třetí dekádě května a začátkem června 2010	37
Obrázek 9- Smyv zeminy při deštích ve třetí dekádě května a začátkem června 2010	37
Obrázek 10 - Povrchový odtok po dvou bouřkách v červnu 2010.....	38
Obrázek 11 - Smyv zeminy po bouřkách v červnu 2010	38
Obrázek 12 - Povrchový odtok po bouři 5. 7. 2010.....	39
Obrázek 13 - Smyv zeminy po bouři 5. 7. 2010	39
Obrázek 14 - Povrchový odtok po bouři 18. 7. 2010.....	40
Obrázek 15 - Smyv zeminy po bouři 18. 7. 2010	40
Obrázek 16 - Povrchový odtok po bouři z konce července 2010	41
Obrázek 17 - Smyv zeminy po bouři z konce července 2010.....	41
Obrázek 18 - Povrchový odtok pro bouřku ze začátku srpna 2010.....	42
Obrázek 19- Smyv zeminy pro bouřku ze začátku srpna 2010.....	42
Obrázek 20- Povrchový odtok při bouři ze 14. 8. 2010.....	43
Obrázek 21- Smyv zeminy při bouři ze 14. 8. 2010	43
Obrázek 22 - Povrchový odtok při bouři z 23. 8. 2010.....	44
Obrázek 23 - Smyv zeminy při bouři z 23. 8. 2010.....	44
Obrázek 24 - Povrchový odtok při bouři z 28. 8. 2010.....	45
Obrázek 25 - Smyv zeminy při bouři z 28. 8. 2010.....	45
Obrázek 26 - Průběh měření simulátorem deště varianty u 1 v roce 2010	46
Obrázek 27 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 2 v roce 2010	47
Obrázek 28 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 3 v roce 2010	48
Obrázek 29 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 4 v roce 2010	49
Obrázek 30 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 5 v roce 2010	49
Obrázek 31- Průběh měření simulátorem deště varianty u 6 v roce 2010	50
Obrázek 32 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 7 v roce 2010	51
Obrázek 33 - Povrchový odtok pro dešť z 27. 5. 2011	53
Obrázek 34 - Smyv zeminy pro dešť z 27. 5. 2011.....	53
Obrázek 35 - Povrchový odtok pro bouřku z 31. 5. 2011	54
Obrázek 36 - Smyv zeminy pro bouřku z 31. 5. 2011	54
Obrázek 37 - Povrchový odtok pro trojici přeháněk z června 2011.....	55
Obrázek 38 - Smyv zeminy pro trojici přeháněk z června 2011	55
Obrázek 39 - Povrchový odtok pro deště z druhé dekády června 2011	56
Obrázek 40 - Smyv zeminy pro deště z druhé dekády června 2011	56
Obrázek 41 - Povrchový odtok pro bouřku z 22. 6. 2011	57

Obrázek 42 - Smyv zeminy pro bouřku z 22. 6. 2011	57
Obrázek 43 - Povrchový odtok pro deště z první dekády července 2011	58
Obrázek 44 - Smyv zeminy pro deště z první dekády července 2011	58
Obrázek 45- Povrchový odtok pro deště z 21. 7. 2011	59
Obrázek 46 - Smyv zeminy pro deště z 21. 7. 2011.....	59
Obrázek 47 - Povrchový odtok pro deště z přelomu července a srpna	60
Obrázek 48 - Smyv zeminy pro deště z přelomu července a srpna.....	60
Obrázek 49 - Povrchový odtok pro deště z poloviny srpna	61
Obrázek 50 - Smyv zeminy pro deště z poloviny srpna.....	61
Obrázek 51 - Povrchový odtok pro přeháňky z konce srpna 2011	62
Obrázek 52 - Smyv zeminy pro přeháňky z konce srpna 2011.....	62
Obrázek 53 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 1 v roce 2011	63
Obrázek 54 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 2 v roce 2011	64
Obrázek 55 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 3 v roce 2011	65
Obrázek 56 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 4 v roce 2011	66
Obrázek 57 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 5 v roce 2011	67
Obrázek 58 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 6 v roce 2011	68
Obrázek 59 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 7 v roce 2011	69
Obrázek 60 - Kumulativní odtok jednotlivých variant při měření 9. 6. 2011	70
Obrázek 61- Povrchový odtok pro dvě bouřky z počátku května 2012	71
Obrázek 62 - Smyv zeminy pro dvě bouřky z počátku května 2012	71
Obrázek 63 - Povrchový odtok při bouřce z přelomu května a června 2012	72
Obrázek 64 - Smyv zeminy při bouřce z přelomu května a června 2012	72
Obrázek 65 - Povrchový odtok pro deště z poloviny června	73
Obrázek 66 - Smyv zeminy pro deště z poloviny června.....	73
Obrázek 67 - Povrchový odtok pro deště z třetí dekády června.....	74
Obrázek 68 - Smyv zeminy pro deště z třetí dekády června.....	74
Obrázek 69 - Povrchový odtok pro přívalový déšť z počátku července	75
Obrázek 70 - Smyv zeminy pro přívalový déšť z počátku července.....	75
Obrázek 71- Povrchový odtok při bouřce z 10. 7. 2012.....	76
Obrázek 72 - Smyv zeminy při bouřce z 10. 7. 2012.....	76
Obrázek 73 - Povrchový odtok pro deště 14. - 17. 7. 2012.....	77
Obrázek 74 - Smyv zeminy pro deště 14. -17. 7. 2012.....	77
Obrázek 75 - Povrchový odtok při bouřce z konce července 2012.....	78
Obrázek 76 - Smyv zeminy při bouřce z konce července 2012	78
Obrázek 77 - Povrchový odtok pro deště z konce srpna 2012	79
Obrázek 78 - Smyv zeminy pro deště z konce srpna 2012	79
Obrázek 79 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 1 v roce 2012	80
Obrázek 80 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 2 v roce 2012	81
Obrázek 81 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 3 v roce 2012	82
Obrázek 82 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 4 v roce 2012	83
Obrázek 83 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 5 v roce 2012	84
Obrázek 84 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 6 v roce 2012	85
Obrázek 85 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 7 v roce 2012	86

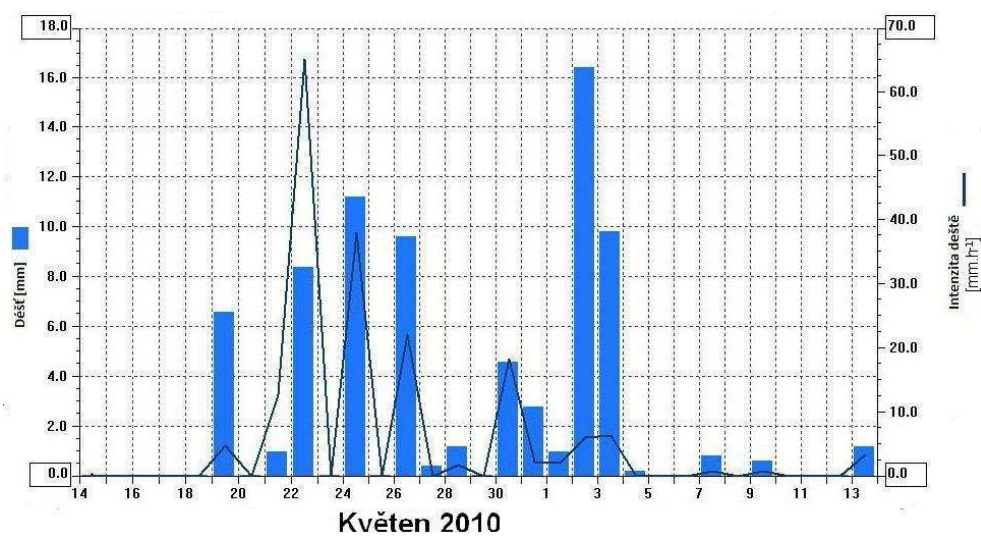
Obrázek 86 - Kumulativní odtok jednotlivých variant v roce 2012.....	87
Obrázek 87 - Povrchový odtok při bouřce z 10. května 2013.....	89
Obrázek 88 - Smyv zeminy při bouřce z 10. května 2013	89
Obrázek 89 - Povrchový odtok při bouřce z 29. července 2013	90
Obrázek 90 - Smyv zeminy při bouřce z 29. července 2013.....	90
Obrázek 91 - Povrchový odtok při bouřce ze 4. srpna 2013	91
Obrázek 92 - Smyv zeminy při bouřce ze 4. srpna 2013	91
Obrázek 93 - Povrchový odtok při bouřce z 8. srpna 2013.....	92
Obrázek 94 - Smyv zeminy při bouřce z 8. srpna	92
Obrázek 95 - Povrchový odtok pro deště z konce srpna 2013	93
Obrázek 96 - Smyv zeminy pro deště z konce srpna 2013	93
Obrázek 97 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 1 v roce 2013	94
Obrázek 98 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 2 v roce 2013	95
Obrázek 99 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 3 v roce 2013	96
Obrázek 100 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 4 v roce 2013	97
Obrázek 101 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 5 v roce 2013	98
Obrázek 102 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 6 v roce 2013	99
Obrázek 103 - Průběh měření simulátorem deště u varianty 7 v roce 2013	100
Obrázek 104- Kumulativní odtok jednotlivých variant v roce 2013.....	101
Obrázek 105- Simulátor deště vyvinutý na KZS.....	108

12. Přílohy

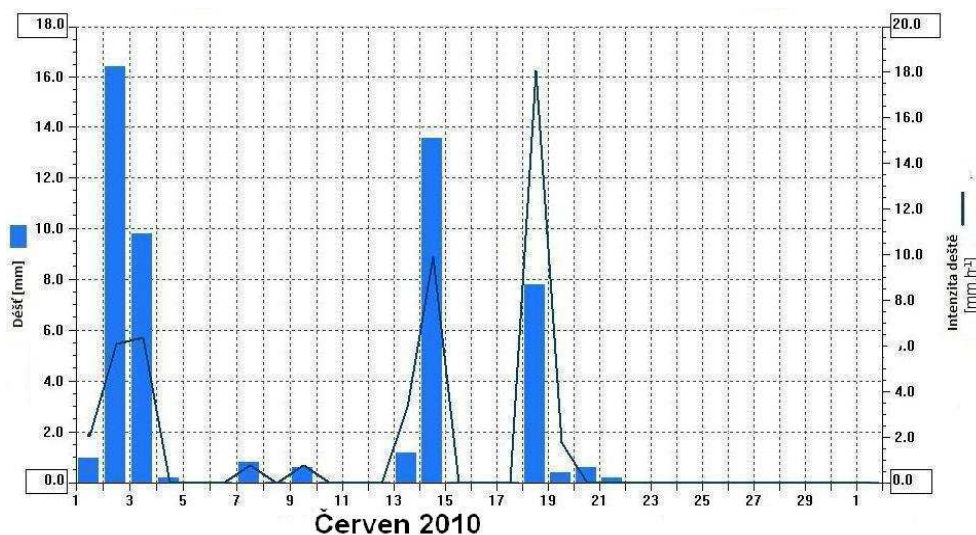
Příloha I

V této příloze jsou uvedeny výsledky měření meteorologických veličin. Uváděné veličiny jsou dešť [mm] a intenzita srážek [mm.h⁻¹]. Výsledky jsou uvedeny pro měsíce, v nichž došlo k výsledku erozních událostí.

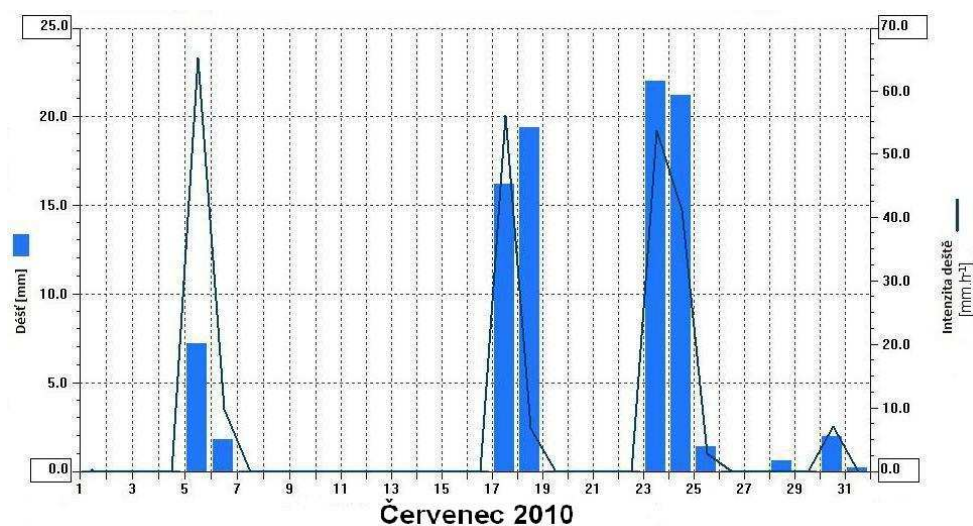
I. I Měření meteorologických veličin v roce 2010



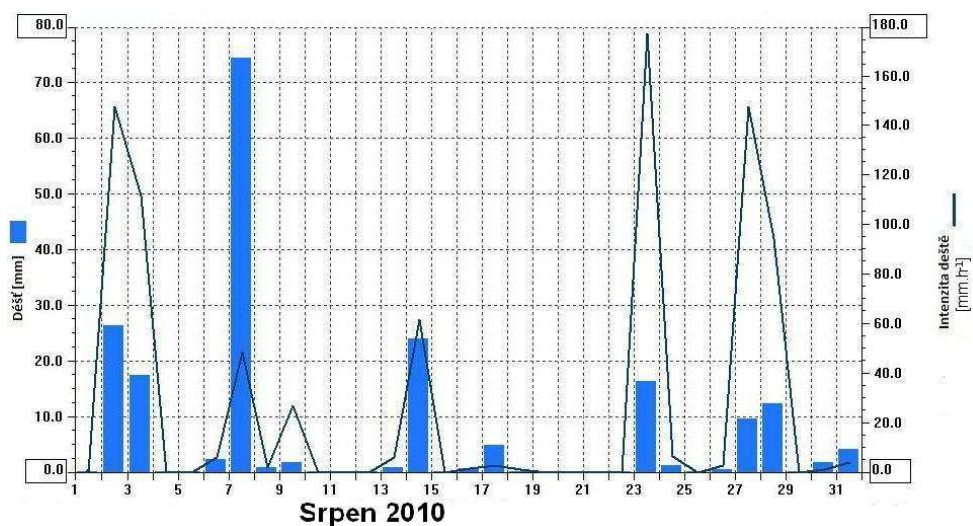
Průběh a intenzita srážek v květnu 2010



Průběh a intenzita srážek v červnu 2010

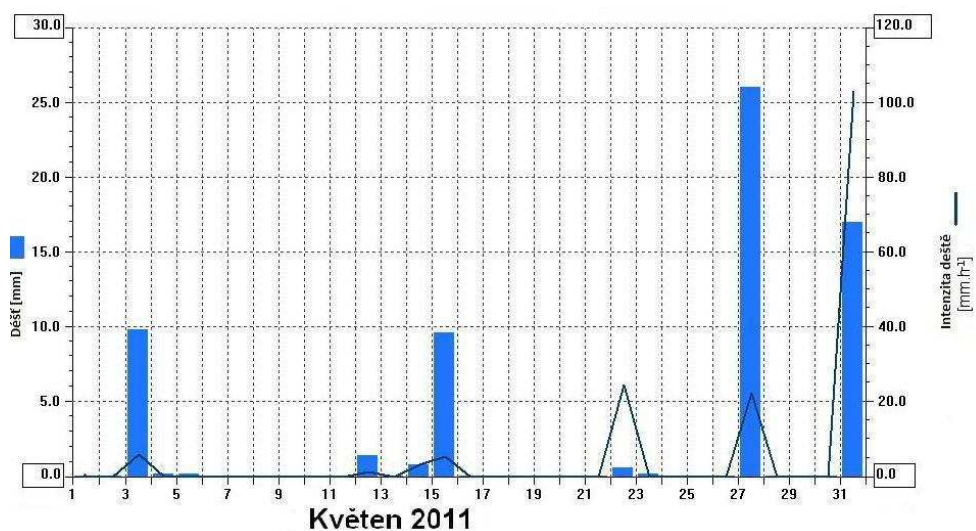


Průběh a intenzita srážek v červenci 2010

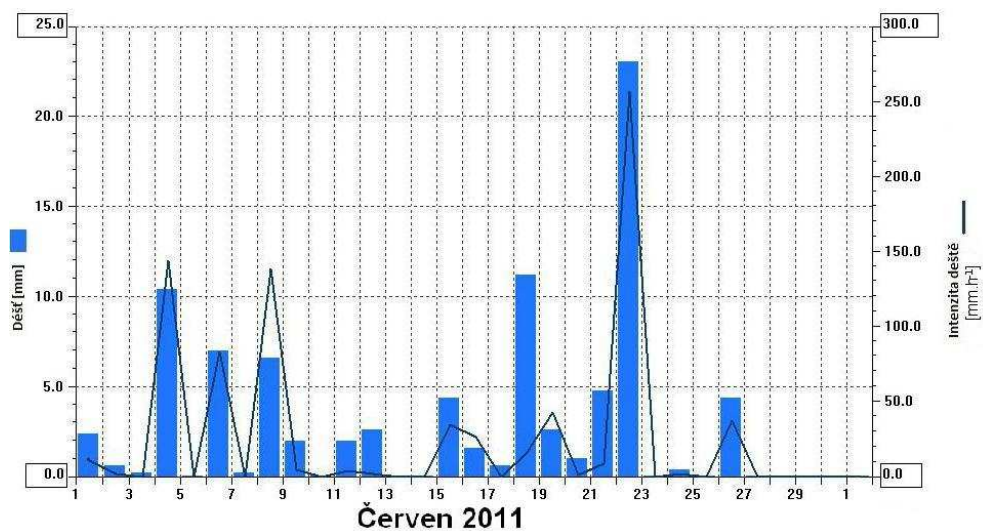


Průběh a intenzita srážek v srpnu 2010

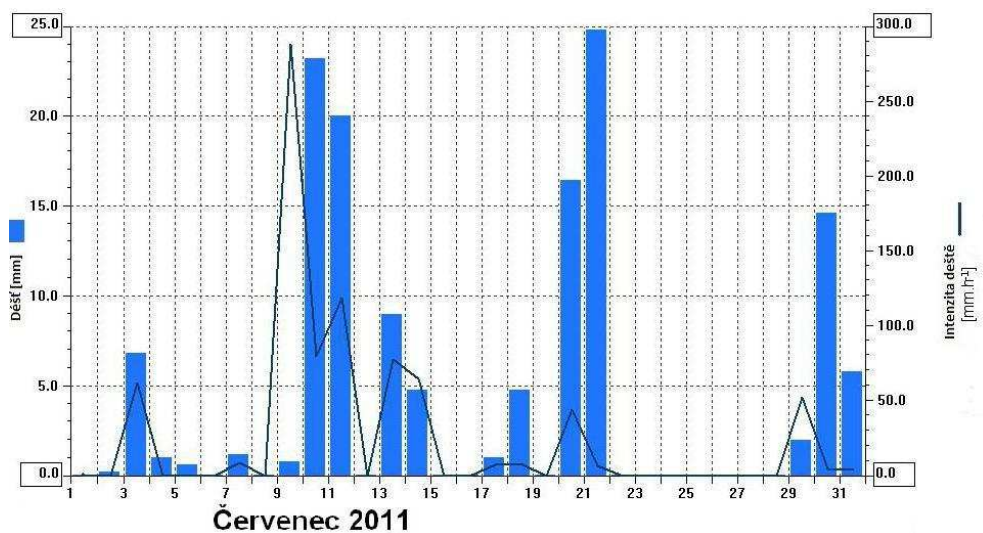
I. II Měření meteorologických veličin v roce 2011



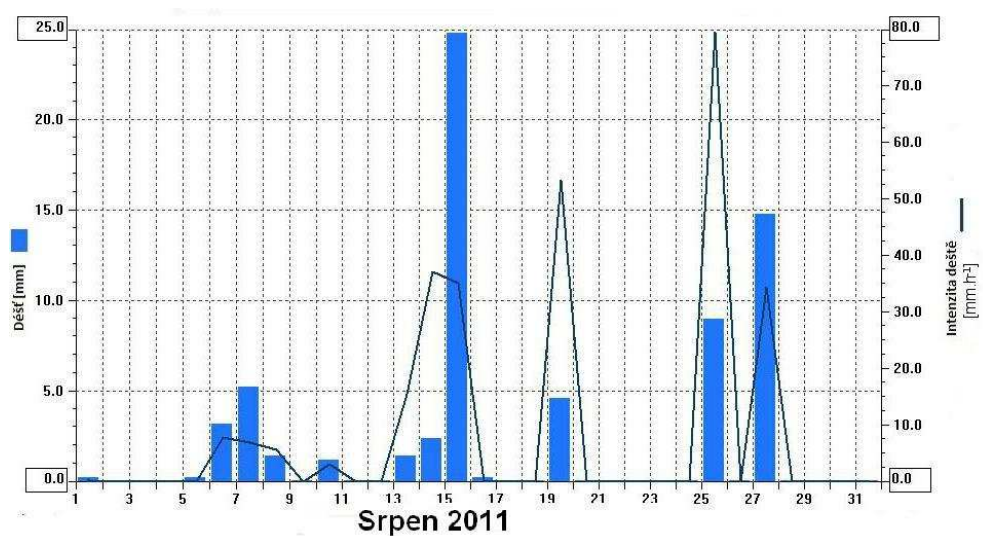
Průběh a intenzita srážek v květnu 2011



Červen 2011
Průběh a intenzita srážek v červnu 2011

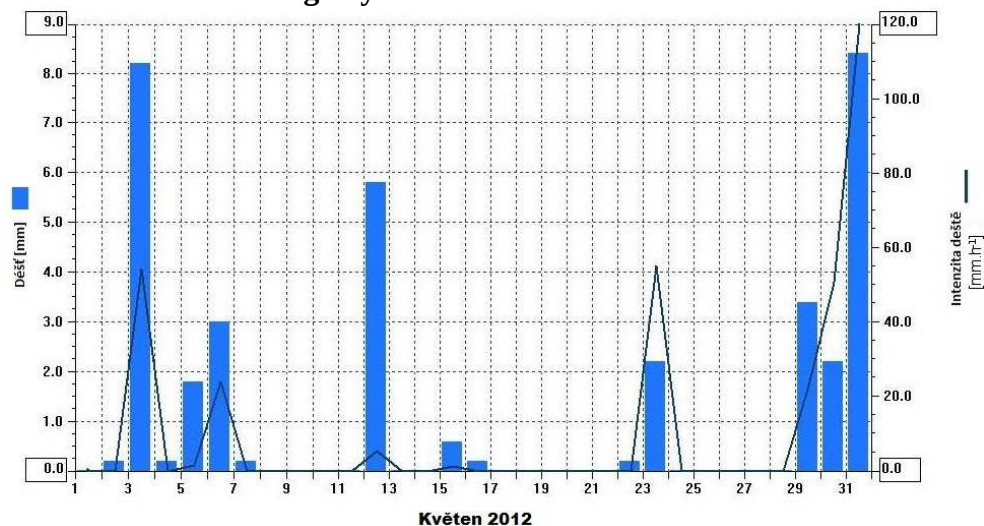


Červenec 2011
Průběh a intenzita srážek v červenci 2011

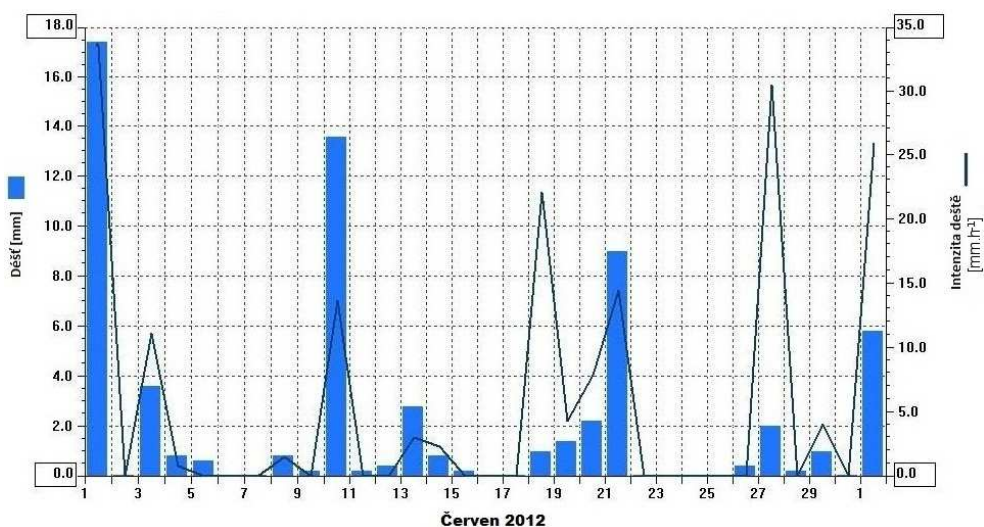


Srpen 2011
Průběh a intenzita srážek v srpnu 2011

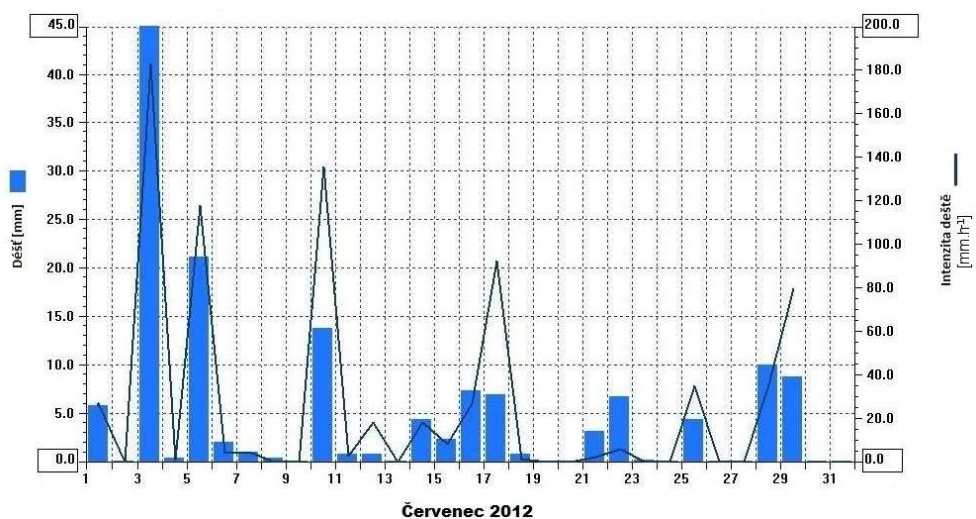
I. III Měření meteorologických veličin v roce 2012



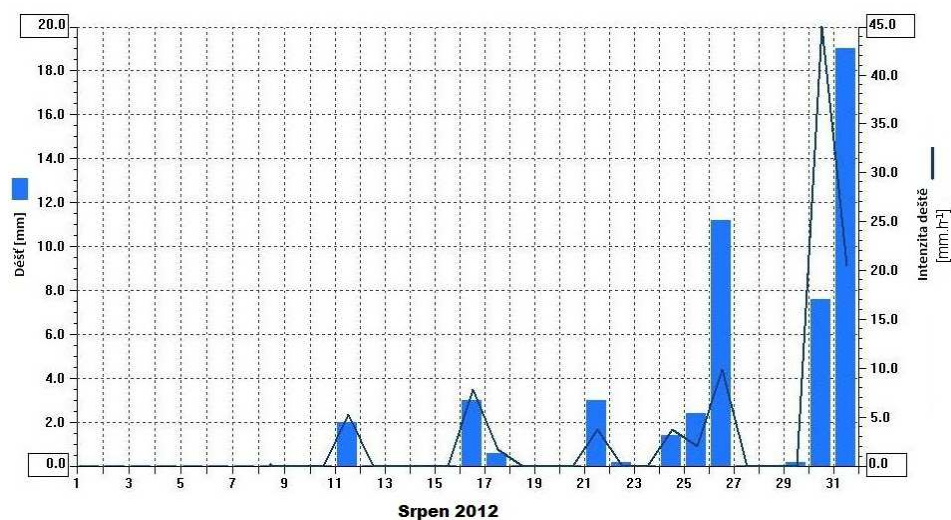
Průběh a intenzita srážek v květnu 2012



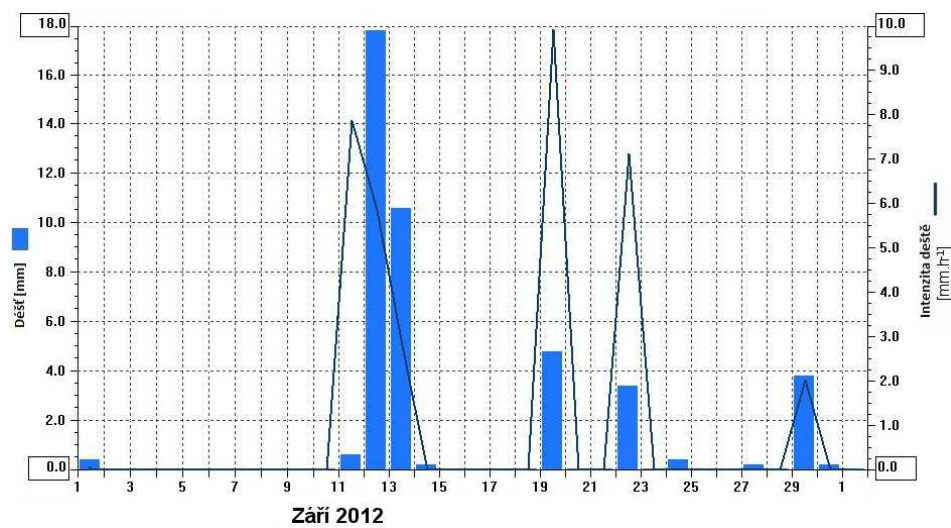
Průběh a intenzita srážek v červnu 2012



Průběh a intenzita srážek v červenci 2012

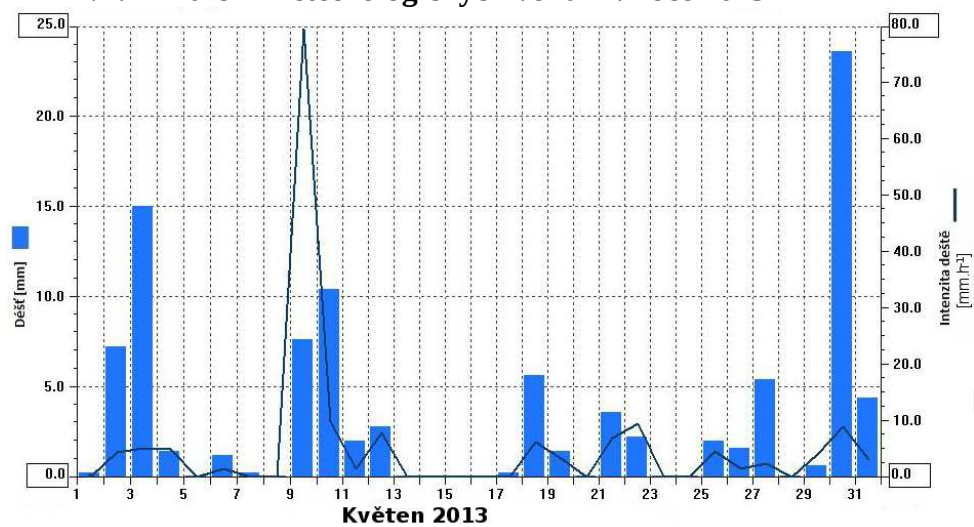


Průběh a intenzita srážek v srpnu 2012

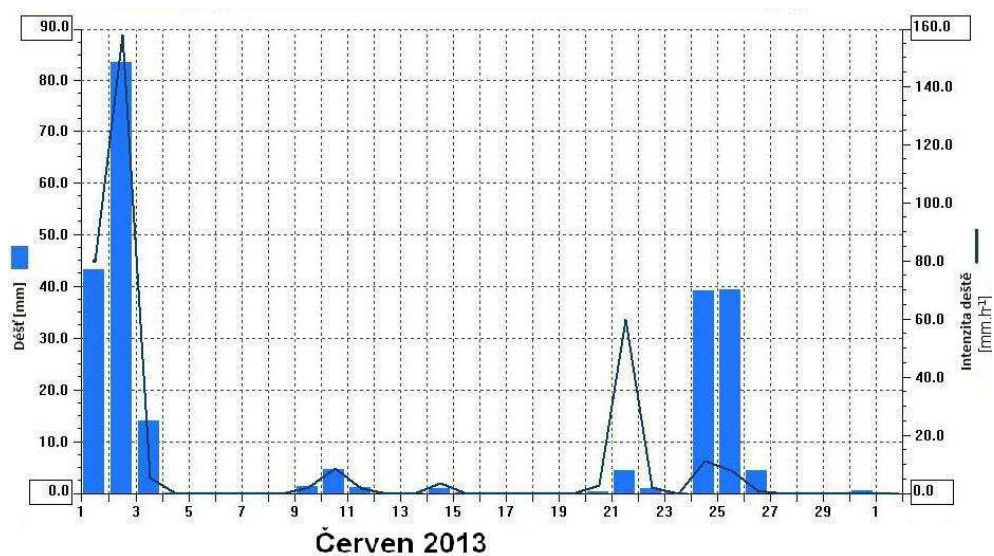


Průběh a intenzita srážek v září 2012

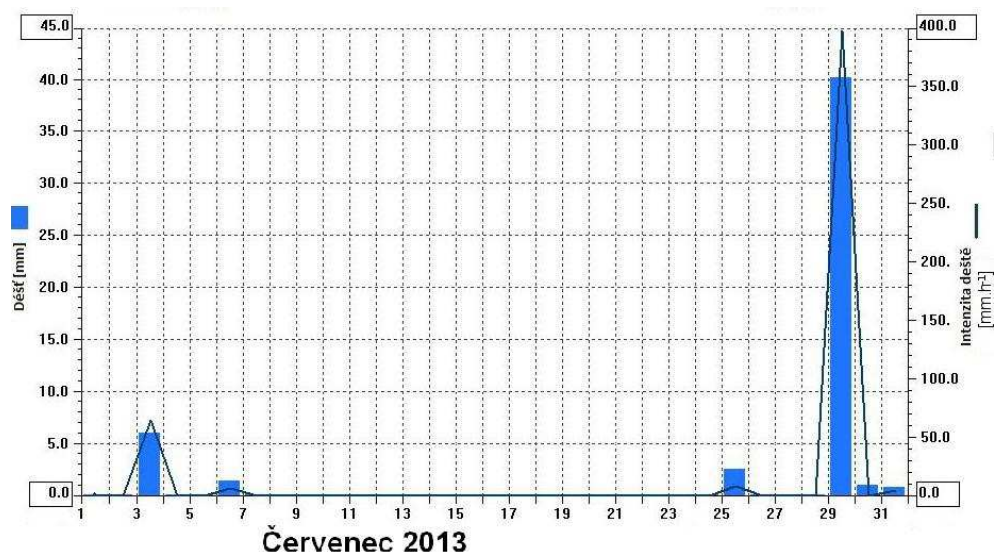
I.IV Měření meteorologických veličin v roce 2013



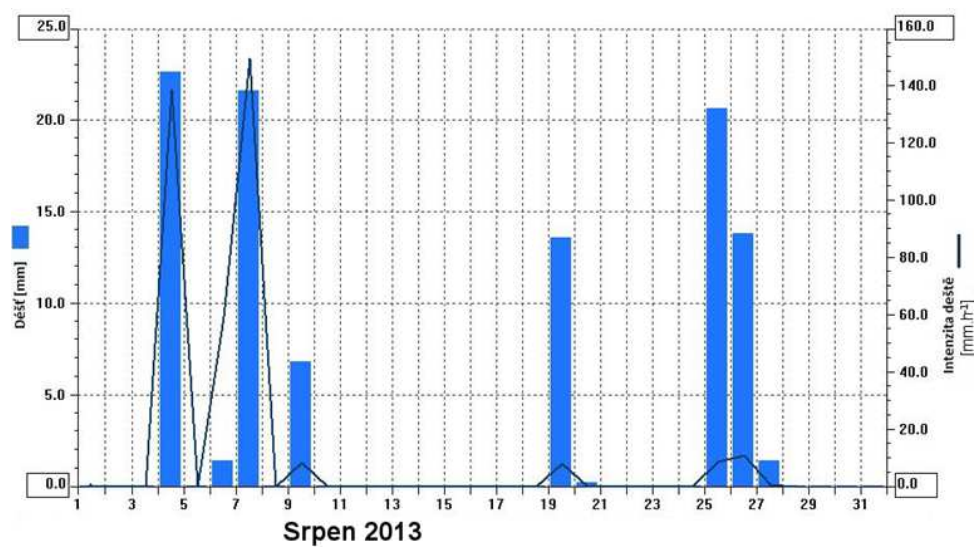
Průběh a intenzita srážek v květnu 2013



Průběh a intenzita srážek v červnu 2013



Průběh a intenzita srážek v červenci 2013



Průběh a intenzita srážek v srpnu 2013

Příloha II

Součástí přílohy II jsou výsledky měření fyzikálních vlastností půdy.

II. I: Fyzikální vlastnosti půdy v roce 2010

V Tabulce I jsou uvedeny vybrané fyzikální vlastnosti půdy v roce 2010. Měření proběhlo 27. 5. 2010. Jak je vidět z naměřených hodnot, rozdíly mezi variantami byly minimální. V tomto případě nelze mluvit o příznivém vlivu bezorebných technologií na zvýšení pórovitosti, ani o snížení objemové hmotnosti redukované. Rovněž je patrný stálý vliv makropórů vytvořených během podzimní orby a také vliv jarního kypření půdy. Naměřené fyzikální vlastnosti korespondují se závěry z měření erozních veličin. Je nutné podotknout, že měření mohlo být ovlivněno i kamenitostí pozemku.

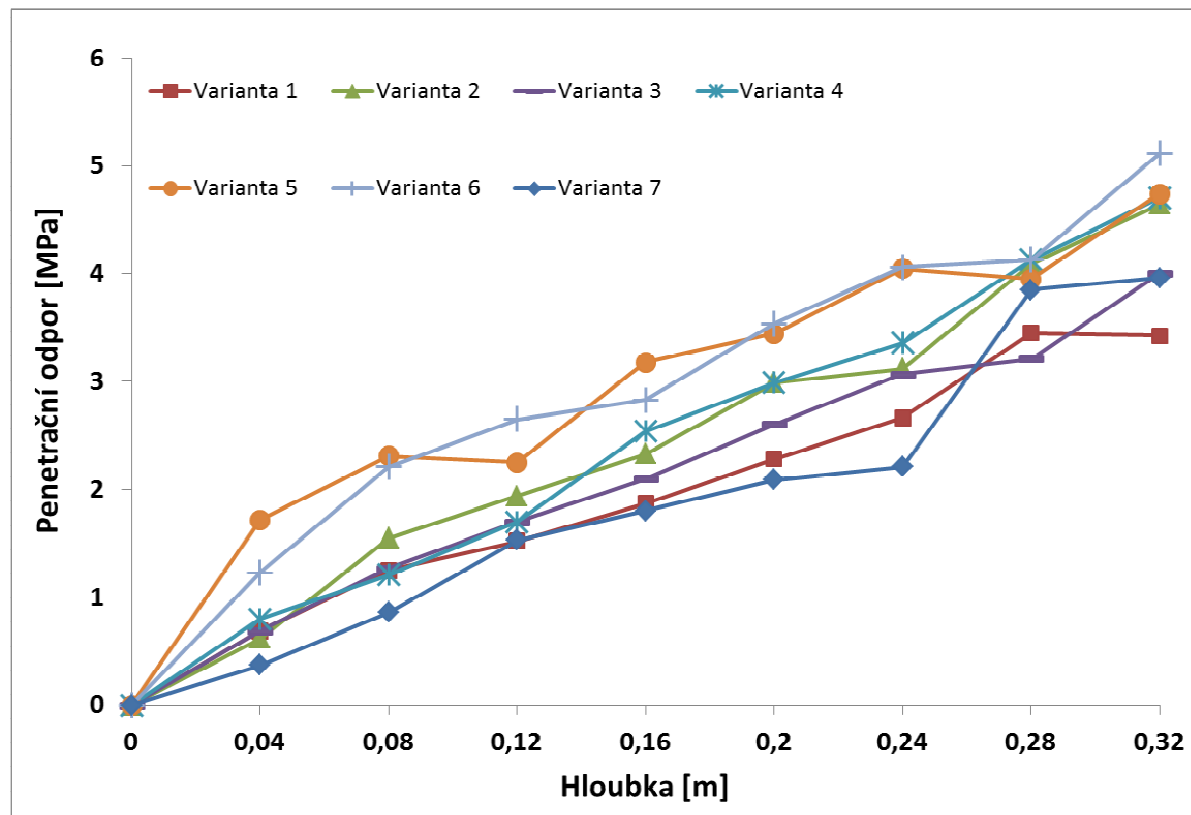
Tab. I- Vybrané fyzikální vlastnosti půdy v roce 2010

Datum	Varianta	Hloubka [m]	Pórovitost [%]	Obj. hm. redukována [g.cm ⁻³]
27.5.2010	1	0,05-0,1	39,90	1,53
		0,1-0,15	41,99	1,48
		0,15-0,2	43,44	1,44
	2	0,05-0,1	38,63	1,54
		0,1-0,15	41,23	1,48
		0,15-0,2	40,97	1,46
	3	0,05-0,1	42,78	1,41
		0,1-0,15	43,22	1,45
		0,15-0,2	42,32	1,47
	4	0,05-0,1	37,04	1,57
		0,1-0,15	38,51	1,47
		0,15-0,2	42,41	1,61
	5	0,05-0,1	40,99	1,59
		0,1-0,15	37,90	1,58
		0,15-0,2	40,86	1,51
	6	0,05-0,1	39,58	1,53
		0,1-0,15	43,45	1,44
		0,15-0,2	42,05	1,48
	7	0,05-0,1	42,25	1,47
		0,1-0,15	37,15	1,60
		0,15-0,2	39,04	1,55

Měření penetrometrem proběhlo 1. 6. 2010 v rámci přípravy na simulování dešťových srážek. V tabulce II a příslušném grafu jsou vyjádřeny hodnoty penetračního odporu pro jednotlivé varianty. Vzhledem k mělkému půdnímu profilu bylo měření provedeno do poměrně malé hloubky. Bylo provedeno značné množství měření pro maximální omezení vlivu kamenitosti pozemku a data byla následně ošetřena příslušnými statistickými metodami. I přes to, nelze vliv kamenitosti vyloučit. Mezi variantami je patrný trend nižších hodnot penetračního odporu pro orané varianty (1,2,3 a 7) oproti bezorebným (4,5,6). To platí zejména na hloubku zpracování půdy. Ve větší hloubce jsou rozdíly minimální.

Tab. II- Hodnoty penetračního odporu [MPa] v roce 2010

Varianta	Hloubka [m]								
	0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2	0,24	0,28	0,32
1	0	0,69	1,25	1,52	1,87	2,29	2,67	3,45	3,43
2	0	0,62	1,55	1,94	2,33	2,99	3,12	4,09	4,65
3	0	0,69	1,27	1,70	2,10	2,61	3,07	3,21	4,00
4	0	0,80	1,21	1,70	2,54	2,99	3,36	4,13	4,70
5	0	1,72	2,31	2,25	3,18	3,45	4,05	3,95	4,74
6	0	1,23	2,21	2,65	2,83	3,54	4,06	4,13	5,11
7	0	0,37	0,86	1,53	1,80	2,09	2,21	3,85	3,96



Penetrační odpor jednotlivých variant při měření 1. 6. 2010

II. II: Fyzikální vlastnosti půdy v roce 2011

Odběr neporušených půdních vzorků se uskutečnil 24. 5. 2011. Opětovně byl proveden pro 3 hloubky. V Tabulce III jsou uvedeny průměrné hodnoty vybraných fyzikálních vlastností půdy pro jednotlivé varianty. Z hodnot je patrné nepatrné zvýšení pórovitosti a snížení objemové hmotnosti redukované u variant bezorebných (4,5,6) ve vztahu k oraným variantám (1,2,3,7). Nicméně v případě využití běžných statistických metod jsou rozdíly pod hranicí statistické významnosti. Trendem je však postupné zvyšování pórovitosti a snižování objemové hmotnosti redukované u bezorebných variant. U varianty 6 je dobře patrný vliv rostlin vymrzající meziplodiny (hořčice bílá) na vybrané půdní vlastnosti zejména v povrchové vrstvě.

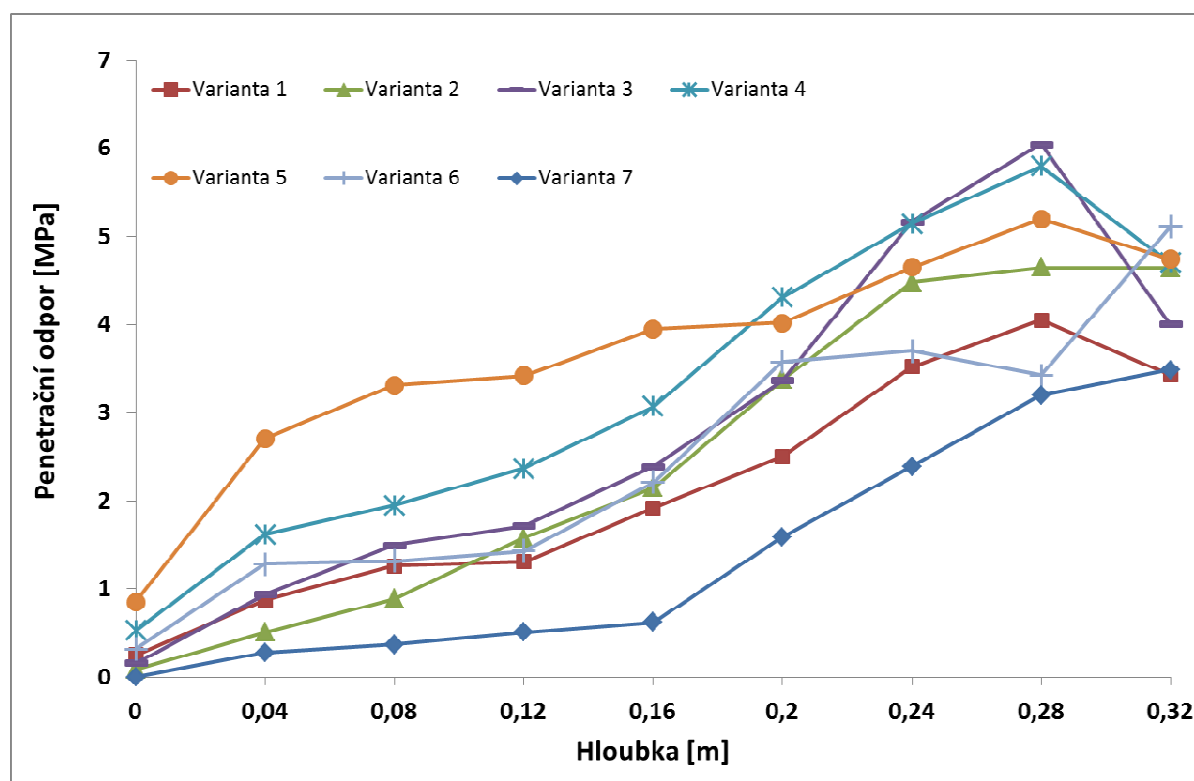
Tab. III- Vybrané fyzikální vlastnosti půdy v roce 2011

Datum	Varianta	Hloubka [m]	Pórovitost [%]	Obj. hm. redukována [g.cm ⁻³]
24.5.2011	1	0,05-0,1	37,56	1,54
		0,1-0,15	39,47	1,52
		0,15-0,2	40,18	1,48
	2	0,05-0,1	39,12	1,51
		0,1-0,15	36,64	1,56
		0,15-0,2	42,9	1,51
	3	0,05-0,1	38,33	1,45
		0,1-0,15	37,24	1,55
		0,15-0,2	36,14	1,49
	4	0,05-0,1	40,27	1,48
		0,1-0,15	42,79	1,42
		0,15-0,2	43,06	1,40
	5	0,05-0,1	43,92	1,47
		0,1-0,15	42,44	1,41
		0,15-0,2	41,62	1,47
	6	0,05-0,1	44,12	1,51
		0,1-0,15	40,76	1,47
		0,15-0,2	42,25	1,44
	7	0,05-0,1	37,58	1,62
		0,1-0,15	38,34	1,65
		0,15-0,2	35,74	1,52

Měření registračním penetrem se uskutečnilo rovněž 24. 5. 2011. Výsledky měření jsou uvedeny v Tabulce IV a graficky jsou vyjádřeny v grafu. Výsledky potvrzují závěry z měření metodou odběru neporušených půdních vzorků. Je patrné dílčí snížení penetračního odporu u bezorebných variant. Nejvíce to platí u varianty 6, kde je znatelný pozitivní vliv rostlin vymrzající mezplodiny. Nižší hodnoty opětovně vykazují hodnoty využívající orbu. To platí opětovně zejména pro hloubku do 0,2 m. Naopak varianta 5 (přímé setí ovsu) vykazuje vysoké hodnoty i v nízkých hloubkách. Na měřené hodnoty penetračního odporu měly vliv i rozdílné vlhkostní podmínky jednotlivých variant.

Tab. IV- Hodnoty penetračního odporu [MPa] v roce 2011

Varianta	Hloubka [m]								
	0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2	0,24	0,28	0,32
1	0,25	0,87	1,26	1,31	1,92	2,50	3,52	4,05	3,43
2	0,09	0,51	0,89	1,58	2,15	3,38	4,48	4,65	4,65
3	0,16	0,94	1,50	1,72	2,39	3,37	5,17	6,05	4,00
4	0,53	1,62	1,95	2,37	3,07	4,31	5,15	5,80	4,70
5	0,85	2,71	3,31	3,42	3,95	4,02	4,65	5,20	4,74
6	0,32	1,28	1,32	1,43	2,21	3,58	3,70	3,43	5,11
7	0	0,28	0,37	0,51	0,62	1,59	2,39	3,20	3,49



Penetrační odpor jednotlivých variant při měření 24. 5. 2011

II. III: Fyzikální vlastnosti půdy v roce 2012

Odběr neporušených půdních vzorků se uskutečnil 28. 5. 2012. Podmínky měření zůstaly zachovány jako v předcházejících sezonách. V Tabulce V jsou uvedeny průměrné hodnoty pórovitosti a objemové hmotnosti redukované pro jednotlivé varianty. Z hodnot je patrné nepatrné zvýšení pórovitosti a snížení objemové hmotnosti redukované u variant bezorebných (4,5,6) ve vztahu k oraným variantám (1,2,3,7). Rozdíly jsou oproti předcházející sezoně měření výraznější. Nejvyšších hodnot pórovitosti dosáhla varianta 6. Opětovně je to nejspíše důsledek vymrzající meziplodiny. Vliv na fyzikální vlastnosti půdy mohly mít i silné holomrazy z února roku 2012. Opět je třeba připomenout vysokou kamenitost pozemku, která může ovlivnit všechna měření fyzikálních vlastností půdy.

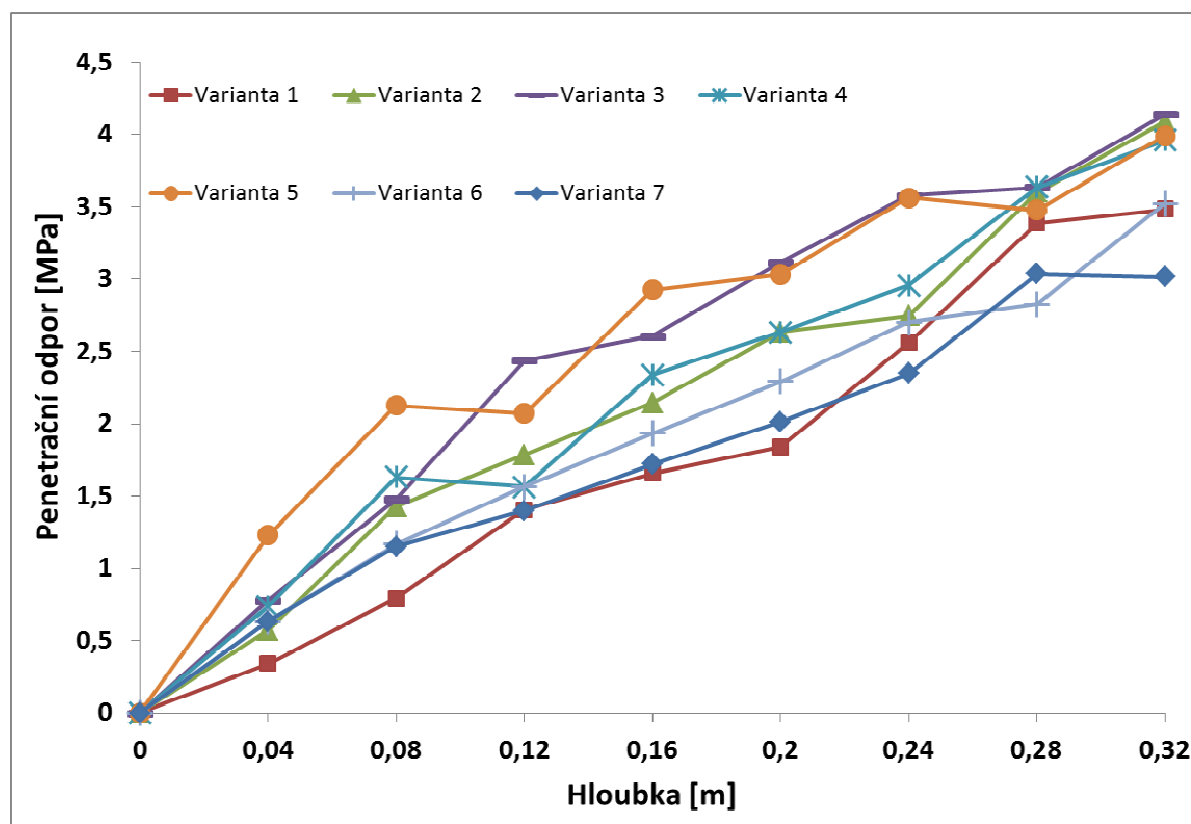
Tab. V- Vybrané fyzikální vlastnosti půdy v roce 2012

Datum	Varianta	Hloubka [m]	Pórovitost [%]	Obj. hm. redukována [g.cm ⁻³]
28.5.2012	1	0,05-0,1	37,04	1,57
		0,1-0,15	38,51	1,47
		0,15-0,2	42,41	1,61
	2	0,05-0,1	40,99	1,59
		0,1-0,15	37,90	1,58
		0,15-0,2	40,86	1,51
	3	0,05-0,1	38,63	1,54
		0,1-0,15	41,23	1,48
		0,15-0,2	40,97	1,52
	4	0,05-0,1	42,98	1,44
		0,1-0,15	44,24	1,47
		0,15-0,2	41,64	1,42
	5	0,05-0,1	44,87	1,46
		0,1-0,15	41,10	1,48
		0,15-0,2	39,40	1,56
	6	0,05-0,1	43,45	1,44
		0,1-0,15	42,05	1,48
		0,15-0,2	42,25	1,44
	7	0,05-0,1	37,15	1,60
		0,1-0,15	36,64	1,58
		0,15-0,2	39,04	1,55

Měření registračním penetrometrem se uskutečnilo 1. 6. 2012. Výsledky měření jsou uvedeny v Tabulce VI a v příslušném grafu. Výsledky opětovně potvrzují závěry z měření metodou odběru neporušených půdních vzorků. Je patrné snížení hodnot penetračního odporu zejména u varianty 6 (kukuřice setá do vymrzající meziplodiny). Opětovně je znatelný pozitivní vliv rostlin vymrzající meziplodiny. Nižší hodnoty opětovně vykazují hodnoty využívající orbu, zejména pro hloubky do 0,24 m. Naopak varianta 5 (oves- přímé setí) opětovně vykazuje vysoké hodnoty i v nízkých hloubkách. Na měřené hodnoty penetračního odporu mohly mít vliv i silné holomrazy z února roku 2012.

Tab. VI- Hodnoty penetračního odporu [MPa] v roce 2012

Varianta	Hloubka [m]								
	0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2	0,24	0,28	0,32
1	0	0,34	0,79	1,41	1,66	1,84	2,56	3,39	3,48
2	0	0,57	1,43	1,78	2,14	2,63	2,75	3,60	4,09
3	0	0,78	1,48	2,44	2,60	3,12	3,58	3,63	4,14
4	0	0,74	1,63	1,56	2,34	2,63	2,96	3,64	3,96
5	0	1,23	2,13	2,07	2,93	3,03	3,56	3,48	3,99
6	0	0,63	1,17	1,56	1,93	2,29	2,70	2,82	3,52
7	0	0,63	1,15	1,40	1,72	2,01	2,35	3,04	3,02



Penetrační odpor jednotlivých variant při měření 1. 6. 2012

II. IV: Fyzikální vlastnosti půdy v roce 2013

Odběr neporušených půdních vzorků se uskutečnil 11. 6. 2013. Opětovně byly odebrány neporušené půdní vzorky v třech hloubkách. V Tabulce VII jsou uvedeny průměrné hodnoty pórovitosti a objemové hmotnosti redukované pro jednotlivé varianty a hloubky. Byl opětovně potvrzen trend z předcházejících měření. Je možné vyslovit závěr o postupné změně fyzikálních vlastností půdy zejména u bezorebných variant. Ta spočívá ve zvýšení pórovitosti a snížení objemové hmotnosti redukované. Pro objemovou hmotnost platí, že hodnoty z roku 2013 byly celkově nejvyšší za všechny sezony měření. To bylo pravděpodobně způsobeno vytrvalými dešti, které způsobily vyplavování jemných půdních částic. Rovněž vlhkostní podmínky při měření mohly způsobit ovlivnění výsledků.

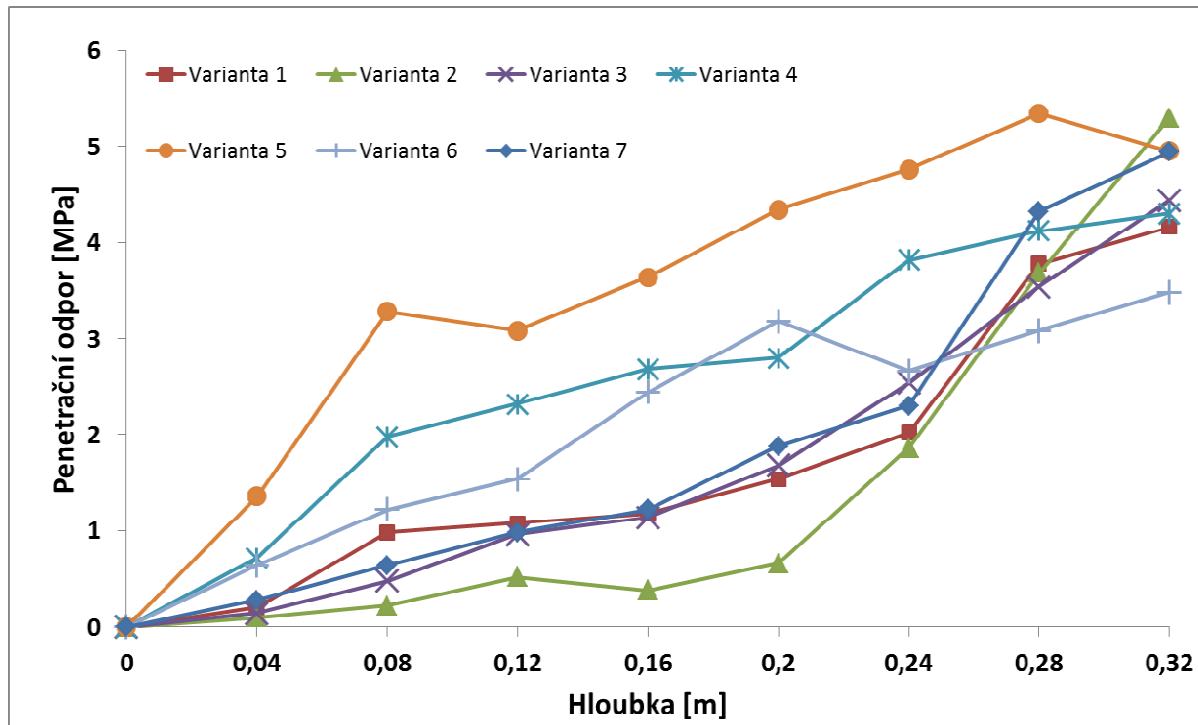
Tab. VII- Vybrané fyzikální vlastnosti půdy v roce 2013

Datum	Varianta	Hloubka [m]	Pórovitost [%]	Obj. hm. redukováná [g.cm ⁻³]
11.6.2013	1	0,05-0,1	37,50	1,62
		0,1-0,15	39,48	1,57
		0,15-0,2	40,84	1,53
	2	0,05-0,1	36,31	1,63
		0,1-0,15	38,76	1,57
		0,15-0,2	38,51	1,61
	3	0,05-0,1	40,21	1,49
		0,1-0,15	40,62	1,53
		0,15-0,2	39,78	1,56
	4	0,05-0,1	40,01	1,52
		0,1-0,15	41,59	1,50
		0,15-0,2	45,80	1,54
	5	0,05-0,1	41,81	1,49
		0,1-0,15	41,20	1,48
		0,15-0,2	41,67	1,54
	6	0,05-0,1	40,37	1,48
		0,1-0,15	44,32	1,47
		0,15-0,2	42,90	1,51
	7	0,05-0,1	39,71	1,56
		0,1-0,15	34,92	1,70
		0,15-0,2	36,70	1,65

Měření penetrometrem proběhlo 11. 6. 2013. Výsledky měření penetračního odporu kopírují trend předcházejících měření. V hloubce 0,24 m je u oraných variant patrné prudké zvýšení hodnot penetračního odporu, zřejmě se jedná o zhutnění pod hloubkou zpracování. Naopak u varianty 6 (kukuřice setá do vymrzající meziplodiny je vidět příznivý efekt rostlin meziplodiny i ve větších hloubkách. Nejvyšší hodnoty i v povrchové vrstvě opětovně vykazala varianta 5 (oves- přímé setí). Naměřené hodnoty mohly ovlivnit i vydatné deště z přelomu května. Vlhkostní podmínky jednotlivých variant byly rozdílné.

Tab. VIII- Hodnoty penetračního odporu [MPa] v roce 2013

Varianta	Hloubka [m]								
	0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2	0,24	0,28	0,32
1	0	0,20	0,98	1,08	1,18	1,54	2,02	3,78	4,16
2	0	0,10	0,22	0,52	0,38	0,66	1,86	3,68	5,30
3	0	0,14	0,48	0,96	1,14	1,68	2,54	3,54	4,44
4	0	0,72	1,98	2,32	2,68	2,80	3,82	4,12	4,30
5	0	1,36	3,28	3,08	3,64	4,34	4,76	5,34	4,95
6	0	0,64	1,22	1,54	2,44	3,18	2,66	3,08	3,48
7	0	0,28	0,64	0,98	1,22	1,88	2,30	4,32	4,94



Penetrační odpor jednotlivých variant při měření 11. 6. 2013

Příloha III

Součástí přílohy III jsou výsledky měření výnosu plodin. V Tabulce IX jsou uvedeny hodnoty výnosu ovsa pro všechny sezony měření. Měření spočívalo ve zvážení zrna po sklizni s pomocí sklízecí mlátičky. Hodnoty výnosu jsou vyjádřeny v %. Jako etalon sloužila konvenční technologie setí ovsa. Ve všech případech výnos dosáhl vyšších hodnot při pěstování konvenční technologií.

Tab. IX- Hodnoty výnosu ovsa

Výnos [%]	Oves- konvenční technologie	Oves- přímé setí
2010	100	84
2011	100	65
2012	100	41
2013	100	24

Tabulka X obsahuje výsledky měření výnosů kukuřice. Výnos byl stanoven pomocí zvážení deseti vzorků kukuřice z části řádku o délce 2 m. Výnos je opětovně vyjádřen v %. Jako etalon sloužila konvenční technologie založení porostu kukuřice. Většinově tato technologie vykazala největší výnosnost s výjimkou roku 2010, kdy výnosnější porost kukuřice poskytla varianta s jarním kypřením.

Tab. X- Hodnoty výnosu kukuřice

Výnos [%]	Kukuřice- konvenční technologie	Kukuřice- podplodina v mezířadí	Kukuřice- vymrzající meziplodina	Kukuřice- jarní kypření
2010	100	0	78	105
2011	100	81	83	94
2012	100	84	86	88
2013	100	72	75	81