

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Technická fakulta

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů



**Pohyb osiva v hadicových semenovodech secích strojů**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Josef Hůla, CSc.

Vypracoval: Bc. František Koudela

PRAHA 2015

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra zemědělských strojů

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Koudela František

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Pohyb osiva v hadicových semenovodech secích strojů**

Anglický název

**Movement of seeds in delivery tubes of seed drills**

### Cíle práce

Vyhodnotit vliv rychlosti vzduchu na rychlost pohybu semen vybraných osiv v hadicových semenovodech secího stroje.

### Metodika

Literární rešerše bude zaměřena na konstrukční řešení secích strojů s pneumatickou dopravou osiva do secích botek a na vývojové trendy v této oblasti. V experimentální části práce bude měřena rychlost proudění vzduchu v hadicových semenovodech při různé frekvenci otáčení rotoru ventilátoru a rychlost pohybu semen vybraných rostlin v těchto semenovodech. Získaná data budou statisticky vyhodnocena. S využitím získaných výsledků budou formulovány závěry a doporučení. Bude vypracováno ekonomické vyhodnocení navržených opatření.

### Osnova práce

1. Úvod
2. Literární rešerše
3. Metody a materiál
4. Výsledky práce včetně statistického vyhodnocení dat
5. Doporučení na základě získaných výsledků, ekonomické posouzení navržených opatření
6. Závěr

**Rozsah textové části**

50 až 60 stran včetně tabulek a grafů

**Klíčová slova**

hadicové semenovody; snímače průletu osiva; rychlost průletu semen

**Doporučené zdroje informací**

PÁLTIK, J., FINDURA, P., POLC, M. (2003): Stroje prerastlinnú výrobu: obrábanie pôdy, sejba. Nitra, SPU v Nitre, 241 s. ISBN 80-8069-200-9.

PÁLTIK, J., FINDURA, P., MAGA, J., KORENKO, M., ANGELOVIČ, M. (2007): Poľnohospodárske stroje: skúšanie, konštrukcia, použitie. I. časť. Nitra, SPU v Nitre, 190 s. ISBN 80-8069-777-9.

JECH, J. a kol. (2011): Stroje pre rastlinnú výrobu 3. Praha, Profi Press, s.r.o., 368 s., ISBN 978-80-86726-41-0.

Články v odborných časopisech (Mechanizace zemědělství a j.), informační materiály výrobců a prodejců secích strojů.

**Vedoucí práce**

Hůla Josef, prof. Ing., CSc.

**Termín zadání**

listopad 2013

**Termín odevzdání**

duben 2015

**doc. Ing. Adolf Rybka, CSc.**

Vedoucí katedry



**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan fakulty

V Praze dne 23.1.2014

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Pohyb osiva v hadicových semenovodech secích strojů“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Josefa Hůly, CSc. a uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal. Dále prohlašuji, že se tištěná verze plně shoduje s verzí elektronickou.

V Praze dne 30. 3. 2015

.....

**Poděkování:**

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce prof. Ing. Josefovi Hůlovi, CSc. za poskytnuté rady, vedení a čas, který mi věnoval. Dále bych rád poděkoval své rodině, která při mně stála a podporovala mě po dobu studia.

### **Abstrakt:**

Diplomová práce pojednává o pohybu osiva v hadicových semenovodech. První část práce charakterizuje způsoby setí, uvádí rozdělení secích strojů a věnuje se pneumatickým secím strojům a trendům v této oblasti.

V další části diplomové práce, která začíná kapitolou Metodika práce, jsou uvedeny měřicí postupy a charakteristika měřicí linky, ve které probíhalo měření. Následně je definován způsob, kterým bylo měření realizováno. Ve výsledcích měření jsou zahrnuty rychlosti průletu osiva kukuřice, řepky a pšenice v rozdílných vnitřních průměrech hadicových semenovodů a změnách rychlosti vzduchu proudícího v semenovodu.

Ze srovnání průletů osiv v jednotlivých semenovodech o rozdílných vnitřních průměrech plyne, že s rostoucím tlakem vzduchu roste i rychlost průletu osiva v semenovodech. Z výsledků dále vyplývá, že pro setí kukuřice by bylo nejvýhodnější využít semenovod o vnitřním průměru 10 mm. Pro setí pšenice a řepky by bylo nejvýhodnější využít semenovodů o vnitřním průměru 12 mm. Výsledky této práce lze považovat za informace, které je možné využít při vývoji nových secích strojů.

**Klíčová slova:** hadicové semenovody, rychlost průletu semen, snímače průletu osiva.

### **Summary:**

The Diploma thesis deals with movement of seeds in delivery tubes. The first part of the thesis describes ways of seeding, categorizes seed drills and focuses on pneumatic seed drills and trends in the area of interest.

In the subsequent part, starting with a chapter dedicated to methodology, the measuring processes and characteristics of measuring line, where the measurements took place, are indicated. The method used for the measurement conduction is defined in the following part. The results show the movement speed of corn, rape and wheat seeds in different inner diameters of delivery tubes and changes of air flow speed in the tubes.

After comparison of seeds movement in the particular delivery tubes of various inner diameters, it can be concluded that the speed of seeds movement in delivery tubes increases with increasing air pressure. It can also be deduced that the delivery tube with inner diameter of 10 mm is the most suitable delivery tube for corn seeding. On the other hand, the most favourable delivery tube for wheat and rape seeding is the delivery tube with inner diameter of 12 mm. The results of the thesis can be considered as relevant and can be used for possible development of new seeding drills.

**Key words:** delivery tubes, seeds movement speed, sensors flyby seed.

# OBSAH

1	Úvod.....	1
2	Způsoby setí.....	2
2.1	Řádkové setí.....	2
2.1.1	Setí s plynulým výsevem.....	2
2.1.2	Přesné setí.....	2
2.2	Další způsoby setí.....	3
3	Vlastnosti osiva.....	5
3.1	Aerodynamické vlastnosti osiva.....	6
3.2	Třecí vlastnosti osiva.....	6
3.3	Měrná a objemová hmotnost semen.....	6
4	Semenovody.....	7
4.1	Polyvinylchlorid.....	7
5	Rozdělení secích strojů.....	8
5.1	Stroje pro setí řádkové s plynulým výsevem.....	8
5.1.1	Výsevní mechanismus s hrotovým válečkem.....	8
5.1.2	Centrální výsevní mechanismy.....	8
5.1.3	Konstrukce secích strojů.....	10
5.1.4	Secí botky a ostatní příslušenství.....	11
5.2	Secí stroje pro řádkové setí a přesný výsev.....	11
5.2.1	Stroje s pneumatickým podtlakovým mechanismem.....	12
5.2.2	TurboDisc.....	14
5.2.3	Amazone.....	15
6	Rychlost průletu osiv v různých semenovodech.....	18
7	Cíl práce.....	21



8	Metodika práce .....	22
9	Výsledky měření a vyhodnocení.....	28
9.1	Závislost rychlosti průletu osiva kukuřice na tlaku.....	28
9.2	Rychlost průletu osiva kukuřice při volném pádu.....	29
9.3	Rychlost průletu osiva kukuřice při změně tlaku .....	30
9.4	Závislost rychlosti průletu osiva pšenice na tlaku.....	34
9.5	Rychlost průletu osiva pšenice při volném pádu.....	35
9.6	Rychlost průletu osiva pšenice při změně tlaku .....	36
9.7	Závislost rychlosti průletu osiva řepky na tlaku .....	40
9.8	Rychlost průletu osiva řepky při volném pádu .....	41
9.9	Rychlost průletu osiva řepky při změně tlaku.....	42
9.10	Vyhodnocení výsledků průletu osiv .....	46
10	Ekonomické hodnocení .....	48
10.1	Příklad na snížení nákladů osiva .....	48
11	Závěr .....	50
12	Použité zdroje .....	51

# 1 Úvod

Během posledních let se výrobci secích strojů zaměřují na vývoj pneumatických secích strojů s centrálním zásobníkem osiva k přesnému setí. Hlavním cílem vývoje je hledání nových řešení vedoucích ke zvýšení produktivity setí a snížení celkových nákladů na pěstování plodin, zejména řepky a kukuřice. Řešení jsou zaměřována zejména na urychlení plnění zásobníků a zvyšování pojezdové rychlosti při setí. Základním požadavkem pro tento vývoj je, aby semena v hadicových semenovodech byla unášena ve správných intervalech. Důležitým faktorem pro tento vývoj jsou aerodynamické vlastnosti různých semen, které se projevují v hadicových semenovodech.

V úvodu této práce jsou probrány způsoby setí a stručný popis vybraných secích strojů. Dále jsou uvedeny vlastnosti osiv a popis vybraných secích strojů pro přesné setí.

Experimentální část práce byla zaměřena na vyhodnocení rychlosti průletu semen kukuřice, pšenice a řepky v hadicových semenovodech o rozdílných vnitřních průměrech. Rychlost vzduchu v hadicových semenovodech byla měněna pomocí ventilátoru. Výsledná data jsou statisticky zpracována a vyhodnocena.

## 2 Způsoby setí

U setí je důležité osivo rozmisťovat tak, aby u všech semen bylo dosaženo co nejlepších a co nejvíce stejných vegetačních podmínek. Semena polních plodin se sejí do hloubky od deseti milimetrů do sto milimetrů. Hloubka je udávána od rovného povrchu pole. Na plochu o jednom hektaru se rozmisťuje od čtyřiceti tisíc semen do pěti milionů semen. (*Kumhála a kol., 2007*)

### 2.1 Řádkové setí

Setí řádkové se využívá nejčastěji, výsev je udáván dle počtu semen na jeden hektar nebo počtu klíčivých semen na hektar. Dle pravidelnosti rozmístění semen v řádku se dělí na setí s plynulým výsevem a pravidelné setí. (*Kumhála a kol., 2007*), (*Bezděkovský, 1991*)

#### 2.1.1 Setí s plynulým výsevem

Tento výsev se využívá pro výsev olejnin, obilovin a luskovin. Rozdíl oproti přesnému setí spočívá v dávkování více semen najednou. Dle řádkové rozteče se rozděluje: (*Kumhála a kol., 2007*)

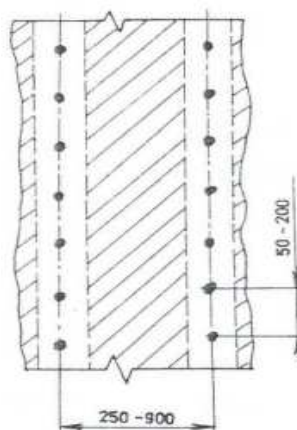
- úzkořádkové (50 – 80 mm)
- se střední roztečí (100 – 150 mm)
- širokořádkové (300 – 700 mm)
- pásové (šířka pásu 50 – 120 mm)

#### 2.1.2 Přesné setí

U přesného setí je osivo zaseto v řádcích s konstantní roztečí a řádky mají taktéž konstantní vzdálenost. Tím u výsevu dochází k přesnému počtu semen na jeden hektar. Přesné setí se v praxi primárně využívá k výsevu řepy a kukuřice. Uplatňuje se z důvodu, že některé rostliny potřebují určitý prostor pro vytvoření kořenového systému a růstu na povrchu. Na pravidelnost výsevu je nutné dohlížet, aby semena nebyla zaseta příliš blízko nebo daleko. U přesného setí se seje převážně s větší roztečí mezi řádky, například u řepy

450 milimetrů a u kukuřice 750 milimetrů. Na obrázku 1 je znázorněn princip přesného setí. (Fríd, 2014), (Beneš, 2012)

**Obrázek 1 - Přesné setí**



Zdroj: kzt.zf.jcu.cz

## 2.2 Další způsoby setí

Za další způsoby setí se považují způsoby, kdy semena nejsou setá do řádku.

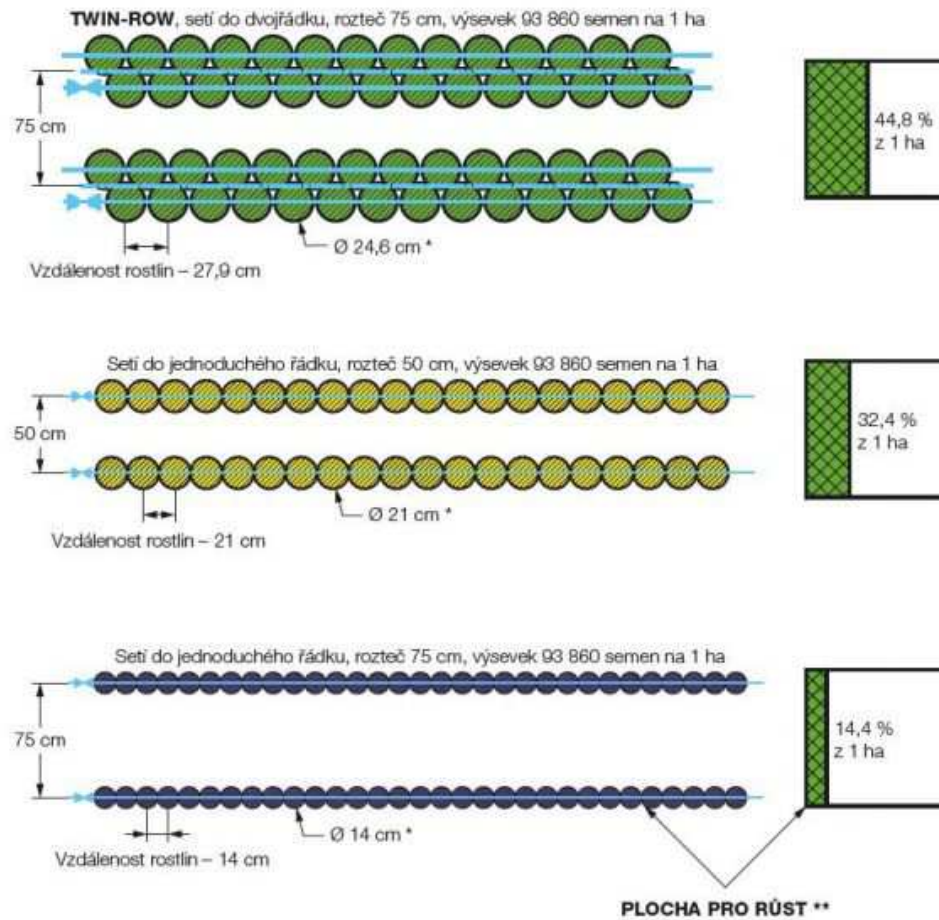
- **Setí na široko**

U setí na široko (plošné setí) jsou semena rozptýlena náhodně po celé výsevní ploše. Tím rostliny získávají rovnoměrné rozdělení plochy, vláhy, živin a světla. (Fríd, 2014)

- **Setí do dvojřádků (Twin Row)**

Jedná se o setí do dvojitého řádku s přesností výsevu. Botky secích strojů jsou speciálně upraveny, aby byly schopny tohoto výsevu. Tímto způsobem výsevu vznikají vedle sebe dva řádky tvořící trojúhelníkový systém. Metoda dovoluje zasít o 20 % více semen na měrnou jednotku, přesto oproti konvenčním technologiím získávají rostliny více místa pro svůj růst a více příjmu živin ze zeminy. Na obrázku 2 si lze všimnout odlišností v setí při setí kukuřice. Zvýšení a zkvalitnění kořenového systému má za následek zlepšení protierozní odolnosti povrchu půdy. U kukuřice se udává zvýšení výnosu zrna o 8,5 % a u kukuřičné siláže o 18 %. (TWIN - ROW.CZ)

Obrázek 2 – Porovnání metod setí s TWIN ROW



\* Průměrný prostor, který mají rostliny k dispozici pro svůj růst, aniž by si mezi sebou konkurovaly.

\*\* Vyjádření v % jak velkou plochu využívají rostliny z 1 ha půdy.

Zdroj: [www.twin-row.cz](http://www.twin-row.cz)

Technologií Twin Row lze vysévat i bavlnu, sóju, či slunečnici. Stroje určené pro způsob tohoto setí mají vyšší pořizovací cenu, a proto se do jejich investování vyplatí spíše na polích s větší rozlohou. (Bauer, 2014)

### 3 Vlastnosti osiva

Vlastnosti osiva z velké části ovlivňují jeho pohyb v částech secího stroje. Největší význam mají geometrické rozměry, hmotnost, tvar a sypkost semene, ale také hydroskopičnost, vlhkost a otěruvzdornost semene. (*Páltik, 2003*)

Primárním parametrem, který vyjadřuje kvalitu osiva, je klíčivost. Klíčivost je definována jako schopnost semen poskytnout v optimálních podmínkách za stanovený čas normálně vyvinuté klíčence, u nichž je předpoklad, že se v příznivých podmínkách v půdě vyvinou v normální rostliny. Klíčivost je hodnocena dle mezinárodních pravidel, která jsou pro každý hospodářsky využívaný botanický druh jednoznačně definována. Klíčivost je vyjadřována v procentech a faktorem, který nejvíce ovlivňuje klíčivost, je staří osiva. Několik let staré osivo mívá zpravidla malou klíčivost. (*Osivo a sadba - UMB, 2012*)

Vlhkost osiva vyjadřuje procentuální obsah fyzikálně vázané vody v semenech. Dle norem by u uskladnění olejnin měla být 12 % a u obilnin do 14 %. Vlhkost osiva se měří pomocí elektrických vlhkoměrů. Pro výpočet výsevku je vyjadřována hmotnost tisíce semen (HTS), vyjadřuje reálnou hmotnost tisíce čistých semen v gramech. Například u pšenice se pohybuje v rozmezí 45 – 55 g, kukuřice 200 – 400 g a u řepky olejky 4 – 6 g.

Přesnost rozmístění semen v řádku ovlivňuje několik faktorů. Nejdůležitějším faktorem je kvalita a vlastnosti vysévaného osiva, rychlost pohybu a umístění výsevního mechanismu. Podstatný je tvar a vyrovnanost semen. Osivo je nejvhodnější, když má kulovitý tvar, z tohoto hlediska je jednou z vyhovujících plodin kukuřice, které je tříděna do několika rozměrových tříd. Třídění probíhá dle rozměru, nejčastěji pomocí vibračních sítí nebo vzdušným proudem. Následně je dle těchto tříd upraven výsevní mechanismus. Další plodinou, která se tímto způsobem vysévá, je například řepa. Ta sice nevyhovuje požadavku kulatosti, a proto se osivo obaluje speciální směsí, která se v půdě rozpustí. Obalování se využívá také například u řepky olejné a podobných drobných semen. (*Kumhála a kol., 2007*), (*Branda - Skladování osiv*)

### 3.1 Aerodynamické vlastnosti osiva

Aerodynamické vlastnosti semen a zrn nejsou v současné době prozatím zcela stanoveny, jelikož jsou závislé na celé řadě faktorů, jejichž vzájemná souvislost není zatím přesněji známá. Aerodynamické vlastnosti zrn a semen jsou dány hmotností, stavem a tvarem semene. (*Jech a kol., 2011*)

### 3.2 Třecí vlastnosti osiva

Pokud jde o charakter povrchu, mohou být semena různých druhů rostlin hladká, drsná, šupinatá, vrásčitá, hrbolatá či pokrytá chloupky. Kvantitativním znakem, který vyplývá z různého povrchu semen, může být rozdíl v síle tření vznikající mezi semeny a povrchem, na kterém se semena nacházejí. Při tření semen o cizí povrch se velikost tření hodnotí třecím úhlem. Další možností, která může nastat, je tření semen o sebe. V tomto případě se velikost tření hodnotí dle velikosti úhlovou rychlostí. Koeficienty tření se mění podle změn vlhkosti semen, stavu jejich povrchu a tvaru (*Neubauer a kol., 1989*).

### 3.3 Měrná a objemová hmotnost semen

Měrnou hmotností se mohou zrna od sebe lišit, což vyplývá z rozdílu materiálu, ze kterého je zrno složené a z jeho stavu (vlhkost, zralost, infekce houbami atd.) a z jeho struktury.

Měrná hmotnost  $q$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ] se vypočte ze vzorce:

$$q = \frac{m}{V} (\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$$

kde:  $m$  - hmotnost semene [kg];

$V$  - objem zrna [ $\text{m}^3$ ];

Měrná hmotnost zrna a měrná hmotnost hmoty, z níž je zrno složené, nejsou stejné veličiny, jelikož objem vlastní hmoty může být menší než objem celého zrna vzhledem k větším nebo menším dutinám uvnitř zrna, podmíněným jeho strukturou. Objemová hmotnost (hektolitrová) se udává hmotností  $1 \text{ m}^3$  v kg nebo 1 hl nasypného zrna v kg. (*Jech a kol., 2011*)

## 4 Semenovody

Semenovody se nacházejí za výsevním mechanismem a dopravují osivo k secím botkám. Rozdělují se na spirálové, hadicové, nálevkové a teleskopické. Nejvíce využívané jsou v hadicovém nebo teleskopickém provedení, ale nevýhodou teleskopických semenovodů je jejich neohebnost. Na výrobu hadicových semenovodů se dnes využívají převážně plasty a to polyvinylchlorid. (Kumhála a kol., 2007)

Stroje s pneumatickou dopravou osiva využívají semenovody hadicové. Musí být vyrobeny tak, aby bylo možné zvedání secích botek, ke kterému dochází při zvedání do přepravní polohy a jejich posunu do stran. Strany vnitřní části semenovodu jsou hladké pro zajištění co nejefektivnějšího průletu semen. Příklad hadicového semenovodu je zobrazen na obrázku 3.

**Obrázek 3 - Hadicový semenovod**



*Zdroj: <http://alsaflex.lt/>*

### 4.1 Polyvinylchlorid

Polyvinylchlorid neboli PVC je vyráběn polymerací vinylchloridu a je třetím nejpoužívanějším plastem po polypropylenu a polyethyleny. Od ostatních plastů se rozlišuje větším obsahem chloru. Je snadno zpracovatelný vytlačováním, vstřikováním, válcováním, vyfukováním a vakuovým tvarováním. Modul pružnosti dosahuje 2 500 MPa, mez pevnosti 35 MPa, teplota varu 212 °C a hustota je 1 380 kg.m<sup>-3</sup>. Využívá se s různými přísadami, jako jsou například maziva, stabilizátory a změkčovadla. (Šuta, 2008)



## 5 Rozdělení secích strojů

Dle druhu vysévané plodiny se secí stroje dělí na dvě hlavní skupiny. Secí stroje určené pro řádkové setí s plynulým výsevem, jsou využívány při setí olejnin, obilovin, luskovin a jím podobných. Tyto secí stroje se dále dělí dle výsevního mechanismu na secí stroje s centrálním výsevním systémem a na stroje s individuálním výsevním mechanismem. Druhou skupinou jsou secí stroje s přesným výsevem, využívají se například k setí kukuřice, sóji a slunečnice.

### 5.1 Stroje pro setí řádkové s plynulým výsevem

Stroje jsou rozlišovány dle druhu výsevního mechanismu a také dle určení pro výsev do ulehle nebo nakypřené půdy. Výsevní mechanismy jsou rozděleny dle toho, do kolika řádků je semeno dávkováno. (*Páltik, 2003*)

#### 5.1.1 Výsevní mechanismus s hrotovým válečkem

Výsevní mechanismy s hrotovými válečky jsou nejvíce využívány u individuálních secích strojů. Válečky při otáčení hroty vyhrnují osivo do semenovodů jen spodní částí zásobníku. Na spodní části zásobníku je odpružené dno, které doléhá na váleček. Díky tomuto mechanismu případná větší tělesa projdou do semenovodu a nedojde tak k jeho ucpání. Hrotové válečky je možné vyměnit s celým hřídelem za rozdílné velikosti, dle velikosti semen vysévané plodiny. Válečky jsou vyráběny z plastu, ale pro výsev drobných semen, jako je například mák, se využívají válečky z pryže. Výsev je regulován změnou frekvence otáčení hřídele, na kterém jsou válečky uloženy. Hřídel je poháněn ostruhovým kolem, které je spojeno s hřídelem pomocí převodovky. (*Kumhála a kol., 2007*), (*Páltik, 2003*)

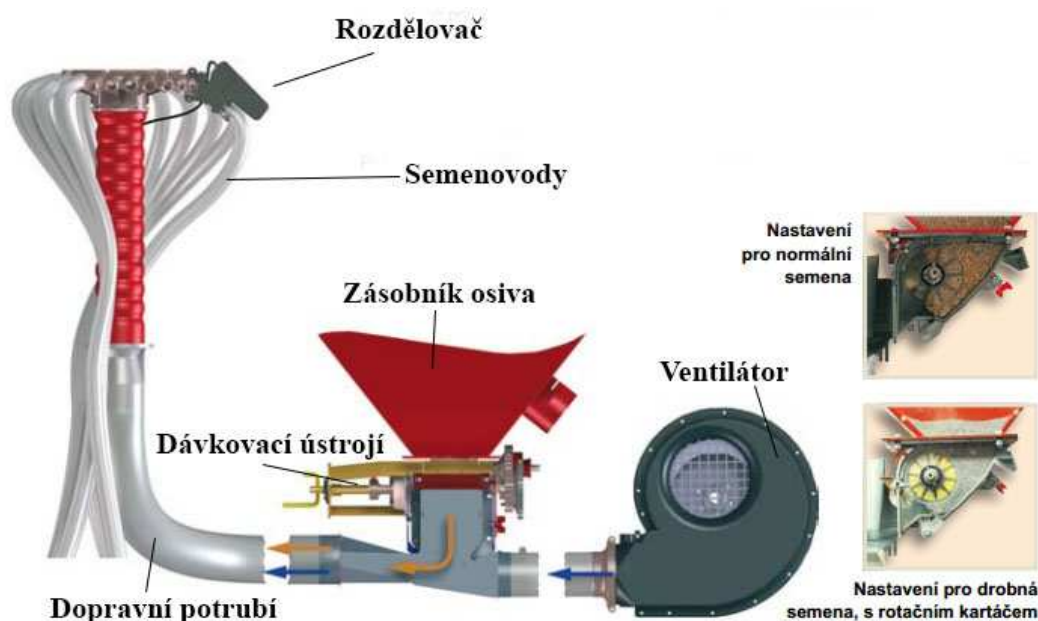
#### 5.1.2 Centrální výsevní mechanismy

Tyto výsevní mechanismy jsou děleny na pneumatické přetlakové a odstředivé. Odstředivé výsevní mechanismy jsou složeny z rotujícího kuželového pláště, který je postaven směrem dolů. Radiální lopatky jsou připevněny k vnitřku rotujícího kužele. Osivo ze zásobníku putuje svislými kanály do pevného kužele. Ve spodní části rotujícího kužele je umístěn otvor a tím se osivo dostává dovnitř, kde je urychlováno lopatkami.

Po obvodu kužele je možné umístit kolem 15 semenovodů. Z principu tohoto mechanismu vyplývá, že při naklonění se schopnost rovnoměrného výsevu zhoršuje. (Kumhála a kol., 2007), (Páltik, 2003)

U centrálních výsevních systémů je nejvíce využíván systém s přetlakovou pneumatickou dopravou osiva než systém odstředivý. Průkopníkem tohoto setí byla firma Kverneland se strojem Accord, na obrázku 4 je znázornění schématu centrálního výsevního mechanismu od Kvernelandu.

**Obrázek 4 – Centrální výsevní mechanismu s pneumatickou dopravou**



Zdroj: <http://www.kvernelandgroup.cz/>

Výsevní mechanismus dodává osivo z centrálního zásobníku. U těchto secích strojů bývá jeden dávkovací mechanismus, ale u některých strojů s většími pracovními záběry může být více výsevních ústrojí. Osivo je dávkováno ve větším množství než u secích strojů s rýhovanými válečky. Ve výtlačném potrubí se rychlost proudění vzduchu pohybuje v rozmezí  $15 - 25 \text{ m.s}^{-1}$ . Na konci výtlačného potrubí je umístěn difuzor, který ustálí proudící vzduch s osivem před vstupem do rozdělovače. V rozdělovači dochází k rozdělení osiva do jednotlivých hadicových semenovodů. Ze semenovodů je osivo unášeno k secím botkám, které ukládají osivo do půdy. Výhodou pneumatické dopravy osiva je, že lze dosáhnout velkých pracovních záběrů. Nevýhodou bývá horší rovnoměrnost výsevu,

kteřou způsobuje rozdělovač osiva. Obrázek 5 zobrazuje secí stroj Amazone Cirrus 6003 2C. (Kumhála a kol., 2007),

**Obrázek 5 – Amazone Cirrus 6003 2C**



*Zdroj: Vlastní zdroj*

### **5.1.3 Konstrukce secích strojů**

Secí stroje vybavené individuálním výsevním mechanismem jsou vybaveny zásobníkem, který je o něco kratší než šířka záběru. Je tomu z důvodu šířky neseného pracovního stroje, která je stanovena zákonem 56/2001 Sbírky. Z tohoto důvodu stroje s individuálním výsevním mechanismem o délce záběru více jak tři metry musí být rozděleny do více sekcí. V dolní části zásobníku je umístěn čechrač, který zabraňuje tvorbě klenby v osivu. (zákon 51/2001 Sb.)

Stroje vybavené centrálním výsevním mechanismem mají zásobník ve tvaru kužele nebo jehlanu a to z důvodu zabránění tvorby klenby a také je osivo lépe dopravováno do výsevního mechanismu. Některé zásobníky lze rozdělit na dvě části, tohoto dělení

se využívá, když se setím probíhá přihnojování. Velikost zásobníků osiva se pohybuje v rozmezí 1 000 - 6 000 litrů, objemová velikost zásobníků je důležitá z důvodu velké výkonnosti secích strojů. (Rédl, 1996)

#### **5.1.4 Secí botky a ostatní příslušenství**

Secí botky jsou rozděleny do tří skupin na secí botky kotoučové, radličkové a dlátovité. Jedná se o poslední pracovní nástroj secího stroje, který přichází do styku s osivem před jeho uložením do zpracované půdy. Kotoučové secí botky jsou rozděleny dle počtu kotoučů na jednokotoučové a dvoukotoučové. Dlátovité secí botky se využívají při minimalizačním zpracování půdy. Radličkové secí botky se rozdělují dle úhlu, pod kterým vnikají do půdy. Botky s ostrým úhlem se využívají při setí do nezpracované nebo minimálně zpracované půdy. Tyto secí botky se využívají u pneumatických secích strojů, kdy radlička pod nadzvednutou zeminu ukládá osivo, které je samovolně přitlačeno půdou, také lze u těchto botek využít přihnojování během setí. Radličkové botky s tupým úhlem jsou nejvhodnější při setí do zpracované půdy. Botka utuží půdu a na utuženou vrstvu je následně uloženo osivo. (Kumhála a kol., 2007)

Secí stroje jsou dále vybaveny různými příslušenstvími jako je například znamenák, GPS systémy, palubní počítač a zařízení pro tvorbu kolejových meziřádků. Kolejové řádky nacházejí uplatnění při následné aplikaci přípravků pro chemickou ochranu rostlin, kdy se stroje pohybují po pozemku v době, kdy jsou rostliny význačně vzrostlé. Obdobně jsou kolejové meziřádky využívány při hnojení minerálními hnojivy v době vegetace. U centrálního výsevního mechanismu jsou semenovody vybaveny zařízením, které semenovod uzavře a vratným potrubím se osivo vrací do zásobníku.

#### **5.2 Secí stroje pro řádkové setí a přesný výsev**

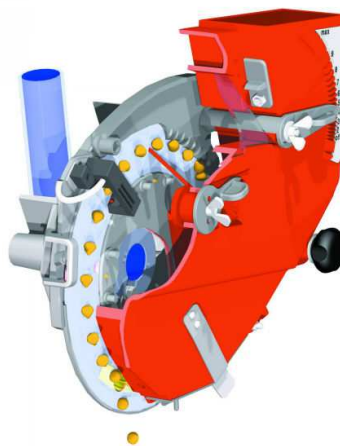
Tyto secí stroje se od secích strojů pro řádkové setí s plynulým výsevem zásadně odlišují. Secí stroj se skládá z individuálních secích jednotek, které jsou připojeny na společném rámu. Jedna secí jednotka je určena pro jeden řádek, z tohoto plyne, že počet secích jednotek určuje pracovní záběr stroje. Secí jednotka má vlastní zásobník osiva, výsevní mechanismus a secí botku.

V současné době se nejvíc využívá systém pneumatický podtlakový, ale existují i stroje s kotoučovým mechanismem a přímým či nepřímým náběrem osiva i stroje s kotoučovým mechanismem s prstovými unášeci. Stroje s kotoučovým mechanismem a přímým náběrem osiva nabírají osivo ve spodní části zásobníku do otvorů v kotouči, které se nacházejí na čele kotouče. Princip se zakládá v tom, že se do otvoru dostane jedno semeno a přebytečná semena jsou stíracím kolečkem vedena zpět do zásobníku. Semeno postupuje směrem k vyhazovači a z otvoru je vytlačeno nožičkem do vytvořené rýhy. Regulace se provádí změnou otáček kotouče nebo případnou změnou kotouče. Stroje s děleným náběrem pracují na stejném principu jako stroje s přímým náběrem. Do kuželovitého otvoru je nabráno více semen a přebytečná semena jsou vyfouknuta vzduchovou tryskou. (Kumhála a kol., 2007)

### 5.2.1 Stroje s pneumatickým podtlakovým mechanismem

Zařízení je konstruováno tak, že ze strany k výsevnímu kotouči přiléhá zásobník s osivem a z druhé strany je sací trubicí odsáván vzduch. Na výsevním kotouči jsou po jeho obvodu rozmístěny otvory, ke kterým se při průchodu zásobníkem osiva přisaje semeno a to je dále unášeno do spodní části, kde podtlak přestane působit, semeno se uvolní a vypadne do připravované rýhy. Přísáté osivo k otvoru se reguluje stíračem, který zajišťuje náběr jednoho semene a nastavuje se dle rozměru osiva. Princip pneumatického podtlakového mechanismu je znázorněn na obrázku 6. (Kumhála a kol., 2007)

**Obrázek 6 – Princip pneumatického podtlakového mechanismu**



Zdroj: <http://www.kvernelandgroup.cz/>

Při špatném výběru výsevního kotouče pro určité osivo může dojít ke špatnému náběru osiva. U malého semena a velkého otvoru může docházet k náběru více semen. Naopak při malém otvoru a velkém semenu dochází k vynechávání náběru, neboli nevznikne dostatečný podtlak pro nasátí semene. Různé varianty výsevních kotoučů lze vidět na obrázku 7.

**Obrázek 7 – Varianty výsevních kotoučů**



*Zdroj: Vlastní zdroj*

Dále je nutné dbát na pojezdovou rychlost secího stroje. Pro správný výsev je důležité, aby obvodová rychlost kotouče byla synchronizována s pojezdovou rychlostí soupravy. Díky tomuto synchronizování je zabráněno horizontálnímu posunu semen a tím dojde k jejich rovnoměrnému rozmístění v řádku. (Knize, 2010)

Každá výsevní jednotka je samostatně připevněna k rámu pomocí čtyřkloubového závěsu, který slouží k přesnému kopírování povrchu půdy. Některé rámy jsou konstrukčně řešeny tak, že se skládají nad sebe. Konstrukční řešení rámu určuje konečný záběr stroje. Každá secí jednotka je vybavena zásobníkem osiva o objemu od 16 – 75 litrů. Zásobníky bývají převážně vyrobeny tak, aby osivo mohlo volně padat k výsevnímu mechanismu a nedocházelo k jeho zachytávání o stěny. Tímto odpadá nutnost čechrače, který byl již popsán u secích strojů pro řádkové setí a nepravidelný výsev. Velkou výhodou jsou zásobníky vyráběné z průhledného plastu. Díky tomuto provedení je obsluha usnadněna zjištěním stavu osiva v zásobníku. (Amazon, 2009)

Ventilátor vytváří podtlak pro nasávání semen ze zásobníku. Ventilátory pracují převážně s nízkými otáčkami, čímž je prodloužena jejich životnost. Bývají poháněny

mechanicky od vývodového hřídele traktoru nebo hydraulicky. Takovéto uspořádání je výhodnější, jelikož nedochází ke kolísání výkonu ventilátoru, které může být způsobeno při nesterjnoměrných otáčkách ventilátoru. Výhodou hydraulického pohonu je možnost regulování otáček ventilátoru a tím měnit proudění vzduchu v transportním potrubí. Ve výsevní skříni je umístěn jednotící kotouč se stěrkou či selektorem, tato soustava zajišťuje nabrání jednoho semene ze zásobníku. Jednotící kotouče se vyrábějí z plastů nebo nerezové oceli. (*Kumhála a kol., 2007*), (*Amazon*)

Dalšími součástmi jsou výsevní kotouče, které ukládají semena do půdy. Před výsevním kotoučem bývá umístěno krojidlo, které usnadňuje kotoučům vniknutí do půdy. Pro čištění řádků od posklizňových zbytků lze na soustavu připojit prstová odklízecí kola. Za secí botkou jsou umístěna utlačovací kola a zahrnovací kola. Tato kola slouží k zavření drážky a jejímu utužení. Výrobci nabízejí mnoho příslušenství, jakým je například možnost přihnojování při setí, ale i vybavení jako je například GPS, palubní počítače, které monitorují pracovní činnost stroje až po speciální secí botky a krojidla. (*Kumhála a kol., 2007*)

### **5.2.2 TurboDisc**

Jedná se o výsevní ústrojí, které bylo vyvinuto firmou Horsch. K výsevnímu ústrojí je pneumaticky dopravováno osivo ve shlucích. Semena ukládá secí botka TurboDisc, která zajišťuje i jednozrnkový náběh semen.

Neuspořádaná zrna se urychlují a jsou přitlačována k vnější části dávkovacího kotouče. Při kontaktu s povrchem kotouče vzniká menší shluk semen, ze kterého je odebíráno semeno po semeni. Přebytek zrn je vytlačen zpět na začátek a jsou vpuštěna do další otáčky kotouče. Na konci výsevního ústrojí semena padají do pádové trubice v požadovaných rozestupech. Systém TurboDisc je znázorněn na obrázku 8. Tento výsevní systém byl v roce 2013 oceněn stříbrnou medailí na výstavě Agritechnika v Hannoveru. (*Bauer, 2014*)

**Obrázek 8 - Turbo Disc**



*Zdroj: <http://www.landwirt.com>*

### **5.2.3 Amazone**

Firma Amazone přišla na trh s přesnými secími stroji řady EDX. Tyto secí stroje jsou vybaveny přetlakovým secím ústrojím s centrálním zásobníkem osiva. Amazone udává, že EDX secí stroje jsou schopny sít při pojezdové rychlosti 12 – 15 km.hod<sup>-1</sup>. EDX secí stroje jsou určeny pro setí řepky, kukuřice, čiroku a slunečnice. Zásobník osiva je umístěn v zadní části secího stroje. Objem zásobníku se pohybuje od 360 litrů do 800 litrů, ale u 800 litrového provedení je stroj vybaven dvěma zásobníky o objemu 400 litrů. Velikost zásobníku vychází z pracovního záběru, čím větší pracovní záběr je, tím je i větší objem zásobníku osiva. Například u Amazone EDX 6000-2C, který je zobrazen na obrázku 9, má zásobník na osivo o objemu 360 litrů a pracovní záběr stroje při 750 milimetrové rozteči řádků je 6 metrů. Nad rámem secího stroje je umístěn zásobník na hnojivo o objemu 1 000 litrů – 5 000 litrů. Hnojivo při přihnojování je taktéž jako osivo dopravováno přetlakem vzduchu od ventilátoru, který je umístěn v přední části stroje. (Amazone EDX, 2014)



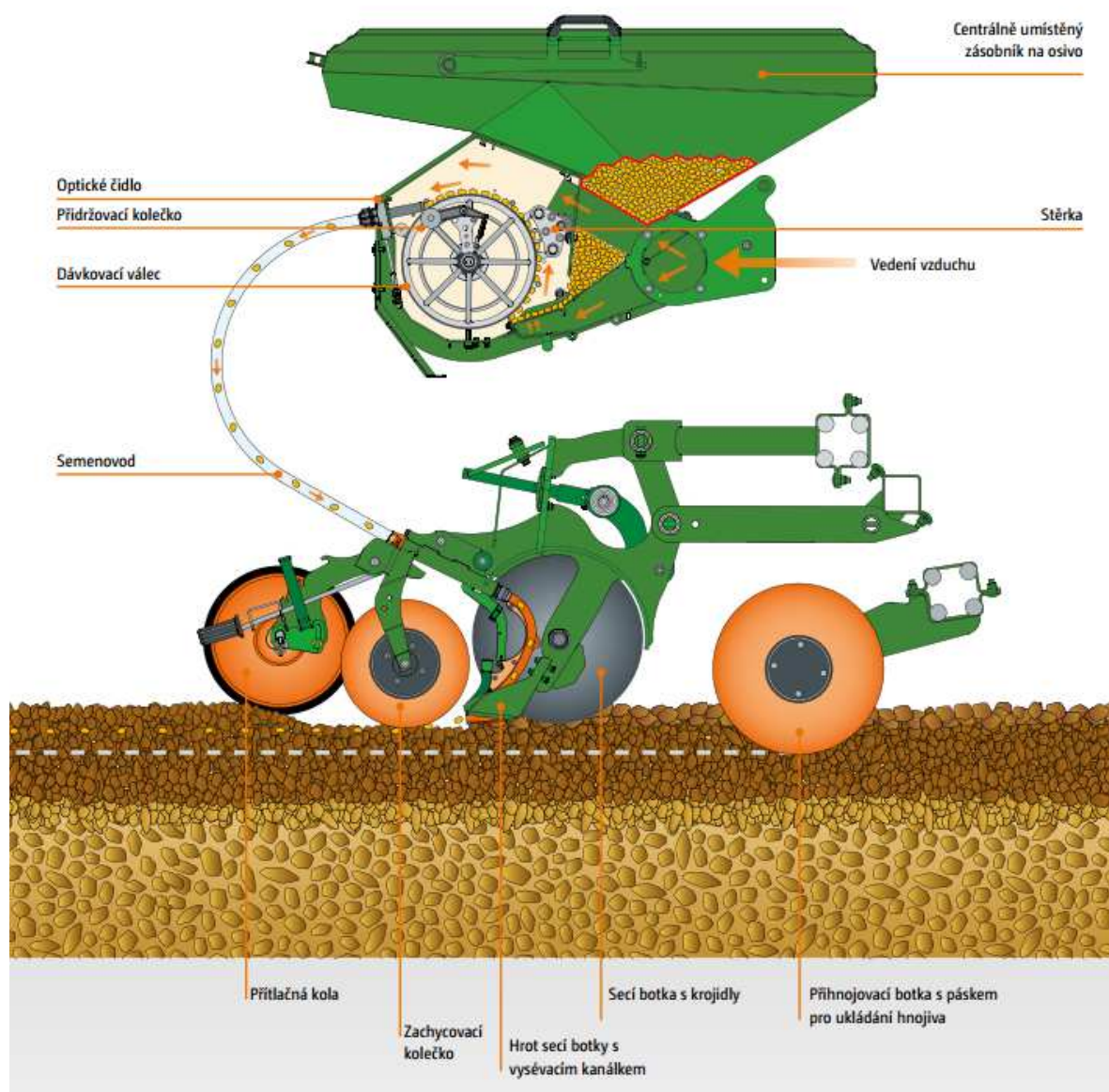
**Obrázek 9 – Amazone EDX 6000-2C**



*Zdroj: Vlastní zdroj*

Výsevní ústrojí se skládá z již zmíněného centrálního zásobníku osiva, dávkovacího válce, hadicových semenovodů a dalších částí jako jsou například secí jednotky. Systém dávkování a ukládání osiva do půdy se nazývá Xpress. V přetlakovém systému je osivo dopravováno přes semenovody a dávkování k secím botkám. Princip výsevního ústrojí Amazone EDX zobrazuje obrázek 10. Podstatnou částí výsevního ústrojí jsou stěrky, které zabraňují dvojnásobnému výsevu nebo prázdným otvorům ve výsevním kotouči. Správné nastavení stěrek je zajištěno optickými senzory a počítačem, který vypočítává rovnoměrnost výsevu. Optické senzory jsou umístěny před semenovody a veškeré tyto údaje jsou zaznamenávány, lze tedy sledovat aktuální dávkování osiva a stav zásob osiva v centrálním zásobníku. (*Amazone EDX*)

Obrázek 10 – Výsevní ústrojí EDX



Zdroj: [www.amazone.net](http://www.amazone.net)

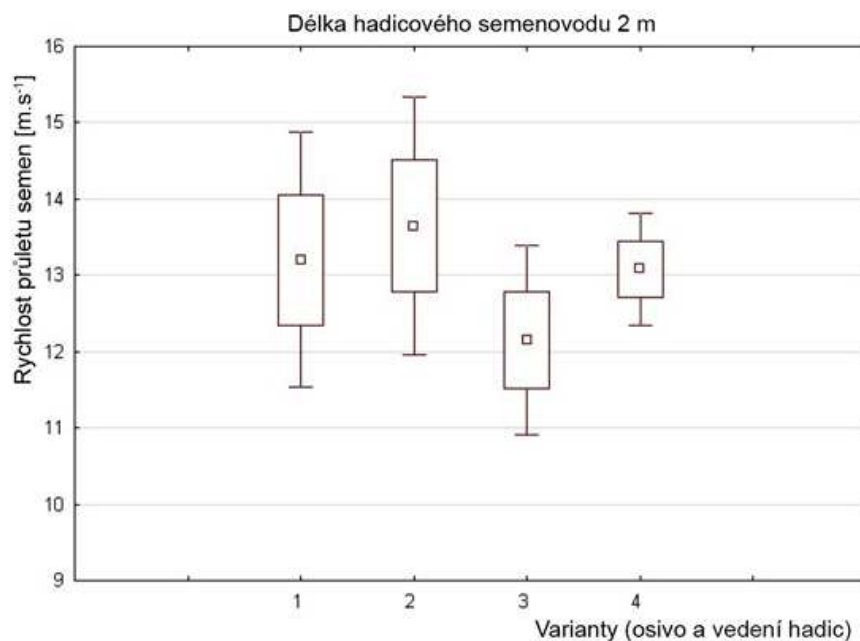
Pro výsev se dle vysévané plodiny využívají rozdílné dávkovací válce s odlišnou roztečí a velikostí otvorů. Jednotlivá semena jsou nabírána dávkovacím válcem a zaplňují jeho otvory, přetlak vzduchu ve výsevním ústrojí přitlačuje semena na dávkovací válec.

## 6 Rychlost průletu osiv v různých semenovodech

Ke stejnému ventilátoru, který byl využit při měření praktické částí této diplomové práce, byl připojen hadicový semenovod o vnitřním průměru 16 mm. Měřen byl vždy průlet osiv na přímém vedení semenovodů a ve vedení zakřiveném. Zakřivení hadic bylo zvoleno v souladu s předpokládaným uložením hadicových semenovodů v secím stroji. Frekvence otáčení rotoru ventilátoru byla nastavena na  $3\,500\text{ min}^{-1}$ . Z naměřených časových hodnot byla vypočtena rychlost průletu semen. Varianta 1 značí kukuřici v přímém vedení, varianta 2 ozimou pšenici v přímém vedení, varianta 3 kukuřici v zakřiveném vedení a varianta 4 ozimou pšenici v zakřiveném vedení. (Hůla a kol., 2014)

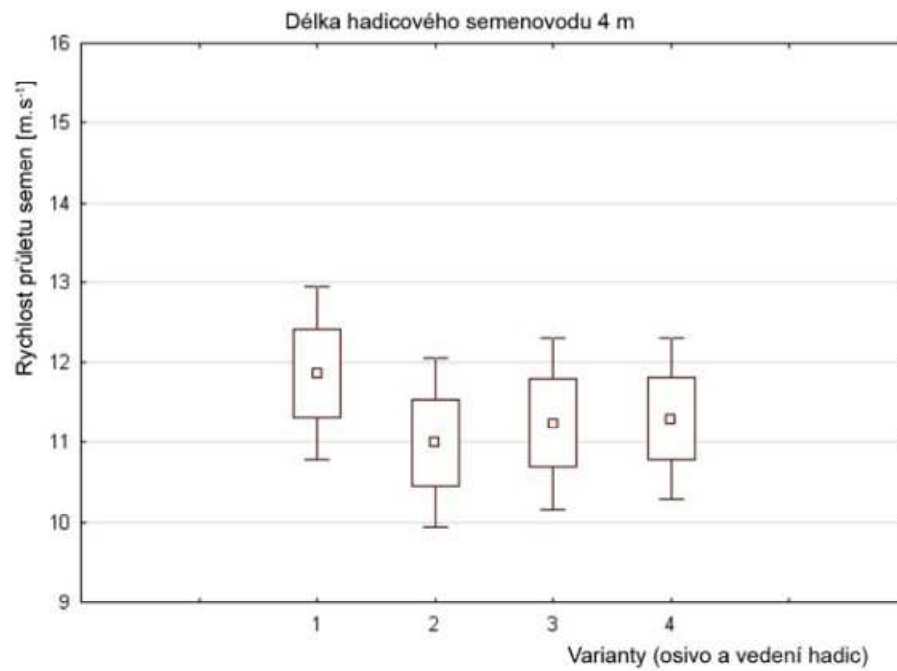
Z grafu 1 je zřejmé, že u vedení zakřiveného, délka semenovodu 2 m, byla naměřena nižší rychlost než u semenovodu s přímým vedením. U varianty kukuřice v zakřiveném vedení byla v tomto znaku hodnota statisticky významně nižší než u variant s přímým vedením hadic. Podobný trend v rozdílech mezi variantami měření byl zjištěn při délce semenovodu 3 m, avšak statisticky významný rozdíl byl pouze mezi variantami kukuřice v zakřiveném vedení a ozimé pšenice v přímém vedení viz graf 2. (Hůla a kol., 2014)

**Graf 1 - Rychlost průletu semen při délce semenovodu 2 m**



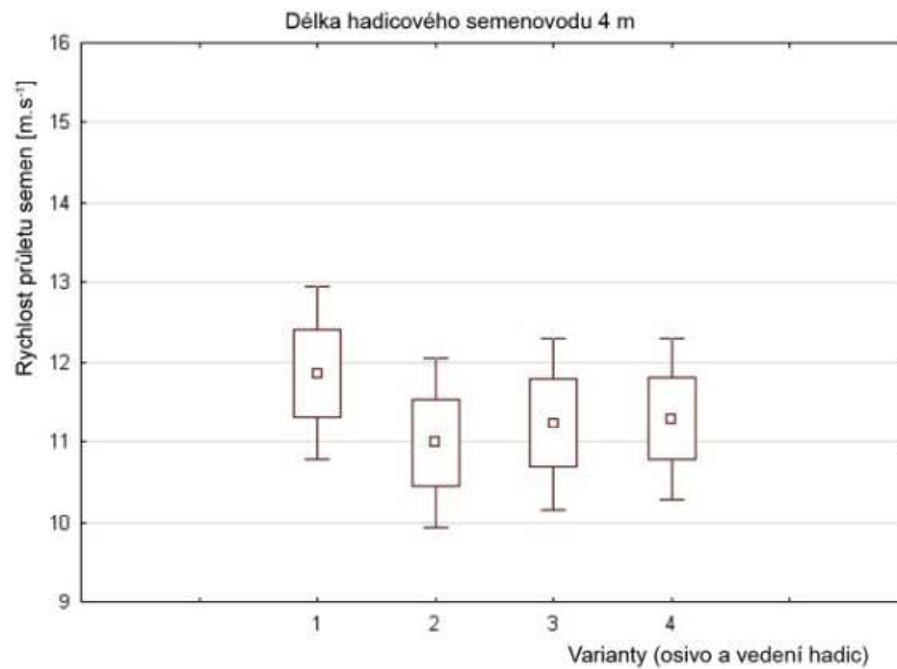
Zdroj: (Hůla a kol., 2014)

**Graf 2 - Rychlost průletu semen při délce semenovodu 3 m**



*Zdroj: (Hůla a kol., 2014)*

**Graf 3 - Rychlost průletu semen při délce semenovodu 4 m**



*Zdroj: (Hůla a kol., 2014)*

U semenovodů s délkou 4 m byla naměřena nejnižší rychlost průletu semen pšenice při přímém vedení semenovodů, což představuje odlišnost od výsledků měření při délce semenovodů 2 a 3 m viz graf 3. Statisticky významný rozdíl byl zjištěn pouze mezi variantami kukuřice v přímém vedení a ozimou pšenicí v přímém vedení. Pravděpodobnou příčinou jsou parametry zakřivení semenovodu při délce 4 m. (*Hůla a kol., 2014*)

## **7 Cíl práce**

V experimentální části diplomové práce se klade za cíl zaměřit se na pneumatickou dopravu osiva v hadicových semenovodech odlišného průměru a vyhodnotit vliv rychlosti vzduchu na rychlost pohybu semen vybraných osiv.

## 8 Metodika práce

Laboratorní měření průletu osiva v hadicových semenovodech secího stroje bylo prováděno v areálu České zemědělské univerzity v Praze. Měřicí ústředna byla umístěna v prostorách katedry zemědělských strojů Technické fakulty.

Účelem práce bylo zjistit rychlost a chování semen, která byla unášena vzduchem ve svislých hadicových semenovodech o průměru 10 milimetrů, 12 milimetrů a 14 milimetrů a to konkrétně u semen kukuřice, pšenice a řepky. Při měření byla měněna frekvence otáčení rotoru radiálního ventilátoru a tak nastavována hodnota tlaku v hadicovém semenovodu pro každou sérii měření. Použitý radiální ventilátor je v praxi využíván na secím stroji FARMET Excelent Premium 8 (obrázek 11).

*Obrázek 11 – Radiální ventilátor*



Tlak na manometru byl vždy ustálen od nulové hodnoty po kroku 0,5 kPa do 4 kPa. Zdrojem vzduchu byl hydrogenerátor Rexroth (obrázek 12), který poháněl ventilátor. Přívodní hadice byla napojena na kuželovité redukční potrubí, na které byl napojen příslušný semenovod. Výkon hydrogenerátoru byl nastavován průtokovým regulačním

ventilem a tím docházelo ke změnám počtu otáček rotoru ventilátoru. Otáčky rotoru ventilátoru byly měřeny otáčkoměrem DT-2268.

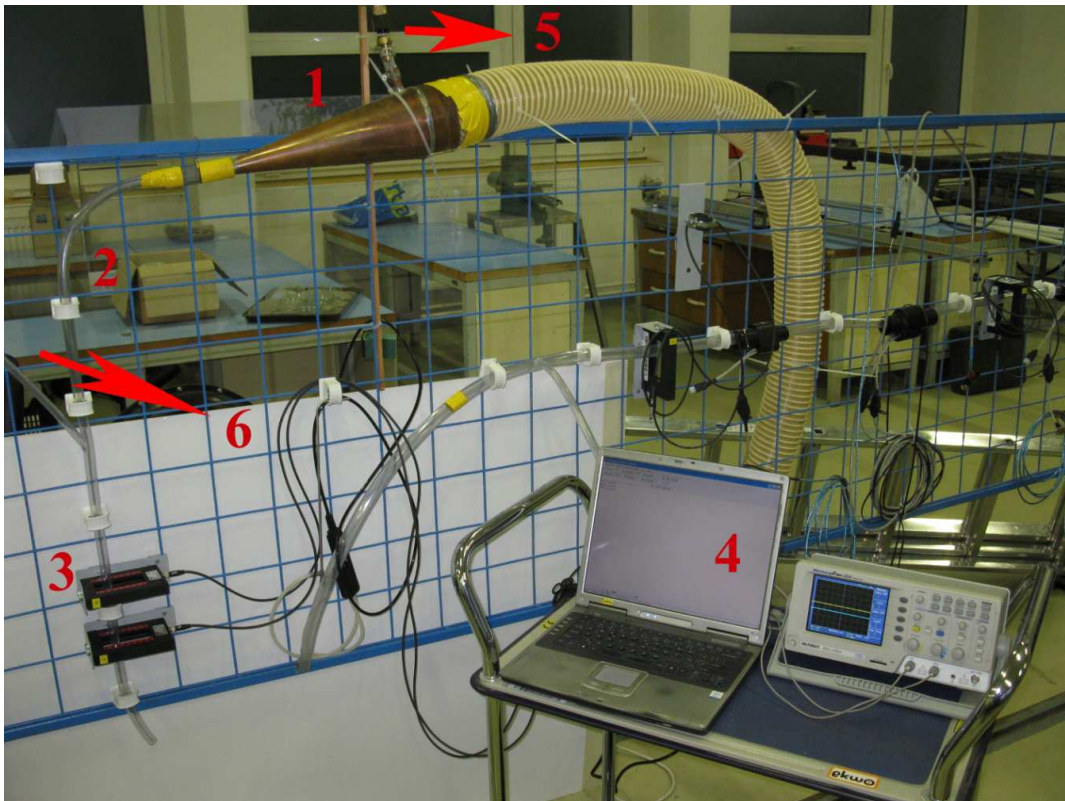
***Obrázek 12 – Hydrogenerátor Rexroth***



Ke kuželu byl připojen tlakoměr a na ústí kužele byl napojen hadicový semenovod. Semenovod byl směřován kolmo k zemi a na jeho začátku byla kolmo napojena vstupní hadice pro osivo. Hadice se semenovodem byla spojena tepelným svarem, aby bylo zabráněno úniku vzduchu a tím snížení rychlosti proudění vzduchu v semenovodu. Měření času průletu semene ve vzdálenosti 100 milimetrů bylo prováděno pomocí dvou optických snímačů BALLUFF typ BGL 30C-005-S4 a pomocí vysokorychlostní kamery. Celkový pohled na měřicí linku pro průlet osiva v hadicových semenovodech lze vidět na obrázku 13. Vysokorychlostní kamery bylo využito u semen pšenice a řepky. Využití této metody bylo nutné u vyšších rychlostí těchto semen, jelikož optické snímače nebyly schopny zaznamenat průlet.



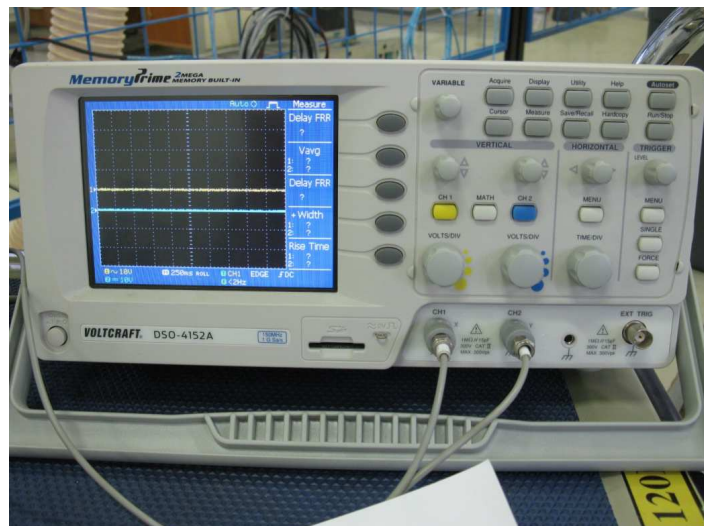
*Obrázek 13 – Měřicí ústředna*



*1 – kovový kužel, 2 – hadicový semenovod, 3 – optické snímače, 4 – měřicí ústředna, 5 – napojení manometru, 6 – vstupní hadice pro semena*

Snímače byly připojeny pomocí sériového kabelu k počítači. Software využívaný pro monitorování dat od snímačů byl Advanced Serial Port Monitor. Pro kontrolu byl také připojen digitální paměťový osciloskop Voltcraft DSO 4152A (obrázek 14).

*Obrázek 14 – Digitální paměťový osciloskop Voltcraft DSO 4152A*



Vysokorychlostní kamera byla umístěna před semenovodem, za který byla vložena stupnice. Při práci s vysokorychlostní kamerou byla využita dvojice výkonných halogenových světlometů. Jeden dílek stupnice odpovídá 5 milimetrům a 1 snímek odpovídá 0,001 s. Videá byla vyhodnocována pomocí stříhačských programů. Obrázek 15 je vytvořen z pořízeného videa, v červeném označení se nachází semeno řepky.

**Obrázek 15 – Zachycení semene řepky z videa**



Při měření byly využity hadicové semenovody o vnitřním průměru 10 milimetrů, 12 milimetrů a 14 milimetrů. Průlet semen byl měřen v semenovodu kolmému k zemi ve vzdálenosti 100 milimetrů mezi snímači. Ze zjištění časového úseku byla vypočtena rychlost semen v metrech za sekundu. Pro každý semenovod byla provedena série měření od volného pádu až po nastavení tlaku 4 kPa na manometru s rozestupem 0,5 kPa. Každé měření bylo provedeno desetkrát a to pro osivo kukuřice, řepky a pšenice (obrázek 16).

**Obrázek 16 – Osivo řepky, pšenice, kukuřice**



Před měřením byla zjištěna rychlost vzduchu na výstupní části semenovodu a změřeny otáčky ventilátoru při změnách tlaku. Výhodním nastavením pro měření bylo vždy nastavení tlaku na manometru. Rychlost proudění vzduchu byla měřena pomocí anemometru Testo 445 (obrázek 17).

**Obrázek 17 – Anemometr Testo 445**



Semena se v semenovodech nepohybují přesně ve středu kruhového průřezu semenovodu. Při průletu se odrážejí od stěn nebo se po stěnách sklouzávají. Tím dochází k jejich zpomalení. U vyšších rychlostí průletu se semena pohybují více ve středu kruhového průřezu a tím je snížen vliv brzdných účinků. Měření, které bylo provedeno v rámci diplomové práce, mělo semenovod krátký a kolmý k zemi. Brzdné účinky se více projevují u delších a podélných semenovodů.

## 9 Výsledky měření a vyhodnocení

V této části diplomové práce jsou shrnuty výsledky měření, které jsou dále statisticky vyhodnoceny pomocí programu Statistica 12. Výsledky variant z měření rychlosti průletu semen řepky, pšenice a kukuřice jsou uvedeny v příloze 1, 2 a 3. Tabulka 1 zobrazuje počet otáček rotoru ventilátoru při změnách tlaku. Výpočet rychlosti semen vychází ze vzorce  $\text{dráha} = \text{lomeno} \cdot \text{čas}$ . Pro vyhodnocení byly vytvořeny krabicové grafy a tabulky Tukeyova HSD testu statisticky významných rozdílů. V rámci praktické části byly vyhodnoceny grafy s významnými hodnotami. Zbylé krabicové grafy a tabulky Tukeyových HSD testů statisticky významných rozdílů jsou uvedeny v příloze 4 až 27.

**Tabulka 1 - Otáčky rotoru ventilátoru při změnách tlaku**

	Tlak na manometru [kPa]							
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
<b>Otáčky ventilátoru [min<sup>-1</sup>]</b>	1305	1824	2150	2543	2815	3066	3305	3500

### 9.1 Závislost rychlosti průletu osiva kukuřice na tlaku

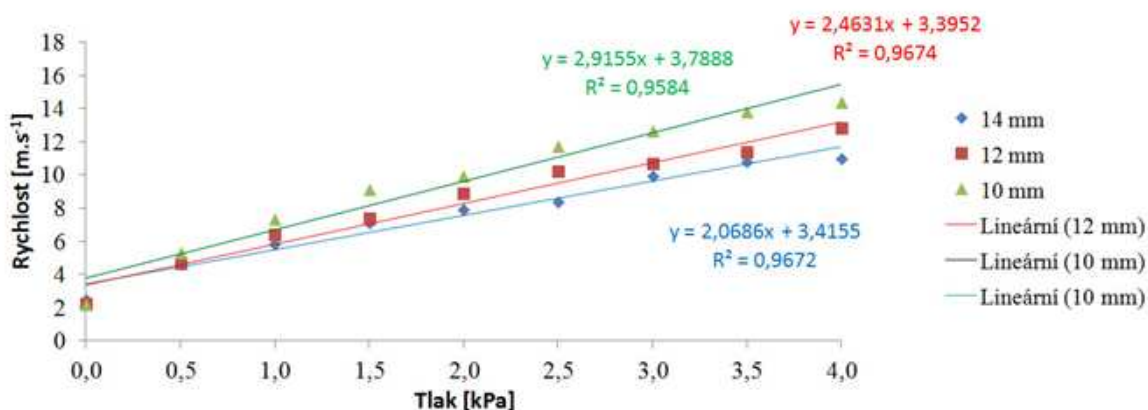
Tabulka 2 shrnuje průměrné rychlosti osiva kukuřice v hadicových semenovodech o vnitřních průměrech 14 mm, 12 mm a 10 mm (dále jen 14 mm, 12 mm a 10 mm semenovod). Nastavení manometru probíhalo od 0,5 kPa do 4 kPa po kroku 0,5 kPa, tomuto tlaku vždy odpovídají otáčky ventilátoru, které jsou uvedeny v tabulce 1.

**Tabulka 2 - Průměrné hodnoty rychlosti průletu osiva kukuřice**

		Rychlost průletu semene kukuřice [m.s <sup>-1</sup> ]								
		Volný pád	Tlak na manometru [kPa]							
			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
<b>Vnitřní průměr semenovodu [mm]</b>	<b>14</b>	2,46	4,62	5,83	7,08	7,89	8,38	9,93	10,81	10,96
	<b>12</b>	2,25	4,70	6,41	7,43	8,89	10,24	10,69	11,42	12,85
	<b>10</b>	2,21	5,31	7,36	9,12	9,96	11,73	12,66	13,81	14,40

Z grafu 4 vyplývá, že rychlost průletu osiva kukuřice v hadicových semenovodech s rostoucím počtem otáček ventilátoru neboli rostoucím tlakem na manometru, zvyšuje rychlost průletu. U všech třech variant hadicových semenovodů bude graf pokračovat stejným způsobem s pravděpodobností nad 97 %.

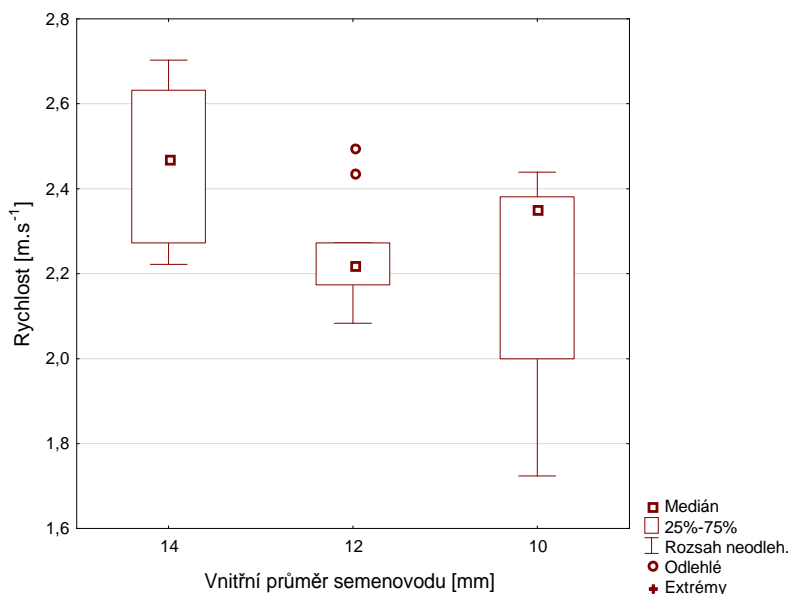
**Graf 4 - Rychlost osiva kukuřice s rostoucím tlakem na manometru**



## 9.2 Rychlost průletu osiva kukuřice při volném pádu

Z krabicového grafu 5 je zřejmé, že osivo kukuřice při volném pádu dosahovalo nejvyšší rychlost v semenovodu 14 mm a naopak u 10 mm semenovodu byla naměřena rychlost nejnižší. Varianta 14 mm semenovodu se od 12 mm a 10 mm liší. Varianta 10 mm semenovodu vykazuje největší rozsah oproti ostatním variantám. Tukeyův HSD test, který je zobrazen v tabulce 3 tvoří dvě skupiny pro volný pád. Semenovody 10 mm a 12 mm jsou statisticky významně rozdílné oproti semenovodu 14 mm, což potvrzuje předešlou hypotézu z krabicového grafu. Nejvyšší průměrná rychlost  $2,46 \text{ m.s}^{-1}$  byla naměřena v semenovodu 14 mm.

**Graf 5 – Krabicový graf rychlosti průletu osiva kukuřice při volném pádu**



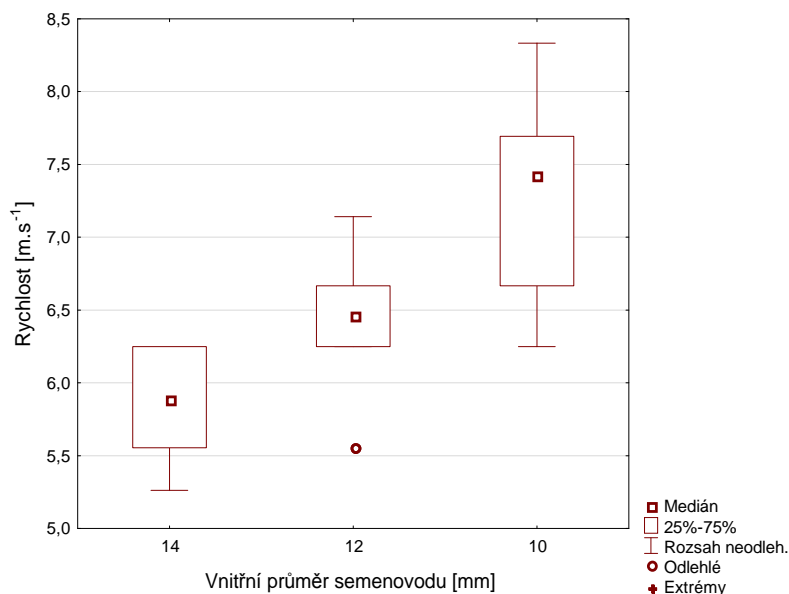
**Tabulka 3 – Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva kukuřice při volném pádu**

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,03457, sv = 27,000				
Varianta	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
1	10	2,214021	****	
2	12	2,253180	****	
3	14	2,462365		****

### 9.3 Rychlost průletu osiva kukuřice při změně tlaku

Z krabicového grafu 6 je patrné, že osivo kukuřice při nastavení tlaku 1 kPa na manometru dosahuje nejvyšší rychlost v 10 mm semenovodu a nejnižší rychlosti v semenovodu 14 mm. Tyto hodnoty vycházejí opačně oproti hodnotám z volného pádu. Nejnižší rychlost byla zaznamenána u 14 mm semenovodu a nejvyšší naopak u semenovodu 10 mm, kde je opět vykazován nejvyšší rozsah. Rychlost průletu kukuřice ve 12 mm semenovodu se pohybuje v rozmezí rychlostí ostatních semenovodů. Tukeyův HSD test (tabulka 4) vykazuje, že semenovody 14 mm a 12 mm jsou statisticky významně rozdílné oproti semenovodu 10 mm. Nejvyšší průměrná rychlost 7,36 m.s<sup>-1</sup> byla zaznamenána v semenovodu 10 mm.

**Graf 6 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva kukuřice při tlaku 1 kPa**



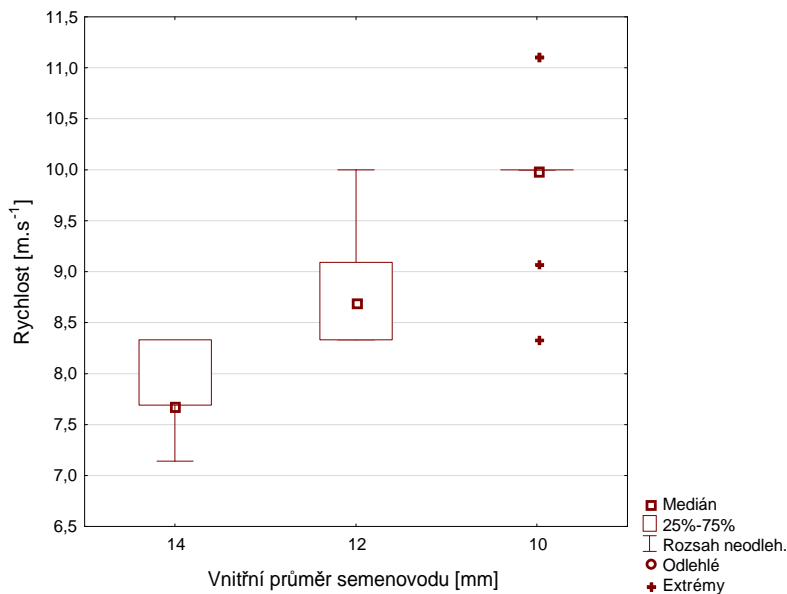
**Tabulka 4 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva kukuřice při 1 kPa**

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,31137, sv = 27,000				
Varianta	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
3	14	5,832688	****	
2	12	6,414683	****	
1	10	7,361264		****

Krabicový graf 7 vykazuje, že osivo kukuřice při nastavení tlaku 2 kPa na manometru dosahuje nejnižší rychlosti v semenovodu 14 mm a nejvyšší rychlosti v semenovodu 10 mm. U tohoto měření se medián pohybuje ve vyšší hodnotě oproti ostatním semenovodům, ale naměřené hodnoty neumožňují určit další kvantily. Semenovod 12 mm se pohybuje opět v rozmezí rychlostí ostatních semenovodů. Z tabulky Tukeyova HSD testu (tabulka 5), která je rozdělena na tři skupiny vyplývá, že statistická významnost rozdílu je mezi všemi variantami. Nejvyšší průměrná rychlost byla naměřena v semenovodu 10 mm a nejnižší u semenovodu 14 mm.



**Graf 7 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva kukuřice při tlaku 2 kPa**

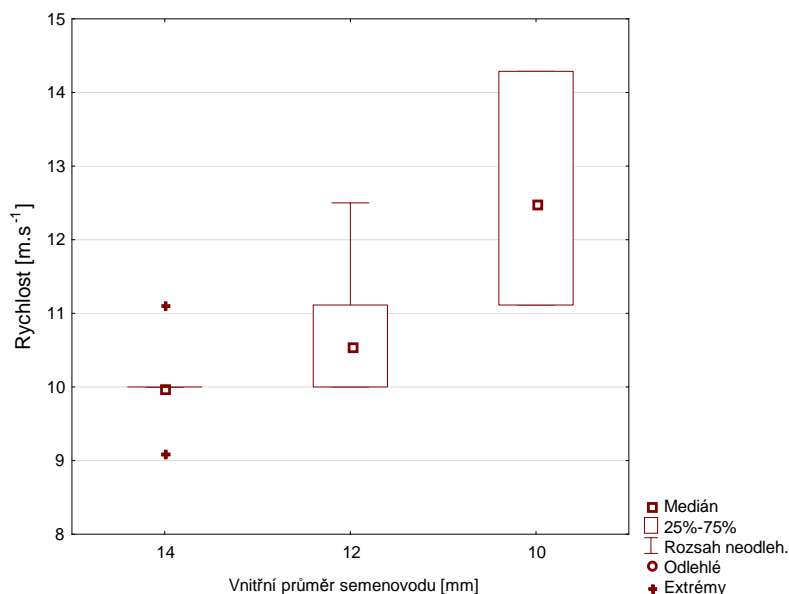


**Tabulka 5 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva kukuřice při 2 kPa**

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,43463, sv = 27,000					
Varianta	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2	3
3	14	7,893773	****		
2	12	8,893939		****	
1	10	9,964646			****

Z krabicového grafu 8 je zřejmé, že osivo kukuřice při nastavení tlaku 3 kPa na manometru dosahuje nejvyšší rychlosti v semenovodu 10 mm a nejnižší hodnoty rychlosti jsou dosaženy v semenovodu 14 mm stejně jako u variant s nastavením tlaku na 1 kPa a 2 kPa. Největší rozsah hodnot je vykazován u varianty 10 mm semenovodu a varianty s vnitřním průměrem 14 mm a 12 mm mají rozsah velmi podobný. Z Tukeyova HSD testu (tabulka 6) je zřejmé, že semenovody 12 mm a 14 mm vykazují statisticky významný rozdíl vůči semenovodu 10 mm, ve kterém byla zaznamenána nejvyšší průměrná rychlost 12,66 m.s<sup>-1</sup>.

**Graf 8 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva kukuřice při tlaku 3 kPa**

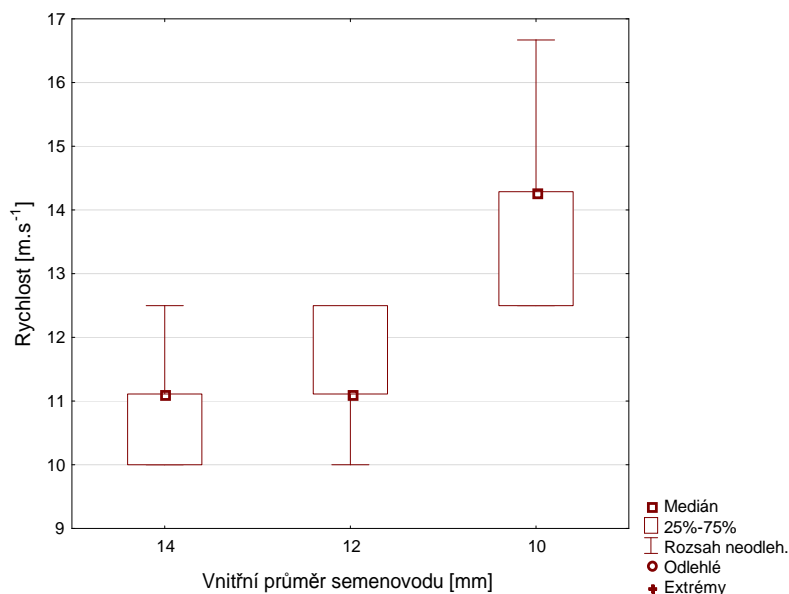


**Tabulka 6 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva kukuřice při 3 kPa**

Tukeyuv HSD test; proměnná Rychlost [m. s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = 1,0897, sv = 27,000				
Varianta	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
3	14	9,92929	****	
2	12	10,69444	****	
1	10	12,65873		****

Z krabicového grafu 9 je patrné, že osivo kukuřice při nastavení tlaku 3,5 kPa na manometru dosahuje opět nejvyšší rychlosti v semenovodu 10 mm a nejnižší hodnoty rychlosti u semenovodu 14 mm. Podobný výsledek by se dal předpokládat na základě předešlých výsledků s nastavením tlaku 1 kPa, 2 kPa, 3 kPa. Nejvyšší rozsah rychlosti byl zaznamenán v semenovodu 10 mm. Měření v semenovodu 14 mm a 12 mm dosahují podobných hodnot. Toto tvrzení potvrzuje Tukeyův HSD test (tabulka 7), kde je zřejmé, že semenovody 14 mm a 12 mm se statisticky významně liší od semenovodu 10 mm. Nejvyšší průměrná rychlost byla naměřena v semenovodu 10 mm a to 13,81 m.s<sup>-1</sup>.

**Graf 9 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva kukuřice při tlaku 3,5 kPa**



**Tabulka 7 – Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva kukuřice při 3,5 kPa**

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = 1,0436, sv = 27,000				
Varianta	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
3	14	10,80556	****	
2	12	11,41667	****	
1	10	13,80952		****

#### 9.4 Závislost rychlosti průletu osiva pšenice na tlaku

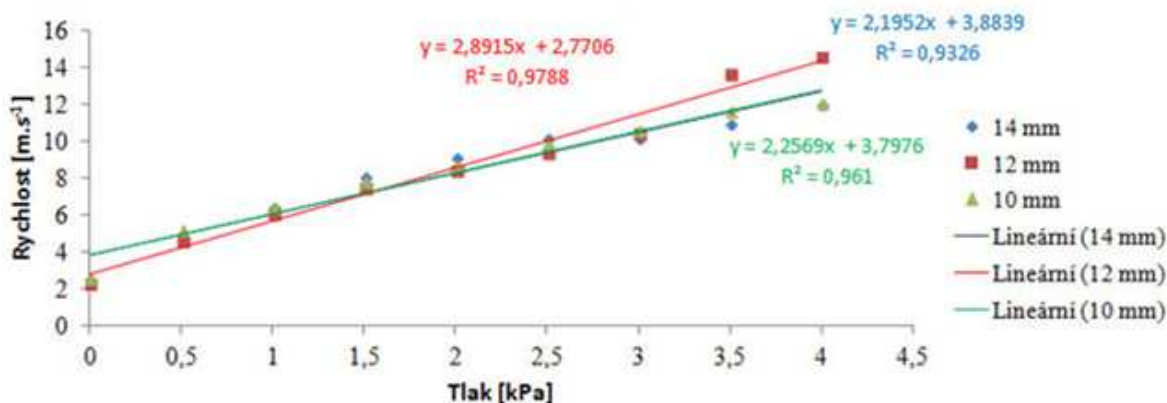
Tabulka 2 shrnuje průměrné rychlosti osiva pšenice v hadicových semenovodech o vnitřních průměrech 14 mm, 12 mm a 10 mm (dále jen 14 mm, 12 mm a 10 mm semenovod). Nastavení manometru probíhalo opět od 0,5 kPa do 4 kPa po kroku 0,5 kPa, tomuto tlaku vždy odpovídají otáčky ventilátoru, které jsou uvedeny v tabulce 1.

**Tabulka 8 - Průměrné hodnoty rychlosti průletu osiva pšenice**

		Rychlost průletu semene pšenice [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]								
		Volný pád	Tlak na manometru [kPa]							
			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Vnitřní průměr semenovodu [mm]	14	2,57	4,77	6,43	8,15	9,20	10,19	10,17	11,00	11,99
	12	2,31	4,59	6,09	7,53	8,41	9,39	10,44	13,64	14,57
	10	2,56	5,22	6,39	7,77	8,71	9,91	10,57	11,67	12,02

Z grafu 10 vyplývá, že rychlost průletu osiva pšenice v hadicových semenovodech se zvedá se zvyšováním tlaku. U hadicové semenovodu s vnitřním průměrem 12 mm byla vykázána vyšší rychlost průletu pšenice od tlaku nad 2 kPa, do tohoto tlaku bylo dosaženo vyšších rychlostí průletu v hadicových semenovodech 14 mm a 12 mm. Hodnoty těchto průletů se dle grafu překrývají. U 14 mm semenovodu bude graf pokračovat s pravděpodobností nad 96 %. U semenovodu 12 mm a 10 mm je pravděpodobnost nad 98 %.

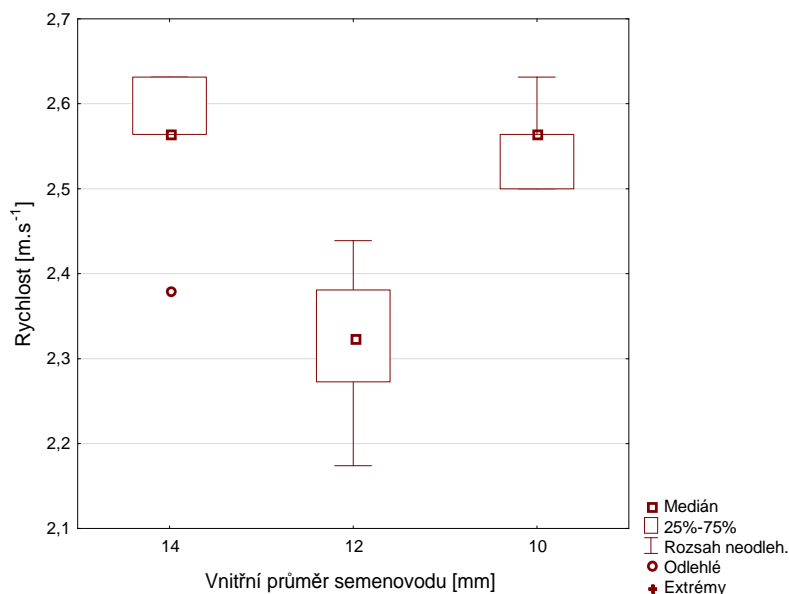
**Graf 10 – Rychlost osiva pšenice s rostoucím tlakem na manometru**



## 9.5 Rychlost průletu osiva pšenice při volném pádu

Z krabicového grafu 11 je patrné, že osivo pšenice při volném pádu dosahovalo nejnižší rychlosti v semenovodu 12 mm, na tomto semenovodu je zaznamenán i největší rozptyl. Tukeyův HSD test (tabulka 9) udává, že semenovod 10 mm a 14 mm je statisticky významně rozdílný oproti semenovodu 12 mm. Průměrná rychlost v semenovodu 10 mm je o  $0,014 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  nižší oproti rychlosti v semenovodu 14 mm.

**Graf 11 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva pšenice při volném pádu**



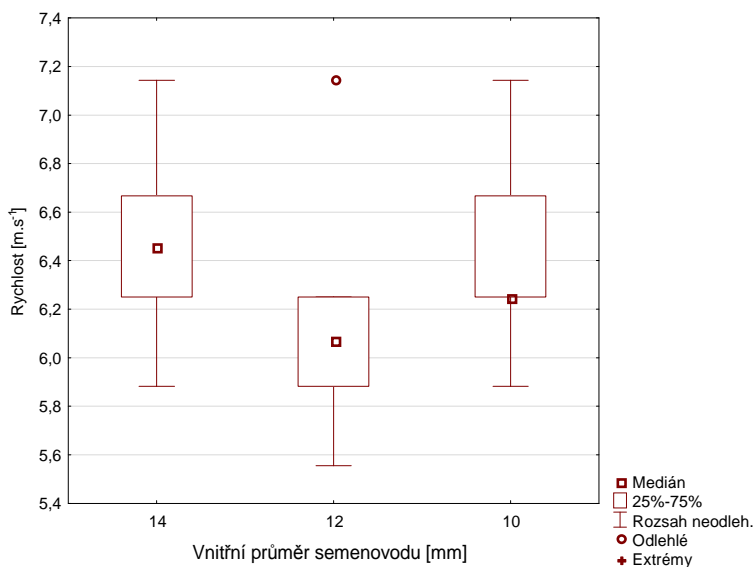
**Tabulka 9 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva pšenice při volném pádu**

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,00476, sv = 27,000				
Varianty	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
2	12	2,311926		****
1	10	2,558367	****	
3	14	2,572778	****	

## 9.6 Rychlost průletu osiva pšenice při změně tlaku

Z krabicového grafu 12 je zřejmé, že osivo pšenice při nastavení tlaku 1 kPa na manometru dosahuje nejvyšších rychlostí v semenovodu 14 mm a 10 mm, kde je podobný rozptyl. Nejnižší rychlost je opět u semenovodu 12 mm. Tukeyův HSD test (tabulka 10) vykazuje, že mezi žádnou variantou semenovodu pro toto nastavení není statisticky významný rozdíl.

**Graf 12 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva pšenice při 1 kPa**

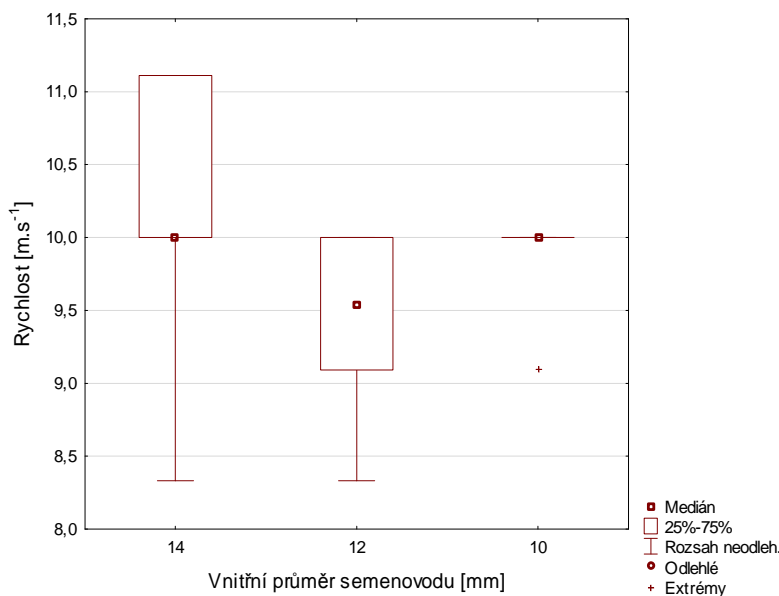


**Tabulka 10 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva pšenice při 1 kPa**

Tukeyuv HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,16429, sv = 27,000			
Varianty	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1
2	12	6,090103	****
1	10	6,385854	****
3	14	6,432423	****

Z krabicového grafu 13 je patrné, že osivo pšenice při nastavení tlaku 2,5 kPa na manometru dosahuje nejvyšší rychlosti v semenovodu 14 mm a nejnižší rychlosti v semenovodu 12 mm, ale rozdíl mezi semenovodem 14 mm je už významně menší. U 14 mm semenovodu je rozptyl hodnot největší. Medián 10 mm semenovodu se pohybuje ve stejné hodnotě jako medián 14 mm semenovodu, ale naměřené hodnoty neumožňují určit další kvantily. Dle Tukeyova HSD testu (tabulka 11) je statisticky významný rozdíl mezi 12 mm semenovodem oproti semenovodu 10 mm a 14 mm. Dále je statisticky významný rozdíl mezi 14 mm semenovodem oproti semenovodu 12 mm a 10 mm.

**Graf 13 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva pšenice při 2,5 kPa**

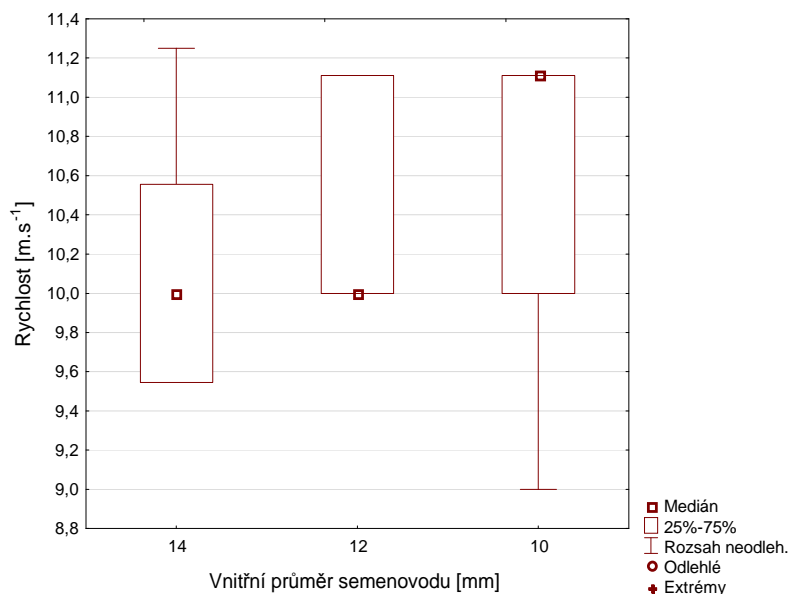


**Tabulka 11 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva pšenice při 2,5 kPa**

Tukeyuv HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,49255, sv = 27,000				
Varianty	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
2	12	9,39394	****	
1	10	9,90909	****	****
3	14	10,18687		****

Z krabicového grafu 14 je patrné, že osivo pšenice při nastavení tlaku 3 kPa na manometru dosahuje nejvyšší rychlosti v semenovodu 10 mm a nejnižší hodnoty rychlosti u semenovodu 14 mm. V semenovodu 12 mm se již semena nepohybují nejpomaleji, ale přibližují se rychlosti semen v semenovodu 10 mm, která vykazuje největší rozptyl. Varianta se semenovodem 14 mm se začíná oproti ostatním variantám semenovodů zpomalovat. Tukeyův HSD test (tabulka 12) vykazuje, že mezi žádnou variantou semenovodu pro toto nastavení není statisticky významný rozdíl.

**Graf 14 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva pšenice při 3 kPa**



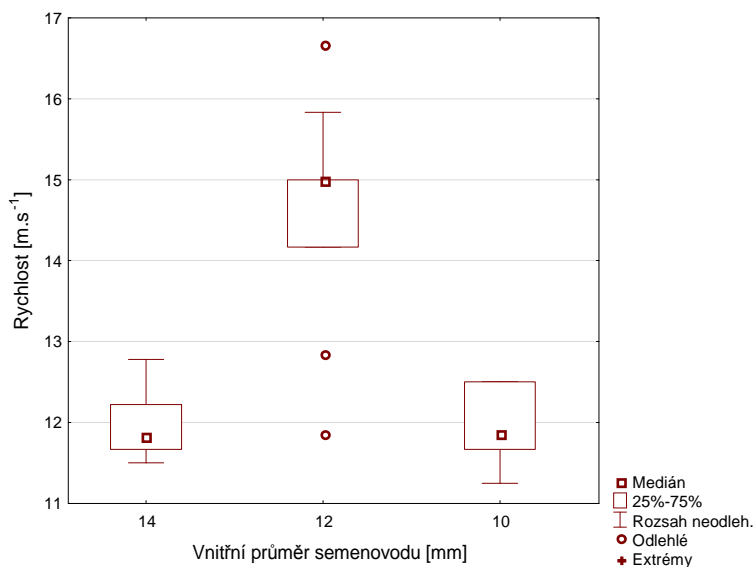
**Tabulka 12 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva pšenice při 3 kPa**

Tukeyuv HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,44172, sv = 27,000			
Varianty	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1
3	14	10,16919	****
2	12	10,44444	****
1	10	10,56667	****

Z krabicového grafu 15 je zřejmé, že osivo pšenice při nastavení tlaku 4 kPa na manometru dosahují výrazně nejvyšší rychlosti v semenovodu 12 mm oproti ostatním semenovodům. Naměřené hodnoty obsahují tři odlehlá měření. Z výsledků lze usuzovat, že s nárůstem tlaku nad 3 kPa se rychlost pšenice v semenovodu 12 mm výrazně zvyšuje oproti ostatním semenovodům. Z Tukeyova HSD testu (tabulka 13) vyplývá, že semenovod 12 mm vykazuje statisticky významný rozdíl oproti variantě 10 mm a 14 mm semenovodu. Průměrná rychlost pšenice ve 12 mm semenovodu je i znatelně vyšší.



**Graf 15 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva pšenice při 4 kPa**



**Tabulka 13 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva pšenice při 4 kPa**

Tukeyuv HSD test; promenná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,76467, sv = 27,000				
Varianty	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
3	14	11,98889	****	
1	10	12,02083	****	
2	12	14,56845		****

## 9.7 Závislost rychlosti průletu osiva řepky na tlaku

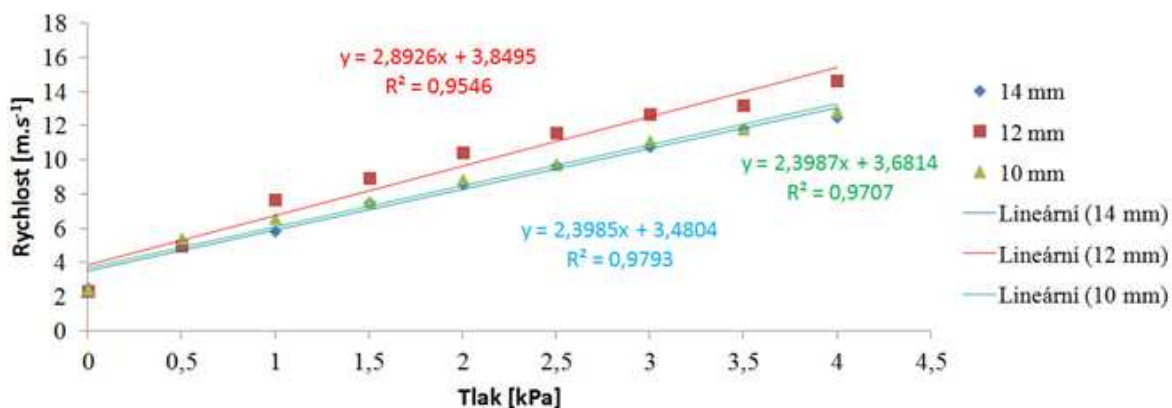
Tabulka 14 shrnuje průměrné rychlosti osiva řepky v hadicových semenovodech o vnitřních průměrech 14 mm, 12 mm a 10 mm (dále jen 14 mm, 12 mm a 10 mm semenovod). Nastavení manometru probíhalo opět od 0,5 kPa do 4 kPa po kroku 0,5 kPa, tomuto tlaku vždy odpovídají otáčky ventilátoru, které jsou uvedeny v tabulce 1.

**Tabulka 14 - Průměrné hodnoty rychlosti průletu osiva řepky**

		Rychlost průletu semene řepky [m.s <sup>-1</sup> ]								
		Volný pád	Tlak na manometru [kPa]							
			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Vnitřní průměr semenovodu [mm]	14	2,53	5,17	5,85	7,51	8,63	9,71	10,79	11,81	12,52
	12	2,33	5,02	7,68	8,96	10,48	11,61	12,72	13,25	14,67
	10	2,45	5,40	6,56	7,56	8,89	9,72	11,12	11,78	12,84

Graf 16 vypovídá, že rychlost průletu osiva řepky v hadicových semenovodech s nárůstem tlaku roste. Semenovod s vnitřním průměrem 12 mm vykazuje výrazně vyšší rychlosti průletu řepky oproti semenovodu 10 mm a 14 mm. V semenovodu 14 mm se rychlost průletu řepky pohybuje nejnižší rychlostí. Rychlost řepky v semenovodu 12 mm se přibližuje rychlosti v semenovodu 14 mm, lze tedy předpokládat, že mezi těmito semenovody nebude významný rozdíl. U všech třech variant hadicových semenovodů bude graf pokračovat stejným způsobem s pravděpodobností nad 97,7 %.

**Graf 16 - Rychlost osiva řepky s rostoucím tlakem na manometru**

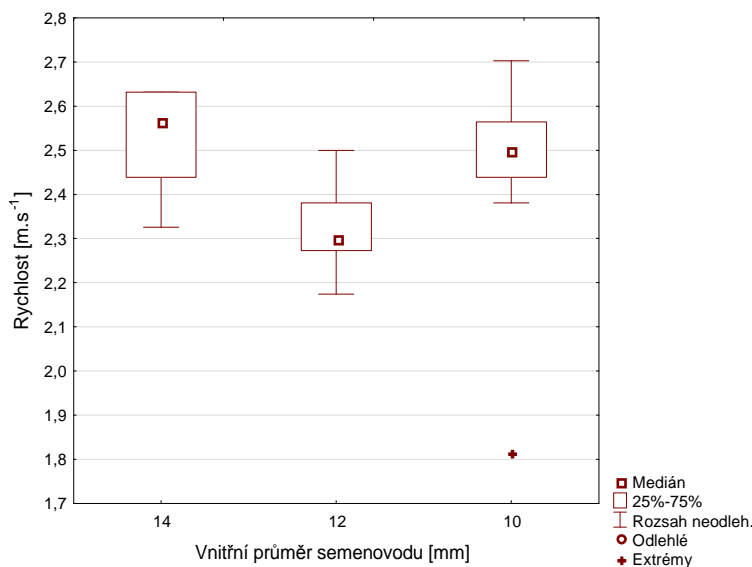


## 9.8 Rychlost průletu osiva řepky při volném pádu

Z krabicového grafu 17 je zřejmé, že osivo řepky při volném pádu dosahovalo nejvyšší rychlost v semenovodu 14 mm a naopak u 12 mm semenovodu byla naměřena rychlost nejnižší. Dle Tukeyova HSD testu viz tabulka 15, je statisticky významný rozdíl mezi 12 mm semenovodem oproti semenovodu 10 mm a 14 mm. Dále je statisticky

významný rozdíl mezi 14 mm semenovodem oproti semenovodu 12 mm a 10 mm. Nejvyšší rychlost průletu je vykazována v semenovodu 14 mm.

**Graf 17 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva řepky při volném pádu**



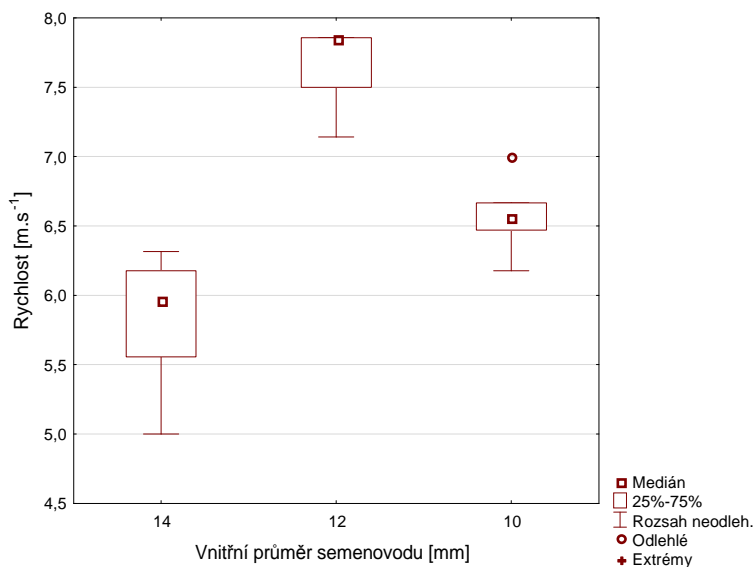
**Tabulka 15 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu řepky při volném pádu**

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,02767, sv = 27,000				
Varianty	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
2	12	2,330180	****	
1	10	2,447557	****	****
3	14	2,530008		****

## 9.9 Rychlost průletu osiva řepky při změně tlaku

Krabicový graf 18 vykazuje, že osivo řepky při nastavení tlaku 1 kPa na manometru dosahuje nejnižší rychlosti v semenovodu 14 mm a nejvyšší rychlost v semenovodu 12 mm. Z tabulky Tukeyova HSD testu (tabulka 16), která je rozdělena na tři skupiny vyplývá, že statistická významnost rozdílu je mezi všemi variantami. Nejvyšší průměrná rychlost byla naměřena v semenovodu 12 mm a nejnižší u semenovodu 14 mm.

**Graf 18 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva řepky při 1 kPa**

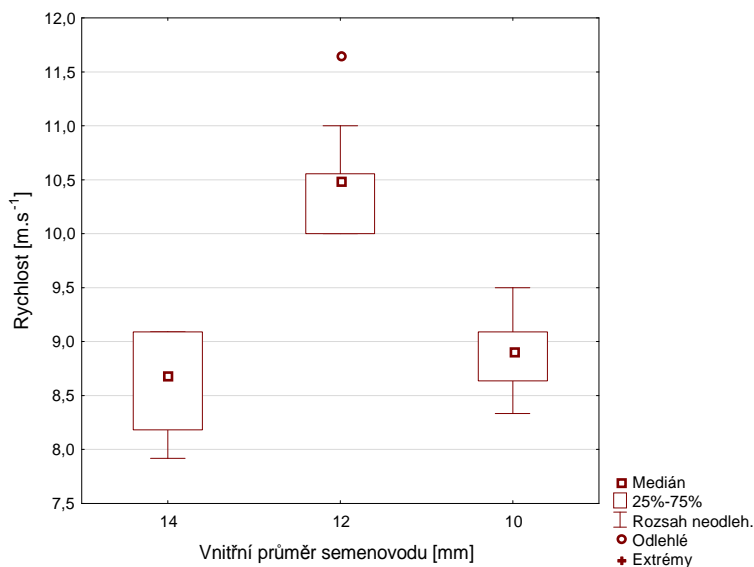


**Tabulka 16 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva řepky při 1 kPa**

Tukeyuv HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,09223, sv = 27,000					
Varianty	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2	3
3	14	5,848822	****		
1	10	6,558456		****	
2	12	7,678571			****

Z krabicového grafu 19 je patrné, že osivo řepky při nastavení tlaku 2 kPa na manometru dosahuje nejvyšší rychlosti v semenovodu 12 mm a nejnižší rychlosti v semenovodu 14 mm. Rychlost semen v semenovodu 12 mm převyšuje rychlost ostatních semenovodů. Dle tabulky 17 Tukeyova HSD testu je statisticky významný rozdíl mezi variantou 12 mm semenovodu oproti variantám 14 mm semenovodu a 10 mm semenovodu. Průměrná rychlost průletu řepky ve 12 mm semenovodu činí 10,47 m.s<sup>-1</sup>, což je nejvyšší rychlost pro toto nastavení, nejnižší je naopak v semenovodu 14 mm a to 8,63 m.s<sup>-1</sup>. Rozdíl rychlosti pro toto nastavení je tedy zřejmý.

**Graf 19 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva řepky při 2 kPa**

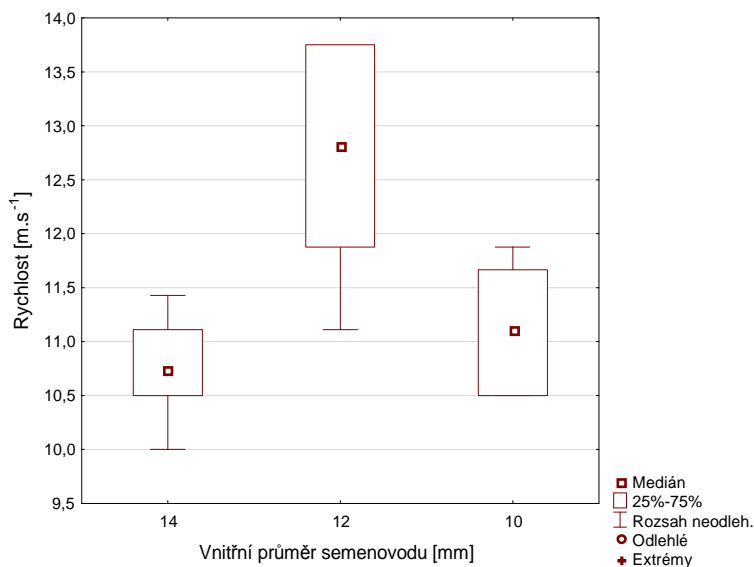


**Tabulka 17 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva řepky při 2 kPa**

Tukeyuv HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,20205, sv = 27,000				
Varianty	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
3	14	8,62727	****	
1	10	8,88561	****	
2	12	10,47778		****

Z krabicového grafu 20 je patrné, že osivo řepky při nastavení tlaku 3 kPa na manometru dosahuje opět nejvyšší rychlosti v semenovodu 12 mm a nejnižší hodnoty rychlosti v semenovodu 14 mm. Měření v semenovodu 14 mm a 10 mm dosahují podobných hodnot. Toto tvrzení potvrzuje Tukeyův HSD test (tabulka 18), kde je zřejmé, že semenovody 14 mm a 10 mm se statisticky významně liší od semenovodu 12 mm. Nejvyšší průměrná rychlost byla naměřena v semenovodu 12 mm a to 12,71 m.s<sup>-1</sup>.

**Graf 20 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva řepky při 3 kPa**

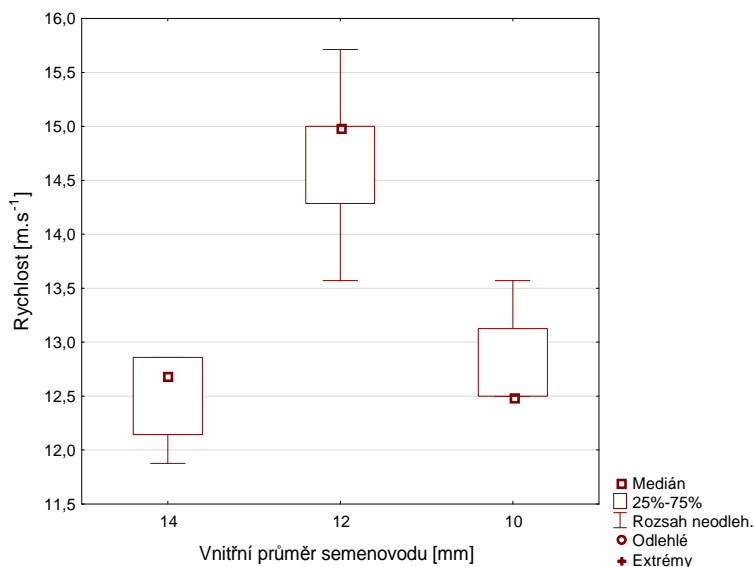


**Tabulka 18 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva řepky při 3 kPa**

Tukeyuv HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,45181, sv = 27,000				
Varianty	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s-1] Průměr	1	2
3	14	10,78553	****	
1	10	11,11528	****	
2	12	12,71528		****

Z krabicového grafu 21 je zřejmé, že osivo řepky při nastavení tlaku 4 kPa na manometru dosahuje opět nejvyšší rychlosti v semenovodu 12 mm a nejnižší hodnoty rychlosti v semenovodu 14 mm. Nejvyšší rozsah byl zaznamenán v semenovodu 12 mm. Z Tukeyova HSD testu (tabulka 19) je zřejmé, že semenovody 14 mm a 10 mm se statisticky významně liší od semenovodu 12 mm. Nejvyšší průměrná rychlost byla naměřena v semenovodu 12 mm a to 14,67 m.s<sup>-1</sup>

**Graf 21 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva řepky při 4 kPa**



**Tabulka 19 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva řepky při 4 kPa**

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,27379, sv = 27,000				
Varianty	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
3	14	12,51786	****	
1	10	12,83929	****	
2	12	14,66964		****

### 9.10 Vyhodnocení výsledků průletu osiv

Z porovnání průletů osiv v jednotlivých semenovodech o rozdílných vnitřních průměrech plyne, že s rostoucím tlakem vzduchu roste i rychlost průletu osiva v semenovodech. Nejvyšší průměrná rychlost průletu osiv byla vždy při nejvyšším nastavení tlaku, tedy 4 kPa.

U osiva kukuřice byla zaznamenána nejvyšší rychlost průletu v semenovodu s vnitřním průměr 10 mm a to 14,4 m.s<sup>-1</sup> u tlaku 4 kPa. Dle tohoto výsledku by bylo možné předpokládat, že nejvyšších průměrných rychlostí bude dosahováno vždy v semenovodu o vnitřním průměru 10 mm, ale jelikož vlastnosti osiv jsou rozdílné, tak i výsledky měření jsou rozdílné. U osiva řepky a pšenice byla naměřena nejvyšší průměrná rychlost v semenovodu o vnitřním průměru 12 mm a to 14,66 m.s<sup>-1</sup> u řepky a u pšenice 14,57 m.s<sup>-1</sup>.

Při volném pádu osiva dosahovala nejvyšších průměrných rychlostí v semenovodu s vnitřním průměrem 14 mm. Z výsledků měření tedy vyplývá, že nárůst rychlosti průletu osiv v hadicových semenovodech závisí na poměru mezi vnitřním průměrem hadicového semenovodu a změnou tlaku nebo-li změnou rychlosti proudění vzduchu. U průletu osiva pšenice v hadicovém semenovodu o vnitřním průměru 12 mm, se rychlost průletu osiva pšenice pohybovala nejnižší rychlostí oproti ostatním semenovodům, až do nastavení tlaku 2,5 kPa. Při tomto tlaku z měření vyplynulo, že je statisticky významný rozdíl mezi 12 mm semenovodem oproti semenovodům 10 mm a 14 mm, ale i 14 mm oproti 12 mm a 10 mm. Zlomový bod nastal u tlaku 3 kPa, kde rychlost průletu osiva pšenice v semenovodu o vnitřním průměru 12 mm nedosahovala nejnižších hodnot, ale ani nejvyšších. Při této variantě měření nebyl mezi žádnou variantou semenovodu vykázán statisticky významný rozdíl. U průletu osiva řepky s výjimkou volného pádu, byla nejvyšší rychlost průletu v semenovodu o vnitřním průměru 12 mm. Od nastavení tlaku na 1 kPa vždy semenovod o vnitřním průměru 12 mm vykazuje statisticky významný rozdíl oproti ostatním variantám semenovodů.

Z těchto měření plyne, že z hlediska použití semenovodů u secího stroje je důležité dosáhnout statistické nevýznamnosti mezi měřenými hodnotami.



## 10 Ekonomické hodnocení

Jak již bylo zmíněno v této diplomové práci, u strojů pro přesné setí jsou využívány zásobní skříně pro každou výsevní jednotku a výrobci secích strojů se zaměřují na vývoj přesných secích strojů s centrálním zásobníkem. Z tohoto řešení vyplývají určité provozní výhody, které vedou ke snížení provozních nákladů při setí. U přesných secích strojů, kde každá výsevní jednotka má svůj zásobník, je nutné, aby obsluha doplnila osivo do každého zásobníku, což navyšuje dobu práce. Čím více hektarů určených pro setí, tím častěji je nutné osivo doplňovat. U secích strojů s centrálním zásobníkem plnění zásobníku probíhá s menším opakováním, jelikož pojme větší množství osiva a jeho plnění je možné provádět pomocí šnekového dopravníku. Běžné secí stroje s plynulým výsevem sejí 4 miliony semen ozimé pšenice na hektar. U přesných secích strojů pro výsev pšenice je uvažováno o výsevu 2 – 3 mil. semen na hektar. Při přesném setí zmíněných plodin dochází k minimálnímu snížení výnosnosti oproti setí s plynulým výsevem. (Krček, 2014)

### 10.1 Příklad na snížení nákladů osiva

Podnik o osevní ploše 1 000 ha využívá pro setí ozimé pšenice 30 % plochy, tedy 300 ha. Hmotnost tisíce semen (HTS) ozimé pšenice je 54 g a cena 1 t osiva pšenice podnik vyjde na 1 000 Kč tedy 10 Kč za 1 kg. Pro výpočet předpokládáme klíčivost 95 % a čistotu osiva 98 %. Přehled výpočtů je zobrazen v tabulce 20.

**Vzorec pro výpočet měrného výsevku na hektar:**

$$Q = \frac{MKS \times HTS \times 10\,000}{K \times \check{C}}$$

Q - výsevek v kg/ha

MKS - doporučený výsevek v milionech klíčivých semen

HTS - hmotnost tisíce zrn v g

K - skutečná klíčivost v %

Č - čistota osiva v %

**Tabulka 20 – Vypočtené varianty výsevků ozimé pšenice**

<b>Počet semen na 1 ha</b>	<b>Měrný výsevek na 1 ha</b>	<b>Cena osiva ozimé pšenice na 1 ha</b>	<b>Cena osiva ozimé pšenice na 300 ha</b>
4 000 000	232 kg	2 320 Kč	696 000 Kč
3 000 000	174 kg	1 740 Kč	522 000 Kč
2 000 000	116 kg	1 160 Kč	348 000 Kč

Z výpočtů vychází, že při měrném výsevku 232 kg semen ozimé pšenice na hektar jsou náklady na osivo 2 320 Kč. Při osetí 300 ha budou náklady na osivo tedy 696 000 Kč. Při měrném výsevku 174 kg semen ozimé pšenice na hektar jsou náklady na osivo 1 740 Kč. Při osetí 300 ha budou náklady na osivo tedy 522 000 Kč. U měrného výsevku 116 kg semen ozimé pšenice na hektar jsou náklady na osivo 1 160 Kč a při osetí 300 ha budou náklady na osivo tedy 348 000 Kč.

Při využití přesného secího stroje při setí ozimé pšenice, lze dosáhnout značných úspor na osivu. Při měrném výsevku 174 kg na hektar u 300 ha osevní ploše jsou náklady o 174 000 Kč nižší, než u setí secími stroji s plynulým výsevem. Při výsevku 116 kg na hektar, lze snížit náklady na osivo, až o 348 000 Kč na 300 ha, což je polovina nákladů na osivo.

## 11 Závěr

Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit vliv rychlosti vzduchu na rychlost pohybu semen vybraných osiv v hadicových semenovodech secích strojů. K měření rychlosti průletu semen v semenovodech byla použita osiva kukuřice, řepky a pšenice. Měření rychlosti průletu semen v hadicových semenovodech probíhalo v areálu České zemědělské univerzity v Praze na katedře zemědělských strojů Technické fakulty. Hodnocen byl průlet semen pšenice, kukuřice a řepky v semenovodech o rozdílných vnitřních průměrech. Byla porovnávána rychlost průletu jednotlivých osiv při volném pádu a změnách tlaku vzduchu a to vždy v hadicových semenovodech o vnitřním průměru 14 mm, 12 mm a 10 mm. Z tohoto měření vyplývá, že s rostoucím tlakem narůstá rychlost osiva v semenovodu. U kukuřice byly naměřeny nejvyšší průměrné rychlosti v semenovodu o vnitřním průměru 10 mm s výjimkou volného pádu, ve kterém byla pro všechna osiva naměřena nejvyšší rychlost v semenovodu s vnitřním průměru 14 mm. Průlet osiva pšenice vykazoval nejvyšší rychlost v semenovodu o vnitřním průměru 14 mm, ale pouze do tlaku 2,5 kPa. Při tlaku 3 kPa rychlost průletu u všech semenovodů vykazovala statisticky nevýznamné rozdíly a od tlaku 3,5 kPa byla nejvyšší rychlost naměřena v semenovodu o vnitřním průměru 12 mm. U průletu semen řepky s výjimkou volného pádu a tlaku 0,5 kPa byla vždy nejvyšší rychlost průletu naměřena v semenovodu o vnitřním průměru 12 mm.

Z celkového vyhodnocení průletu osiva řepky, pšenice a kukuřice lze říci, že záleží na vnitřním průměru semenovodu a rychlosti vzduchu proudícího v semenovodu. Z výsledků dále vyplývá, že pro setí pšenice a řepky by bylo nejvýhodnější využít semenovod o vnitřním průměru 12 mm. Pro setí kukuřice by bylo pravděpodobně nejvýhodnější využít semenovod o vnitřním průměru 10 mm, ale i semenovod s vnitřním průměrem 12 mm dosahoval použitelných hodnot. Proto lze uvažovat o využití semenovodu o vnitřním průměru 12 mm, jelikož se jeví nejvýhodněji v rámci víceúčelového setí.

Výsledky z měření rychlostí průletu osiva v hadicových semenovodech poukázaly na problémy spojené s využitím hadicových semenovodů odlišných průměrů u nových secích strojů určených pro přesné setí. Výsledky publikované v této diplomové práci lze považovat za informace, které lze využít při vývoji secích strojů pro přesné setí s pneumatickou dopravou osiva.

## 12 Použité zdroje

1. Amazone EDX: [online]. [cit. 2015-02-06]. Dostupné z: <http://info.amazone.de/DisplayInfo.aspx?id=27975>.
2. Alsaflex: Gumos gaminiai. [online]. [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://alsaflex.lt/en/products/pvc-hoses.htm>
3. Amazone (2009): Cirrus, D9-AD3, ED 02, Primera DMC. Hasbergen-Gaste: Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG, 2009
4. BAUER A. (2014): Trendy ve vývoji secích strojů. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha, 2014: 5-6s.
5. BENEŠ P. (2012): Výsev obilnin na konečnou vzdálenost. Mechanizace zemědělství: Odborný časopis pro zemědělskou a lesnickou techniku. Praha: Profi Press s.r.o. 2012, ISSN 0373-6776: 12s.
6. BEZDĚKOVSKÝ M. a kol. (1991): Stroje a zariadenia v rastlinnej výrobe 1, 1.Bratislava: Príroda, 1991, ISBN 80-07-00451-3: 216s.
7. BRADNA J.: Skladování osiv [online]. [cit. 2015-01-10]. Dostupné z: <http://www.bioinstitut.cz/documents/Skladovanosiv.pdf>
8. FRÍD M. (2014): Secí a sázecí stroje [online] [cit. 20-10-2014]. Dostupné z: [http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2014/02/sazeni\\_a\\_seti.pdf](http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2014/02/sazeni_a_seti.pdf)
9. HLOBIL P. (2014): Výukový materiál zpracovaný v rámci operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost [online]. [cit. 2015-02-27]. Dostupné z: [http://www.szesprerov.cz/9/hlobil/DUM\\_14.pdf](http://www.szesprerov.cz/9/hlobil/DUM_14.pdf)
10. HŮLA J., RYBKA A, HONZÍK I. (2014): Sborník z mezinárodní vědecké konference: Rychlost průletu osiva v hadicových semenovodech. Praha, 2014: 114 - 117s.
11. JECH J. a kol. (2011): Stroje pre rastlinnú výrobu 3: Stroje a zariadenia na pozberovú úpravu rastlinných materiálov a na ich skladovanie. Praha, 2011, Profi Press s.r.o., ISBN 978-8- 86726-41-0.
12. Kinze (2010): Secí stroje pro setí kukuřice, slunečnice a sóji řady 3000. 3500 a 3600. Biskupice u Luhačovic: P & L, spol. s r.o., 2010
13. KUMHÁLA F. A kol. (2007): Zemědělská technika: Stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, ISBN 978-80-213-1701-7: 141-159s

14. KRČEK V. a kol. (2014): Vliv různých způsobů založení a organizace porostu na hmotnost tisíce semen řepky olejné. Sborník z konference „Prosperující olejniny“, Česká zemědělská univerzita v Praze 11. - 12. 12. 2014.
15. Landwirt: Die Fachzeitschrift für die bäuerliche Familie. [online]. [cit. 2015-03-1]. Dostupné z:  
[http://www.landwirt.com/ez/ezdiaartikel/admin/diashow/art\\_HORSCH\\_Agritechnica\\_News\\_2013/17\\_IMG\\_1226.jpg](http://www.landwirt.com/ez/ezdiaartikel/admin/diashow/art_HORSCH_Agritechnica_News_2013/17_IMG_1226.jpg)
16. NEUBAUER K. a kol. (1989): Stroje pro rostlinnou výrobu. SZN Praha, 1989, ISBN 80-209-0075-6: 618 - 621s.
17. Osivo a sadba [online]. Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, 2012 [cit.2015-01-30]. Dostupné z:  
[http://www.pdf.umb.sk/elearn/My%20Documents/radce\\_osivo\\_a\\_sadba.pdf](http://www.pdf.umb.sk/elearn/My%20Documents/radce_osivo_a_sadba.pdf)
18. PÁLTIK J. a kol. (2003): Stroje pre rastlinnú výrobu: Obrábanie pody a sejba. prví. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2003, ISBN 80-8069-200-9: 241s
19. Rédl O. a kol. (1996): Základy mechanizace 1. Vydání první, Praha: Vydavatelství Credit, 1996, IBSN 80-901645-8-7.
20. ŠUTA M. (2008): Chemické látky v životním prostředí a zdraví, Ekologický institut Veronica, Brno 2008, ISBN 978-80-87308-00-4: 21-25s
21. Technologie zakládání porostů [online]. 2007 [cit. 2014-12-05]. Dostupné z:  
<http://zemedelec.cz/technologie-zakladani-porostu/>
22. TWIN - ROW.CZ [online]. 2011 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://www.agrics.cz/twin-row>
23. Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: č. 56/2001 sb. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/legislativa/pravidla-silnicniho-provozu/zakon-o-podminkach-provozu-vozidel-na-pozemnich-komunikacich>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Přesné setí.....	3
Obrázek 2 – Porovnání metod setí s TWIN ROW .....	4
Obrázek 3 - Hadicový semenovod .....	7
Obrázek 4 – Centrální výsevní mechanismu s pneumatickou dopravou .....	9
Obrázek 5 – Amazone Cirrus 6003 2C .....	10
Obrázek 6 – Princip pneumatického podtlakového mechanismu .....	12
Obrázek 7 – Varianty výsevních kotoučů .....	13
Obrázek 8 - Turbo Disc.....	15
Obrázek 9 – Amazone EDX 6000-2C.....	16
Obrázek 10 – Výsevní ústrojí EDX .....	17
Obrázek 11 – Radiální ventilátor .....	22
Obrázek 12 – Hydrogenerátor Rexroth.....	23
Obrázek 13 – Měřicí ústředna .....	24
Obrázek 14 – Digitální paměťový osciloskop Voltcraft DSO 4152A .....	24
Obrázek 15 – Zachycení semene řepky z videa.....	25
Obrázek 16 – Osivo řepky, pšenice, kukuřice .....	26
Obrázek 17 – Anemometr Testo 445 .....	26

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Otáčky rotoru ventilátoru při změnách tlaku.....	28
Tabulka 2 - Průměrné hodnoty rychlosti průletu osiva kukuřice.....	28
Tabulka 3 – Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva kukuřice při volném pádu.	30
Tabulka 4 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva kukuřice při 1 kPa .....	31
Tabulka 5 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva kukuřice při 2 kPa .....	32
Tabulka 6 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva kukuřice při 3 kPa .....	33
Tabulka 7 – Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva kukuřice při 3,5 kPa.....	34
Tabulka 8 - Průměrné hodnoty rychlosti průletu osiva pšenice.....	35
Tabulka 9 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva pšenice při volném pádu ...	36
Tabulka 10 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva pšenice při 1 kPa .....	37
Tabulka 11 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva pšenice při 2,5 kPa .....	38
Tabulka 12 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva pšenice při 3 kPa .....	39
Tabulka 13 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva pšenice při 4 kPa .....	40
Tabulka 14 - Průměrné hodnoty rychlosti průletu osiva řepky.....	41
Tabulka 15 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu řepky při volném pádu.....	42
Tabulka 16 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva řepky při 1 kPa.....	43
Tabulka 17 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva řepky při 2 kPa.....	44
Tabulka 18 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva řepky při 3 kPa.....	45
Tabulka 19 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu osiva řepky při 4 kPa.....	46
Tabulka 20 – Vypočtené varianty výsevu ozimé pšenice .....	49

## Seznam grafů

Graf 1 - Rychlost průletu semen při délce semenovodu 2 m .....	18
Graf 2 - Rychlost průletu semen při délce semenovodu 3 m .....	19
Graf 3 - Rychlost průletu semen při délce semenovodu 4 m .....	19
Graf 4 - Rychlost osiva kukuřice s rostoucím tlakem na manometru .....	29
Graf 5 – Krabicový graf rychlosti průletu osiva kukuřice při volném pádu .....	30
Graf 6 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva kukuřice při tlaku 1 kPa .....	31
Graf 7 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva kukuřice při tlaku 2 kPa .....	32
Graf 8 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva kukuřice při tlaku 3 kPa .....	33
Graf 9 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva kukuřice při tlaku 3,5 kPa .....	34
Graf 10 – Rychlost osiva pšenice s rostoucím tlakem na manometru .....	35
Graf 11 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva pšenice při volném pádu.....	36
Graf 12 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva pšenice při 1 kPa .....	37
Graf 13 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva pšenice při 2,5 kPa .....	38
Graf 14 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva pšenice při 3 kPa .....	39
Graf 15 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva pšenice při 4 kPa .....	40
Graf 16 - Rychlost osiva řepky s rostoucím tlakem na manometru.....	41
Graf 17 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva řepky při volném pádu.....	42
Graf 18 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva řepky při 1 kPa .....	43
Graf 19 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva řepky při 2 kPa .....	44
Graf 20 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva řepky při 3 kPa .....	45
Graf 21 - Krabicový graf rychlosti průletu osiva řepky při 4 kPa .....	46



## Seznam příloh

Příloha 1 - Naměřené hodnoty u hadic. semenovodu s vnitřním průměrem 10 mm ..I	
Příloha 2 - Naměřené hodnoty u hadic. semenovodu s vnitřním průměrem 12 mm II	
Příloha 3 - Naměřené hodnoty u hadic. semenovodu s vnitřním průměrem 14 mmIII	
Příloha 4 - Krabicový graf rychlosti průletu kukuřice při 0,5 kPa.....IV	IV
Příloha 5 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu kukuřice při 0,5 kPa .....IV	IV
Příloha 6 - Krabicový graf rychlosti průletu kukuřice při 1,5 kPa.....IV	IV
Příloha 7 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu kukuřice při 1,5 kPa ..... V	V
Příloha 8 - Krabicový graf rychlosti průletu kukuřice při 2,5 kPa..... V	V
Příloha 9 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu kukuřice při 2,5 kPa ..... V	V
Příloha 10 - Krabicový graf rychlosti průletu kukuřice při 4 kPa.....VI	VI
Příloha 11 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu kukuřice při 4 kPa ..... VI	VI
Příloha 12 - Krabicový graf rychlosti průletu pšenice při 0,5 kPa.....VI	VI
Příloha 13 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu pšenice při 0,5 kPa ..... VII	VII
Příloha 14 - Krabicový graf rychlosti průletu pšenice při 1,5 kPa..... VII	VII
Příloha 15 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu pšenice při 1,5 kPa ..... VII	VII
Příloha 16 - Krabicový graf rychlosti průletu pšenice při 2 kPa..... VIII	VIII
Příloha 17 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu pšenice při 2 kPa ..... VIII	VIII
Příloha 18 - Krabicový graf rychlosti průletu pšenice při 3,5 kPa..... VIII	VIII
Příloha 19 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu pšenice při 3,5 kPa .....IX	IX
Příloha 20 - Krabicový graf rychlosti průletu řepky při 0,5 kPa.....IX	IX
Příloha 21 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu řepky při 0,5 kPa .....IX	IX
Příloha 22 - Krabicový graf rychlosti průletu řepky při 1,5 kPa..... X	X
Příloha 23 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu řepky při 1,5 kPa ..... X	X
Příloha 24 - Krabicový graf rychlosti průletu řepky při 2,5 kPa..... X	X
Příloha 25 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu řepky při 2,5 kPa .....XI	XI
Příloha 26 - Krabicový graf rychlosti průletu řepky při 3,5 kPa.....XI	XI
Příloha 27 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu řepky při 3,5 kPa .....XI	XI

# Přílohy

Příloha 1 – Naměřené hodnoty u hadic. semenovodu s vnitřním průměrem 10 mm

Voiný pád		Nastavení zoroje / Tlak na manometru [ kPa ]												Varianta		Opakování	
		0,5 kPa		1,0 kPa		1,5 kPa		2,0 kPa		2,5 kPa		3,0 kPa					3,5 kPa
Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]
47	2,13	19	5,26	16	5,25	10	10,00	9	11,11	9	11,11	9	11,11	6	16,67	7	14,29
50	2,00	20	5,00	15	5,67	12	8,33	10	10,00	9	11,11	7	14,29	8	12,50	8	12,50
46	2,33	20	5,00	13	7,69	11	9,09	10	10,00	9	11,11	7	14,29	7	14,29	7	14,29
42	2,33	20	5,00	13	7,69	11	9,09	10	10,00	9	11,11	8	12,50	8	12,50	7	14,29
50	2,00	19	5,26	14	7,14	10	10,00	10	10,00	8	12,50	7	14,29	7	14,29	8	12,50
41	2,44	17	5,88	12	8,33	11	9,09	10	10,00	8	12,50	7	14,29	7	14,29	5	16,67
58	1,72	19	5,26	13	7,69	12	8,33	11	9,09	9	11,11	9	11,11	8	12,50	7	14,29
42	2,33	20	5,00	12	8,33	11	9,09	10	10,00	10	10,00	7	14,29	7	14,29	7	14,29
42	2,33	17	5,88	15	5,67	11	9,09	12	8,33	7	14,29	9	11,11	8	12,50	7	14,29
42	2,33	18	5,56	14	7,14	11	9,09	9	11,11	8	12,50	8	12,50	7	14,29	5	16,67
<b>45,70</b>	<b>2,21</b>	<b>18,90</b>	<b>5,31</b>	<b>13,70</b>	<b>7,36</b>	<b>11,00</b>	<b>9,12</b>	<b>10,10</b>	<b>9,96</b>	<b>8,50</b>	<b>11,73</b>	<b>8,00</b>	<b>12,66</b>	<b>7,30</b>	<b>13,81</b>	<b>7,00</b>	<b>14,40</b>
39	2,55	18	5,56	16	5,25	14	7,14	12	8,33	10	10,00	10	10,00	8	12,50	8	12,50
39	2,55	19	5,26	16	5,25	13	7,59	11	9,09	10	10,00	9	11,11	9	11,11	8	12,50
40	2,50	20	5,00	16	5,25	13	7,59	11	9,09	10	10,00	9	11,11	8	12,50	8	11,88
39	2,55	18	5,56	15	5,67	13	7,59	12	8,33	10	10,00	9	11,11	9	11,11	9	11,67
39	2,55	19	5,26	15	5,67	13	7,59	11	9,09	10	10,00	9	9,00	8	12,50	8	11,88
40	2,50	20	5,00	16	5,25	12	8,33	11	9,09	11	9,09	9	11,11	9	11,11	8	12,50
40	2,50	20	5,00	17	5,88	13	7,59	12	8,33	10	10,00	10	10,00	9	11,11	8	12,50
38	2,63	19	5,26	14	7,14	13	7,59	12	8,33	10	10,00	10	10,00	9	11,11	9	11,67
39	2,55	20	5,00	16	5,25	13	7,59	12	8,33	10	10,00	9	11,11	8	12,50	8	11,88
38	2,63	19	5,26	16	5,25	12	8,33	11	9,09	10	10,00	9	11,11	9	11,11	8	11,25
<b>39,10</b>	<b>2,56</b>	<b>19,20</b>	<b>5,22</b>	<b>15,70</b>	<b>6,39</b>	<b>12,90</b>	<b>7,77</b>	<b>11,50</b>	<b>8,71</b>	<b>10,10</b>	<b>9,91</b>	<b>9,30</b>	<b>10,57</b>	<b>8,60</b>	<b>11,57</b>	<b>8,20</b>	<b>12,02</b>
55	1,82	18	5,56	16	5,56	13	7,59	11	8,64	10	10,00	10	10,50	9	11,67	8	12,50
38	2,63	17	5,88	15	7,00	13	7,59	11	9,09	11	9,55	9	11,67	9	11,11	8	13,13
40	2,50	19	5,26	17	5,47	14	7,50	11	8,64	10	9,50	10	10,50	9	11,11	8	13,13
41	2,44	17	5,88	15	5,67	14	7,50	10	9,50	10	10,00	9	11,11	9	11,67	8	12,50
42	2,33	19	5,26	16	5,25	14	7,50	11	9,09	11	9,55	9	11,11	8	12,50	8	12,50
37	2,70	18	5,56	16	5,56	14	7,14	12	8,33	10	10,00	9	11,67	8	12,50	8	12,50
40	2,50	19	5,26	15	5,67	13	7,31	12	8,75	11	9,55	10	10,50	8	12,50	7	13,57
41	2,44	18	5,56	15	5,67	12	7,92	11	9,09	10	9,50	9	11,11	9	11,11	8	12,50
39	2,55	19	5,26	17	5,18	13	7,59	11	9,09	10	10,00	8	11,88	9	11,11	7	13,57
40	2,50	22	4,55	16	5,56	13	7,59	11	8,64	11	9,55	9	11,11	8	12,50	8	12,50
<b>41,30</b>	<b>2,45</b>	<b>18,60</b>	<b>5,40</b>	<b>15,80</b>	<b>5,56</b>	<b>13,30</b>	<b>7,56</b>	<b>11,10</b>	<b>8,89</b>	<b>10,40</b>	<b>9,72</b>	<b>9,20</b>	<b>11,12</b>	<b>8,50</b>	<b>11,78</b>	<b>7,80</b>	<b>12,84</b>

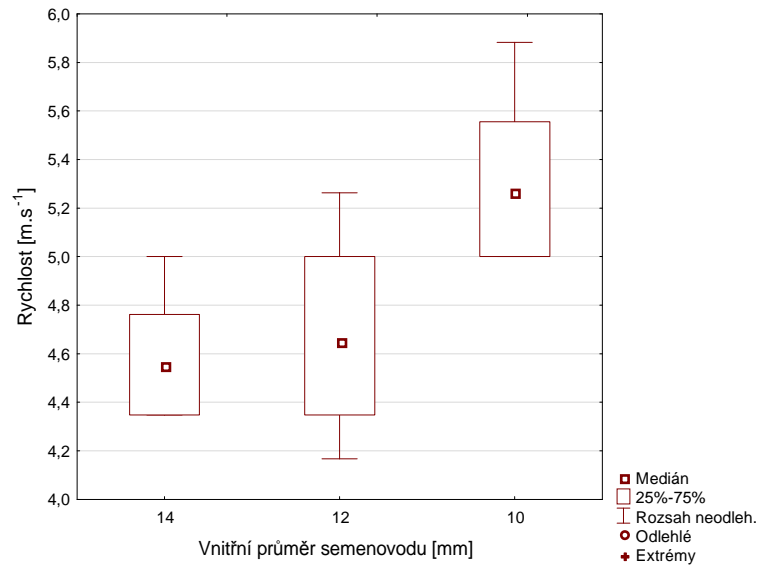
Příloha 2 – Naměřené hodnoty u hadic. semenovodu s vnitřním průměrem 12 mm

Volný pád		Nastavení zoroje / Tlak na manometru [ kPa ]										Varianta	Opakování				
		0,5 kPa		1,0 kPa		1,5 kPa		2,0 kPa		2,5 kPa				3,0 kPa		3,5 kPa	
Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]
41	2,44	21	4,76	16	6,25	12	8,33	12	8,33	10	10,00	8	12,50	9	11,11	8	12,50
40	2,50	22	4,55	18	5,56	15	6,67	10	10,00	9	11,11	10	10,00	9	11,11	6	16,67
45	2,22	23	4,35	14	7,14	14	7,14	10	10,00	10	10,00	10	10,00	9	11,11	8	12,50
44	2,27	20	5,00	16	6,25	14	7,14	12	8,33	10	10,00	9	11,11	9	11,11	8	12,50
45	2,22	24	4,17	14	7,14	13	7,69	12	8,33	10	10,00	10	10,00	9	11,11	7	14,29
48	2,08	23	4,35	16	6,25	13	7,69	12	8,33	11	9,09	10	10,00	8	12,50	8	12,50
46	2,17	20	5,00	18	5,56	13	7,69	12	8,33	10	10,00	9	11,11	8	12,50	8	12,50
46	2,17	20	5,00	15	6,67	14	7,14	11	9,09	10	10,00	10	10,00	9	11,11	8	12,50
45	2,22	19	5,26	15	6,67	13	7,69	11	9,09	9	11,11	9	11,11	10	10,00	10	10,00
45	2,22	22	4,55	15	6,67	14	7,14	11	9,09	9	11,11	9	11,11	8	12,50	8	12,50
<b>44,50</b>	<b>2,25</b>	<b>21,40</b>	<b>4,70</b>	<b>15,70</b>	<b>6,41</b>	<b>13,50</b>	<b>7,43</b>	<b>11,30</b>	<b>8,89</b>	<b>9,80</b>	<b>10,24</b>	<b>9,40</b>	<b>10,65</b>	<b>8,80</b>	<b>11,42</b>	<b>7,90</b>	<b>12,85</b>
45	2,22	22	4,55	16	6,25	13	7,69	11	9,09	10	10,00	9	11,11	7	12,86	6	14,17
44	2,27	23	4,35	17	5,88	13	7,69	12	8,33	11	9,09	10	10,00	6	14,17	6	15,00
46	2,17	22	4,55	16	6,25	13	7,69	12	8,33	12	8,33	10	10,00	6	14,17	6	15,00
41	2,44	22	4,55	16	6,25	13	7,69	12	8,33	10	10,00	9	11,11	7	12,86	6	16,67
42	2,38	22	4,55	16	6,25	14	7,14	12	8,33	10	10,00	9	11,11	7	12,86	6	16,67
43	2,33	21	4,76	17	5,88	13	7,69	12	8,33	11	9,09	9	11,11	7	12,86	6	16,67
43	2,33	21	4,76	14	7,14	13	7,69	12	8,33	11	9,09	9	11,11	6	14,17	6	15,00
44	2,27	23	4,35	18	5,56	14	7,14	12	8,33	12	8,33	10	10,00	6	14,17	6	15,00
42	2,38	20	5,00	17	5,88	13	7,69	12	8,33	10	10,00	10	10,00	7	12,86	7	12,86
43	2,33	22	4,55	18	5,56	14	7,14	12	8,33	10	10,00	10	10,00	6	14,17	7	14,29
<b>43,30</b>	<b>2,31</b>	<b>21,80</b>	<b>4,59</b>	<b>16,50</b>	<b>6,09</b>	<b>13,30</b>	<b>7,53</b>	<b>11,90</b>	<b>8,41</b>	<b>10,70</b>	<b>9,39</b>	<b>9,60</b>	<b>10,44</b>	<b>6,40</b>	<b>13,64</b>	<b>6,40</b>	<b>14,57</b>
46	2,17	19	5,26	14	7,50	11	8,64	10	10,00	9	11,11	8	13,13	8	12,50	7	15,71
42	2,38	21	4,76	14	7,86	11	9,09	9	10,56	9	12,22	8	12,50	7	12,86	7	15,00
44	2,27	19	5,26	14	7,50	9	9,44	10	10,00	8	11,88	9	11,67	7	13,57	7	14,29
44	2,27	19	5,26	14	7,86	11	9,09	10	10,30	9	12,22	8	11,88	8	12,50	7	15,00
40	2,50	20	5,00	14	7,86	11	8,64	9	10,56	9	11,11	9	11,11	7	13,57	7	15,00
45	2,22	21	4,76	14	7,86	10	9,00	10	11,00	8	11,25	8	13,75	7	13,57	8	14,38
43	2,33	18	5,56	14	7,50	11	8,64	10	10,30	9	11,57	8	12,50	7	13,57	7	15,00
44	2,27	22	4,55	14	7,86	9	9,44	10	10,00	9	11,11	8	13,75	7	14,29	7	15,00
42	2,38	20	5,00	14	7,14	11	8,64	9	11,57	8	11,88	8	13,13	7	13,57	8	13,75
40	2,50	21	4,76	14	7,86	10	9,00	10	10,00	9	11,57	8	13,75	8	12,50	7	13,57
<b>43,00</b>	<b>2,33</b>	<b>20,00</b>	<b>5,02</b>	<b>14,00</b>	<b>7,68</b>	<b>10,40</b>	<b>8,56</b>	<b>9,70</b>	<b>10,48</b>	<b>8,70</b>	<b>11,61</b>	<b>8,20</b>	<b>12,72</b>	<b>7,30</b>	<b>13,25</b>	<b>7,20</b>	<b>14,67</b>

Příloha 3 - Naměřené hodnoty u hadic. semenovodu s vnitřním průměrem 14 mm

Volný pád		Nastavení zdroje / Tlak na manometru [kPa]										4 kPa		Variance Opakování			
Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	0,5 kPa		1,0 kPa		1,5 kPa		2,0 kPa		2,5 kPa		3,0 kPa			3,5 kPa		
		Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]	Čas [ms]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ]		
44	2,27	20	5,00	18	7,69	12	8,33	12	8,33	11	9,09	10	10,00	9	11,11		
39	2,56	21	4,76	15	6,67	13	7,69	12	8,33	10	10,00	8	12,50	9	11,11		
39	2,56	23	4,35	17	5,88	13	7,69	13	7,69	10	10,00	10	10,00	8	12,50		
38	2,63	23	4,35	18	5,56	16	6,25	13	7,69	10	10,00	11	9,09	10	10,00		
38	2,63	23	4,35	15	6,25	13	7,69	12	8,33	13	7,69	10	10,00	9	11,11		
37	2,70	22	4,55	19	5,26	15	6,67	14	7,14	12	8,33	10	10,00	9	11,11		
42	2,38	20	5,00	17	5,88	15	6,67	12	8,33	11	9,09	10	10,00	9	11,11		
44	2,27	22	4,55	18	5,56	13	7,69	12	8,33	12	8,33	9	11,11	10	10,00		
42	2,38	21	4,76	15	6,25	14	7,14	13	7,69	13	7,69	10	10,00	9	11,11		
45	2,22	22	4,55	17	5,88	15	6,67	13	7,69	12	8,33	10	10,00	9	11,11		
<b>40,80</b>	<b>2,46</b>	<b>21,70</b>	<b>4,62</b>	<b>17,20</b>	<b>5,83</b>	<b>14,20</b>	<b>7,08</b>	<b>12,70</b>	<b>7,89</b>	<b>12,00</b>	<b>8,38</b>	<b>10,10</b>	<b>9,93</b>	<b>9,30</b>	<b>10,81</b>	<b>9,20</b>	<b>10,96</b>
38	2,63	21	4,76	17	5,88	12	8,33	11	9,09	11	9,09	11	9,55	10	11,50	9	11,67
38	2,63	20	5,00	15	6,25	13	7,69	11	9,09	9	11,11	10	10,00	10	11,50	9	12,78
38	2,63	22	4,55	14	7,14	12	8,33	11	9,09	9	11,11	11	9,55	10	11,50	9	11,67
39	2,56	20	5,00	15	6,67	12	8,33	11	9,09	10	10,00	10	10,00	8	11,25	9	12,22
39	2,56	21	4,76	15	6,25	12	8,33	12	8,33	12	8,33	9	10,55	9	10,56	10	12,00
39	2,56	23	4,35	15	6,25	12	8,33	10	10,00	9	11,11	8	11,25	9	11,11	9	11,67
42	2,38	21	4,76	15	6,67	11	9,09	11	9,09	9	11,11	8	11,25	10	10,50	8	12,50
39	2,56	21	4,76	15	6,67	13	7,69	11	9,09	10	10,00	10	10,00	11	10,45	9	11,67
38	2,63	20	5,00	15	6,67	13	7,69	11	9,09	10	10,00	10	10,00	9	11,11	10	11,50
39	2,56	21	4,76	17	5,88	13	7,69	10	10,00	10	10,00	11	9,55	10	10,50	9	12,22
<b>38,90</b>	<b>2,57</b>	<b>21,00</b>	<b>4,77</b>	<b>15,60</b>	<b>6,43</b>	<b>12,30</b>	<b>8,15</b>	<b>10,90</b>	<b>9,20</b>	<b>9,90</b>	<b>10,19</b>	<b>9,80</b>	<b>10,17</b>	<b>9,60</b>	<b>11,00</b>	<b>9,10</b>	<b>11,99</b>
38	2,63	19	5,26	17	5,18	14	7,86	12	8,33	12	9,17	10	11,00	9	11,11	8	12,50
38	2,63	20	5,00	21	5,00	15	7,33	12	8,75	12	9,17	10	10,50	7	13,57	7	12,14
38	2,63	18	5,56	17	5,18	16	7,19	11	9,09	10	10,00	8	11,25	10	10,50	7	12,95
42	2,38	19	5,26	19	5,53	15	7,00	11	9,09	10	10,00	11	10,45	8	11,25	8	11,88
39	2,56	19	5,26	19	5,05	13	8,08	11	8,64	10	10,50	9	10,00	7	12,14	7	12,95
43	2,33	21	4,76	19	5,32	12	7,92	12	7,92	11	9,55	7	11,43	8	11,88	7	12,95
41	2,44	19	5,26	17	5,88	16	7,19	11	8,18	11	9,09	10	10,50	9	12,22	8	11,88
38	2,63	21	4,76	18	5,56	15	7,67	11	9,09	12	9,58	9	11,11	8	11,88	8	12,50
39	2,56	19	5,26	20	5,75	14	7,50	11	8,18	11	10,45	10	10,50	9	11,67	7	12,95
40	2,50	19	5,26	19	6,05	15	7,33	10	9,00	11	9,55	9	11,11	8	11,88	7	12,95
<b>39,60</b>	<b>2,53</b>	<b>19,40</b>	<b>5,17</b>	<b>18,60</b>	<b>5,85</b>	<b>14,50</b>	<b>7,51</b>	<b>11,20</b>	<b>8,63</b>	<b>11,00</b>	<b>9,71</b>	<b>9,30</b>	<b>10,79</b>	<b>8,30</b>	<b>11,81</b>	<b>7,40</b>	<b>12,52</b>

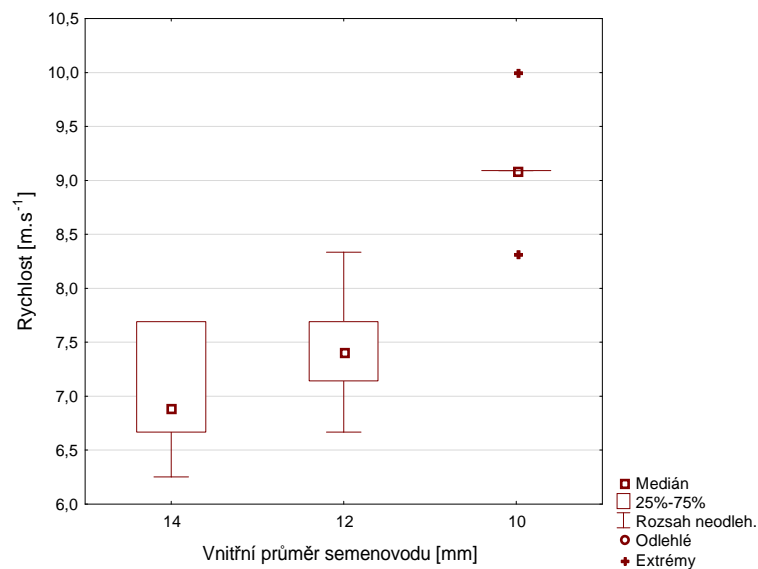
#### Příloha 4 - Krabicový graf rychlosti průletu kukuřice při 0,5 kPa



#### Příloha 5 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu kukuřice při 0,5 kPa

Tukeyuv HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,10539, sv = 27,000				
Varianta	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
3	14	4,620365	****	
2	12	4,697829	****	
1	10	5,310974		****

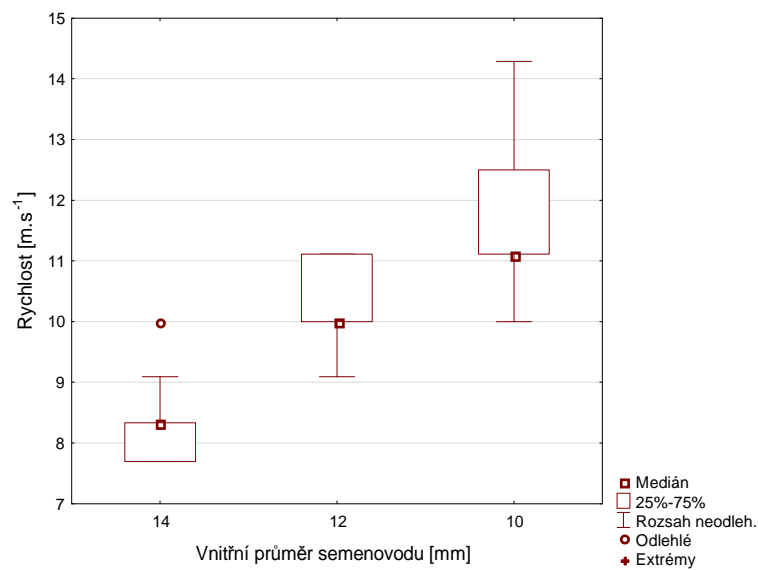
#### Příloha 6 - Krabicový graf rychlosti průletu kukuřice při 1,5 kPa



### Příloha 7 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu kukuřice při 1,5 kPa

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,28411, sv = 27,000				
Varianta	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
3	14	7,082875	****	
2	12	7,434066	****	
1	10	9,121212		****

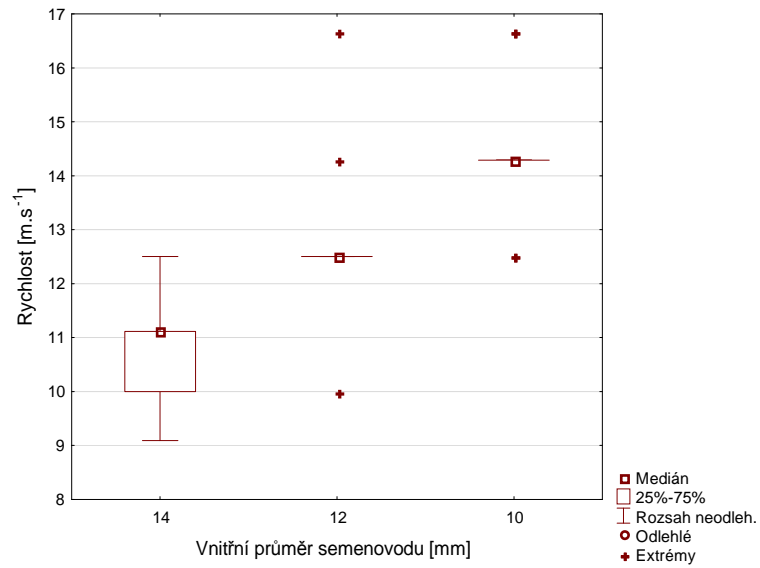
### Příloha 8 - Krabicový graf rychlosti průletu kukuřice při 2,5 kPa



### Příloha 9 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu kukuřice při 2,5 kPa

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,80444, sv = 27,000					
Varianta	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2	3
3	14	8,38345	****		
2	12	10,24242		****	
1	10	11,73413			****

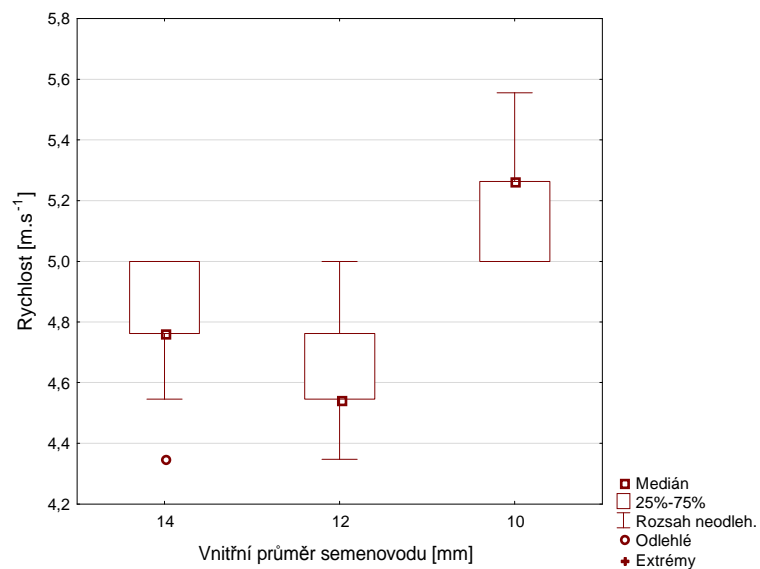
### Příloha 10 - Krabicový graf rychlosti průletu kukuřice při 4 kPa



### Příloha 11 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu kukuřice při 4 kPa

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = 1,9769, sv = 27,000				
Varianta	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
3	14	10,96465		****
2	12	12,84524	****	
1	10	14,40476	****	

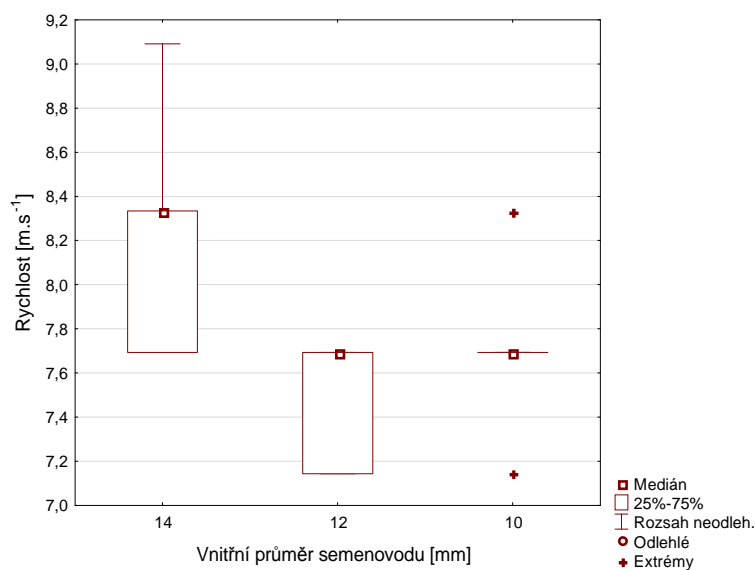
### Příloha 12 - Krabicový graf rychlosti průletu pšenice při 0,5 kPa



### Příloha 13 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu pšenice při 0,5 kPa

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,04326, sv = 27,000				
C. bunky	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
2	12	4,594673	****	
3	14	4,770280	****	
1	10	5,216374		****

### Příloha 14 - Krabicový graf rychlosti průletu pšenice při 1,5 kPa

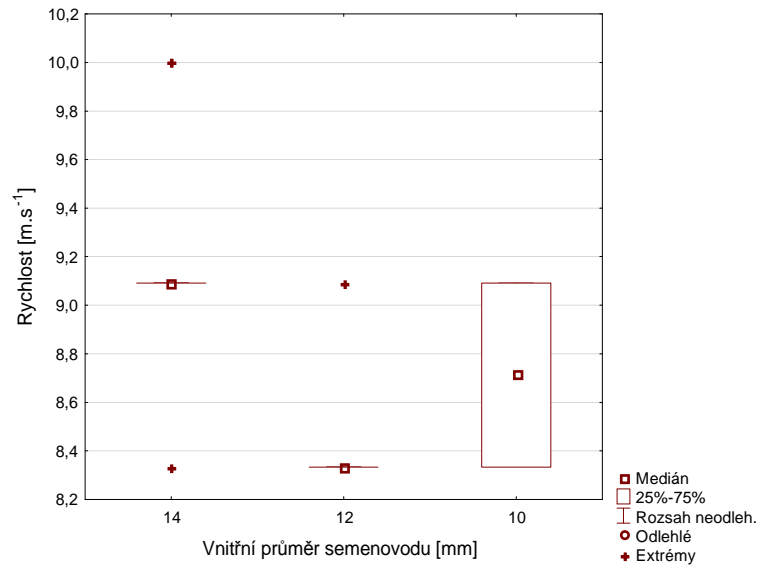


### Příloha 15 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu pšenice při 1,5 kPa

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,13316, sv = 27,000				
C. bunky	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
2	12	7,527473	****	
1	10	7,765568	****	****
3	14	8,152681		****



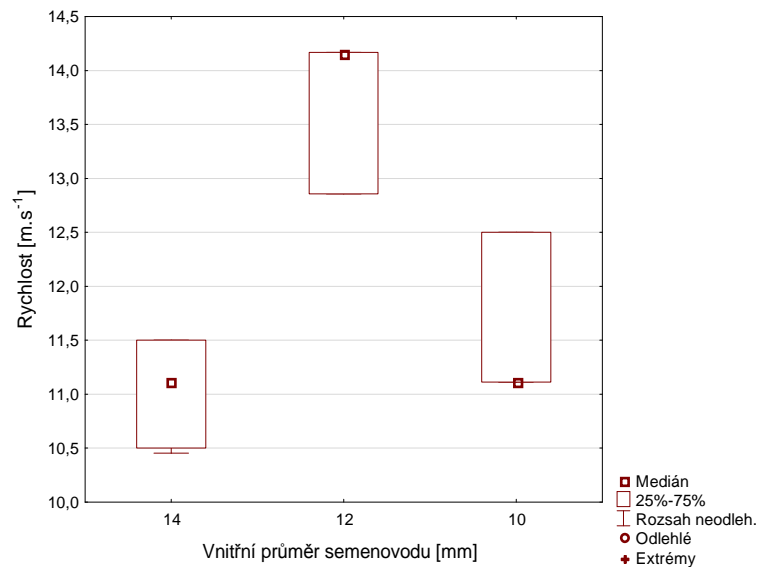
### Příloha 16 - Krabicový graf rychlosti průletu pšenice při 2 kPa



### Příloha 17 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu pšenice při 2 kPa

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,15058, sv = 27,000				
C. bunky	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
2	12	8,409091	****	
1	10	8,712121	****	
3	14	9,196970		****

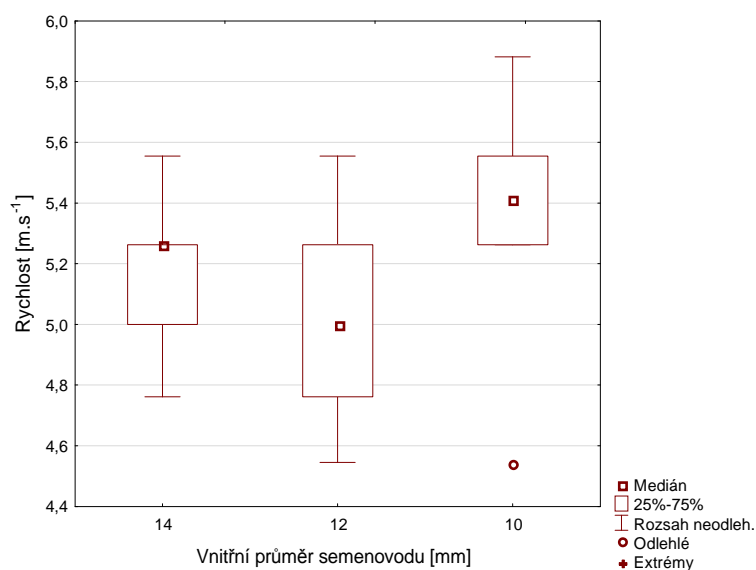
### Příloha 18 - Krabicový graf rychlosti průletu pšenice při 3,5 kPa



### Příloha 19 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu pšenice při 3,5 kPa

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,39176, sv = 27,000				
Varianty	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
3	14	10,99823	****	
1	10	11,66667	****	
2	12	13,64286		****

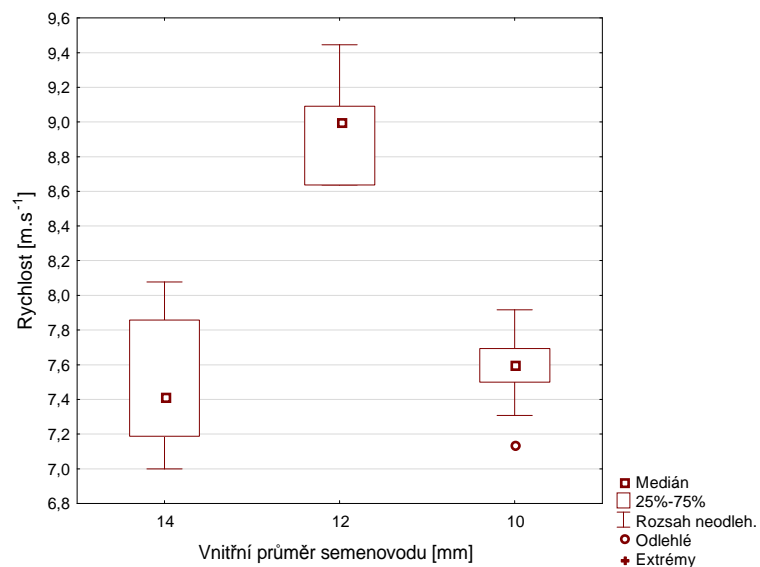
### Příloha 20 - Krabicový graf rychlosti průletu řepky při 0,5 kPa



### Příloha 21 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu řepky při 0,5 kPa

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,10354, sv = 27,000				
Varianty	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
2	12	5,017620	****	
3	14	5,165831	****	****
1	10	5,402946		****

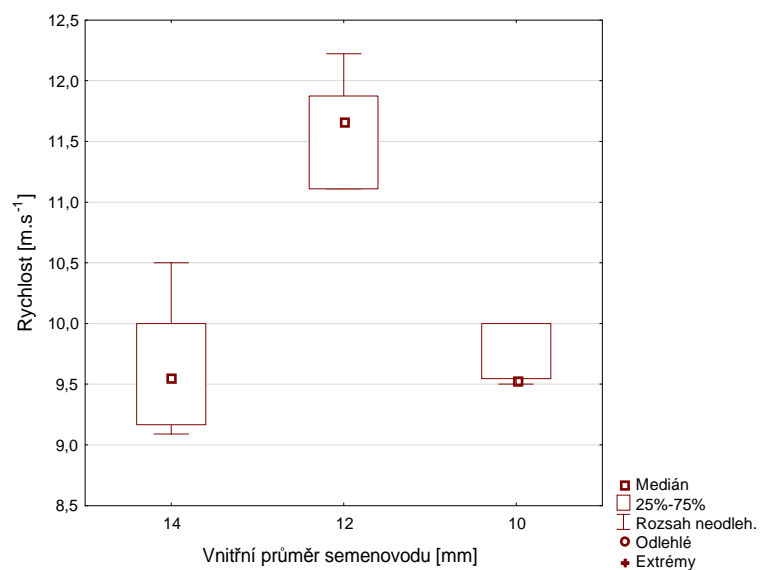
### Příloha 22 - Krabicový graf rychlosti průletu řepky při 1,5 kPa



### Příloha 23 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu řepky při 1,5 kPa

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,09384, sv = 27,000				
Varianty	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s-1] Průměr	1	2
3	14	7,505907	****	
1	10	7,563645	****	
2	12	8,961616		****

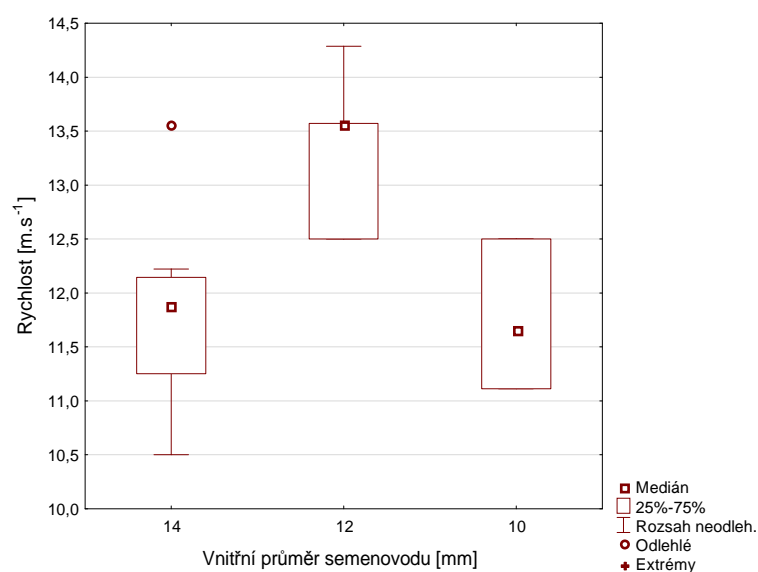
### Příloha 24 - Krabicový graf rychlosti průletu řepky při 2,5 kPa



### Příloha 25 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu řepky při 2,5 kPa

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,17390, sv = 27,000				
Varianty	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
3	14	9,70530	****	
1	10	9,71818	****	
2	12	11,61111		****

### Příloha 26 - Krabicový graf rychlosti průletu řepky při 3,5 kPa



### Příloha 27 - Tukeyův HSD test rychlosti průletu řepky při 3,5 kPa

Tukeyův HSD test; proměnná Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,49092, sv = 27,000				
Varianty	Vnitřní průměr semenovodu [mm]	Rychlost [m.s <sup>-1</sup> ] Průměr	1	2
1	10	11,77778	****	
3	14	11,80893	****	
2	12	13,25000		****