

Masarykova univerzita  
Fakulta sportovních studií  
Katedra kineziologie

**Biomechanická 3D analýza – skok do dálky**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Vedoucí diplomové práce:  
Mgr. Martin Sebera

Vypracovala:  
Bc. Renata Kacerová  
5. ročník UTV-TI

Brno, 2008

Děkuji:

Mgr. Martinu Seberovi z katedry kineziologie Fakulty sportovních studií Masarykovy univerzity za konzultace, odborné vedení a cenné rady, které mi poskytl při zpracovávání diplomové práce.

Bc. Petru Zaoralovi a Petru Hutovi za poskytnutí potřebného měřicího zařízení a za konzultace v oblasti technických záležitostí.

Trenérovi PaedDr. Stanislavu Joukalovi ze Sportovního gymnázia Ludvíka Daňka v Brně za poskytnutí svěřenců a možnost provést 3D analýzu.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a použila jsem pouze literaturu uvedenou v seznamu.

Souhlasím, aby práce byla uložena v knihovně Fakulty sportovních studií MU a zpřístupněna ke studijním účelům.

V Brně dne 14. dubna 2008

.....

## **OBSAH:**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>6</b>
<b>1. LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....	<b>9</b>
1.1 Charakteristika skoku dalekého .....	9
1.1.1 Technika disciplíny .....	9
1.1.2 Způsoby letu ve skoku dalekém .....	14
1.2 Pravidla skoku dalekého .....	23
1.3 Předpoklady skokanů do dálky .....	27
1.3.1 Struktura sportovního výkonu a jeho faktory .....	27
1.3.2 Somatické předpoklady .....	27
1.3.3 Osobnostní předpoklady .....	28
1.3.4 Sociální předpoklady .....	28
1.3.5 Motorické předpoklady (pohybový potenciál) .....	29
<b>2. CÍL, ÚKOLY</b> .....	<b>30</b>
2.1 Cíl práce .....	30
2.2 Varianta výzkumu .....	30
2.3 Úkoly práce .....	31
2.4 Použité metody .....	31
<b>3. METODIKA SLEDOVÁNÍ</b> .....	<b>33</b>
3.1 Charakteristika souboru .....	33
3.2 Metody zjišťování sledovaných ukazatelů .....	34
3.2.1 Kinematická analýza .....	34
3.2.2 Zpracování obrazu biomechanické 3D analýzy .....	34
3.2.3 Souřadnicový systém .....	35
3.2.4 Časové údaje .....	36
3.2.5 Dvou- a třírozměrné nahrávky .....	36
3.2.6 Problémy související s analýzou obrazu .....	37
3.2.7 Chyby a tolerance chyb .....	37
3.2.8 Zobrazení dat .....	38

3.2.9 Použití .....	39
<b>4. VÝSLEDKY A DISKUSE .....</b>	<b>42</b>
4.1 Výsledky 3D kinematické analýzy .....	42
4.2 Srovnání parametrů sledovaného dálkaře s Ter-Ovanesjanem .....	45
4.3 Diskuse k analyzovaným výsledkům .....	47
<b>5. SHRUTÍ A ZÁVĚRY .....</b>	<b>55</b>
5.1 Závěry pro teorii .....	55
5.2 Závěry pro praxi .....	56
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>58</b>

Přílohy

Resumé

## ÚVOD

Sport je jedním z pozoruhodných a specifických znaků života 20. století. Svědčí o tom jak jeho mnohostranná rozmanitost, tak i nesmírná popularita, jíž se těší v nejrůznějších zemích světa.

Atletika má mezi sporty výlučné postavení. Všeobecně je považována za základní sportovní odvětví. Přirozené pohyby, jakými jsou chůze, běh, skok nebo hod, tvoří její pohybový základ. Svými hodnotami více či méně ovlivňuje ostatní sportovní odvětví.

Atletika, podobně jako některá další sportovní odvětví, zaznamenala v 70. a 80. letech minulého století prudký rozvoj. Tento rozvoj sportu a s ním souvisejících činností zvýšil zájem veřejnosti, která na sport pohlíží jako na vzrušující podívanou. S tímto diváckým zájmem přirozeně roste i množství financí, jež do tohoto odvětví lidské činnosti proudí.

Obliba atletiky roste především díky televizi. Diváci téměř na celém světě mohou ve stejném okamžiku sledovat atraktivní, napínavé a přitom každému srozumitelné soutěže. Atletika, na rozdíl od některých jiných sportů, má obrovskou výhodu v objektivně měřitelných výkonech. Snaha po nejvyšší výkonnosti je pro ni zvlášť charakteristická. Stále dokonalejší snímací technika přibližuje televiznímu divákovi sportovní boje a rekordní výkony tak, že má dojem přímé účasti na stadionu.

Téma diplomové práce jsem se rozhodla zpracovat na základě několika skutečností. Dlouhodobě se věnuji atletice jako závodnice, posledních osm let i jako trenérka. Specializovala jsem se na sprinty, skok do dálky a vrh koulí. Ze svých zkušeností vím, že posouzení technických schopností a dovedností je pravděpodobně nejsložitější část tréninkového procesu. Fyzické, somatické nebo fyziologické parametry postihneme různými testy, naopak úroveň techniky je

otázka spíše expertního posouzení trenéra. Ten musí vyjít ze svých zkušeností, citu a všeobecného přehledu limitujících faktorů daného sportovního výkonu.

Proto mé rozhodnutí ohledně výběru diplomové práce spočívalo v nalezení způsobu posouzení techniky sportovního výkonu. Jako jedna z možností se nabízí použít systém SIMI 3D, který spočívá v kinematické analýze a následném 3D modelování s možností popsat fyzikální charakteristiky (vzdálenosti, rychlosti, zrychlení, úhly, úhlové rychlosti) jednotlivých segmentů těla.

Biomechanická 3D analýza v atletice, která zpracovává obrazy, může být prováděna za různým účelem (analýza povrchu, rozpoznávání obrazců, určování velikosti atd.). V našem případě se budeme zabývat kinematickou analýzou.

Na atletických závodech již není neobvyklá přítomnost kamer. Diváci, rodiče, trenéři nebo pověření členové realizačního týmu provádějí videozáznam většinou za účelem archivace a mnohdy i pro získání zpětné vazby z natočeného materiálu. S rostoucí oblibou audiovizuální a výpočetní techniky roste i zájem sportovců a jejich týmů o biomechanickou analýzu, která jim pomáhá vyhodnotit a vylepšit technické provedení pohybu. Vzdělávací instituce (CASRI Praha, tělovýchovné a sportovní fakulty), které jsou úzce napojeny na sport, tento trend zachycují a nabízejí závodníkům různé možnosti. Na Fakultě sportovních studií Masarykovy univerzity se této problematice věnují členové katedry kineziologie a katedry atletiky, plavání a sportů v přírodě ve spolupráci se Sportovním gymnáziem Brno, a to pomocí systému SIMI Motion. Brněnská fakulta úzce spolupracuje se Sportovním gymnáziem L. Daňka, mimo jiné s tréninkovou skupinou Stanislava Jukala. Dálkařská skupina představuje aktuální českou špičku. Jména jako Petr Lampart (osobní rekord 818 cm), Štěpán Wágner (794 cm), Roman Novotný (791 cm) nebo Milan Pírek (741 cm) jsou velmi zvučná, neboť výkony kolem 8 m již představují světovou úroveň. Biomechanická 3D analýza přispívá k přesnému a podrobnému posouzení techniky s možností

odhalení slabých i silných stránek v technickém provedení a následný rozbor může poukázat na klíčové faktory ovlivňující konečný výkon.



# 1. LITERÁRNÍ PŘEHLED

## 1.1 Charakteristika skoku dalekého

Sportovní počátky této klasické disciplíny spadají do pentatlonu starořeckých olympijských her. Rovněž od počátku dějin moderní (novověké) lehké atletiky byl skok daleký zařazován do lehkootletických závodů. Je závodní disciplínou mužů i žen všech věkových kategorií i součástí klasických vícebojů. Je disciplínou velmi přirozenou. Uplatňují se při ní především rychlost, síla a schopnost koordinovat pohyby v maximální rychlosti.

Dá se očekávat, že vývoj výkonnosti v této disciplíně půjde souběžně především s harmonickým rozvojem rychlosti, síly a přesné nervosvalové koordinace, při uplatnění psychických vlastností, jako je soustředěnost, rozhodnost a usilovnost. Skokan do dálky rozvíjí především schopnosti potřebné ke krátkodobým maximálním výkonům. Tělesná výška není pro skok daleký rozhodující. Vynikající skokani do dálky byli vyšších i nižších postav. Nepoměrně více se uplatňují nervové dispozice, především velká dynamičnost a síla nervových procesů a labilnost nervosvalové soustavy. Tělesná váha musí být úměrná tělesné výšce (Kněnický, 1977).

Skok daleký patří mezi technické a rychlostně-silové disciplíny. V této disciplíně jde o dosažení co největší vzdálenosti mezi odrazovou částí a místem doskoku v písku. Vlastní provedení skoků je vymezeno pravidly (Vindušková, 2003).

### 1.1.1 Technika disciplíny

Při rozboru techniky skoku dalekého nacházíme obvykle v lehkootletické literatuře oddělený popis čtyř fází: rozběhu, odrazu, letu a doskoku. Správnější je však zdůvodňovat a popisovat techniku rozběhu a odrazu

společně, stejně jako techniku letu a doskoku, neboť tyto fáze spolu technicky a funkčně velmi úzce souvisejí a v technickém provedení se vzájemně doplňují. Přitom je třeba si uvědomit, že rozběh a odraz jsou pro výkon ve skoku dalekém vedoucími a určujícími složkami. Let a doskok jsou složkami následnými, které určují výkon druhotně a technickým provedením vyplývají především z provedení rozběhu a odrazu (Kněnický, 1977).

## **Rozběh**

V počáteční fázi se skokan rozbíhá od výběhové značky ustáleným startovním způsobem; pro zachování přesného rozběhu musí být jednotlivé kroky vždy stejně dlouhé. Tento požadavek platí pro celý rozběh, ale v počáteční fázi rozběhu je zvláště důležitý, poněvadž zde se vyskytují největší odchylky. Děje se tak změnou startovní polohy, sklonu trupu, polohy pánve, úsilí v jednotlivých odrazech, místa dokroku vzhledem k těžišti atd.

Startovním způsobem vybíhá skokan do dálky proto, že je to neekonomičtější způsob, jak získat nejdříve co největší rychlost. Technika tohoto způsobu je charakterizována šlapavým způsobem běhu. Ve střední fázi běží skokan švihovým způsobem běhu, tj. ve vzpřímené sprinterské poloze a plným krokem. Závěrečná fáze je už vlastně spojení rozběhu s odrazem v posledních čtyřech krocích (Kněnický, 1977).

## **Odras**

Odrasová noha, nepatrně předsunutá před těžiště, došlapuje na břevno z vnější části plosky na celé chodidlo, někdy nepatrně přes patu. Značný časový rozdíl mezi došlápnutím paty a celého chodidla je nesprávný. Noha je při došlapu v kolenní měkce natažená, rovněž tak kyčelní kloub. Po dokroku se koleno pokrčuje – nejvíce před momentem vertikály. Konečný energetický zdvih nastává napínáním kyčelního, kolenního a hlezenního kloubu na odrazové kolmici a za ní. I když je napínání těchto kloubů souběžné, přece nejtěžší práci obstarávají od

počátku vlastního odrazu mohutné svaly hýžďové, napínající kyčelní kloub. Menší a slabší svalstvo lýtkové, které napíná kloub hlezenní, se uplatňuje nejvýrazněji v rychlé práci při dokončování odrazu. Zapojení zmíněných svalových skupin do odrazu určuje stoupání těžiště v průběhu odrazu. Při odrazu švihne neodrazová noha „ostrým kolenem“ vpřed, bércec je složen pod stehno. Odraz je uskutečněn typickým dálkařským lukem, připomínajícím běžecký luk. Výška těžiště a rozsah práce nohou je však větší než u běžeckého luku; vzdálenost těžiště od odrazové kolmice je menší.

Trup a hlava se nemají odchylovat v průběhu odrazu od sprinterské polohy. Poloha hlavy vůči trupu se v průběhu celého odrazu nemění. Práce paží odpovídá svým rozsahem práci nohou; rozsah pohybu je proti činnosti při sprintu větší. Paže na straně odrazové nohy vykývne ze sprinterské polohy šikmo před střed těla k ose běhu; přetnula by ji asi ve vzdálenosti 2 m před tělem. Dlaň je při dokončení odrazu asi ve výši obličeje.

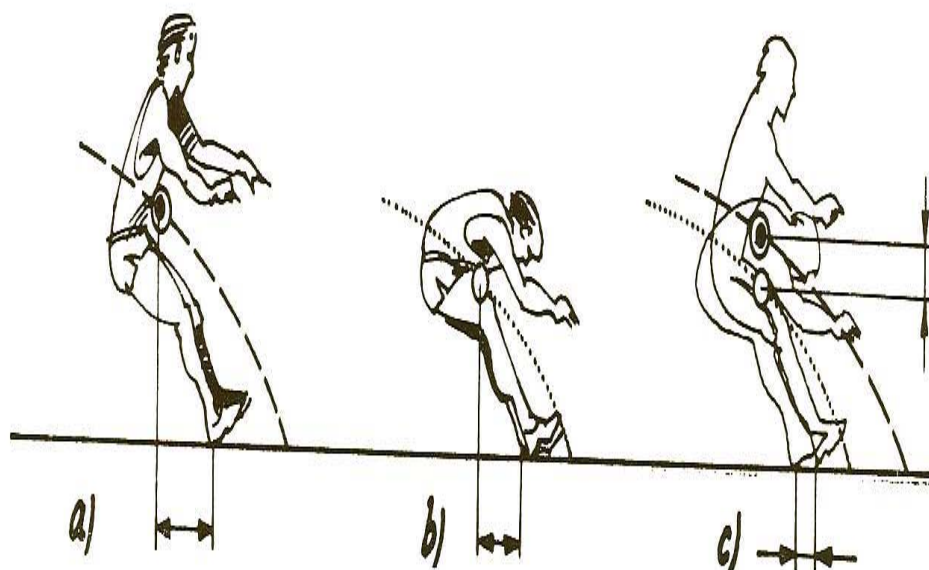
Paže na straně švihové nohy, která je ohnuta v lokti přibližně v pravém úhlu jako při sprintu, švihá upažením vzhůru. V okamžiku dokončení odrazu je celá paže téměř ve vodorovné poloze ve výši ramene, loket je 10–20 cm za osou ramen (Kněnický, 1977).

## **Doskok**

Způsob doskoku může značně ovlivnit měřený výkon. Jeho účinnost je závislá na velikosti přednožení před svislý průmět těžiště, na výšce těžiště v okamžiku doteku se zemí a na technice přenesení těžiště přes místo opory (obr. 1).

Čím vzpřímenější je trup skokana při doskoku, tím blíže může dosáhnout nohama k místu, kde parabolická dráha těžiště protíná rovinu doskočiště. Je větší nebezpečí, že skokan nedokáže přenést těžiště přes místo opory bez ztráty dosažené vzdálenosti.

Opačný extrém – doskok s předkloněným trupem – umožňuje snadnější přenesení těžiště přes místo opory, zmenšuje však velikost přednožení před svislý průmět těžiště (<http://proplnyzivot.osu.cz/test/soubory/atletika%201.pdf>).



Obr. 1 Doskok do písku

Technické provedení skoku se projevuje v účelném uspořádání dálkařských dovedností: maximální rychlý rozběh, odraz z přesně vymezeného místa z plné rychlosti, minimalizace ztráty dopředné rychlosti v průběhu odrazů, rovnováha za letu, efektivní doskok bez pádu vzad, resp. přepadu vpřed (Kacerová, 2006). Sledované parametry jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1: Skok daleký (popis jednotlivých částí skoku) (Kacerová, 2006)

	<b>CÍL</b>	<b>POPIS</b>	<b>CHYBNÉ PROVEDENÍ</b>
<b>ROZBĚH</b>	Dosažení co nejvyšší rozběhové rychlosti. Příprava na optimální provedení odrazu.	Stupňovaný běh s vysokým zvedáním kolen (14–20 kroků). Rytmizace posledních kroků (dlouhý – krátký), zrychlování až do odrazu, téměř vzpřímené a vysoké držení těla.	Zpomalení v konci rozběhu, běh po celých chodidlech, zkracování nebo natahování kroků v rozběhu.
<b>ODRAZ</b>	Dosažení maximální vzletové rychlosti pod optimálním úhlem.	Aktivní zahrábnutí do odrazu (dozadu, dolů), snaha o skoro nataženou odrazovou nohu v průběhu odrazu, aktivní nasazení švihů: švihová noha ostrým kolenem vzhůru vpřed, zastavení švihů – loket ve výši očí. V okamžiku vzletu úplné natažení v hlezenním, kolenním a kyčelním kloubu.	Drobení kroků před odrazem, odraz z příslušného náklonu, protahování kroků před odrazem, plochý odraz, velké pokrčení v kolenním kloubu v průběhu odrazu, chybné postavení trupu při odrazu, nedostatečný odrazový nápon.
<b>LET</b>	Rovnováha za letu.  Příprava optimální polohy pro doskok.	Podržení odrazového náponu, protlačování boků vzhůru a vpřed, klidné, rytmické pohyby nohou a paží, nohy jsou při pohybu vzad natažené, při pohybu vpřed pokrčené, lehký záklon trupu. Před doskokem nohy do přednožení, předklon trupu doprovázený pohybem paží dolů, vzad.	Dostatečné nedodržení náponu, malý záklon trupu, velké pokrčení v kolenním kloubu v průběhu letu.
<b>DOSKOK</b>	Zamezení pádu vzad nebo přepadnutí vpřed.	Po kontaktu s doskočištěm švih pažemi vpřed, rychlé pokrčení kolen, protlačení boků vpřed nebo vysednutí stranou.	Doskok do kročného postoje, pád vzad nebo vpřed při doskoku.

### 1.1.2 Způsoby letu ve skoku dalekém

Rozeznáváme tři typické způsoby letu při skoku dalekém: skrčný, závěsný a kročný. Mezi těmito způsoby je řada přechodů. Technika rozběhu a odrazu je pro všechny tři způsoby v zásadě stejná.

#### a) SKRČNÝ ZPŮSOB

Nejjednodušším způsobem skoku dalekého je způsob skrčný. Pro malý rozsah pohybu, zejména nohou, je velmi výhodný pro kratší skoky.

Práce švihové nohy je při tomto způsobu velmi jednoduchá. Stehno švihové nohy setrvává v průběhu celého letu pokrčené v přednožení přibližně ve vodorovné poloze, které dosáhlo při dokončení odrazu. V poslední fázi letu, těsně před doskokem, předkopává bérce vpřed do doskočiště tak, že v okamžiku doskoku je se stehnem, které v této části skoku nepatrně pokleslo, skoro v jedné přímce. Odrazová noha se po dokončení odrazu, při jeho doznívání a při stoupání atleta skládá bérce ke stehnu. Zatím se stehno pohybuje vpřed. Ještě v průběhu stoupání těla se dostává koleno pod těžiště a pak před něj. V době, kdy je před těžištěm, svírá již bérce odrazové nohy se stehnem ostrý úhel. Tento úhel se v průběhu pohybu kolena před těžištěm zmenšuje a je nejmenší v okamžiku, kdy stehno svírá s vodorovnou rovinou úhel asi  $45^\circ$ ; v tomto okamžiku se pata odrazové nohy téměř dotýká hýždí (obr. 2).

Od tohoto okamžiku (tj. od kulminační polohy) se stehno odrazové nohy pohybuje dále vpřed k noze švihové. Bérce však nezůstává složen těsně ke stehnu, úhel v kolenním kloubu se zvětšuje a bérce volně vykývne. V okamžiku, kdy se stehna švihové a odrazové nohy setkávají v přednožení ve vodorovné poloze, je úhel v koleně přibližně stejný; to už je skokan na sestupné části dráhy letu (asi ve třetí čtvrtině) a začíná vlastní doskokovou práci tím, že energicky předkopne bérce obou nohou. Všechny pohyby nohou při způsobu skrčném probíhají ve

směru rozběhu a skoku. Každý pohyb do strany je nevýhodný a ruší plynulost letu a doskoku.

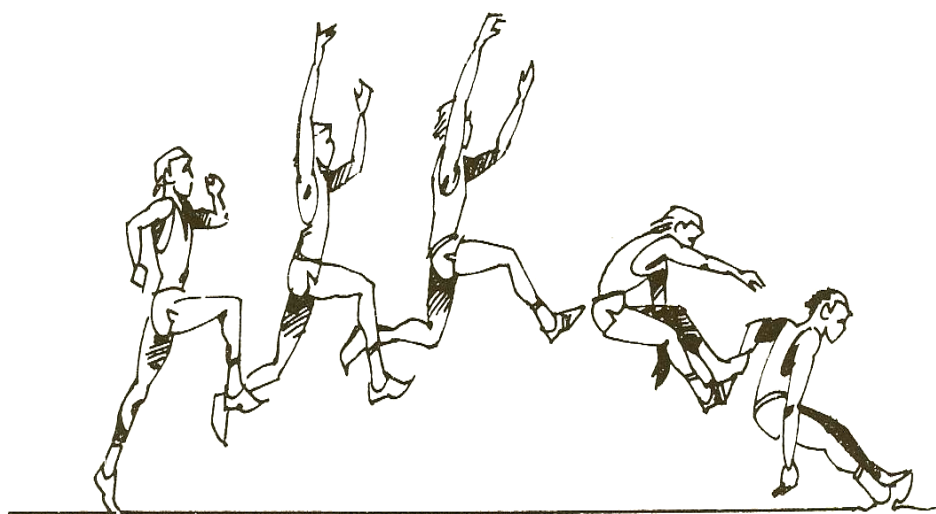
Trup a hlava si uchovávají po dobu letu vzpřímenou polohu jako při odrazu až do okamžiku, kdy se odrazová noha dostává kolenem před těžiště. Pak se začíná trup a s ním hlava předklánět. Toto předklánění je povolené a odpovídá volné práci nohou. Jakmile začnou nohy těsně před doskokem v poslední čtvrtině letu energicky předkopávat, předklání se aktivněji i trup. Největší předklon je těsně před dotykem pat písku doskočiště.

Práce paží tvoří celek s prací celého těla, hlavně s prací nohou. Paže na straně odrazové nohy přechází z polohy, která byla popsána při odrazu, vpřed, nejdříve do předpažení povýš s loktem značně ohnutým, umístěným trochu stranou od těla. Předloktí směřuje šikmo nahoru k ose skoku. Je tedy zápěstí na straně odrazové nohy výše než loket. V průběhu letu se paže v lokti natahuje a celá klesá do předpažení a pak do předpažení poníž. Tato práce křížově vyvažuje práci švihové nohy, jejíž stehno je v přednožení. V okamžiku, kdy se setkávají obě nohy stehny v přednožení, jsou již obě paže před tělem volně nataženy v loktech a směřují asi v úhlu  $45^\circ$  dolů do doskočiště. V tomto okamžiku skokan zahajuje vlastní doskokovou práci, kdy obě nohy předkopávají společně k doskočišti; proto i práce paží je od tohoto okamžiku současná. Obě paže pokračují ve svém pohybu do připažení a dále do zapažení. Do krajní polohy v zapažení se dostanou v okamžiku, kdy nohy nejdále předkoply a patami se dotkly doskočiště. Zatímco se odrazová noha skládá v kolenu, sleduje v průběhu letu švihovou nohu a přednožuje k ní, pohybuje se paže na straně švihové nohy z polohy, kterou měla při odrazu, upažením vpřed do zapažení, předpažení poníž a pak již dříve popsanou technikou společně s druhou paží připažením do zapažení. Rovněž tato paže je zpočátku ohnuta v lokti přibližně v úhlu  $90^\circ$ , pak se ale tento úhel zvětšuje až do volného natažení (Kněnický, 1977).

Po doskoku do písku se nohy ohýbají v kolenou, vytlačují se vpřed a pánev přechází přes paty, když se k nim před tím poměrně značně přiblížila. Paže přitom mohou pracovat několika způsoby, z nichž krajní jsou tyto:

- při velké doskokové rychlosti se paže ohýbají v loktech a pohybují se ze zapažení upažením do předpažení. Ramena se při této práci zpočátku nadlehčují vzhůru a pak vytahují vpřed. Je zde snaha o přenesení těžiště těla co nejrychleji vpřed, aby nedošlo k pádu vzad;
- při malé poskokové rychlosti vidíme rovněž ohýbání paží v loktech. Pak se ale ohnuté vracejí přípažením do předpažení a pomáhají tak přenášet těžiště vpřed, přičemž zároveň pomáhají zvýšit jeho polohu. Při menší poskokové rychlosti se může totiž snadno stát, že skokan nemá dostatek rychlosti k přenesení těžiště před paty. Předkopnutí nohou je při tomto druhém způsobu menší.

Po přenesení váhy vpřed nastává vzpřim. Skokan opouští doskočiště tak, aby nevytvořil při odchodu stopu blíž odrazovému břevnu, než je místo, kterého bylo dosaženo při doskoku (Kněnický, 1977).



Obr. 2 Skřčný způsob



## b) ZÁVĚSNÝ ZPŮSOB

Při popisu techniky letu závěsným a kročným způsobem budeme vycházet z popsaného skrčného způsobu, ze kterého oba vyplývají; liší se od něho hlavně tím, že rozsah práce dolních i horních končetin je větší.

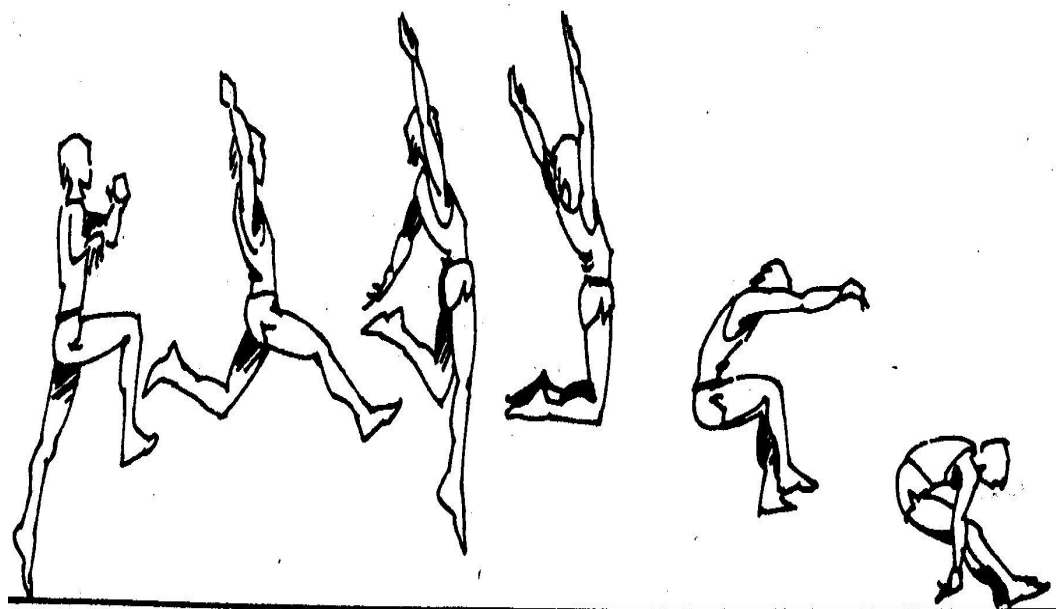
Švihová noha nezůstává při závěsném způsobu po dokončení odrazu ve skrčení přednožmo, ale ihned při vzestupné fázi dráhy letu se uvolněně spouští dolů. Při vykývnutí se švihová noha natahuje v kolenním kloubu, takže v okamžiku, kdy je pod tělem, je v kolenním kloubu volně natažena. Tento okamžik je pro švihovou nohu začátkem typické “závěsné“ polohy, která dává tomuto způsobu název. Je to jakási vyčkávací poloha skokana před vlastním přednožením a doskokem. Po této poloze nastává vlastní přednožení a doskok. Mohutným stažením svalů břišní stěny předkopává skokan v poslední třetině letu skrčenou švihovou nohu. Na počátku předkopnutí pracuje aktivně převážně stehno, kolena vyráží vpřed. Běrec se ještě více skládá ke stehnu tak, že lýtkový sval se mnohdy až dotkne dvojhlavého svalu stehenního. Teprve těsně před doskokem se úhel mezi stehnem a bérceem otevírá a švihová noha předkopává k doskoku i bérceem.

Odrázová noha se ve své práci za letu liší málo od práce popsané při skrčném způsobu. Po odrazu vykývne skrčená pod tělem a skrčená také začíná předkopnutí. Zatímco se obě nohy při způsobu skrčném setkaly před tělem v přednožení, setkávají se obě nohy při způsobu závěsném pod tělem; vlastní předkopnutí vychází z této polohy (nejprve společné přednožení stehna, pak bérceů). Vlastní poskokovou práci zahajují stehna, teprve za nimi se bérce svým předkopnutím připojují.

Těsně před dotykem písku jsou obě nohy volně nataženy v kolenech. Paty jsou blízko u sebe a jsou na stejné úrovni. Paže se po větší část letu při

závěsném způsobu pohybují nad rameny. Při dokončení odrazu jsou lokty obou paží asi ve výši ramen.

Paže na straně odrazové nohy má loket téměř ve výši ramene před tělem, ruka je přibližně ve výši čela, předloktí se záloktím svírá ostrý úhel. V průběhu letu se tato paže úměrně s rozevíráním a vykývnutím švihové nohy natahuje do ohnutého předpažení povýš a pak volně natažená do vzpažení mírně zevnitř. Od okamžiku, kdy se nohy setkaly pod tělem, pohybují se obě paže, které se setkaly ve vzpažení zevnitř, rovněž společně – viz obr. 3 (Kněnický, 1977).



Obr. 3 Závěsný způsob

### c) KROČNÝ ZPŮSOB

Kročný způsob má mnoho obměn. Popíšeme si nejjednodušší způsob, ze kterého pak můžeme vyvodit složitější provedení. Rozsah práce nohou i paží je při tomto způsobu větší než při obou předešlých způsobech.

Nejjednodušší varianta způsobu kročného spočívá v provedení celého kroku švihovou nohou. Švihová noha se svou prací v první polovině letu celkem neliší od práce švihové nohy při závěsném způsobu. Z krajní polohy, pokrčená v kolenním kloubu a se stehnem asi ve vodorovné poloze v konci odrazu, vykývne noha pod tělo. Ostrý úhel mezi kolenem a stehnem se rozevívá, až se nakonec švihová noha v koleni natahuje. Při způsobu hitch-kick je toto natažení aktivní; je jakýmsi vykopnutím bérce. To vše probíhá ještě před kulminačním bodem dráhy letu.

Bérec se skládá ke stehnu. Stehno se přitom začíná pohybovat aktivně znovu vpřed. Pohyb švihové nohy se zrychluje jednak tím, že ji aktivně táhnou svaly břišní stěny a přímá hlava čtyřhlavého svalu stehenního, jednak tím, že skládáním bérce se páka tvořená stehnem a bérce zkracuje. Skokanovo úsilí při předkopnutí vzrůstá, takže pohyb švihové nohy je v konci předkopnutí energický a dosti rychlý. Nejvíce je švihová noha složena v okamžiku, kdy vykývne před tělem. Takový pohyb umožňuje, aby se těžiště švihové nohy pohybovalo pokud možno po nejméně zakřivené dráze vpřed ve směru skoku. Natažená švihová noha by těžiště nohy snižovala. Je chybou „stříhat“ nataženýma nohama při letu. Proto i v terminologii se užívá názvu skok daleký kročný, a ne skok daleký střížný, neboť při správné technice jde opravdu o pohyb, který má velmi blízko ke kroku. Jakmile je stehno švihové nohy v přednožení, natahuje se noha v kolenním kloubu. Bérec předkopává jako při závěsném způsobu. Rozdíl je ovšem v tom, že ani v této části letu ještě není práce nohou společná.

Práce odrazové nohy za letu je při tomto nejjednodušším provedení kročného způsobu skoku přibližně stejná jako v obou již popsanych způsobech. Je ale třeba zdůraznit, že není tak důrazná a rychlá, jako např. při předkopnutí při způsobu závěsném. Práce odrazové nohy ve srovnání s nohou švihovou je totiž rozsahově značně menší. Zatímco odrazová noha dělá ve vzduchu jen jednu polovinu kroku, opisuje švihová noha celý krok. Odrazová noha se tedy dostává do přednožení před doskokem dříve než švihová. Obě nohy pracují v průběhu letu

nesouměrně a před tělem se setkávají teprve těsně před dotykem písku (Kněnický, 1977).

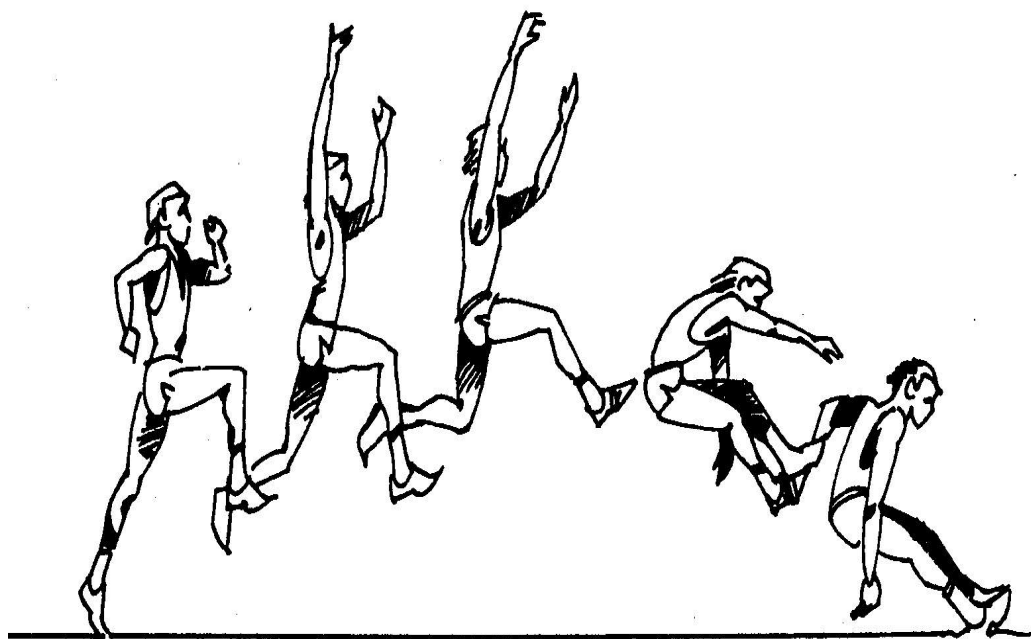
Tak jako nohy svou výměnou ve vzduchu připomínají krok, tak také paže svou prací připomínají pohyby, které vykonávají při běžeckém kroku. Paže na straně odrazové nohy vyrovnává pohyb švihové nohy a vrací se do zapažení. Přitom zpočátku vykývne podél boku ohnutá nejdříve v ostrém, pak v pravém a nakonec v tupém úhlu. Když míjí trup a přichází do zapažení, je již v lokti mírně natažená, podobně jako vykyvující švihová noha v kolenu. Zároveň se zpětným pohybem švihové nohy vpřed k předkopnutí a k doskoku se pohybuje i paže na straně odrazové nohy vpřed. To už ale není kyvadlovitý pohyb podél boků; paže se ohýbá v lokti, prochází vzpažením zevnitř do předpažení, připážení a konečně do zapažení při doskoku. Ve vzpažení zevnitř je v okamžiku, kdy skrčená švihová noha je pod tělem. Ze vzpažení zevnitř až do zapažení je její pohyb značně intenzivní, neboť takový je i pohyb předkopávající švihové nohy.

Paže na straně švihové nohy se dostává v konci odrazu z krajní zadní polohy ohnutá v lokti ze zapažení do vzpažení zevnitř až upažením do předpažení a tak vyrovnává pohyb odrazové nohy vpřed. V okamžiku, kdy odrazová noha přednožuje k doskoku, dostává se i paže na straně švihové nohy natažená před trup do předpažení poníž. Těsně před doskokem znovu připážením zapažuje. V zapažení se setkává v okamžiku doskoku s paží na straně odrazové nohy. Při této nejjednodušší obměně provádí švihová noha za letu celý krok a odrazová noha půlkrok. Skok daleký kročným způsobem může však mít daleko širší rozsah. Zvláště se to v praxi projeví u skokanů, kteří dosahují výkonů přes 750 cm a jejich let vzduchem trvá delší dobu. U nich dochází k početnější výměně nohou. Znehybnění ve vzduchu by pohyb vpřed násilně narušovalo.

Techniku jednotlivých obměn lze snadno vyvodit z předchozího popisu. Nejbližší popsanému způsobu je obměna, při níž švihová noha dělá ve vzduchu celý krok a odrazová noha jeden a půl kroku. V tomto případě pracuje švihová

noha k doskoku dříve a méně intenzivně, zatímco odrazová noha se k ní těsně před doskokem velmi intenzivním předkopnutím připojuje (Kněnický, 1977).

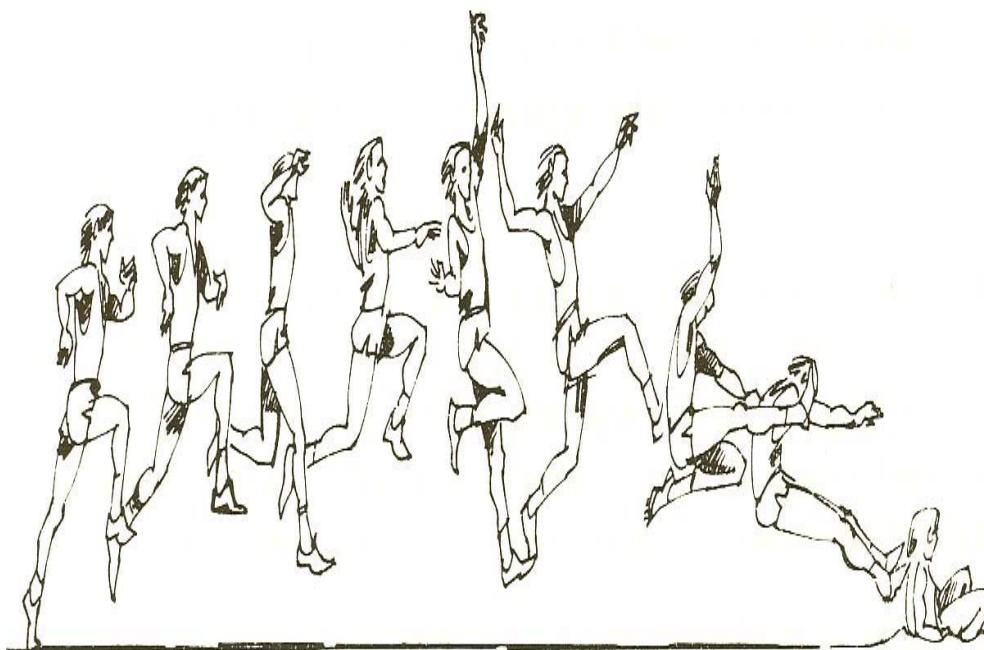
Kročný způsob (obr. 4) je koordinačně nejsložitější. Je vhodný pro skokany, kteří se odrážejí poněkud dále za těžištěm těla a jsou nuceni vyrovnávat rotace jak kolem podélné, tak příčné osy těla. Za letu skokani vyměňují dolní končetiny buď jednou (obr. 4a), nebo dvakrát (obr. 4b). Někteří z variant kročného způsobu používá většina nejlepších skokanů, závodníci nižší výkonnosti skáčou s jednou výměnou (<http://proplnyzivot.osu.cz/test/soubory/atletika%201.pdf>).



Obr. 4 Kročný způsob



Obr. 4a Kročný způsob, při kterém za letu skokani vyměňují dolní končetiny jednou



Obr. 4b Kročný způsob, při kterém za letu skokani vyměňují dolní končetiny dvakrát

## 1.2 Pravidla skoku dalekého

### PRAVIDLO 184 – Všeobecná ustanovení

#### Měření výkonů

Při skoku do dálky se naměřené vzdálenosti, pokud nejsou v celých centimetrech, musí zaznamenat s přesností na nejbližší nižší hodnotu v setinách metru.

#### Rozběhová dráha

Délka rozběhové dráhy nesmí být kratší než 40 m, měřeno od jejího konce po příslušné odrazové břevno. Její šířka musí být 1,22 m  $\pm$  0,01 m. Musí být vyznačena bílými čarami o šířce 50 mm. *POZN.: Pro všechna rozběžiště zřízená před 1. 1. 2004 je maximální šířka 1,25 m.* Příčný sklon rozběhové dráhy nesmí překročit hodnotu 1:100 a celkový podélný sklon ve směru rozběhu hodnotu 1:1000.

#### Měření rychlosti větru

Při soutěžích ve skoku do dálky musí být rychlost větru měřena po dobu 5 sekund od okamžiku, kdy závodník minul značku umístěnou podél rozběhové dráhy ve vzdálenosti 40 m od odrazového břevna při skoku do dálky a 35 m při trojskoku. Pokud se závodník rozbíhá ze vzdálenosti kratší než 40, resp. 35 m, musí se rychlost větru měřit od okamžiku, kdy se atlet rozběhne.

Větroměr musí být umístěn ve vzdálenosti 20 m od odrazového břevna. Musí být ve výšce 1,22 m od země a ve vzdálenosti do 2 m od rozběžiště. *POZN.: Použije se stejný větroměr, jako je popsáno v P 163.11. S větroměrem se pracuje a jeho údaje se odečítají v souladu s P163.12 a P 163.10 (Pravidla atletiky, 2006).*

## PRAVIDLO 185 – Skok do dálky

### Soutěž

Za nezdařený pokus se považuje, jestliže se závodník

- a) kteroukoliv částí těla dotkne půdy za odrazovou čarou, ať při běhu, aniž skočí, nebo při vlastním skoku,
- b) pokud se odrazí na kterékoliv straně vedle odrazového prkna, a to před jeho prodloužením nebo za ním,
- c) se při skoku dotkne půdy mezi čarou odrazu a doskočištěm,
- d) použije při rozběhu nebo skoku přemetu či salta v jakékoliv podobě,
- e) se při doskoku dotkne půdy mimo doskočiště v místě, které je blíže odrazové čáře, než je nejbližší stopa v doskočišti způsobená při tomto skoku,
- f) se při odchodu z doskočiště poprvé dotkne půdy mimo doskočiště v místě, které je blíže odrazové čáře než nejbližší stopa v doskočišti.

*POZN. 1: Za nezdařený pokus se nepovažuje, pokud skokan při rozběhu překročí v kterémkoliv místě bílou čáru vymežující rozběhovou dráhu.*

*POZN. 2: Za nezdařený pokus se nepovažuje, pokud se skokan při odrazu dotkne půdy vedle odrazového prkna pouze částí své boty nebo chodidla.*

*POZN. 3: Za nezdařený pokus se nepovažuje, pokud se skokan při dopadu dotkne kteroukoliv částí svého těla země mimo doskočiště, nesmí to však být první dotyk nebo dotyk v rozporu s ustanovením bodu e) výše.*

*POZN. 4: Za nezdařený pokus se nepovažuje, vrátí-li se skokan doskočištěm, pokud jej předtím po skoku opustil předepsaným způsobem.*

Skok, kdy se závodník odrazí před odrazovým břevnem, se nepovažuje, s výjimkou bodu b) výše, za nezdařený. Všechny skoky musí být měřeny od nejbližší stopy v doskočišti způsobené kteroukoliv částí těla nebo končetin, včetně



oděvu a obuvi, kolmo na odrazovou čáru nebo její prodloužení (Pravidla atletiky, 2006).

### **Odrazové břevno**

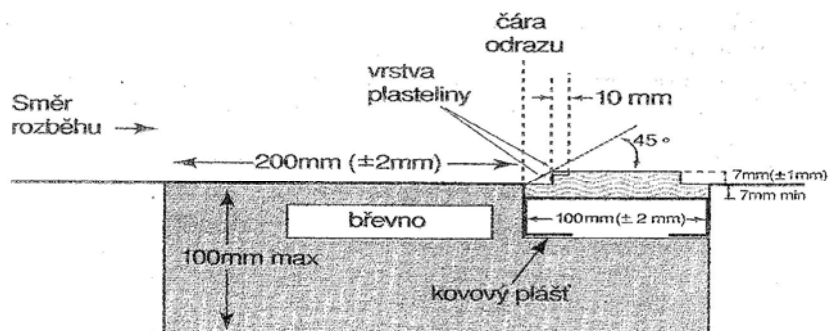
Místo odrazu musí být vyznačeno břevnem zapuštěným do úrovně rozběhové dráhy a povrchu doskočiště. Hrana břevna blíže k doskočišti se nazývá odrazovou čarou. Bezprostředně za odrazovou čarou musí být umístěna deska s plastelínou pro usnadnění práce rozhodčích.

Vzdálenost mezi odrazovým břevnem a vzdálenějším okrajem doskočiště musí být alespoň 10 m. Odrazové prkno musí být umístěno ve vzdálenosti 1–3 m od bližšího okraje doskočiště.

*Konstrukce:* Odrazové břevno musí být zhotoveno ze dřeva nebo jiného vhodného materiálu. Musí mít délku  $1,22 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$ , šířku 200 mm ( $\pm 2 \text{ mm}$ ) a hloubku 100 mm. Musí mít bílou barvu.

*Deska s plastelínou:* Musí být tvořena tuhous deskou širokou  $100 \pm 2 \text{ mm}$  a dlouhou  $1,22 \pm 0,01 \text{ m}$ , zhotovenou ze dřeva nebo jiného vhodného materiálu, a musí být natřena kontrastní barvou vůči odrazovému břevnu. Deska musí být uložena ve výřezu nebo prohlubni rozběhové dráhy na straně odrazového břevna přivrácené k doskočišti. Její povrch se musí z úrovně odrazového břevna ve směru rozběhu zvedat do výšky 7 mm ( $\pm 1 \text{ mm}$ ). Hrany musí být buď zkoseny pod úhlem  $45^\circ$  a hrana desky přivrácená k rozběžišti pokrytá vrstvou plastelíny tlustou 1 mm, nebo opatřeny výřezem, který lze vyplnit vrstvou plastelíny se sklonem  $45^\circ$  (obr. 5). Pokud možno, plastelína musí mít kontrastní barvu vůči desce i břevnu. Deska musí být ve výřezu usazena s dostatečnou tuhostí, aby vydržela sílu dopadu nohy závodníka. Deska musí být z materiálu, po němž hřeby skokanské obuvi nesklouznou. Horní strana desky musí být po celé délce své přední (náběžné) hrany pokryta vrstvou plastelíny o šířce alespoň 10 mm.

*POZN.: Je vhodné připravit náhradní desky s plastelínou, aby závod nebyl zdržován odstraňováním stop (Pravidla atletiky, 2006).*



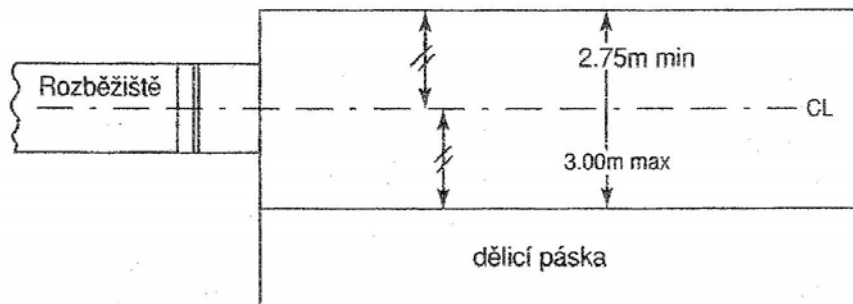
Obr. 5 Odrazové břevno a deska s plastelínou

## Doskočiště

Doskočiště musí mít šířku nejméně 2,75 m a nejvýše 3,00 m. Musí být, je-li to možné, umístěno tak, že jeho osa je totožná s prodlouženou osou rozběhové dráhy.

*POZN.: Není-li osa doskočiště totožná s osou rozběhové dráhy, je třeba povolenou šířku doskočiště vymežit páskou podél jedné, případně obou stran doskočiště (obr. 6).*

Doskočiště musí být naplněno zkypleným vlhkým pískem a jeho povrch musí být zarovnan do úrovně odrazového břevna (Pravidla atletiky, 2006).



Obr. 6 Doskočiště pro skok do dálky

### 1.3 Předpoklady skokanů do dálky

#### 1.3.1 Struktura sportovního výkonu a jeho faktory

V širším pohledu je výkon ve skoku dalekém ovlivněn úrovní motorických předpokladů, úrovní techniky, somatickými, osobnostními a sociálními předpoklady skokana (Velebil, 2002).

#### 1.3.2 Somatické předpoklady

Výkon ve skoku dalekém je relativně velmi málo závislý na somatických předpokladech.

Ve skoku do dálky, stejně jako u většiny atletických disciplín, není žádoucí začínat s příliš ranou specializací. Důležitá složka tělesné přípravy – síla – se dá účinně rozvíjet teprve po skončení tělesného růstu. Vyhledáváme-li budoucí mistry dálkařského sektoru, nemusíme přitom příliš hledět na tělesnou výšku.

Existuje široká paleta typů úspěšných dálkařů minulosti a současnosti (Choutka, Dovalil, 1991).

Přesto má k dosahování vysokých výkonů největší předpoklady skokan o tělesné výšce 185–190 cm a tělesné váze 75–80 kg. Tedy vysoké postavy, muskulárního nebo šlachovitého typu. Z morfologických předpokladů jsou proto výhodnější delší dolní končetiny se silnými svaly stehna a štíhlými, dlouhými svaly lýtky. Z předpokladů psychických je to dráždivá pohyblivost nervových procesů jako předpoklad rychlé práce (Velebil, 2002).

Zájem soustředujeme na rychlé jedince se schopností dynamického odrazu při rychlém pohybu. Nesmíme ale zapomenout, že rozvoj rychlosti je podmíněn rozvojem síly, ale ta většinou dětí ve školním věku chybí. Silová příprava probíhá postupně a maxima dosahuje až v dospělém věku, po úplné osifikaci kostry. Předpoklady budoucích skokanů do dálky odhadujeme a klasifikujeme již v žákovském věku (Vindušková, 2003).

### **1.3.3 Osobnostní předpoklady**

Z předpokladů psychických je to dráždivá pohyblivost nervových procesů jako předpoklad rychlé práce. Pro skoky se hodí závodníci, kteří jsou dostatečně sebejistí a agresivní v závodě a zároveň jsou vyrovnaní a spolehliví v tréninku (Čelikovský, 1973).

### **1.3.4 Sociální předpoklady**

Pro systematické pěstování sportu musí mít děti a mládež podporu rodiny. V pozdější době při dobrém odhadu individuálních předpokladů skokana

by neměla chybět jeho ochota přizpůsobit se zvýšeným nárokům výkonnostního sportu (Vindušková, 2003).

### **1.3.5 Motorické předpoklady (pohybový potenciál)**

Výraznou roli při skoku do dálky hraje běžecká rychlost (50 m, 60 m, 150 m, 30 m letmo), výbušná síla (dálka z místa, trojskok z místa, pětiskok po odrazové noze z místa), pohyblivost (hloubka předklonu, dřep na plných chodidlech, čelný a boční rozštěp) a koordinace pohybů (rytmus, spojování pohybů, orientace v prostoru, schopnost rozlišovat a měnit pohyby v čase, prostoru a dynamice) (Choutka, 1976).

## **2. CÍL, ÚKOLY**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem je vytvořit, popsat a analyzovat 3D model atletické disciplíny – skoku do dálky.

S drtivým nástupem a rozvojem videotechniky a dostupností výpočetní techniky spolu se stříhovými programy je zřejmý i posun ve sportu a využití techniky při tréninkovém procesu. Na Fakultě sportovních studií MU je k dispozici nástroj SIMI Motion pro 3D modelování pohybu. Pro své přednosti je vybrán k atletickým disciplínám. Na základě měření provedeme individuální popis techniky závodníka z české atletické špičky a jeho tří tréninkových pokusů a spolu s trenérem upozorníme na chyby při provádění skoku do dálky.

### **2.2 Varianta výzkumu**

V práci jsme použili případovou studii, kterou charakterizujeme jako rozbor stavu, vývoje a interakcí s prostředím jednoho nebo více jedinců, skupin, komunit a institucí, operačních jednotek, ale i programů, které se pozorují, dokumentují a analyzují, aby mohly být popsány a vysvětleny jejich stavy a vztahy k interním a externím ovlivňujícím faktorům. Případová studie tedy zahrnuje zaměřené pozorování v přirozených podmínkách, interview, kvalitativní analýzu a narativní styl podávání zprávy (Hendl, 1999). Předmětem navržené případové studie je hodnocení vybraných kinematických parametrů v atletické disciplíně skok do dálky.

## 2.3 Úkoly práce

- Zaznamenat v systému SIMI vybraného závodníka a jeho pokusy ve skoku do dálky
- Provést 3D analýzu videozáznamu
- Analyzovat jednotlivé technické aspekty
- Vyhodnotit sledované parametry a poskytnout závodníkovi a trenérovi zpětnou vazbu
- Vyhodnotit závěry a převést je v doporučení pro teorii a praxi

## 2.4 Použité metody

Zpracování problematiky práce a použité metody plynou z toho, že člověka považujeme za bytost jedinečnou – bytost bio-psycho-sociální, nadanou schopností regulovat sebe i své okolí, učit se určitému řešení pohybového úkolu a jeho výsledek interpretovat ve sportovních činnostech. V práci používáme metody, jejich techniky a procedury, jako je analýza a syntéza, modelování, pozorování a měření.

Předmětem modelování jsou vybrané činnosti ve skoku do dálky. Modelové řešení činností je východiskem pro nalezení pohybových prostředků.

Rozhodující pro definování modelu je vymezení obsahu příslušných subsystémů technického základu pohybu. Nezbytné je nalezení a zdůvodnění příčinných pohybových aktů a operací, které vedou k realizaci konkrétní pohybové činnosti.

Předmětem analýzy a syntézy byla vybraná část pohybového obsahu skoku do dálky. Soustředili jsme se na pohybový obsah. Pro vymezení strukturálně podobných skokanských dovedností, profilujících se pohybových

činností a technických základů pohybu jsme použili kinematicko-geometrickou analýzu. Zdrojovým materiálem byl počítačově zpracovaný videozáznam. Při jeho zpracování jsme využili program SIMI Motion, který umožňuje 3D analýzu.



### **3. METODIKA SLEDOVÁNÍ**

#### **3.1 Charakteristika souboru**

V srpnu roku 2007 jsme provedli analýzu tří skoků do dálky atleta TJ Dukla Praha Štěpána Wágnera, který trénuje ve skupině Stanislava Jukala v Brně.

Štěpán Wágner (ročník 1981) se atletice věnuje od 10 let. Jeho hlavní disciplínou je skok daleký. Štěpán dosáhl osobního rekordu 7,96 m na halovém mistrovství ČR 2005 a kvalifikoval se na mistrovství Evropy do Madridu. Tam skončil v kvalifikaci, ale posbíral cenné mezinárodní zkušenosti. Na konci srpna 2005 reprezentoval na světové univerziádě v Izmiru a pro českou výpravu vybojoval osmé místo.

V roce 2007 se zúčastnil mistrovství ČR, kde obsadil 2. místo ve skoku dalekém výkonem 7,63 m. V roce 2008 je obhájil výkonem 7,64 m.

Závodník má velmi dobré somatické i fyzické předpoklady pro skok do dálky. Uvádíme výkony ve vybraných testech v několika atletických disciplínách včetně té hlavní – skoku do dálky (tab. 2).

Tab. 2: Osobní rekordy sledovaného závodníka ve vybraných disciplínách a testech

	<b>Čas</b>	<b>Výkon</b>
<b>100 m</b>	<b>10,57 s</b>	
<b>200 m</b>	<b>21,20 s</b>	
<b>400 m</b>	<b>49,72 s</b>	
<b>Skok daleký z místa</b>		<b>334 cm</b>
<b>Podřep</b>		<b>230 kg</b>
<b>Přemístění činky na prsa</b>		<b>125 kg</b>
<b>Skok vysoký</b>		<b>200 cm</b>
<b>Výskok z místa</b>		<b>79 cm</b>
<b>Výskok z rozběhu</b>		<b>105 cm</b>
<b>5skok po odrazové noze</b>		<b>17,05 m</b>
<b>5skok po neodrazové noze</b>		<b>16 m</b>
<b>10skok z místa</b>		<b>35,45 m</b>

### 3.2 Metody zjišťování sledovaných ukazatelů

#### 3.2.1 Kinematická analýza

Pohyb je z fyzikálního hlediska chápán jako změna souřadnic v určitém časovém rozpětí. Tento souřadnicový systém může být nejprve libovolně zvolen a následně upraven.

Jsou zde však dva základní požadavky:

- souřadnicový systém
- časové údaje

#### 3.2.2 Zpracování obrazu biomechanické 3D analýzy

Ve srovnání s většinou ostatních metod měření má analýza obrazu tu výhodu, že nemá přímý negativní dopad. To znamená, že stanovení

kvantitativních rozměrů prostřednictvím měřicího systému nemá žádný dopad na chování měřeného objektu, protože samotné měření není prováděno na konkrétním objektu, ale na jeho obrazu.

Při použití nejjednodušší měřicí techniky představuje tento fakt jednu nevýhodu: trojrozměrný objekt je zobrazen ve dvou dimenzích. Tato nevýhoda je akceptovatelná, jestliže máme zájem pouze o dvě dimenze (2D analýza), např. pro určení nejvyššího místa ve skoku, rozběhové rychlosti při skoku dalekém nebo odrazového úhlu. Při nahrávání těchto pohybů je důležité, aby byly kompletně popsány v jedné rovině. Abychom se vyhnuli chybám plynoucím z toho, že se určité části těla pohybují mimo rovinu pohybu, kamera by měla být umístěna dostatečně daleko od této roviny. Fyzikální rozměry zaznamenané tímto měřením jsou v první řadě kinematografickými rozměry (vzdálenost, čas, rychlost, zrychlení, úhly).

### **3.2.3 Souřadnicový systém**

Slouží ke stanovení vztahu mezi aktuálními (reálnými) řádovými hodnotami, přičemž záběr je vyhodnocen později. Pojem souřadnicový systém se stejně jako pojem kalibrační systém běžně vyskytuje v literatuře pojednávající o zpracování obrazu. Tyto dva pojmy spolu souvisejí. Kalibrační systém vymezuje prostor (ve třídídimenzionální analýze) nebo plochu (ve dvoudídimenzionální analýze), kde se odehrává pohyb. Souřadnicový systém je matematický prostředek, pomocí něhož je možné vypočítat skutečné prostorové rozměry.

Pro osobu provádějící měření není vztah mezi kalibračním a souřadnicovým systémem důležitý. Tento vztah je pevně stanoven softwarem, který zpracovává prvotní data. Jako kalibrační systém lze použít dvě měřicí tyče známé délky, které jsou navzájem kolmé a dobře viditelné na záběru. Měly by samozřejmě být na místě (nebo přinejmenším v bezprostřední blízkosti místa), kde se daná akce odehrává.

Je dostačující, pokud je kalibrační systém viditelný pouze na jednom obrázku, jestliže je zajištěno, že po nastavení kamery (ohnisková vzdálenost, pozice, zaostření, ohnisková rovina) už toto nebude změněno (Sebera, 2006).

### **3.2.4 Časové údaje**

Sdělují nám detaily o tom, kdy byl záběr pořízen. Tato informace může být uvedena buď jako absolutní hodnota (např. 3. ledna 2007 ve 4:27,12 sekund a 312 milisekund) nebo jako relativní hodnota (0,01 s po předchozím záběru). Pro většinu otázek týkajících se kinematické analýzy je důležitější relativní časová hodnota. Je to dáno frekvencí snímků použitého nahrávacího systému. Pro běžné videonahrávání se jedná o 25 kompletních snímků za sekundu nebo 50 políček za sekundu (PAL) nebo 30/60 (NTSC). Pro nahrávání pohybu je možné použít vysokorychlostní kameru s frekvencí až 500 snímků za sekundu. Systém SIMI Motion nabízený Fakultou sportovních studií MU umožňuje snímání pohybu frekvencí až 500 snímků / s.

### **3.2.5 Dvou- a třírozměrné nahrávky**

Jestliže je pohyb nahráván pouze jednou kamerou, může být uspokojivých výsledků dosaženo pouze ve dvourozměrné rovině. Úsilí spojené se získáním třírozměrných výsledků je značné a musí být splněny jisté předpoklady, což může vést k podstatnějším nepřesnostem.

K řešení problémů ve 2D je nutné následující vybavení:

- jedna kamera
- kalibrační systém, který se skládá ze dvou měřicích tyčí známé délky, které jsou vzájemně v pravém úhlu

K řešení problémů ve 3D je nutné následující vybavení:

- nejméně dvě kamery, jejichž optické osy by měly být v úhlu mezi 60 a 120 stupni
- tyto dvě kamery by měly být schopny současného snímání záběrů
- kalibrační systém, který je tvořen prostorovým 3D objektem (kvádr, jehlan, krychle atd.). Pozice rohů tohoto 3D objektu musí být známá (Sebera a kol., 2006).

### **3.2.6 Problémy související s analýzou obrazu**

Poté, co byl pohyb nahrán, můžeme záběr analyzovat. Abychom analýzu mohli provést, musí být určeny body na těle anebo body, které jsou určitým způsobem důležité pro vykonání pohybu. Použitými body na těle jsou většinou průsečíky kloubních os nebo jejich středy. Při tomto určování můžeme narazit na tři hlavní zdroje chyb:

- osy kloubů nemohou být jasně definovány
- průsečíky os nelze na záběru jasně rozlišit
- průsečíky jsou skryty za ostatními částmi těla a na záběru nejsou viditelné

#### **Řešení**

- tuto chybu může minimalizovat pouze precizní znalost anatomie
- průsečíky lze označit jasně kontrastní barvou
- střed kloubů musí být interpolován, popřípadě odhadnut

### **3.2.7 Chyby a tolerance chyb**

Při analýze rozeznáváme tyto chyby a nedostatky:

- chyby v určování časového rozpětí mezi jednotlivými snímky záznamu
- chyby v určování pozice měřených bodů

- kumulativní chyby, které nastanou, když k výpočtům použijeme nesprávné hodnoty, např. rychlost = vzdálenost / čas, přičemž naměřené hodnoty vzdálenosti i času jsou nepřesné

Rozsah těchto chyb může být vyjádřen jako matematická funkce citlivosti použitého filmu, přesnosti snímací metody, přesnosti určení ohniskových bodů při měření, chyb vzniklých při zaznamenávání času atd. Různorodost těchto faktorů ukazuje, jak komplikované mohou výpočty být.

V praxi je dostačující, že tolerance chyb jsou zjištěny s odvoláním na známé vnější hodnoty. Jestliže je například známá hodnota vzdálenosti mezi vrchním hlezenním kloubem a kolenním kloubem, potom musíme dospět ke stejné hodnotě i po sejmutí obrazu a provedení výpočtů (Sebera, 2006).

### **3.2.8 Zobrazení dat**

Sledovat lze jednotlivý bod, spojnice bodů a těžiště. Je možné zvýraznit tyto spojnice a sledovat je během pohybu. Například spojnice mezi kyčlí a kolenem může být v průběhu určité fáze pohybu vyobrazena v jiné barvě.

Existují různé typy těžiště pro různé pohybové sekvence. Pro každý model je požadován určitý počet bodů. To znamená, že body specifikace musí být nejprve přiřazeny k bodům daného modelu. Určování těžiště je matematickým odhadem a je založeno na zkušenostech a naměřených hodnotách. Přesné parametry pro výpočet těžiště jsou pro každého člověka rozdílné, takže s použitím jednoho modelu pro různé typy lidí (muži/ženy, dospělí/děti, sprinteři/vytrvalci) by se mělo zacházet opatrně. Je možné chybu minimalizovat pomocí softwarového doplňku, který umožňuje získání parametrů určité osoby na základě individuálních měření (váha, výška, velikost hrudního koše, šíře zad, délka nohy atd.).

Následné zobrazení modelovaných dat v libovolné ose  $x$ ,  $y$ ,  $z$  třírozměrného prostoru spolu se sledováním jednotlivých charakteristik – vzdálenosti, rychlosti, zrychlení, úhly – a vlastního provedení sportovního výkonu trenérovi dává do rukou velmi účinný nástroj na posouzení individuální technické vyspělosti atleta.

### **3.2.9 Použití**

#### **Identifikace bodů**

3D biomechanickou analýzu lze provést v reálném závodě i na tréninku. Pro lepší identifikaci tzv. bifurkačních bodů jsou atletovi připevněny na vybrané části těla reflexní body, které budou sloužit jednak pro snazší rozpoznání pohybu jednotlivých segmentů z videozáznamu, jednak pro výpočet těžiště. Gubitzův model výpočtu těžiště vyžaduje informace o těchto bodech: hlava, levé a pravé rameno, levý a pravý loket, levé a pravé zápěstí, levý a pravý kyčel, levé a pravé koleno, levý a pravý kotník. V závodě není možné na atleta připevnit žádné reflexní body, vyhodnocení je posléze pracnější, není možné využít automatického trackování a automatického rozpoznání pomocí specializovaného softwaru (manuál SIMI Motion).

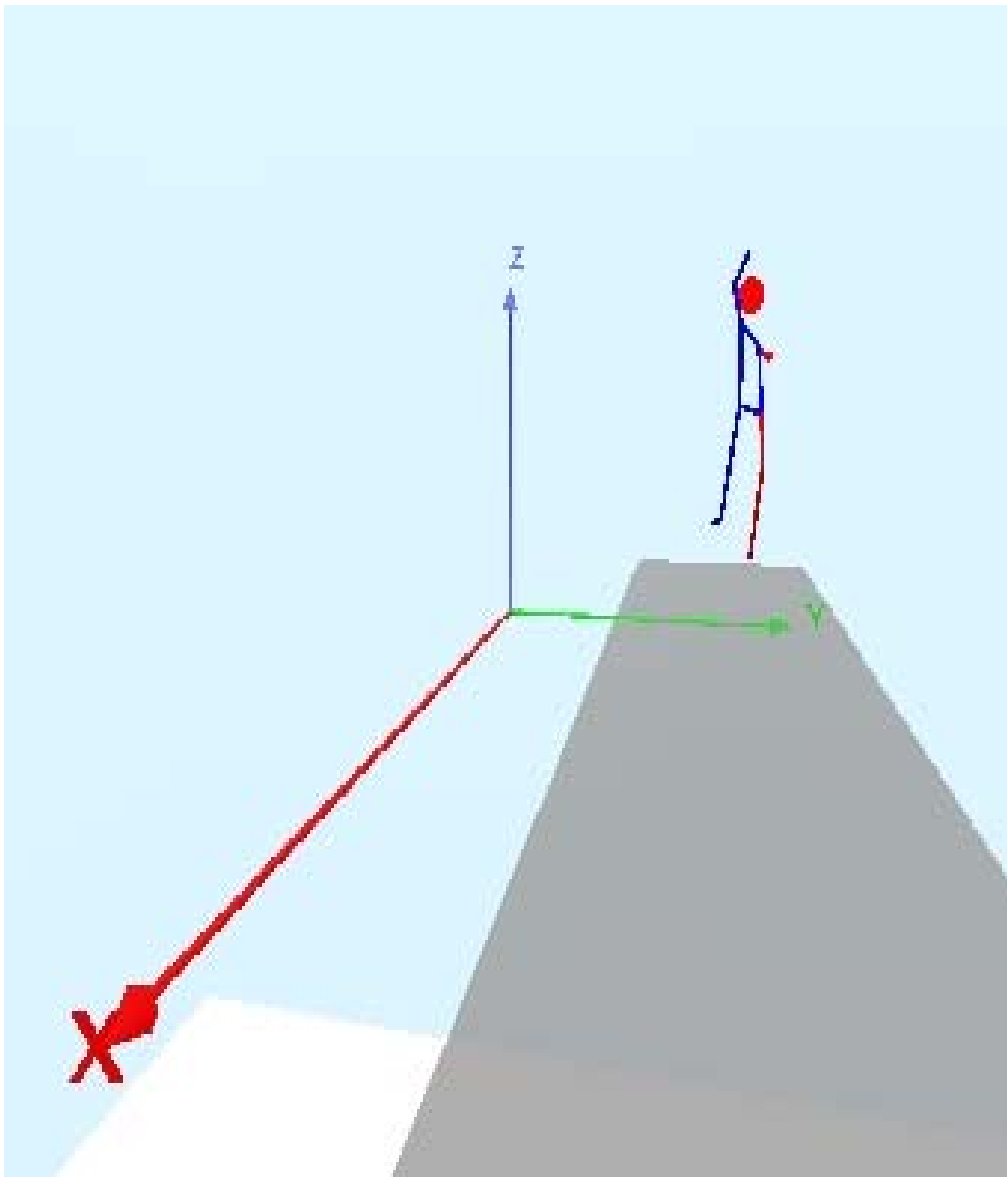
#### **Vyhodnocení**

Vyhodnocení provádíme s trenérem, kdy máme k dispozici velké množství informací:

- délkové, úhlové, časové a rychlostní charakteristiky jednotlivých segmentů těla, resp. těžiště
- jsme schopni sledovat úhly a postavení jednotlivých segmentů před, při a po odraze, úhly odrazu a vzletu, postavení a vzájemnou polohu segmentů
- dráhu těžiště, resp. jednotlivých segmentů v průběhu celého skoku

- poklesy rychlosti před odrazem a po odrazu
- dráhy, rychlosti a zrychlení v jednotlivých osách  $x$ ,  $y$  a  $z$

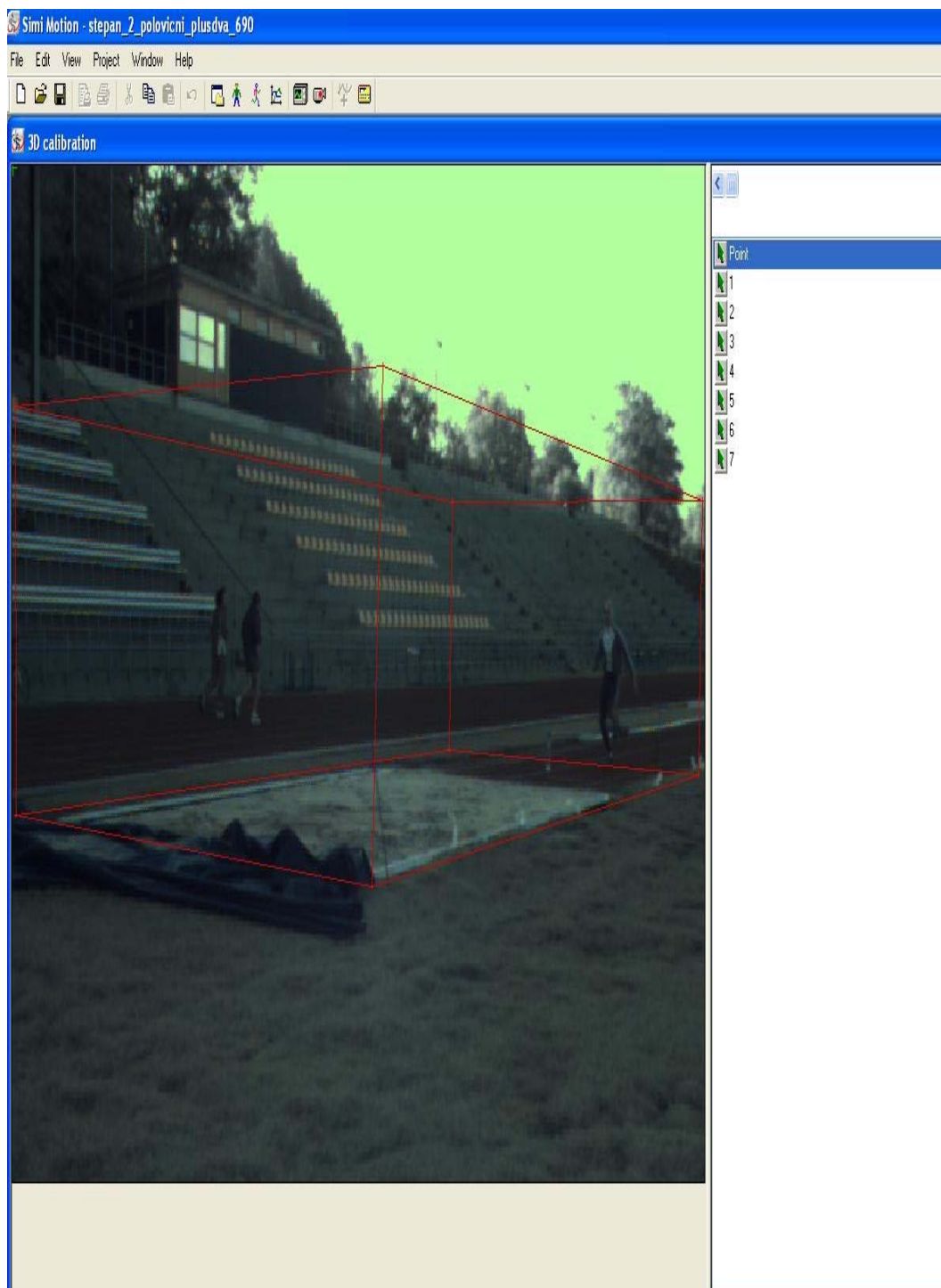
Součástí analýzy je systém 3 os  $x$ ,  $y$  a  $z$  (obr. 7). Osa  $x$  představuje horizontální směr, osa  $y$  boční a osa  $z$  vertikální.



Obr. 7 Osy  $x$ ,  $y$ ,  $z$



Na obr. 8 můžeme vidět kalibrační kvádr, ve kterém jsme vytvořili náš souřadnicový systém a v něm prováděli výpočty.



Obr. 8 Souřadnicový systém

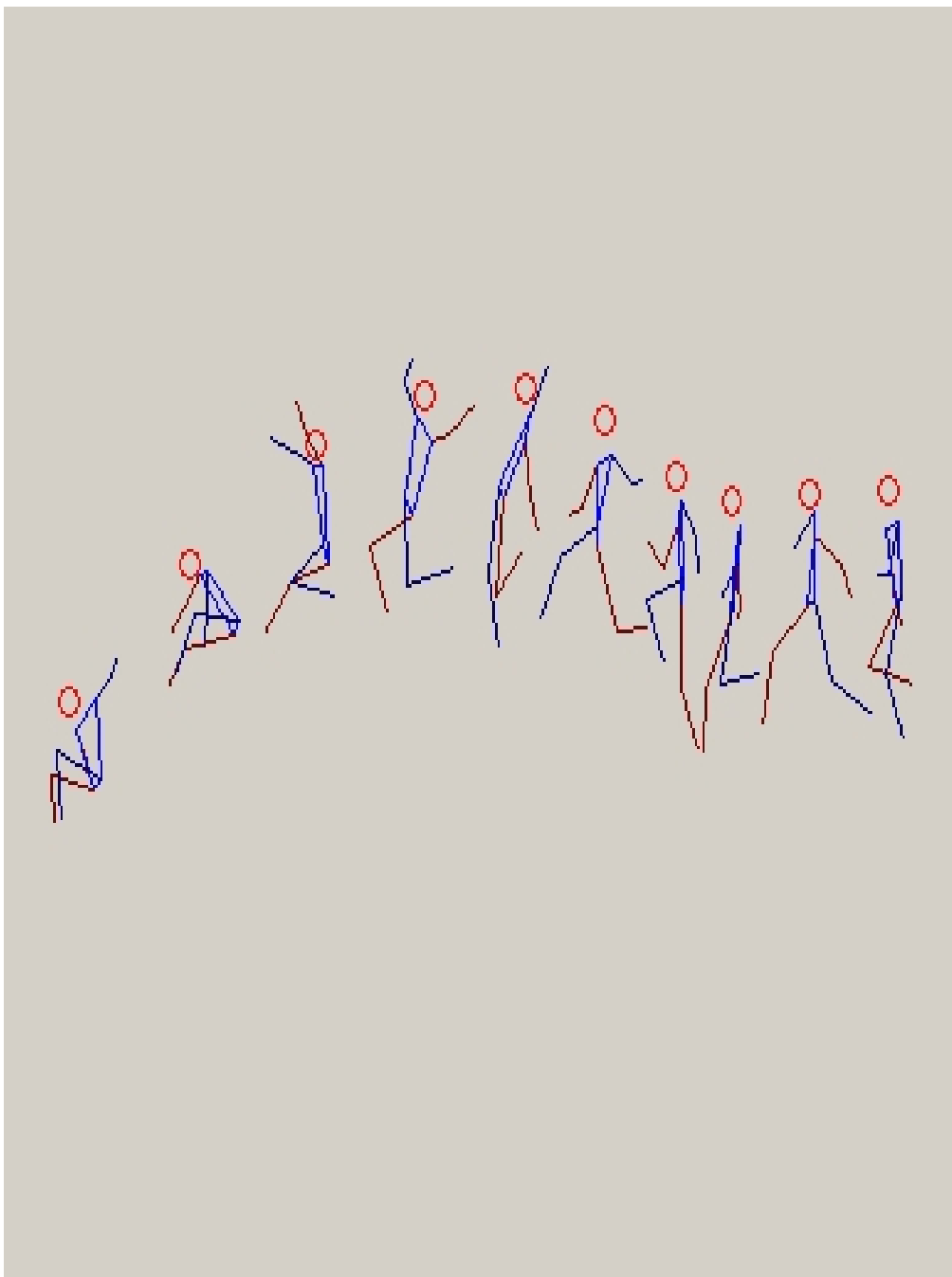
## 4. VÝSLEDKY A DISKUSE

V naší práci jsme se zaměřili na rozbor skoku dalekého u atleta Štěpána Wágnera. Hlavní pozornost jsme věnovali poslednímu kroku při rozběhu před odrazem, odrazu, letu a dopadu do písku.

Štěpán Wágner skákal všechny tři pokusy v tréninku, z polovičního rozběhu. V tab. 3 vidíme, že se při dvou stejných pokusech naměřené hodnoty liší. Vypovídá to o Štěpánově nestabilní technice.

### 4.1 Výsledky 3D kinematické analýzy

- 3D model pohybu s možností náhledů a podhledů z jakékoliv perspektivy
- individuální biomechanická charakteristika skokana
- možnost srovnání dvou špičkových skokanů, hledání jejich silných a slabých stránek
- možnost duálního porovnání parametrů výkonu, např. před zraněním a po zranění
- hledání silných a slabých stránek vlastního výkonu
- kinogram (manuál SIMI Motion)



Obr. 9 Ukázka 3D modelu - kinogram

Tab. 3: Sledované proměnné

<b>NEZÁVISLÉ PROMĚNNÉ</b>	<b>DOP</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
<b>Délka měřeného skoku</b>		710 cm	710 cm	680 cm
<b>Úhel vzletu v okamžiku odrazu</b> (úhel tvořen 3 body: L kyčel, L kotník, osy xy), viz příloha č. 1		85°	75°	83°
<b>Rychlost těžiště před odrazem – absolutní rychlost v okamžiku odrazu</b>		9,2 m/s	9,2 m/s	8,8 m/s
<b>Rychlost těžiště před odrazem – rychlost v okamžiku odrazu</b>		7,8 m/s	7,8 m/s	7,4 m/s
<b>Rychlost těžiště těsně po odrazu v nejvyšším bodě kulminace</b>		7,7 m/s	7,7 m/s	7,5 m/s
<b>Délka posledního kroku před odrazem</b>		214 m	222 m	219 m
<b>Záklon trupu při odrazu</b> (úhel je tvořen 3 body: osy xz, L rameno, L kyčel), viz příloha č. 2		2,3°	8,7°	7,5°
<b>Ztráta dopředné rychlosti způsobená odrazem – těsně před odrazem a po odrazu</b>		9,2–7,7 =1,5 m/s	9,2– 7,7=1,5 m/s	8,8– 7,5=1,3m/s
<b>Úhel trupu s rovinou xy (zem) při odrazu</b> (úhel je tvořen 3 body: hlava, osy xy, kyčel L nohy), viz příloha č. 3	70–75°	77°	89°	84°
<b>Úhel trupu s rovinou xy (zem) v nejvyšším bodě skoku</b> , viz příloha č. 4		68°	73°	72°
<b>Úhel trupu s rovinou xy (zem) v okamžiku dopadu</b> (úhel trupu – osa z), viz příloha č. 5		50°	54°	43°
<b>Úhel vzletu</b> (úhel je tvořen 3 body: úhel yz, rameno, kyčel L nohy)	19 – 24°	14°	17°	19°
<b>Čas strávený na odrazu</b> (čas okamžiku došlapu - čas okamžiku opuštění prkna)	0,11– 0,12 s	0,13 s	0,95 s	0,83 s
<b>Úhel švihové pravé nohy při odrazu</b> (úhel je tvořen 3 body: P kotník, P koleno, P kyčel) viz příloha č. 6		94°	94°	84°
<b>Úhel trupu do boku – v ose z</b>		8,07°	-0,93°	-3,4°

<i>(úhel je tvořen 3 body: hlava, úhel xz, kyčel L nohy)</i>				
<b>Čas letu vzduchem po odrazu do dopadu</b>		<b>0,82 s</b>	<b>0,84 s</b>	<b>0,85 s</b>
<b>Rozdíl výšky těžiště v okamžiku došlapu na odraz a v okamžiku dokončení odrazu</b>		<b>1,7–1,29=0,41 m</b>	<b>1,58–1,24=0,34 m</b>	<b>1,58–1,29=0,29 m</b>
<b>Zrychlení těžiště v okamžiku došlapu na odraz</b>		<b>0,39 ms<sup>-2</sup></b>	<b>0,40 ms<sup>-2</sup></b>	<b>0,50 ms<sup>-2</sup></b>
<b>Úhel dopnutí odrazové nohy při odrazu</b> <i>(úhel je tvořen 3 body: L kyčel, L koleno, L kotník) viz příloha č. 7</i>		<b>172°</b>	<b>172°</b>	<b>144°</b>
<b>Nohy, jak jsou daleko od sebe v písku při dopadu</b>		<b>0,187 m</b>	<b>0,204 m</b>	<b>0,279 m</b>

**Legenda:**

DOP – doporučené hodnoty sledovaných parametrů

P1, P2, P3 – 3 analyzované pokusy

#### 4.2 Srovnání parametrů sledovaného dálkaře s Ter-Ovanesjanem

Všechny údaje o měření a výsledky měření uvádíme v tab. 3. Dále také uvádíme v tab. 4 výkony skokana Ter-Ovanesjana, které jsme v literatuře našli (Kněnický, 1977). Ter-Ovanesjan má totiž přibližně stejné délky skoku jako Štěpán Wágner.

V tab. 5 porovnááme naměřené hodnoty Štěpána Wágnera P1 s hodnotami skokana Ter-Ovanesjana.

Tab. 4: Ter-Ovanesjan a jeho nejlepší výkony

<b>Tělesná výška</b>	<b>Tělesná váha</b>	<b>100 m</b>	<b>200 m</b>	<b>Výška</b>	<b>Dálka</b>
<b>186 cm</b>	<b>76 kg</b>	<b>10,4 s</b>	<b>21,7 s</b>	<b>200 cm</b>	<b>835 cm</b>

Tab. 5: Porovnání výkonů

<b>ŠTĚPÁN WÁGNER</b>		<b>TER-OVANESJAN</b>
<b>Výkon</b>	<b>P1</b> <b>710 cm</b>	<b>749 cm</b>
<b>Poslední krok</b>	<b>214,6 cm</b>	<b>184 cm</b>
<b>Odraz</b>	<b>77°</b>	<b>74°</b>
<b>Trvání odrazu v sekundách</b>	<b>0,13 s</b>	<b>0,125 s</b>
<b>Rychlost v posledním kroku</b>	<b>9,2 m/s</b>	<b>9,5 m/s</b>
<b>Úhel vzletu ve stupních</b>	<b>14°</b>	<b>18°</b>
<b>Trvání letu</b>	<b>0,82 s</b>	<b>0,57 s</b>

### 4.3 Diskuse k analyzovaným výsledkům

V této kapitole se zaměříme na konkrétní popis jednotlivých sledovaných proměnných, které jsme získali z kinematické analýzy. Budeme odkazovat na tab. 3, resp. srovnávat výkon našeho probanda s výkonem Ter-Ovanesjana (viz tab. 5).

Před samotnou diskusí shrneme krátce základní fakta a východiska. Závěrečná fáze rozběhu je spojení rozběhu s odrazem. Rozběhová rychlost se v této fázi rozběhu dále zvyšuje a dosahuje nejvyšší hodnoty při přechodu do vlastního odrazu. Toto zrychlení není obvykle provázeno zesílením sprinterského odrazu a prodloužením sprinterského kroku, ale zvýšením frekvence a zkrácením posledního kroku.

Větší frekvence vede k okamžitému zvýšení rychlosti. To je ovšem náročnější na provedení rychlého odrazu v posledních rozběhových krocích i na rychlost konečného odrazu ke skoku.

Druhým rysem konečné fáze rozběhu bývá změněný rytmus posledního kroku. Podle Kněnického bylo v literatuře dosud málo zdůrazňováno, že dálkař přechází v posledním rozběhovém kroku z cyklického sprinterského pohybu v acyklický pohyb odrazový. Můžeme to sledovat u zdařilých skoků na zkrácení délky posledního kroku rozběhu v průměru o 10–40 cm proti kroku předposlednímu. Jde tedy o zkrácení posledního kroku přibližně o 5–20 %. Sledujeme-li ale časový průběh posledního kroku rozběhu, docházíme k závěrům daleko průkaznějším. Letová fáze posledního rozběhového kroku se zkracuje v průměru o plných 40–50 %. Rytmové (časové) zkrácení posledního kroku rozběhu je tedy daleko průkaznější než jeho zkrácení délkové (prostorové). Je způsobeno mnohem aktivnějším postavením („shrábnutím“) odrazové nohy na místo odrazu, než se děje při normálním sprintu. Tím se dostane odrazová noha daleko dřív do styku s odrazovým pražcem (břevnem). Těžiště je v tomto okamžiku ještě vzdáleno od vertikály a vzniká (proti sprintu) dojem záklonu –

„posazení se do odrazu“, i když k faktickému záklonu nedochází. Na povrchu rozběžiště z umělé hmoty je obtížné určit stopy skokana a zjišťovat délku jeho kroku. Naproti tomu program SIMI Motion nám může odhalit rytmové vztahy, aniž je patrný zásah do pokusu.

*Odraz:* Uzlovou fází skoku do dálky je spojení rychlého stupňovaného rozběhu s odrazem. Účelem odrazu je, pokud je to možné, co nejmenší ztráta horizontální rychlosti a dosažení příznivého úhlu vzletu.

V posledním kroku před odrazem se odrazová dolní končetina nezdvihá tak vysoko jako v předcházejících krocích a co nejrychleji se klade celou plochou chodidla na místo odrazu (pata je však první na zemi). Štěpán Wágner došlapuje na odrazovou desku aktivním hrabavým pohybem s téměř nataženou dolní končetinou. Úhel v kolenním kloubu  $175\text{--}178^\circ$  a úhel došlapu je  $65\text{--}70^\circ$  (<http://www2.fhv.umb.sk/Publikacie/2003/Zaklady%20atletiky.pdf>).

Po došlapu nastává brzdivá fáze, při které se odrazová dolní končetina mírně krčí v kotníku, kolenním a stehenním kloubu. Dostatečné přepětí svalů napínačů odrazové končetiny je předpokladem krátkého trvání brzdící fáze, což je znamení vyspělosti skokana.

Úkolem odrazu je udělit tělu skokana stoupání pro první část letu za předpokladu, že je optimálně využita rozběhem získaná horizontální rychlost. Fyzikální a matematické propočty dokazují, že se tak děje tenkrát, působí-li zdvihová práce odrazové nohy až po přejití těžiště skokana odrazovou kolmicí, to je střední fází na odrazovém břevnu. Podle Kněnického by se neměla vzpěrná práce odrazové nohy při odrazu skoku dalekého z fyzikálních důvodů ve větší míře vyskytnout.

Předodrazový rytmus je charakteristický prodloužením v předposledním kroku o  $15\text{--}25$  cm, zrychlením a zkrácením posledního kroku před odrazem. Při předposledním kroku se snižuje těžiště, které při došlapu na švihovou dolní



končetinu v posledním kroku už dál neklesá. Štěpán má vypracovaný určitý rytmus rozběhu, který je charakteristický způsobem zvyšování rychlosti a přípravou na odraz. To je předpokladem stabilní délky rozběhu a přesného a technicky správného vykonání odrazu.

Rozbor kinogramu Štěpána Wágnera v příloze č. 8 nám ukazuje, že skokan není schopen vykonat celou zdvihovou práci teprve po přechodu těžiště odrazovou kolmicí, nýbrž že se těžiště skokana zvyšuje již před touto střední fází. Jako důvod se uvádí, že nemůže provést v tak krátkém časovém úseku celý odrazový nápon, a že se proto snaží o odrazovou extenzi již před odrazovou kolmicí. Dochází tedy k menšímu zvyšování těžiště skokana již před odrazovou kolmicí. Je provázáno především napínáním kyčelního a kolenního kloubu odrazové nohy, tedy kloubů, které extenzi zahajují.

Vyskytují se i názory, že po došlápnutí na odrazové břevno je možné využít ještě před odrazovou kolmicí stahu hýžd'ového svalstva a dvojhlavého svalu stehenního odrazové nohy k aktivnímu pohybu těžiště skokana vpřed a využít tak bez ztráty rozběhové horizontální rychlosti částečného zvyšování těžiště skokana před touto kolmicí. Tyto názory však ještě nebyly experimentálně dokázány (Kněnický, 1977).

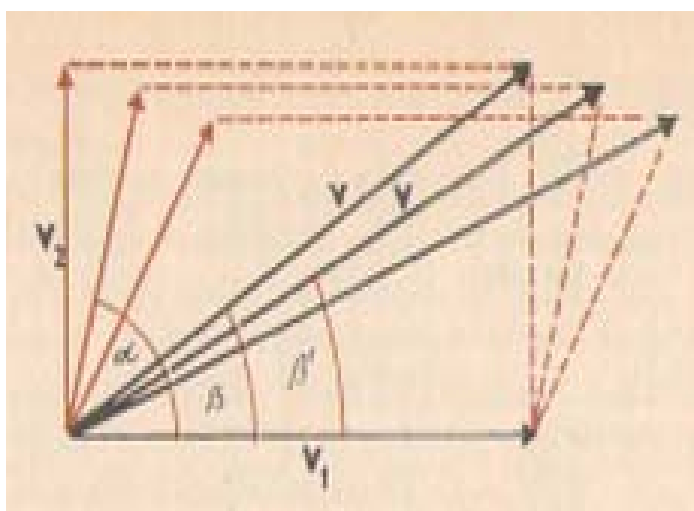
Konkrétní představu o prostorovém průběhu odrazu nám pomohou dotvořit některé základní hodnoty uvedené v tab. 3.

Rychlost ve směru vodorovném a svislém vzhůru jsou pro skok daleký potřebné složky – vodorovná a kolmá, které můžeme vektorově sčítat (obr. 10). Výslednice – úhlopříčka – určuje svou velikostí a směrem velikost a úhel počáteční rychlosti letu těžiště a tím i délku skoku.

Z obrázku vidíme, že při stejné velikosti složek se úhlopříčka prodlouží na  $v'$ , jestliže zešíkmíme kolmou složku  $v_2$  (vodorovnou složku měnit nemůžeme, neboť představuje rychlost rozběhu). Zešíkmením kolmé složky se původní úhel

výslednice  $\beta$  změní na úhel  $\beta'$ ; původní pravoúhlý rovnoběžník se totiž změní na kosoúhlý, v němž prodloužení úhlopříčky nese s sebou zmenšení úhlu.

Dvě hodnoty, které mají rozhodující vliv na délku skoku, se tedy změní, závislost změny je nepřímá. Zvětšení rychlosti znamená zvýšení výkonu, zmenšení uvedeného úhlu představuje snížení výkonu, neboť má za následek snížení výšky letu a tím plošší dráhu těžiště (Kněnický, 1977).



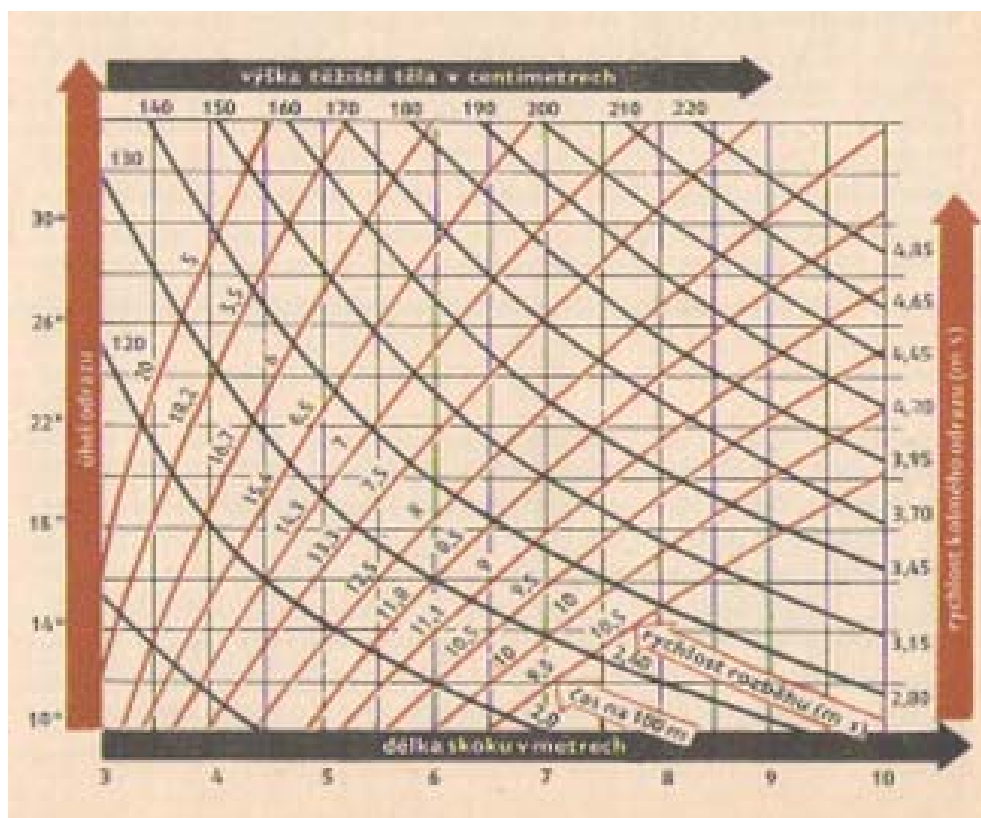
Obr. 10 Vektorový rovnoběžník sil zobrazující změny výslednice při změně směru působení odrazu

O některých hodnotách časové charakteristiky odrazu (a také letu) nás informuje tab. 3.

Dále uvádíme na obr. 11 nomogram (Čaloud, 1944) zobrazující vztah mezi skokem dalekým, vodorovnou a svislou složkou odrazu a úhlem odrazu.

Pokud jde o švihovou práci nohou a paží, je ještě potřeba poznamenat, že maximální rychlost vyžaduje švih krátkými pákami, neboť jen tak lze vyhovět biomechanickému požadavku, aby energický švih byl vykonán dříve, než byl dokončen odraz. Jinak by se nemohla plně projevit účinnost švihu odlehčením

odrazové nohy. Proto je švih prováděn ohnutými končetinami, kdy délka ramene švihající páky je tvořena přibližně vzdáleností mezi kyčelním a kolenním kloubem, resp. mezi ramenním a loketním kloubem.



Obr. 11 Zobrazení vztahu mezi skokem dalekým, vodorovnou složkou odrazu, svislou složkou odrazu a úhlem odrazu. Každým bodem procházejí čáry různých systémů; očíslování čar udává hodnoty sobě přiřazené.

*Let a doskok:* I když jsou rozběh a odraz ve skoku dalekém hlavními složkami výkonu, nepodceňujme pro konečný výsledek ani vedlejší složky – let a zvláště doskok.

Účelem letu je uchovat hodnoty, které byly získány rozběhem a odrazem. Skokan při něm dělá takové pohyby, kterými by vytvořil výhodnou doskokovou

polohu. Způsob, jakým skokan doskočí, pak přímo ovlivňuje výkon (Kněnický, 1977).

Z biomechanického hlediska vystupují do popředí dvě základní otázky:

- a) velikost přednožení před svislý průměr těžiště
- b) možnost aktivního působení při přenášení těžiště skokana přes místo opory po doskoku do doskočiště

Ad b) – V tomto bodě má Štěpán Wágner snahu o aktivní působení na dráhu těžiště po dosažení opory v doskočišti. Zvedá při styku s doskočištěm trup, protlačuje vpřed kolena a pánev a lehá si zády do jamky, kterou v doskočišti vytvořila chodidla. Občas si lehá také do strany. Působí přitom aktivním tlakem proti zemi a zapojuje do této činnosti především svaly zádové, hýžd'ové a svaly na zadní straně stehna, viz kinogram v příloze č. 9. Vidíme, že Štěpán má špatný doskok do písku.

U rozdílu výšky těžiště v okamžiku došlapu na odraz a v okamžiku dokončení odrazu má Štěpán naměřené hodnoty v prvním pokusu 0,41 m, u druhého pokusu 0,34 m a u třetího pokusu 0,29 m.

Rozdíl výšky těžiště v okamžiku došlapu na odraz a v okamžiku dokončení odrazu vypovídá o účinnosti celého odrazu. Je žádoucí, aby tento zdvih byl co nejdelší, ale zároveň nesmí být doba odrazu moc dlouhá, aby nedošlo ke zbytečné ztrátě horizontální rychlosti, viz obr. 12.

V případě zrychlení těžiště v okamžiku došlapu na odraz má Štěpán Wágner naměřené hodnoty v prvním pokusu  $0,39 \text{ ms}^{-2}$ , v druhém pokusu  $0,40 \text{ ms}^{-2}$  a ve třetím pokusu  $0,50 \text{ ms}^{-2}$ .

Zrychlení těžiště v okamžiku došlapu na odraz musí být dle našeho názoru kladné (jinak jde o „pád do odrazu“). Na tomto místě bychom ale rádi

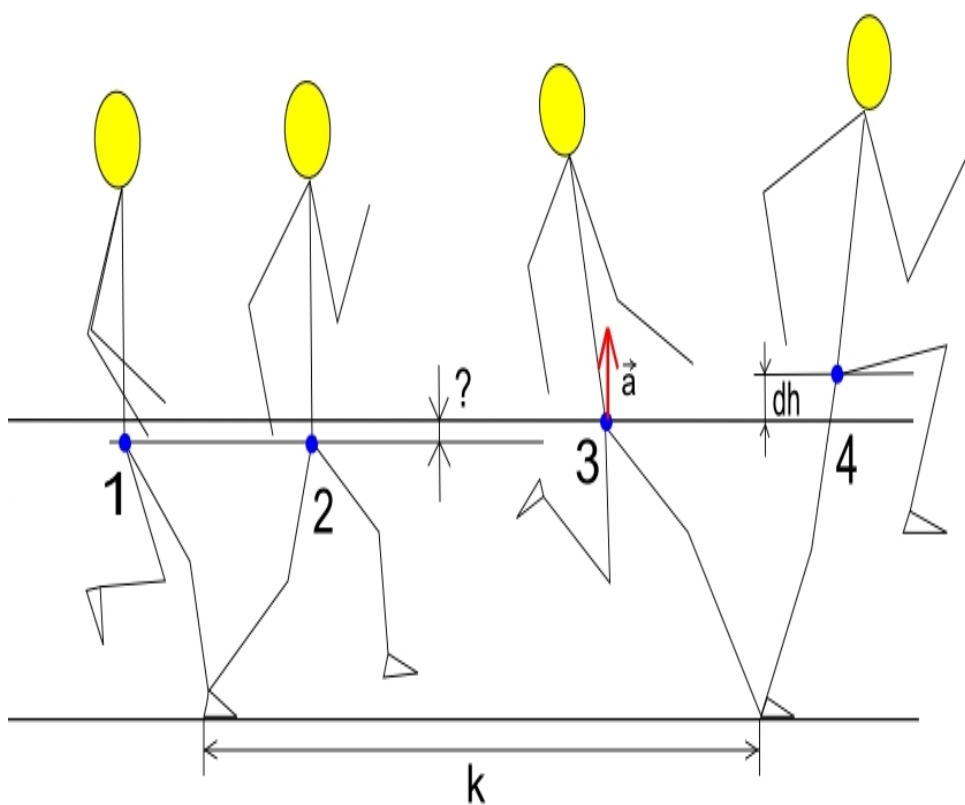
rozvinuli diskusi podpořenou právě uvedenými výsledky měření. Vše navíc velmi těsně souvisí s absolutní výškou těžiště v okamžiku dokroku.

Na obr. 12 písmeno k označuje délku posledního kroku, resp. délku posledních 3–4 kroků. Měly by vykazovat jistou „pravidelnou nepravidelnost“. Tento ukazatel je sice někdy individuální, ale obvykle bývá 3. krok od odrazu ještě téměř stejný jako normální běžecký, předposlední krok delší a poslední kratší – jde o typický rytmus kroků před odrazem.

Pokud chceme zajistit kladnou hodnotu zrychlení těžiště v bodě 3, musí být výška těžiště v bodě 2 menší než v bodě 3, resp. se těžiště musí zvedat už od předposledního kroku, na odrazu už je pozdě. Při odrazu už skokan ve zdvihu jen pokračuje a tím jej maximálně zefektivní.

Rozdíl výšky těžiště v bodech 1 a 2 zobrazených na stick diagramu bude určitě individuální, ale v tomto kroku by se měl zcela zastavit pokles těžiště, protože při odrazu v tomto kroku už musí těžiště mírně stoupat. Míra stoupání bude určitě vyžadovat diskusi, neboť přílišné zvýšení těžiště ponechává malý prostor pro aktivní vertikální práci na odrazu (dokrok na odraz s vysokým těžištěm není žádoucí).

Všude, kde se zmiňujeme o zrychlení, máme na mysli jeho vertikální složku. Otázka změn horizontální složky zatím přesahuje záběr tématu, přestože s ním samozřejmě úzce souvisí.



Obr. 12 Stick diagram (Autor: I. Krsek)

Záklon trupu při odrazu má Štěpán v prvním pokusu  $2,3^\circ$ , v druhém pokusu  $8,7^\circ$  a ve třetím pokusu  $7,5^\circ$ .

## 5. SHRNU TÍ A ZÁVĚRY

Atletika má tisíciletou tradici a byla páteří již starověkých olympijských her. Její nová podoba vznikla na konci 19. století a vlastně nikdy neprošla žádnými skutečně zásadními změnami, jen se střídaly či přibývaly disciplíny a soutěže.

Právě historie a tradice jsou obrovskou devizou atletiky, ale v dynamicky se měnícím světě by se mohly stát její velkou nevýhodou a přítěží.

Není pochyb, že atletika ve světě i u nás je stále jedním z hlavních a také stále populárních sportů především proto, že je jednoznačně hlavním olympijským sportem.

V naší práci jsme se zaměřili na rozbor skoku dalekého a jednotlivé části skoku, které jsme popsali. Skok daleký je komplexem mnoha pohybů od prvních běžeckých kroků rozběhu až po aktivní doskok. Po dobu celého skoku jsou harmonicky spojeny velká rozběhová rychlost a dynamická explozivní odrazová síla. Z toho vyplývající předpoklad pro dosažení vysoké sportovní výkonnosti je optimální úroveň všestranné přípravy, rychlosti, odrazové výbušnosti, flexibility a koordinace. Uzlovou fází skoku do dálky je spojení rozběhu s odrazem.

### 5.1 Závěry pro teorii

Práce s tak podrobnou analýzou je velmi náročná na technické vybavení, ale i na znalosti ovládání softwaru. Nicméně se ukazuje, že tento způsob může být velmi hodnotný jak pro závodníka, tak pro trenéra. Trenér, který vystupuje v roli experta, má totiž jen několik málo desetin sekundy na analýzu techniky, bez možnosti záznam vrátit, změřit veličiny, zkoumat vztahy atd. Popsaný způsob lze považovat za relativně velmi přesný nástroj v rukou trenéra, jak se s touto problematikou efektivně vypořádat.

Program SIMI Motion nabízí relativně přesnou možnost analýzy pohybu. Ovšem i zde nalezneme skutečnosti, nad kterými lze dále diskutovat, resp. které činí analýzu složitější pro běžné použití:

#### **Nevýhody:**

- správně bychom měli měřit střed kloubů, reflexní značky máme na povrchu těla, nikoliv uvnitř kloubů
- časová a především technická náročnost vyžaduje technické zajištění (technik, který na základě záznamu provede renderování bifurkačních bodů, ze kterých vznikne sledovaný model)
- časový odstup od provedení skoku je řádově v hodinách, výsledky nejsou on-line nebo alespoň v řádu minut dostupné pro následnou analýzu, např. mezi jednotlivými pokusy

## **5.2 Závěry pro praxi**

Při použití programu SIMI Motion se jedná jednoznačně o posun v posuzování techniky skoku do dálky. I trenér-expert, který většinou vychází ze svých zkušeností, si může porovnat zjištěné skutečnosti a skokana dále posunout. Jednotlivé parametry NELZE u jednotlivých sportovců zobecňovat. Každý jedinec je natolik individuální osobností, že na technické provedení sportovního výkonu musíme nahlížet komplexně, nestačí se zaměřit např. na silné stránky a zapomínat na slabší. Jediné, co lze porovnávat, je osoba jednoho sportovce – tzv. intraindividuální měření.

Štěpán Wágner provedl všechny 3 pokusy v tréninku, z polovičního rozběhu. Na základě diskuse v kapitole 4 můžeme konstatovat, že ve sledovaných parametrech vidíme značné rozdíly. Proband se prezentoval nestabilním provedením techniky. Důvodů ovšem může být hned několik. V době natáčení trénoval proband 2 dny po extraligových závodech, mohla se tedy u něj projevit



doznívající únava. Druhým možným vysvětlením může být fakt, že dálkař prováděl skoky z polovičního rozběhu, což má za následek variabilní podmínky při provedení skoků. Třetí možností může být fakt, že technika provedení je u Štěpána na nižší úrovni. Ať už byly důvody jakékoliv, dáváme analýzou závodníkovi a jeho trenérovi do rukou zjištěné poznatky, které mohou využít v tréninkovém procesu.

Z provedené analýzy doporučujeme podrobně sledovat a v tréninku se zaměřit na:

- záklon trupu při odrazu – nezaklánět hlavu, pohled směřuje stále dopředu, zpevnit svalstvo trupu, aktivní vběhnutí do odrazu
- nedostatečné dopnutí odrazové nohy – rozvoj výbušné síly dolních končetin, dokončení odrazu, větší rozsah při odrazu
- nedostatečný úhel vzletu a nízký let vzduchem – zlepšit práci paží a švihové dolní končetiny po dobu odrazu, snížit těžiště v předposledním kroku před odrazem, snaha o co největší výšku letu
- v letu se snažit udržet trup co nejvzpřímeněji a tím se připravit na kvalitnější práci paží při závěrečném předkopnutí
- závěrečný dopad do písku provádět se souběžným dopadem nohou do písku

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Čaloud, B. *Instruktor ČAAU*. Praha 1944/26.
2. Čáp, J. *Rozvíjení osobnosti a způsob výchovy*. 1. vyd. Praha: ISV – nakladatelství, 1996. 307 s.
3. Čáp, J., Mareš, J. *Psychologie pro učitele*. 1. vyd. Praha: Portál, 2001.
4. Čelíkovský, S. *Pohybové schopnosti a jejich struktura jako užité hodnoty tělesných cvičení: Zpráva o výzkumu dílčího úkolu státního badatelského plánu*. Praha: UK, 1973.
5. Hendl, J. *Studium významu protektivních funkcí pohybových aktivit – úvod do problému*. In: Hošek, Tilinger, 1999, s. 58-81.
6. Havlíček, I. *Sportovní příprava mládeže*. Praha: 1973.
7. Havlíčková, L. et al. *Fyziologie tělesné zátěže I*. Praha: nakl. Karolinum, 1997. 196 s.
8. Choutka, M. *Teorie a didaktika sportu*. 1. vyd. Praha: St. ped. nakl., 1976.  
Choutková, B. – Kučera, M. *Mládež a sport*. 1. vyd. Praha: nakl. Olympia, 1970, s. 123-126.
9. Choutka, M., Dovalil, J. *Sportovní trénink*. Praha: Olympia, 1991, s. 136-150.
10. Janda, P. *Problematika Motion Capture*. Praha: UK, MatFyz.
11. Janura, M. – Zahálka, F. *Kinematická analýza pohybu člověka*. 1. vyd. Olomouc: 2004.
12. Juřinová, I. – Stejskal, F. *Rozvoj pohybových schopností ve školní tělesné výchově*. 1. vyd. Praha: St. ped. nakl., 1987.
13. Kacerová, R. *Modelování atletického tréninku u skoku dalekého*.  
Bakalářská práce. Brno: MU, 2006.
14. Kněnický K. a kol. *Technika lehkotletických disciplín*. Praha: St. Pe nakl., 1977.
15. Koukal, J. Didaktika skoku dalekého. In: Dostál, E., Velebil, V. a kol. *Didaktika školní atletiky*. Praha: SPN, 1991, s. 89-112.
16. Máček, M. – Máčková, J. *Fyziologie tělesných cvičení*. 1. vyd. Brno: MU v Brně, 1997. 112 s.

17. Millerová, V. *Základy atletického tréninku*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1994. 82s.
18. *Pravidla atletiky*. Pravidla IAAF ve znění příručky HANDBOOK 2006-2007 (přeložil a doplnil Vítězslav Žák). ISBN 80-7033-944-6.
19. Sebera, M. *Využití multimediálních prostředků v práci trenéra atletiky*. Závěrečná práce 1. trenérské třídy atletiky. Brno: MU, 2006.
20. Sebera, M. – Michálek, J. – Cacek, J. – Lajkeb, P. Jednoduchá biomechanická analýza během 3 minut. In: *Atletika*. Bratislava: FTVŠ UK, 2006, s. 191-195.
21. Sebera, M. – Joukal, S. – Zvonař, M. 3D biomechanická analýza v atletice. *Atletika*, Praha, 2007, roč. 59, č. 6, s. 1-2.
22. Svoboda, B. *Pedagogika sportu*. Praha: Karolinum, 2000. 250 s.
23. Vaněk, M. *Psychologie sportu*. Praha: nakl. Olympia, 1983.
24. Velebil, V., Krátký, P., Fišer, V., Prišćák, J. *Atletické skoky*. Praha: nakl. Olympia, 2002.
25. Ed. Velebil, V., Vindušková, J. aj. *Metodika nácviku atletických disciplín*. 1. vyd. Praha: Olympia, 2007.
26. Vindušková, J. a kol. *Abeceda atletického tréninku*. Praha: nakl. Olympia, 2003.

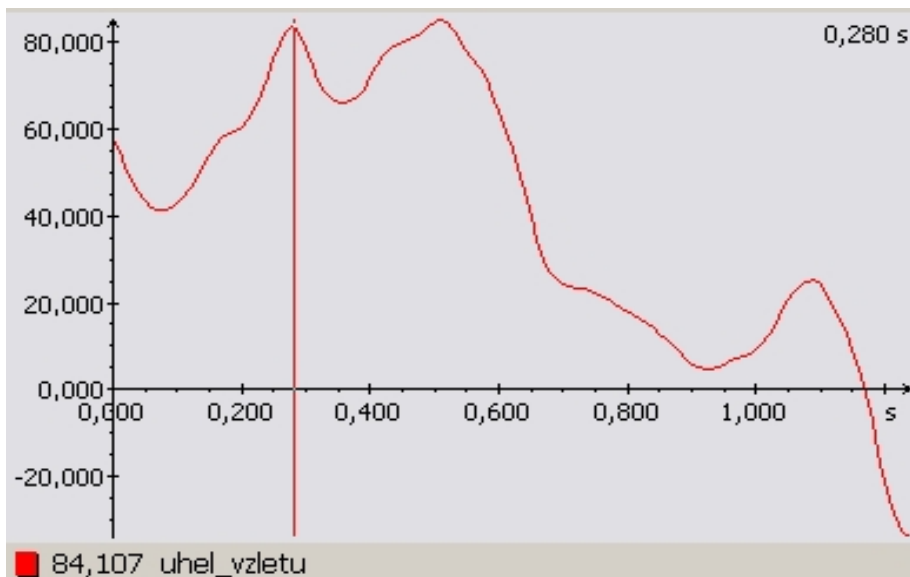
### **Internetový zdroj:**

1. Český atletický svaz  
[www.atletika.cz](http://www.atletika.cz) [navštíveno 20. 3. 2008]
2. Projekt EQUAL, EQUAL/2/07;CZ.04.4.09/3.1.00.4/0008, "Vývoj a zavedení systému celoživotního vzdělávání osob s postižením sluchu, vč. vzdělávání zdravých osob, které s handicapovanými osobami přicházejí do kontaktu  
<http://proplnyzivot.osu.cz/test/soubory/atletika%201.pdf> [navštíveno 20. 1. 2008]

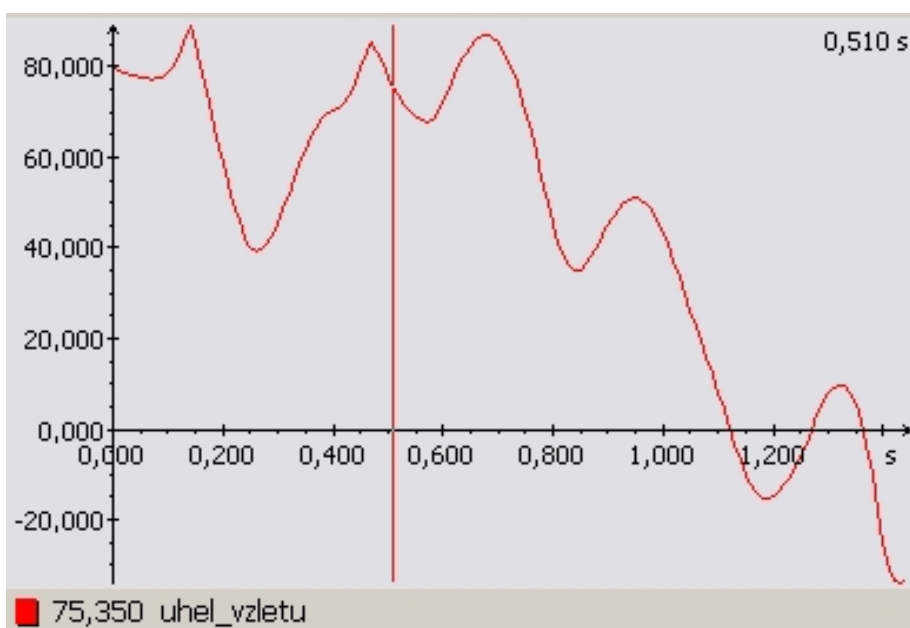
3. Základy atletiky (Fakulta humanitných vied Univerzity Mateja Bela)  
<http://www2.fhv.umb.sk/Publikacie/2003/Zaklady%20atletiky.pdf>  
[navštíveno 10. 3. 2008]
4. Manuál SIMI Motion. SIMI Reality Motion Systems GmbH.  
[www.simi.com](http://www.simi.com) [navštíveno 20. 2. 2008]

## PŘÍLOHY

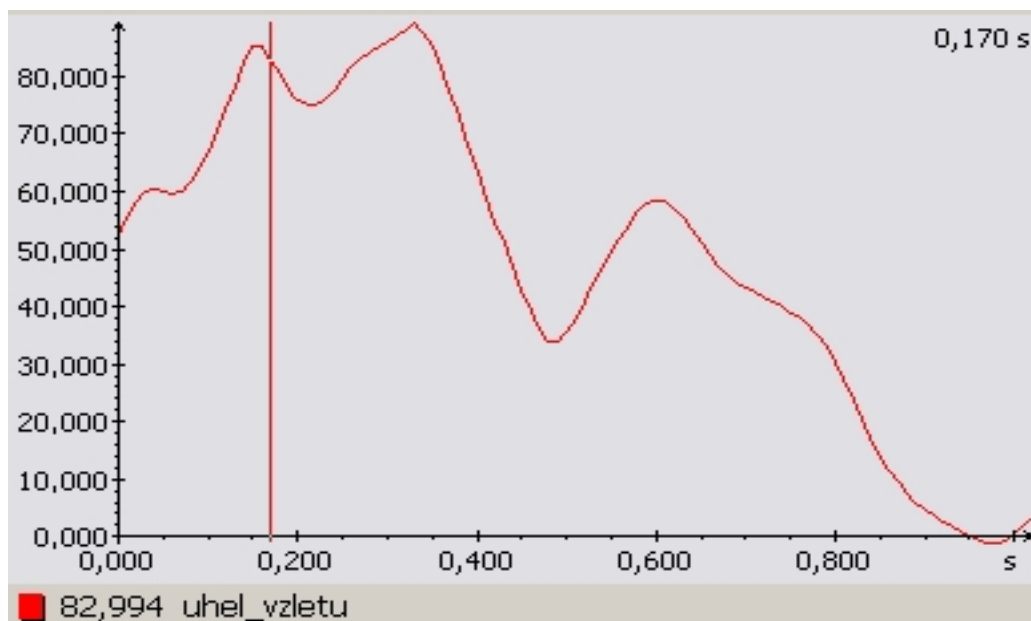
Příloha č. 1: Úhel vzletu v okamžiku odrazu P1, P2, P3



P1

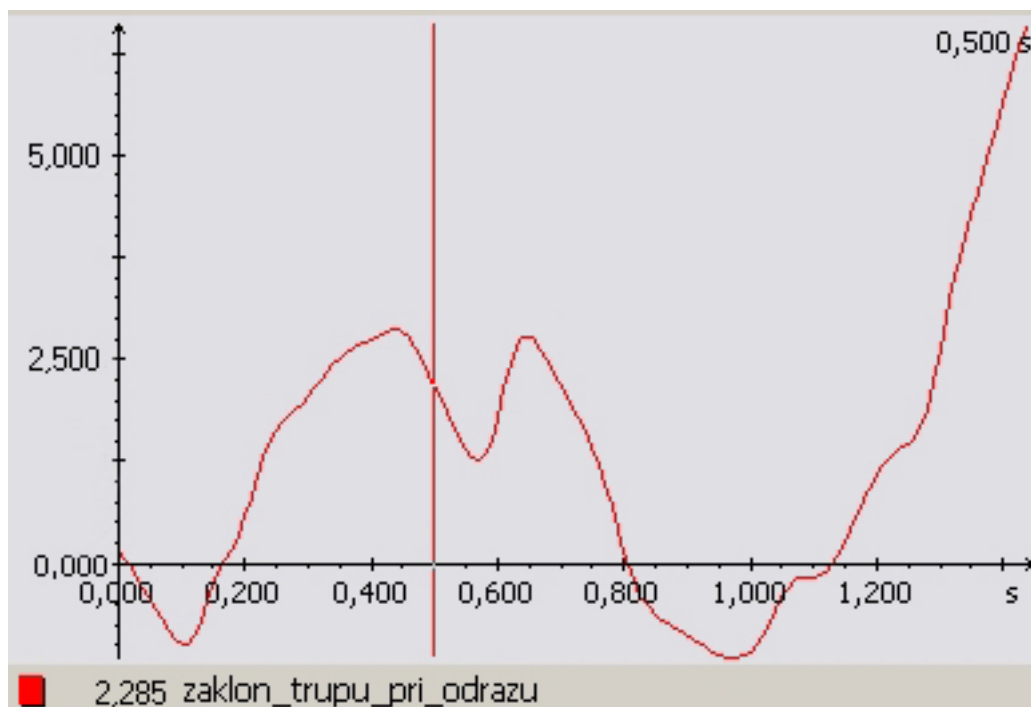


P2

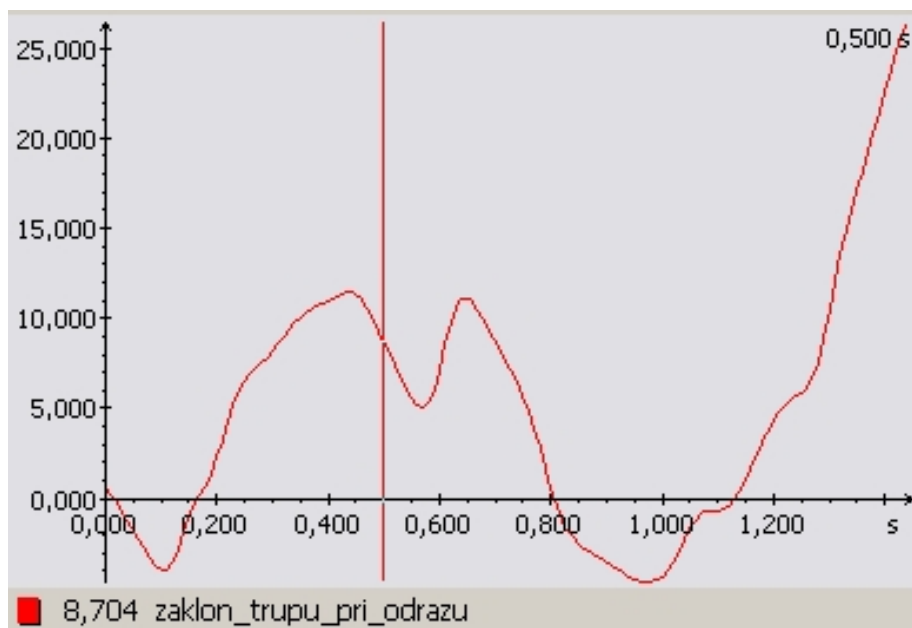


P3

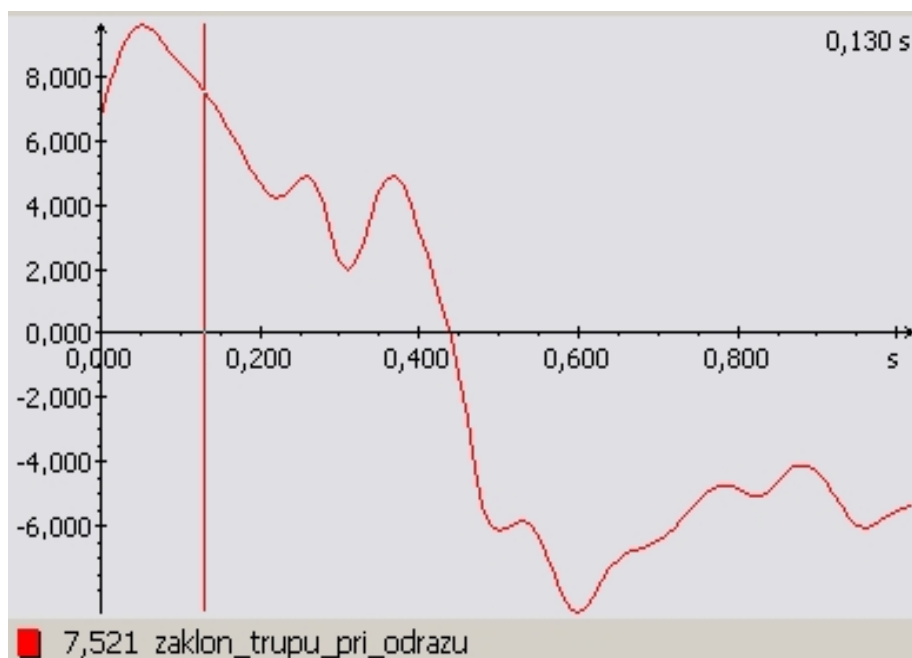
Příloha č. 2: Záklon trupu při odrazu P1, P2, P3



P1

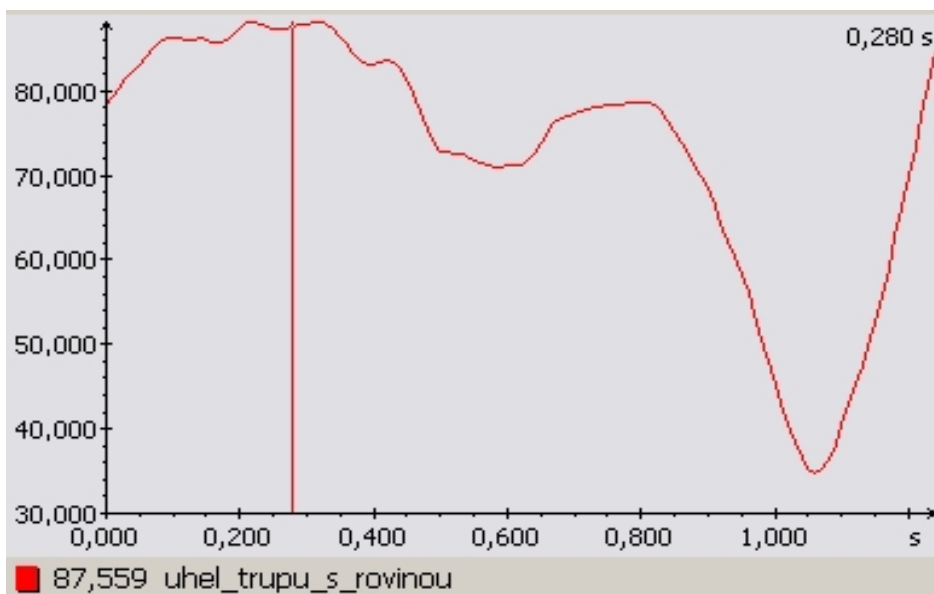


P2

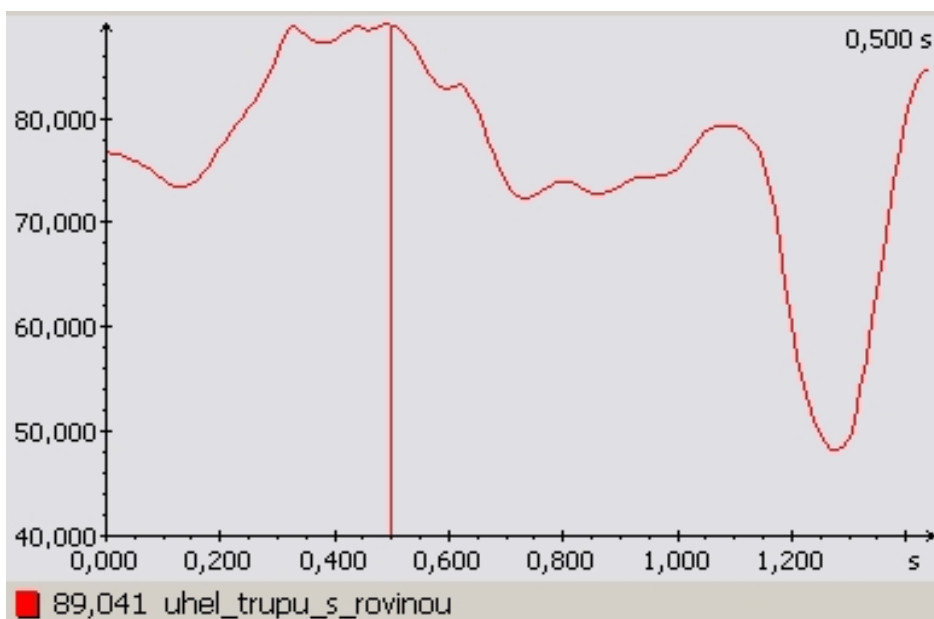


P3

Příloha č. 3: Úhel trupu s rovinou při odraze P1, P2, P3

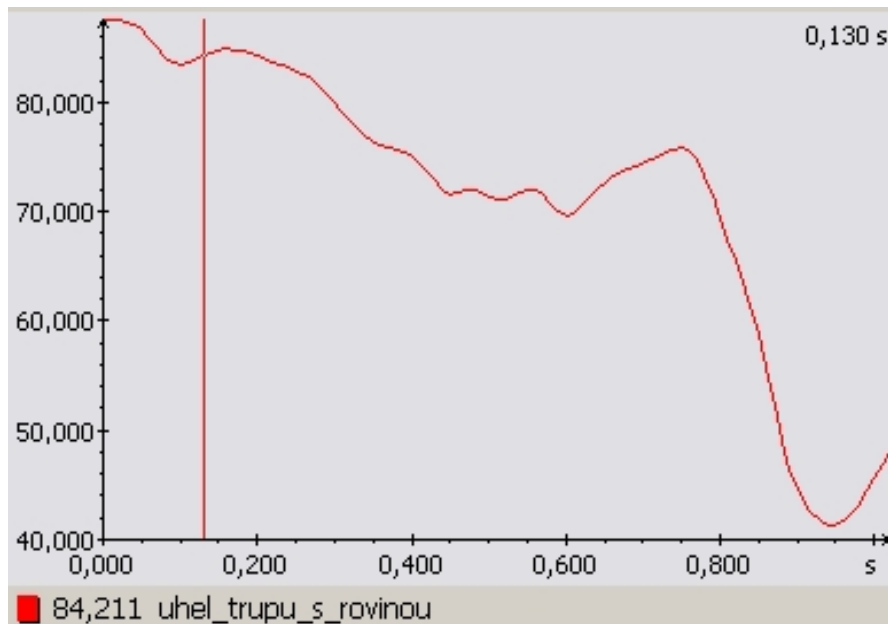


P1



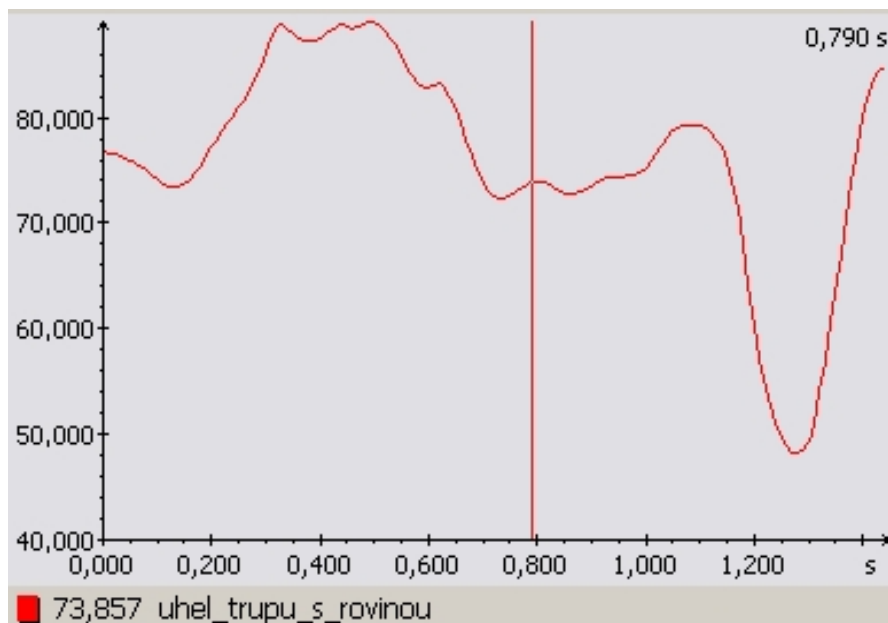
P2



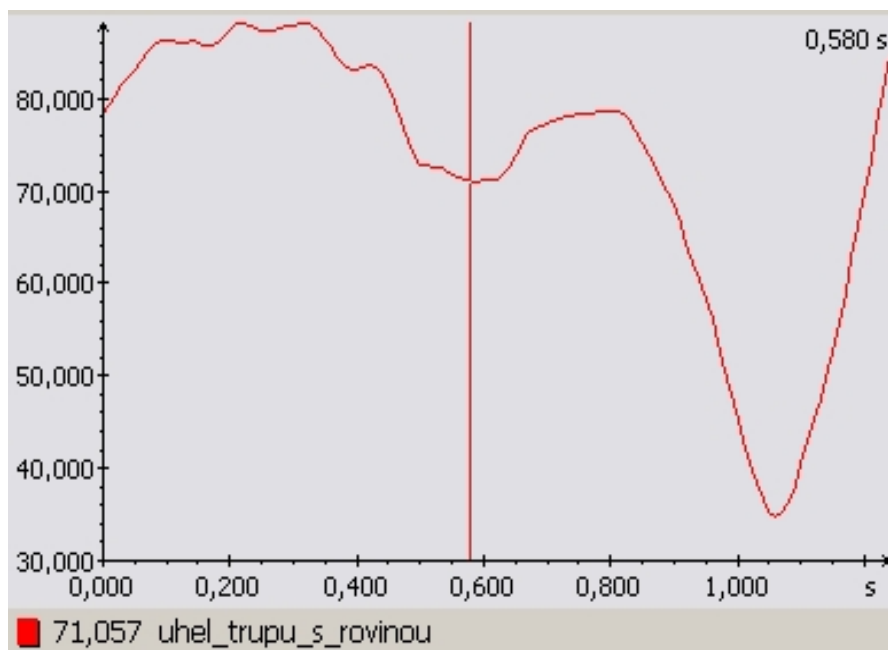


P3

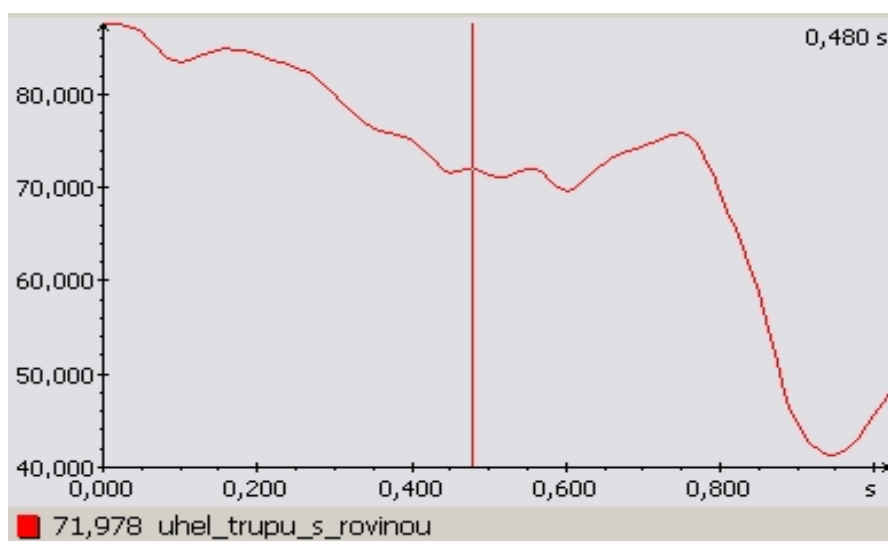
Příloha č. 4: Úhel trupu s rovinou v nejvyšším bodě P1, P2, P3



P1

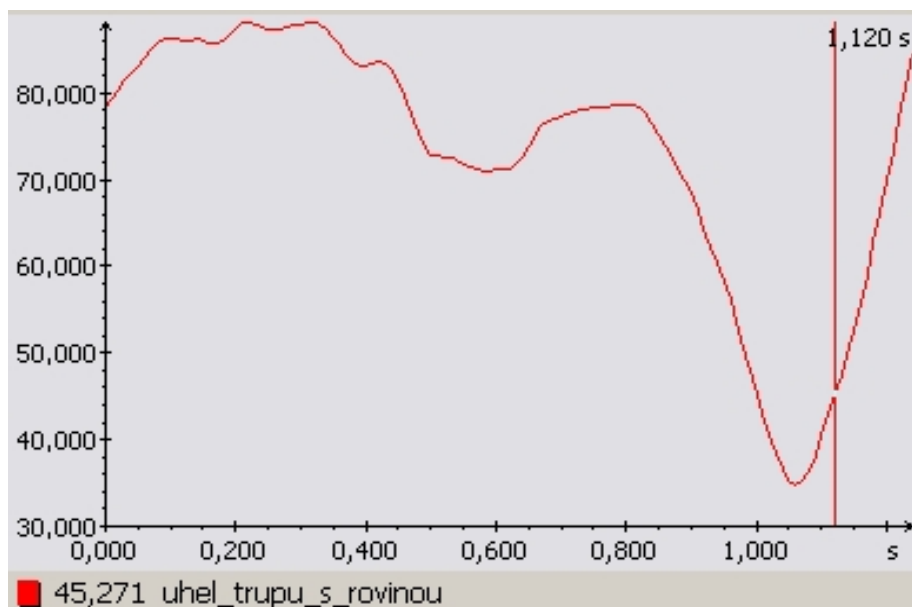


P2

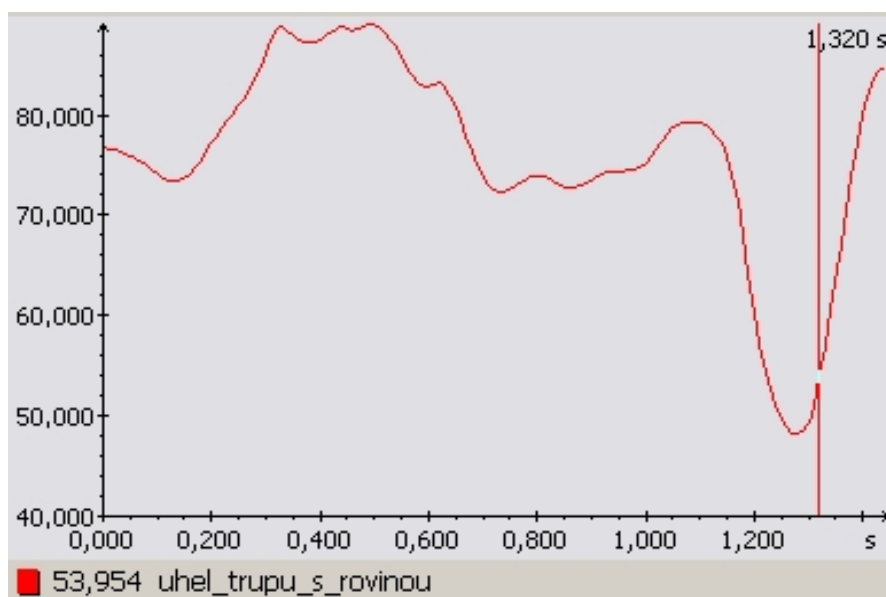


P3

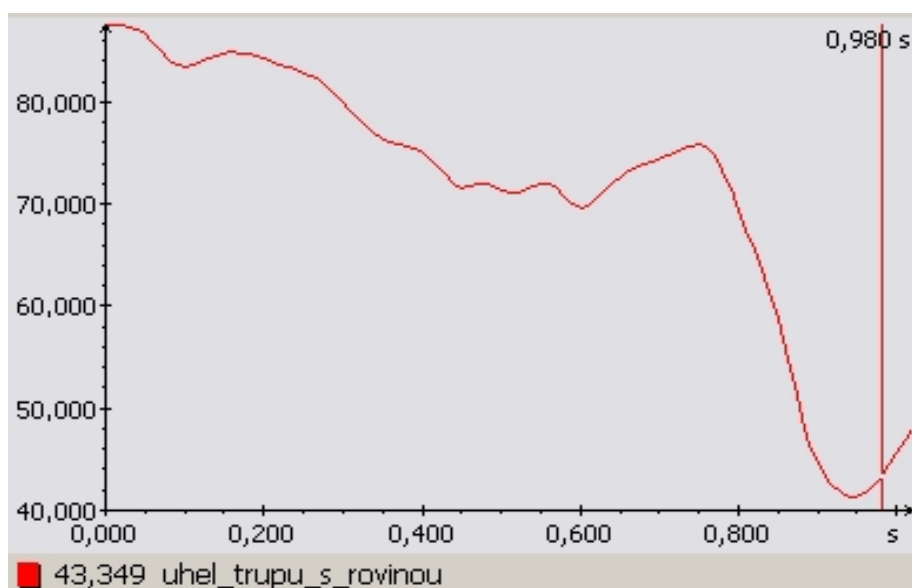
Příloha č. 5: Úhel trupu s rovinou v okamžiku dopadu P1, P2, P3



P1

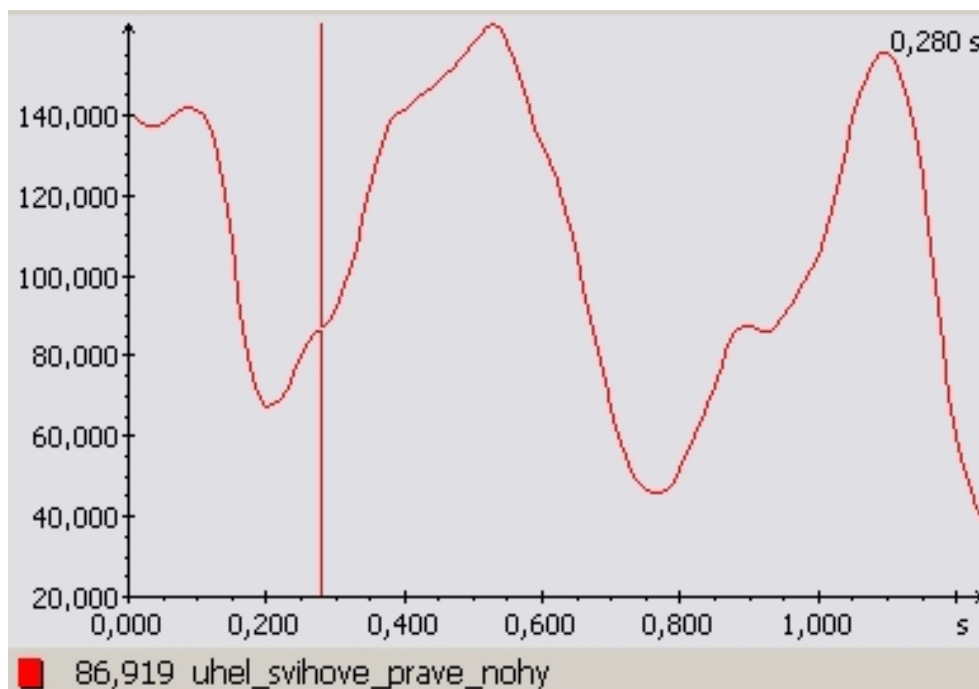


P2

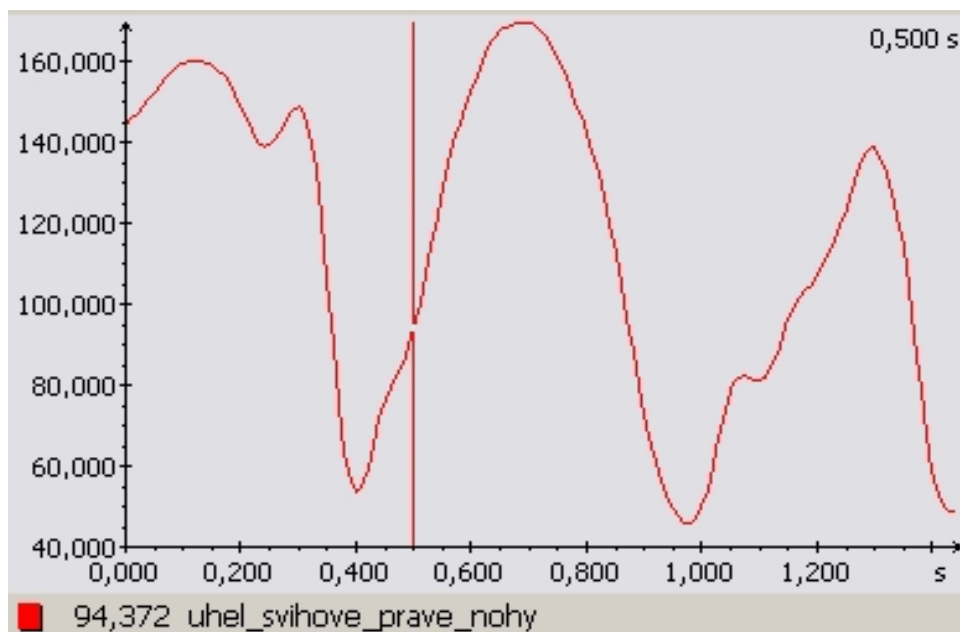


P3

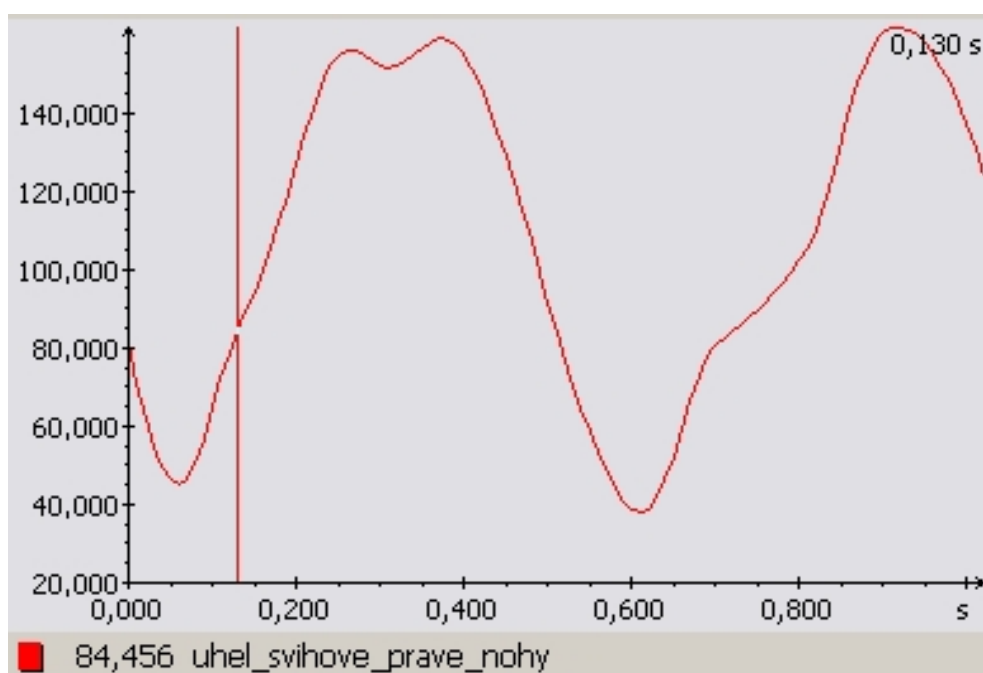
Příloha č. 6: Úhel švihové pravé nohy při odrazu P1, P2, P3



P1

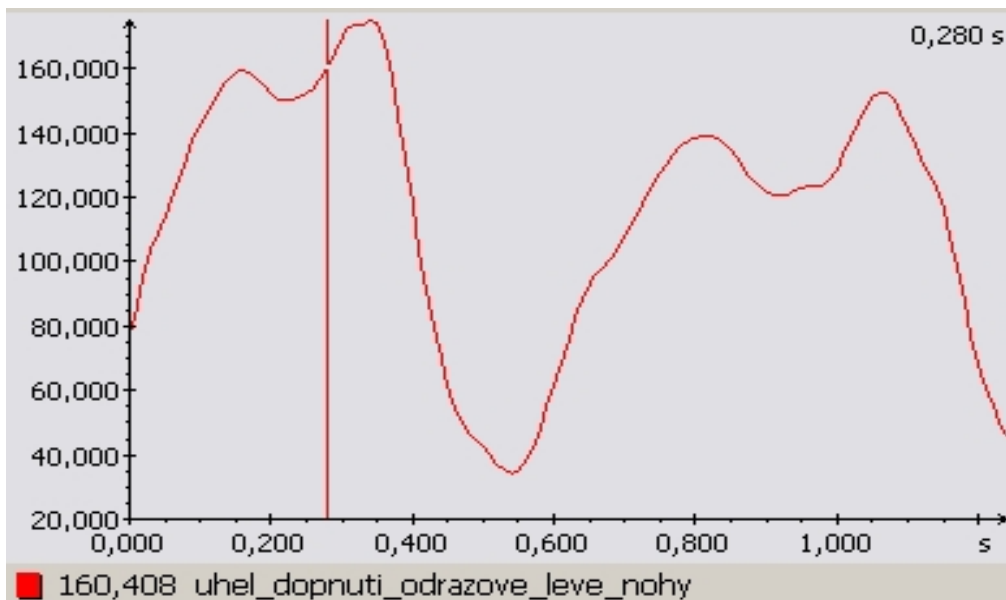


P2

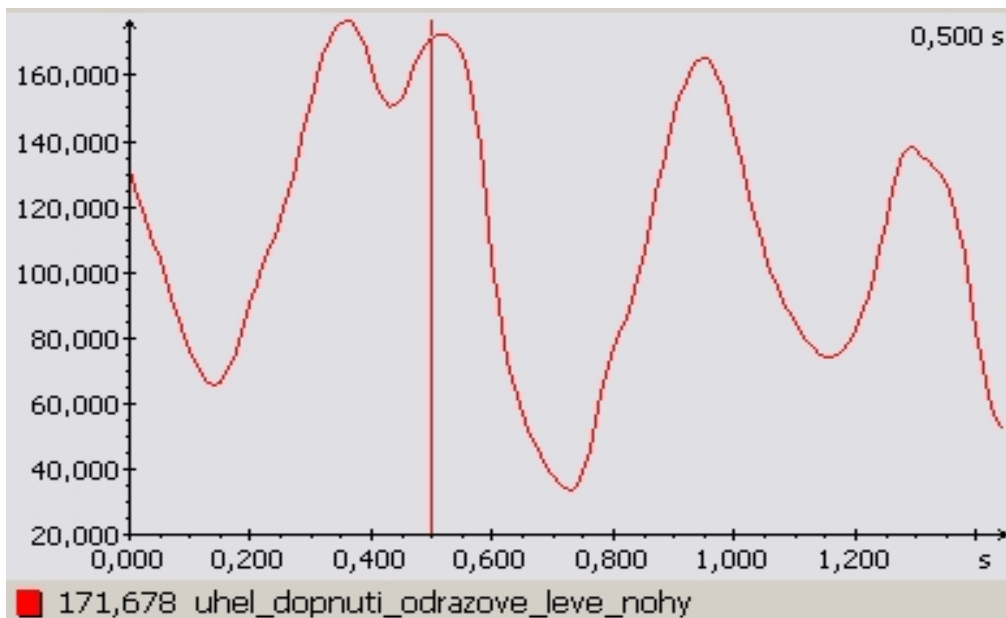


P3

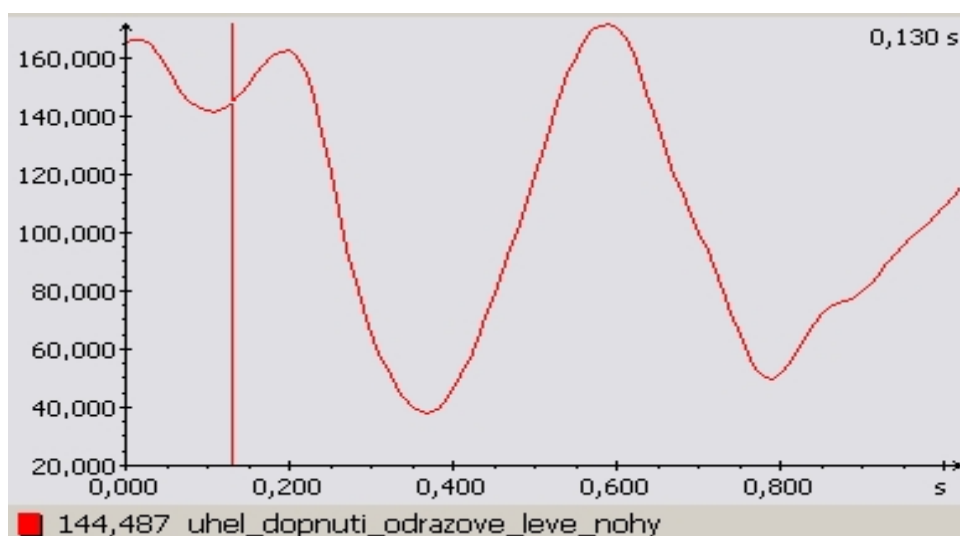
Příloha č. 7: Úhel dopnutí odrazové nohy při odrazu P1, P2, P3



P1

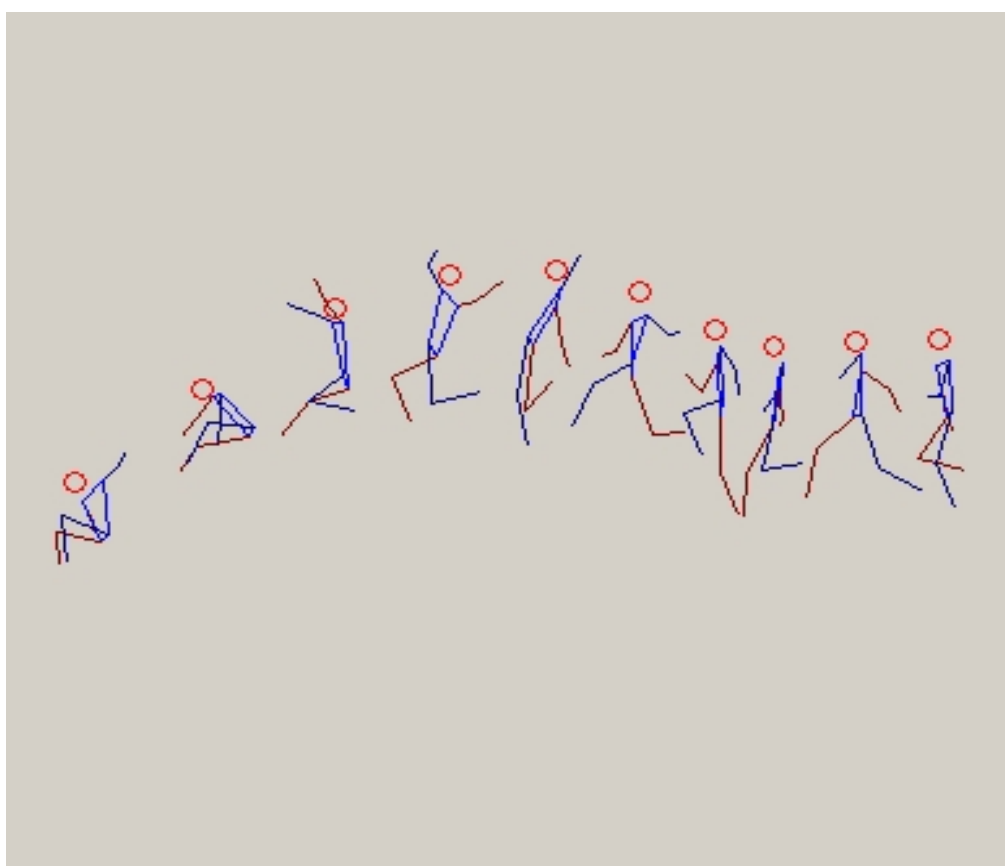


P2

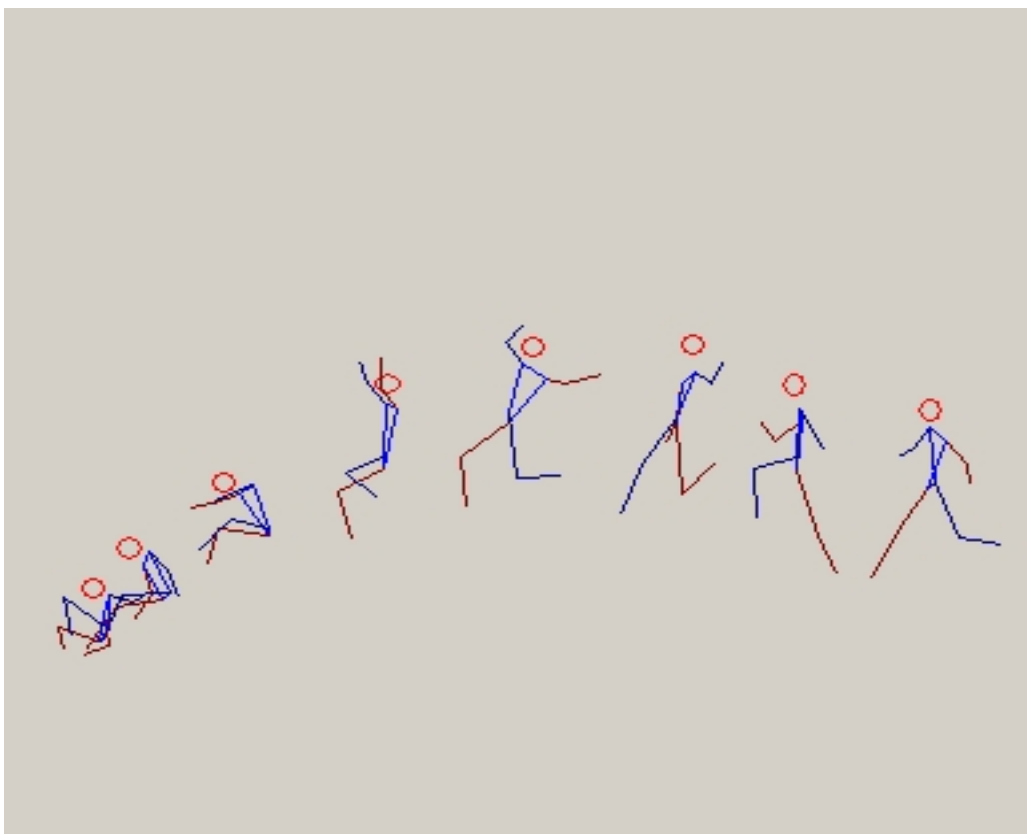


P3

Příloha č. 8: Kinogram celého odrazu Štěpána Wágnera



Příloha č. 9: Kinogram špatného doskoku do písku Štěpána Wágnera





## RESUMÉ

Diplomová práce „Biomechanická 3D analýza – skok do dálky“ je určena trenérům atletiky. Cílem práce bylo vytvořit, popsat a analyzovat 3D model atletické disciplíny – skoku dalekého.

Pomocí nástroje pro 3D modelování pohybu SIMI jsme provedli individuální popis techniky skokana Štěpána Wágnera a jeho tři tréninkových pokusů z krátkého rozběhu.

Vyhodnotili jsme sledované parametry a poskytli jsme závodníkovi a trenérovi zpětnou vazbu.

Dále jsme vyhodnotili závěry a převedli jsme je v doporučení pro teorii a praxi.



## SUMMARY

Diploma thesis – “Biomechanical 3D Analysis – Long Jump“ is for athletic trainers and their athletes. The aim of the diploma thesis was to create, describe and analyse 3D model of the athletic discipline – long jump – using a PC program SIMI Motion for 3D motion modelling. The using of a software tool definitely represents a step forward in evaluation of the technique of long jump.

The individual technique of the czech pre-eminent athlete Štěpán Wágner was described on the basis of measurements within his 3 training attempts. After result assessment of the observed parameters we came to the conclusion that on its basis it is possible to enunciate recommendation for the theory and practice. The recommendation can help the athlete to minimize mistakes while performing long jump and therefore it can improve the quality of a training process.

The using of SIMI Motion, a PC program, is the unique way how to provide athletes and trainers objective feedback. This diploma thesis provides a general instruction manual how to use the program and which indicators to observe to get relevant conclusions.