

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta stavební  
Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Indikace svahového pohybu a stanovení jeho průběhu a velikosti z vývoje růstu stromů  
Slope Movement Indication and Evaluation its Trajectory and Amount from the Tree  
Growth Shape

Student:

Tomáš Bednařík

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta stavební  
Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

## Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Bednařík**  
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství  
Studijní obor: 3647R017 Geotechnika  
Téma: Indikace svahového pohybu a stanovení jeho průběhu a velikosti z  
vývoje růstu stromů  
Slope Movement Indication and Evaluation its Trajectory and Amount  
from the Tree Growth Shape  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Příčiny a kategorie svahových pohybů
3. Indikace svahových pohybů
4. Měření a záznam křivky kmene stromu
5. Odvození velikosti a rychlosti svahového pohybu z křivky kmene stromu
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Záruba, Mencl. *Inženýrská geologie*. Praha : Academia, 1974  
Pašek, Matula a kolektiv. *Inženýrská geologie I., II. - Technický Průvodce č. 76*. Praha : Česká Matic  
Technická, 1995  
Morgan, Rickson. *Slope Stabilization and Erosion Control: A Bioengineering Approach* Taylor & Francis,  
2011

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc.**

Datum zadání: 30.10.2015  
Datum odevzdání: 02.05.2016



doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.  
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.  
děkan fakulty

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 2. 5. 2016

... 

podpis studenta

### **Prohlašuji:**

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užití své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 11/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 2. 5. 2016



podpis studenta

## **Anotace**

BEDNAŘÍK, T. Indikace svahového pohybu a stanovení jeho průběhu a velikosti z vývoje růstu stromů: Bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta geotechniky a podzemního stavitelství, 2016, 42 stran, Vedoucí práce: doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc.

Bakalářská práce se zabývá metodou stanovení velikosti pohybu svahových hmot, která spočívá v měření a vyhodnocení zakřivení kmene stromu, z něhož se odvozuje hodnota rychlosti svahového pohybu. Práce rozebírá kinematiku pohybu stromu unášeného pohybující se svahovou hmotou, který je současně i příčinnou křivého růstu kmene stromu. Dále uvádí princip výpočtu hodnoty rychlosti svahového pohybu a praktický způsob zjišťování - měření křivosti kmene stromu, včetně prostředků k měření a postup měření. Metoda je aplikována v lokalitě, v níž se vyskytují stromy, z jejichž charakteru zakřivení kmene lze usuzovat na latentní – plouživý (creep) svahový pohyb. Ze zpracovaných naměřených dat jsou odvozeny hodnoty rychlosti svahového pohybu v dané lokalitě.

## **Klíčová slova**

Svahový pohyb, latentní – plouživý pohyb, vegetační pokryv, zakřivení kmene

## **Annotation**

BEDNARŮK, T. Slope Movement Indication and Evaluation its Trajectory and Amount from the Tree Growth Shape: Bachelor thesis. Ostrava: VŠB – Technical Univerzity of Ostrava, Faculty of Geotechnical and Underground Engineering, 42 page, Supervisor: doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc.

This thesis deals with the method of determining the size of the slope mass movement, which is based on the measurement and evaluation of the curvature of the tree trunk from which derives the value of the speed of slope movement. The thesis analyzes kinematics tree entrained moving slope material, which is also the cause of crooked growth of the tree. It also states the principle of calculating the rate of slope movement and practical way to survey - measuring the curvature of the tree trunk, including the means for measurement and the measurement procedure. The method is applied on the area on which there are trees on the nature of the curvature of the strain can be deduced latent - creeper slope movement. From the processed measured data are derived velocity value produced movement in the area.

## **Key words**

Slope movement, latent creep, vegetation cover, bent trunk,

## Obsah

Seznam použitého značení .....	8
1. Úvod.....	9
2. Svahové pohyby, jejich klasifikace a příčiny .....	10
2.1 Faktory způsobující svahové pohyby .....	10
2.2 Základní rozdělení podle A. Němčoka .....	12
2.2.1 Plazení .....	13
2.2.2 Sesouvání .....	15
2.2.3 Stékání .....	17
2.2.4 Řícení .....	17
2.3 Monitoring .....	18
3. Kinematika pohybu stromu na svahu .....	19
4. Měření a záznam křivky kmene stromu .....	26
5. Odvození průběhu a velikosti svahového pohybu z křivky kmene stromu.....	33
6. Závěr.....	38
Seznam použité literatury .....	40
Seznam tabulek .....	41
Seznam obrázků .....	42

## Seznam použitého značení

<b>A</b>	bod A
<b>cm/rok</b>	centimetr za rok
<b>d</b>	průměr stromu
<b><math>d_{uh(uv)}</math></b>	horizontální (vertikální) diference
<b>km</b>	kilometr je tisícinásobná hodnota základní jednotky délky (metr) v mezinárodní soustavě jednotek SI
<b>m</b>	metr je základní jednotka délky v mezinárodní soustavě jednotek SI
<b>mm</b>	milimetr je jednotka délky odpovídající tisícině metru
<b>m/s</b>	metr za sekundu
<b>O</b>	obvod stromu
<b><math>P_h</math></b>	délka průmětu osy kmene stromu do horizontální roviny
<b><math>P_s</math></b>	délka průmětu osy kmene stromu do roviny svahu
<b>r</b>	poloměr stromu
<b>S</b>	stáří stromu v letech
<b><math>\vec{u}_A</math></b>	vektor z bodu A
<b><math>\vec{u}_{Ah}</math></b>	horizontální vektor z bodu A
<b><math>\vec{u}_{Av}</math></b>	vertikální vektor z bodu A
<b>°</b>	úhlový stupeň je vyjádření úhlové míry rovinného úhlu
<b>°C</b>	stupeň Celsia
<b><math>\Delta\alpha_{AB}</math></b>	rozdíl úklonu svahu mezi body A a B
<b><math>\Delta S_{AB}</math></b>	rozdíl délky mezi body A a B



## 1. Úvod

V geotechnickém inženýrství jsou svahové pohyby jedním z nejvýznamnějších všudypřítomných jevů, kterému musí být věnována náležitá pozornost jak při zakládání stavebních objektů nejen na svazích, ale i pod či nad svahy, také tak při hloubení zářezů v zeminách i výstavbě zeminových násypů.

Pojmem svahový pohyb se rozumí gravitační pohyb hornin po svahu. Od tohoto druhu pohybu se odlišuje transport hornin po svahu způsobený transportačními médii jako je sníh, voda, led či vítr. K porušení rovnováhy může dojít z nejrůznějších důvodů. Velmi častým je nepříznivý sklon svahu, náhlé přetížení svahu či působení vody. Řešení stability svahů je další z praktických aplikací mechaniky zemin, v níž používáme pevnostní nebo deformační charakteristiky zemin.

Svahové pohyby se liší navzájem velikostí a rychlostí pohybu svahových hmot. Latentní (plouživé) pohyby jsou jednou z kategorií, zdánlivého stavu klidu, nevyvolávající obavy, unikající pozornosti většině pozorovatelů, jež lze indikovat pouze dlouhodobým trvalým měřením. Latentní pohyby mohou přerůst do forem velmi intenzivních pohybů, v situacích, kdy je daná oblast přetvářena antropogenní činností.

Zřejmou formou dokumentace pohybu svahových hmot je vegetační pokryv, zejména stromy, jehož růstový vývoj, trvající mnoho desítek let, je ovlivňován latentním pohybem, který může být považován za jednu z hlavních příčin zakřivování kmene stromu.

Zakřivení kmene stromu odráží nepřetržitý souvislý záznam pohybu svahové hmoty a může posloužit k odvození rychlosti posunu svahových hmot za období růstu stromu.

Cíl práce je využít křivosti kmenů stromů k indikaci a kvantifikaci latentních svahových pohybů.

## **2. Svahové pohyby, jejich klasifikace a příčiny**

Svahové pohyby mohou být velmi mohutnými a nebezpečnými přírodními katastrofami, při kterých je ničen nejen majetek a rozrušována infrastruktura krajiny, ale může dojít i ke ztrátám na životech.

K svahovým pohybům dochází v okamžiku, kdy příroda nebo lidé poruší stabilitu svahu. Při porušení stability dojde k tomu, že síly držící pohromadě půdu nebo horninu začnou být slabší než gravitace a tím dochází k pohybu masy materiálu.

Nestabilitu svahů způsobuje celá řada faktorů, jako nejzásadnější je sklon a výška samotného svahu atd.

Svahové pohyby jsou komplexní procesy lišící se druhem, rychlostí, pohybem i měřítkem. Inženýrští geologové proto používají různých vědeckých a technických termínů.[6]

### **2.1 Faktory způsobující svahové pohyby**

Z litologického hlediska jsou ke vzniku sesuvů nejnáchylnější území, kde se střídají různě mocné vrstvy hornin pro vodu propustných (umožňují při intenzivních deštích rychlé krátkodobé maximální nasycení vodou) s vrstvami nepropustnými (izolátory).

Hydrogeologické hledisko je nejvýznamnější střídání hornin fungujících jako dočasný kolektor a izolátor a povrchová sběrná oblast srážkové vody.

Stav morfologického vývoje je další důležitá role intenzivně erodujících vodních toků. Erozní činnost zvyšuje délku i strmost svahů, které se nestačí přizpůsobovat nově vzniklým podmínkám.

Nejzákladnější faktory jsou:

- Změna sklonu svahu nebo jeho výšky;

Může být způsobena přirozenou cestou podemletím paty svahu erozí nebo abrazí vodní hladiny nebo i tektonickými pohyby. Uměle může být způsobena podkopáním úpatí svahu zemními nebo hornickými pracemi. Vzrůst sklonu svahu způsobuje v horninách změny napětí, rovnováha bývá porušena vzrůstem napětí ve smyku.

Váha hornin;

Způsobuje plazivý pohyb jílovitých hornin nebo vytlačování plastického podloží při úpatí svahu i pod pevnými horninami. Vznikají tak nové trhliny, zmenšuje se soudržnost hornin a urychlují se ostatní denudační pochody.

- Náhlé přetížení;

Způsobuje vzrůst smykových napětí a hydrodynamické napětí v pórech soudržných zemin, které zmenšuje vnitřní tření. Přetížení je tím nebezpečnější, čím je rychlejší.

- Otřesy a vibrace;

Zemětřesením vznikají v horninách kmity různé frekvence, podobně působí i výbuchy velkých náložů trhavin i otřesy strojů. V každé hornině tak vznikají dočasné změny napětí, které mohou porušit rovnováhu svahu. U spraší a málo zpevněných písků může dojít otřesy k porušení intergranulárních vazeb, ke zmenšení soudržnosti. U zvodněného jemného písku a citlivých písčitých jílů mohou dát otřesy popud k přemístění nebo pootočení zrn. To pak může vyvolat ztekucení zeminy.

- Změny obsahu vody;

a) Dešťová voda a voda z tajícího sněhu se dostává do puklin, kde vzniká hydrostatický tlak. V zeminách roste tlak v pórech a tím se zmenšuje jejich smyková pevnost.

b) V období sucha jílovité zeminy vysychají a smršťují se. Vznikají v nich trhliny, které zmenšují soudržnost hornin na svazích a umožňují vnikání vody.

- Smršťování;

V období sucha se jílovité zeminy smršťují, vznikají hluboké trhliny, které zmenšují soudržnost hornin na svazích a umožňují vnikání vody hlouběji do jílovitých půd.

- Elektrický potenciál;

Měřením rozdílu elektrického potenciálu mezi dvěma vrstvami horniny bylo zjištěno, že na jejich styku vzniká smyková plocha.

- Působení podzemní vody;

a) Proudící podzemní voda působí tlakem na částice zeminy, a tak zhoršuje stabilitu svahu. Rychlé změny vodní hladiny na březích umělých nádrží způsobují vzrůst vodního tlaku v pórech. To by mohlo u písčitých zemin vést k jejich ztekucení.

b) Podzemní voda může vyplavit rozpustný tmel a tím zeslabit intergranulární vazbu a snížit hodnotu parametrů smykové pevnosti.

c) Proudící podzemní voda vyplavuje v jemném písku nejmenší částice zeminy ze svahu. Vznikají podzemní dutiny a zvětšuje se napětí ve smyku.

d) Napjatá hladina podzemní vody působí na nepropustné vrstvy v nadloží jako vztlak.

- Zvětrávání hornin;

Mechanické i chemické zvětrávání postupně porušuje soudržnost hornin.

- Činnost mrazu;

Promrzáním se zvětšuje objem vody v trhlinách, rozšiřují se ty stávající a tvoří se nové. V rozpukaných horninách je pak menší soudržnost. V jílovitých a jílovito-písčících zeminách se působením mrazu tvoří ledové vrstvičky. Při tání se zvětšuje objem vody v povrchové vrstvě zeminy, která rozbředá a nastává soliflukce, pomalý pohyb zvětralého materiálu po svahu dolů.

- Změny ve vegetačním pokryvu;

Kořeny stromů udržují stabilitu svahu mechanicky a přispívají k vysoušení svahů tím, že část podzemní vody spotřebují (tzv. evapotranspirace). Odlesněním svahu se mění vodní režim v podpovrchových vrstvách. [Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.]

## 2.2 Základní rozdělení podle A. Němčoka

Svahové pohyby jsou komplexní procesy lišící se druhem, rychlostí, pohybem i měřítkem. Inženýrští geologové proto používají různých vědeckých a technických termínů.

Svahové pohyby podle mechanismu pohybu a rychlosti rozdělujeme na:

- Plazení, ploužení (creep);
- Sesouvání (slide);
- Stékání (flow);
- Řícení (fall). [1]

### 2.2.1 Plazení

Svahový pohyb plazení představuje z geologického hlediska dlouhodobý, zpravidla nezrychlující se pohyb horninových hmot, přičemž jejich hranice je oproti pevnému podloží ve většině případů nezřetelná. Velikost posuvu hmot je vzhledem na prostorové rozměry postihnutého horninového masivu zanedbatelná. Proto jsou i výsledné formy ploužení ve většině případů málo výrazné – gravitačně rozvolněné, roztrhané a poprohýbané hřebeny a svahy. Výjimkou jsou tvrdé komplexy ležící na mokřém podloží, které se plazením rozlámou na morfologicky kontrastní blokové pole. Rychlost pohybu je řádově v milimetrech až centimetrech za rok. Pokud tento proces výrazně zrychlí, plazení se mění na sesouvání, stékání nebo řícení. Plazení je vlastně přípravnou fází pro všechny druhy pohybů, z geologického hlediska však krátkodobou fází.

Plazení se rozděluje do dvou skupin:

- podpovrchové plazení,
- povrchové plazení.

Výsledkem podpovrchového plazení jsou svahové poruchy; rozvolňování a roztrhání horských masivů, ohýbání vrstev a blokové poruchy.

Rozvolňování a roztrhání horských masivů je projevem uvolňování napětí po erodované části svahů říční erozí nebo ledovcem. Projevují se vznikem puklin lemujících tvary svahů anebo otvíráním řady tahových puklin.

Ve vysokých pohořích vznikají poruchy na strmých svazích v krystalických jádrech tvořených granitoidními anebo metamorfovanými horninami, kde výškové rozdíly mezi hřebeny a dolinami dosahují 400 až 900 m. V dolní části takových vysokých svahů převyšující hranici napětí, od které se tyto skalní horniny chovají kontraktantně (zmenšují objem při porušení), v důsledku čeho vzniká v hloubce silná kontraktantní zóna, charakteristická při křehčích horninách zvětšením puklinovosti. Ve vyšších částech svahu se vyvářejí ostře hraničené smykové plochy. Výstupy těchto smykových ploch se na hřebeni projevují v podobě skalních poklesů – stupňů nebo rýh, které zdvojují hřeben.

V plastičtějších metamorfovaných horninách nastává hlubinné ohýbání vrstev v kontraktantní zóně, v důsledku čeho v horní části svahu vznikají podobně jako při křehčích granitoidních horninách ostře ohrazené smykové plochy. Na rozdíl od granitoidů, při kterých výška skalních poklesů na hřebeni dosahuje jen několik metrů, v metamorfovaných

horninách vznikají na hřebeni stupně vysoké až několik desítek metrů, přičemž ve střední části svahu se porucha projevuje jeho zvlněním.

Blokové poruchy vznikají v úsecích geologicko-tektonické stavby, kde horninový komplex budovaný pevnými skalními horninami leží na měkkém, plastickém podloží. Pevné, křehké horniny horninového komplexu se oddělují od mateřského masivu podélně k trhlinám či puklinám, zabořují se, pootáčí a pohybují se po horninách plastického podloží. Výsledné poruchy, které vznikají jen posouváním bloků pevných hornin po tenké vrstvě plastické horniny v podloží, nazývají se blokovými posuny. Jestli má podloží velkou mocnost, bloky s půdorysnými rozměry řádově stovky metrů se zabořují do podloží, ztrácí se souvislost skalního masivu, bloky se rozpadávají po svahu a vznikají blokové pole. Horní část blokového pole, kde bloky jen dosedly, ale neoddělily se, se nazývá rozpadlinové pole.

Odlíšné typy poruch vznikají na dně údolí. Účinkem tíhy nadložních, pevnějších hornin se podložné, plastické horniny přeskupují od odlehčené oblasti – směrem do doliny. Tyto typy poruch se nazývají údolní antiklinály. Projevují se vytlačěním plastických hornin na dně říčních údolí.

Povrchové plazení je pomalý, obvykle nerovnoměrný pohyb horninových mas v povrchní zóně ovlivněný sezónními změnami teploty a vlhkosti. V důsledku toho se mění pevnost a objem hornin. K povrchovému plazení patří slézání svahových hlín a sutin a hákování vrstev. Podpovrchové plazení se vyznačuje výskytem defektního vegetačního pokryvu, zejména zakřivenými kmeny stromů.[2]

### 2.2.2 Sesouvání

Sesouvání je relativně rychlý krátkodobý pohyb horninových mas, podélně jedné smykové plochy anebo vícero smykových ploch, které oddělují pohybující se hmoty od pevného podkladu. Rychlost pohybu sesouvání je v desítkách centimetrů až v metrech za den. Výslednou formou – svahovou poruchou vzniknutou při sesouvání jsou sesuvy. Sesuvy je možno rozdělit podle tvaru smykové plochy, plošného tvaru a aktivity.

Podle tvaru smykové plochy rozeznáváme sesuvy:

- Rotační – jejich smyková plocha má tvar válce, vznikají v jílovitých zeminách.
- Planární – jejich smyková plocha má rovinný tvar. Smyková plocha je předurčená. Využívá rozhraní mezi podkladem a pokryvnými útvary, mezivrstevní plochy nebo tektonické plochy.
- Rotačně-planární – mají složené smykové plochy.
- Translační – vznikají na horizontálně vytvořené smykové ploše.

Podle plošného tvaru rozeznáváme sesuvy:

- Plošné – mají přibližně stejnou délku jako šířku. Vznikají na plochých svazích. Obvykle mají menší rozměry a tloušťku jen několik metrů výjimečně dosahují tloušťku 10 m.
- Proudové – mají protáhnutý tvar – délka vícenásobně převyšuje šířku a rychlost sesouvání bývá mnohem vyšší než u plošných sesuvů. Dosahují délku až několik kilometrů a šířku 30 až 40m. Proudové sesuvy zapříčinily na území České a Slovenské republiky nejvážnější hospodářské škody.
- Frontální – při nich je šířka větší jako délka, vznikají obvykle na nárazových březích řek vlivem jejich boční eroze. Délkou se rozumí rozměr svahové deformace měřený po spádnicí nebo ve směru pohybu.

Podle stupně aktivity rozeznáváme sesuvy:

- Aktivní sesuvy - jsou v pohybu v době dokumentace nebo jejich tvary jsou čerstvé, výrazné, neporušené erozí, stromy jsou vychýlené, komunikace a inženýrské sítě přerušeny. Jejich povrch je velmi rozčleněný a nese stopy čerstvých pohybů. Pohyb se periodicky opakuje vlivem přírodních faktorů.
- Potenciální sesuvy - jsou v terénu méně znatelné, jsou zarostlé vegetací, porušené erozí, atd. Příčiny vzniku sesuvu dosud trvají a pohyb se může za vhodných podmínek nově objevit či obnovit.

- Stabilizované sesuvy - jsou ty, u nichž příčiny pohybu již zanikly, jejich povrch je většinou zarovnaný a proto se nedá ohraničit. Mohlo k tomu dojít přirozeným vývojem nebo zásahem člověka. Identifikace je náročná, možná jen podle celkového tvaru svahu. Aktivizace nastává jen vlivem antropogenních faktorů, např. nevhodným podřezáním svahu.

Podle stáří rozeznáváme sesuvy:

- Fosilní sesuvy vznikly v předešlých geologických dobách za klimatických a morfologických podmínek, které jsou odlišné od recentních a nemohou se opakovat. Doba jejich vzniku je zpravidla pleistocén nebo terciér.
- Recentní sesuvy vznikly v holocénu.

Fussgänger dělení sesuvu podle A. Němčoka, J. Paška, J. Rybáře rozšířil. Rozlišuje tyto základní svahové pohyby typu sesouvání:

- Klouzáni zemin a skalních hornin,
- Vytlačení (sesouvání podél kluzné plochy v důsledku vytlačení méně únosných podkladových zemin),
- Prosedání,
- Vyplavování (sesunutí v důsledku hydrodynamického působení podzemních vod).[2]



### 2.2.3 Stékání

Stékání je rychlý krátkodobý pohyb horninových hmot ve viskózním stavu. Rychlost stékání identifikujeme v metrech za hodinu až v kilometrech za hodinu. Stékající hmoty jsou ostře oddělené od neporušeného podloží.

Nejčastějšími výslednými formami stékání jsou zemní a kamenité proudy. Zemní proudy vznikají v místech se soustředným tokem povrchové a podzemní vody. Kamenité proudy se tvoří na strmých svazích vysokých pohoří. Produkty zvětrávání se hromadí v žlabech. Přivalové vody strhávají kamenitý, hlinitý a písečný materiál. Rychlostí několik kilometrů za hodinu je splavují do doliny, kde se často vytváří nánosový kužel. Kamenité proudy jsou známé především z Alpských oblastí. Ohrožují mimo jiné infrastrukturu silniční a železniční dopravy.[2]

### 2.2.4 Řícení

Řícení je náhlý krátkodobý pohyb horninových hmot na strmých svazích s rychlostí v metrech za sekundu, přičemž se postižený materiál rozvolní a celý nebo část svého pohybu překoná volným pádem.

Základními typy svahových poruch skupiny řícení jsou odvalové a planární řícení.

Odvalové řícení vzniká odvalením materiálu na strmých skalních stěnách nebo převisech a jejich řícení volným pádem. Po dopadu na úpatí svahu se skalní hmoty přemísťují dál do doliny v podobě skalního proudu na vzdálenost mnohonásobně převyšující dráhu volného pádu.

Planární řícení vzniká usmyknutím části skalní stěny po planární predisponované ploše až na okraj strmého svahu, dokud pohyb pokračuje volným pádem.[2]

## 2.3 Monitoring

Při zvažování koncepce kontrolního sledování svahů se berou v úvahu všechny vlivy, které stabilitu svahu ovlivňují. Jsou to: tvar svahu, mechanické a strukturní vlastnosti přítomných hornin, poloha hladiny podzemní vody, vodní režim, především pórové a proudové tlaky a původní napjatost. Podstatná přitom je úvaha o časovém vývoji všech těchto vlivů. Řada z nich bude významně záviset nejen na původních přírodních podmínkách, ale i na postupu stavby, například zářezu, odřezu, postupu povrchového lomu atp.

Před návrhem systému kontrolního sledování se na základě této představy stanovuje hypotéza přetváření svahu, a to včetně jeho fyzikálních příčin.

Spolu s hypotézou přetváření, s přihlédnutím k tomu, zda se jedná o sesuv svahu v přírodních podmínkách nebo o zářez či násyp, který je součástí inženýrského díla, se pak vypracují jasné cíle kontrolování sledování.

K zjištění prvotních znaků svahových pohybů při předběžném průzkumu rizik se zahajuje vizuální výzkum v terénu. Při prohlídce se stanoví rozsah dokumentovaného území, sledují se všechny deformace potenciálně indikující sesuvné aktivity – uklánění stromů, podmáčené oblasti a hustota vody v zemině, rozdílný ráz vegetace v krajině, poklesy a trhliny.

Na již výrazněji porušených svazích pozorujeme velikost porušení, směr sesuvu a případné rizika dalšího sesouvání.

K hlubinnému monitoringu patří extenzometrická a inklinometrická měření což nám umožňuje monitorovat jak přírodní svahy tak také vysoké násypy.

### 3. Kinematika pohybu stromu na svahu

Vývoj růstu kmene stromu na svahu je ovlivněn charakterem a intenzitou pohybu svahových hmot.

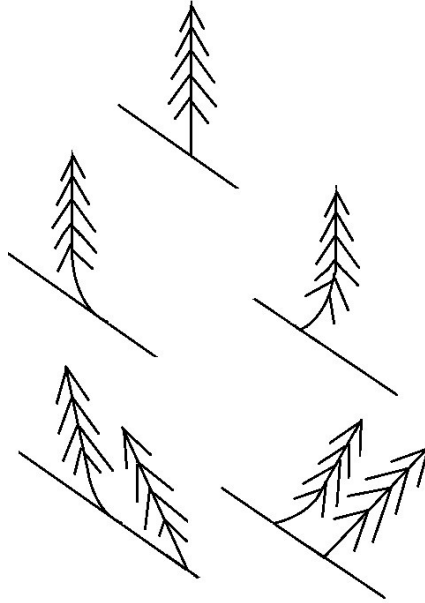
Celý strom lze přirovnat ke konstrukci složené ze dvou částí. Podzemní – kořenový systém, se kterým manipuluje svahová hmota a nadzemní část - kmen a větvová ovlivňován větrem a ostatní vegetací. Napojení kmene na kořenový systém má tuhou vazbu, přes kterou se přenáší veškeré formy pohybu kořenové části, tj. její posun a rotace, na nadzemní části stromu.

Zakřivení kmene stromu je způsobeno snahou vrcholové růstové části kmene stromu udržet vertikální směr a zakřivením kmene vyrovnávat pohyb kořenové části stromu, která je unášena svahovou hmotou (obrázek 2.4).

Zakřivení kmene stromu lze proto považovat za průběžnou formu záznamu pohybu svahu, na které je zachyceno období odpovídající stáří stromu.

Zakřivení a směr orientace vrcholové části kmene stromu indikují charakter a intenzitu pohybu svahové hmoty a zjednodušeně lze vymezit základní formy (obrázek 2.1).

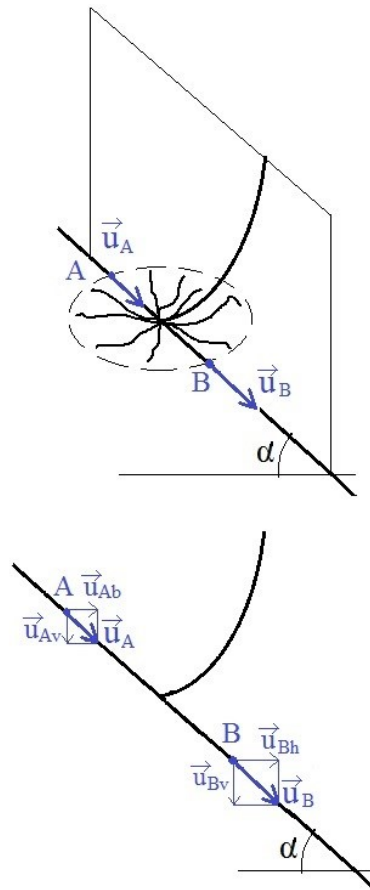
- růstová vrcholová část kmene udržuje vertikální směr, zakřivení kmene pouze ve střední a spodní části - latentní pohyb svahových hmot;
- zakřivený kmen a zjevný odklon od vertikálního směru vrcholové části kmene - aktivní pohyb svahových hmot (sesuv)
- vývrat celého stromu – neúnosná zemina nebo porušením kořenové soustavy



Obrázek 3.1 Základní formy zakřivení a orientace kmene

Nadměrné naklonění stromu nezpůsobuje jen gravitační pohyb svahové hmoty, který jen inicializačním mechanismem naklánění, ale její deformace od ohybového momentu nadzemní části stromu, jež kořenový systém přenáší na prostředí. Dojde-li k vyčerpání smykové pevnosti prostředí, nastává vyvrácení celého stromu či úplné vytržení kořenového systému. Z této situace se již nedá odvodit rychlost pohybu, neboť hlavní příčinou naklánění stromu již není gravitační pohyb svahových hmot, nýbrž přetváření svahových hmot zapříčiněné zatížením způsobeným konstrukcí stromu.

Forma zakřivení kmene stromu a jeho samotná křivost závisí na charakteru a rozsahu svahového pohybu, který unáší kořenovou soustavu stromu. Pohyb svahové hmoty, ve které se rozvíjí kořenová soustava stromu lze popsat dvěma vektory  $\vec{u}_A$  a  $\vec{u}_B$ , které zachycují pohyb svahu ve dvou bodech  $A$  a  $B$ . Oba body leží na průsečnici vertikální roviny, která je proložena osou křivky kmene s rovinou svahu v místech, kde lze očekávat vnější hranici kořenové soustavy (viz. obrázek 2.2). Vektory lze dále rozložit na horizontální a vertikální složku  $\vec{u}_A$  ( $\vec{u}_{Ah}$ ,  $\vec{u}_{Av}$ ),  $\vec{u}_B$  ( $\vec{u}_{Bh}$ ,  $\vec{u}_{Bv}$ ) a pro oba směry vypočítat jejich rozdíl – diference ( $d_{uh} = \vec{u}_{Ah} - \vec{u}_{Bh}$ ;  $d_{uv} = \vec{u}_{Av} - \vec{u}_{Bv}$ ).



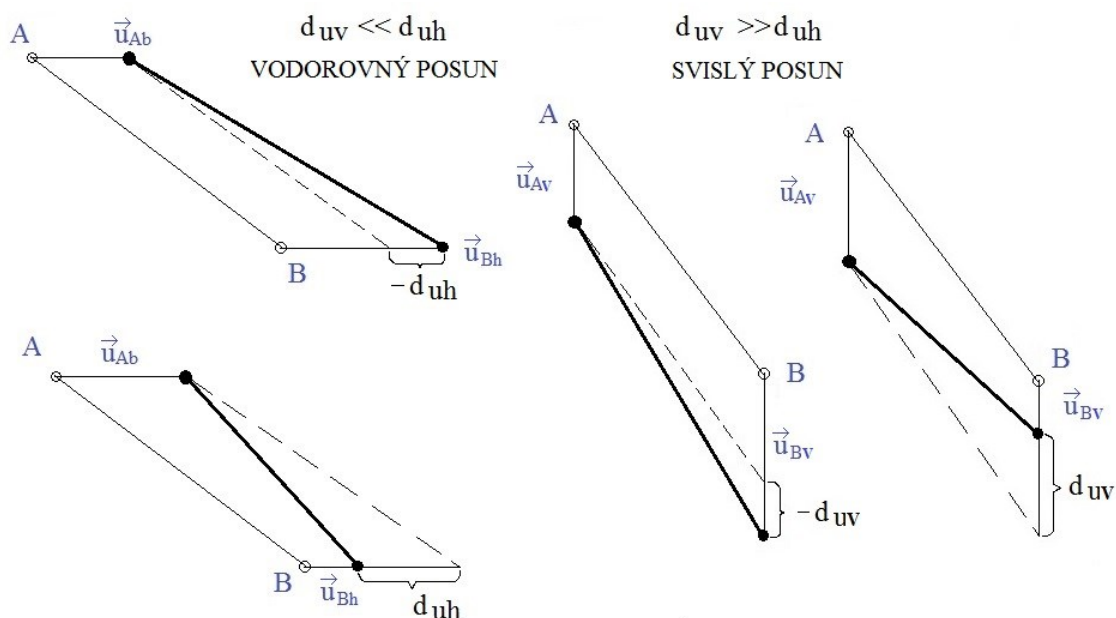
Obrázek 3.2 Vektorové schéma pohybu kořenového systému

Zakřivení kmene stromu vzniká z postupné změny náklonu svahu v oblasti kořenové soustavy stromu, který je způsoben diferencemi v posunech mezi body svahu **A** a **B**. Diference posunů mezi body **A** a **B**  $\mathbf{d}_u(\mathbf{d}_{uh}, \mathbf{d}_{uv})$ ,  $\mathbf{d}_{uh} = \vec{u}_{Ah} - \vec{u}_{Bh}$ ;  $\mathbf{d}_{uv} = \vec{u}_{Av} - \vec{u}_{Bv}$  generují změny délky  $\Delta s_{AB}$  a úklonu svahu  $\Delta \alpha_{AB}$  úseku mezi body **A** a **B**.

Pohyb svahové hmoty, respektive kořenové soustavy, sestává z translace (posunu), daného změnou délky  $\Delta s_{AB}$  a rotace (pootočení), dané změnou úklonu  $\Delta \alpha_{AB}$ .

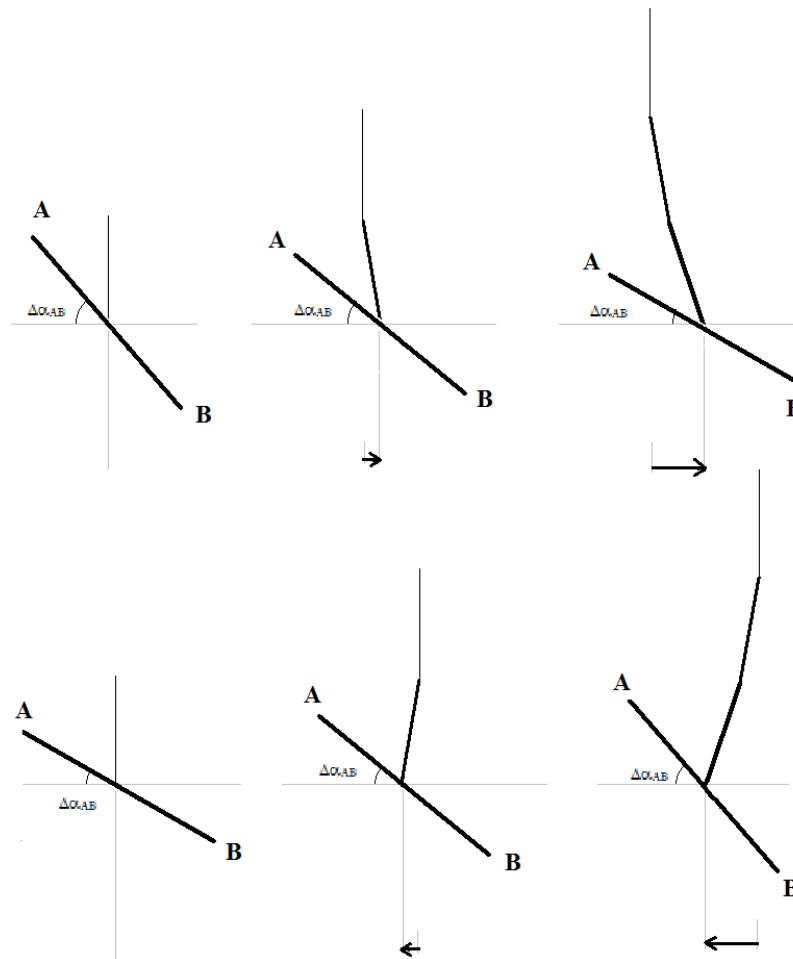
Budeme-li předpokládat, že hodnota difference ve vertikálním směru bude významně nižší, než je hodnota difference v horizontálním směru ( $d_{uv} \ll d_{uh}$ ), pak mohou nastat dvě situace vývoje náklonu svahu v oblasti kořenové soustavy ve vodorovném směru, dvě ve směru svislém a další kombinace obou těchto směrů a situací. Je-li hodnota horizontální difference záporná, pak se vzdálenost mezi body **A** a **B** prodlužuje a úklon svahu se zmenšuje (obrázek 2.3).

V opačném případě, když je hodnota horizontální diference kladná, se vzdálenost mezi body **A** a **B** zkracuje a úklon svahu zvyšuje (obrázek 2.3).



Obrázek 3.3 Změny délky úseků mezi body A a B

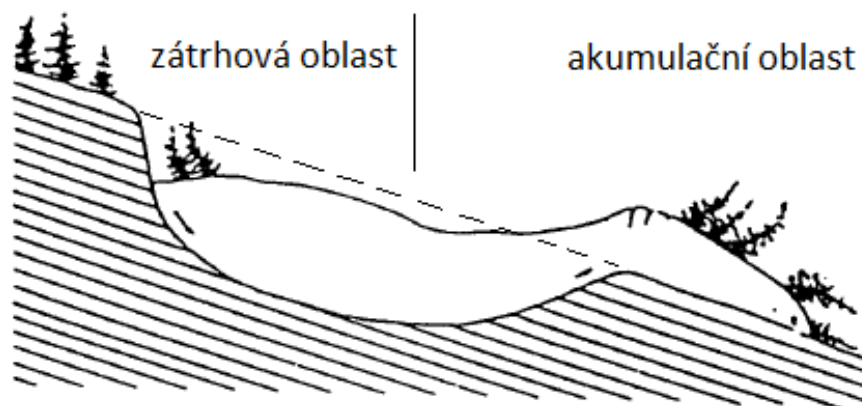
Schéma na obrázku 2.4 uvádí rozfázování vývoje zakřivování kmene během změny úklonu kořenové soustavy pro situace v zátrhové i akumulční zóně. Zakřivení kmene stromu vzniká z postupné změny náklonu svahu ( $\Delta\alpha_{AB}$ ) v oblasti kořenové soustavy stromu mezi body svahu **A** a **B**. Obrázek 2.4 obsahuje dvě postupná schémata fází vývoje zakřivování kmene během změny úklonu kořenové soustavy.



Obrázek 3.4 Rozfázování vývoje zakřivování kmene během změny úklonu kořenové soustavy

Z hlediska vývoje pohybových parametrů kořenové soustavy lze rozlišit svahové pohyby do dvou typů, které určují charakter zakřivení kmene a současně vymezují základní části sesuvu (obrázek 2.5). Změna délky úseku mezi body **A** a **B**  $\Delta s_{AB}$ , její zkracování, nebo prodlužování rozhoduje o orientaci zakřivení osy kmene a dále indikuje způsob namáhání materiálu v příslušné oblasti buď tahem (zátrh), nebo tlakem (akumulaci).

- pohyby na zátrhové části – strom se naklání směrem do svahu
- pohyby na akumulární části – strom se naklání směrem od svahu



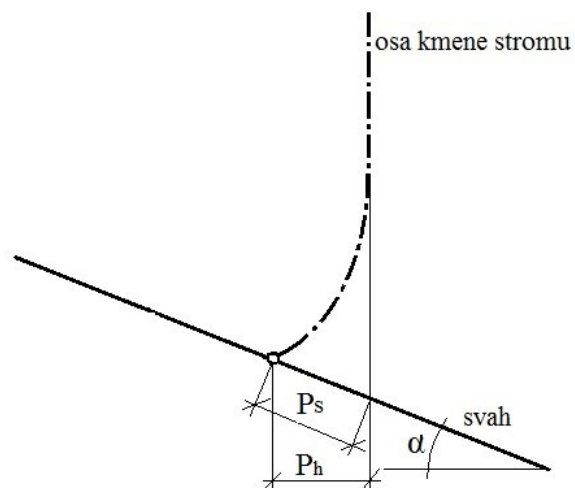
Obrázek 3.5 Schéma vlivu sesuvu na křivost stromů[1]

Pokud budou obě diference nulové ( $d_{uh}=0$ ;  $d_{uv}=0$ ), pak nebude docházet k zakřivování kmene a kořenová soustava bude unášena pohybující se hmotou svahu. Tento stav nastává v transportní části sesuvu v případě blokového sesuvu. V transportní části sesuvu většinou nacházíme veškeré stromy nepravidelně vyvráceny z důvodu poškození kořenové soustavy.

Metoda stanovení pohybu svahu spočívá na následujících předpokladech:

- latentní pohyb, velmi nízká rychlost pohybu svahových hmot;
- vrcholová růstová část stromu během latentního pohybu vyrovnává náklon kořenové soustavy a zachovává vertikální směr růstu;
- délka vertikálního průmětu osy zakřivení kmene stromu do horizontální roviny, nebo do roviny svahu reprezentuje hodnotu posuvu svahové hmoty (obrázek 2.6);
- vývoj křivky stromu bude určován pouze latentními pohyby sesouvání svahu. Ostatní okolnosti, například povětrnostní vlivy, lokální umístění stromu v blízkosti jiných objektů (zastínění a podobně) se na vývoji nebudou uplatňovat;
- deformace svahové hmoty od zatížení ohybovým momentem nadzemní části stromu přenášené kořenovým systémem do prostředí je zanedbatelná vzhledem ke gravitačnímu pohybu;
- známá hodnota stáří stromu;
- ostatní okolnosti jako například povětrnostní vlivy, orientace svahu vzhledem ke světovým stranám, vegetační okolnosti podmiňující růst (zdroj vody, živin, apod.), umístění stromu v blízkosti objektů (např. zastínění) se předpokládají za druhořadé.





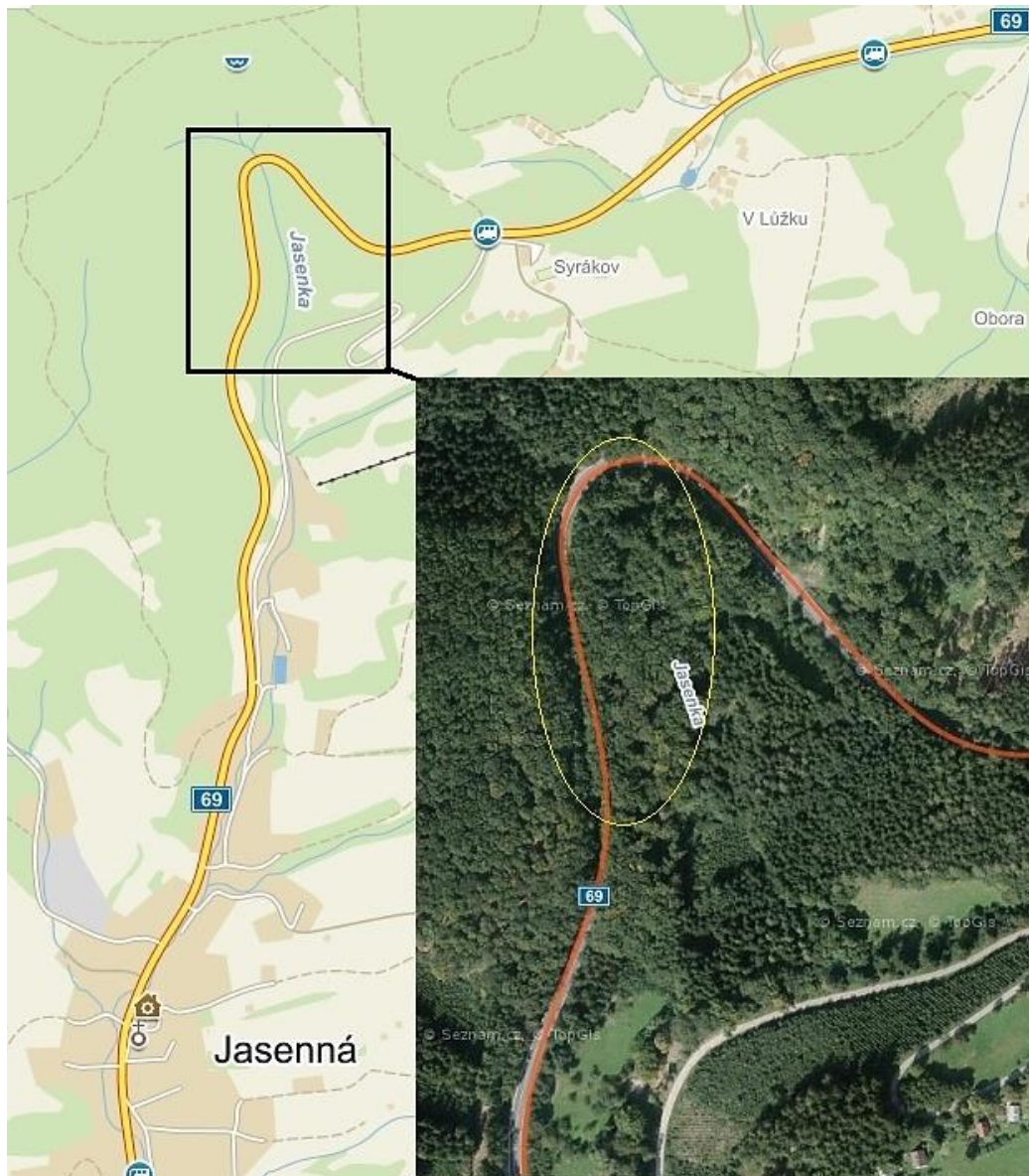
$P_h$  - délka průmětu osy kmene stromu do horizontální roviny  
 $P_s$  - délka průmětu osy kmene stromu do roviny svahu

Obrázek 3.6 Schéma vertikálního průmětu osy zakřivení kmene stromu

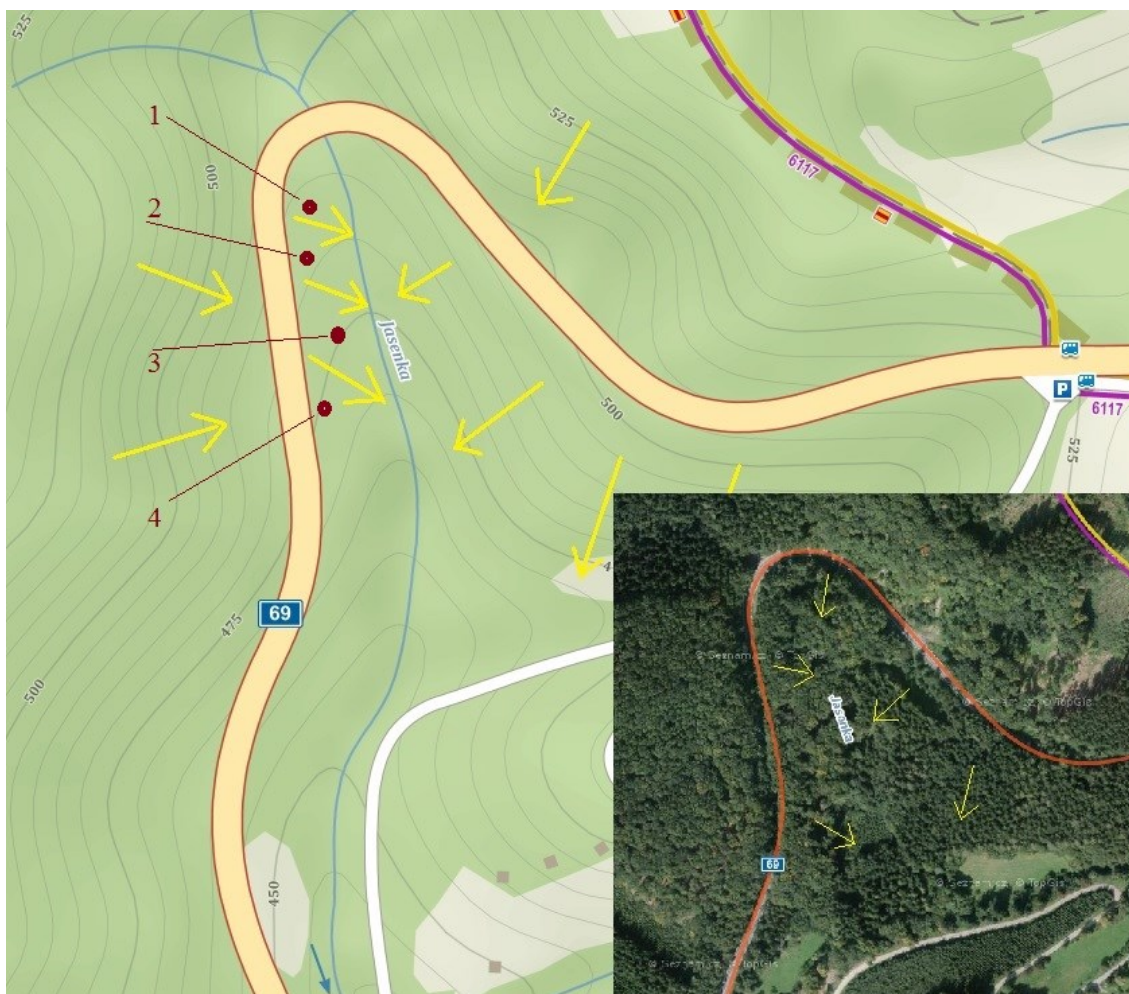
Při známém stáří stromu ( $S$ ) lze z délek vertikálního průmětu osy zakřivení kmene stromu ( $P_h$ ,  $P_s$ ) jednoduchým odvozením stanovit průměrnou rychlost posunu latentního pohybu svahu.

#### 4. Měření a záznam křivky kmene stromu

Pro odvození svahových pohybů z křivosti kmene stromu byla vybrána lokalita svahu se zakřivenými stromy na kopci Syrůkov. Kopec Syrůkov se nachází v katastru obce Jasenná ve Zlínském kraji. Lokalita svahu je pod úrovní silnice I. třídy číslo 69 (I/69) spojující okresní město Vsetín a město Vizovice a nad úrovní koryta potoka Jasenka, Jasenná.



Obrázek 4.1 Lokalita měření Syrůkov – Jasenná zaznačena na mapě a detail na leteckém snímku



Obrázek 4.2 Zaznačení předpokládaných a zjištěných směrů creepového pohybu na měřené lokalitě a v její blízkosti a zaznačení a očíslování měřených stromů

Tato lokalita byla z přibližně desítky lokalit vybrána jako nejvhodnější k měření jelikož, již z prvního ohledání svahu pouhou vizuální kontrolou vykazovala značně zakřivené kmeny stromů v počtu několika desítek kusů (obrázek 3.3). Dalším důvodem bylo, že se nachází v těsné blízkosti frekventované komunikace první třídy (obrázek 3.1 a 3.2). Komunikace obecně mohou být ohroženy latentními pohyby, dochází k porušení silničního tělesa a v tomto případě podélnému trhání asfaltové vozovky. Monitorováním okolních svahů lze předem varovat před možným vznikajícím problémem. Rozdílem od jiných lokalit je také dobrá přístupnost s potřebným nářadím pro měření a také světelné podmínky v lokalitě, tudíž i vhodnost k fotografování.



Obrázek 4.3 Lokalita se zakřivenými kmeny stromů kde proběhlo měření

Použité vybavení k měření:

- Zednická olovnice 240 g na bílém lněném provázku;
- Hřebíky;
- Kladívko;
- Vodováha 1 m;
- Dřevěné pravítko 1 m;
- Svinovací ocelový metr 3 m;
- Krejčovský metr 1,5 m;
- Ruční pilka na dřevo;
- Teleskopický žebřík 3 m;
- Papíry, tužka, podložka;
- Úhloměr na mobilním zařízení;
- Fotoaparát.

Po určení čtveřice vhodných stromů (obrázek 3.2) v lokalitě bylo na všech těchto stromech zaznačeno několik výškových úrovní po padesáti centimetrech. Tyto úrovně byly rozměřeny ocelovým svinovacím metrem, zaznačeny vodorovným výřezem ruční pilkou do kůry stromu. Hřebíkem zatlučeným do kůry kmene stromu v těchto úrovních byla vytvořena rovina s nejkratší vzdáleností k svislici. K vytvoření svislé tečny zakřivení byla použita zednická olovnice na výrazném bílém lněném provázku. Olovnice byla zavěšena na zatlučeném hřebíku ve kmene stromu, který byl v místě nejvyšší měřené úrovně, kde zakřivení končí a strom již roste svisle. Toto umístění bylo určeno vizuálním pohledem. Provázek tedy vytvořil svislou tečnu zakřivení kmene (obrázek 3.4 a 3.8). Dále byla použita hliníková vodováha k dosažení vodorovné roviny měřených vzdáleností tečny (provázku), od povrchu kmene (hřebíku). Toto měření vzdálenosti je na obrázku 3.5 a 3.9. Byla měřena a zapisována vzdálenost provázku olovnice ve vyměřených výškových úrovních po celé délce zakřivení. K měření obvodu stromu v každé úrovni byl použit krejčovský metr (obrázek 3.6). Měření úklonu svahu u paty stromu proběhlo kalibrovanou aplikací úhloměru v mobilním telefonu (obrázek 3.7). Veškeré měření zaznamenáváno fotodokumentací. Následné výsledky měření byly zpracovány do tabulek jednotlivých stromů a dále vypočítávány a odvozovány další potřebné hodnoty.

Hledání a vytipování dané lokality probíhalo asi tři měsíce po zadání bakalářských prací. V tuto dobu vzniklo několik fotoalb potenciálních lokalit, z těchto fotodokumentací byl vytřízen užší výběr lokalit. Začátkem března proběhlo opětovné navštívení tohoto výběru a byla vybrána nejvhodnější lokalita k měření a čtyři nejvhodnější stromy. Stromy byly záměrně vybrány dva mohutnější a dva tenčí k objektivnosti měření. V tento den proběhlo i samotné jednodenní měření. Počasí: Oblačno až zataženo s teplotami kolem 8°C. Dlouhodobější období bez srážek umožnilo ideální podmínky pro měření v lesním terénu.



Obrázek 4.4 Svislá tečna vytvořena olovnicí



Obrázek 4.5 Odměření vzdálenosti tečny od kmene pravítkem s vodováhou



Obrázek 4.6 Měření obvodu kmene pomocí krejčovského metru



Obrázek 4.7 Měření sklonu svahu u paty stromu pomocí úhloměru a vodováhy



Obrázek 4.8 Uchycování olovnice na kmeni stromu



Obrázek 4.9 Měření vzdálenosti svislice od kmene



## 5. Odvození průběhu a velikosti svahového pohybu z křivky kmene stromu

Směr latentního creepového pohybu předpokládáme ve směru zakřivení, resp. ve směru největšího sklonu svahu. Malé odchylky zakřivení od největšího svahu můžeme zanedbat. Stromy jsou zde v lesním porostu v údolí, tudíž nejsou významně namáhány silným větrem a stojí v dostatečné vzdálenosti od ostatních stromů, aby byl růst jimi ovlivněn. Svah nevykazoval žádné viditelné poškození aktivním ani jiným sesuvem tudíž porušení kořenového systému nepředpokládáme.

Všechny čtyři vybrané stromy jsou buky lesní. Určení stáří stromu proběhlo výpočtem z obvodu kmene dle přibližného empirického vzorce pro buk v klimatickém pásmu střední Evropy. Využití tohoto vzorce bylo z důvodu neúplnosti výsadbových lesnických map této lokality a nedostupnosti Presslerova nebozezu.

$$S (\text{roky}) = \frac{O (\text{mm})}{16} - 2,5 \quad [7]$$

S – stáří stromu (roky)

O – obvod kmene měřený ve výšce 1,3m nad zemí nebo výše dle poškození či zakřivení (mm)

Je třeba zdůraznit, že stanovení věku stromu tímto způsobem je ve vztahu k přímému počítání letokruhů méně přesné avšak nedojde k jakémukoli poškození stromu či jeho pokácení. Přesnější metoda je pomocí počítání letokruhů na pokáceném kmenu nebo pomocí Presslerova nebozezu, kdy se strom poruší k odebrání vzorku vývrtem o průměru 5-8 mm dle tloušťky stromu.

Odvození svahového pohybu je z podílu největší vodorovné osově vzdálenosti zakřivení kmene od osově tečny a stáří stromu. Vodorovná vzdálenost je brána od osy kmene k svislici z osy stromu v místech tečny zakřivení.

Tabulka 1 – 1. strom BUK LESNÍ

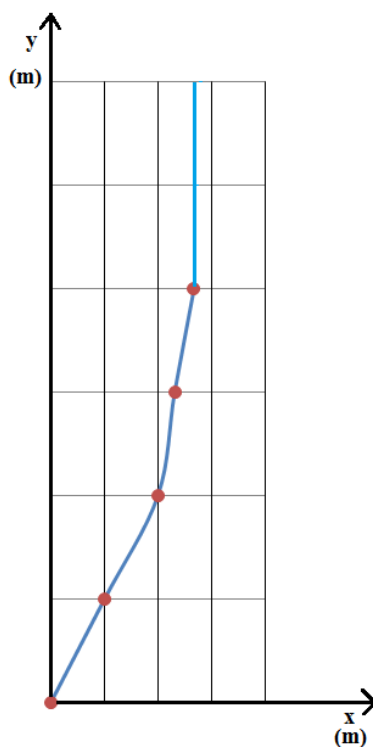
**1. Strom (BUK)**

Měřené hodnoty (m)			Vypočtené hodnoty				
Výška od země	Vzdálenost svislice od povrchu kmene	Obvod kmene	Průměr kmene (m)	Stáří stromu dle průměru kmene (roky)	Poloměr kmene (m)	Vzdálenost osové svislice od osy kmene (m)	Podíl půdorysné šířky zakřivení a stáří stromu (mm)
0	0,41	1,31	0,417		0,208	0,469	469/56,25=
0,5	0,29	1,1	0,350		0,175	0,315	
1	0,16	0,96	0,306		0,153	0,163	
1,5	0,08	0,94	0,299		0,150	0,080	
2	<b>0</b>	<b>0,94</b>	<b>0,299</b>	<b>56,25</b>	<b>0,150</b>	<b>0,000</b>	<b>8,34</b>

Lokalizace stromu dle souřadnic 49.2745728N, 17.8983333E.

Úklon terénu 20°.

Referenční výška k propočtu stáří 1,5 m nad zemí (doporučená 1,3 m). Z důvodu zakřivení brána až konstantní tloušťka kmene a to v 1,5 m nad zemí a výše.



Obrázek 5.1 Graf naměřených hodnot STROM 1

Tabulka 2 – 2. strom BUK LESNÍ

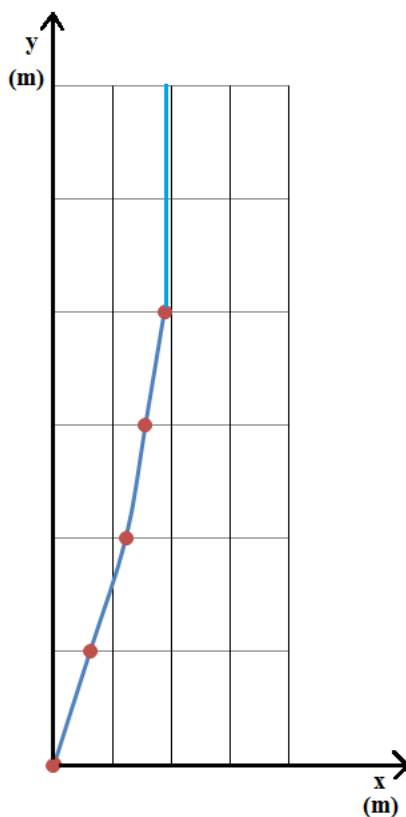
2. Strom (BUK)

Měřené hodnoty (m)			Vypočtené hodnoty				
Výška od země	Vzdálenost svislice od povrchu kmene	Obvod kmene	Průměr kmene (m)	Stáří stromu dle průměru kmene (roky)	Poloměr kmene (m)	Vzdálenost osové svislice od osy kmene (m)	Podíl půdorysné šířky zakřivení a stáří stromu (mm)
0	0,26	0,78	0,248		0,124	0,295	295/32,50=
0,5	0,11	0,62	0,197		0,099	0,120	
1	0,02	0,58	0,185		0,092	0,023	
<b>1,5</b>	<b>0</b>	<b>0,56</b>	<b>0,178</b>	<b>32,50</b>	0,089	0,000	<b>9,08</b>

Lokalizace stromu dle souřadnic 49.2743558N, 17.8982797E.

Úklon terénu 21°.

Referenční výška k propočtu stáří 1,5 m nad zemí (doporučená 1,3 m). Z důvodu zakřivení brána až konstantní tloušťka kmene a to v 1,5 m nad zemí a výše.



Obrázek 5.2 Graf naměřených hodnot STROM 2

Tabulka 3 – 3. strom BUK LESNÍ

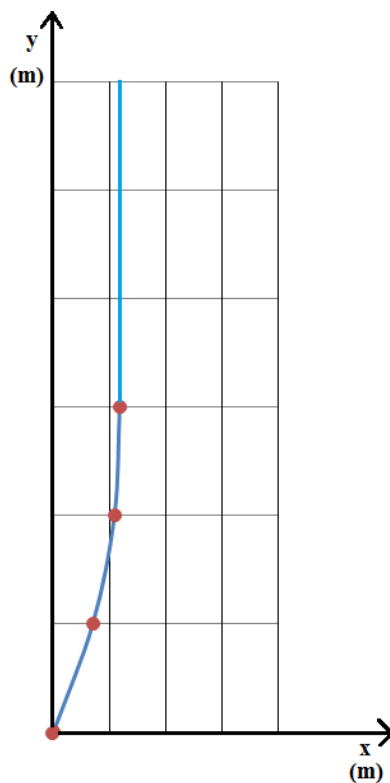
### 3. Strom (BUK)

Měřené hodnoty (m)			Vypočtené hodnoty				
Výška od země	Vzdálenost svislice od povrchu kmene	Obvod kmene	Průměr kmene (m)	Stáří stromu dle průměru kmene (roky)	Poloměr kmene (m)	Vzdálenost osově svislice od osy kmene (m)	Podíl půdorysné šířky zakřivení a stáří stromu (mm)
0	0,3	0,78	0,248		0,124	0,327	327/35,63=
0,5	0,12	0,67	0,213		0,107	0,130	
1	0,03	0,61	0,194		0,097	0,030	
<b>1,5</b>	<b>0</b>	<b>0,61</b>	<b>0,194</b>	<b>35,63</b>	<b>0,097</b>	<b>0,000</b>	<b>9,18</b>

Lokalizace stromu dle souřadnic 49.2741422N, 17.8983817E.

Úklon terénu 21°.

Referenční výška k propočtu stáří 1,5 m nad zemí (doporučená 1,3 m). Z důvodu zakřivení brána až konstantní tloušťka kmene a to v 1,0 m nad zemí a výše.



Obrázek 5.3 Graf naměřených hodnot STROM 3

Tabulka 4 – 4. strom BUK LESNÍ

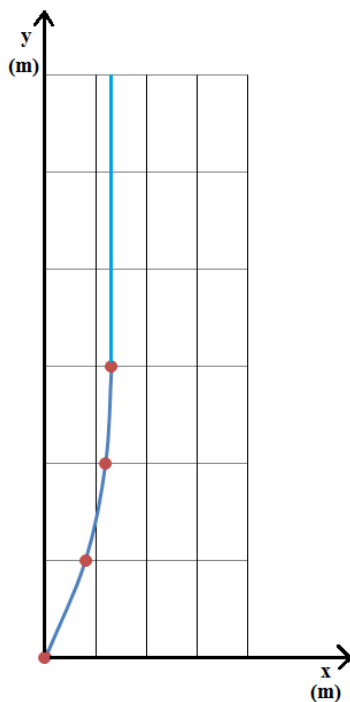
#### 4. Strom (BUK)

Měřené hodnoty (m)			Vypočtené hodnoty				
Výška od země	Vzdálenost svislice od povrchu kmene	Obvod kmene	Průměr kmene (m)	Stáří stromu dle průměru kmene (roky)	Poloměr kmene (m)	Vzdálenost osové svislice od osy kmene (m)	Podíl půdorysné šířky zakřivení a stáří stromu (mm)
0	0,65	1,27	0,404		0,202	0,720	720/49,38=
0,5	0,44	1,02	0,325		0,162	0,470	
1	0,21	0,9	0,286		0,143	0,221	
1,5	0,14	0,85	0,271		0,135	0,143	
2	0,05	0,85	0,271		0,135	0,053	
<b>2,5</b>	<b>0</b>	<b>0,83</b>	<b>0,264</b>	<b>49,38</b>	<b>0,132</b>	<b>0,000</b>	<b>14,58</b>

Lokalizace stromu dle souřadnic 49.2740372N, 17.8983547E.

Úklon terénu 20°.

Referenční výška k propočtu stáří 2,5m nad zemí (doporučená 1,3 m). Z důvodu zakřivení brána až konstantní tloušťka kmene a to v 2,5 m nad zemí a výše.



Obrázek 5.4 Graf naměřených hodnot STROM 4

## 6. Závěr

Má bakalářská práce popisuje klasifikaci a kategorie svahových pohybů. Jako hlavní náplní jsem se zabýval novým jednoduchým, zatím nikým nepublikovaným způsobem odvození rychlosti latentního (creepového) pohybu z vegetačního pokryvu, přesněji z křivky kmene stromu. Metoda, byla jednoduše odvozena z velikosti horizontální křivosti osy kmene stromu, tedy ze vzdálenosti osy kmene stromu a svislé tečny vedoucí z jeho osy v nejvyšším bodě zakřivení kmene stromu. Stáří stromu je zjištěno výpočtem dle vzorce z obvodu kmene. Rychlost posunu svahu je spočítána podílem velikosti horizontální křivosti a stářím stromu.

Byla vybrána jedna z cca. deseti vytipovaných lokalit především na Vsetínsku a Zlínsku, která byla k měření nejvhodnější. Proběhlo získání dat zaměřením čtyř stromů buku lesního v jedné lokalitě zřetelně postižené latentními pohyby. Tyto měřené stromy jsou rozmístěny v délce dvaceti metrů přibližně po vrstevnici svahu. Podíl půdorysných šířek křivky kmene stromu a stáří stromů se pohybuje na těchto čtyřech příkladech stromů od 8,34 mm do 14,58 mm. Předpokládáme, že tyto hodnoty představují průměrnou rychlost latentního creepového pohybu v této lokalitě v jednotkách milimetr za rok. V blízkosti jednotlivých měřených stromů v hodnotách 8,34 mm/rok, 9,08 mm/rok, 9,18 mm/rok a 14,58 mm/rok. Lokalita se nachází pod úrovní vytižené komunikace první třídy, z tohoto důvodu se dá předpokládat, že může být svah ovlivněn také přetížením od dopravy. Doprava může značný mít vliv na případné zvětšování rychlosti tohoto pohybu až do doby, kdy bude pohyb tak významný a dojde k poškození konstrukce komunikace.

Tuto navrženou metodu lze využít k monitorování plánování umístění liniových staveb inženýrských sítí, vysokých násypů, zářezů apod. Metoda lze dále rozšířit dlouhodobějším zkoumáním průběhu růstu stromů, nepřetržitým měřením na větším množství stromů ve více lokalitách a přesnějším odvozením stáří stromu, například využitím Presslerova nebozezu. Tato metoda lze využít jako předběžný průzkum lokality před navržením jiného dokonalejšího a přesnějšího dlouhodobého monitorovacího zařízení.

### **Poděkování**

Rád bych poděkoval všem, kteří mě podporovali při studiu a tvorbě bakalářské práce. Zejména děkuji rodině a přátelům za psychickou podporu, doc. Ing. Karlovi Vojtasíkovi, CSc. za vedení, konzultace a cenné rady při psaní práce.

## Seznam použité literatury

1. ZÁRUBA, Quido a Vojtěch MENCL. *Inženýrská geologie*. 2. dopl. vyd. Praha: Academia, 1974.
2. HULLA, J., TURČEK, P., BALIAK, F., KLEPSATEL, F. *Předpoklady a skutečnost v geotechnickom inžinierstve*. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, 2002. ISBN 8088905427.
3. ROZSYPAL, Alexandr. *Kontrolní sledování a rizika v geotechnice*. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, 2001. ISBN 80-88905-44-3.
4. Základní pojmy a klasifikace. P. Kycl (2009) podle publikace: Nemčok, A. – Pašek, J. – Rybář, J. (1974): *Dělení svahových pohybů*. *Sborník Geol. věd., č. 11, s. 77-97*. Praha. [online]. 2007-2012 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/svahovenestability/pojmy>
5. SMOLOVÁ *Svahové pochody – prezentace*. [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://geography.upol.cz/soubory/lide/smolova/GMFO/Svahove%20procesy.pdf>
6. Svahové pohyby a jejich klasifikace. *Konarikova – svahové definice*. [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: [http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/konarikova04/pdf/svah\\_def.pdf](http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/konarikova04/pdf/svah_def.pdf)
7. Lesní hospodářství - Určování stáří stromu. [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: [http://www.velkykluk.cz/ruzne/urcovani\\_stari\\_stromu/index.htm](http://www.velkykluk.cz/ruzne/urcovani_stari_stromu/index.htm)
8. ŠILHÁN, K., PÁNEK, T. *Debris flows in the culmination part of the Czech Flysh Carpathians. book of abstracts*. Pécs: University of Pécs, 2007. s. 64-64. [2007-10-24-2007-28-10]. ISBN 978-963-9632-13-4
9. ŠILHÁN, K.. *Can tree tilting indicate mechanisms of slope movement?*. [online]. 11.11.2015 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795215300909>
10. Landslides. *Natural causes of landslides*. [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.odpm.gov.tt/node/17>



## Seznam tabulek

Tabulka 1 – 1. strom BUK LESNÍ.....	34
Tabulka 2 – 2. strom BUK LESNÍ.....	35
Tabulka 3 – 3. strom BUK LESNÍ.....	36
Tabulka 4 – 4. strom BUK LESNÍ.....	37

## Seznam obrázků

Obrázek 3.1 Základní formy zakřivení a orientace kmene .....	20
Obrázek 3.2 Vektorové schéma pohybu kořenového systému .....	21
Obrázek 3.3 Změny délky úseků mezi body A a B.....	22
Obrázek 3.4 Rozfázování vývoje zakřívování kmene během změny úklonu kořenové soustavy .....	23
Obrázek 3.5 Schéma vlivu sesuvu na křivost stromů[1].....	24
Obrázek 3.6 Schéma vertikálního průmětu osy zakřivení kmene stromu.....	25
Obrázek 4.1 Lokalita měření Syrákov – Jasenná zaznačena na mapě a detail na leteckém snímku .....	26
Obrázek 4.2 Zaznačení předpokládaných a zjištěných směrů creepového pohybu na měřené lokalitě a v její blízkosti a zaznačení a očíslování měřených stromů.....	27
Obrázek 4.3 Lokalita se zakřivenými kmeny stromů kde proběhlo měření.....	28
Obrázek 4.4 Svislá tečna vytvořena olovnicí .....	30
Obrázek 4.5 Odměření vzdálenosti tečny od kmene pravítkem s vodováhou .....	30
Obrázek 4.6 Měření obvodu kmene pomocí krejčovského metru .....	31
Obrázek 4.7 Měření sklonu svahu u paty stromu pomocí úhloměru a vodováhy .....	31
Obrázek 4.8 Uchycování olovnice na kmeni stromu .....	32
Obrázek 4.9 Měření vzdálenosti svislice od kmene.....	32
Obrázek 5.1 Graf naměřených hodnot STROM 1.....	34
Obrázek 5.2 Graf naměřených hodnot STROM 2.....	35
Obrázek 5.3 Graf naměřených hodnot STROM 3.....	36
Obrázek 5.4 Graf naměřených hodnot STROM 4.....	37