

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav lesnické botaniky, dendrologie a geobiocenologie



**Úspěšnost výsadeb druhu *Acacia saligna* v závislosti na
technických protierozních opatřeních realizovaných v
jižní Etiopii**

Bakalářská práce

2016/2017

Kryštof Klimpar

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Úspěšnost výsadby druhu Acacia saligna v závislosti na technických protierozních opatřeních realizovaných v jižní Etiopii vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne 8. 5. 2017

Poděkování

Chtěl bych touto cestou poděkovat za odborné vedení a rady při zpracování této bakalářské práce vedoucímu Ing. Petru Němcovi, Ph.D. a konzultantovi Shiferawu Alem Munie Ph.D. Mé poděkování patří taktéž kolegovi Petru Zobaníkovi a pánům Tesfaye Hankamo a Iyasu Esheru za pomoc při terénním sběru dat. V neposlední řadě děkuji celé své rodině za jejich nesmírnou podporu při studiu.

Autor: Kryštof Klimpar

Bakalářská práce: Úspěšnost výsadeb druhu *Acacia saligna* v závislosti na technických protierozních opatřeních realizovaných v jižní Etiopii

Bachelor thesis: The success of planting species *Acacia saligna* depending on the technical erosion control measures implemented in southern Ethiopia

Abstrakt: Cílem práce je zhodnotit úspěšnost výsadeb australské dřeviny *Acacia saligna* v závislosti na protierozních opatřeních takzvaných *improved pits*. Výsadby a protierozní opatření byly realizovány v rámci předchozích projektů. Na základě stanovené metodiky byl proveden terénní sběr dat, který probíhal v únoru 2017. Sesbíraná data byla vyhodnocena statistickými metodami vhodnými pro zjištění závislostí. Podle těchto analýz byly vytvořeny grafy jednotlivých závislostí, které sloužily pro porovnání stavů dvou různě starých výsadeb. V rešeršní části práce jsou shromážděny informace o místě výzkumu, problematice eroze a druhu *Acacia saligna*.

Klíčová slova: *Acacia saligna*, Umbullo Kejima, Etiopie, Mendelova univerzita v Brně, protierozních opatření, úspěšnost výsadeb

Abstract: The aim of the thesis is to evaluate the success of planting Australian tree *Acacia saligna* depending on the anti-erosion measures so-called improved pits. Planting and counter erosion measures were implemented under previous projects. On basis of established methodology, field data collection was carried out in February 2017. Collected data were evaluated by statistical methods suitable for the detection of dependencies. On the basis of these analyzes, graphs of individual dependencies were created, which were used to compare states of two plantations of different age. In the search part of the thesis are collected information about the place of research, the issue of erosion and the species *Acacia saligna* itself.

Key words: *Acacia saligna*, Umbullo Kejima, Ethiopia, Mendel University in Brno, erosion control measures, the success of plantings.

OBSAH

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE	7
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	8
2.1. Etiopie	8
2.1.1. Základní údaje a historie území	8
2.1.2. Přírodní podmínky	9
2.1.3. Půdy	10
2.1.4. SNNPR.....	10
2.1.5. Awassa Zuriya Woreda.....	11
2.2. Problematika eroze.....	13
2.2.1. Zemědělství.....	14
2.2.2. Studie řešící problematiku eroze v Etiopii.....	14
2.2.3. Biotechnická protierozní opatření.....	16
2.2.4. Doporučená lesnická protioopatření	19
2.3. Charakteristika <i>Acacia saligna</i>	20
3. METODIKA	24
3.1. Popis terénních prací	24
3.2. Zpracování dat.....	26
4. VÝSLEDKY	27
4.1. Výsadby 2014.....	27
4.2. Výsadby 2015.....	31
5. DISKUZE	35
6. ZÁVĚR	40
7. CONCLUSION.....	41
8. POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA	42
8.1. Publikace	42
8.2. Internetové zdroje.....	44
9. PŘÍLOHY	45

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE

Suché oblasti po celém světě čelí mnoha výzvám a musí se vypořádat s dramatickým úbytkem půdy, biodiversity a vody v krajině. (REYNOLDS *et al.*, 2007) S postupující urbanizací roste vliv člověka na krajinu, která je často kvůli přelidnění nevhodně a nadměrně využívána. Poslední fází takové devastace životního prostředí je degradace půd. Za degradovanou půdu považujeme takovou půdu, která přišla o většinu organominerálních látek, ztratila svou retenční schopnost a je silně ohrožena erozí. Na zkoumaném území kolem jezera Awassa v Etiopii půdy trpí především erozí způsobenou vodou. Rychlým tempem zde vznikají erozní rýhy, často hluboké i jednotky až desítky metrů (KEYZER, SONNEVELD, 2001).

Pro eliminaci tohoto závažného problému je třeba vrátit do krajiny rostlinný kryt, který stabilizuje půdu a zabrání další erozi. Je třeba najít vhodné rostliny odolávající náročným stresovým podmínkám. Tyto pionýrské druhy potom umožní růst dřevinných společenstev. Jako jeden z vhodných kandidátů se jeví druh *Acacia saligna*.

Cílem této práce je zhodnocení úspěšnosti výsadeb z let 2014 a 2015 v závislosti na realizovaných protierozních opatřeních v okolí kebele Umbullo Kejima. Protierozní zasakovací příkopy mají vliv na udržení vody v krajině, která jinak prudké a krátké deště nezvládne pojmout. Míru vlivu bude možno zjistit z dat naměřených v terénu. Těchto získaných informací se využije při plánování následujících výsadeb. V rešeršní části budou shromážděny informace o druhu *Acacia saligna*, erozi a zájmové oblasti Awassa Zuryia Woreda.

2. LITERÁRNÍ REŠERŠE ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1. Etiopie

2.1.1. Základní údaje a historie území

Federativní demokratická republika Etiopie, jak zní úplný název státu, se rozkládá v severozápadní části afrického kontinentu tzv. rohu Afriky. Jejími sousedy jsou Eritrea a Džibutsko na severu, Somálsko na východě, Keňa na jihu a Súdán spolu s nejmladším státem světa Jižním Súdánem na západě. Hlavním městem je Addis Ababa, což v překladu znamená „nový květ“. Úředním jazykem je amharština, ale často je používána i angličtina z důvodu mnoha etnických jazyků. Na školách je také kromě výuky v amharštině i výuka v angličtině, konkrétně druhý stupeň základní školy. Etiopie je druhým nejlidnatějším státem Afriky a 14. ve světovém měřítku. Data z července 2016 uvádějí počet obyvatel 102 374 044 (CIA, 2017).

Etiopie je jednou z nejstarších zemí světa, její hranice se však často měnily stejně jako u jiných států. První zmínky pocházejí přibližně z roku 300 př. n. l., kdy se na severu současného státu rozprostírala Aksumská říše, kterou podle legend založil potomek krále Šalamouna a královny ze Sáby. Následující staletí zažívala Etiopie úpadek v důsledku ztráty obchodních kontaktů a islámské expanze (CRUMMEY, MEHRETU, MARCUS, 2017).

Významný obrat k lepšímu nastal roku 1896, kdy etiopská armáda porazila v bitvě u Adwa kolonialistickou Itálii. Následná expanze státu na jih a jihovýchod posílila státní finance a obranyschopnost. Další pokus učinila Itálie až v roce 1935, tentokrát již Etiopii porazila, ovšem jen do roku 1941. Během druhé světové války pomohli zemi osvobodit Britové. Poté Etiopie byla jednou z prvních nezávislých zemí, která se podílela na podpisu Charty Organizace spojených národů (OSN). To jí udalo značnou morální a materiální podporu dekolonizace Afriky a růstu Pan-africké spolupráce (CRUMMEY, MEHRETU, MARCUS, 2017).

V roce 1974 se státní zřízení změnilo z habešského císařství na republiku. Po odtržení Eritrei v roce 1993 ztratila definitivně přístup k moři. V letech 1998 až 2001 probíhala etiopsko-eritrejská válka, která obě země ekonomicky vysílila a uvrhla všechny dosavadní rozvojové projekty o několik let zpátky (CRUMMEY, MEHRETU, MARCUS, 2017).

2.1.2. Přírodní podmínky

Celé území Etiopie se nachází v tropickém podnebném pásu. Klima se zde dramaticky mění spolu s členitostí reliéfu. Nížiny zde mají klima typické pro savany a pouště, kdežto vyšší horské polohy připomínají spíše temperátní zónu. S tím je také spojena i průměrná roční teplota, která je v nižších polohách okolo 25 °C a ve vyšších polohách se pohybuje od 0 do 10 °C. Nejchladnějšími měsíci jsou prosinec a leden z důvodu umístění na severní polokouli. Zejména v horských oblastech může být nejchladnějším měsícem i červen, protože teplota je výrazně ovlivněna množstvím srážek (CRUMMEY, MEHRETU, MARCUS, 2017).

Průměrné roční srážky se v zemi mění podobně jako teplota. Obecně by se dalo říci, že se množství srážek lineárně snižuje od jihozápadu směrem na severovýchod až východ. Nejvyšší průměrné hodnoty srážek tedy nalezneme v západních horských oblastech. Zde se pohybují průměrné roční srážky okolo 2 000 mm ročně. V podobně vysokých horách na východě je to okolo 1 400 mm za rok. Celkový úhrn srážek pro Etiopii se nachází v rozmezí od 500 do 1 000 mm ročně. Nejsušší oblastí je pak Denakilská planina s průměrem okolo 500 mm za rok (CRUMMEY, MEHRETU, MARCUS, 2017).

Roční období se v Etiopii dají rozdělit na tři etapy. Od září do února je zde dlouhé období sucha zvané *bega*, kdy v zemi převažují teplé i studené větry ze severovýchodu (CRUMMEY, MEHRETU, MARCUS, 2017). Tyto suché masy vzduchu přicházejí ze saharských anticyklón a hřbetu vysokého tlaku táhnoucího se na Arabský poloostrov z velké tlakové výše nad centrální Asií. Někdy může stálý severovýchodní vítr přerušit stěhovavá tlaková níže původem ze Středomoří. Níže se přesune směrem na východ a interaguje s ekvatoriálním systémem, což má za následek deště v centrální části Etiopie. V období *bega* je však většina země suchá a výjimku tvoří pouze jih a jihovýchod kde probíhají druhé důležité sezónní deště (SELESHI, ZANKE, 2004).

Následuje krátké období deště od března do dubna, které se místně nazývá *belg* (CRUMMEY, MEHRETU, MARCUS, 2017). Je to období, kdy dominuje nad Arabským poloostrovem tlaková výše, která se přesouvá nad Arabské moře. Vzduch putuje směrem k cyklóně nad Jižním Súdánem a vane tak přes střední a jižní část Etiopie. Východní a jihovýchodní větry přinášejí velké množství srážek a zavlažují téměř celé území státu (SELESHI, ZANKE, 2004).

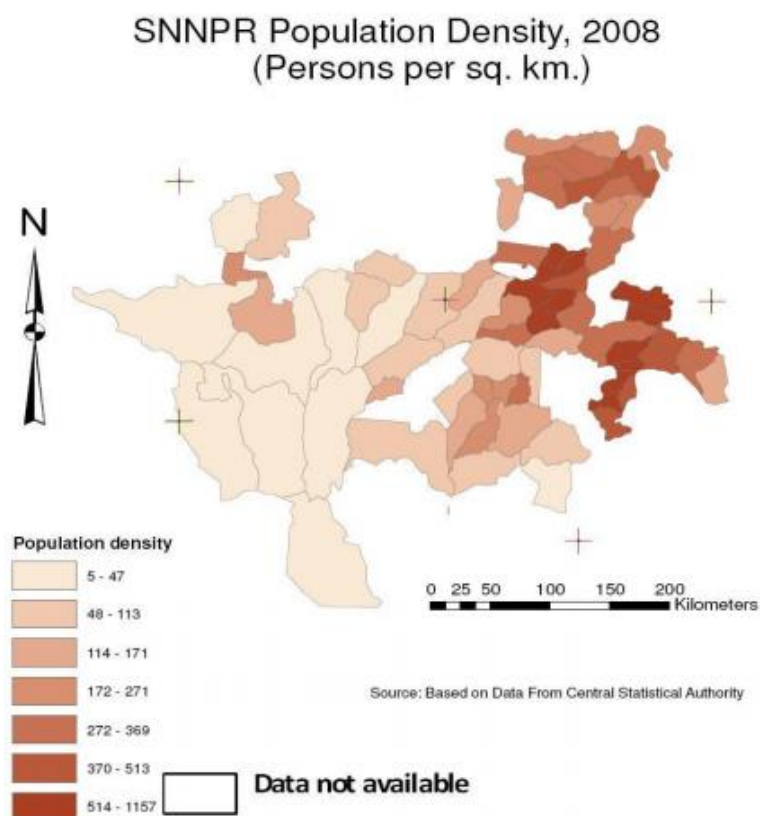
Následuje krátké měsíční horko a sucho, které předchází delší období dešťů od června do srpna, místním názvem *kremt* (CRUMMEY, MEHRETU, MARCUS, 2017). Během období *kremt* putuje mezitropické sbíhavé pásmo směrem na sever a způsobuje vydatné srážky na celém území Etiopie kromě jihu a jihovýchodu. Deště jsou také ovlivňovány různými tlakovými systémy ve velmi širokém okolí (SELESHI, ZANKE, 2004).

2.1.3. Půdy

Na území Etiopie můžeme vylíčit 5 základních typů půd. Prvním typem jsou andosoly vznikající z mladých vulkanických pyroklastik. Patří mezi půdy, které jsou při správném managementu vhodné pro zemědělství. Ty se vyskytují v horských oblastech na východě a západě Etiopie. Druhou významnou třídou jsou luvisoly nacházející se Simienské náhorní plošině v západních vysočinách. Jsou silně zvětralé a mají nízkou schopnost zadržovat živiny, jsou tedy náchylné na erozi. Třetí skupinou jsou vertisoly, které se vyskytují v nížinách a na úpatí hor na západě země. Tyto půdy jsou velmi dobře využitelné pro zemědělství a nachází se zde hlavní produkční oblasti kávy. Čtvrtou skupinou jsou xerosoly a jiné slané půdy vyskytující se v nejsušších východních částech Etiopie. Jedná se především o nížiny a Denakilskou planinu. Tyto půdy jsou nevhodné pro zemědělství, v přechodných oblastech se využívají především pro chov dobytka. Pátý půdní typ se nachází pouze na Denakilské plošině. Litosoly jsou kamenité půdy, které vylučují jakýkoliv způsob jejich kultivace, jsou tedy hospodářsky nevyužitelné (FAO, 1988), (CRUMMEY, MEHRETU, MARCUS, 2017), (NYSSSEN et al., 2015).

2.1.4. SNNPR

Southern Nations, Nationalities, and Peoples' Region je jeden z největších regionů Etiopie, přičemž zaujímá přibližně 10 % rozlohy země. K roku 2008 ho obývalo asi 16 000 000 obyvatel, což tvoří pětinu populace státu. Oblast je převážně osídlena lidmi žijícími na vesnicích. Ve městech žije pouze 8,9 % obyvatel. Region je administrativně rozdělen do 13 zón, 133 woreda a 3512 kebelí. Hlavním městem je Awassa (THIEDE, 2014).

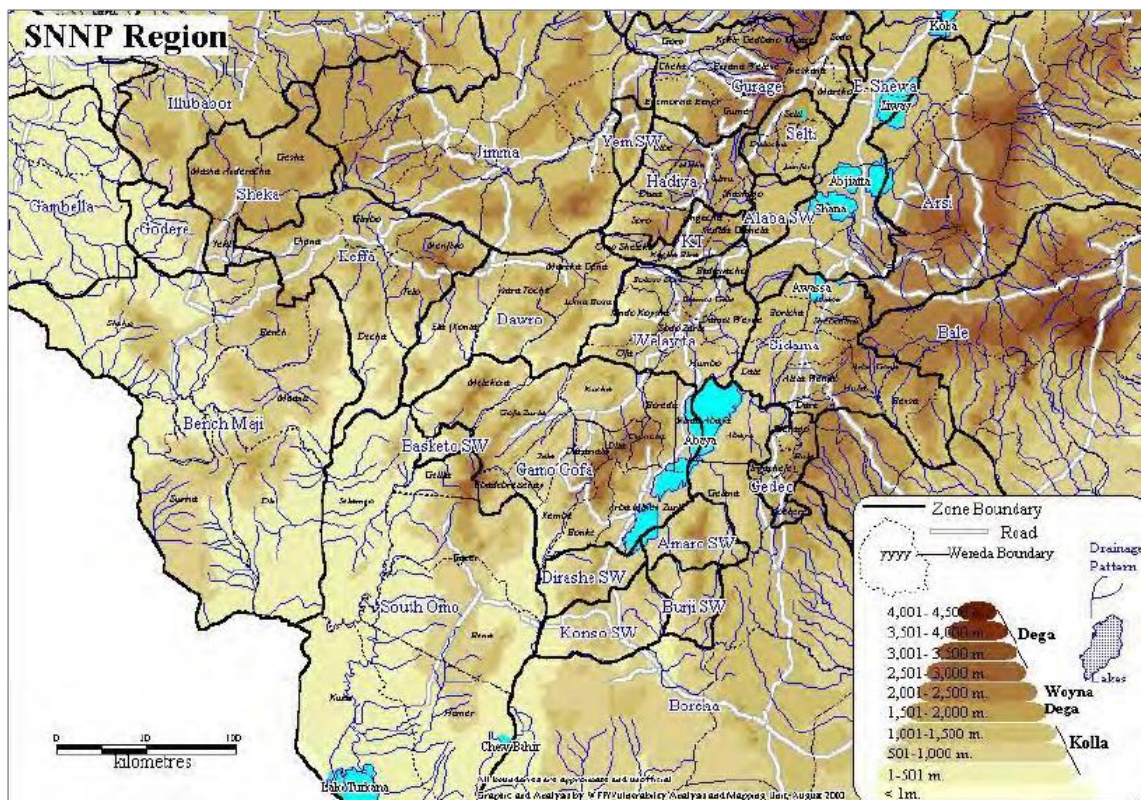


Obrázek 1 – Hustota zalidnění SNNPR, zdroj: ADUGNA, 2014

SNNPR je etnický velice různorodý a můžeme zde nalézt více než 80 etnických skupin, z nichž 45 je v regionu domorodých. Skupiny se liší jazykem, kulturou i socioekonomickou strukturou. Největšími etniky jsou Sidama (17,6%) následovaní Wolayta (11,7%), Gurage (8,8%), Hadiya (8,4%), Selite (7,1%), Gamo (6,7%) a Keffa (5,3%). Každý z těchto národů je povětšinou dominantní ve své části regionu, wordě. Jazyky, kterými v SNNPR lidé mluví, se dělí do čtyř hlavních jazykových rodin. Jsou to jazyky cushitské (Sidama, Hadiya), nilotské, omotské (Wolayta) a semitské (Gurage) (THIEDE, 2014).

2.1.5. Awassa Zuriya Woreda

Awassa Zuriya nebo také Hawassa Zuria je okres (*woreda*) spadající pod zónu Sidama v regionu Southern Nations, Nationalities, and Peoples' Region (SNNPR). Hlavním městem regionu je Awassa, která leží u stejnojmenného jezera. Woreda leží ve Velké příkopové propadlině (Great Rift Valley) a v poměru s blízkými Bale Mountains relativně v nížině. Průměrná nadmořská výška je 1 700 m n. m. Okres se dále dělí na jednotlivé *kebele*, které se považují za ekvivalent obcí (THIEDE, 2014).



Obrázek 2 – Výškopisná mapa SNNPR, zdroj: USAID, 2005

Rozloha okresu Awassa Zuriya činí přibližně 21 060 ha s celkovým počtem obyvatel okolo 131 649 (2012). Woreda je rozdělena na dvě agro-ekologické zóny; 75% Kola (suchá nížina) a 25% Wovna Dega (slabě vlhká). Leží ve výškovém rozsahu 1680–2080 m. n. m. Střední roční teplota AZW je 27 °C. Roční srážky se pohybují v rozsahu 600–1400 mm ve dvou dešťových obdobích. Woreda je charakterizována různými způsoby využití půdy. Z celkové rozlohy 21 060 ha je 1 757 ha pokryto trvalými travními porosty a 14 349 ha orné půdy s jednoletými plodinami. Pouze 1 147 ha tvoří lesy, 27 ha pastviny s mokřady a 687 ha je pokryto bažinami. Hlavní potravinovou základnu obyvatel tvoří enset (nepravý banánovník produkující zemní hlízy s jistou nutriční hodnotou) a mix produkčních systémů jednoletých plodin, a živočišné výroby. Vedle trvalých plodin pěstují farmáři v této oblasti nejčastěji kukuřici, fazole, brambory, proso, chilli papričky a jiné koření. V AZW prší většinou ve dvou obdobích (léto, podzim) a v obou produkčních sezónách je úroda významně závislá na dešti. Farmáři z ekonomických důvodů upřednostňují kukuřici. Chov dobytka je také důležitou složkou hospodářského systému AZW, rozloha společných pastvin se však zmenšuje, protože došlo k jejich přeměně na pole uspokojující přímou spotřebu domácností (NĚMEC, 2017).

Rok 2015, kdy probíhala výsadba části porostů zkoumaných v této práci, byl velmi chudý na srážky. Došlo k narušení období dešťů vlivem klimatických anomálií jevu El Nino, který se výrazně projevil i v mnoha dalších částech světa. Nedostatek srážek způsobil komplikace především při výsadbě a síji melioračních dřevin (NĚMEC, 2015).

2.2. Problematika eroze

Jedná se o proces narušování a odnosu materiálu na zemském povrchu. Příčinou je mechanické působení částic unášených přírodními živly na okolní prostředí. Nevýraznějšími erozními prvky jsou voda, vítr a led. Eroze je přirozeným procesem, který na planetě probíhá od doby vzniku atmosféry. Člověk však svou neuváženou činností zvyšuje její rychlost a usnadňuje tak odnos živných částic, jež jsou pro něj v důsledku životně důležité (HOLÝ, 1994).

V zemích třetího světa jako je Etiopie, zůstává zemědělství jedním z největších sektorů HDP. Ve většině sub-Saharských států tvoří průměrně 20-30 %. Dvě třetiny obyvatel zde žije na vesnici. Kvůli nedostatečné technologii pěstování plodin mají pole nízké výnosy a je tak velký tlak na půdu a rozměr polí (WORLD BANK, 1996). V Etiopii připadá každoročně na zemědělství více než 50 % HDP a poskytuje obživu zhruba 80% populace. Plodiny se pěstují na malých parcelách, což je zde zcela zásadní. V případě intenzivního zemědělství na větších parcelách by docházelo k ještě větší erozi. Domácí produkce potravin pokryje až 90 % všech produktů na trhu. Nepředstavitelně velká část populace je tak přímo závislá na půdě a její úživnosti (SHIFERAW, HOLDEN, 1999).

Nevhodné využívání a nedostatek opatření na ochranu půdy hrají významnou roli v postupu degradace výše položených území. Vzhledem ke členitému terénu náhorních plošin a vysočin, které tvoří asi 45 % Etiopie, je eroze a s ní spojená degradace půdy příliš vysoká. Vyšší polohy zde však tvoří hlavní oblast pro rostlinnou produkci. U více jak 34 % využitelné půdy pozorujeme hloubku ornice menší než 35 cm (SETEGN, *et al.*, 2009).

Eroze má mnohdy i pozitivní dopady na krajinu a to zejména v oblastech ležících pod úrovní erodovaných horských oblastí. Úrodná půda smytá z hor se usadí v rovinných oblastech na březích řek a okolních polích (NYSSSEN *et al.*, 2015). Co pro jednu oblast tedy znamená pohromu, jiné oblasti to naopak může výrazně pomoci. Bohužel pro Etiopii se půda usazuje až v nížinách náležícím Súdánu a Egyptu (SUTCLIFFE, 1993).

2.2.1. Zemědělství

Významnou roli ve snižování úrodnosti půd hraje fakt, že zemědělský odpad je často zkrmován dobytkem a jeho trus se využívá jako palivo v domácnostech. Toto palivo může poskytovat až 50 % veškeré spotřebované energie. Tlak rostoucí populace farmářům velí neinvestovat do navrácení živin půdě, ale naopak neúrodnou půdu opustit a přesídlit se na úrodnější. Nemohou si jednoduše dovolit nechat pole nějakou dobu ladem (SHIFERAW, HOLDEN, 1999).

Ročně dochází v Etiopii ke ztrátě 1,5 bilionů tun svrchních horizontů půdy, což na zemědělské půdě představuje místy až 42 t/ha a na pastevních pozemcích cca 5 t/ha. Roční ekonomická ztráta zapříčiněná erozí dosahovala asi 12 milionů Birrů (přibližně 12 milionů Kč), snižujíc výnosy farem odhadem o 5-30 % v roce 2010 (ČRA, 2010).

Management místní orné půdy je také jednou z věcí, které podporují odnos živin z půd. Většina orné půdy v horách se využívá k pěstování obilovin (70 %). Nejčastěji zde pěstují pšenici a ječmen ve vyšších polohách a v nižších nadmořských výškách se nejčastěji objevuje čirok, kukuřice a teff (*Eragrostis tef*, milička habešská). Obiloviny obecně nechávají půdu značnou část roku obnaženou a náchylnou k degradaci. Přispívají tomu také nepravidelné deště, kterým je podřízen výsev všech plodin. Ten probíhá po začátku dešťů a půda tak není před prvními dešti nijak chráněna. Naproti tomu je 20 % orných půd osázeno víceletými rostlinami. Je to zejména káva (*Coffea arabica*), olejniny, ovocné stromy, bavlna (*Gossypium sp.*) a enset (*Ensete ventricosum*). Enset představuje jednu z významných endemických rostlin sloužících k výrobě místních pokrmů. Zároveň chrání půdu před vysoušením a prudkými dešti způsobujícími degradaci (BERRY, 2003).

2.2.2. Studie řešící problematiku eroze v Etiopii

Řešení problémů s erozí není jednoduchá záležitost a už vůbec ne v Etiopii. Bylo vypracováno mnoho studií a akčních plánů pro to, jak by měla vláda s degradací bojovat. Musíme si však uvědomit, že země třetího světa mají i jiné problémy, které většinou s degradací půdy souvisí, ale vlády upřednostňují jednodušší a politicky obhajitelnější postupy. Hlavními studii mající za úkol bojovat s erozí jsou Highlands Reclamation Study: Ethiopia (EHRS- FAO 1986); National Conservation Strategy Secretariat (Sutcliffe 1993), Ethiopian Forestry Action Plan (1993) a Keyser, Sonneveld (2001); Effect of Soil Degradation on Agricultural Productivity in Ethiopia (BERRY, 2003).

Výsledky publikované v těchto studiích se liší pouze v detailech. EHRS- FAO 1986 uvádí, že nejintenzivnější eroze probíhala v 80. letech 20. století, kdy bylo narušeno 27 milionů ha, což tvořilo asi 50% etiopských horských oblastí. Vážně narušeno bylo 14 milionů ha a 2 miliony ha byly za hranicí schopnosti rekultivace. Míra celkové eroze byla tehdy odhadnuta na 130 t/ha/rok pro orné půdy a průměrně 35 t/ha/rok pro veškerou půdu v horských oblastech (FAO, 1986). Sutcliffe (1993) uvádí, že dřívější odhady byly nadhodnocené. Publikoval tedy nižší odhady a zdůraznil mnohem důležitější roli ztráty půdních živin.

The Ethiopian Forestry Action Plan určuje postupy a limity těžby dřeva. Rychlost odlesňování se v roce 2000 podle tohoto plánu pohybovala okolo 150 000 ha za rok. Obecně lze říci, že etiopské lesy za posledních 60 let prodělaly obrovskou změnu. Původně zde les pokrýval 65 % rozlohy Etiopie a horské oblasti byly pokryty z 90 %. Od roku 1950 se tak lesy v horských oblastech ztenčily na 5,6 % a na celém území státu pak na 2,2 % (BERRY, 2003).

Tabulka 1. Úbytek lesů v Etiopii

	Původní rozsah lesů	1950	1990	2000
Etiopie	65 %	16 %	2.7 %	2.2 %
Horské oblasti	90 %	20 %	? %	5.6 %

Zdroj: (BERRY, 2003)

Keyzer a Sonneveld (2001) pracovali na detailním zhodnocení degradace půd na celém území Etiopie. Studie byla velmi kvalitní tím, že na každý region a fyziogeografickou oblast zvlášť měli jednoho experta, který data sesbíral. Byly také vyhodnoceny dopady degradace a vztah mezi úrodou, množstvím odnesených půdních částic a úrodností půdy. Výsledky studie ukázaly, že největší dopad má degradace na méně úrodné půdy v oblastech, které mají nízkou hustotu obyvatelstva. Na úrodných půdách je naopak velké množství obyvatelstva, které je závislé na zemědělství a které půdu udržuje různými hnojivy. To se však děje pouze v některých oblastech. V nejhustěji obydlených oblastech je naopak potřeba externího zásahu do zemědělských tradic a zvyklostí. Nejzranitelněji se v celé Etiopii jeví sever země (KEYZER, SONNEVELD 2001).

2.2.3. Biotechnická protierozní opatření

V rámci projektů Mendelovy univerzity v Brně bylo zvoleno na základě dostupných prostředků 6 typů biotechnických opatření. U těchto prvků je však třeba vhodně doplnit agrotechnickou a organizační složku. Vhodné rozmístění a následná součinnost s místními zemědělci je proto klíčová. Mají za úkol plnit funkci protierozní, estetickou i ekologickou. Tyto konstrukce odpovídaly etiopským technickým půdoochraným metodikám. V roce 2012 byla jejich funkčnost v praxi ověřena (PAVLIŠ et al., 2013).

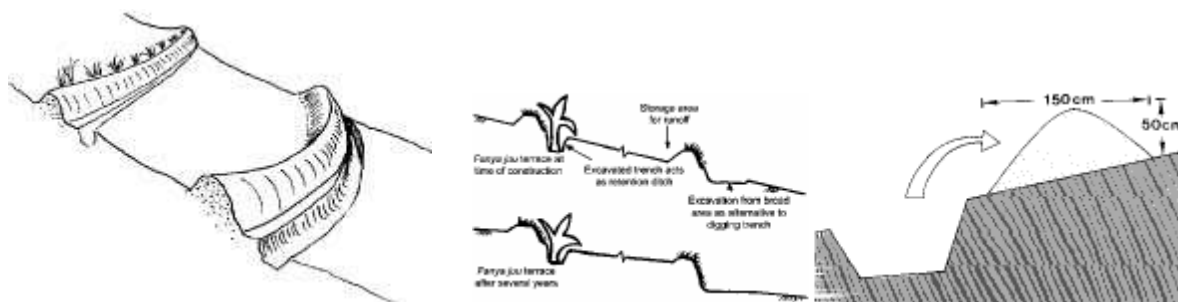
(1) Budované příkopy byly konstruovány dvěma způsoby:

A. Protierozní terasy s půdními hrázkami (nakopaná hlína se umísťuje jako hrázka pod příkop po svahu)



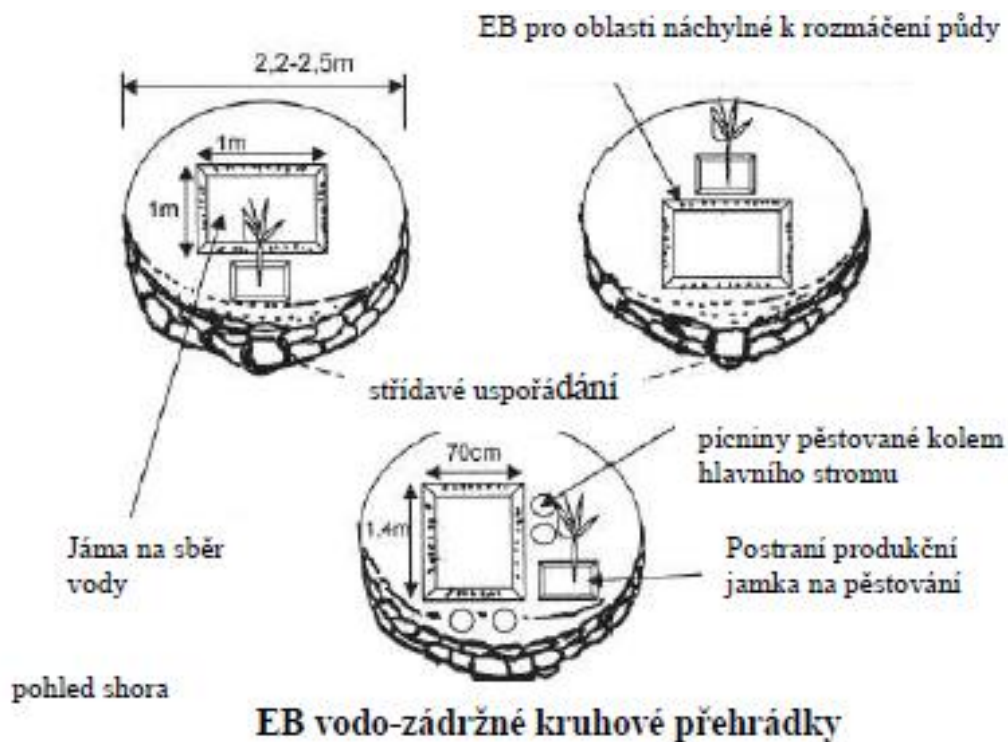
Obrázek 3 – Protierozní terasy, zdroj: (Pavliš et al., 2013)

B. Protierozní terasy *Fanya juu* (termín ze svahilštiny – hrázka z hlíny umístěna nad příkop proti svahu)



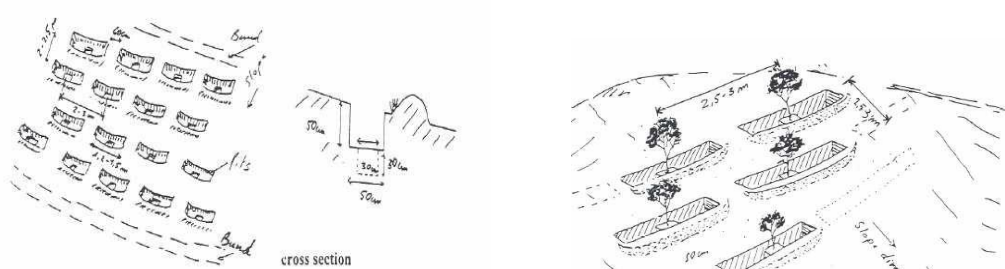
Obrázek 4 – Protierozní terasy, zdroj: (Pavliš et al., 2013)

(2) Vodo-zadržné zemní kruhové přehrádky (typu *Eye brow structure*) pro následné zpevnění výsadbami



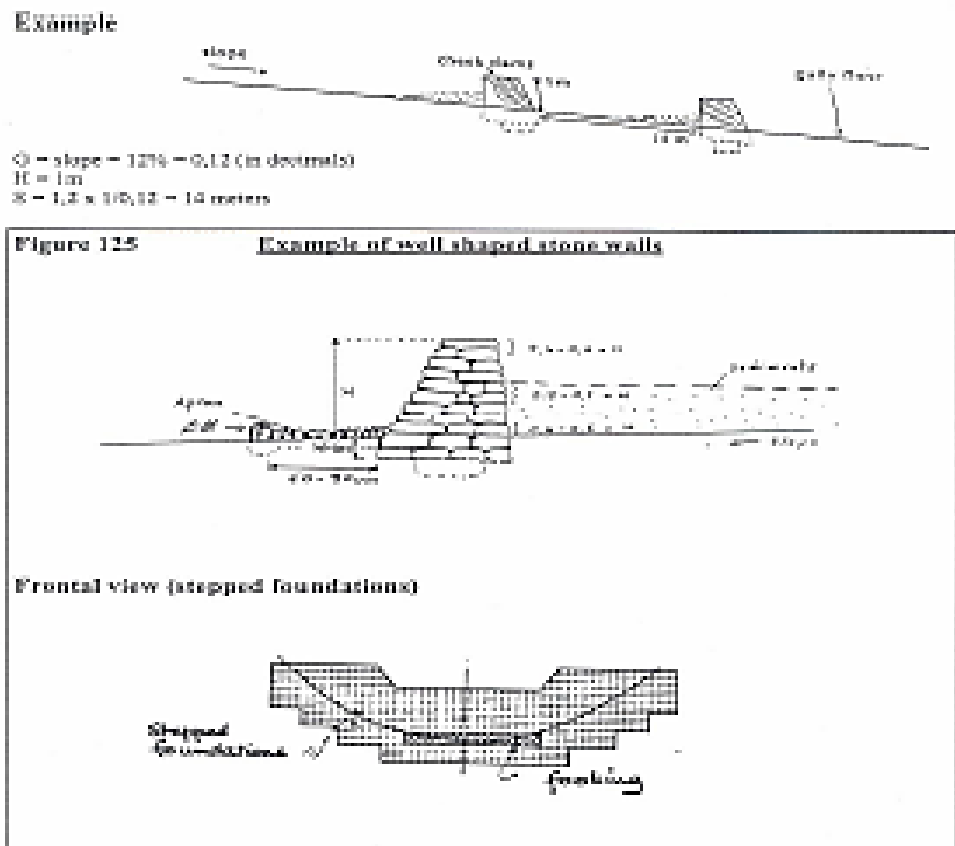
Obrázek 5 - Vodo-zadržné zemní kruhové přehrádky, zdroj: (Pavliš et al., 2013)

(3) Protierozní podvojně vodo-zadržovací jamky (typu *Improved pits*) jako příprava pro zpevnění výsadbami



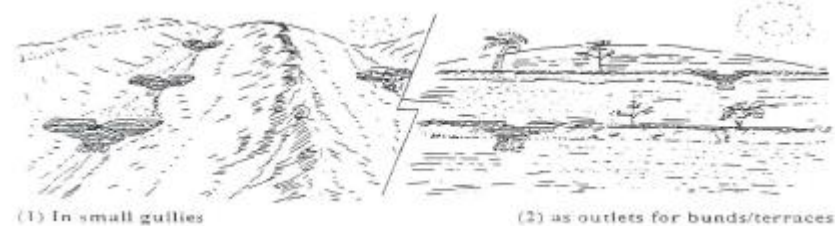
Obrázek 6 - Protierozní podvojně vodo-zadržovací jamky, zdroj: (Pavliš et al., 2013)

(4) Kamenné protierozní přehrádky na zpevnění erozních rýh, pro další doplnění osevem a sadbou



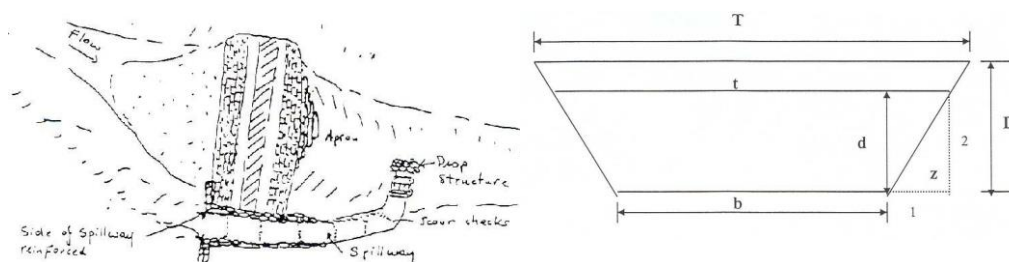
Obrázek 7 - Kamenné protierozní přehrádky, zdroj: (Pavliš et al., 2013)

(5) Zazemnění erozních rýh přeskupením zeminy jako doplněk protierozních kamenných přehrádek (především na začátku mělkých strží a na místech s mírnějšími okraji)



Obrázek 8 - Zazemnění erozních rýh přeskupením zeminy, zdroj: (Pavliš et al., 2013)

(6) Zasakovací a sedimentační rybníčky



Obrázek 9 - Zasakovací a sedimentační rybníčky, zdroj: (Pavliš et al., 2013)

Zalesňování erozních svahů v rámci projektů Mendelovy univerzity v Brně je řešeno především rychle rostoucí dřevinou *Acacia saligna*, která je hlavním předmětem mé bakalářské práce. Tento druh má za úkol vytvořit stín a vhodné mikroklima pro výsadbu a následnou přirozenou obnovu původních dřevin jako jsou *A. abyssinica*, *A. tortolis*, *A. sasal*, které jsou určeny pro vysychavé půdy na prudkých svazích. Na nejextrémnějších stanovištích byly použity sazenice vypěstované v pilinovém substrátu hobra. Oproti klasickým sazenicím s běžným substrátem v plastických pytlících je substrát hobra velmi účinný pro tvorbu většího kořenového systému. To zajistí lepší přípravu a následné ujetí sazenice na suchých a exponovaných stanovištích. Kořenový systém je v převaze oproti nadzemní části, což zaručuje snížené vysychání rostliny vlivem menší transpirace (PAVLIŠ et al., 2013).

2.2.4. Doporučená lesnická protipatření

Agrolesnictví není pro Etiopii žádnou novinkou, přesto jsou dnes jeho zásady málo respektovány a jeho výhody opomíjeny. Pro drobné zemědělce jsou stále výhodnější monokulturní pole, která však urychlují degradaci půdy. S růstem populace a následným růstem hustoty osídlení zemědělci ubývají možnosti, kam přesunou své políčko po vyčerpání živin v půdě. Následující opatření proti degradaci by měly hrát významnou roli v boji proti erozi a potravinové krizi. Stromy na polích mohou pomoci obohacovat půdu o vzdušný dusík nebo mohou sloužit jako krmivo pro domácí zvířata. Ovocné stromy pak mohou poskytovat zpestření a doplnění jídelníčku místních obyvatel ve formě plodů.

Prvním opatřením je střídání řádků plodiny a užitkového keře nebo stromu. Během vegetačního období zemědělské plodiny je řádek keřů pravidelně sestřiháván a zkrmován dobyt看em nebo může být využit jako palivo. Sestřihem se zabrání zástině plodiny a obecně se sníží kompetitivní schopnost keře. Po sklizni se nechává volně růst, aby ochránil obnaženou půdu před erozivní schopností deště a větru. Hlavními důvody

zavedení tohoto opatření je tedy produkce krmiva pro dobytek, palivo pro domácnosti a půdoochranná funkce (BISHAW, 2001).

Druhým opatřením je sázení krmných dřevin na neproduktivní pastviny a degradované svahy. Stromy se sází samostatně nebo spolu s pící a různými luskovinami. Vše je poté zkrmováno dobytkem systémem *cut-and-carry*, který je v Etiopii velmi oblíbený. Jedná se o systém běžně používaný drobnými farmáři po celém světě. Spočívá v každodenním zásobování dobytka čerstvou pící nasekanou v okolí. Cílem opatření je zvýšit podíl kvalitního krmiva a zároveň zajistit trvalou udržitelnost využívání přírodních porostů jakožto pastvin (BISHAW, 2001).

Třetím způsobem využití víceúčelových dřevin je pěstování na hranicích polí, pastvin a pozemků. Dřevina zde slouží jako zdroj palivového dříví, surového dřeva určeného na stavbu domů a také jako větrolam. Především se jedná o alternativní zdroj příjmů vylepšující finanční situaci farmářů (BISHAW, 2001).

Posledním a neméně důležitým opatřením je sázení vhodných dřevin vně a podél erozních strží. Výběr druhu zde není limitován mírou konkurence jako u zemědělského využití, proto můžeme použít rozmanitější a ekologicky stabilnější spektrum dřevin. Největší využití má tato protierozní technika v hustě osídlených horských oblastech, kde se obhospodařuje každá dostupná část půdy bez ohledu na její zachování. Vznikající strže je třeba zpevnit a zabránit tak jejich dalšímu rozšiřování (BISHAW, 2001).

2.3. Charakteristika *Acacia saligna*

Říše: rostliny (*Plantae*)

Podříše: cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)

Oddělení: krytosemenné (*Magnoliophyta*)

Třída: vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)

Řád: bobotvaré (*Fabales*)

Čeleď: bobovité (*Fabaceae*), (dříve *Mimosaceae*)

Podčeleď: *Mimosoideae*

Rod: akácie (*Acacia*)

Druh: akácie modrolistá (*Acacia saligna* (Labill.) H.L.Wendl)

Ostatní názvy: blue leaf wattle, Golden Wreath Wattle, Orange Wattle, coojong (Austrálie), Port Jackson Willow (Jižní Afrika)

Acacia saligna je krátkověký beztrnný strom či keř pocházející z Austrálie, kde obývá stejná stanoviště, jako *Eucalyptus sp.* Přirozeně se vyskytuje pouze na jihozápadě Západní Austrálie, kde roste na chudých písčitých půdách Swan Coastal Plain a na těžších jílovitých půdách jižně od řeky Murchison River. Východní hranice jejího výskytu se nacházejí přibližně 200 km od města Esperance. Dřevina je zde schopna růst do nadmořské výšky 300 metrů. Teplotní rozmezí se pohybuje od 23 °C na jižním pobřeží, přes průměr 30 °C okolo Perthu, až po 36 °C v severnějších vnitrozemních oblastech. Minimální teplota pro přežití nejchladnějšího měsíce činí 4,5–9 °C. Ve vnitrozemí se také rostlina musí vypořádat s průměrně 1-6 mrazivými dny (DORAN, 1997).

Průměrné roční srážky potřebné pro růst jsou značně variabilní. Optimum pro *A. saligna* je mezi 300 mm a 1000 mm ročně. Dokáže tedy vystačit s malým množstvím vody, ale poradí si i s vlhčím klimatem. Je dobře přizpůsobena na období sucha, která v Západní Austrálii trvají od května do září. V tomto období zde naprší průměrně 12-15 mm (DORAN, 1997).

V Etiopii obývá území s nadmořskou výškou kolem 2500 m n. m. a preferuje hlubší půdy ročním úhrnem srážek nad 250 mm (MACLACHLAN *et al.*, 2002). Dobře snáší lehké až středně těžké vysoce propustné půdy, proto se dokáže vypořádat se suchem panujícím na degradovaných stanovištích (BEKELE-TESEMMA *et al.*, 1993).

Nese střídavé jednoduché listy 8 – 22 cm dlouhé s jednou podélnou žilou. Květy jsou zářivě žluté a lusky jsou zpravidla mezi jednotlivými semeny zúženy. Velmi často se plete, zvláště v juvenilním věku s *Acacia melanoxylon*, ale *Acacia saligna* má pouze jednu centrální žílu na listech (MACLACHLAN *et al.*, 2002).

Obecně se tato rostlina používala spíše jako okrasná dřevina, ale díky tomu, že její listy konzumují herbivoři jen v případech nouze, je vhodná i pro meliorační výsadby. Listy sice obsahují velké množství bílkovin, ale pro býložravce jsou těžko stravitelné. Kůru místní obyvatelé obvykle používají k vyčinění kůží. V jižní Africe se však poslední dobou stává invazivní dřevinou, která vytlačuje původní druhy fynbosu. V chudých erodovaných půdách doplňuje důležitý dusík. Tento typický projev bobovitých rostlin se u této dřeviny využívá především v Austrálii, kde slouží jako fixátor dusíku pro eukalypty (MACLACHLAN *et al.*, 2002).

Do mnoha dalších zemí se *Acacia saligna* rozšířila díky člověku, který ji v nedávné době začal používat jako protierozní dřevinu ke stabilizaci svahů, písčiny

dun nebo k rekultivaci oblastí postižených těžbou. Takto se *A. saligna* dostala například do Jižní Afriky, Kalifornie, Chile a zemí lemujících Středozevní moře (MCDONALD, O'SULLIVAN, MASLIN, 2006).

Poschen-Eiche (1987) využíval *Acacii salignu* v agrolesnickém systému spolu s čirokem a kukuřicí. Akácie byla vysazena v řadách 5 m od sebe. Třikrát ročně byly keře sestříhávány ve výšce 1 metru a v šířce asi 40 cm. Listy a větve se používaly jako příkrm dobytka nebo se kompostovaly a používaly se jako dusíkaté hnojivo. Ročně se tímto způsobem získalo 9,3 t/ha, což prý uživilo až 16 ovcí a koz. Mulčováním se dosáhlo obohacení půdy o 70 kg/ha dusíku ročně. Výsledky výzkumu byly ovšem zklamáním, jelikož se výnosy oproti kontrolním plochám statisticky nelišily a v suchých rocích se naopak ukázala akácie jako silný konkurent. Svým rozlehlým kořenovým aparátem úspěšně odebírala vláhu okolo rostoucím zemědělským plodinám (POSCHEN-EICHE *et al.*, 1987).

Ačkoli agrolesnické zapojení akácie nepřineslo pozitivní výsledky, tak v případě meliorace svahů funguje podle očekávání. Na erodovaných svazích se s ní počítá jako s pionýrským druhem, který bude následně přerosten původním lesním společenstvem. Jejím hlavním úkolem je tak poskytnout stín a udržet mikroklima důležité pro znovuzalesnění. Jedním z dalších přínosů je její schopnost bránit lehkou písčitou půdu proti větrné erozi, čehož se využívá ke zpomalení desertifikace v Etiopii (MACLACHLAN *et al.*, 2002).

Rozmnožování je zajištěno semeny vypadávajícími z lusků. Při umělém pěstování je třeba semena ponořit na minutu do vroucí vody a poté 24 hodin máčet v chladné vodě. Pokud jsou semena uchovávána ve chladném větraném prostoru, mohou ve vzduchotěsných obalech vydržet i několik let. Strom plodí obvykle po šesti letech (MACLACHLAN *et al.*, 2002). Semena mají klíčivost 55–90 % a počet semen v jednom kilogramu se pohybuje od 14 000 do 80 000 (BEKELE-TESEMMA *et al.*, 1993). Doran, 1997 uvádí 45 700 semen/kg a jejich klíčivost je 74%. Také uvádí, že k nastartování klíčení může dojít i poškrábáním semen, které odstraní osemení.

Osivo se sadí nejlépe 0,5 cm pod povrch substrátu. Klíčky se objevují po 2 až 6 dnech a kolem osmi měsíců jsou semenáčky připraveny na transport ze školky a následnou výsadbu na degradovaných svazích. Některé zdroje uvádějí, že je dobré před

výsadbou zastříhnout kořeny 15 až 20 cm pod krčkem. Jedná se však zatím o vědecky nepotvrzené informace (MACLACHLAN *et al.*, 2002).

Jako možní škůdci byli odhaleni paviáni, kteří vytrhávají semenáčky a poté z ulomených větviček sají tekutiny. Dalšími častými škůdci jsou také termiti a méně častí hlodavci narušující kořenový systém mladých rostlin (MACLACHLAN *et al.*, 2002). *A. saligna* je citlivá především na houbové parazity řadící se mezi rzi (*Uromycladium*). Hlavním z nich je *Uromycladium tepperianum*. Kromě toho, že je na plantážích nežádoucí, se využívá ke kontrole invazivní populace v jižní Africe. Rostlinu ovlivňuje také hmyz, který saje šťávy z listů. Mezi ně patří 36 zástupců řádu *Lepidoptera*. Nejčastějšími hmyzími škůdci, kteří se živí mizou a větvemi jsou pak zástupci řádů *Coleoptera* (55) a *Hemiptera* (40). Proti hmyzím škůdcům má rostlina ochranu v podobě nektarových žláz na bázi listů. Nektar láká mravence, kteří si zdroj potravy chrání a významně redukuje počet hmyzích parazitů (DORAN, 1997).

3. METODIKA

3.1. Popis terénních prací

Výzkum probíhal v termínu od 10. 2. 2017 do 20. 2. 2017. Je to období, které je v okolí jezera Awassa typické svým extrémním suchem, avšak snesitelnými teplotami do 30 °C. Výzkumné plochy byly umístěny ve svazích Velké příkopové propadliny, západně od města Awassa, kde jsme měli zajištěno ubytování. Každodenní přemístování do cílové oblasti bylo realizováno terénním automobilem. Ačkoli byly plochy vzdálené přibližně 30 km, trvala cesta kvůli dopravě a špatně sjízdným cestám asi 1,5 hodiny.

Sběr dat v terénu probíhal podle metodiky, kterou stanovil konzultant Shiferaw Alem Munie, Ph.D. Výzkumné plochy byly rozděleny podle roku výsadby na dvě oblasti. Obě leží v projektové části území Umbulo Kajima a byly osázeny *Acacia saligna* v letech 2014 a 2015. Na jednotlivých územích byly umístěny zkusné plochy o rozměrech 20 x 20 m, tedy 400 m², situovaných ve čtyřech transektech. Bylo dle určené metodiky zamýšleno, že plochy budou tvořit čtvercovou síť a budou od sebe vzdáleny 100 m. Velmi členitý terén, protkáno mnoha hlubokými erozními stržemi neumožňoval tuto síť přesně realizovat a v mnoha případech bylo třeba posunout plochu i několik desítek metrů.



Obrázek 10 - Sledované území se zaměřenými GPS body zkusných ploch, zdroj: Google Earth, 2016

Vytyčené plochy byly pro snadnější určení stromů náležících dané ploše označeny provázky o délce její strany, tedy 20 m. Pomocí výškoměrné latě byly změřeny výšky jednotlivých stromů s přesností na desítky centimetrů. Obvod kmene se měřil krejčovským metrem ve výšce 30 cm a v prsní výšce, tedy 130 cm. Obvod se měřil ve dvou výškách proto, aby se zvýšila vypovídající schopnost dat i u malých stromků do 2 m a také pro další navazující studie. Dále se měřily rozměry příslušných protierozních příkopů umístěných ve svahu nad každým vysazeným stromem. Byly zaznamenány i příkopy s chybějícím, tedy mrtvým stromkem a také naopak stromy s nefunkčním či zaneseným příkopem. Šířka a délka byla měřena svinovacím metrem. Hloubka se měřila s pomocí krátké latě umístěné po svahu přes příkop a samotná veličina byla získána změřením vzdálenosti od středu latě po dno. Tento způsob měření byl použit z důvodu erodovaných stěn svažujících se od spodní hrany příkopu po jeho dno. Veškeré veličiny měřené krejčovským metrem a svinovacím metrem byly zaokrouhleny na celé centimetry.

Měřilo se dohromady mnoho údajů a pro urychlení terénního šetření bylo zapotřebí čtyř lidí. První člověk měřil obvody krejčovským metrem, druhý přikládal ke stromům výškoměrnou lat', třetí člověk měřil rozměry protierozních příkopů (*improved pits*) a čtvrtý člověk zapisoval naměřená data a odečítal z vyššího místa plochy výšku stromu. Všechny naměřené údaje byly zaneseny do připraveného tabulkového protokolu a následně do programu Microsoft Excel pro snadnější zpracování a vyhodnocování dat. U každé zkusné plochy se zaznamenaly přesné údaje o poloze jejího středu pomocí GPS přijímače. Informace o sklonitosti svahu byly změřeny pomocí digitálního sklonoměru. Dále se s pomocí místních znalců zaznamenaly ostatní přítomné dřeviny a jejich počty. Celkem se takto změřilo 20 ploch, 10 ploch u výsadeb z roku 2014 a 10 ploch u výsadeb z roku 2015.

3.2. Zpracování dat

Ke zpracování výsledných dat byl využit program Microsoft Excel a jeho nástroje na analýzu dat. Hlavní nástroji pro analýzu byly regrese a korelace. Data pro regresní analýzu závislosti úspěšnosti výsadeb na technických protierozních opatření bylo nejprve nutno vyčistit. Bylo třeba z analýzy vyloučit mrtvé stromy a také nezměřitelné, poškozené nebo nefunkční protierozní příkopy. Ty byly vyhodnoceny zvláště jednodušším způsobem porovnání průměrných hodnot. Podle rozptýlení bodů v grafu residuí regresního modelu byla pro další analýzy určena lineární regrese. Residua v případě porostu 2014 tvořila soudržný mrak jen s několika málo extrémy. Residua u porostu z roku 2015 byla již více rozptýlena, ale nenaznačovala použití jiného regresního modelu.

Z koeficientů korelace byla zjištěna nejsilnější závislost mezi objemem příkopu a výškou stromu. Koeficienty korelace mezi objemem a obvodem ve 30 cm a 130 cm byly nízké a při regresní analýze se ukázaly jako statisticky nevýznamné. Byla tedy provedena regresní analýza závislosti výšky *Acacie saligny* na objemu protierozního příkopu u výsadeb z roku 2014 a 2015.

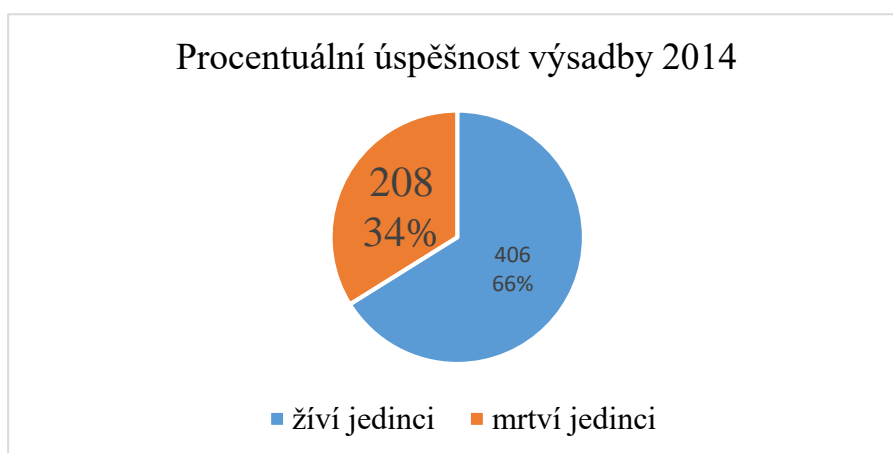
Dále byla zjištěna procentuální úspěšnost výsadeb porovnáním počtu živých a mrtvých stromků a hodnoty takto získané byly zaneseny do grafu. Porovnáním průměrných objemů protierozních příkopů u živých a mrtvých stromků byl zjišťován vliv příkopu na růst a přežití stromu. Porovnáním hodnot mezi jednotlivými roky výsadeb byla odhadnuta míra degradace obou stanovišť. Ve vyhodnocování dat hrála významnou roli klimatická anomálie v roce 2015, která významně ovlivnila celkové výsledky.

4. VÝSLEDKY

Na území kebele Kejima Umbullo bylo změřeno 10 zkusných ploch na výsadbách z roku 2014 a 10 zkusných ploch na výsadbách z roku 2015 o celkové výměře 0,4 ha. Dle Němce (2014, 2015) bylo v roce 2014 na území kebele vysázeno 80 328 sazenic na ploše 34,62 ha. V roce 2015 bylo vysázeno 134 578 sazenic na celkové ploše 42,57 ha.

4.1. Výsadby 2014

Celkový počet změřených stromů ve výsadbách z roku 2014 činil 614. Z tohoto počtu tvořilo mrtvé jedince 33,9 %, což bylo 208 jedinců. Výsledkem tedy je 66,1 % úspěšnost výsadeb.

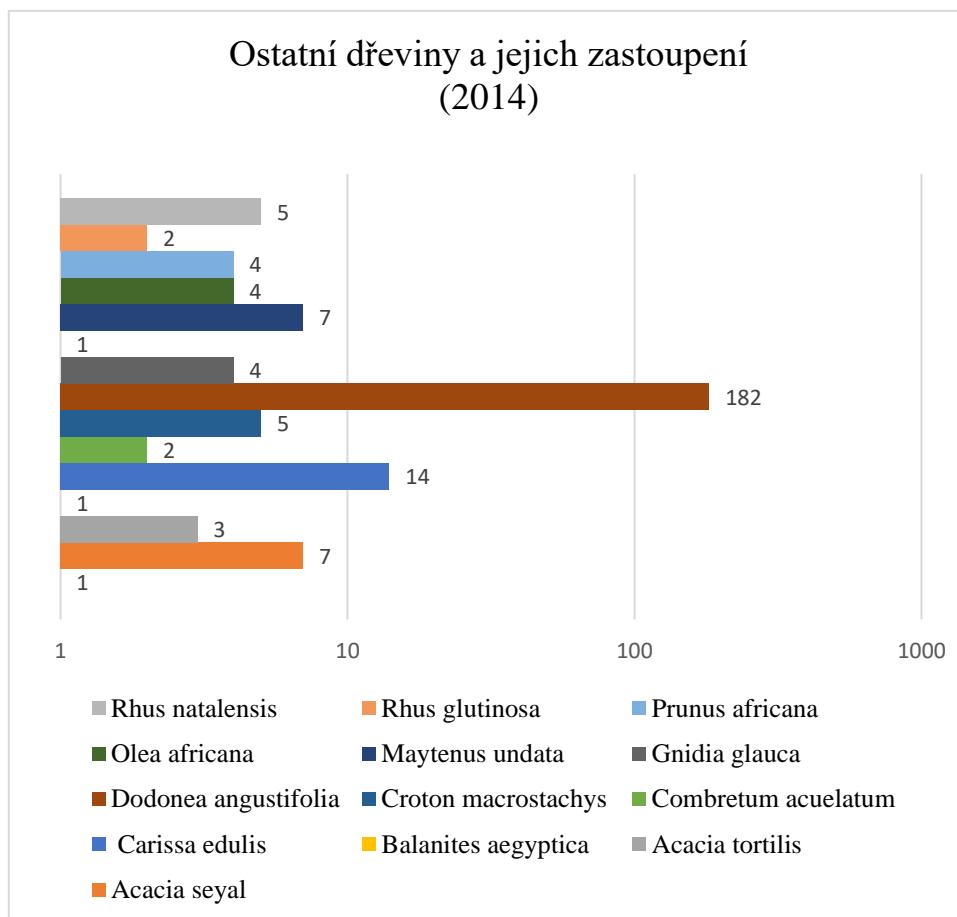


Obrázek 11 – Procentuální úspěšnost výsadby 2014

Zajímavý výsledek přináší především srovnání průměrného objemu protierozního příkopu u živých a mrtvých jedinců. U živých jedinců měl průměrný příkop objem 80 308 cm³ a u mrtvých jedinců činil průměrný objem 68 518 cm³. U mrtvých jedinců byl tedy příkop průměrně o 14,7 % menší nežli u živých. Průměrná výška *Acacie saligna* byla 316 cm. Průměrný sklon zde činil 25,7 °.

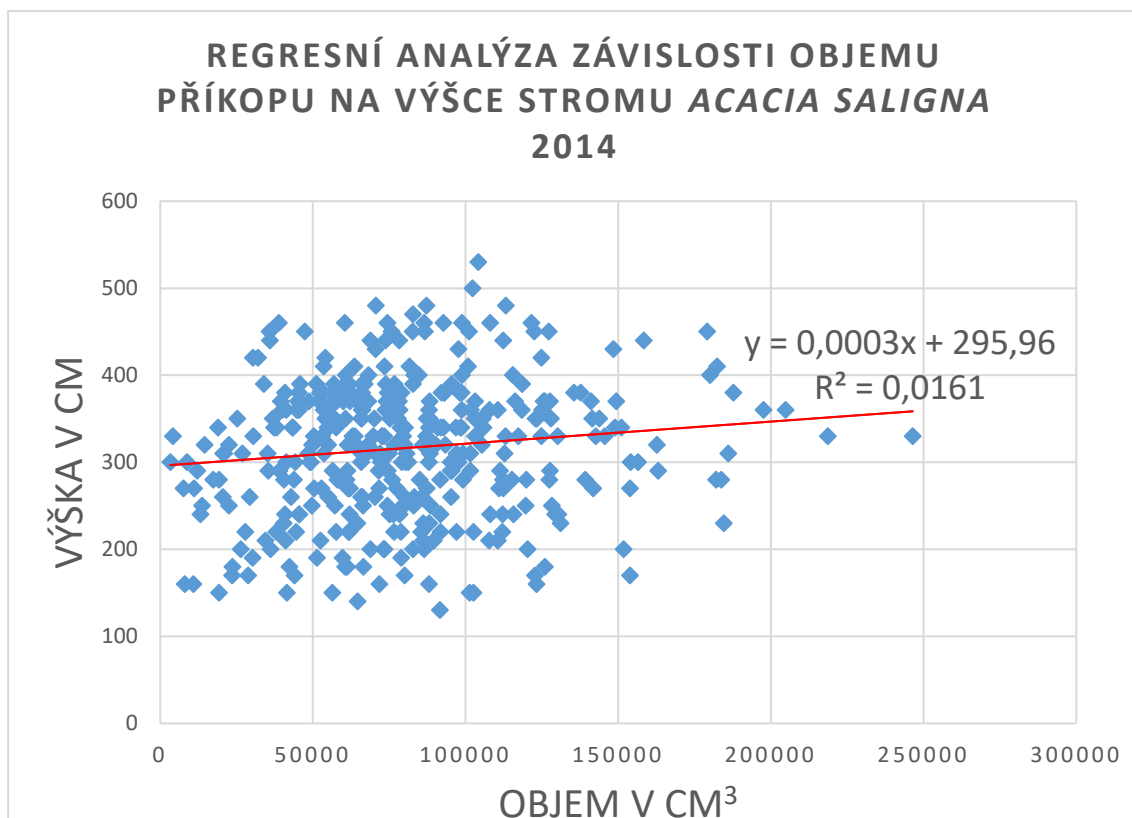
Vzhledem k potřebě provést regresní analýzu závislosti velikosti protierozního příkopu na výšce *Acacia saligna* bylo nutno vyloučit z analýzy všechny mrtvé jedince a také všechny příkopy, u nichž nebylo možné změřit jejich objem. Analýza ukázala slabou, avšak statisticky významnou pozitivní závislost. Koeficient korelace zde činil 0,13.

Na plochách bylo dále zjištěno celkem 13 různých druhů dřevin mimo *Acacia saligna*. Byly nalezeny tyto druhy: *Acacia seyal*, *Acacia tortilis*, *Balanites aegyptica*, *Carissa edulis*, *Combretum acuelatum*, *Croton macrostachys*, *Dodonea angustifolia*, *Gnidia glauca*, *Maytenus undata*, *Olea africana*, *Prunus africana*, *Rhus glutinosa*, *Rhus natalensis*.



Obrázek 12 – Ostatní dřeviny a jejich zastoupení

Nejvíce zastoupeným druhem byla *Dodonea angustifolia*, která zde byla v celkovém počtu 182 kusů. Dřevina se vyskytovala převážně na úpatí svahu a jednalo se většinou o malé semenáčky z výsevu metodou *direct sowing*. Jsou to kromě *Dodonea angustifolia* dřeviny zde původní a jsou dobrým znakem, že přípravné protierozní výsadby druhu *Acacia saligna* plní svou funkci a vytvářejí pro domorodé druhy vhodné mikroklima.

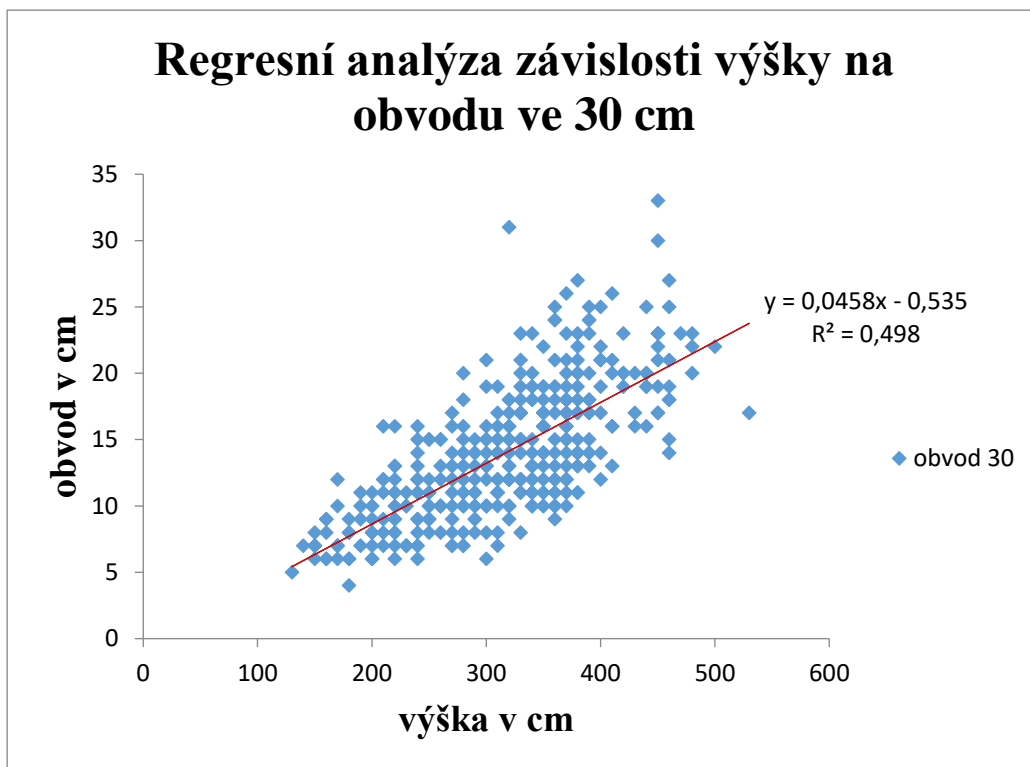


Obrázek 13 - Regresní analýza závislosti objemu příkopu na výšce stromu Acacia saligna 2014

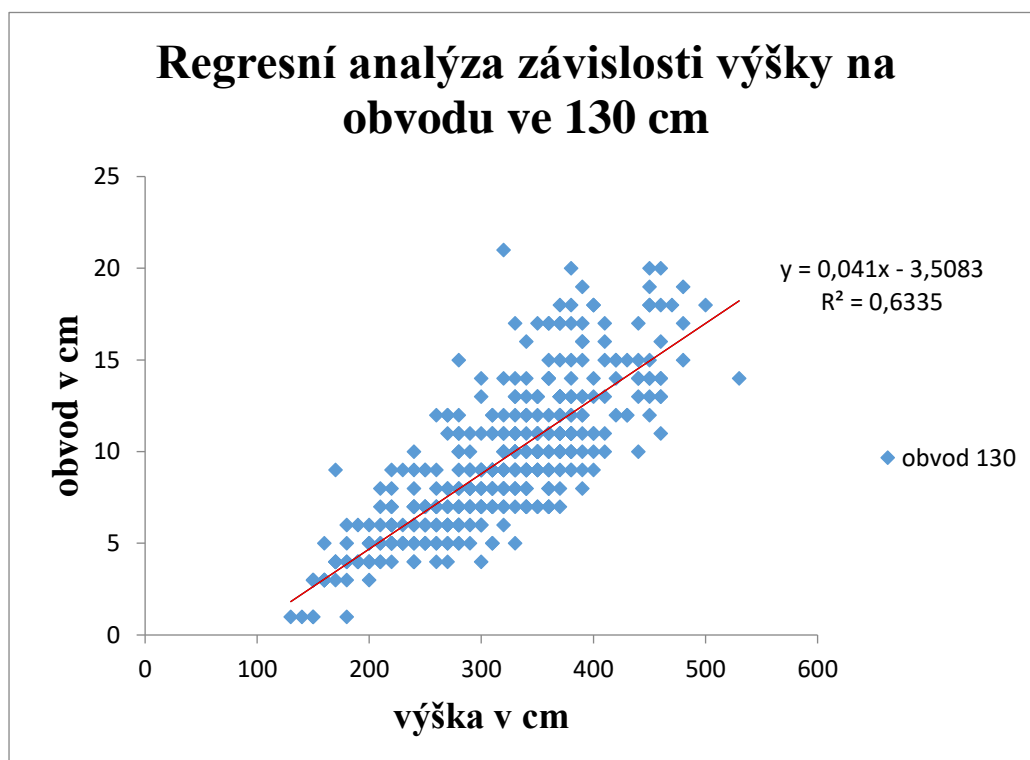
Regresní statistika						
Násobné R	0,126856017					
Hodnota spolehlivosti R	0,016092449					
Nastavená hodnota spol	0,013556605					
Chyba stř. hodnoty	76,88386217					
Pozorování	390					
ANOVA						
	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F	
Regrese	1	37511,97765	37511,97765	6,345992843	0,012165695	
Rezidua	388	2293517,766	5911,128263			
Celkem	389	2331029,744				
	Koeficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%
Hranice	295,9594691	8,985095964	32,93893246	1,8914E-114	278,2939	313,625
objem	0,000254017	0,000100836	2,519125412	0,012165695	5,57649E-05	0,000452

Obrázek 14 – Výpis hodnot regresní analýzy

Pomocí lineární regresní analýzy závislosti výšky na obvodech ve 30 a 130 cm bylo také potvrzeno, že se jedinci vyvíjejí standardně. Jejich růst není ovlivňován žádným vnějším faktorem, kterým mohou být býložravci nebo domorodí obyvatelé. Na plochách nebyly při terénním šetření zaznamenány známky okusu ani poškození lidskou činností. Míra závislosti je patrná z následujících grafů. Koeficienty korelace činily u obvodu v 30 cm 0,705 a u obvodu ve 130 cm 0,796.



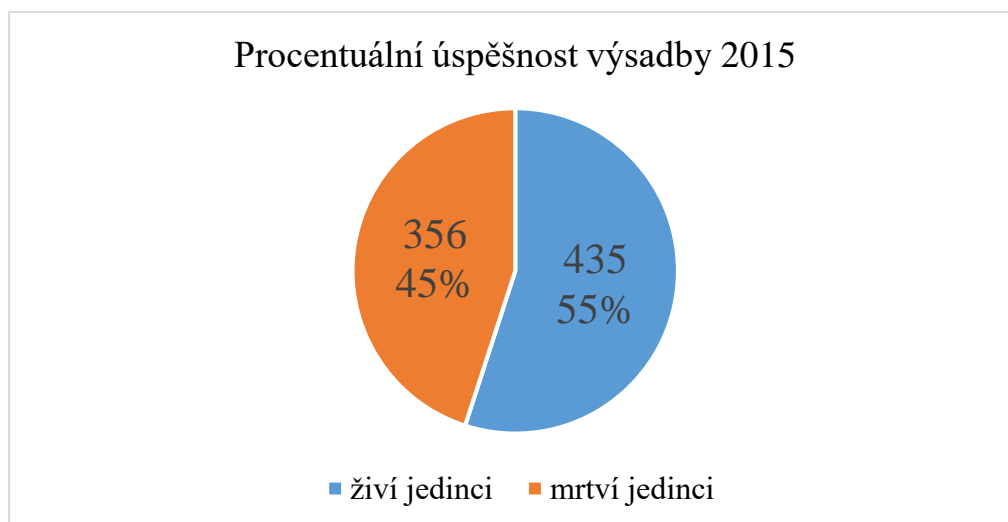
Obrázek 15 - Regresní analýza závislosti výšky na obvodu ve 30 cm



Obrázek 16 - Regresní analýza závislosti výšky na obvodu ve 130 cm

4.2. Výsadby 2015

Celkový počet změřených stromů ve výsadbách z roku 2015 činil 791. Z tohoto počtu tvořilo mrtvé jedince 45 %, což bylo 356 jedinců. Výsledkem tedy je 55 % úspěšnost výsadeb.

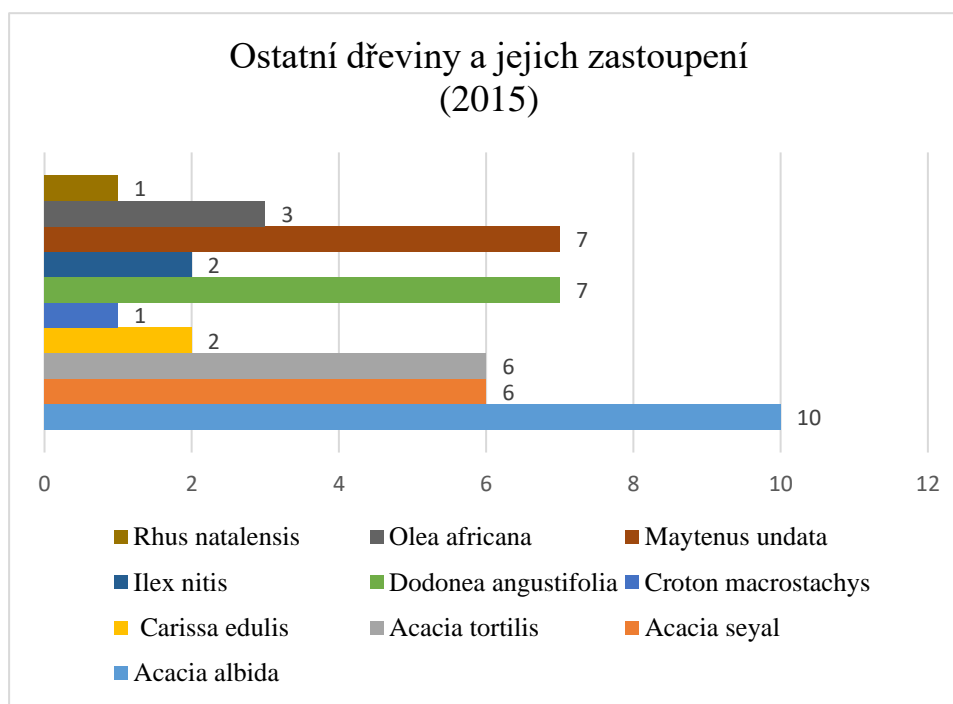


Obrázek 17 - Procentuální úspěšnost výsadby 2015

Zajímavý výsledek, stejně jako u výsadeb z roku 2014 přináší především srovnání průměrného objemu protierozního příkopu u živých a mrtvých jedinců. U živých jedinců měl průměrný příkop objem $31\,457\text{ cm}^3$ a u mrtvých jedinců činil průměrný objem $19\,179\text{ cm}^3$. U mrtvých jedinců byl tedy příkop průměrně o 39 % menší nežli u živých. Průměrná výška *Acacie saligny* byla 210 cm. Průměrný sklon zde činil $18,1^\circ$.

Bylo třeba opět provést regresní analýzu závislosti velikosti protierozního příkopu na výšce sledované dřeviny a bylo opět nutno vyloučit z analýzy všechny mrtvé jedince a také všechny příkopy, u nichž nebylo možné změřit jejich objem. Korelace ukázala oproti předchozí regresní analýze velmi slabou závislost. Koeficient korelace činil 0,09. Následná regresní analýza této závislosti potvrdila neblahé tušení o statistickém významu analýzy. Regresní model není statisticky významný, protože jeho významnost F (p hodnota) je větší než hladina významnosti $\alpha 0,05$. Taktéž jeden z parametrů (objem) nebyl statisticky významný z důvodu, že jeho hodnota P byla větší než hladina významnosti $\alpha 0,05$. Intervalový odhad tohoto parametru rovněž procházel nulou. Nulová hypotéza, že daný model je statisticky významný byla tedy zamítnuta. Lze tedy říci, že ze statistického pohledu u výsadeb z roku 2015 nemá velikost příkopu na růst stromu vliv.

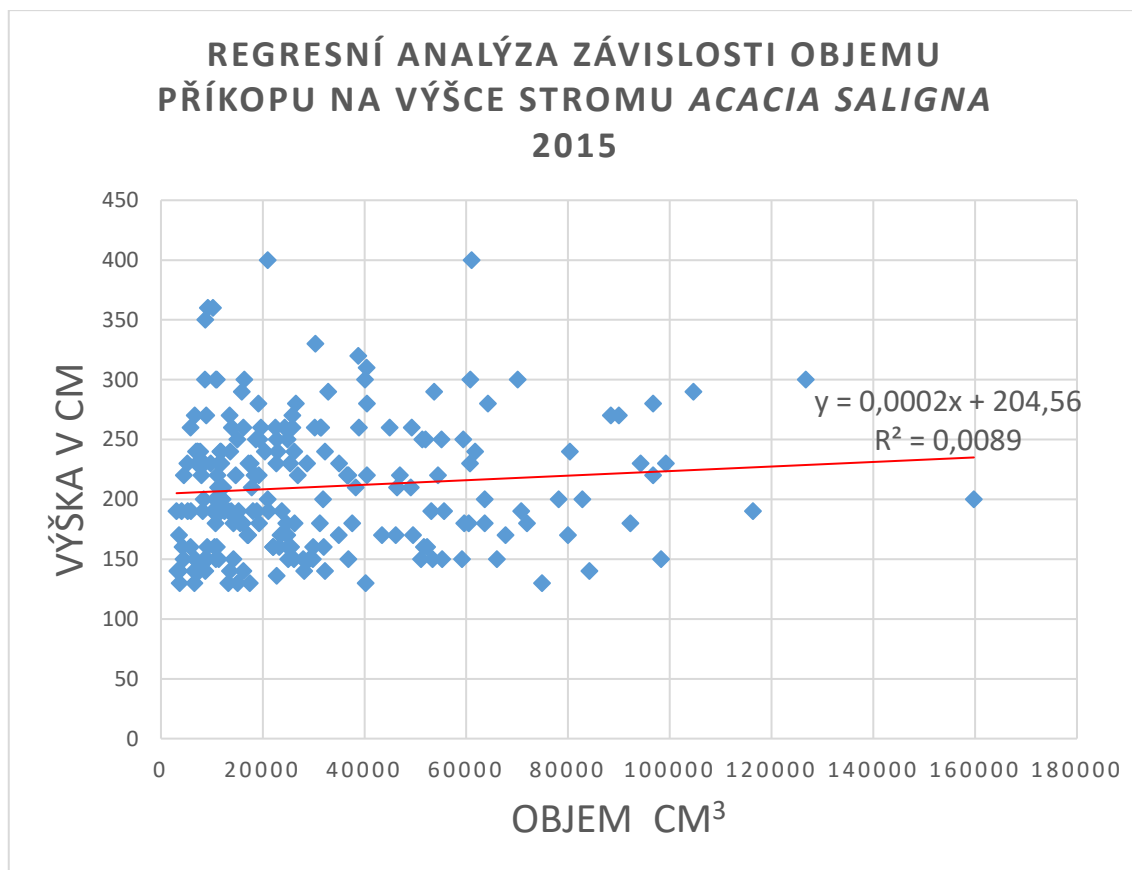
Na plochách bylo dále zjištěno celkem 10 různých druhů dřevin mimo *Acacia salignu*. Byly nalezeny tyto druhy: *Acacia albida*, *Acacia seyal*, *Acacia tortilis*, *Carissa edulis*, *Croton macrostachys*, *Dodonea angustifolia*, *Ilex nitis*, *Maytenus undata*, *Olea africana*, *Rhus natalensis*.



Obrázek 18 - Ostatní dřeviny a jejich zastoupení

Nejvíce zastoupeným druhem byla *Acacia albida*, která zde byla v celkovém počtu 10 kusů. Mladší výsadba je tak mnohem chudší na ostatní dřeviny oproti výsadbě z roku 2014. Porost ve většině případů nedosahuje takové výšky, aby poskytoval vhodné mikroklima. Tyto výsadby také trpěly vlivem klimatického jevu El Nino, který na území Etiopie značně prodloužil dlouhé období sucha a způsobil také nerovnoměrné rozložení srážek v období dešťů.

Při regresní analýze závislosti sklonu svahu na objem protieročních příkopů bylo zjištěno, že použitý model není statisticky významný. Příčinou může být malý počet naměřených hodnot. Tuto závislost by bylo třeba ověřit obsáhlejší výzkumem. Pokud se však udělá analýza dat z obou ročníků výsadeb, je závislost patrná. Koefficient korelace zde byl 0,42, což ukazuje na poměrně silnou korelaci. Regresní model ovšem analýzu určil, i když velice těsně jako statisticky nevýznamnou a nemá tedy vypovídající hodnotu.

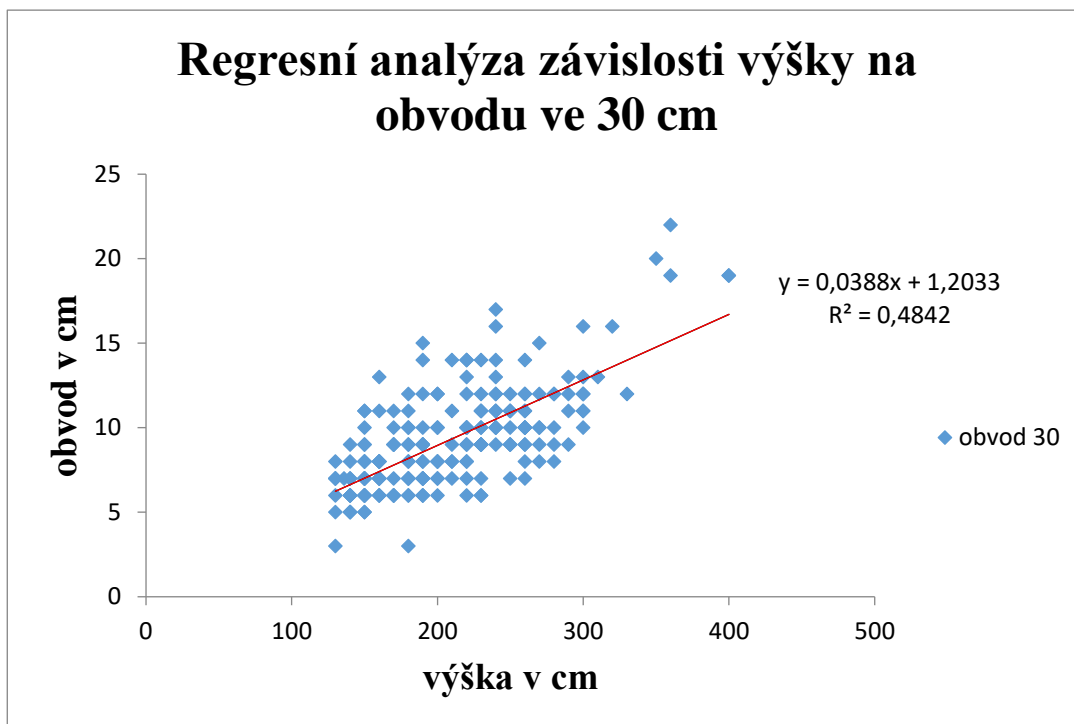


Obrázek 19 - Regresní analýza závislosti objemu příkopu na výšce stromu Acacia saligna 2015

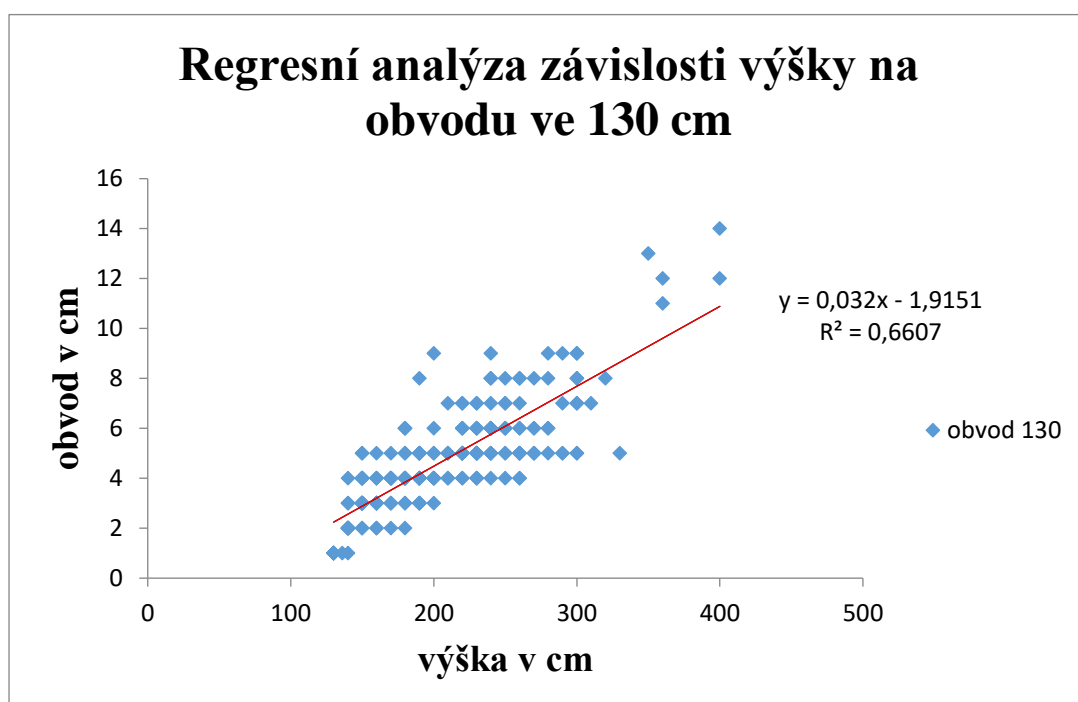
Regresní statistika						
Násobné R	0,094218704					
Hodnota spolehlivosti R	0,008877164					
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,004089131					
Chyba stř. hodnoty	54,75256249					
Pozorování	209					
ANOVA						
	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F	
Regrese	1	5558,095647	5558,095647	1,854031536	0,174795364	
Rezidua	207	620553,5216	2997,843099			
Celkem	208	626111,6172				
	Koeficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%
Hranice	204,5554299	5,810186301	35,20634611	2,43783E-89	193,1007034	216,0102
objem	0,000190724	0,00014007	1,361628267	0,174795364	-8,54237E-05	0,000467

Obrázek 20 – Výpis hodnot regresní analýzy

Pomocí lineární regresní analýzy závislosti výšky na obvodech ve 30 a 130 cm bylo také potvrzeno, že se jedinci vyvíjejí standardně. Jejich růst není ovlivňován žádným vnějším faktorem, kterým mohou být býložravci nebo domorodí obyvatelé. Na plochách nebyly při terénním šetření zaznamenány známky okusu ani poškození lidskou činností. Míra závislosti je patrná z následujících grafů. Koeficienty korelace činily u obvodu v 30 cm 0,696 a u obvodu ve 130 cm 0,813.



Obrázek 21 - Regresní analýza závislosti výšky na obvodu ve 30 cm



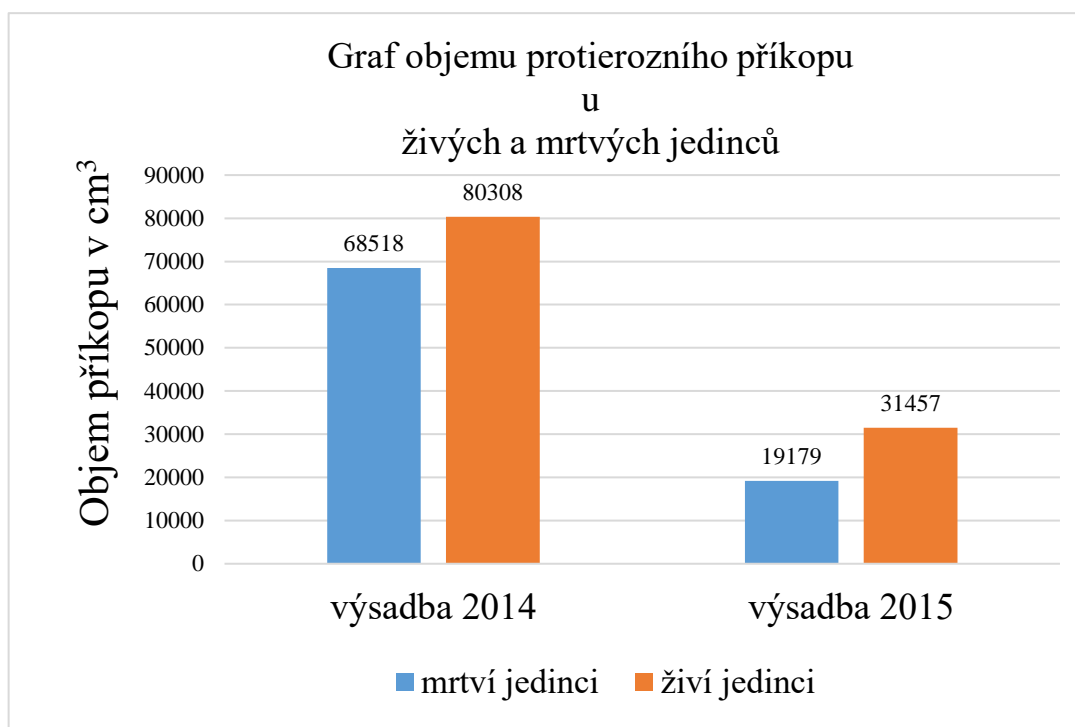
Obrázek 22 - Regresní analýza závislosti výšky na obvodu ve 130 cm

5. DISKUZE

Při vyhodnocení výsledků zkoumání úspěšnosti výsadeb v kebeli Kejima Umbullo byla zjištěna 66,1% ujímavost sazenic u výsadby 2014 a 55% ujímavost sazenic u výsadby 2015. Dle Hofmanna (2016), který měřil výsadby z roku 2012 na území stejné kebele, asi 2 km východně, činila průměrná úspěšnost ujmoutí sazenice *Acacia saligna* 82 %. Hofmann (2016) použil jinou metodiku, než je popsána v této práci. Měřil všechny dřeviny a jejich úspěšnosti na kruhových plochách o poloměru 12,61 m s obsahem 500 m². Jeho výzkumné plochy byly pravidelně rozmístěny na třech vrcholech, přičemž první vrchol měl nejmenší procentuální úspěšnost *Acacia saligna* 71,95 %. Druhý vrchol měl úspěšnost 85,8 % a třetí vrchol 88,44 %. Rozdílné výsledky poukazují na proměnlivost podmínek v rámci malého území. Na samotné výsadby také působily nestejně klimatické podmínky při jejich ujímání a určitý vliv také mělo použití rozdílné metody měření porostu.

Krieglerová (2012) také zjišťovala úspěšnost výsadeb na ploše téměř sousedící s výzkumnými plochami měřenými v této práci. Postupovala metodou plošného měření, zaznamenala tedy všechny jedince v dané oblasti. Její zjištěná úspěšnost činila 58 % pro výsadby z roku 2009 a 44 % u výsadeb z roku 2010. Pro srovnání jsou však tyto hodnoty zkreslující, neboť hodnotila úspěšnost u všech v té době vysázených druhů a nejsou k dispozici konkrétní hodnoty pro *A. saligna*. V této době se také sazenice nesázely s protierozním příkopem, které dle zjištěných výsledků mají prokazatelný pozitivní vliv na ujímavost. Může to však poskytnout rámcovou představu o celkové ujímavosti dřevin na těchto plochách.

Z hlediska závislosti ujímavosti sazenic na protierozních opatřeních, konkrétně na vsakovací jamce *improved pit* bylo provedeno několik lineárních regresních analýz různých závislostí. Nejsignifikantnější závislost byla pozorována u vztahu objemu zasakovacího příkopu a výšky stromu. Závislost nebyla nikterak velká, avšak byla pozitivní. To bylo zjištěno u výsadeb z roku 2014. Ve výsadbách z roku 2015 se pozitivní závislost také dokázala, ale analýza vyhodnotila model jako statisticky nevýznamný. Nicméně se potvrdilo, že velikost protierozního příkopu má pozitivní vliv na úspěšnost výsadeb. Toto tvrzení také podporuje srovnání průměrné velikosti příkopu u živých a mrtvých jedinců v následujícím grafu. Z grafu je patrné, že mrtví jedinci měli u výsadeb 2014 až o 15 % menší příkop než živí a u výsadeb 2015 tento rozdíl činil dokonce 39 %.



Obrázek 23 - Graf objemu protierozního příkopu u živých a mrtvých jedinců

Graf dále ukazuje propastný rozdíl v objemu mezi jednotlivými roky, který byl zapříčiněn odlišnou lokalizací jednotlivých výsadeb. Rozhodující veličinou v tomto porovnání byla hloubka protierozních příkopů, která zásadně ovlivnila výpočet objemu. Zatímco u výsadby 2014 se průměrná hloubka příkopu pohybovala okolo 18 cm, tak u výsadby 2015 to bylo pouhých 7 cm. Délka a šířka příkopů se mezi výsadbami významně nelišila.

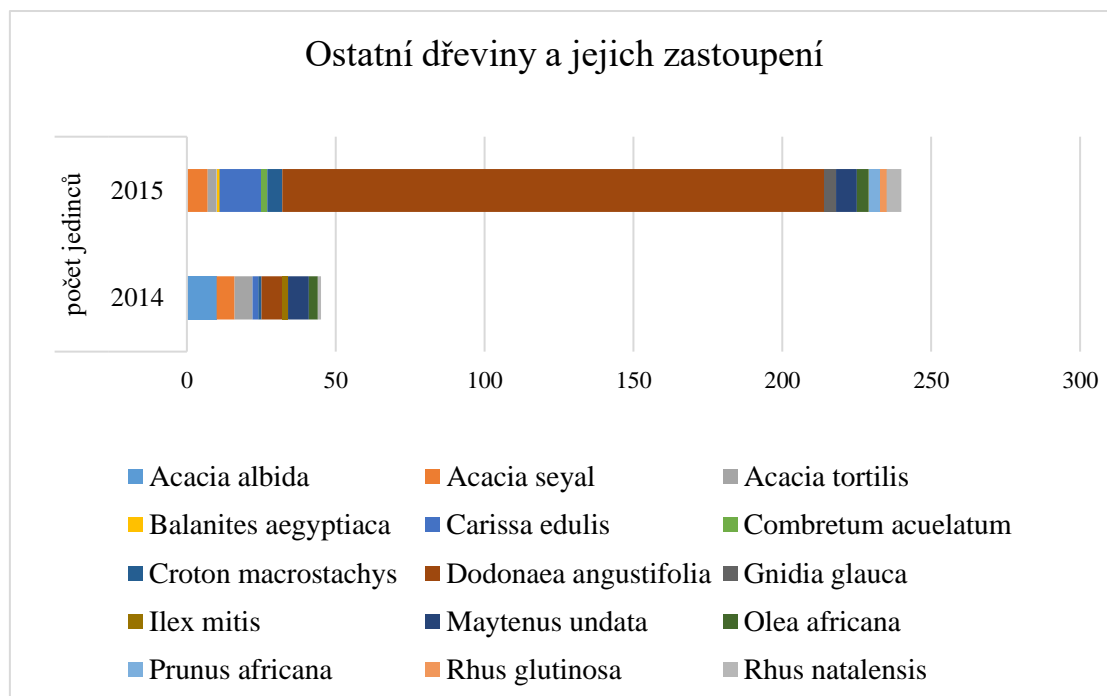
Výsadba z roku 2015 se nalézá v těsné blízkosti abrazní terasy, která je na mnoha místech vysoká i několik metrů. Při deštích se z tohoto erozního útvaru vyplavuje velké množství zeminy, která končí v protierozních příkopech a ty nejsou dále schopny zachytit požadované množství dešťové vody. Nejhorší situace panovala v těsné blízkosti abrazní terasy, kde v mnoha případech kvůli naplavené zemině nebylo možné protierozní příkop změřit nebo dokonce lokalizovat. Tyto zcela zaplněné příkopy však nadále pomáhají vsakovat vodu do půdy, protože se jedná o půdy propustné. Mimo příkopy je půda udusaná a nepropustná, čímž připomíná spíše horninu.

Vliv sklonu svahu na ujímavost a růst *A. saligna* se nepotvrdil. Závislost na objemu příkopu se také ukázala jako nevýznamná. Protierozní příkopy na prudších svazích nebyly podle očekávání více zaneseny naplavenou zeminou. Svou roli zde hrál

především vegetační kryt, který zabraňoval zanášení. Ve všech výsadbách je přísně zakázána pastva a podle stavu zdejší vegetace toto nařízení místní pastevci respektují. Během terénního šetření nebylo možné spatřit pasoucí se stáda bez dozoru. Dle výročních projektových zpráv byli místní o problematice poučeni při workshopech a podíleli se i na zalesňovacích pracích.

Regresní lineární analýzy závislosti obvodu stromu na jeho výšce ukázaly normální předpokládaný růst obou hodnocených výsadeb a to jak u obvodu ve 30 cm, tak i u obvodu měřeném ve 130 cm. Porosty tedy nejsou ovlivňovány dobyt看em ani člověkem a nepůsobí na ně žádný stresový faktor kromě klimatického. Průměrná výška výsadby 2014 činila 316 cm a u výsadby 2015 byla 210 cm. Jednoduchým výpočtem lze zjistit roční přírůstek okolo jednoho metru.

V rámci hodnocení úspěšnosti výsadeb byly sledovány původní dřeviny, které se v porostech vyskytují. Celkový počet zde nalezených a určených druhů byl 15. Jednalo se o druhy *Acacia albida*, *Acacia seyal*, *Acacia tortilis*, *Balanites aegyptica*, *Carissa edulis*, *Croton macrostachys*, *Gnidia glauca*, *Ilex nitis*, *Maytenus undata*, *Olea africana*, *Prunus africana*, *Rhus glutinosa*, *Rhus natalensis* a *Dodonea angustifolia*, která je zde nepůvodní a vysévá se zde metodou *direct sowing*.

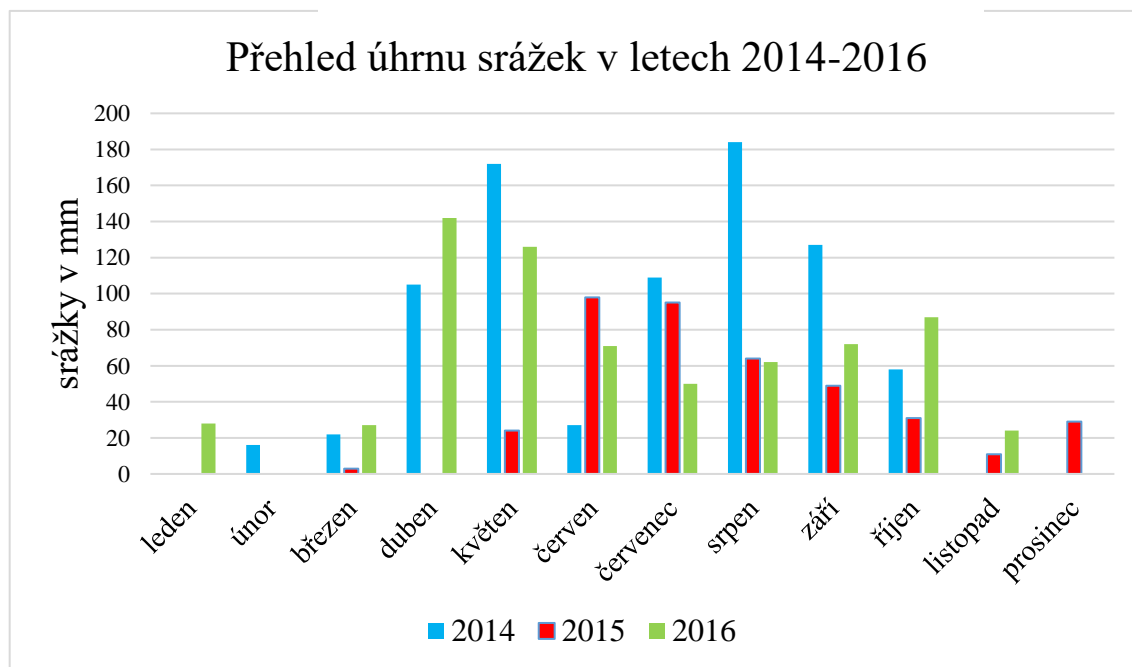


Obrázek 24 - Ostatní dřeviny a jejich zastoupení

Přítomnost původních druhů poukazuje na úspěšnost *A. saligna* jakožto přípravné dřeviny. Z grafu lze vyčíst, že čím je porost starší, dokáže lépe udržovat vhodné mikroklima pro růst důležitých domorodých druhů.

Dřevina	počet jedinců	
	2015	2014
<i>Acacia albida</i>	10	0
<i>Acacia seyal</i>	6	7
<i>Acacia tortilis</i>	6	3
<i>Balanites aegyptiaca</i>	0	1
<i>Carissa edulis</i>	2	14
<i>Combretum acuelatum</i>	0	2
<i>Croton macrostachys</i>	1	5
<i>Dodonaea angustifolia</i>	7	182
<i>Gnidia glauca</i>	0	4
<i>Ilex mitis</i>	2	0
<i>Maytenus undata</i>	7	7
<i>Olea africana</i>	3	4
<i>Prunus africana</i>	0	4
<i>Rhus glutinosa</i>	0	2
<i>Rhus natalensis</i>	1	5
Celkem	45	240

Obrázek 24 – Tabulka zjištěných ostatních druhů dřevin



Obrázek 25 - Přehled úhrnu srážek v letech 2014-2016, zdroj dat: (Tutiempo, 2017)

Výrazné ovlivnění výsledků měření zejména u výsadby 2015 bylo zapříčiněno klimatickou anomálií, která výrazně ovlivnila roční úhrn srážek na rozsáhlém území Etiopie, ale i jinde ve světě. Dostupná klimatická data naznačují, že úbytek srážek byl až poloviční oproti předchozím i následujícím rokům. (Tutiempo, 2017) Rozhodující vliv na ujímavost mělo především neobvyklé jarní sucho, které mělo na čerstvě vysázené sazenice velmi negativní vliv. V následujícím roku 2016 byl již úhrn srážek běžný. *Acacia saligna* se však dokázala i přes nepříznivé sucho velmi dobře ujmout a je schopna plnit svou protierozní a přípravnou funkci.

6. ZÁVĚR

Problém eroze je aktuálním tématem po celém světě. Se změnami klimatu budou tyto problémy dokonce narůstat. Je tedy otázkou jak se k věci postaví zejména lidé, kteří obývají tyto zranitelné oblasti a hospodaří na nich. Se vzrůstajícím počtem obyvatel je nutné vylepšovat technologie hospodaření takovým způsobem, aby se dopady na krajinu snížily co možná nejvíce. Bez zahraniční pomoci se však země, jako je Etiopie většinou neobejdou. Proto je pro budoucí vývoj planety rozhodující především vzdělání místních obyvatel a také výchova nových expertů na danou problematiku. Ve většině těchto států bývá největší překážkou pro účinný management krajiny politická situace a lhostejnost vládnoucích úředníků.

Lesy v Etiopii ubývají podobným tempem jako jinde v tropickém světě. V současnosti jsou etiopské primární lesy na méně než 2 % původní rozlohy. Vykácené plochy jsou často nahrazovány rychle rostoucími a ekonomicky výhodnějšími dřevinami jako je například *Eucalyptus sp.* Tento způsob hospodaření není nejvhodnější, ale je určitě vhodnější než ponechat půdu degradaci. Navíc eukalyptus slouží místním jako konstrukční materiál, kterého se zde spotřebuje opravdu hodně. Díky jednoduchosti pěstování tak již nebudou muset brát dřevo z lesů a je tedy velká šance, že se do náhorních plošin Etiopie opět vrátí přirozené porosty. Z výsledků je patrné, že protierozní výsadby plní svůj účel, stabilizují svahy a vytvářejí vhodné mikroklimatické podmínky pro uchycení původních druhů.

Projekty Mendelovy univerzity v Brně proto ve velké míře spolupracují s místními lidmi i autoritami a nechávají je tak samostatně pracovat na zlepšení vlastních životních podmínek. Z výsledků mé práce můžeme usoudit, že obyvatelé svůj postoj k obnově porostů myslí vážně a že se můžeme do budoucna těšit na zalesněné svahy úspěšně odolávající erozním silám.

7. CONCLUSION

The problem of erosion is relevant all around the globe. Climate change is even going to contribute to amplify it. The question is how the people who inhabit and farm these fragile areas will face the issue. Improving agriculture technology in a way that minimizes the impact on landscape is necessary due to increasing population. However, countries like Ethiopia can seldom manage without foreign help. That is why educating locals as well as upbringing of new experts are vital for the future development of our planet. The political situation and a general apathy regarding the landscape are the main setbacks for an effective landscape management in the majority of these countries.

The forests in Ethiopia are disappearing at a similar rate as in other tropical regions. Currently the Ethiopian primary forests take up less than 2 % of original area. Felled out areas are often replaced by fast-growing and more profitable woods such as *Eucalyptus sp.* This way of growing is not ideal but is definitely more suitable than leaving the land to degrade over time. Moreover, eucalyptus serves to satisfy the large demand for wood as a construction material. Thanks to the simplicity of the growing process, the need for forest wood will dissipate and there is a chance that original vegetation will in time return to the high plateaus of Ethiopia. According to results plantings really fulfill their purpose, stabilize steep slopes and create suitable microclimatic conditions for original species.

The Mendel University cooperates with local authorities as well as with locals themselves, thus leaving them to work on improving their living conditions independently. The results of this paper prove that Ethiopians are determined to revitalize the vegetation and that wooded slopes resistant to erosion forces will become reality.

8. POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA

8.1. Publikace

- BEKELE-TESEMMA, Azene; BIRNIE, Ann; TENGNAS, B. *Useful trees and shrubs for Ethiopia. Regional Soil Conservation Unit (RSCU)*, Swedish International Development Authority (SIDA), 1993, 2: 123-127.
- BERRY, Leonard. *Land degradation in Ethiopia: Its extent and impact*. Commissioned by the GM with WB support, 2003, 2-7.
- BISHAW, Badege. *Deforestation and Land Degredation in the Ethiopian Highlands: A Strategy for Physical Recovery*. Northeast African Studies, 2001, 8.1: 7-25.
- ČRA, PROJEKT, *Trvale udržitelné hospodaření s půdními, lesními a vodními zdroji jako pilotní model pro rozvoj komunit jižní Etiopie*, Brno, 2010. Mendelova Univerzita v Brně
- DORAN, John C. *Australian trees and shrubs: species for land rehabilitation and farm planting in the tropics*. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1997.
- FAO, FAO. *UNESCO soil map of the world, revised legend*. World Resources Report, 1988, 60: 138.
- FAO, *Highlands Reclamation Study Ethiopia Final Report*, Vol. I&II. Rome, Italy, 1986
- HOFMANN, Radek. *Zhodnocení úspěšnosti výsadeb v rámci protierozních opatření z roku 2012 v oblasti Umbulo Kajima (SNNPR, Etiopie)*. Brno. 2016. Bakalářská práce. Mendelova Univerzita v Brně
- KRIEGLEROVÁ, Tereza. *Rehabilitace degradovaných půd lesnickými opatřeními, případová studie Awassa Zuria Woreda z jižní Etiopie*. Brno. 2012. Diplomová práce. Mendelova Univerzita v Brně
- HOLÝ, Miloš. *Eroze a životní prostředí*. České vysoké učení technické, 1994.
- KEYZER, Michiel A.; SONNEVELD, Ben GJS. *The effect of soil degradation on agricultural productivity in Ethiopia: a non-parametric regression analysis*. In: Economic Policy and Sustainable Land Use. Physica-Verlag HD, 2001. p. 269-292.

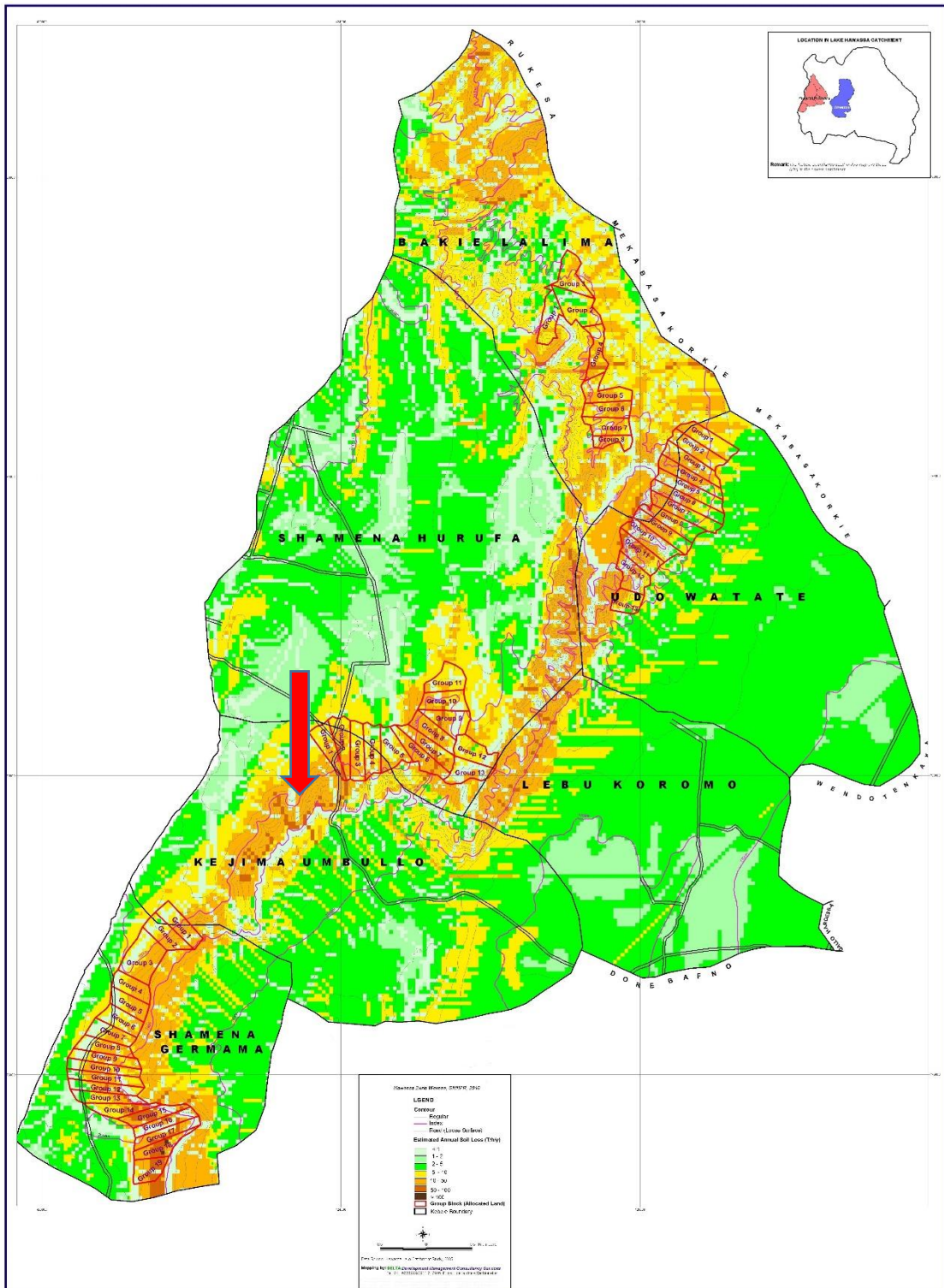
- MACLACHLAN, Mark; ESHETIE, Getaneh; FENTAHUM, Tafere. *Manual of Highland Ethiopian Trees and Shrubs: Prepared for Development Agents of "dega" Areas in Region 3*. SIM Forestry Study Project, 2002.
- MASLIN, Bruce; MCDONALD, Maurice. *AcaciaSearch: evaluation of Acacia as a woody crop option for southern Australia*. *Acacia Utilisation and Management—Adding Value*, 2006, 26: 86.
- MCDONALD, Maurice; O'SULLIVAN, Wayne; MASLIN, Bruce. *Variation in Acacia saligna (Mimosaceae) has Implications for its Domestication*. *Acacia Utilisation and Management—Adding value*, 2006, 26: 91.
- NĚMEC, Petr, 2015. *Roční zpráva o realizaci projektu ZRS: Trvale udržitelné hospodaření s půdními, lesními a vodními zdroji jako pilotní model pro rozvoj komunit jižní Etiopie*. Brno: Mendelova univerzita v Brně.
- NĚMEC, Petr, 2017. *Roční zpráva o realizaci projektu ZRS: Trvale udržitelné hospodaření s půdními, lesními a vodními zdroji jako pilotní model pro rozvoj komunit jižní Etiopie*. Brno: Mendelova univerzita v Brně.
- NYSSSEN, Jan, et al. *Land degradation in the Ethiopian highlands*. In: *Landscapes and landforms of Ethiopia*. Springer Netherlands, 2015. p. 369-385.
- PAVLIŠ, Jindřich, NĚMEC, Petr a NOVÁK, Jan, 2013. *Roční zpráva o realizaci projektu ZRS: Trvale udržitelné hospodaření s půdními, lesními a vodními zdroji*
- POSCHEN-EICHE, Peter, et al. *The application of farming systems research to community forestry. A case study in the Hararge Highlands, Eastern Ethiopia*. Triops Verlag (Tropical Scientific Books), 1987.
- REYNOLDS, James F., et al. *Global desertification: building a science for dryland development*. *science*, 2007, 316.5826: 847-851.
- SELESHI, Yilma; ZANKE, Ulrich. *Recent changes in rainfall and rainy days in Ethiopia*. *International journal of climatology*, 2004, 24.8: 973-983.
- SETEGN, Shimelis G., et al. *Spatial delineation of soil erosion vulnerability in the Lake Tana Basin, Ethiopia*. *Hydrological Processes*, 2009, 23.26: 3738-3750.
- SHIFERAW, Bekele; HOLDEN, Stein. *Soil erosion and smallholders' conservation decisions in the highlands of Ethiopia*. *World development*, 1999, 27.4: 739-752.

- SUTCLIFFE, J. Peter. Economic assessment of land degradation in the Ethiopian highlands: A case study. *National Conservation Strategy Secretariat, Ministry of Planning and Economic Development, Addis Ababa, 1993.*
- TEFERA, B., AYELE, G., ATNAFE, Y., JABBAR, M. A., DUBALE, J., USAID 2005. *Ethiopia Southern Nations, Nationalities and Peoples Region (SNNPR) Overview of Livelihood Profiles*
- THIEDE, Brian. *ACSF-Oxfam Rural Resilience Project, Case Study: Kejima (Hawassa Zuria)*, Ethiopia, březen 2014.
v Brně.
- WORLD BANK, 1996, *Toward Environmentally Sustainable Development in Sub-Saharan Africa. A World Bank Agenda.* The World Bank, Washington, DC

8.2. Internetové zdroje

- ADUGNA, Aynalem. *Southern Nations Nationalities and Peoples Demography and Health*, červenec 2014 [online], [cit. 4. dubna 2017]. Dostupné z: <http://www.ethiodemographyandhealth.org/SNNPR2014.pdf>
- CIA, 2017, "The World Factbook: ETHIOPIA." Central Intelligence Agency. [online], [cit. 3. dubna 2017]. Dostupné z: <https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/geos/et.html>
- CRUMMEY D. E., MEHRETU, A., MARCUS H. G., 2017, Ethiopia: Introduction. *Encyclopedia Britannica* [online], [cit. 3. dubna 2017]. Dostupné z: <http://www.britannica.com/place/Ethiopia>
- TUTIEMPO, Network S. L., 2017, "Climate Awassa - Climate data (634600)." [online], [cit. 15. dubna 2017]. Dostupné z: <https://en.tutiempo.net/climate/ws-634600.html>

9. PŘÍLOHY



Obrázek 26 - Mapa kebeli v okolí sledovaných ploch, zdroj: Němec, 2015



*Obrázek 27 - Úspěšné výsadby *A. saligna* z roku 2014*



Obrázek 28 – Méně úspěšná výsadba z roku 2015



Obrázek 29 - *Dodonea angustifolia*



Obrázek 30 - Hluboká erozní rýha



Obrázek 31 - Protierozní příkopy zcela zaplaveny zeminou ve výsadbě 2015



Obrázek 32 - Protierozní příkopy s uhynulými stromy