

Wattwil und Oberwil-Lieli, 31. Oktober 2019

Nachhaltiger Erosionsschutz mit Holzwolle und naturgemässer Begrünung

Schlussbericht

Projekt Nr.: 17431.2 PFIW-IW

Projektbeginn: April 2015 Laufzeit: bis 31.5.2019

ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem Klimawandel und damit einhergehenden Starkniederschlägen steigt das Risiko für Rutschungen an neu erstellten Böschungen. Den wichtigsten Schutz leistet eine stabile Vegetation mit einem starken Wurzelwerk. Aus diesem Grund werden Böschungen jeweils so rasch als möglich begrünt.

Zur Unterstützung der Begrünung werden Erosionsschutzprodukte eingesetzt. Ihre Struktur gewährleistet während der Etablierungsphase der Vegetation einen Schutz der Keimlinge und der Bodenoberfläche vor Erosion durch Wind, Regen und Schnee. Es handelt sich dabei um gewobene oder gestreckte Netze oder Gelege aus Kunst- oder Naturfasern. In den letzten 10 bis 15 Jahren wurden in der Schweiz vor allem Netze aus importierten Naturfasern (Kokos, Jute, Hanf, Sisal und Baumwolle) eingebaut.

Dank der Entwicklungsarbeit des einzigen verbliebenen Holzwolleherstellers in der Schweiz stehen seit einigen Jahren auch Holzwollevliese als Erosionsschutz zur Verfügung. Das einheimische Holz hat den Vorteil, dass im Gegensatz zu den importierten Materialien keine unerwünschten Organismen eingeschleppt werden können. Holzwollevliese sind zudem im Gegensatz zu anderen Produkten nicht mit Pestiziden oder anderen chemischen Stoffen behandelt, die nach Verlegen der Netze in die Umwelt gelangen.

In den USA war die Verwendung von Geonetzen aus Holzwolle im Gegensatz zur Schweiz schon seit den 1960er-Jahren weit verbreitet. Neben den genannten Vorteilen fallen auch die physikalischen Eigenschaften der Holzwolle positiv ins Gewicht. Die Holzwollevliese weisen im Vergleich mit anderen Produkten ein besseres Wasserrückhalte- und Wasserspeichervermögen auf. Damit sind die sich entwickelnden Keimlinge nach der Aussaat besser vor Temperaturschwankungen und Trockenphasen geschützt.

Das vorliegende Forschungsprojekt zielte darauf ab, die Eignung von Holzwollevliesen in Kombination mit hochwertigen, ebenfalls lokal gewonnenen Saatgutmischungen im Hinblick auf die Erosionsschutzwirkung zu untersuchen und weiter zu optimieren.

Als Versuchsflächen wurden insgesamt vierzehn Standorte von neu angelegten Böschungen ausgewählt. Pro Standort wurden je vier verschiedene Typen von Holzwollevliesen nach einem einheitlichen Design verlegt. Die vier Typen unterschieden sich einerseits in den verwendeten Holzarten, andererseits im Netz, in das die Holzwolle eingearbeitet ist. In Laborversuchen wurden die Wasseraufnahmefähigkeit und die Zugfestigkeit dieser Holzwolletypen geprüft.

Für die Begrünung wurden zwei verschiedene Saatgutmischungen verwendet. Zum einen kam eine Mischung von autochthonem Saatgut zur Anwendung (Projekt-Samenmischung

nach Holo-Sem-Standard). Dabei handelt es sich um ein lokal gewonnenes, artenreiches, standörtlich optimal an die Begrünungsfläche angepasstes Saatgut, das im Umkreis von maximal 15 km um den Ansaatstandort in artenreichen Naturwiesen gewonnen wird. Diese autochthone Saatgutmischung wurde dem handelsüblichen Saatgut (VSS-Mischung) gegenübergestellt, die ebenfalls artenreich zusammengesetzt ist, jedoch teilweise aus Importen aus dem Ausland stammt und zudem in der Arten- und Ökotypenzusammensetzung nicht an den spezifischen Standort angepasst ist.

Im Ergebnis zeigten die Labortests signifikante Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Holzwolletypen in Bezug auf die Wasseraufnahmefähigkeit und die Zugfestigkeit. Die Unterschiede wirkten sich allerdings im Feld nicht signifikant auf den Begrünungsgrad und/oder die Erosion aus. Neben dem generellen Schutz durch die Holzwolle und dem Einsatz von geeignetem Saatgut wirkten sich vor allem Standortfaktoren auf den Begrünungserfolg und den Erosionsschutz aus, insbesondere Humusgehalt, Hangneigung, Exposition, Höhenlage sowie Hangstabilität. Dabei zeigte sich auch, dass Holzwollevliese zwar gut vor oberflächlicher Erosion zu schützen vermögen, jedoch erwartungsgemäss keine mitteltiefe Erosion verhindern können.

Hinsichtlich des verwendeten Saatguts haben die Felduntersuchungen keine Unterschiede im Begrünungsgrad, jedoch in der Artenzusammensetzung zwischen den beiden verwendeten Mischungen gezeigt. Hierbei wurden mit der autochthonen Saatgutmischung mehr Arten und eine lokaltypischere Artenzusammensetzung festgestellt. Ob sich die etablierte Vegetation bei Verwendung von autochthonem Saatgut wie postuliert längerfristig besser hält als mit nicht spezifisch lokal- und standortangepassten Handelsmischungen, konnte aufgrund der zu wenig ausgedehnten Versuchsdauer nicht eruiert werden.

Aus den Projektergebnissen ergaben sich folgende weiteren Erkenntnisse:

- Eine höhere Grammatur bei den Holzwollevliesen verbessert zwar den direkten Erosionsschutz und das Wasserrückhaltevermögen, kann aber die Etablierung der Vegetation behindern, vor allem von zweikeimblättrigen Pflanzen. Die anfänglich verwendeten Rezepturen wurden aus diesem Grunde im Laufe des Projekts angepasst.
- Rohböden sind in der Regel schwierig zu begrünen, wobei ein hoher Grobkiesanteil, eine starke Besonnung (z.B. Südexposition) sowie eine zunehmende Höhenlage einen Begrünungserfolg zusätzlich erschweren.
- Die Holzwollevliese sorgen zwar für bessere Wasserspeicherung und einen Schutz der Keimlinge. Zusätzlich wird aber empfohlen, beim Böschungsaufbau im Falle von kiesreichen Rohböden in den obersten 10 cm etwas nährstoffarmen Humus (A-Horizont) beizumischen oder zumindest bei der Aussaat geringe Mengen an langfristig wirksamem organischem Dünger beizugeben. Kommt eine Hydrosaat zum Einsatz, sollte bei humusfreien Böschungen zudem der Einsatz von etwas Kompost erwogen werden, um die Etablierung der Aussaat auf Rohböden zu verbessern.
- Mit dem Einsatz unterschiedlicher Holzwolletypen kann die Dauer des Verrottungsvorgangs gesteuert werden. Buchenholz wirkt bei der Verrottung zudem als natürlicher Dünger.

Hintergrundinformationen

A) Erosionsschutz aus Holzwolle

Seit über 50 Jahren werden in den USA Erosionsschutzvliese aus Holzwolle hergestellt, hauptsächlich aus Eschen und Pappeln. In Europa ist das Wissen über die Eignung der verschiedenen einheimischen Hölzer für die Verwendung in Produkten aus Holzwolle im Bauwesen verloren gegangen.

Im Jahr 2012 hat die Firma Lindner Suisse dem Bundesamt für Umwelt BAFU ein Gesuch zur finanziellen Unterstützung des Projekts «Entwicklung und Anwendung von naturbessener Holzwolle im Grundbau und in der Sediment Control» eingereicht. Dieses Projekt wurde vom BAFU mit CHF 60'000 unterstützt. Es hatte zum Ziel, auf Basis der Praxis in den USA Anforderungsprofile für verschiedene Schweizer Einsatzgebiete zu entwerfen und die Rahmenbedingungen im Schweizer Markt zu beleuchten. Anschliessend sollten einheimische Holzwollevliese entwickelt werden, die den Anforderungsprofilen genügen. Die Auswertung dieses Projekts erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Institut für Bauen im alpinen Raum IBAR der Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Chur. Die Ergebnisse sind dem Schlussbericht zum BAFU-Projekt zu entnehmen (REF-1011-85140/2012.08, Projekt Nr.: 2012.08).

Aufgrund der positiven Erfahrungen bei mehreren Projekten im Kanton St. Gallen wurde entschieden, dieses Produkt auch für das vorliegende Forschungsprojekt auszuwählen und die Eignung verschiedener Holzwoelletypen in Kombination mit autochthonem (lokalem) Saatgut zu untersuchen.

In den Schweizer Wäldern gibt es reichlich Holz, das sich für die Produktion von Holzwollevliesen sehr gut eignet. Im idealen Fall liefern die Kantone bzw. ihre Gemeinden das Holz an Lindner 2 Jahre vor Beginn der Bauarbeiten. Lindner trocknet die Hölzer umweltfreundlich in der Luft und benötigt deshalb ca. 18 Monate für den Trocknungsprozess. Danach werden die Hölzer zu Holzwole und anschliessend zu Holzwollevliesen verarbeitet, die dem Kanton bzw. seinen Gemeinden zugestellt werden. Der Einbau an Böschungen könnte theoretisch in unmittelbarer Nähe des Abstammungsorts der Hölzer erfolgen. Auch das Saatgut für die Begrünung stammt aus der Region. Für die Kantone werden die natürlichen Ressourcen durch Realisierung dieses Forschungsprojekts optimal genutzt.

*1Bereits in den 80-iger Jahren hat Frau Dr. Urbanska Krystyna, als erste ETH-Professorin überhaupt, und ihr Team hat in einer grossen, mehrjährigen Studie über Saatgut auf den sinnvollen und erfolgreichen Einsatz von Holzwollevliesen im Bündnerland hingewiesen. Parallel dazu führten auch die Bergbahnen Elm im Glarnerland verschiedene Versuche durch. Quelle: Fattorini Marzio, Entwicklung der Vegetation auf standortgerecht renaturierten Skipisten oberhalb der Waldgrenze, ETH Zürich, Zürich 1998

B) Autochthones Saatgut

Um bei Begrünungen möglichst rasch und kostengünstig einen Pflanzenbewuchs zu erreichen, wurden bisher oft schnell wachsende Pflanzenarten eingesetzt, die in der Region nicht heimisch sind oder am betreffenden Standort gar nicht vorkommen. Bei einigen dieser Arten handelt es sich um Zuchtsorten. Mit solchen Mischungen, die sich meist nur mit viel Dünger entwickeln, entsteht ein Pflanzenbestand, der zwar rasch «begrünt», aber ungenügend an die lokalen Bedingungen angepasst ist und nach einigen Jahren zu einer instabilen Vegetation führen kann. Ein weiteres Problem liegt in den negativen Auswirkungen auf die lokale Artenvielfalt, weil sich die eingeführten Pflanzenarten und -ökotypen mit den lokal vorkommenden Arten und Ökotypen einkreuzen (Florenverfälschung). Aus diesem Grunde wird immer häufiger gefordert, dass Saatgut lokaler Herkunft und mit entsprechender Anpassung an den Aussaatstandort zum Einsatz gelangt, sogenanntes autochthones oder lokales Saatgut. In Deutschland wird die Verwendung von autochthonem oder regionalem Saatgut ab 2020 gesetzlich obligatorisch, und auch in der Schweiz sind die gesetzlichen Grundlagen ähnlich, werden aber noch nicht immer vollzogen. Mit dem von der Firma Ö+L

GmbH entwickelten HoloSem-Verfahren wird das autochthone Saat-gut in der nahen Umgebung des Aussaatstandorts auf geeigneten, nach strengen Kriterien ausgewählten Naturstandorten geerntet, getrocknet, aufbereitet und dann auf den zu begründenden Standort ausgebracht. Das mittlerweile schweizweit eingesetzte und vielfach bewährte Verfahren sollte im vorliegenden Projekt auf seine Eignung in Kombination mit den Holzwollevliesen (Howolis) geprüft werden.

C) Projektdurchführung

Das IBAR hat im Vorfeld Gespräche mit den Kantonen GR, SG und TI durchgeführt. Dabei wurde die Projektidee vorgestellt und der Bedarf an Flächen für die Installation von Erosionsschutzvliesen angemeldet. Die Kantone haben sich bereit erklärt, als Vermittler zu den potenziellen Bauherren (Gemeinden, Bauämter, Genossenschaften etc.) zu fungieren. Weitere Flächen wurden durch die beiden beteiligten Firmen beigebracht, sodass am Schluss in 8 Kantonen insgesamt 15 Versuchsflächen installiert werden konnten. Aufgrund der Flächengrösse und der Saatgutverfügbarkeit konnten nicht an allen Versuchsstandorten alle Varianten ausgetestet werden. Ursprünglich sah das Projekt vor, 30 Versuchsflächen mit 30'000 m² anzulegen. Mit den angelegten 15 Versuchsflächen wurden über 50'000 m² Holzwollevliese verlegt. Die Akquise von Versuchsflächen war sehr aufwendig, und das neue national hergestellte Material stiess immer wieder auf Widerstand seitens der Konkurrenz und mancher Bauämter. Deshalb wurde darauf verzichtet, weitere Versuchsflächen anzulegen. Auch mussten Befürchtungen einzelner Bauherrschaften ernst genommen werden. Nicht alle haben zugestimmt, dass ihre gesamte verfügbare Fläche mit allen Holzwolletypen bedeckt und mit dem autochthonen Saatgut begrünt wird. Es wurde befürchtet, dass der gewünschte Erosionsschutz nicht eintreten würde.

D) Projektbeteiligte

Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Chur

Funktion: Federführender Forschungspartner

Projektleiter: Imad Lifa. Mitarbeitende: Seraina Braun, Barbara Krummenacher, Max Witek

Zuständigkeiten: – Projektleitung – Akquise und Betreuung Projekte Graubünden und St.

Gallen – Laborprüfungen – Auswertung

Scuola universitaria professionale della Svizzera SUPSI

Funktion: Forschungspartner

Projektleiter: Christian Ambrosi. Mitarbeitende: Christian Scapozza, Claudio Castelletti,

Alessio Spataro, Dorota Czernski

Zuständigkeiten: – Akquise und Betreuung Projekte Tessin – Aufnahme Testflächen mittels

Laserscan – Laborprüfungen Korngrößenverteilung

Lindner Suisse GmbH

Funktion: Hauptwirtschaftspartner

Projektleiter: Thomas Wildberger. Mitarbeitende: Kevin Rückmar, Hansueli Hofer

Zuständigkeiten: – Produktion und Lieferung Holzwollevliese – Einweisung von

Drittunternehmern für Verlegung Holzwollevliese

Ö+L Ökologie und Landschaft GmbH

Funktion: Wirtschaftspartner Saatgut

Projektleiter: Andreas Bosshard. Mitarbeitende: Daniel Kuster, Urs Meierhofer

Zuständigkeiten: – Ernte von regionalem Saatgut – Aussaat der Versuchsflächen

RÉSUMÉ

Le changement climatique et les fortes précipitations qui y sont associées augmentent le risque de glissements de terrain sur les talus de remblai ou de déblai nouvellement construits. La protection la plus efficace est une végétation stable avec de fortes racines. C'est pour cette raison que les talus sont semés le plus rapidement possible. Des mesures de protection contre l'érosion sont utilisées pour soutenir cette végétation. Leur structure protège les semis et la surface du sol contre l'érosion causée par le vent, la pluie et la neige pendant la phase d'établissement de la végétation. Il s'agit de filets tissés ou tendus ou alors de grillages en fibres synthétiques ou naturelles. En Suisse, les protections installées au cours des derniers 10 à 15 ans sont principalement conçues en fibres naturelles importées (noix de coco, jute, chanvre, sisal et coton).

Grâce au travail de développement du seul fabricant de laine de bois existant encore en Suisse, les toisons de laine de bois sont également disponibles depuis quelques années comme protection contre l'érosion. Contrairement aux matériaux importés, le bois local présente l'avantage d'éviter l'introduction de tout organisme indésirable. À la différence d'autres produits, les toisons de laine de bois ne sont pas traitées avec des pesticides ou d'autres substances chimiques qui sont libérées dans l'environnement après la pose des filets.

Aux États-Unis, contrairement à la Suisse, l'utilisation de géomembranes en laine de bois est très répandue depuis les années 1960. Outre les avantages mentionnés ci-dessus, les propriétés physiques de la laine de bois jouent également un rôle positif par rapport à d'autres produits. Les non-tissés en laine de bois ont une meilleure capacité de rétention d'eau et de stockage. Ainsi, les plantules en développement sont mieux protégées contre les variations de température et les phases sèches après le semis.

L'objectif de ce projet de recherche était d'étudier et d'optimiser l'aptitude des non-tissés en laine de bois en combinaison avec des mélanges de semences de haute qualité, obtenus localement, quant à leur effet de protection contre l'érosion.

Au total, quatorze sites de remblai ou de déblai nouvellement construits ont été choisis comme zones expérimentales. Pour chaque site, quatre différents types de toisons de laine de bois ont été posés selon une conception uniforme. Les quatre types différaient d'une part dans les sortes de bois utilisés et d'autre part dans le filet dans lequel la laine de bois est incorporée. La capacité d'absorption d'eau et la résistance à la traction de ces types de laine de bois ont été testées en laboratoire.

Deux mélanges de semences différents ont été utilisés pour le verdissement. Tout d'abord, un mélange de semences autochtones a été utilisé (mélange développé spécialement pour le projet, selon la norme HoloSem). Il s'agit d'une semence récoltée localement, adaptée de manière optimale à l'espace vert en termes d'emplacement et récoltée dans des prairies naturelles riches en espèces dans un rayon maximal de 15 km autour du site de plantation. Ce mélange de semences autochtones a été comparé aux semences disponibles dans le commerce (mélanges VSS), qui sont également composées d'un grand nombre d'espèces, mais qui proviennent en partie d'importations étrangères et ne sont pas adaptées à l'emplacement spécifique en termes d'espèces et de composition écotypique.

Les essais en laboratoire ont révélé des différences significatives entre les différents types de laine de bois quant à la capacité d'absorption d'eau et à la résistance à la traction, mais pas dans le degré de verdissement et/ou d'érosion du terrain. Outre la protection générale assurée par la laine de bois et l'utilisation de semences appropriées, les facteurs du site ont

également eu un impact sur le succès de la plantation et la lutte contre l'érosion, en particulier la teneur en humus, l'inclinaison de la pente, l'exposition, l'altitude et la stabilité des pentes. L'étude a également montré que les toisons de laine de bois, tout en offrant une bonne protection contre l'érosion superficielle, n'empêchent pas une érosion de profondeur moyenne.

En ce qui concerne les semences utilisées, les enquêtes sur le terrain n'ont pas montré de différences dans le degré de verdissement, mais dans la composition des espèces entre les deux mélanges utilisés. Le mélange de semences autochtones a révélé plus d'espèces et une composition plus locale des espèces. Cependant, en raison d'une durée d'expérience trop courte, il n'a pas été possible de déterminer si, comme supposé, la végétation établie résisterait mieux à long terme lorsqu'on utilise des semences autochtones et non pas des mélanges commerciaux n'étant pas spécifiquement adaptés aux conditions et aux lieux.

Les résultats du projet ont permis de dégager les conclusions suivantes :

- Un grammage plus élevé de non-tissés de laine de bois améliore le contrôle direct de l'érosion et la rétention d'eau, mais peut nuire à l'établissement de la végétation, en particulier des plantes dicotylédones. Pour cette raison, les grammages initialement utilisés ont été quelque peu réduits au cours du projet.
- Les sols bruts sont généralement difficiles à verdir, une forte proportion de gravier grossier, une forte exposition à la lumière du soleil (p.ex. exposition sud) et une altitude croissante rendent le verdissement encore plus difficile.
- Les toisons de laine de bois assurent une meilleure rétention d'eau et une meilleure protection des plantules. En outre, il est recommandé d'ajouter de l'humus pauvre en nutriments dans les 10 cm supérieurs (horizon A) des sols bruts riches en gravier lors de la construction de talus, ou au moins d'ajouter de petites quantités d'engrais organiques avec un effet à long terme lors du se-mis. Dans le cas d'un ensemencement hydraulique, l'utilisation d'un peu de compost sur les pentes sans humus devrait également être envisagée afin de favoriser un bon ensemencement des sols bruts.
- La durée du processus de putréfaction peut être contrôlée en utilisant différents types de laine de bois. Le bois de hêtre sert également d'engrais naturel lors de sa décomposition.

RIASSUNTO

I cambiamenti climatici e le forti precipitazioni a essi associate aumentano il rischio di frane su argini di nuova costruzione. La protezione più importante è garantita da una vegetazione stabile con forti radici. Per questo motivo, gli argini vengono piantumati il più rapidamente possibile. Per sostenere la vegetazione vengono utilizzati prodotti di protezione contro l'erosione. La loro struttura assicura che le piantine e la superficie del suolo siano protette dall'erosione del vento, della pioggia e della neve durante la fase di formazione della vegetazione. Si tratta di reti tessute o tese o scrim di fibre sintetiche o naturali. Negli ultimi 10–15 anni, in Svizzera sono state installate principalmente reti in fibre naturali importate (di cocco, iuta, canapa, sisal e cotone).

Grazie al lavoro di sviluppo dell'unico produttore di lana di legno rimasto in Svizzera, da alcuni anni sono disponibili anche velli di lana di legno come protezione contro l'erosione. Il vantaggio del legno locale è che, a differenza dei materiali importati, non consente l'intrusione di organismi indesiderati. A differenza di altri prodotti, inoltre, i velli di lana di legno non vengono trattati con pesticidi o altre sostanze chimiche che vengono rilasciati nell'ambiente dopo la posa delle reti.

Negli Stati Uniti, a differenza della Svizzera, l'uso di geonet in lana di legno è molto diffuso sin dagli anni Sessanta. Oltre ai vantaggi di cui sopra, svolgono un ruolo positivo anche le proprietà fisiche della lana di legno. Rispetto ad altri prodotti, i nontessuti in lana di legno hanno una migliore capacità di ritenzione idrica e di immagazzinamento idrico. In questo modo le piantine in crescita sono meglio protette dagli sbalzi di temperatura e dalle fasi secche dopo la semina.

L'obiettivo di questo progetto di ricerca era quello di studiare e ottimizzare ulteriormente l'idoneità dei nontessuti di lana di legno in combinazione con miscele di sementi di alta qualità, ottenute localmente, per quanto riguarda il loro effetto di protezione dall'erosione. Sono stati selezionati come aree sperimentali quattordici siti di argini di nuova costruzione. Per ogni cantiere sono stati posati quattro diversi tipi di vello di lana di legno secondo un disegno uni-forme. I quattro tipi si differenziano da un lato per il tipo di legno utilizzato e dall'altro per la rete in cui è incorporata la lana di legno. La capacità di assorbimento dell'acqua e la resistenza alla tra-zione di questi tipi di lana di legno sono state testate in laboratorio.

Per il rinverdimento sono state utilizzate due diverse miscele di semi. In primo luogo, è stata utilizzata una miscela di semi autoctoni (miscela di progetto secondo lo standard HoloSem). Si tratta di un seme raccolto localmente, ricco di specie, che si adatta in modo ottimale alla zona verde in termini di ubicazione e che viene raccolto in prati naturali ricchi di specie in un raggio massimo di 15 km intorno al luogo di impianto. Questa miscela di semi autoctoni è stata confron-tata con i semi disponibili in commercio (miscela VSS), che è anch'essa composta da un gran nu-mero di specie, ma proviene in parte da importazioni dall'estero e non è adatta alla specifica loca-lità in termini di specie e composizione dell'ecotipo.

Come risultato, le prove di laboratorio hanno evidenziato differenze significative tra i diversi tipi di lana di legno in termini di capacità di assorbimento dell'acqua e resistenza alla trazione. Tuttavia, le differenze non hanno avuto un effetto significativo sul grado di inverdimento e/o erosione del campo. Oltre alla protezione generale offerta dalla lana di legno e all'uso di semi adeguati, i fattori di cantiere hanno avuto un impatto sul successo della lotta contro l'erosione e la messa a dimora, in particolare il contenuto di humus, l'inclinazione del pendio, l'esposizione, l'altitudine e la stabi-lità del pendio. Lo studio ha

inoltre dimostrato che i velli di lana di legno, pur fornendo una buona protezione contro l'erosione superficiale, non sono in grado, come ci si aspettava, di impedire un'erosione di media profondità.

Per quanto riguarda i semi utilizzati, le indagini in campo non hanno evidenziato differenze nel grado di rinverdimento, ma nella composizione delle specie tra le due miscele utilizzate. La mi-scela di semi autoctoni ha rivelato più specie e una composizione più locale delle stesse. A causa della durata troppo breve dell'esperimento, non è stato possibile determinare se, come ipotizzato, la vegetazione insediata avrebbe retto meglio a lungo termine quando si utilizzano sementi autoc-tone rispetto a miscele commerciali che non sono specificamente adattate alle condizioni e ai contesti locali.

Dai risultati del progetto si sono tratte le seguenti ulteriori conclusioni:

- Una maggiore grammatura dei nontessuti di lana di legno migliora il controllo diretto dell'erosione e la ritenzione idrica, ma può ostacolare l'insediamento di vegetazione, soprattutto di piante dicotiledoni. Per questo motivo, le grammature inizialmente utilizzate sono state un po' ridotte nel corso del progetto.

- I terreni grezzi sono di solito difficili da coltivare, per cui un'alta percentuale di ghiaia grosso-lana, una forte esposizione al sole (ad es. esposizione a sud) e un'altitudine crescente rendono ancora più difficile un rinverdimento efficace.

- I velli di lana di legno forniscono una migliore ritenzione idrica e protezione delle piantine. Inoltre, si raccomanda tuttavia di inserire un po' di humus povero di nutrienti (orizzonte A) nei primi 10 cm di terreno grezzo ricco di ghiaia quando si costruiscono argini, o almeno di aggiungere piccole quantità di fertilizzante organico con un effetto a lungo termine durante la semina. Se si utilizza un'idrosemina, si dovrebbe prendere in considerazione anche l'uso di un po' di compost su pendii privi di humus, al fine di migliorare l'insediamento della semina su terreni grezzi.

- La durata del processo di decomposizione può essere controllata utilizzando diversi tipi di lana di legno. Il legno di faggio agisce anche come fertilizzante naturale durante la decomposizione.

SUMMARY

Climate change and the associated heavy precipitation increase the risk of landslides on newly constructed slopes. The most important protection is provided by stable vegetation with strong roots. For this reason, slopes are planted as quickly as possible. Erosion protection products are used to support the vegetation. Their structure ensures that the seedlings and the soil surface are protected from erosion by wind, rain, and snow during the vegetation establishment phase. These are woven or stretched nets or meshes of synthetic or natural fibers. In the last 10–15 years, nets made mainly of imported natural fibers (coconut, jute, hemp, sisal, and cotton) have been in-stalled in Switzerland.

Thanks to the development work of the only remaining wood wool manufacturer in Switzerland, in the USA known as excelsior, wood wool fleeces have also been available as erosion protection for some years now. The advantage of local wood is that, unlike imported materials, no undesirable organisms can be introduced. In contrast to other products, wood wool fleeces are not treated with pesticides or other chemical substances which are released into the environment after the nets have been laid.

In the USA, in contrast to Switzerland, the use of geonets made of wood wool has been wide-spread since the 1960s. In addition to the advantages mentioned above, the physical properties of wood wool also play a positive role. Compared with other products, wood wool nonwovens have better water retention and storage capacity. Thus, the developing seedlings are better protected against temperature fluctuations and dry phases after sowing. The aim of this research project was to investigate and further optimize the suitability of wood wool nonwovens in combination with high-quality, locally obtained seed mixtures with regard to their erosion protection effect.

A total of fourteen sites of newly constructed slopes were selected as experimental areas. For each site, four different types of wood wool fleeces were laid according to a uniform design. The four types differed on the one hand in the types of wood used and on the other in the net into which the wood wool is embedded. The water absorption capacity and tensile strength of these types of wood wool were tested in laboratory tests.

Two different seed mixtures were used for the greening. Firstly, a mixture of autochthonous seeds was used (project mixture according to HoloSem standard). This is a locally harvested, species-rich seed, which is optimally adapted to the green area in terms of location and which is harvested in species-rich natural meadows within a radius of a maximum of 15 km around the planting site. This autochthonous seed mixture was compared to the commercially available seed (VSS mixture), which is also composed of a large number of species but comes in part from imports from abroad and is not adapted to the specific location in terms of species and ecotype composition.

As a result, the laboratory tests showed significant differences between the different types of wood wool in terms of water absorption capacity and tensile strength. However, the differences did not have a significant effect on the degree of greening and/or erosion in the field. In addition to the general protection provided by wood wool and the use of suitable seeds, site factors also had an impact on the success of planting and erosion control, in particular humus content, slope inclination, exposure, altitude and slope stability. The study also showed that wood wool fleeces, while providing good protection against superficial erosion, are not expected to prevent medium-deep erosion.

With regard to the seeds used, the field investigations showed no differences in the degree of greening but in the species composition between the two mixtures used. The autochthonous seed mixture revealed more species and a more local species composition. It was not possible to determine whether, as postulated, the established vegetation would hold up better in the longer term when autochthonous seed was used than with commercial mixtures that were not specifically adapted to local conditions and locations due to the inadequately extended duration of the experiment.

The results of the project led to the following further conclusions:

- A higher grammage of wood wool nonwovens improves direct erosion control and water retention but can hinder the establishment of vegetation, especially of dicotyledonous plants. For this reason, the initially used grammages were somewhat reduced in the course of the project.
- Raw soils are usually difficult to green, whereby a high proportion of gravel, strong exposure to sunlight (e.g. southern exposure) and an increasing altitude make successful greening even more difficult.
- The wood wool fleeces provide better water retention and protection of the seedlings. In addition, however, it is recommended to add some nutrient-poor humus (A horizon) to the top 10 cm of gravel-rich raw soils when building slopes, or at least to add small amounts of organic fertilizer with long-term effects when sowing. If a hydroseed is used, the use of some compost on humus-free slopes should also be considered in order to improve the establishment of sowing on raw soils.
- By using different types of wood wool, the duration of the rotting process can be controlled. Beech wood also acts as a natural fertilizer during rotting.