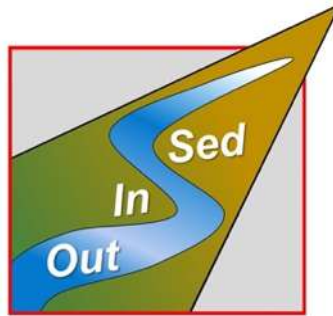




SedInOut

***Entwicklung einer Methodik zum Risk-Management
durch standardisierte Abschätzung des
Sedimenteintrages von Massenbewegungen im
Gebirgsbereich***

Übergreifende Aktivitäten (WP 3, WP 4, WP 5, WP 6, WP 7)

**Paolo Frattini, Gianluca Sala, Giovanni Crosta, Camilla
Lanfranconi**

Università degli Studi di Milano - Bicocca

Inhaltsverzeichnis

1.	WP3- Fernerkundung der Hänge im Hochgebirge und Festlegung der Testgebiete.....	3
2.	WP4 - Detaillierte Erhebungen in den Testgebieten.....	6
2.1	Fotointerpretation.....	6
2.2	Geländeerhebungen	13
3.	WP5 - Sedimentcharakterisierung	26
3.1	Rio Cucco	26
3.2	Wildbäche am linken Ufer des Fella.....	33
3.3	Rio Solfo.....	46
3.4	Rio Drigniza	56
4	WP6 - Sedimentanalyse.....	62
4.1	Quantifizierung des Sedimentvolumens	62
4.1.1	Geländeerhebungen	63
5	WP7 - Entwicklung von technischen Datenblättern, Handbüchern und Richtlinien	70
5.1	Mögliche Verwendung des Sedimentes	70
5.2	Anwendung und Wiederverwendung des Sedimentes	78
5.3	Verordnungen	84
5.3.4	Regionale Regulierungen – Region Friaul-Julisch-Venetien	85
6	Literaturverzeichnis	86

1. WP3- Fernerkundung der Hänge im Hochgebirge und Festlegung der Testgebiete

In der Region Friaul-Julisch-Venetien wurden die folgenden fünf Untersuchungsgebiete ausgewählt (**Abbildung 1**):

- *Einzugsgebiet des Rio Cucco*, linkes Fella-Becken (in diesem Bericht als Fella sx bezeichnet) und *Einzugsgebiet des Rio Solfo*, in Malborghetto (UD)
- *Einzugsgebiet von Lusevera* (Rio Drigniza), in der Gemeinde Lusevera (UD);
- *Tolina*, in der Gemeinde Froni di Sopra (UD).

Bei allen ausgewählten Einzelstudien ist ein außerordentlicher Eintrag von Hangschutt in das Gewässernetz zu verzeichnen.

Das Einzugsgebiet des Rio Cucco gilt als das am besten dokumentierte Gebiet, da zahlreiche Veröffentlichungen und Berichte vorhanden sind, welche die Zone und die Ereignisse der vergangenen Jahre beschreiben (Cavalli et al., 2007). Das Einzugsgebiet des Rio Cucco befindet sich an der rechten Flanke des Flusstals des Fella; die im oberen Teil zutage tretenden Lithologien gehören zur St. Kassian Formation, einem stark zerklüfteten triassischen Dolomit und Kalkstein (Marchi et al., 2009), während im unteren Teil massive oder gut geschichtete Dolomite und dolomitischen Kalksteine vorhanden sind (Carulli, 2006).

Das Einzugsgebiet des Fella Sx befindet sich auf der gegenüberliegenden Talseite des Rio Cucco, linksseitig des Flusses Fella. Die Informationen über diese Zone wurden bereits in Aufzeichnungen und Berichten dokumentiert. Aus lithologischer Sicht liegen Gesteine der Bellerophon-Formation (Dolomit-Member) vor. Außerdem sind einige schwarze Kalksteine vorhanden, die der Werfen-Formation zugeordnet werden (kalkhaltige und terrigene Lithotypen).

Das Einzugsgebiet des Rio Solfo befindet sich westlich von Fella sx. Es ist das zweitgrößte der ausgewählten Einzugsgebiete in der Region. Es ist durch eine Formation zwischen der oberen Trias und dem oberen Perm gekennzeichnet. Im oberen Teil des Beckens befinden sich Gesteine des Hauptdolomites, sowie Kalksteine, Schiefer, Tuffite, Kieselknotenkalke, terrigene Tuffsteine und pyroklastische Ablagerungen. Im unteren Teil befinden sich Gesteine, die aus Karbonat- und gemischten Karbonat Plattformen stammen, unter anderem Dolomit, Kalkstein, oolithischer Kalkstein, mikritischer Kalkstein und Schiefereinlagerungen (Carulli, 2006).

Das Einzugsgebiet des Lusevera (Rio Drigniza) entspricht einem Nebenfluss des Torre. Geologisch gesehen liegt das Becken fast vollständig im Hauptdolomit und schneidet nur in seinem obersten Teil die Dachsteinkalkformation. Dabei handelt es sich um Gesteine, die aus Ablagerungen in der Gezeitenebene stammen, hauptsächlich Dolomit und mikritischer/stromatolithischer Kalkstein (Carulli, 2006). In diesem Becken fallen mehr Sedimente und Geröll an als in den anderen untersuchten Becken.

Das Einzugsgebiet des Tolina liegt in der Nähe der Grenze zu Venetien und ist ein Nebenfluss des Flusses Tagliamento, an dessen linkem Ufer es liegt. Es ist das größte Einzugsgebiet und besteht aus zwei Teileinzugsgebieten. Es kann in zwei Sektoren unterteilt werden, einen nördlichen und einen südlichen. Der Grenzverlauf wird durch die Sauris-Linie bestimmt, die nach Süden abfällt. Im nördlichen Teil finden sich kalkig-terrigen Gesteine der Werfen-Formation, schluffig-steinig-konglomeratische klastische Einheiten, vulkanoklastische Basalte, Gesteine aus der basalen Ablagerung der Wengen-Formation (Kalksteine, Mergel und Sandsteine) und Schlerndolomit. Im südlichen Teil sind Kalksteine, Mergel und Sandsteine der Wengen-Formation, Kalksteine und Dolomite der St. Kassian Formation, die Einheit der Schwarzen Kalke (Kalksteine und mergelige Kalksteine), Quarzsandsteine (Einheit des Violetten Sandsteins) sowie mergelige Kalksteine und graue Mergel der Durrestien-Formation vorhanden (Venturini et al., 2002, Paronuzzi et al., 2008). Für jede Einzelstudie wurde eine Datenbank mit verfügbaren Daten erstellt, die aus historischen Luftbildern, Orthofotos (AGEA: 2011 und 2014, CGR: 1998, 2003 und 2007, LAS 2008-2010), PCR-Lasercan, digitalen topografischen Modellen (DTM), regionalen technischen Karten (CTR) und geologischen Karten im Maßstab 1:150000, Verteidigungsanlagen und Aufzeichnungen früherer Erdbeben besteht. Für einige Fallstudien (Rio Cucco, Fella sx und Tolina) liegen auch Berichte und Veröffentlichungen vor.

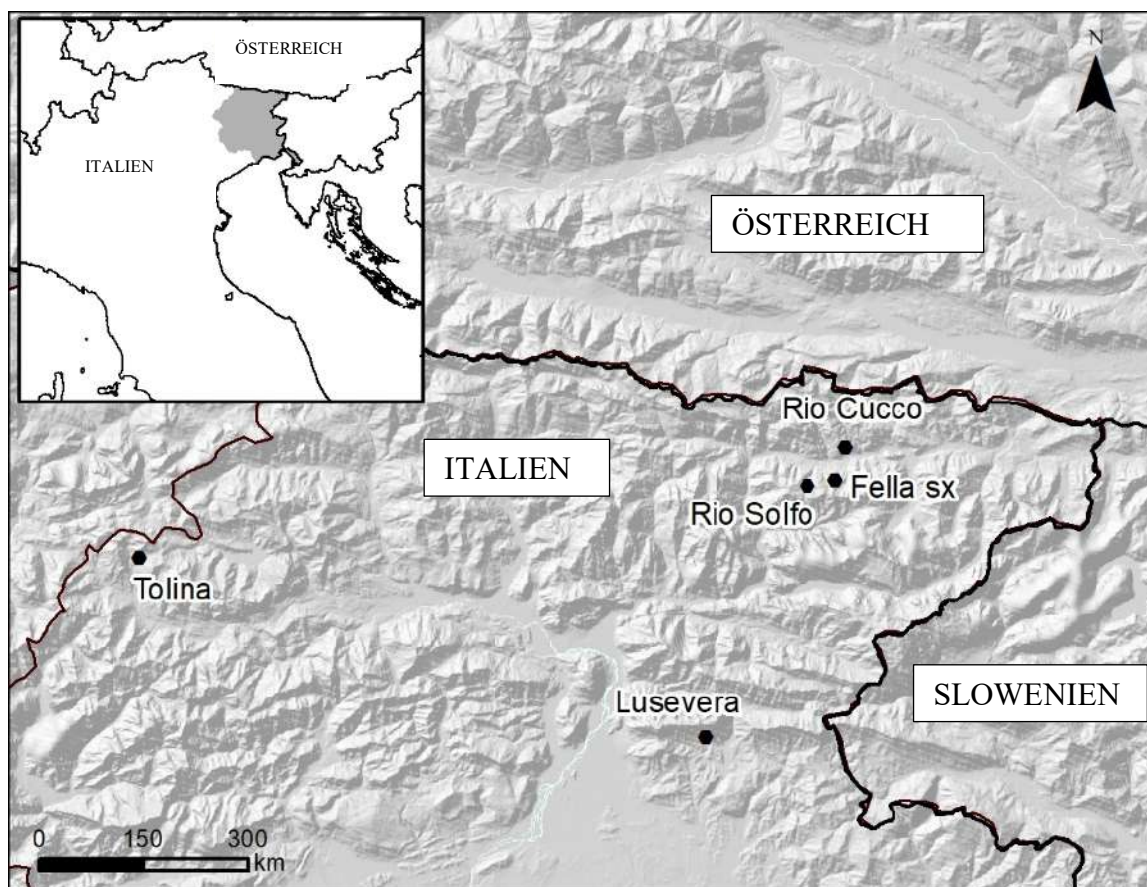


Abbildung 1. Testgebiete in der Region Friaul-Julisch-Venetien.

2. WP4 - Detaillierte Erhebungen in den Testgebieten

Zu den wichtigsten Aktivitäten in diesem Arbeitspaket zählten die folgenden Tätigkeiten:

1. Drohnenbefliegung;
2. Foto-Interpretation von Einzelstudien;
3. Geländeerhebungen.

Die Drohnen-Erhebungen wurden von der Region Friaul-Julisch Venetien mit einer DJI-Matrix 300 Drohne durchgeführt, die in einer Höhe von etwa 30 m flog und eine Bodenauflösung von etwa 2 cm erreichte. Anhand der UAV-Daten wurde die Oberflächen-Korngröße der Ablagerungen in einem halbautomatischen Verfahren bestimmt.

2.1 Fotointerpretation

Die Fotointerpretation der Ablagerungen erfolgte im Labor durch Analyse der in der Region Friaul-Julisch Venetien verfügbaren Orthofotos. Diese Analyse betraf sowohl die quartären Ablagerungen als auch die Hangbewegungen. Bei den Hangablagerungen wurden die folgenden Kategorien unterschieden:

- **Schuttkegel:** kegelförmige Anhäufungen am Fuß von Seitenbächen, die überwiegend durch Murgang Ereignisse entstehen
- **Mischkegel:** eine kegelförmige Anhäufung aufgrund von Murgängen und Einsturzprozessen. Diese Kegel sind häufig am Fuß von Felswänden an Bächen zu finden
- **Sturzschatthalde / Schuttablagerung:** Form der Anhäufung an der Basis von Felswänden aufgrund von Einsturzprozessen
- **glaziale Ablagerung, alluviale Ablagerung, lakustrine Ablagerung**

Bei den Hangbewegungen wurden die folgenden Kategorien unterschieden:

- **Murgang:** schnelles Abfließen von Geröll, Wasser und Boden
- **Gleiten:** rotationale oder translationale Hangbewegung
- **Flachgründige Rutschungen:** Rotations- oder Translationsrutschungen von begrenzter Mächtigkeit (Bodenrutschung, Bodensenkung)
- **Einsturzsrtuch:** Erdrutsch, der durch die Ablösung von Gesteinsmassen an subvertikalen Hängen gekennzeichnet ist
- **Einsturzwand:** Bereich mit potenziellen Einsturzphänomenen. Die Anhäufung solcher Phänomene ist Teil der oben erwähnten Ablagerungen.
- **Calanque s.l.:** Form der konzentrierten Erosion ähnlich den Calanques s.s.
- **Erosion:** Gebiet mit diffuser Erosion

2.2.1 Rio Cucco

Das Einzugsgebiet des Rio Cucco (**Abbildung 2**) kann in zwei Teileinzugsgebiete unterteilt werden. Das westliche Gebiet hat eine größere Ausdehnung und unterscheidet sich vom östlichen durch seinen oberen Teil, der aus mäßig steilen Hängen (20°-30°) besteht und durch eine spärliche Bodenbedeckung gekennzeichnet ist. Der mittlere Bereich des westlichen Beckens und der höher gelegene Bereich des östlichen Beckens sowie der untere Teil beider Becken sind sich recht ähnlich und zeichnen sich durch sehr steile Hänge mit steilen, steinschlaggefährdeten Felswänden aus, die Geröll erzeugen, welches als Murgang weiterverlagert werden kann. Die größten Ablagerungen bestehen aus einer Mischung aus fluvialen Ablagerungen und Murgängen, während in der Nähe des Hangfußes Schutt, gemischte Ablagerungen und Schuttkegel vorherrschen. Zudem sind Spuren weiterer Massenbewegungen wie Rutschungen, Schlammlawinen oder oberflächennahe Rutschungen im Einzugsgebiet vorhanden.

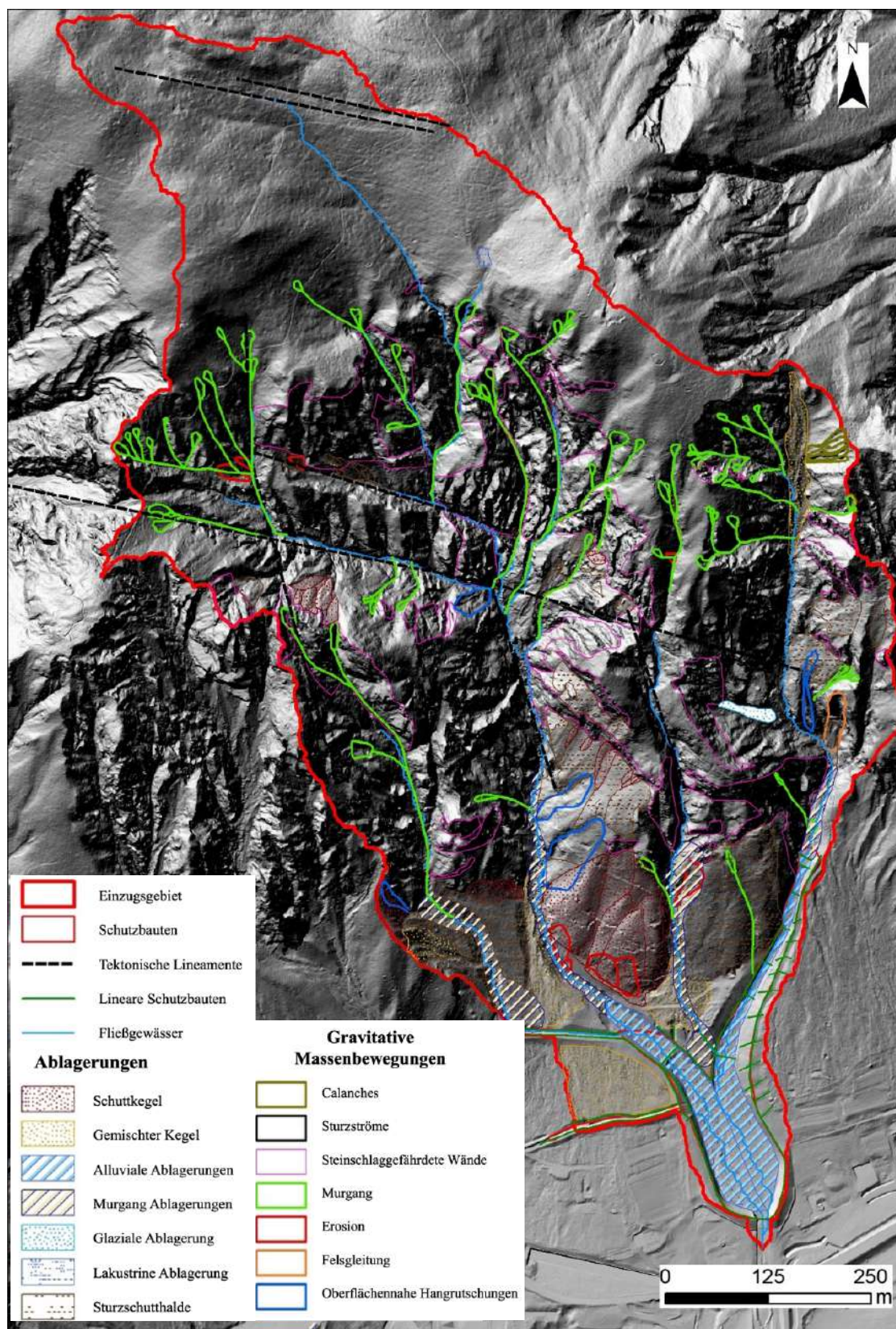


Abbildung 2. Fotointerpretation des Einzugsgebietes des Rio Cucco.

2.1.2 Wildbäche am linken Ufer des Fella-Flusses

Das linke Fella-Becken (**Abbildung 3**) wird in zwei Teilbecken unterteilt. Das Untersuchungsgebiet befindet sich auf der gegenüberliegenden Talseite des Rio Cucco und unterscheidet sich von diesem durch seine dichtere Vegetationsdecke. Die höheren Lagen der beiden Becken bestehen aus steinschlaggefährdeten Felswänden. Murgänge treten als häufigste Form von Massenbewegungen auf. Die meisten Ablagerungen sind ebenfalls auf diese Art von gravitivem Transport zurückzuführen.

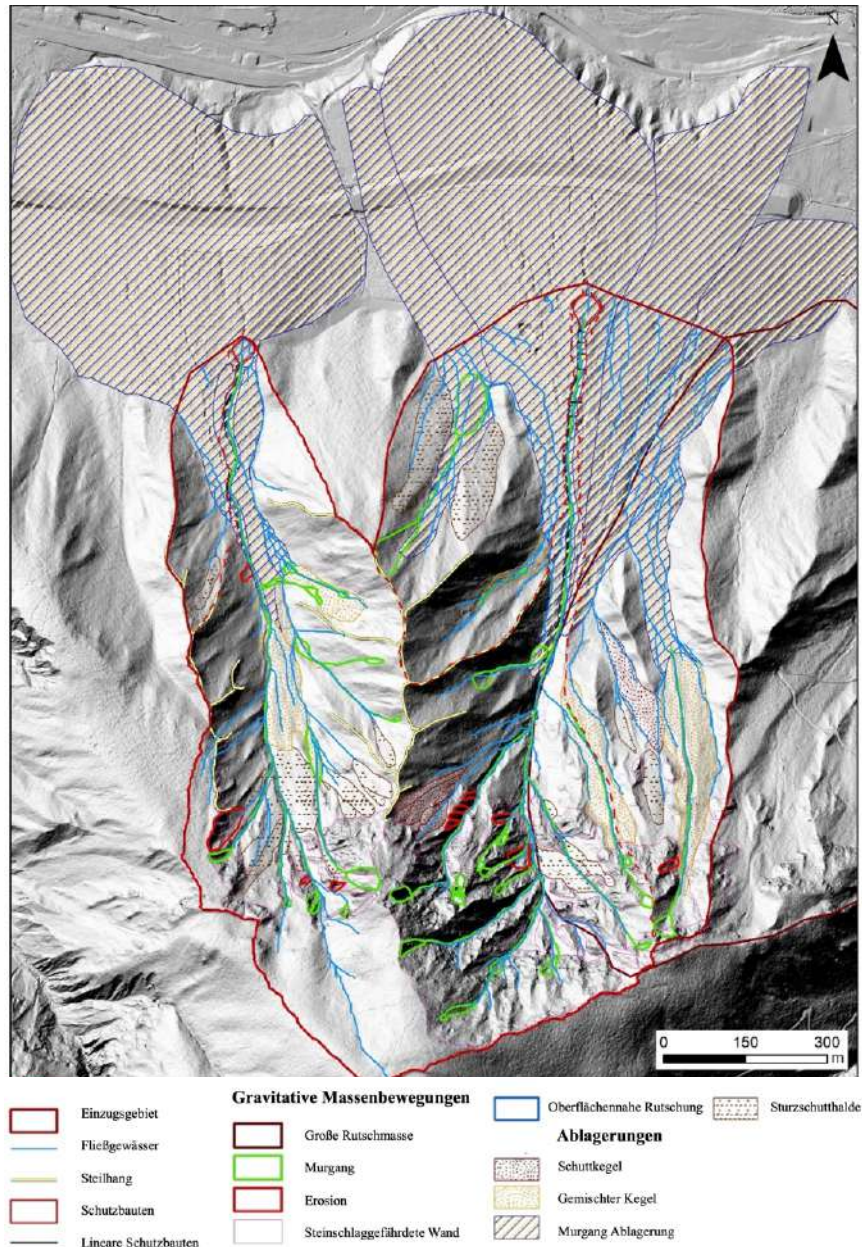


Abbildung 3. Fotointerpretation des linken Fella-Beckens.

2.1.4 Rio Drigniza

Das Lusevera-Becken (**Abbildung 5**) weist eine große Menge an Schutt im Ablagerungsgebiet auf. Es handelt sich um eine gemischte Ablagerung, die aus Murgängen und alluvialen Ablagerungen besteht. Die Ablagerungen lassen sich auf Murgang- und Felssturzaktivität zurückführen. Der untere und westliche Teil des Beckens weist ein hohes Maß an Seitenerosion auf.

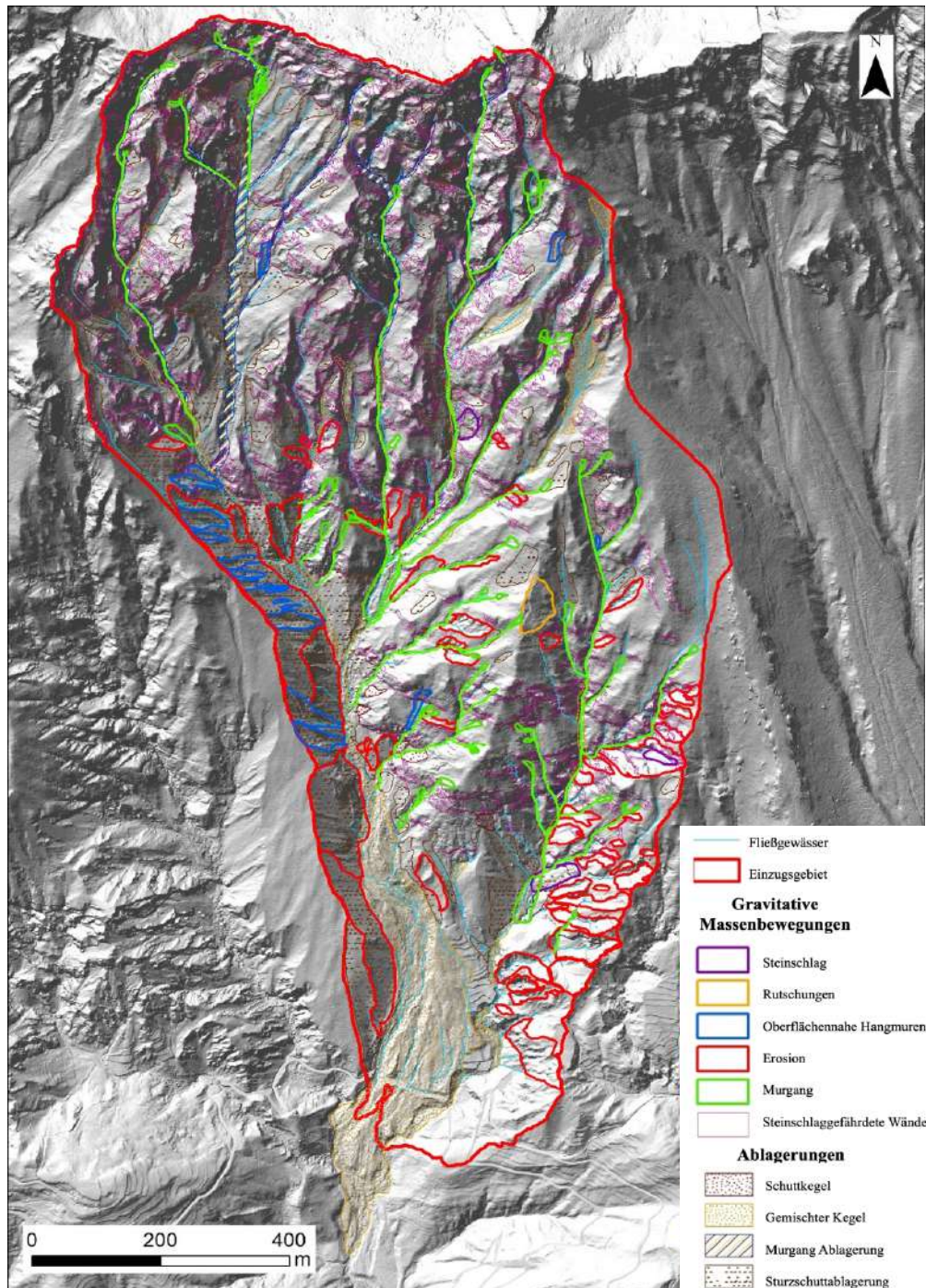


Abbildung 5. Fotointerpretation des Einzugsgebietes des Rio Drigniza in Lusevera (UD).

2.1.5 Rio Tolina

Das Tolina-Becken (**Abbildung 6**) ist das größte Untersuchungsgebiet und wird in zwei Teilbereiche unterteilt. Das westliche Teileinzugsgebiet ist höher gelegen und weist eine größere Menge an Schutt auf. In diesem Gebiet sind steinschlaggefährdete Felswände vorhanden, die durch das Vorhandensein von Schutthalden und Schuttfächern sowie durch untergeordnete Schuttströme gekennzeichnet sind, die an der Basis dieser Ablagerungen entstehen. In den höchsten Tälern dieses Beckens sind Blockgletscher vorhanden. In den tieferen Lagen des Beckens, die eine dickere Bodenschicht aufweisen, kommt es häufig zu flachen Erdrutschen, Erosionszonen und vor allem zu Murgängen. Zusätzlich dazu gibt es Hinweise auf große Erdrutsche. Im östlichen Teileinzugsgebiet gelten Felsstürze und Schuttströme als die häufigsten Massenbewegungen; dabei handelt es sich meist um Hangschutt, gemischte Ablagerungen und Schuttkegel.

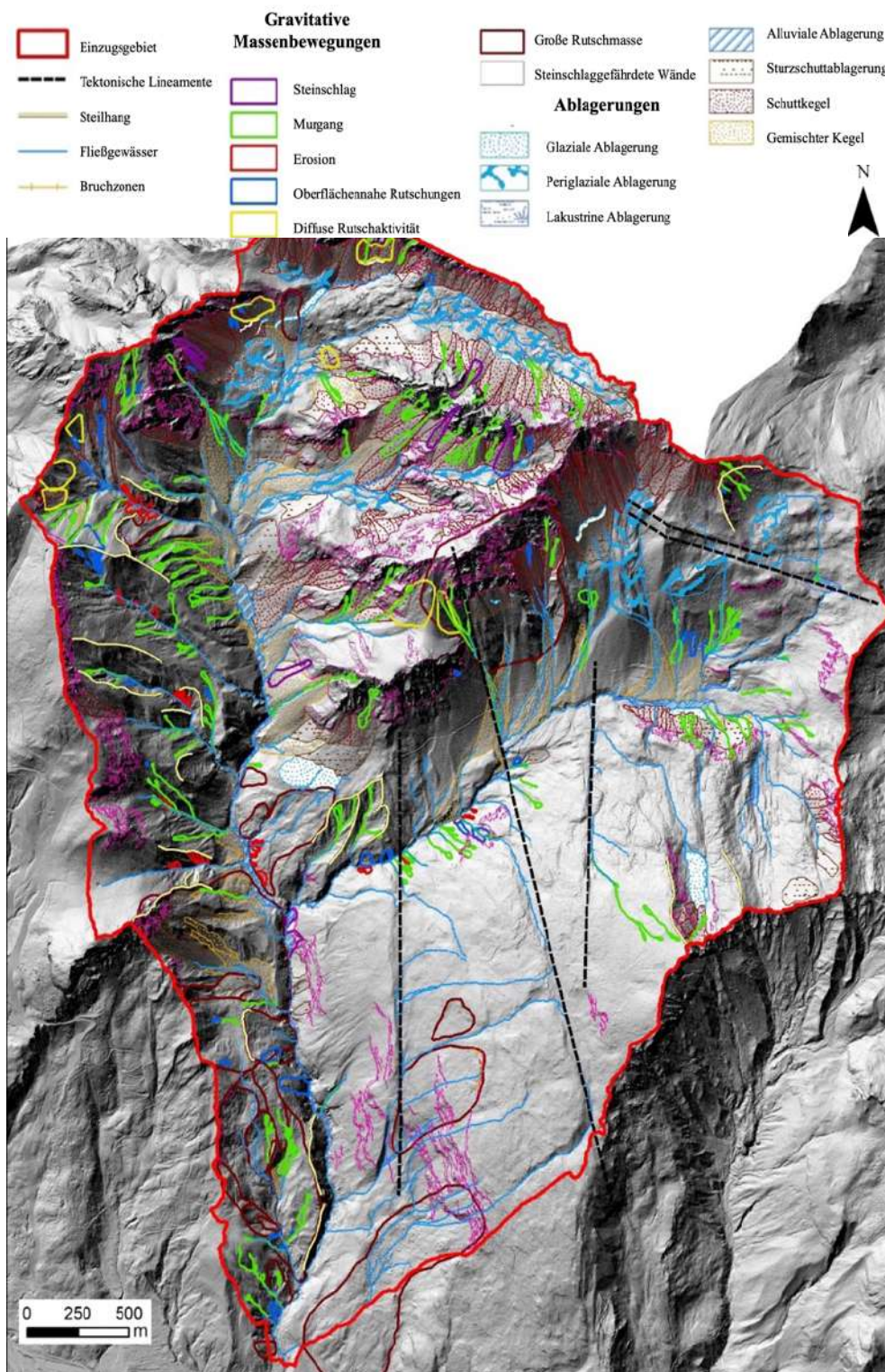


Abbildung 6. Fotointerpretation des Beckens des Rio Tolina in Forni di Sopra (UD).

2.2 Geländeerhebungen

Insgesamt wurden drei Geländekampagnen durchgeführt: die erste Kampagne erfolgte im Oktober 2020, die zweite im Mai 2021 und die dritte im Mai 2022. Während der ersten Erhebung im Oktober 2020 wurde eine vorläufige Geländeaktivität durchgeführt, um eine Erhebungsmethodik zu definieren, die bei künftigen Geländeaktivitäten in den Testgebieten angewendet werden soll. Untersucht wurden die drei Einzugsgebiete in der Ortschaft Malborghetto (Rio Cucco, Fella sx und Rio Solfo) sowie ein Einzugsgebiet in der Gemeinde Lusevera. Am ersten Tag der Geländekampagne wurde eine Untersuchung in den Einzugsgebieten des Rio Cucco und Rio Fella durchgeführt. Die geomorphologischen, hydrographischen und geologischen Merkmale dieser beiden Becken ermöglichten die Festlegung einer Geländeuntersuchungsmethodik durch die Verwendung verschiedener Formulare, wodurch alle Gebiete ganzheitlich charakterisiert werden können. In den folgenden Tagen wurden diese Erfassungsbögen an den weiteren Standorten getestet, geändert und validiert (siehe WP7). In der Woche vom 24. bis 28. Mai 2021 wurde eine zweite Geländeuntersuchung durchgeführt, die darauf abzielte, die Charakterisierung der Becken zu beginnen. Das Einzugsgebiet in der Nähe von Malborghetto (UD) wurde vollständig charakterisiert. Außerdem wurden mehrere Proben für weiterführende Laboruntersuchungen entnommen, die in Verbindung mit der Fotoauswertung die Identifizierung der Sedimentquellgebiete (Sedimentverfügbarkeit) ermöglichen. Im Mai 2022 wurden in allen Untersuchungsgebieten zusätzliche Proben entnommen, um Laboranalysen (Los-Angeles Test) durchzuführen. Außerdem wurde die Geländearbeit im Einzugsgebiet des Rio Tolina abgeschlossen. Für die Geländeerhebungen wurden spezielle Erhebungsbögen verwendet.



Abbildung 7. Eindrücke der Geländeerhebungen: das linke Bild zeigt die erste Geländeuntersuchung im Einzugsgebiet des Fella-Flusses. Das rechte Bild wurde während der zweiten Geländeuntersuchung im Einzugsgebiet des Rio Cucco aufgenommen.

2.2.1 Erhebungsbögen

Die Geländeuntersuchung zur Charakterisierung der aktiven Prozesse und der Sedimentverfügbarkeit konzentriert sich auf zwei Kernaspekte. Zum einen ist die qualitativ-quantitative Charakterisierung der Sedimente Gegenstand der Untersuchungen. Diese Charakterisierung wird vorzugsweise an markanten Ablagerungen innerhalb von Sedimentationsbecken oder entlang des Flussbetts durchgeführt. Der zweite Aspekt betrifft die geomorphologischen Merkmale der wichtigsten Gebirgsflüsse, um die entfernbarer Sedimente im Flussbett abzuschätzen und die Erosionsprozesse an den Ufern zu bewerten. Zur Vereinheitlichung der Geländeaufnahmen wurden daher zwei Erhebungsbögen erstellt: 1) für die Erhebung der Sedimentablagerungen; 2) für die Erhebung entlang der Fließgewässer im Gebirge. Der erste der beiden Erhebungsbögen wird in WP5 beschrieben.

EINZUGSGEBIET:			KENNZAHL EINZUGSGEBIET:		NAME DES KANALS:		KENNZAHL KANAL:								
			Flussbett			LITHOLOGIE			BEGRENZUNGSZONE		VEGETATION				
sub-ID	Position unten /GPS	Position oben /GPS	Art (1)	Form (2)	Breite der Füllung [m]	Mächtigkeit der Füllung [m]	Dominante Lithologie	Untergeordnete Lithologie	Modalvolumen [m³]	Volumen 95er Perzentil	UFER rechts (3)	UFER links (3)	Organisches Material (4)	Perzentil Organik (%)	Lebendvegetation (5)
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															

1: Im Festgestein	3: 1: Schutt 2: erosiv 3: Festgestein 4: künstlich	6: 1: Oberflächennahe Rutschung (Hohe) 2: Tiefgründige Rutschung (Hohe) 3: Beschleunigte Erosion 4: Überflutung 5: Murgang 6: Hangschutt 7: Bachlauf mit Schutt 8: Bachlauf ohne Schutt 9: Steinschlag entlang des Abschnittes 10: Anhäufung von Hangschutt	7:
2: 1: Trapez V-Form W: Rechteck	4: 0: / 1: < 0,3m 2: < 1m 3: > 1m		
	5: 4: Bäume im Bachbett 5: Bäume am Ufer 6: Straucher im Bachbett 7: Straucher am Ufer		

Abbildung 8. Erster Teil des Erhebungsbogens.

DATUM:				HÜRDEN	Schutzbauwerk 1		Schutzbauwerk 2		Schutzbauwerk 3		Schutzbauwerk 4		Schutzbauwerk 5		Schutzbauwerk 6		Kennzahl Liste der Sedimentablagerung
Art (6)	Verbindungsgrad (7)	Volumen (m³)	sub-ID	PRÄSENZ BARRIEREN (8)	Art (9)	Status (10)	Art (9)	Status (10)	Art (9)	Status (10)	Art (9)	Status (10)	Art (9)	Status (10)	Art (9)	Status (10)	
			1														
			2														
			3														
			4														
			5														
			6														
			7														
			8														
			9														
			10														
			11														
			12														
			13														
			14														

1: Gekoppelt
2: Entkoppelt
3: Teilweise entkoppelt

8: 1: Moräne
2: Fächer
3: Kegel
4: Flussterrassen
5: Begrenzungszaune
6: Sedimentbecken
7: Übergänge
8: Vegetation

9: 01: Wehr
02: Schwelle
03: Querträger
04: Abwiesend/Panel
05: Damm
06: Uferbefestigung
07: Retentionssprung
08: Kolb
09: Pflasterung am Boden
10: Ausgleichsbehälter
11: Gully
12: Brücke

10: 01: In Funktion
02: Funktionaler Schaden
03: Struktureller Schaden
04: Nicht funktionierend

Abbildung 9. Zweiter Teil des Erhebungsbogens.

Die Untersuchung erfolgt durch Inspektion des Flussbettes und dessen Unterteilung in geomorphologisch homogene Abschnitte. Für jede einzelne Strecke wird ein Erhebungsbogen ausgefüllt.

Die Untersuchung gliedert sich in sieben Teile: 1) Abgrenzung der homogenen Strecke; 2) Beschreibung des Flussbettes; 3) Beschreibung der Lithologie; 4) Beschreibung der Ufer; 5) Beschreibung der Vegetation; 6) Beschreibung des seitlichen Sedimenteintrags; 7) Vorhandensein von Hindernissen und Wasserbauwerken.

1 - Abgrenzung des homogenen Bereichs. Die Identifizierung und Kartierung der homogenen Abschnitte (**Abbildung 10**~~Error! Reference source not found.~~) erfolgt vor Ort durch Expertenurteile unter Berücksichtigung bestimmter Kriterien. Dazu zählen die Morphologie des Flussbettes und der Böschungen, der Uferbeschaffenheit und das Vorhandenseins geomorphologischer Prozesse, die für einen möglichen Sedimenteintrag verantwortlich sind. Homogene Abschnitte haben in gleichförmigen Flüssen typischerweise eine Größe von einigen Dutzend Metern bis zu etwa 100 m.



Abbildung 10. Beispiel eines Gebirgsflusses, der in homogene Abschnitte unterteilt ist. In diesem Fall ist die erste Unterteilung auf das Vorhandensein eines Wasserwerkes zurückzuführen, während die zweite Unterteilung auf Veränderungen der Morphologie des Flussufers zurückzuführen ist.

2 - Beschreibung des Flussbetts. Das Flussbett der homogenen Strecke muss hinsichtlich seiner Form (**Abbildung 11**), der Art des Materials (Fels, Schutt, kanalisiert), der Breite der Schüttung und der Dicke der Schüttung beschrieben werden. Die Schätzung der beiden letztgenannten Merkmale ist für die Bewertung des im Flussbett verfügbaren (potenziell remobilisierbaren) Sedimentes unabdingbar.



Abbildung 11. Beispiele der Bachläufe, die in den Testgebieten untersucht wurden: a) V-förmig mit Geschiebe; b) trapezförmig mit Geschiebe; c) kanalisiert trapezförmig.

3 - Beschreibung der Lithologie und der Blockgröße. Die Beschreibung der Lithologie erfolgt durch probenbasierte Schätzungen. Insbesondere werden die vorherrschende Lithologie und etwaige untergeordnete Lithologien im Erhebungsbogen angegeben. Was die Größe der Blöcke anbelangt, so erfordert das Formular eine Schätzung der Zwischenseite der Blöcke mit modaler Größe, wobei nur die grobe Fraktion berücksichtigt wird (Blöcke mit einer Zwischenachse > 6 cm). Die größte Blockgröße wird durch den Ausschluss von Ausreißern in der Verteilung ermittelt, die für die Ablagerung nicht repräsentativ sind.



Abbildung 12. Beispiel für eine Schuttablagerung in einem Flussbett, die überwiegend aus Kalkstein besteht. Die modale Größe der groben Fraktion (> 6 cm auf der Medianachse) ist rot hervorgehoben, während der blaue Block als der größte Block identifiziert wird, mit Ausnahme der Ausreißer.

4 - Beschreibung der Ufer. Es wird empfohlen die Typologie sowohl des rechten als auch des linken Ufers zu beschreiben. Die Uferkategorien umfassen Hangablagerungen, erosive Zonen, Festgestein und kanalisierte Abschnitte. Optional kann eine direkte Messung oder Schätzung der Uferhöhe in den Anmerkungen hinzugefügt werden.



Abbildung 13. Beispiele für bei der Erhebung beschriebene Ufer: a) linkes Ufer (Festgestein), rechtes Ufer in Hangablagerung (Rio Cucco); b) Erosionsufer (Rio Drigniza).

5 - Beschreibung der Vegetation. Es sollte sowohl das Vorhandensein von Pflanzenresten im Flussbett als auch das Vorhandensein von lebender Vegetation im Flussbett und an den Ufern erfasst werden. Pflanzenreste sollen im Erhebungsformular über eine Schätzung des Volumenanteils und der Modallänge angegeben werden ($< 0,3$ m, $0,3 - 1$ m, > 1 m).

6 - Beschreibung des seitlichen Sedimenteintrages. Uferprozesse können für die Zufuhr von Geschiebe verantwortlich sein. Daher nehmen diese Prozesse eine wichtige Rolle in puncto Sedimentverfügbarkeit ein. Für jede Sedimentquelle, die in jedem homogenen Bereich vorhanden ist, müssen die Art der Quelle, die Art der Verbundenheit (verbunden, nicht verbunden, teilweise verbunden) und das Sedimentvolumen beschrieben werden. Hinsichtlich der Typen wurden zehn Kategorien festgelegt: flache Hangmuren, tiefliegende Hangmuren, beschleunigte Erosion, Schuttstrom, Murgänge, Schuttablagerungen, Nebenflüsse mit Schutt, Nebenflüsse ohne Schutt, Steinschlag und Schuttansammlungen.



Abbildung 14. Beispiele einer seitlichen Sedimentzufuhr: a) beschleunigte Erosion am rechten Ufer; b) links unten ist eine mit dem Flussbett verbundene Schuttansammlung zu erkennen, rechts oben ein teilweise mit dem Flussbett verbundener Einsturzrutsch.

7 - Vorhandensein von Hindernissen und Wasserbauwerken. Damit das Sediment tatsächlich für den Transport zur Verfügung steht, ist es sinnvoll, das Vorhandensein von Hindernissen entlang des Flussbettes oder von Wasserbauwerken anzugeben. Auf dem Erhebungsbogen müssen daher alle vorhandenen Hindernisse unter Angabe der Art (Moräne, Schwemmfächer, Flussterrasse, Übergänge und Vegetation) angegeben werden. Bei den Wasserbauwerken hingegen ist die Angabe des Typs (Wehr, Rückschlagdamm, Abweiser/Platte, Damm, Deich, Brücke usw.) in Verbindung mit dem Grad der Funktionstüchtigkeit (funktional, funktional beschädigt, strukturell beschädigt, nicht funktional) erforderlich.

2.2.2 Rio Cucco

Der Rio Cucco wurde entlang der vier Hauptkanäle bis hin zu den nicht sicher zugänglichen Bereichen untersucht. Der westlichste Bereich wurde in vier homogene Abschnitte unterteilt, ebenso wie der östlichste. Der zweite westliche Bereich ist wiederum in fünf homogene Abschnitte und der letztere in drei homogene Abschnitte unterteilt. **Abbildung 15** zeigt die homogenen Abschnitte und die Probenahmestellen der Ablagerungen. Einige der im Gelände gemessenen Variablen sind in **Tabelle 1** aufgeführt.

ID_Abschnitt	Nummer	Form	Neigung [°]	Länge Abschnitt [m]	Breite Abschnitt [m]	Mächtigkeit Abschnitt [m]	Vorherrschende Lithologie	Modalvolumen [m³]	Volumen 95° Perzentil [m³]	Einheitsvolumen [m³]
1	2	V	51	33.5	-	-	-	0	0	-
2	2	V	38	83.4	5	2	Dolomit	0.7	10	833.7
3	2	T	25	151.3	5	2	Dolomit	0.3	2	1512.7
1	4	V	47	19.6	5	2	Dolomit	2	10	196.1
2	4	V	15	16.2	7.5	2.5	Dolomit	1	10	303.6
3	4	V	34	85.2	3	3	Dolomit	1	10	766.8
4	4	T	31	80.7	1.5	2.5	Dolomit	1.5	10	302.5
5	4	T	22	139.3	10	2.5	Dolomit	0.5	3	3481.7
1	3	T	21	29.7	8	3	Dolomit	0.2	1.5	713.2
2	3	T	20	53.3	0.25	0.5	Dolomit	0.3	0.5	6.7
3	3	T	21	59.4	5	1	Dolomit	0	0	297.2
4	3	T	18	121.5	21	3	Dolomit	0.5	1	7652.7
1	3	T	45	201.0	0	0	Dolomit	0	0	-
2	3	T	34	111.7	10	3	Dolomit	1.5	4	3352.0
3	3	T	28	95.4	7	3	Dolomit	1.5	3	2003.6
4	3	V	24	58.7	5	2	Dolomit	0.4	2	587.2

Tabelle 1. Messergebnisse der Geländebegehungen im Einzugsgebiet des Rio Cucco.

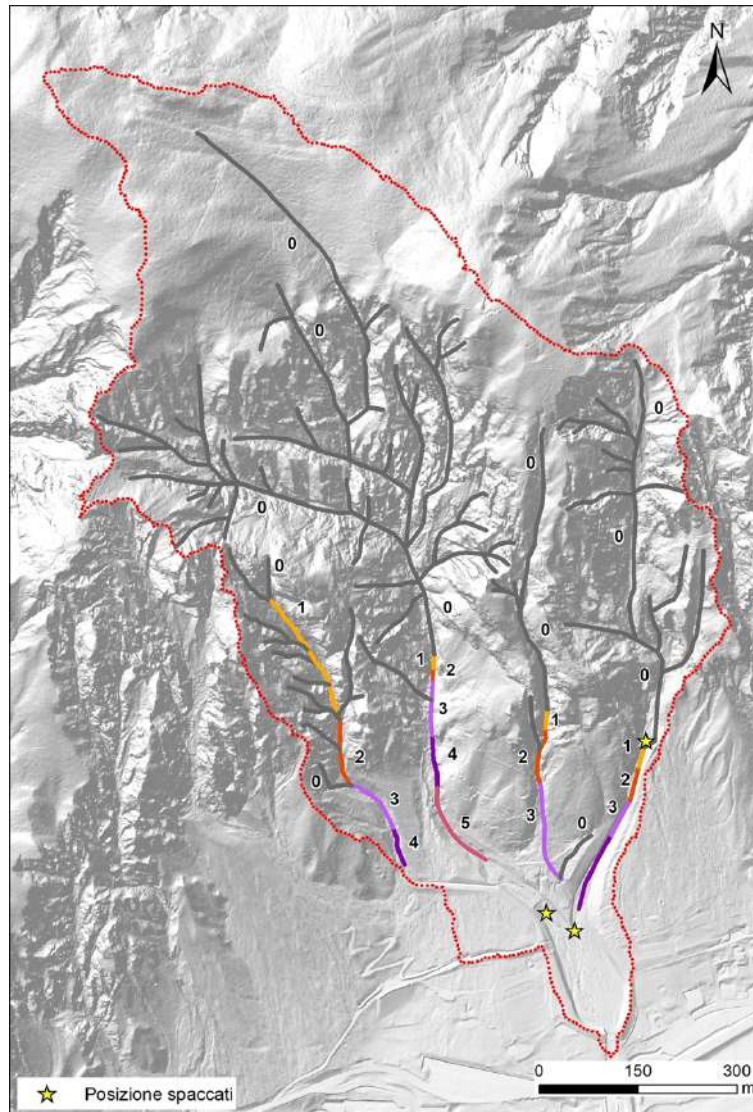


Abbildung 15. Homogene Abschnitte entlang des Einzugsgebiets des Rio Cucco inklusive der Markierung der Probenahmestellen (gelbe Sterne).

2.2.3 Wildbäche am linken Ufer des Fella

Im Einzugsgebiet des Fella SX wurden zwei Wildbäche untersucht. Der westlichste Abschnitt wurde in fünf homogene Abschnitte unterteilt, während der östliche Abschnitt in zehn Abschnitte unterteilt wurde. **Abbildung 16** zeigt die homogenen Abschnitte und die Probenahmestellen der Ablagerungen. Einige der im Gelände gemessenen Variablen sind in **Tabelle 2** aufgeführt.

ID_Abschnitt	Nummer	Form	Neigung [°]	Länge Abschnitt [m]	Breite Abschnitt [m]	Mächtigkeit Abschnitt [m]	Vorherrschende Lithologie	Modalvolumen [m³]	Volumen 95° Perzentil [m³]	Einheitsvolumen [m³]
10	3	T	18	69.6	5	1	Dolomit		0.10	347.8
9	3	T	17	17.9	10	1	Dolomit		0.05	179.0
8	3	T	19	280.7	5	1	Dolomit		0.10	1403.6
7	3	T	21	45.6	8	1	Dolomit		0.30	364.6
6	3	T	25	56.8	6	1	Dolomit		0.20	234.3
5	3	V	29	181.8	5	2	Dolomit		0.30	1363.5
4	3	V	29	92.3	7	-	Dolomit		0.30	-
3	3	V	26	63.1	10	3	Dolomit		0.40	1577.3
2	3	T	34	97.9	10	2	Dolomit		0.50	1958.6
1	2	T	28	106.6	15	-	Dolomit			-
5	1	T	22	82.2	3	0.5	Kalkstein	0.20	0.40	123.4
4	1	V	29	306.6	1	0.3	Kalkstein	0.30	0.50	92.0
3	1	V	34	357.2	1.5	0.5	Kalkstein	0.10	0.50	267.9
2	1	V	37	67.6	2	0.5	Kalkstein	0.05	0.50	67.6
1	1	V	41	81.1	3	1.5	Kalkstein	0.10	3.00	365.2

Tabelle 2. Messergebnisse der Geländebegehungen im Einzugsgebiet des Fella.

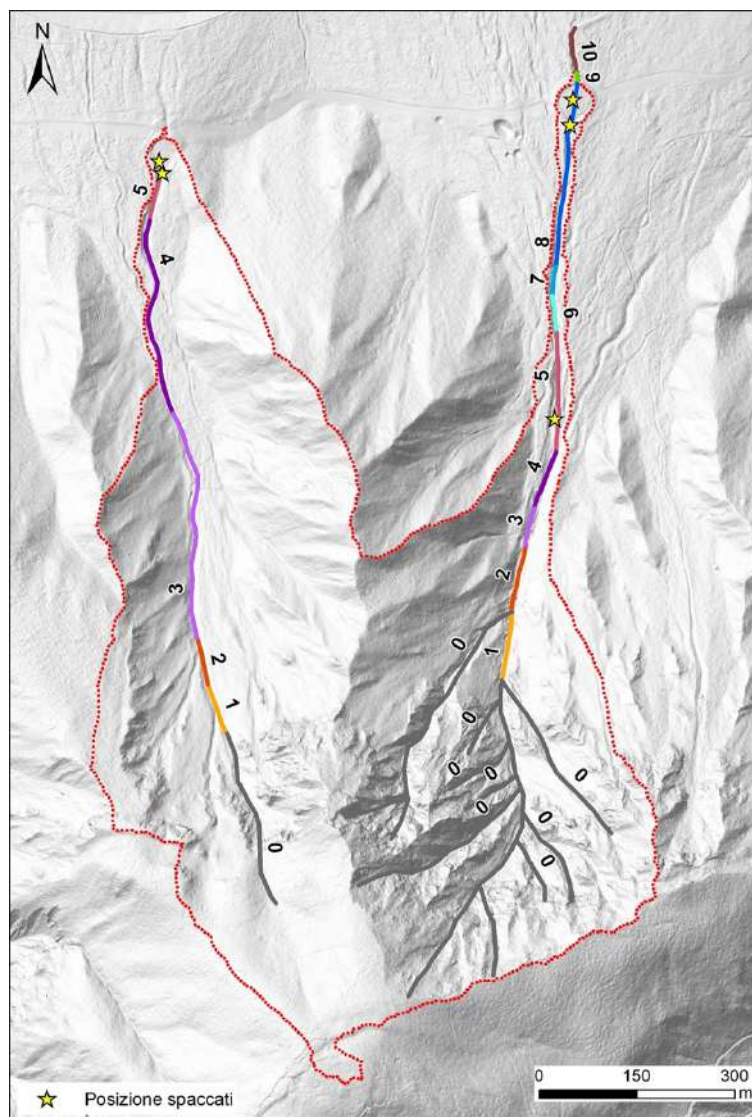


Abbildung 16. Homogene Abschnitte im Einzugsgebiet auf der hydrographischen linken Seite des Fella und der Probenahmestellen (gelbe Sterne).

2.2.4 Rio Tolina

Im Einzugsgebiet des Rio Tolina wurde der Hauptflusslauf untersucht, der sich in Nord-Süd-Richtung bis in Gebiete erstreckt, die nicht sicher zugänglich sind. Der Abschnitt wurde in 12 homogene Bereiche unterteilt. **Abbildung 17** zeigt die homogenen Abschnitte und die Probenahmestellen der Ablagerung. Einige im Gelände gemessene Variablen sind in **Tabelle 3** aufgelistet.

ID_Abschnitt	Nummer	Form	Neigung [°]	Länge Abschnitt [m]	Breite Abschnitt [m]	Mächtigkeit Abschnitt [m]	Vorherrschende Lithologie	Modalvolumen [m³]	Volumen 95° Perzentil [m³]	Einheitsvolumen [m³]
1	4	T	20.5	209.6	13	1	Kalkstein	0.008	0.5	2725.3
2	4	T	10.1	134.9	10	0.5	Kalkstein	0.001	0.3	674.7
3	4	T	8.3	116.1	10	3	Kalkstein	0.500	2.0	3483.5
4	4	T	20.2	59.1	5	0.5	Kalkstein	0.200	0.5	147.7
5	4	V	34.7	1911.5	-	-	Kalkstein	0.000	0.0	-
5	3	V	34.7	1911.5	-	-	Kalkstein	0.000	0.0	-
6	3	R	8.1	127.3	40	3	Kalkstein	0.000	0.0	15278.2
7	3	T	16.1	446.1	10	1	Kalkstein	0.027	1.0	4460.5
8	3	T	22.3	719.2	10	-	Kalkstein	0.004	0.7	-
9	3	T	16.8	73.2	20	2	Kalkstein	0.002	0.3	2929.5
10	3	T	14.2	42.1	40	3	Kalkstein	0.014	0.3	4205.4
11	3	T	20.6	154.5	20	2.5	Kalkstein	0.005	0.3	7722.7
12	3	T	21.2	130.5	10	1.5	Kalkstein	0.014	0.5	1957.8

Tabelle 3. Messergebnisse der Geländebegehungen im Einzugsgebiet des Rio Tolina.

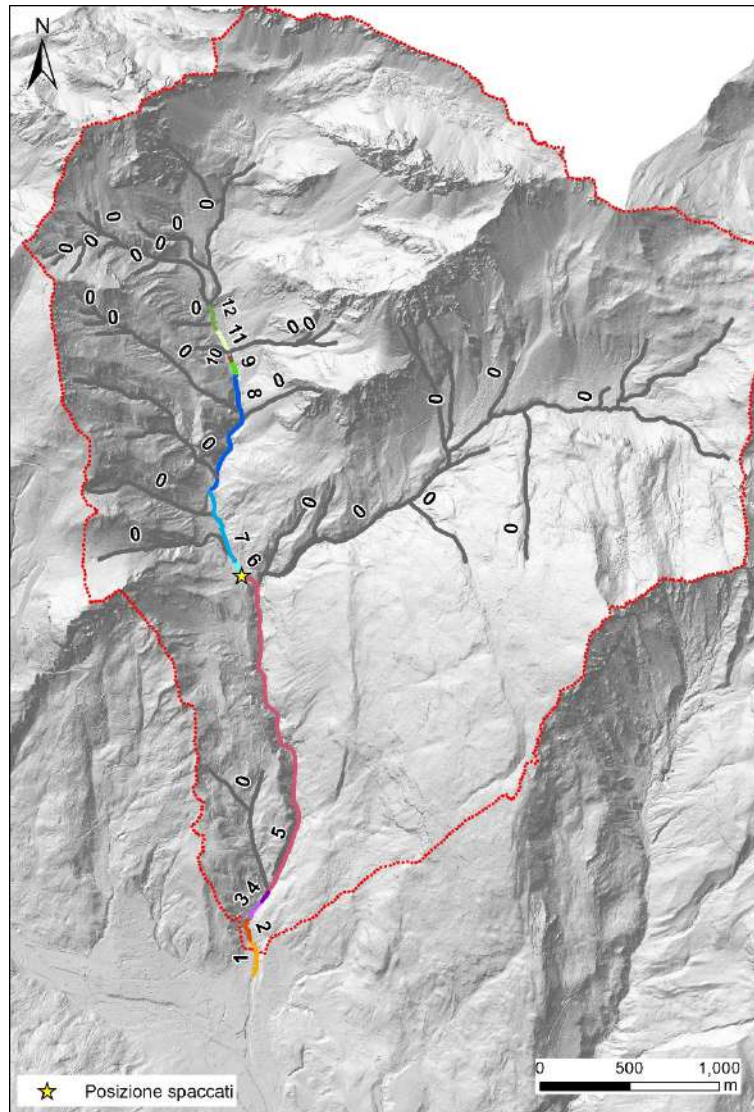


Abbildung 17. Homogene Abschnitte entlang des Hauptstroms des Rio Tolina und Probenahmestelle (gelbe Sterne).

3. WP5 - Sedimentcharakterisierung

Um das Ziel dieses Arbeitspaketes für die Untersuchungsgebiete in der Region Friaul-Julisch Venetien zu erreichen, wurde eine Geländecharakterisierung der wichtigsten Ablagerungen basierend auf ihrer Form durchgeführt. Darüber hinaus wurden Proben entnommen, um die Korngrößenverteilung und die geotechnischen Eigenschaften des Materials durch Untersuchungen im Labor der Universität Mailand- Bicocca und im Labor des Amtes für Geologie und Baustoffprüfung in Kardaun (BZ) zu bewerten.

3.1 Rio Cucco

Für das Einzugsgebiet des Rio Cucco wurden zwei Ablagerungsgebiete untersucht: das erste befindet sich im Hauptsedimentationsbecken und das zweite hinter der Staustufe im östlichen Becken. Im ersten Gebiet wurden zwei verschiedene Abschnitte untersucht und einige Proben entnommen, während im zweiten Gebiet nur eine Probe entnommen wurde.

3.1.1. Hauptsedimentationsbecken

RDN 2008 TM 33

ABSCHNITT 1	<i>X Koordinate [m]</i>	378675.7398
	<i>Y Koordinate [m]</i>	5151604.27665
ABSCHNITT 2	<i>X Koordinate [m]</i>	378718.20551
	<i>Y Koordinate [m]</i>	5151577.18988

Tabelle 4. Koordinaten des Hauptsedimentationsbeckens des Rio Cucco.



Abbildung 18. Lage der Abschnitte und der entnommenen Proben.

a

Lithologie	Frequenz % (vol)
DOLOMIT	85
KALKSTEIN	11.05
DOLOMITISCHER KALKSTEIN	2
CALCIRUDIT	0.5
BREKZIE	0.5
CALCILUTITE	0.5

b

QUALITATIVE BEWERTUNG DES VERHÄLTNISSES VON GROBER/FEINER ABLAGERUNG:	
% fein	90
% grob	10

Tabelle 5. a. Vorhandene Lithologien im Hauptsedimentationsbeckens des Rio Cucco. b. Qualitative Bewertung des Verhältnisses von grober/feiner Ablagerung.

Analyse der Ablagerung mittels „grid by number“ Ansatz																			
ID	A1 [cm]	A2 [cm]	A3 [cm]	Sphärizität		Rundungsgrad						Lithologie	Verwitterung (ISRM)						
1	4	4	8.5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
2	3	1.5	1	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
3	8	3	4	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomitischer Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
4	9	7	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
5	3.5	4.5	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomitischer Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
6	3.5	3	2	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
7	7	4.5	2	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
8	5	3	0.5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Calcilutit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
9	7	7.5	3.5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
10	3.5	2.5	1	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
11	12	7.5	3.5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Calcirudit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
12	3.5	3	2	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
13	3	2	1.5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
14	3	2	1	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
15	1.5	2	0.5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch

Tabelle 6. Grid-by number Charakterisierung der Ablagerung im Hauptsedimentationsbeckens des Rio Cucco. Die Abkürzungen für die Sphärizität bedeuten: H = hohe Sphärizität, L = geringe Sphärizität. Die Abkürzungen für den Rundungsgrad lauten: WA = sehr eckig, A = angular, SA = subangular, SR = subgerundet, R = gerundet, WR = gut gerundet. Die Klassen W1-W5 für die Verwitterung geben den zunehmenden Grad der Verwitterung an, wobei 1 für nicht verwittert und 5 für stark verwittert steht.



Abbildung 19. Fotografische Dokumentation der Aufschlüsse des Sedimentationsbeckens des Rio Cucco. a. Abschnitt 1. b. Abschnitt 2.

Siebanalyse

Sektion 1

Sektion 2

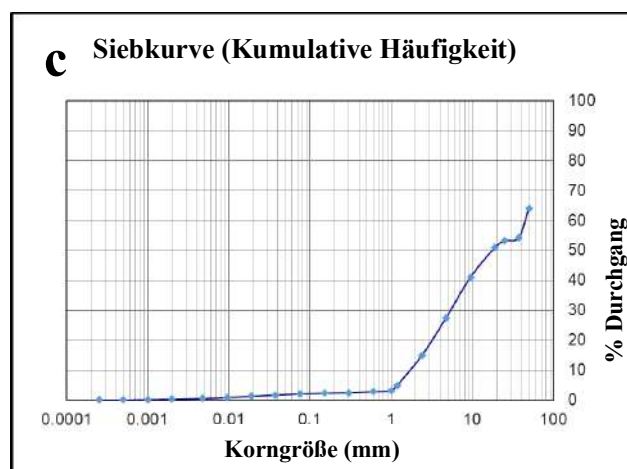
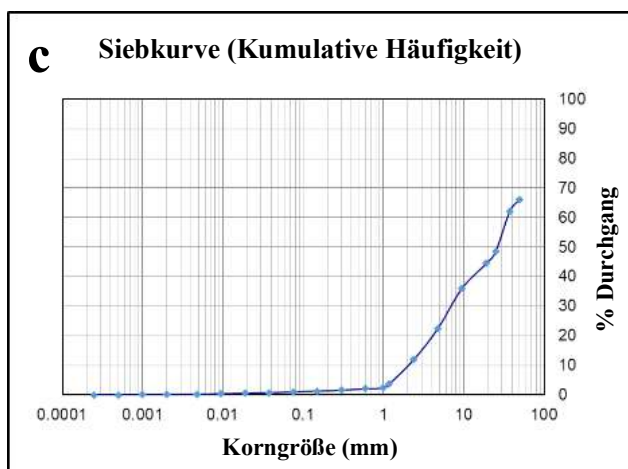
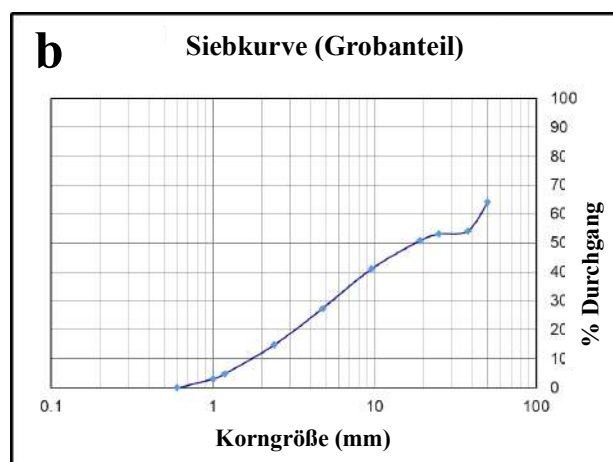
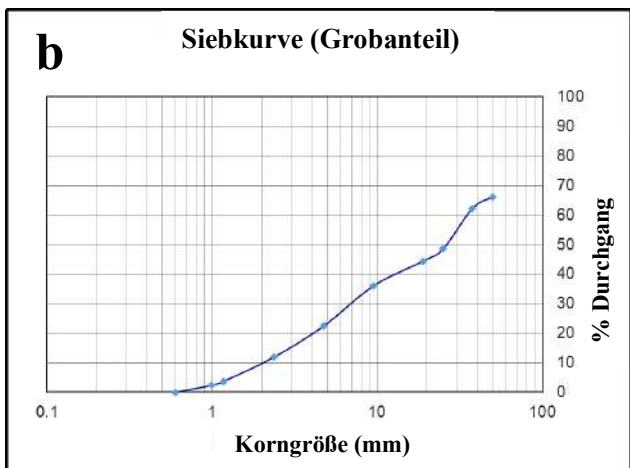
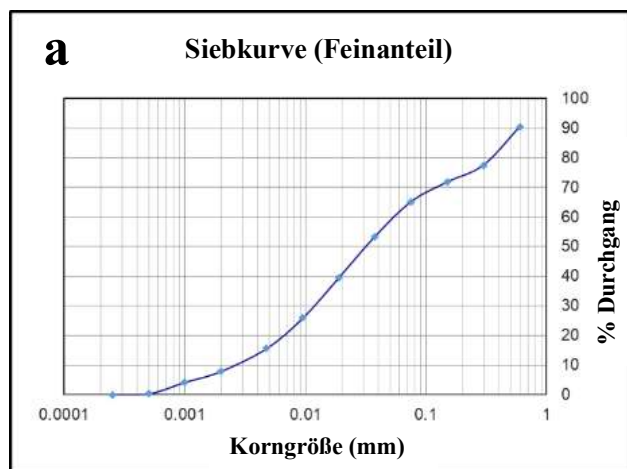
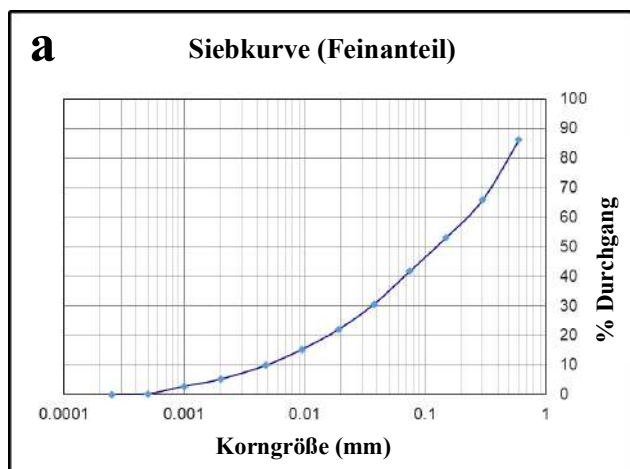


Abbildung 20. Korngrößenkurven des Sedimentationsbeckens des Rio Cucco. a. Feinfraktion. b. Grobfraktion. c. Kumulative Häufigkeit.

Point load test					Slake durability test	
	Probe	I [MPa]	I ₅₀ [MPa]	σ _c [MPa]	W [%]	I _d (2)
Abschnitt 1	1	3.92	3.73	82.11	0.153	99.409
	2	1.99	1.75	38.46		
	3	0.44	0.39	8.64		
Abschnitt 2	1	0.47	0.51	11.20	0.051	98.120
	2	14.31	12.13	266.89		
	3	0.14	0.11	2.47		

Tabelle 7. Ergebnisse des Punkbelastungstests (Point load test) und des Slake durability Tests des Sedimentationsbeckens des Rio Cucco.

Die Ablagerung besteht aus Kalkstein und untergeordnetem Dolomit. Der Verwitterungsgrad ist als gering einzustufen. Es zeigt sich, dass der Anteil an feinem Material ist wesentlich größer als der Anteil an grobem Material. Bei beiden untersuchten Abschnitten ist die Korngröße heterogen. Die Siebkurven von Abschnitt 1 und Abschnitt 2 sind ähnlich. Die mit dem Punkbelastungstest untersuchten Proben zeigen ein unterschiedliches mechanisches Verhalten, obwohl sie aus der gleichen Lithologie (Dolomit und/oder Kalkstein) bestehen. Der σ_c -Bereich liegt zwischen 270 MPa (sehr hohe Festigkeit) und 2 MPa (sehr geringe Festigkeit). Die Dauerhaftigkeitsanalyse, die mit dem Slake-Dauerhaftigkeitstest durchgeführt wurde, zeigt einen Index von über 95 Prozent und definiert damit die Widerstandsfähigkeit der Proben gegenüber Schwächung und Zersetzung als hoch.

3.1.2 Ablagerung bergseitig der Staustufe

RDN 2008 TM 33

ABSCHNITT 3	X Koordinate [m]	378825.967431
	Y Koordinate [m]	5151863.22424

Tabelle 8. Koordinaten der Ablagerung bergseitig der Staustufe.



Abbildung 21. Lage des Abschnitts und der entnommenen Probe.

a

Lithologie	Frequenz % (vol)
DOLOMIT	45
KALKSTEIN	45
CALCILUTIT	7
BREKZIE	3

b

Qualitative Bewertung des Verhältnisses von grober/feiner Ablagerung:	
% fein	70
% grob	30

Tabelle 9. a. Vorhandene Lithologien der Ablagerung flussaufwärts der Staustufe des Rio Cucco. b. Qualitative Bewertung des Verhältnisses von grober/feiner Ablagerung.

Analyse der Ablagerung mittels „grid by number“ Ansatz																		
ID	A1 [cm]	A2 [cm]	A3 [cm]	Sphärizität		Rundungsgrad						Lithologie	Verwitterung (ISRM)					
1	8	6.5	3	A	B	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
2	5.5	3.5	4	A	B	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
3	4.5	2.5	0.5	A	B	WA	A	SA	SR	R	WR	Calcilutit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
4	11	8.5	5.5	A	B	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
5	3	2	1.5	A	B	WA	A	SA	SR	R	WR	Calcilutit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
6	2.5	1.5	1.5	A	B	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
7	9	5	4.5	A	B	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
8	4	3	2.5	A	B	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
9	20	13.5	10.5	A	B	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkreiche Brekzie	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
10	3	2.5	0.8	A	B	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
11	49	30.5	19	A	B	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
12	7	8	4.5	A	B	WA	A	SA	SR	R	WR	Calcilutit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
13	6.5	4	3	A	B	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
14	16.5	13.5	25	A	B	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
15	28	37	31	A	B	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch

Tabelle 10. Grid-by number Charakterisierung der Ablagerung bergseitig der Staustufe. Die Abkürzungen für die Sphärizität bedeuten: H = hohe Sphärizität, L = geringe Sphärizität. Die Abkürzungen für den Rundungsgrad lauten: WA = sehr eckig, A = angular, SA = subangular, SR = subgerundet, R = gerundet, WR = gut gerundet. Die Klassen W1-W5 für die Verwitterung geben den zunehmenden Grad der Verwitterung an, wobei 1 für nicht verwittert und 5 für stark verwittert steht.

Siebanalyse

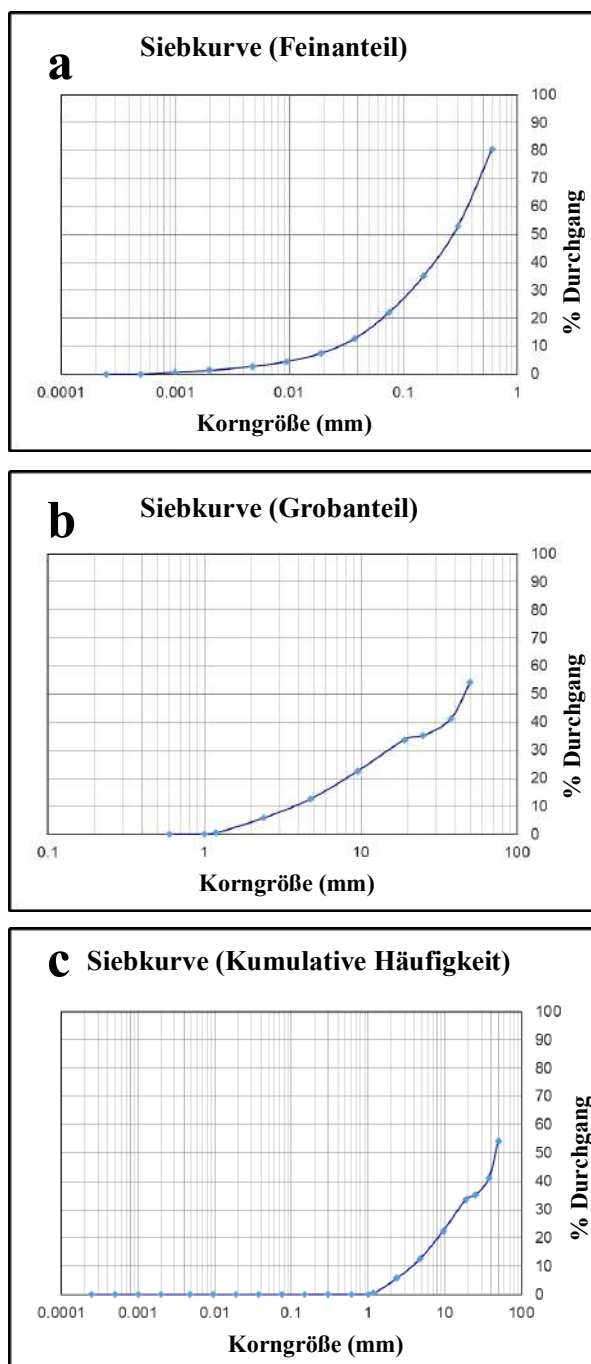


Abbildung 22. Korngrößenkurven der bergseitigen Ablagerung des Rio Cucco. a. Feinfraktion. b. Grobfraktion. c. Kumulative Häufigkeit.

Point load test				Slake durability test	
Probe	I [MPa]	I ₅₀ [MPa]	σ _c [MPa]	W [%]	I _d (2)
1	4.626	4.430	97.464	0.383	99.062
2	7.164	6.052	133.135		
3	0.793	0.700	15.402		
4	1.599	1.476	32.469		

Tabelle 11. Ergebnisse des Point Load Tests und des Slake-Durability Tests der bergseitig gelegenen Ablagerung des Rio Cucco.

Die Ablagerung besteht aus Dolomit und Kalkstein. Der Verwitterungsgrad ist gering und der Anteil an feinem Material ist größer als der Anteil an grobem Material. Die Korngröße wird als heterogen eingestuft. Die mit dem Punktbelastungstest untersuchten Proben zeigen ein unterschiedliches mechanisches Verhalten, obwohl sie aus der gleichen Lithologie (Dolomit und/oder Kalkstein) bestehen. Der σ_c -Bereich liegt zwischen 133 MPa (hohe Festigkeit) und 15 MPa (niedrige Festigkeit). Die Dauerhaftigkeitsanalyse, die mit dem Slake-Dauerhaftigkeitstest durchgeführt wurde, zeigt einen Index von über 95 Prozent, d.h. die Proben haben eine hohe Beständigkeit gegen den Zerfall. Der Los-Angeles Test ergab für diese Probe einen Abrieb von 31 %.

3.2 Wildbäche am linken Ufer des Fella

Für das linke Fella-Becken wurden zwei Ablagerungsbereiche im östlichen Becken untersucht: einer im Hauptsedimentationsbecken und einer in der Hangmitte in einer Murgang Ablagerung. Im ersten Fall wurden zwei Abschnitte untersucht und Proben entnommen, während im zweiten Fall nur ein Abschnitt analysiert und nur eine Probe entnommen wurde. Im westlichen Becken wurden zwei Proben und ein Abschnitt des Hauptsedimentationsbeckens analysiert.

3.2.1 Hauptsedimentationsbecken (östliches Becken)

RDN 2008 TM 33

ABSCHNITT 1	X Koordinate [m]	377690.264132
	Y Koordinate [m]	5150438.38786
ABSCHNITT 2	X Koordinate [m]	377686.295374
	Y Koordinate [m]	5150399.49404

Tabelle 12. Koordinaten des Hauptsedimentationsbeckens des Fella-Flusses.



Abbildung 23. Lage der Abschnitte und der entnommenen Proben.

a

Lithologie	Frequenz % (vol)
KALKSTEIN UND DOLOMIT	80
KALKHALTIGES KONGLOMERAT	5
KALKHALTIGE BREKZIE	5
CALCILUTIT	5
ROTER SANDSTEIN	5

b

Qualitative Bewertung des Verhältnisses von grober/feiner Ablagerung:	
% fein	35
% grob	65

Tabelle 13. a. Vorhandene Lithologien des Hauptsedimentationsbeckens des Fella-Flusses. b. Qualitative Bewertung des Verhältnisses zwischen Grob-und Feinanteil der Ablagerung.

Analyse der Ablagerung mittels „grid by number“ Ansatz																		
ID	A1 [cm]	A2 [cm]	A3 [cm]	Sphärizität		Rundungsgrad						Lithologie	Verwitterung (ISRM)					
1	6	3	1	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
2	9	9	6	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
3	16	10	7	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
4	10	7	6	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
5	10	6	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
6	4	4	2	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
7	6	4	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
8	5	2	1.5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
9	6	4	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkhaltige Brekzie	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
10	11	9	7	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
11	9	8	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkhaltiges Konglomerat	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
12	8	6	4	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkhaltiges Konglomerat	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
13	14	8	6	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
14	8	7	5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
15	10	4	5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Calcilutit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch

Tabelle 14. Grid-by number Charakterisierung der Ablagerung. Die Abkürzungen für die Sphärizität bedeuten: H = hohe Sphärizität, L = geringe Sphärizität. Die Abkürzungen für den Rundungsgrad lauten: WA = sehr eckig, A = angular, SA = subangular, SR = subgerundet, R = gerundet, WR = gut gerundet. Die Klassen W1-W5 für die Verwitterung geben den zunehmenden Grad der Verwitterung an, wobei 1 für nicht verwittert und 5 für stark verwittert steht.



Abbildung 24. Fotografische Dokumentation der Aufschlüsse des Hauptsedimentationsbeckens des Fella-Flusses. a. Abschnitt 1. b. Abschnitt 2.

Siebanalyse

Abschnitt 1

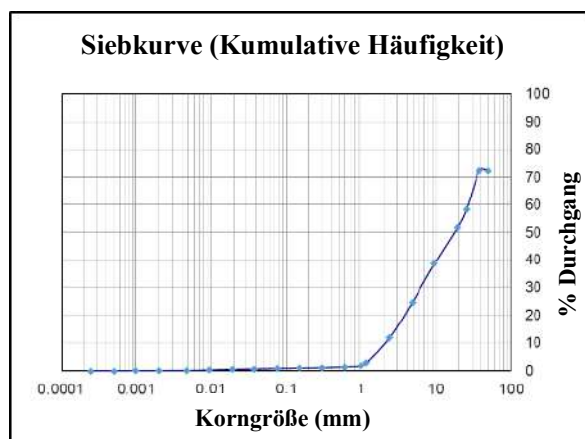
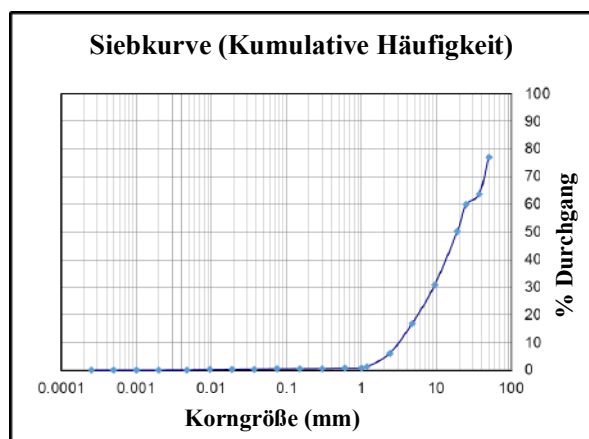
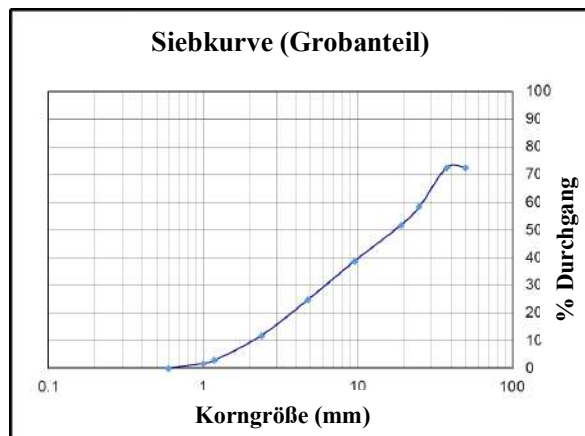
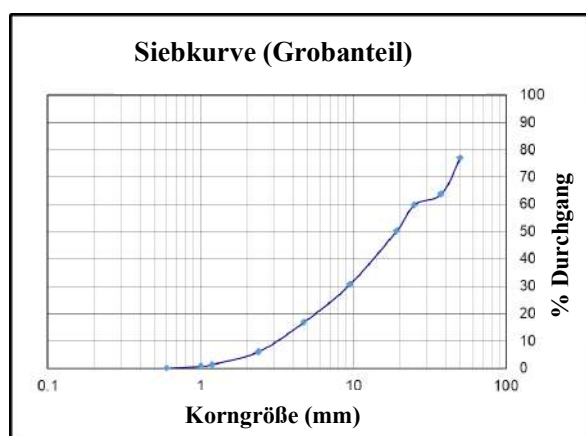
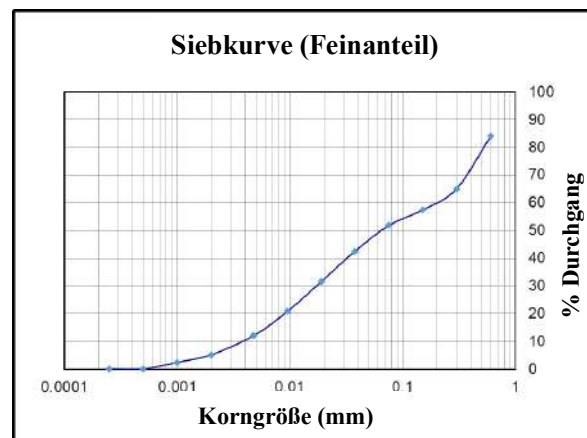
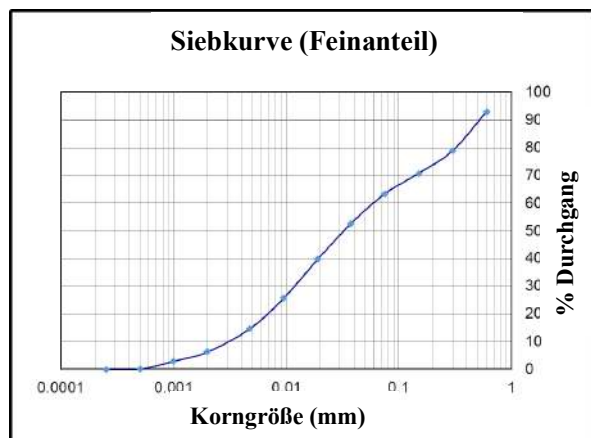


Abbildung 25. Partikelgrößenkurven des Hauptsedimentationsbeckens des Rio Fella. a. Feinanteil. b. Grobfraction. c. Kumulative Häufigkeit.

Point Load Test					Slake durability	
	Probe	I [MPa]	I ₅₀ [MPa]	σ _c [MPa]	W[%]	I _d (2)
Abschnitt 1	1	3.889	4.003	88.060	0.884	99.7546
	2	2.821	3.243	71.355		
	3	3.576	3.358	73.871		
	4	3.975	3.890	85.584		
Abschnitt 2	1	4.178	4.116	90.548	0.0144	99.462
	2	4.298	3.839	84.456		
	3	2.750	2.699	59.386		
	4	2.566	2.512	55.256		

Tabelle 15. Ergebnisse des Point-Load Tests und des Slake Durability Tests des Hauptsedimentationsbeckens des Rio Fella.

Die Ablagerung besteht aus Dolomit und Kalkstein. Der Verwitterungsgrad ist gering und der Anteil an grobem Material ist größer als der Anteil an feinem Material. Die Korngrößenkurve von Abschnitt 2 ist heterogener als die Kurve von Abschnitt 1. Die mit dem Punktbelastungstest untersuchten Proben zeigen eine durchschnittliche Festigkeit (55 MPa bis 90 MPa). Die Dauerhaftigkeitsanalyse durch den Slake-Test zeigt einen Index von mehr als 95 Prozent: Die Proben haben eine hohe Beständigkeit gegen Schwächung und Zerfall.

3.2.2 Murgang Ablagerung (östliches Becken)

RDN 2008 TM 33

SEZIONE 3	X Koordinate [m]	377662.694493
	Y Koordinate [m]	5149952.13564

Tabelle 16. Koordinaten der Murgang Ablagerung (östliches Becken).

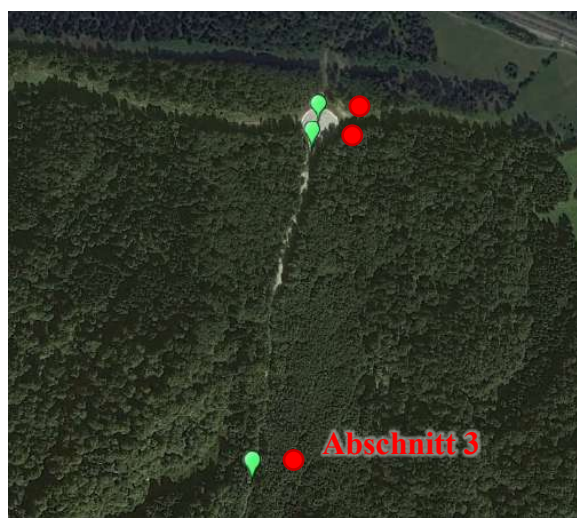


Abbildung 26. Lage des Abschnitts und der entnommenen Probe.

a

Lithologie	Frequenz % (vol)
KONGLOMERAT	40
CALCILUTIT	10
KALKSTEIN	40
DOLOMIT	7
ROTER SANDSTEIN	3

b

Qualitative Bewertung des Verhältnisses von grober/feiner Ablagerung:	
% fein	70
% grob	30

Tabelle 17 a. In der Murgang Ablagerung vorhandene Lithologien. b. Qualitative Bewertung des Verhältnisses zwischen Grob- und Feinanteil der Ablagerung.

Analyse der Ablagerung mittels „grid by number“ Ansatz																		
ID	A1 [cm]	A2 [cm]	A3 [cm]	Sphärizität		Rundungsgrad						Lithologie	Verwitterung (ISRM)					
1	10	9	6	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Konglomerat	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
2	7	15	10	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Konglomerat	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
3	8.5	3.5	5.5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
4	15	10	6	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
5	10	5	7	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
6	15	14	7	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Konglomerat	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
7	23	15	8	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
8	15	9	14	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Konglomerat	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
9	24	7	18	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkarenit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
10	25	17	21	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Konglomerat	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
11	15	10	5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Konglomerat	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch

Tabelle 18. Grid-by number Charakterisierung der Murgang Ablagerung. Die Abkürzungen für die Sphärizität bedeuten: H = hohe Sphärizität, L = geringe Sphärizität. Die Abkürzungen für den Rundungsgrad lauten: WA = sehr eckig, A = angular, SA = subangular, SR = subgerundet, R = gerundet, WR = gut gerundet. Die Klassen W1-W5 für die Verwitterung geben den zunehmenden Grad der Verwitterung an, wobei 1 für nicht verwittert und 5 für stark verwittert steht.

ABSCHNITT 3 (MURGANG)

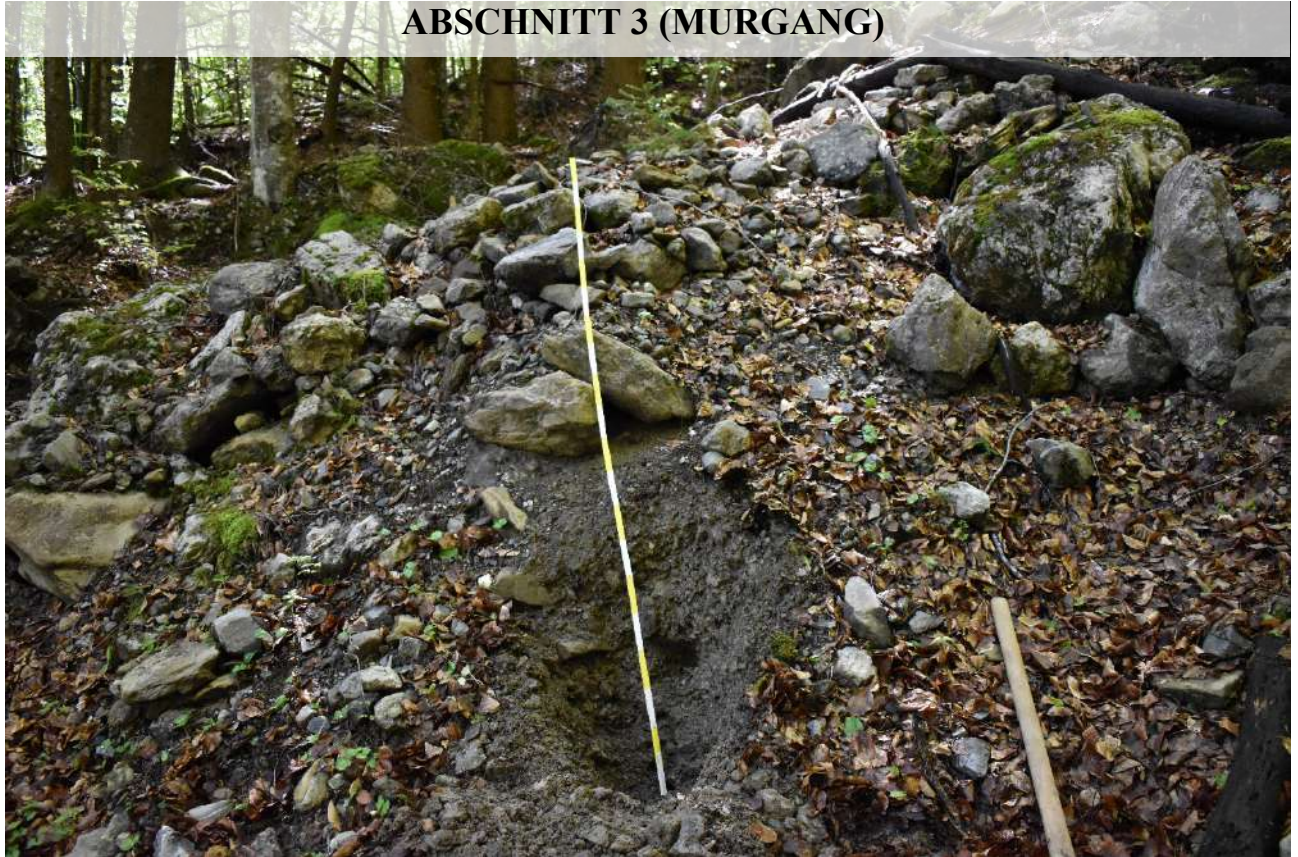


Abbildung 27. Fotografische Dokumentation der Murgang Ablagerung.

Siebanalyse

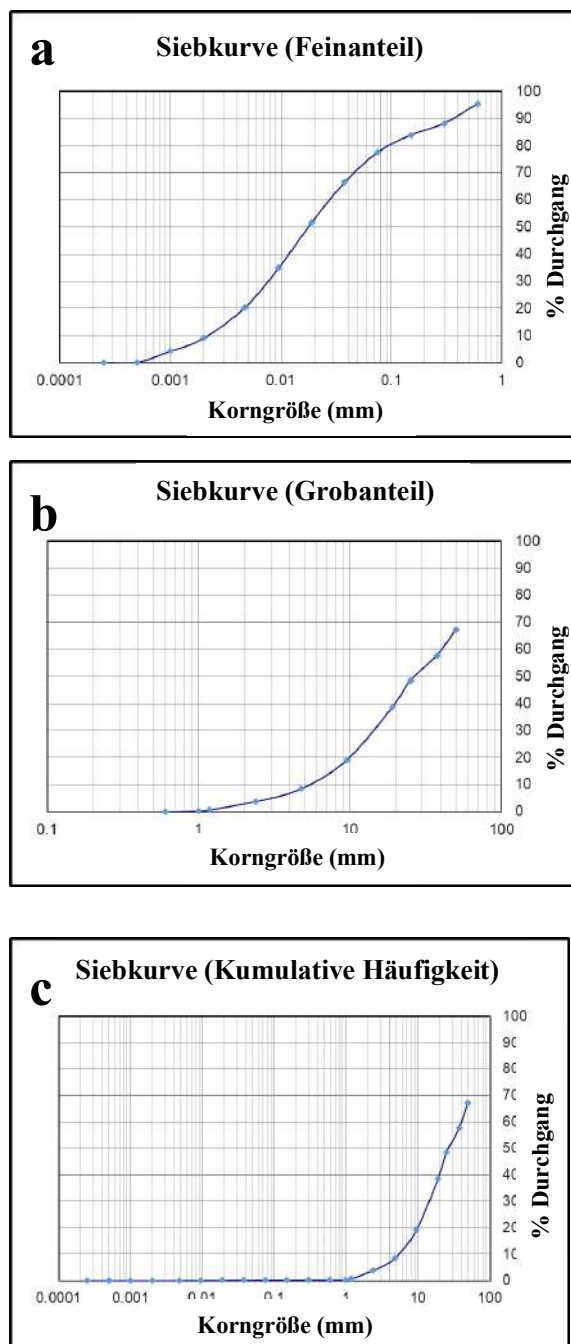


Abbildung 28. Korngrößenkurven der Murgang Ablagerung. a. Feinfraktion. b. Grobfraktion. c. Kumulative Häufigkeit.

Point load test				Slake durability test	
Probe	I [MPa]	I ₅₀ [MPa]	σ _c [MPa]	W [%]	I _d (2)
1	0.926	0.940	20.678	0.242	99.629
2	0.366	0.376	8.273		
3	2.393	2.588	56.934		

Tabelle 19. Ergebnisse des Point Load Tests und des Slake-Durability Tests der Murgang Ablagerung.

Die Ablagerung besteht aus Konglomeraten und Kalksteinen mit einem sehr geringen Verwitterungsgrad; der Anteil an feinem Material ist größer als der Anteil an grobem Material. Die Korngröße ist heterogen. Die mit dem Punktbelastungstest untersuchten Proben weisen eine mittlere bis geringe Festigkeit auf (8 MPa bis 57 MPa). Die Dauerhaftigkeitsanalyse durch den Slake-Test zeigt einen Index von über 95 Prozent: Die Proben haben eine hohe Beständigkeit gegen Schwächung und Zerfall. Der Los-Angeles Test ergab für diese Beckenprobe einen Wert von 27 %.

3.2.2 Hauptsedimentationsbecken (Westliches Becken)

RDN 2008 TM 33

ABSCHNITT 1	X Koordinate [m]	377058.199742
	Y Koordinate [m]	5150344.43413
ABSCHNITT 2	X Koordinate [m]	377063.121002
	Y Koordinate [m]	5150326.6541

Tabelle 20. Koordinaten des Hauptsedimentationsbeckens (westliches Becken).



Abbildung 29. Lage der Abschnitte und der entnommenen Proben.

a

Lithologie	Frequenz % (vol)
Kalkstein	99
Dolomit	1

b

Qualitative Bewertung des Verhältnisses von grober/feiner Ablagerung:	
% fein	90
% grob	10

Tabelle 21. Im Hauptsedimentationsbecken (westliches Becken) vorhandene Lithologien. b. Qualitative Bewertung des Verhältnisses zwischen Grob- und Feinanteil der Ablagerung.

Analyse der Ablagerung mittels „grid by number“ Ansatz																		
ID	A1 [cm]	A2 [cm]	A3 [cm]	Sphärizität		Rundungsgrad						Lithologie	Verwitterung (ISRM)					
1	10	8	5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
2	6	6	4	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
3	8	4	4	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
4	6	4	1.5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
5	3	3	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
6	3	2	1	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
7	9	4	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
8	10	5	4	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
9	8	7	2	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
10	7	4	1	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
11	6	4	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
12	6	7	2	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
13	10	7	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
14	15	10	9	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
15	10	8	2.5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch

Tabelle 22. Grid-by number Charakterisierung der Ablagerungen des Hauptsedimentationsbeckens (westliches Becken). Die Abkürzungen für die Sphärizität bedeuten: H = hohe Sphärizität, L = geringe Sphärizität. Die Abkürzungen für den Rundungsgrad lauten: WA = sehr eckig, A = angular, SA = subangular, SR = subgerundet, R = gerundet, WR = gut gerundet. Die Klassen W1-W5 für die Verwitterung geben den zunehmenden Grad der Verwitterung an, wobei 1 für nicht verwittert und 5 für stark verwittert steht.

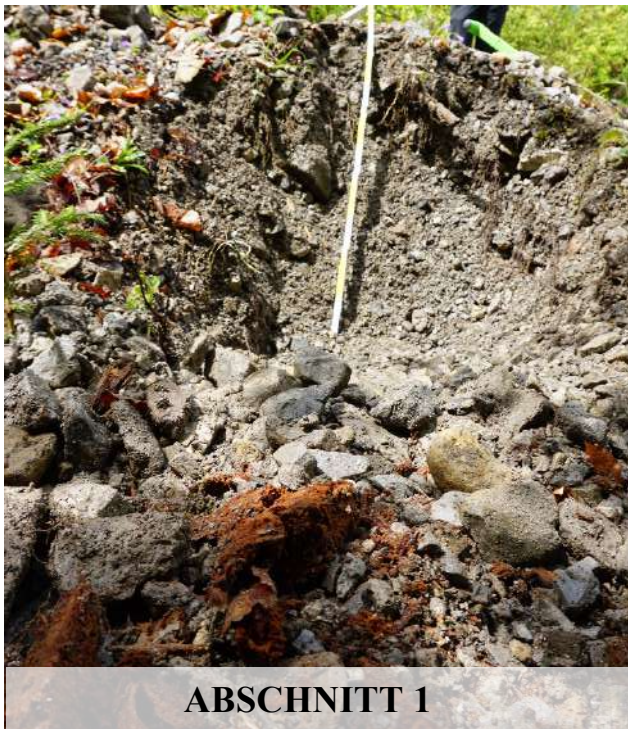
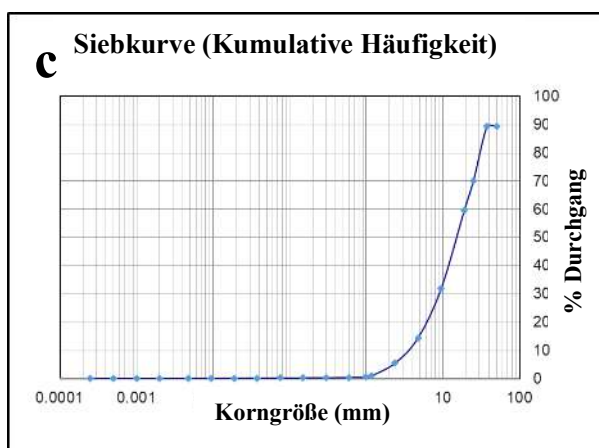
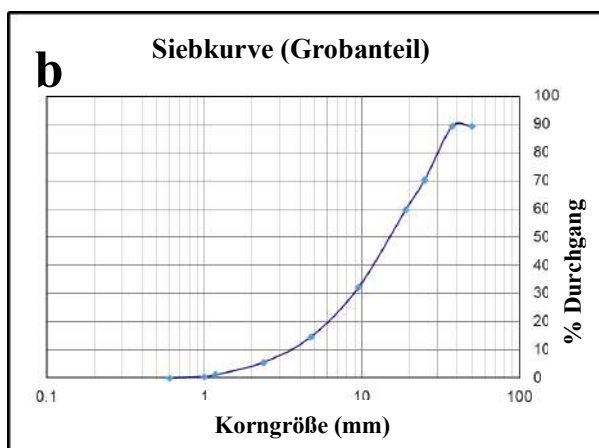
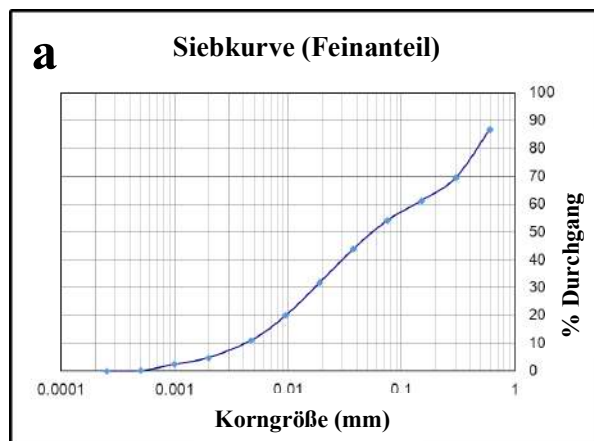


Abbildung 30. Fotografische Dokumentation der Aufschlüsse des Hauptsedimentationsbeckens (westliches Becken). a. Abschnitt 1. b. Abschnitt 2.

Siebanalyse

Abschnitt 1



Abschnitt 2

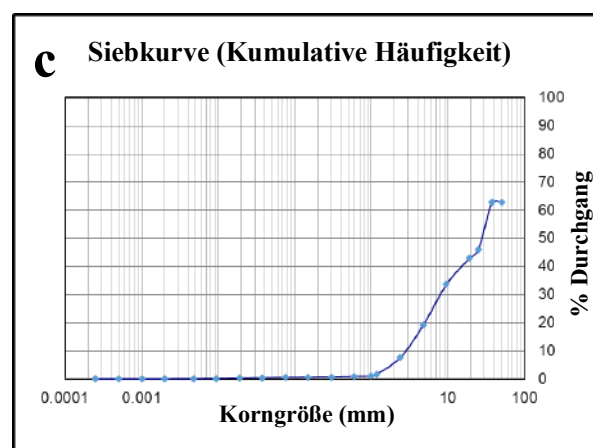
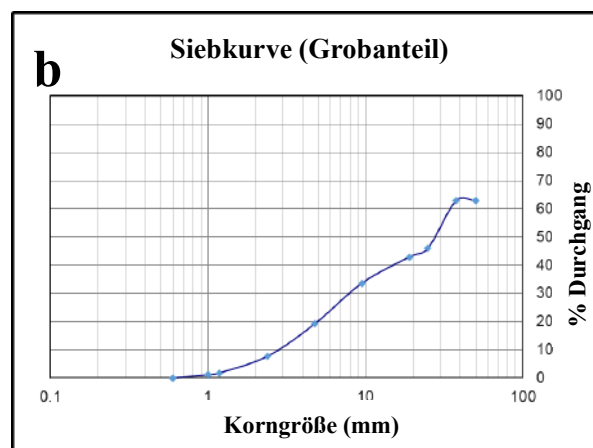
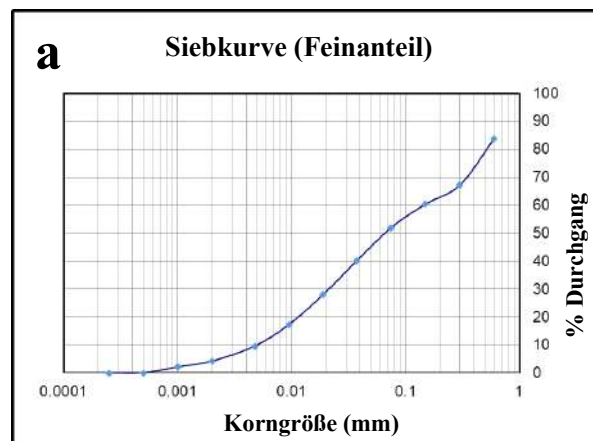


Abbildung 31. Korngrößenkurven des Hauptsedimentationsbeckens (westliches Becken). a. Feinfraktion. b. Grobfraktion. c. Kumulative Häufigkeit.

Point load test					Slake durability test	
	Probe	I [MPa]	I ₅₀ [MPa]	σ _c [MPa]	W [%]	I _d (2)
Abschnitt 1	1	9.571	8.498	186.957	0.8257	99.665
Abschnitt 2	1	1.122	1.212	26.669	0.598	99.706
	2	4.449	4.485	98.671		
	3	0.642	0.646	14.217		

Tabelle 23. Ergebnisse des Point Load Tests und des Slake Durability Tests der Ablagerung des Hauptsedimentationsbeckens (Westbecken).

Das Becken besteht aus Dolomit und Kalkstein. Der Verwitterungsgrad ist gering, und der Anteil an feinem Material ist wesentlich größer als der Anteil an grobem Material. Bei beiden untersuchten Abschnitten ist die Korngröße heterogen. Die Kurven von Abschnitt 1 und Abschnitt 2 sind ähnlich. Die mit dem Punktbelastungstest untersuchten Proben zeigen ein unterschiedliches mechanisches Verhalten, obwohl sie aus der gleichen Lithologie (Dolomit und/oder Kalkstein) bestehen. Der σ_c -Bereich liegt zwischen 186 Mpa (hohe Festigkeit) und 17 MPa (niedrige Festigkeit). Die Dauerhaftigkeitsanalyse durch den Slake-Test zeigt einen Index von mehr als 95 Prozent: Die Proben haben eine hohe Beständigkeit gegen Schwächung und Zerfall. Der Los-Angeles Test ergab einen Wert von 32 % für die Proben in diesem Becken.

3.3 Rio Solfo

Für das Einzugsgebiet des Rio Solfo wurden drei Abschnitte analysiert und Proben entnommen: zwei in einem flussaufwärts (bergseitig) gelegenen Sedimentationsbecken und eines in einem flussabwärts (talseitig) gelegenen Sedimentationsbecken.

3.3.1 Bergseitiges Sedimentationsbecken

RDN 2008 TM 33

ABSCHNITT 1	X Koordinate [m]	375457.918383
	Y Koordinate [m]	5150201.16816
ABSCHNITT 2	X Koordinate [m]	375460.961097
	Y Koordinate [m]	5150207.25359

Tabelle 24. Koordinaten des bergseitigen Sedimentationsbeckens.



Abbildung 32. Lage der Abschnitte und der entnommenen Proben.

a

Lithologie	Frequenz % (vol)
Kalkstein	60
Roter Sandstein	20
Metapelit	20

b

Qualitative Bewertung des Verhältnisses von grober/feiner Ablagerung:	
% fein	40
% grob	60

Tabelle 25. a. Lithologien im flussaufwärts gelegenen Sedimentationsbecken. b. Qualitative Bewertung des Verhältnisses zwischen Grob- und Feinanteil der Ablagerung.

Analyse der Ablagerung mittels „grid by number“ Ansatz																			
ID	A1 [cm]	A2 [cm]	A3 [cm]	Sphärizität		Rundungsgrad						Lithologie	Verwitterung (ISRM)						
1	6	2	2	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
2	40	7	20	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
3	31	16	7	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
4	4.5	4	1	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Sandstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
5	15	11	6	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Roter Sandstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
6	13	10	5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
7	23	16	9	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
8	8	4	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Roter Sandstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
9	11	8	13	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
10	28	28	13	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
11	61	29	18	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Roter Sandstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
12	12	7	6	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Roter Sandstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
13	21	8	8	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
14	70	49	23	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Metapelit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch
15	8	6	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch

Tabelle 26. Grid-by number Charakterisierung der bergseitig gelegenen Ablagerung. Die Abkürzungen für die Sphärizität bedeuten: H = hohe Sphärizität, L = geringe Sphärizität. Die Abkürzungen für den Rundungsgrad lauten: WA = sehr eckig, A = angular, SA = subangular, SR = subgerundet, R = gerundet, WR = gut gerundet. Die Klassen W1-W5 für die Verwitterung geben den zunehmenden Grad der Verwitterung an, wobei 1 für nicht verwittert und 5 für stark verwittert steht.



Abbildung 33. Fotografische Dokumentation der Aufschlüsse der bergseitig gelegenen Ablagerung. a. Abschnitt 1. b. Abschnitt 2.

Siebanalyse

Abschnitt 1

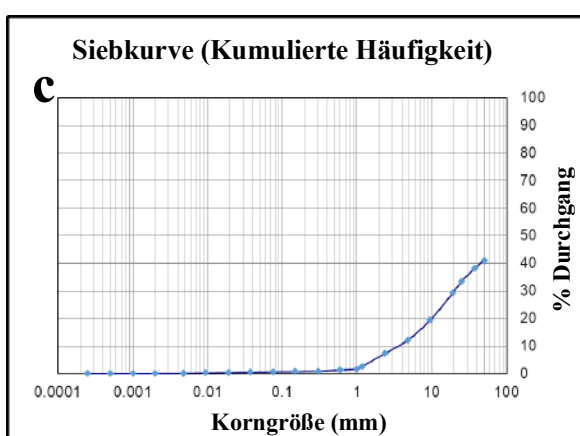
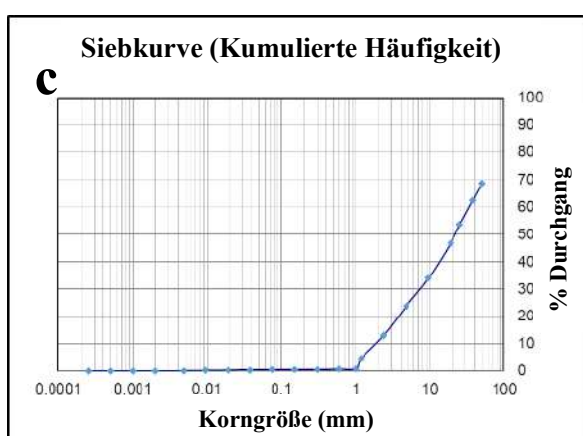
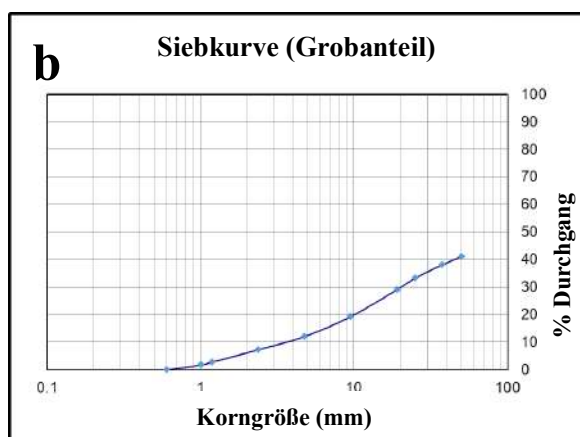
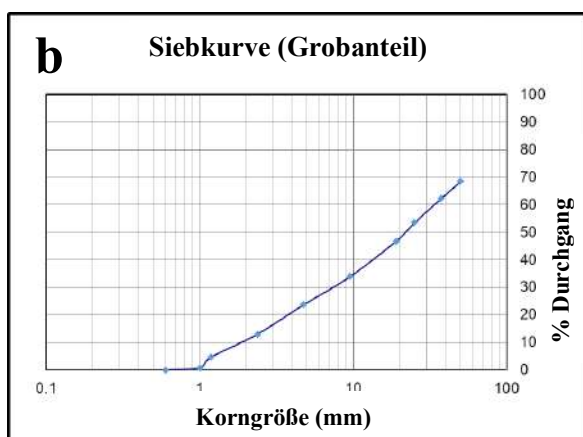
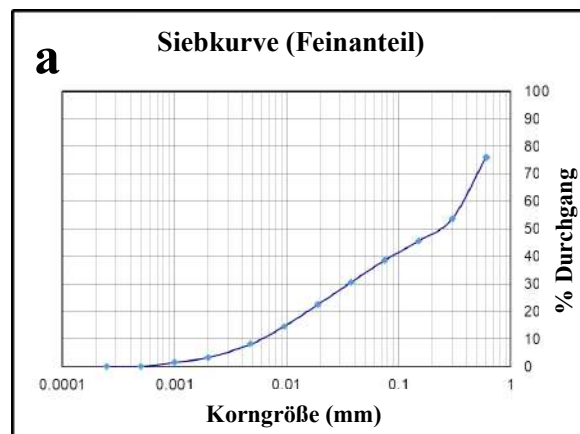
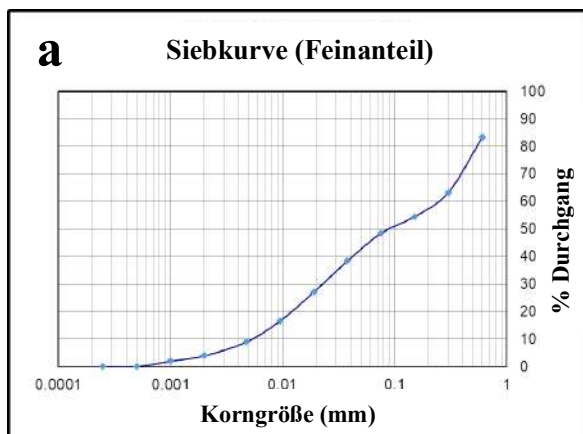


Abbildung 34. Kornsummenkurven der bergseitig gelegenen Ablagerung. a. Feinfraktion. b. Grobfraktion. c. Kumulative Häufigkeit.

Point load test					Slake durability test	
	Probe	I [MPa]	I ₅₀ [MPa]	σ _c [MPa]	W [%]	I _d (2)
Abschnitt 1	1	1.818	2.060	45.318	0.9884	98.642
	2	0.692	0.655	14.416		
	3	6.929	6.715	147.732		
Abschnitt 2	1	2.417	2.404	52.893	0.512	97.597
	2	1.974	1.779	39.139		
	3	7.865	6.823	150.111		
	4	4.416	4.290	94.371		
	5	3.858	3.821	84.062		
	6	7.889	7.540	165.878		

Tabelle 27. Ergebnisse des Point Load Tests und des Slake Durability Tests des Hauptsedimentationsbeckens (Westbecken).

Die Ablagerung besteht aus Kalksteinen mit untergeordneten Sandsteinen und Metapeliten. Der Verwitterungsgrad ist gering, und der Anteil an feinem Material ist etwas geringer als der Anteil an grobem Material. Bei beiden untersuchten Abschnitten ist die Korngröße heterogen. Die Kurven von Abschnitt 1 und Abschnitt 2 sind ähnlich. Die mit dem Punktbelastungstest untersuchten Proben zeigen ein unterschiedliches mechanisches Verhalten: der σ_c-Bereich liegt zwischen 165 MPa (hohe Festigkeit) und 14 MPa (niedrige Festigkeit). Die Haltbarkeitsanalyse mit dem Slake-Test zeigt einen Index von über 95 Prozent: Die Proben weisen eine hohe Beständigkeit gegen Schwächung und Zerfall auf.

3.3.2 Talseitiges Sedimentationsbecken

RDN 2008 TM 33

ABSCHNITT 3	X Koordinate [m]	375528.165398
	Y Koordinate [m]	5150408.60191

Tabelle 28. Koordinaten des talseitigen Sedimentationsbeckens.



Abbildung 35. Lage der Abschnitte und der entnommenen Proben.

a

Lithologie	Frequenz % (vol)
KALKSTEIN	89
KONGLOMERAT	1
ROTER SANDSTEIN	10

b

Qualitative Bewertung des Verhältnisses von grob/fein der Ablagerung:	
% fein	40
% grob	60

Tabelle 29. a. Lithologien im talseitig gelegenen Sedimentationsbecken. b. Qualitative Bewertung des zwischen Grob- und Feinanteil der Ablagerung.

Analyse der Ablagerung mittels „grid by number“ Ansatz																				
ID	A1 [cm]	A2 [cm]	A3 [cm]	Sphärizität		Rundungsgrad						Lithologie	Verwitterung (ISRM)							
1	5	2	0.7	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Roter Sandstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch	
2	10	4	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Konglomerat	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch	
3	10	5	2	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Grauer Sandstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch	
4	25	11	7	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch	
5	16	12	5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch	
6	5	3	1	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch	
7	6	4	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch	
8	4	3	2	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch	
9	8	6	2	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Konglomerat	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch	
10	10	8	2	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch	
11	17	8	4	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch	
12	27	21	6	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch	
13	16	9	2.5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch	
14	19	13	9	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch	
15	28	12	10	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch	physikalisch	

Tabelle 30. Grid-by number Charakterisierung der talseitig gelegenen Ablagerung. Die Abkürzungen für die Sphärizität bedeuten: H = hohe Sphärizität, L = geringe Sphärizität. Die Abkürzungen für den Rundungsgrad lauten: WA = sehr eckig, A = angular, SA = subangular, SR = subgerundet, R = gerundet, WR = gut gerundet. Die Klassen W1-W5 für die Verwitterung geben den zunehmenden Grad der Verwitterung an, wobei 1 für nicht verwittert und 5 für stark verwittert steht.



Abbildung 36. Fotografische Dokumentation des Aufschlusses des talseitig gelegenen Sedimentationsbeckens.

Siebanalyse

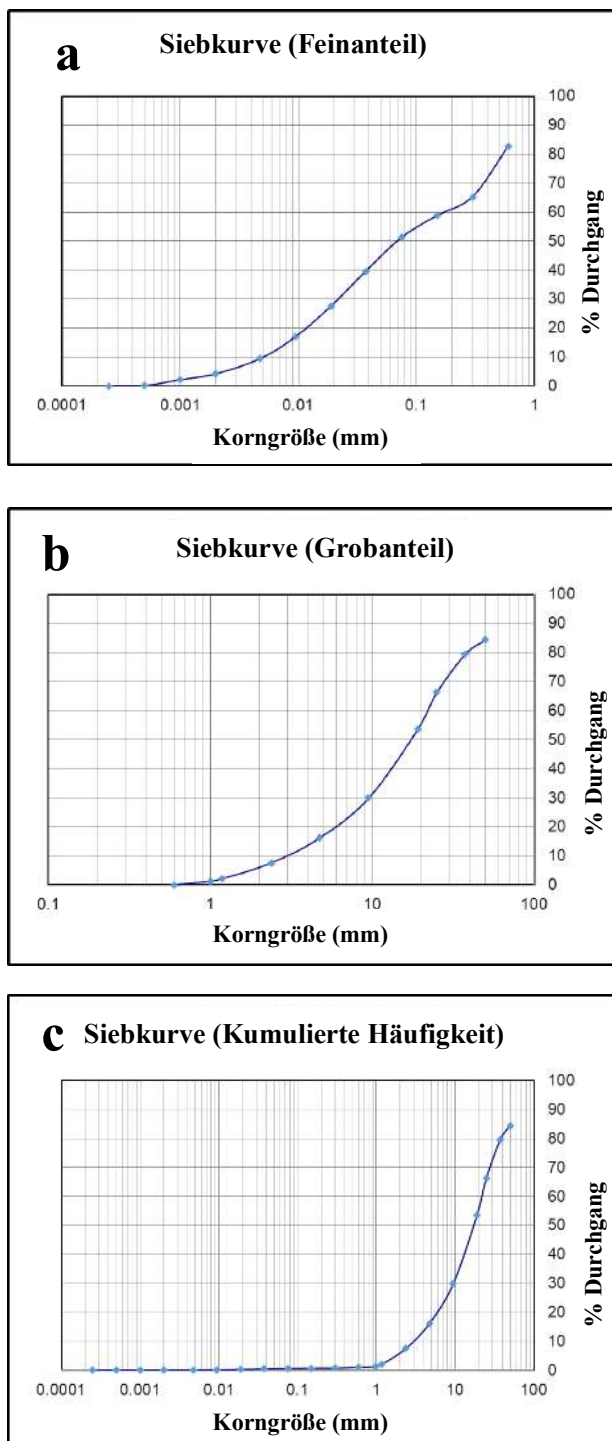


Abbildung 37. Kornsummenkurven flussabwärts gelegenen Sedimentationsbeckens. a. Feinfraktion. b. Grobfraktion. c. Kumulative Häufigkeit.

Point load test				Slake durability test	
Probe	I [MPa]	I ₅₀ [MPa]	σ _c [MPa]	W [%]	I _d (2)
1	3.781	4.094	90.057	0.039	99.296
2	2.629	2.508	55.169		

Tabelle 31. Ergebnisse des Point Load Tests und des Slake Durability Tests des flussabwärts gelegenen Sedimentationsbeckens.

Die Ablagerung besteht aus Kalksteinen. Der Verwitterungsgrad ist gering, und der Anteil an feinem Material ist etwas geringer als der Anteil an grobem Material. Die Korngröße ist heterogen. Die mit dem Punkbelastungstest untersuchten Proben weisen eine durchschnittliche Festigkeit auf. Die Dauerhaftigkeitsanalyse durch den Slake-Test zeigt einen Index von mehr als 95 Prozent: Die Proben haben eine hohe Beständigkeit gegen Schwächung und Zerfall. Der Los Angeles Test ergab für diese Beckenprobe einen Wert von 31 %.

3.4 Rio Drigniza

Für das Lusevera-Becken wurden nur eine Probe und ein Abschnitt analysiert.

RDN 2008 TM 33

ABSCHNITT 1	<i>X Koordinate [m]</i>	364098.165101
	<i>Y Koordinate [m]</i>	5126831.70872

Tabelle 32. Koordinaten des Abschnitts im Lusevera-Becken.



Abbildung 38. Lage des Abschnitts und der entnommenen Probe.

a

Lithologie	Frequenz % (vol)
DOLOMIT	60
KALKSTEIN	35
KONGLOMERAT	5

b

Qualitative Bewertung des Verhältnisses von grob/fein der Ablagerung:	
% fein	40
% grob	60

Tabelle 33. a. Lithologien im Lusevera-Becken. b. Qualitative Bewertung des zwischen Grob-und Feinanteil der Ablagerung

Analyse der Ablagerung mittels „grid by number“ Ansatz																		
ID	A1 [cm]	A2 [cm]	A3 [cm]	Sphärizität		Rundungsgrad						Lithologie	Verwitterung (ISRM)					
1	30	10	5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
2	7	4	2	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
3	5	4	4	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
4	6	5	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
5	3	2	1	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
6	4	1	1	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
7	15	10	5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
8	80	50	40	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
9	38	38	26	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
10	29	36	16	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
11	6	5	3	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
12	30	18	18	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
13	8	3	2	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Kalkstein	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
14	16	10	5	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch
15	7	3	1	H	L	WA	A	SA	SR	R	WR	Dolomit	W1	W2	W3	W4	W5	chemisch physikalisch

Tabelle 34. Grid-by number Charakterisierung der Ablagerung. Die Abkürzungen für die Sphärizität bedeuten: H = hohe Sphärizität, L = geringe Sphärizität. Die Abkürzungen für den Rundungsgrad lauten: WA = sehr eckig, A = angular, SA = subangular, SR = subgerundet, R = gerundet, WR = gut gerundet. Die Klassen W1-W5 für die Verwitterung geben den zunehmenden Grad der Verwitterung an, wobei 1 für nicht verwittert und 5 für stark verwittert steht.



Abbildung 39. Fotografische Dokumentation des Abschnitts im Lusevera-Becken.

Siebanalyse

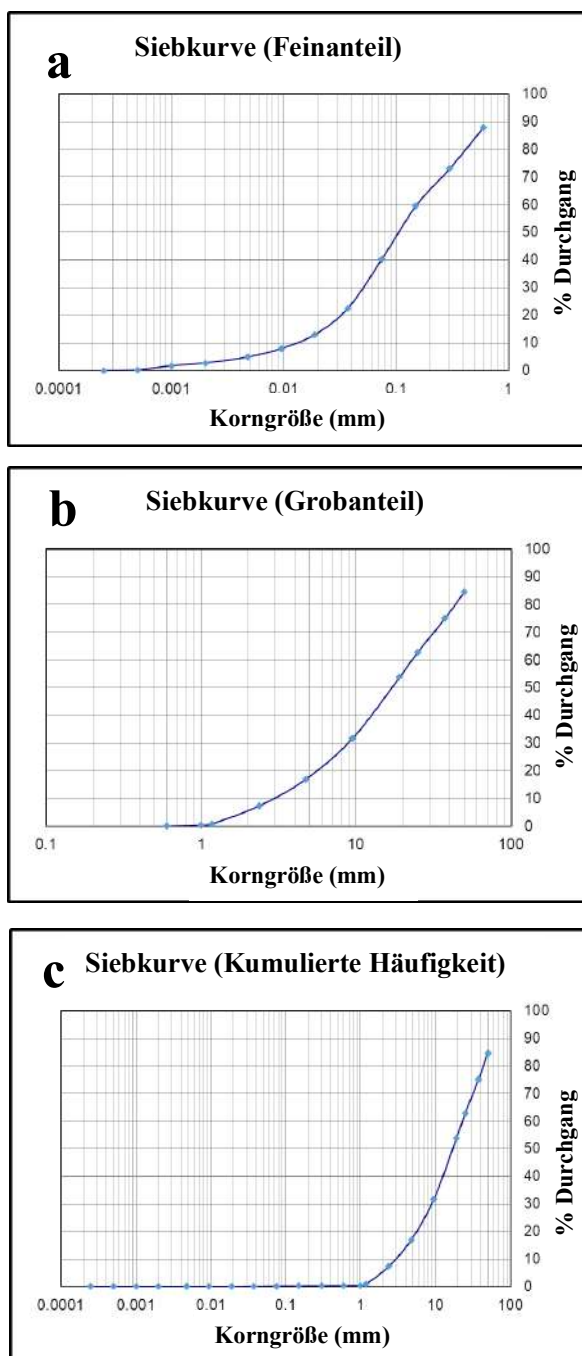


Abbildung 40. Korngrößenkurven im Lusevera-Becken.
a. Feinanteil. b. Grobfraktion. c. Kumulative Häufigkeit.

Point load test			
campione	I [MPa]	I ₅₀ [MPa]	σ _c [MPa]
1	4.533	4.173	91.813
2	3.851	3.502	77.035
3	7.470	5.992	131.829

Tabelle 35. Ergebnisse der Analyse des Point Load Tests für den Abschnitt im Lusevera-Becken.

Die Ablagerung besteht aus Dolomiten mit untergeordneten Kalksteinen. Der Verwitterungsgrad ist gering, und der Anteil an feinen Korngrößen ist etwas geringer als der an groben Korngrößen. Die Korngröße ist insgesamt als heterogen einzustufen. Die mit dem Punktbelastungstest untersuchten Proben weisen eine mittlere bis hohe Festigkeit auf. Dauerhaftigkeitsanalysen mittels Slake-Tests und Los Angeles-Abriebfestigkeit wurden nicht durchgeführt, da die Proben nicht geeignet waren.

4 WP6 - Sedimentanalyse

4.1 Quantifizierung des Sedimentvolumens

Die Schätzung des Sedimentvolumens im Einzugsgebiet erfolgt in der Regel in vier Schritten:

- **Geomorphologische Analyse des Einzugsgebiets**, um eine ungefähre Schätzung des in den Ablagerungen verfügbaren Volumens (*storage volume*) zu erhalten, indem Sedimentquellgebiete (z.B. Hangrutschungen und Erosionserscheinungen) und Ablagerungen kartiert werden;
- **Morphometrische und geophysikalische Analyse**, um eine quantitative Messung der **Mächtigkeit der Sedimentablagerung** zu erhalten;
- **Kontinuierliche oder zeitlich gestaffelte Überwachung der Prozesse** (z. B. durch *DEM of Difference* Analyse), um eine Quantifizierung der Produktions-/Erosionsdynamik innerhalb eines bestimmten Zeitraums zu erhalten; es ist zu beachten, dass diese Schätzung nicht die gesamte Sedimentbilanz liefert, da ein Teil des Sediments aus dem Becken abgeführt wird. Dennoch ist diese erste Schätzung ein wichtiger Parameter für die weiterführende Untersuchung des Beckens.
- **Messung des Sedimentablagerungsbudgets** zur Quantifizierung des im Becken transportierten Sedimentvolumens, zur Schätzung des Sedimentbudgets und zur Schätzung der Denudationsrate des Beckens. Diese Untersuchungen sind in Abhängigkeit von den verwendeten zeitlichen und räumlichen Maßstäben zu interpretieren.

Aufgrund der Schwierigkeit und der manchmal mangelnden Verfügbarkeit dieser Informationen wurde im Rahmen des SedInOut-Projekts ein vereinfachter praktischer Ansatz vorgeschlagen, der aus vier Kernaktivitäten besteht:

- Geländebegehung zur Abschätzung der im Flussbett vorhandenen Sedimente und zur Bewertung des Wirkungsgrades der Schutzbauten (unter Verwendung der in WP4 beschriebenen Erhebungsbögen)
- geomorphologische Kartierung durch Fotointerpretation und DEM-Analyse,
- Schätzung des Volumens in Flussbetten mit hohem Vernetzungsgrad,
- Schätzung der im gesamten Einzugsgebiet vorhandenen Sedimentmengen.

4.1.1 Geländeerhebungen

Die erste Geländetätigkeit (Identifizierung von Sturzbächen) ist für die Abschätzung der bei einem intensiven Hochwasserereignis kurzfristig am leichtesten entfernbaren Volumina äußerst relevant. Der vorgeschlagene Ansatz umfasst die Begehung der Sturzbäche, die Erstellung von Vermessungsblättern und die Unterteilung der Bachläufe in homogene Abschnitte. Dank dieser Tätigkeit ist es möglich, eine erste Schätzung der im Flussbett vorhandenen Sedimente zu erhalten, die wie folgt quantifiziert werden:

$$\mathbf{Vol_{Abschnitt} = Mächtigkeit\ der\ Ablagerung * Breite\ des\ Fließgewässers}$$
$$\mathbf{* Länge\ des\ Abschnittes}$$

Die In-situ-Erhebung in Gebirgsregionen ist oft kompliziert und erlaubt es dem Erheber nicht, alle Bereiche des Beckens zu analysieren. Nicht begehbare Abschnitte enthalten gewisse Anteile an Schutt, der in der Sedimentbilanz nicht berücksichtigt wird. Dies führt zu einer Unterschätzung der entfernbaren Volumina (**Vol_{Abschnitt}**). Jedoch sind diese meist steilen, unzugänglichen Abschnitte (starkes Gefälle) durch eine geringe Anhäufung von Ablagerungen charakterisiert. Somit ist dieser Sedimentanteil in der Gesamtbilanz vernachlässigbar.

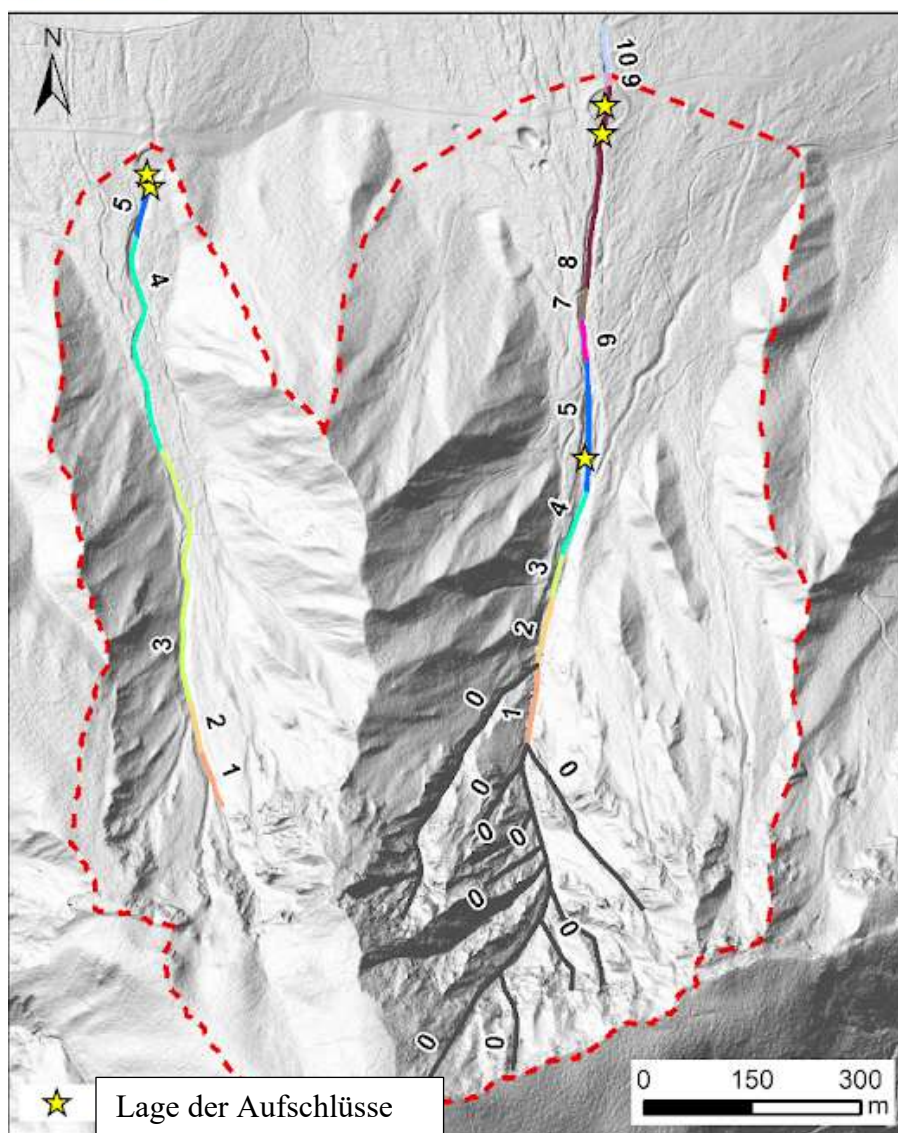


Abbildung 41. Becken der linken Nebenflüsse der Fella, Ost und West. Die begehbaren und in homogene Zonen unterteilten Abschnitte sind durch farbige Segmente gekennzeichnet; jedem Abschnitt ist eine Farbe und eine fortlaufende Identifikationsnummer zugewiesen; Abschnitte mit einer Identifikationsnummer von Null sind nicht begehrbar, weil sie nicht zugänglich sind.

4.1.2 Geomorphologische Kartierung durch Fotointerpretation

Die Kartierung ermöglicht die Identifizierung und Klassifizierung von Ablagerungen und gravitativen Massenbewegungen innerhalb der Becken und gibt Aufschluss über die Größenordnung der insgesamt verfügbaren Ablagerungen, die mittel- und langfristig abgebaut werden können. Nach der Charakterisierung schlägt der SedInOut-Ansatz zwei Analysen auf verschiedenen Ebenen vor:

- Analyse des Volumens der Ablagerungen, die mit den reißenden Flusseinzugsgebieten verbunden sind,
- Analyse der Mengen im gesamten Einzugsgebiet,

um die Volumina zu ermitteln, die bei einem einzigen Ereignis nicht reaktiviert werden können, aber dennoch einen Hinweis auf den *Kritikalitätsgrad* des Einzugsgebiets geben, auch in Abhängigkeit von der Häufigkeit der Hochwasserereignisse.

4.1.3 Schätzung des Volumens in Flussbetten mit hohem Vernetzungsgrad

Für die erste Analyse, die sich nur auf die verbundenen Ablagerungen in den Bachläufen beschränkt, sieht das Verfahren in einer GIS-Umgebung die Konstruktion von Puffern um die Bachläufe vor, deren Größe mit der Strahler-Ordnung der Bachläufe progressiv zunimmt (10 m für die erste Ordnung, 20 m für die zweite, 30 m für die dritte, 40 m für die vierte und 50 m für die fünfte Ordnung), die dann mit den Schichten in Bezug auf die Ablagerungen und die Schwerkraftbewegungen durchschnitten werden (**Abbildung 42**Abbildung 42); Jeder Ablagerung wird dann ein Mächtigkeitswert zugeordnet, der durch geophysikalische Untersuchungen ermittelt oder in der Literatur vorgeschlagen wurde (die Mächtigkeitswerte in Alpentälern, die in der Arbeit von Otto et al. , 2009 sind in **Tabelle 36**Error! Reference source not found. und **Abbildung 43** dargestellt), die sich auf die gesamte betroffene Pufferzone erstrecken. Die endgültige Quantifizierung der in den zusammenhängenden Ablagerungen vorhandenen Mengen ist gleich:

$$\begin{aligned}
 Vol_{\text{zusammengeführte Ablagerungen}} &= \text{Oberfläche des Puffer – und Ablagerungs – Kreuzungsbereichs} \\
 &\quad * \text{Mächtigkeit der Ablagerung}
 \end{aligned}$$

Der Mächtigkeitswert kann je nach gewünschtem Szenario dem 25. Perzentil, dem Durchschnittswert oder dem 75. Perzentil entsprechen. Error! Reference source not found. zeigt

die Werte des verfügbaren Volumens in den an die Wildbäche angeschlossenen Ablagerungen in Bezug auf den Quadratkilometer.

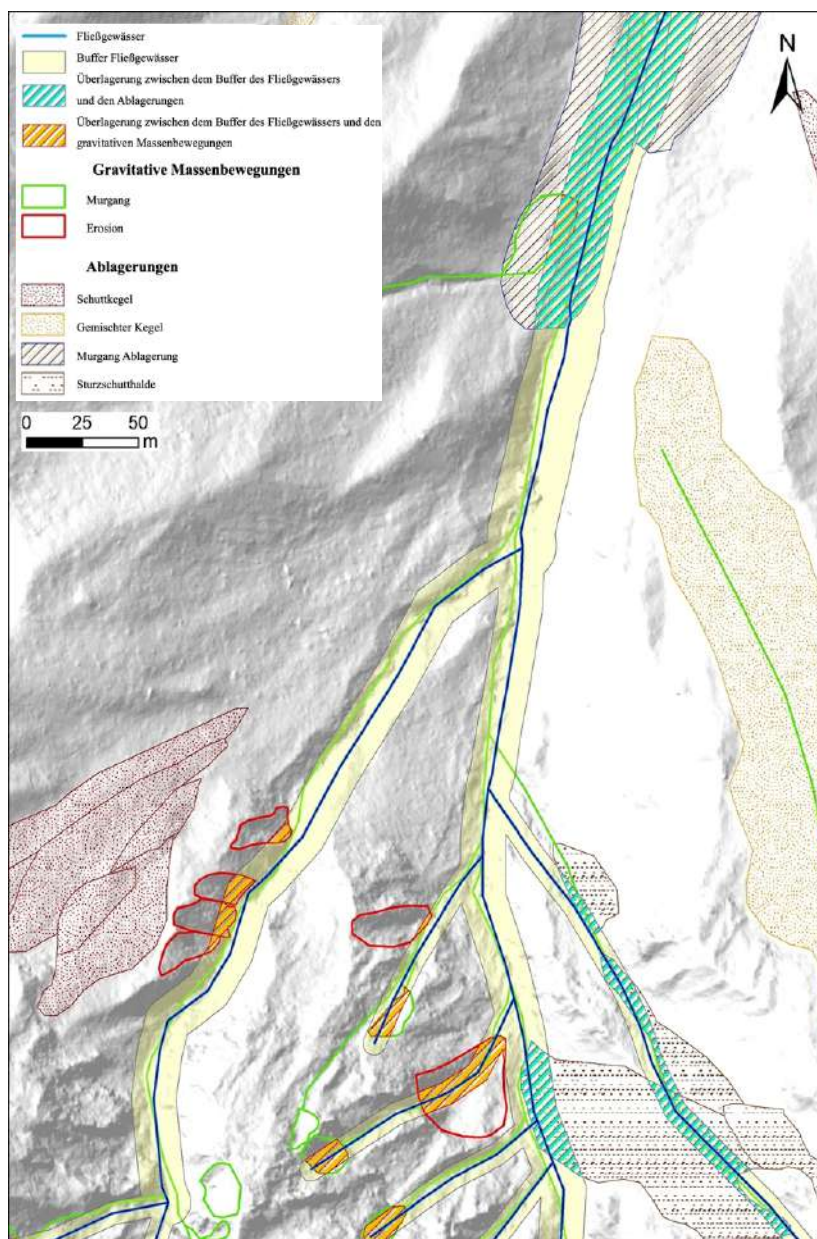


Abbildung 42. Beispiel für eine Pufferkonstruktion um reißende Bäche, die von Ablagerungsschichten und Schwerkraftbewegungen durchzogen sind.

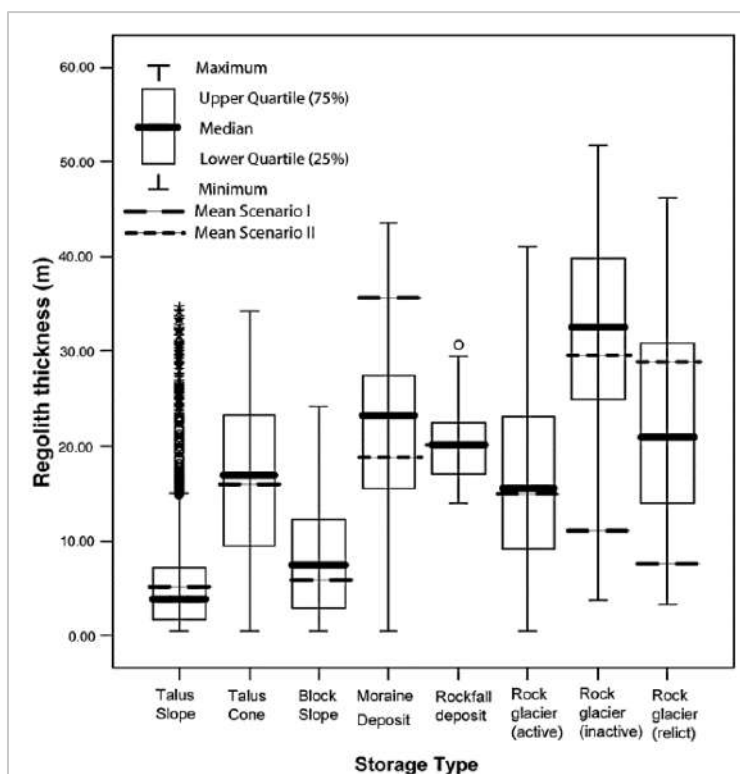


Abbildung 43. Mächtigkeit der Ablagerungen in einem Alpental, geschätzt von Otto et al. (2009).

Art der Ablagerung	$Vol_{\text{zusammengeführte Ablagerungen}} (m^3)$
Gemischter Kegel	28500 ± 10700
Murgang Ablagerung	90 ± 0
Sturzschutthalde	18300 ± 7300
Murgang	210 ± 0
Erosion	185 ± 90

Tabelle 36. Volumen der Ablagerungen in einem Alpental, geschätzt von Otto et al. (2009).

Einzugsgebiet	$Vol_{\text{zusammengeführte Ablagerungen}}/km^2$
Rio Cucco	240.000
Zubringer Fella sx West und Ost	86.000
Rio Solfo	880.000
Rio Drigniza	1.740.000
Rio Tolina	92.000

Tabelle 37. Volumen der Ablagerungen, die mit den reißenden Bachläufen eines jeden Beckens verbunden sind, pro Quadratkilometer. Beachten Sie den hohen Wert für das Einzugsgebiet des Rio Drigniza, das sehr aktiv ist.

4.1.4 Schätzung der Sedimentmengen im gesamten Einzugsgebiet

Bei der zweiten vorgeschlagenen Analyse, die auf die Ablagerungen und Gravitationsbewegungen des gesamten Beckens ausgedehnt wird, ergibt das Produkt aus den Werten der Ablagerungsdicke pro Fläche der gesamten kartierten Ablagerung eine höhere Volumenquantifizierung:

$$Vol_{\text{gesamte Ablagerung}} = \text{Oberfläche der Ablagerung} * \text{Mächtigkeit der Ablagerung}$$

Nach Abschluss der vier im vereinfachten praktischen Ansatz SedInOut vorgeschlagenen Tätigkeiten setzt sich die Quantifizierung der Sedimentmengen im Einzugsgebiet aus drei Werten zusammen: das Volumen im Bachlauf ($Vol_{\text{Abschnitt}}$), das Volumen der verbundenen Ablagerungen ($Vol_{\text{verbundene Ablagerungen}}$) und der Gesamtablagerung ($Vol_{\text{gesamte Ablagerung}}$) die ein hohes, mittleres und niedriges Verfügbarkeits-Szenario bzw. eine niedrige, mittlere und hohe Rückgabezeit anzeigen. Diese drei Werte können durch einen Vergleich mit der verfügbaren Literatur interpretiert werden, z. B. mit der in **Abbildung 44** dargestellten Studie von Marchi et al. (2019). Für jedes der fünf im Rahmen des SedInOut-Projekts untersuchten Becken werden Werte für $Vol_{\text{Abschnitt}}$ und $Vol_{\text{gesamte Ablagerung}}$ beobachtet, die mit der Literatur übereinstimmen. Interessant ist der Fall des Einzugsgebiets des Rio Drigniza, das so aktiv in der Sedimentproduktion und mit den vorhandenen Ablagerungen verbunden ist, dass es durch ähnliche $Vol_{\text{verbundene Ablagerungen}}$ und $Vol_{\text{gesamte Ablagerung}}$ Werte gekennzeichnet ist. Die Ergebnisse für die fünf untersuchten Einzugsgebiete sind in **Tabelle 38** aufgeführt.

Einzugsgebiet	$Vol_{Abschnitt}$	$Vol_{zusammenges. Abl.}$	$Vol_{gesamte Ablagerung}$
Rio Cucco	21.500	186.700 ± 65.000	1.250.000 ± 500.000
Affluenti sx Fella W e E	10.800	58.100 ± 20.000	1.070.000 ± 350.000
Rio Solfo	n.d.	4.140.000 ± 1.500.000	12.100.000 ± 4.500.000
Rio Drigniza	n.d.	2.000.000 ± 800.000	2.750.000 ± 1.100.000
Rio Tolina	43.500	1.250.000 ± 450.000	49.000.000 ± 15.000.000
Verfügbarkeit	hoch	mittel	niedrig
Wiederkehrzeit	niedrig	mittel	hoch

Tabelle 38. Quantifizierung der Volumina im Bachlauf, in den verbundenen Ablagerungen und in der Gesamtablagerung. Die Werte wurden in jedem der fünf untersuchten Becken berechnet.

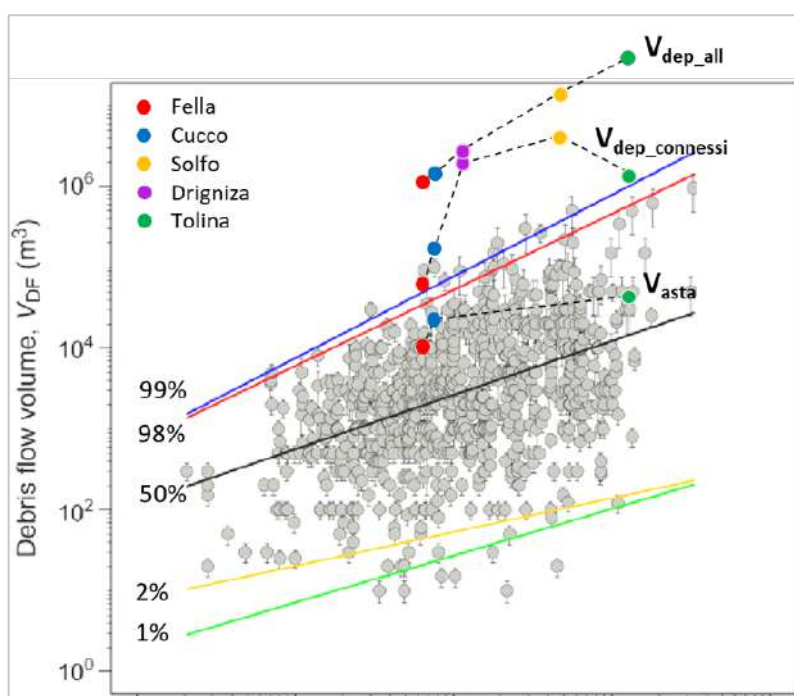


Abbildung 44. Die Beziehung zwischen Sedimentvolumen und Einzugsgebiet stammt von Marchi et al. (2019). Die farbigen Kreise beziehen sich auf die für jedes der fünf im Rahmen des SedInOut-Projekts untersuchten Becken berechneten Volumina in den Bachläufen, in den zugehörigen Ablagerungen und in den im gesamten Becken vorhandenen Ablagerungen. Die Werte für das Sedimentvolumen im Bachlauf ($Vol_{Abschnitt}$) wurden für die Becken von Solfo und Drigniza nicht berechnet, da sie nicht begehbar sind.

5 WP7 - Entwicklung von technischen Datenblättern, Handbüchern und Richtlinien

5.1 Mögliche Verwendung des Sedimentes

Ein weiteres Ziel des folgenden Arbeitspakets war es, je nach Verfügbarkeit und Eigenschaften der untersuchten Becken, die mögliche Verwendung des Sediments zu bewerten. Mit Hilfe von In-situ- und a posteriori-Laboranalysen wurde ermittelt, welche Wiederverwendung von Ablagerungen infolge von Fließereignissen möglich ist. Die Untersuchung von fünf Becken, die über das gesamte Gebiet der Region verstreut sind und unterschiedliche morphologische, lithologische und klimatische Merkmale aufweisen, zielte darauf ab, die Heterogenität des Gebietes zu untersuchen, um für das gesamte Gebiet gültige Parameter zu definieren. Durch die Analyse der geltenden Vorschriften auf nationaler (Italien) und regionaler (Friaul-Julisch Venetien) Ebene sowie der UNI- und ASTM-Normen wurden zwölf Verwendungsmöglichkeiten des Materials in der Region ermittelt.

Die möglichen Verwendungszwecke und ihre Grenzen sind nachstehend aufgeführt.

5.1.1. Eisenbahnschotter (UNI-EN) – RFI

Der Kies ist den folgenden Labortests zu unterziehen:

Granulometrische Analyse	Frost-Tau-Beständigkeit
Anteil an feinen Partikeln	Volumetrische Masse der Partikel
Gehalt an Feinanteil	Wasserabsorptionskoeffizient
Formindex und gelängte Elemente	Prüfung der Druckfestigkeit
Widerstand gegen Fragmentierung (Los Angeles-Versuch)	Mineralogisch-petrographische Analyse unter einem Dünnschliffmikroskop

Tabelle 39. Auflistung der erforderlichen Laboranalysen.

5.1.1.1 Geometrische Eigenschaften

<i>Siebdurchmesser (mm)</i>	80	63	50	40	31.5	22.4
<i>Passant (%)</i>	100	100	70-99	30-65	1-25	0-3

Tabelle 40. Auflistung der geometrischen Eigenschaften.

- Der Anteil zwischen 31,5 und 50 mm darf nicht weniger als 50 % betragen.
- Bei einer Probe von 60 kg (Proben mit geringerem Gewicht sind nicht zulässig) darf der Durchgang durch das 0,5-mm-Sieb nicht mehr als 0,6 % betragen (UNI EN 9331-1).
- Bei einer Probe von 60 kg darf der Siebdurchgang von 0,063 mm bei der Nasssiebung 0,5 % nicht überschreiten (UNI EN 933-1).

5.1.1.1.1 Form der Partikel

- Erforderliche Kategorie SI 20 der UNI-EN 13450
- Formfaktor berechnet an einer Probe von mindestens 40 kg
- Der Gewichtsanteil von Elementen mit einer Mindestgröße von weniger als 1/3 der Höchstgröße darf 20 % nicht überschreiten.

5.1.1.1.2 Länge der Partikel

- Kategorie B der EN 13450 erforderlich
- Der Gewichtsprozentsatz von Elementen mit einer Länge von 100 mm oder mehr, gemessen an einer 40 kg schweren Schotterprobe, darf einen Wert von 6 % nicht überschreiten.

5.1.1.2 Mechanische/physikalische Eigenschaften

5.1.1.2.1 Fragmentierungswiderstand - Los Angeles (LA) Test

$$LA_{RB} = \frac{P_i - m}{P_i} \times 100$$

P_i = Anfangsmasse der Probe, ausgedrückt in Gramm

M = auf dem 1,6-mm-Sieb zurückgehaltene Masse in Gramm

L.A. Koeffizient	RFI Kategorie	L.A. _{RB} Kategorie
≤16%	1	LA _{RB} 16
≤20%	2	LA _{RB} 20
≤26%	3	LA _{RB} 26

Tabelle 41. Parameter des Los-Angeles Test und den RFI Kategorien.

5.1.1.2.2 Dauerhaftigkeit - Frost- und Tauwasserbeständigkeit

$$\Delta S_{LA} = \frac{S_{LA1} - S_{LA0}}{S_{LA0}} \times 100$$

S_{LA0} ist der Los Angeles-Koeffizient des Prüfmusters ohne Frost-Tau-Zyklen

S_{LA1} ist der Los Angeles-Koeffizient des Prüfmusters nach den Gefrier-Tau-Zyklen

Nicht gefrierender Schotter	$\Delta S_{LA} \leq 20\%$
------------------------------------	---------------------------

5.1.1.2.3 Volumetrische Masse der Partikel

Schotter gilt als geeignet, wenn die Volumenmasse der Partikel $> 2,55 \text{ Mg/m}^3$ ist.

5.1.1.2.4 Coefficiente di assorbimento acqua

Schotter gilt als geeignet, wenn die Wasseraufnahme der Partikel für die RFI-Kategorien 1 und 2 $\leq 2 \%$ und für die Kategorie 3 $\leq 3 \%$ ist.

RFI Kategorie	Absorptionskoeffizient
1	$\leq 2\%$
2	
3	$\leq 3\%$

Tabelle 42. RFI-Kategorien mit dem assoziierten Absorptionskoeffizient

5.1.1.3 Lithologische Klassifizierung

Die lithologische Klassifizierung des Schotters erfolgt durch die Bestimmung des prozentualen Anteils der Haupt- und Nebenminerale und ist gemäß der IUGS-Nomenklatur in wissenschaftlicher Terminologie anzugeben. Die Lithologie wird auf der Grundlage der makroskopischen Untersuchung der Probe, der mineralogisch-petrographischen Analyse des Dünnschliffs unter dem Polarisationsmikroskop und, falls erforderlich, nur bei vulkanischen Gesteinen, durch chemische Analyse unter Verwendung der QAPF- und TAS-Diagramme bestimmt. Der Schotter für Eisenbahnschotter darf keinen Gehalt an gefährlichen Bestandteilen oder Stoffen aufweisen, der die in den geltenden Rechts- und Verwaltungsvorschriften festgelegten Grenzwerte überschreitet. Die Verwendung von Schotter für Eisenbahnschotter aus Gesteinen, die gemeinhin als "grüne Steine" bezeichnet werden und deren Bezeichnung und mineralogischer Gehalt in Anlage 4 des Ministerialerlasses des Gesundheitsministeriums vom 14.5.1996, veröffentlicht im Amtsblatt Nr. 251 vom 25.10.1996, aufgeführt sind, sowie aus solchen Gesteinen, die durch besondere Bedingungen der Alteration und Paragenese gekennzeichnet sind, so dass sie ein potenzielles Risiko für das Vorhandensein von Asbestmineralien darstellen, ist nicht zulässig. Der Schotter darf keine Asbestmineralien gemäß Art. 247 des Gesetzesdekrets Nr. 81 vom 09/04/2008 enthalten. Die Bestimmung des Vorhandenseins von Asbestmineralien erfolgt an denselben Dünnschliffen, die für die lithologische Klassifizierung verwendet werden, und zur gleichen Zeit wie diese (mineralogisch-petrographische Analyse unter dem Mikroskop am Dünnschliff).

5.1.2 Käfige

5.1.2.1 Geometrische Eigenschaften

Siebdurchmesser (cm)	25	15
Passant (%)	100	0

Tabelle 43. Geometrische Eigenschaften der Käfige.

Die Blöcke dürfen nicht zu regelmäßig geformt sein.

5.1.3 Feine Gesteinskörnung für Beton (ASTM)

5.1.3.1 Geometrische Eigenschaften

Siebdurchmesser (mm)	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15
Passant (%)	100	95-100	80-100	50-85	26-60	5-30	0-10

Tabelle 44. Geometrische Eigenschaften der feinen Gesteinskörnung für Beton.

Es darf nicht mehr als 45% des Materials, das durch ein Sieb fällt, beim nächsten Sieb blockiert werden.

5.1.3.2 Gefährliche Stoffe

Die Menge an feinem Gefahrgut darf die in der Tabelle angegebenen Grenzwerte nicht überschreiten:

	Maximaler Massenanteil für die Probe
Lehm und zerbrechliche Gesteinseinheiten	3
Steinkohle und Braunkohle	0.5
Weitere Aggregate	1

Tabelle 45. Auflistung des maximalen Massenanteils für die Proben der gefährlichen Stoffe.

Die feinen Gesteinskörnungen sollten frei von unreinen organischen Stoffen sein. Wenn die Gesteinskörnung benetzt wird, darf sie keine Stoffe enthalten, die mit dem Alkali im Zement in ausreichender Menge reagieren, um eine übermäßige Ausdehnung von Mörtel oder Beton zu verursachen. Verwenden Sie Gesteinskörnungen mit einem Zement, der mindestens 0,6 % Alkali enthält, oder mit einem Zusatz, der die Ausdehnung infolge der Alkali-Aggregat-Reaktion verhindert.

5.1.3.3 Soundness

Feine Gesteinskörnungen, die 5 Festigkeitsprüfungen unterzogen werden, sollten einen durchschnittlichen Gewichtsverlust von nicht mehr als 10 % bei Verwendung von Natriumsulfat bzw. 15 % bei Verwendung von Magnesiumsulfat aufweisen.

5.1.4 Grobe Zuschläge für Beton (ASTM)

5.1.4.1 Geometrische Eigenschaften

n°Sieb	Siebdurchmesser (mm)	100	90	75	63	50	37.5	25	19	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	0.3
1	Passant (%) (von 90 bis 37.5 mm)	100	90-100		25-60		0-15		0-5						
2	Passant (%) (von 63 bis 37.5 mm)			100	90-100	35-70	0-15		0-5						
3	Passant (%) (von 50 bis 25.0 mm)				100	90-100	35-70	0 - 15		0-5					
357	Passant (%) (von 50 bis 4.75 mm)				100	95-100		35-70		10-30		0-5			
4	Passant (%) (von 37.5 bis 19.0 mm)					100	90-100	20-55	0-15		0-5				
467	Passant (%) (von 37.5 bis 4.75 mm)					100	95-100		35-70		10-30	0-5			
5	Passant (%) (von 25.0 bis 12.5 mm)						100	90-100	20-55	0-10	0-5				
56	Passant (%) (von 25.0 bis 9.5 mm)						100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5			
57	Passant (%) (von 25.0 bis 4.75 mm)						100	95-100		25-60		0-10	0-5		
6	Passant (%) (von 19.0 bis 9.5 mm)							100	90-100	20-55	0-15	0-5			
67	Passant (%) (von 19.0 bis 4.75 mm)							100	90-100		20-55	0-10	0-5		
7	Passant (%) (von 12.5 bis 4.75 mm)								100	90-100	40-70	0-15	0-5		
8	Passant (%) (von 9.5 bis 2.36 mm)									100	85-100	10-30	0-10	0-5	
89	Passant (%) (von 9.5 bis 1.18 mm)									100	90-100	20-55	5-30	0-10	0 - 5
9	Passant (%) (von 4.75 bis 1.18 mm)										100	85-100	10-40	0-10	0

Tabelle 46. Geometrische Eigenschaften von groben Zuschlägen für Beton (ASTM).

5.1.4.2 Gefährliche Stoffe

Klassen	Art oder Verwendung des Betons	Höchstzulage %						
		Clay Lumps and Friable Particles	Chert (Less Than 2.40 sp gr SSD)	Sum of Clay Lumps, Friable Particles, and Chert (Less Than 2.40 sp gr SSD)	Material feiner als 75 µm	Steinkohle und Braunkohle	Abrasion	Festigkeit mit Magnesiumsulfat (5 Zyklen)B
1S	Fundamente, Fundamente und Balken, die nicht der Witterung ausgesetzt sind, Innenböden, die beschichtet werden müssen	10	...	...	1 ^c	1	50	...
2S	Innenböden ohne Beläge	5	...	...	1 ^c	0.5	50	...
3S	Oberirdische Grundmauern, Stützmauern, Pfeiler, Balken und Träger, die der Witterung ausgesetzt sind	5	5	7	1 ^c	0.5	50	18
4S	Fußböden, Decks, Einfahrten und Bordsteine, Gehwege, Terrassen, Garagenböden, freiliegende Böden und Veranden oder Strukturen am Wasser, die häufig nass werden	3	5	5	1 ^c	0.5	50	18
5S	Architektonischer oder dekorativer Sichtbeton	2	3	3	1 ^c	0.5	50	18
<i>Moderate Weathering Regions</i>								
1M	Keller, Fundamente, Pfeiler und Balken, die nicht der Witterung ausgesetzt sind, Innenböden, die beschichtet werden müssen	10	...	...	1 ^c	1	50	...
2M	Innenböden ohne Beläge	5	...	...	1 ^c	0.5	50	...
3M	Oberirdische Grundmauern, Stützmauern, Pfeiler, Balken und Träger, die der Witterung ausgesetzt sind	5	8	10	1 ^c	0.5	50	18
4M	Bürgersteige, Terrassen, Einfahrten und Bordsteine, Gehwege, Innenhöfe, Garagenböden, freiliegende Böden und Veranden oder Strukturen am Wasser, die häufig nass werden	5	5	7	1 ^c	0.5	50	18
5M	Architektonischer oder dekorativer Sichtbeton	3	3	5	1 ^c	0.5	50	18
<i>Negligible Weathering Regions</i>								
1N	Platten, die dem Abrieb durch Verkehr, Decks und Gehwege ausgesetzt sind	5	...	...	1 ^c	0.5	50	...
2N	Alle anderen Klassen von Beton	10	...	...	1 ^c	1	50	...
A- Zerkleinerte, luftgekühlte Hochofenschlacke ist von den Abriebanforderungen ausgenommen. Die Schüttdichte (Stückgewicht) von zerkleinerter, luftgekühlter Hochofenschlacke darf nicht weniger als 1120 kg/m³ [70 lb/ft³] betragen. Die Klassifizierung der Schlacke, die bei der Prüfung der Schüttdichte (Stückgewicht) verwendet wird, muss mit der Klassifizierung übereinstimmen, die im Beton verwendet werden soll. Der Abriebverlust von Kies, Schotter oder Bauschutt ist an der (den) Testgröße(n) zu bestimmen, die der (den) im Beton zu verwendenden Klassifizierung(en) am nächsten kommt (kommen). Wenn mehr als eine Klassifizierung verwendet werden soll, gilt der Grenzwert für den Abriebverlust für jede. Bei Verwendung von Natriumsulfat sollte der zulässige Grenzwert für die Prüfschärfe 12 % betragen. B- Dieser Prozentsatz kann unter einer der folgenden Bedingungen auf 1,5 erhöht werden: (1) wenn das Material im Wesentlichen frei von Ton oder Schiefer ist; oder (2) wenn bekannt ist, dass die Quelle der feinen Gesteinskörnung, die im Beton verwendet werden soll, weniger als die festgelegte Höchstmenge enthält, die das 75-µm-Sieb (Nr. 200) kann der prozentuale Grenzwert (L) für die Menge der groben Gesteinskörnung auf $L = 1 + [(P)/(100 - P)] (T - A)$ erhöht werden, wobei P = der prozentuale Anteil des Sandes im Beton an der gesamten Gesteinskörnung, T = der Grenzwert für die zulässige Menge der feinen Gesteinskörnung und A = die tatsächliche Menge der feinen Gesteinskörnung. (Dies ist eine gewichtete Berechnung, die darauf abzielt, die maximale Masse des Materials, das das 75-µm-Sieb (Nr. 200) passiert, im Beton auf diejenige zu begrenzen, die sich ergeben würde, wenn sowohl die feine als auch die grobe Gesteinskörnung mit dem jeweils angegebenen maximalen Prozentsatz geliefert würden).								

Tabelle 47. Auflistung der gefährlichen Stoffe.

5.1.4 Aggregat für Asphalt (Washington Department of Transportation 2004)

5.1.4.2 Geometrische Eigenschaften

Siebdurchmesser (mm)	38.1	25.4	19.05	12.7	9.525	4.75	2.36	0.075
Passant (%) (0.95 mm)				100	90-100	90 max	32-67	2-7
Passant (%) (1.3 mm)			100	90-100	90 max		28-58	2-7
Passant (%) (1.9 mm)		100	90-100	90 max			23-49	2-7
Passant (%) (2.5 mm)	100	90-100	90 max				19-45	1-7

Tabelle 48. Geometrische Merkmale von Asphaltzuschlagstoffen.

5.1.4.3 Physische Eigenschaften

Los Angeles	35% - 50%
Plastizitätsindex	Von nicht-plastisch bis maximal 10
Solidität der feinen und groben Anteile	von 10% bis 18%
Aufnahmefähigkeit	von 4% bis 6%

Tabelle 49. Physische Eigenschaften.

5.1.5 Portland Zement (UNI-EN)

Im Handel erhältliche Zemente bestehen hauptsächlich aus Mischungen von Portlandzement mit puzzolanischen Stoffen, hydraulisch wirkenden puzzolanischen Stoffen und Zuschlagstoffen. Nach dieser Norm können Zemente unter Verwendung der folgenden Hauptbestandteile hergestellt werden:

- Portlandzementklinker (K)
- Gips
- Natürliche (P) und kalzinierte natürliche Puzzolane (Q)
- Silikatische (V) und kalzinierte (W) Flugasche
- Granulierte Hochofenschlacke (S)
- Mikrokieselsäure oder Silikastaub (D)
- Kalksteine (L oder LL)
- Kalzinierte Schiefer (T)

Haupttypen	Bezeichnungen der 27 Produkte (gängige Zementsorten)		Zusammensetzung (in Prozent der Masse)											Sekundäre Inhaltsstoffe
			Hauptbestandteile											
			Klinker	Hochofenschlacke	Kieselsäure-Rauch	Puzzolanerde		Verwehte Asche		Kalzinierter Schiefer	Kalkstein			
						Natürlich	Kalzinierter natürlich	Kiesel-erde	Kalkstein					
			K	S	D ^{b)}	P	Q	V	W	T	L	LL		
CEM I	Portlandzement	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM II	Portlandzement mit Schlacke	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Portlandzement mit Silikastaub	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		Portlandzement mit Puzzolanerde	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
	CEM II/B-P		65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5	
	CEM II/A-Q		80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5	
	CEM II/B-Q		65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5	
	Asche Portlandzement		CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
			CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5	
	Gebrannter Schiefer Portlandzement	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20			0-5	
		CEM II/B-T	65-79							21-35			0-5	
	Kalkstein Portland-Zement	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	--	6-20	-	0-5
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5
		CEM II/B-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5
	Portland Komposit Zement	CEM II/A-M	80-88	←----- 12-20 -----→										0-5
		CEM II/B-M	68-79	←----- 21-35 -----→										
	CEM III	Hochofenzement	CEM III/A	35-64	36-50	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM III/B			20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM III/C			5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM IV	Puzzolanischer Zement c)	CEM IV/A	65-89	-	←----- 11-65 -----→					-	-	-	0-5	
		CEM IV/B	45-64	-	←----- 36-55 -----→					-	-	-	0-5	
CEM V	Kompositzement ^{c)}	CEM V/A	40-64	18-30	-	←----- 18-30 -----→			-	-	-	-	0-5	
		CEM V/B	20-38	31-49	-	←----- 31-49 -----→			-	-	-	-	0-5	
a) a) Die Werte in der Tabelle beziehen sich auf die Summe der Haupt- und Nebenbestandteile														
b) b) Der Anteil an Silikastaub ist auf 105 % begrenzt.														
c) c) Bei CEM II/A-M und CEM II/B-M Portlandkompositzementen, CEM IV/A und CEM IV/B Puzzolanementen sowie CEM V/A und CEM V/B Komposit Zementen müssen die Hauptbestandteile außer Klinker durch die Zementbezeichnung angegeben werden (siehe z. B. Abschnitt 8).														

Tabelle 50. Auflistung Portlandzementkriterien.

5.1.6 Bodenkorrektur (ASTM)

Durch die Verwendung von Karbonatgestein ist es möglich, ein Verfahren zur Entsäuerung des Bodens durchzuführen.

Die erste Voraussetzung für die Nutzung des Materials zu diesem Zweck ist daher, dass die Lithologie der Lagerstätte aus Kalkstein und/oder Dolomit besteht.

5.1.7.1 Granulometrische Eigenschaften

- Kornverteilung mit 95% weniger als 0,85 mm, 60% weniger als 0,25 mm und 50% weniger als 0,15 mm

- In einigen Ländern müssen 75/100% des Materials weniger als 2/2,38 mm und 25% weniger als 0,25 mm betragen.

Andere potenzielle Verwendungszwecke, für die jedoch keine genauen Hinweise auf Beschränkungen gefunden wurden, sind: Pflasterung, Böschungen und In-situ-Zementierung, Pigmente, Füllstoffe für Kunststoffe, Gartenbau.

5.2 Anwendung und Wiederverwendung des Sedimentes

Um die Korngrößenverteilung der Gesteinsbrocken, aus denen die Ablagerung besteht, qualitativ einzuschätzen, reicht eine einzige Laboranalyse nicht aus. Dies ist zwar nützlich für die Quantifizierung des feineren Materials, aber unzureichend für die Bewertung der größeren Mengen. Im Gegensatz dazu erlaubt eine Bildanalyse von Orthofotos nur die Abschätzung der größeren Ablagerungen an der Oberfläche. Daher ist es wichtig, eine Analyse durchzuführen, die in der Lage ist, die Korngrößenanalysen in verschiedenen Maßstäben zu vereinheitlichen, was eine qualitative Bewertung der gesamten Ablagerung ermöglicht, indem sowohl größere als auch kleinere Volumen betrachtet werden.

Daher wurde eine Anwendung entwickelt, mit der die Korngrößenverteilung der Ablagerung abgeschätzt werden kann und die anhand der folgenden Informationen (**Abbildung 45**) Anhaltspunkte für die mögliche Wiederverwendung des Materials liefert:

- Geschätzte Daten aus direkter Geländebeobachtung
- Achsenabmessungen der einzelnen Blöcke der Ablagerung, die auf Grundlage von Orthofotos kartiert wurden;
- Achsenbemessungen der Blöcke, die anhand von Fotos des Aufschlusses ermittelt wurden;
- Daten aus der Korngrößenanalyse, die an einer am Boden gesammelten Probe aus dem Aufschluss durchgeführt wurde.

Bodenbeobachtungen ermöglichen es, das Verhältnis von feinem zu grobem Schutt in der gesamten Ablagerung zu schätzen. Die Fotoanalyse wird es ermöglichen, den Prozentsatz des groben Schuttes in der Ablagerung sowohl an der Oberfläche, dank der Orthofotoanalyse, als auch in der Tiefe, dank der Aufschlussanalyse, zu schätzen. Im Gegenzug ermöglicht die Siebanalyse im Labor die Quantifizierung des Feinanteils (**Abbildung 46**).

Abhängig von der Partikelgrößenverteilung kann dann mit Hilfe der Anwendung (**Abbildung 47**) eine erste Abschätzung der möglichen Wiederverwendungen des Materials durchgeführt werden.

Zwölf potenzielle Verwendungsmöglichkeiten des Ablagerungsmaterials wurden entsprechend den Normen (UNI und ASTM) ermittelt. Von diesen zwölf haben nur neun eine Beschränkung der Partikelgröße, so dass die Anwendung nur die potenzielle Verwendung dieser Partikel aufzeigen kann.

Außerdem wurden zwei Handbücher zur Unterstützung der Anwendung und der möglichen Verwendungszwecke erstellt. Das Anwendungshandbuch beschreibt die mathematische Funktionsweise des Modells und seine Anwendung und gibt an, welche Eingabedateien erforderlich sind. Das Handbuch für potenzielle Verwendungszwecke enthält alle Bedingungen, die das Material erfüllen muss, um für einen bestimmten Zweck verwendet werden zu können.

Granulometrische Analyse der Murgang Ablagerung

 **Interreg**
Italia-Österreich
European Regional Development Fund

 EUROPEAN UNION

 **BICOCCA**

 **REGIONE AUTONOMA**
FRIULI VENEZIA GIULIA
Servizio geologico

Eingangsdateien und Parameter

Wählen Sie die Datei, welche die Daten der Drohnen Befliegung enthält

Wählen Sie die Datei, welche die Daten des Aufschlussfotos enthält

Wählen Sie die Datei, welche die Daten der Siebanalyse enthält

Wählen Sie die Datei, welche die Daten der Laser-Siebanalyse enthält (optional)

Mächtigkeit der Panzerung (m)

Mächtigkeit der Ablagerung (m)

Prozentsatz der Feinanteile im Aufschluss (0-1)

Prozentsatz der Feinanteile in der Panzerung (0-1)

Dichte (kg/m³)

Dichte Feinanteil (kg/m³)

Schwellenwert Grob- Feinanteil (m)

Wählen Sie den Ordner, in dem die Ergebnisse gespeichert werden

Ok

Abbildung 45. Anwendung Partikelgrößen-Eingabeschnittstelle.

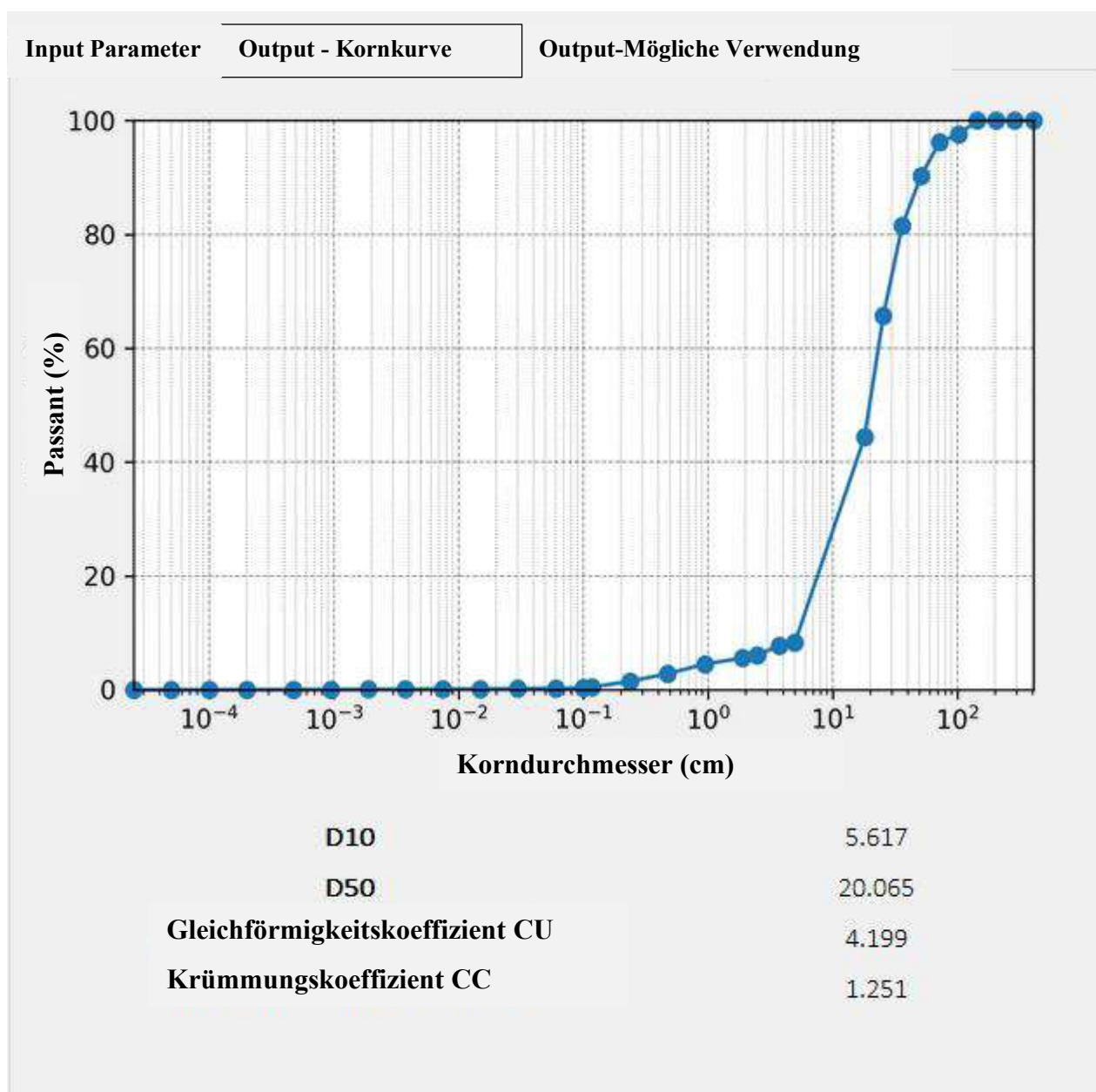


Abbildung 46. Beispiel für die Ausgabe einer Korngrößenkurve, die von der Anwendung erhalten wird.

Granulometrische Analyse der Murgang Ablagerung				
   				
Input Parameter	Output - Kornkurve	Output-Mögliche Verwendung		
		Verwendung		Mögliche Verwendung
Gleisschotter (UNI-EN)		Si	No	Si No
Käfige		Si	No	Si No
Feiner Zuschlagstoff für Beton (ASTM)		Si	No	Si No
Grober Zuschlagstoff für Beton (ASTM)		Si	No	Si No
Zuschlagstoff für Asphalt (ASTM)		Si	No	Si No
Bodenkorrektur (ASTM)		Si	No	Si No

Abbildung 47. Beispiel für die mögliche Wiederverwendung der Anwendung.

	GRANULO- METRISCHE LIMITIERUNG	PHYSISCHЕ/ MECHANISCHE LIMITIERUNG	PETRO- GRAPHISCHE LIMITIERUNG	MINERALOGISCHE LIMITIERUNG
GLEISSCHOTTER	X	X		
KÄFIGE	X			
FEINER ZUSCHLAGSTOFF FÜR BETON	X	X	X	
GROBE ZUSCHLÄGE FÜR BETON	X		X	
ZUSCHLAGSTOFFE FÜR ASPHALT	X		X	
ZEMENTE			X	
BODEN- KORREKTUREN	X		X	
FUSSBODEN			X	
BÖSCHUNGEN UND IN-SITU- BETONIERUNG				
PIGMENTE	X		X	X
KUNSTSTOFF- FÜLLUNGEN	X		X	X
GARTENARBEIT	X			

Tabelle 51. Tabelle der Verwendungsmöglichkeiten und Beschränkungen der Sedimentnutzung.

5.3 Verordnungen

5.3.3 Staatliche Regelung

Königliches Dekret. vom 25. Juli 1904, n. 523; • R.D. vom 9. Dezember 1937 n. 2669

Dekret des Staatspräsidenten vom 8. September 1997, n. 357 zur Umsetzung der Richtlinie 92/43/EWG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tier- und Pflanzenwelt;

Dekret des Staatspräsidenten vom 21. Dezember 1999, n. 554 zur Regelung der Gewinnung von Zuschlagstoffen im Zuge dringend erforderlicher Wasser- und Forstwirtschaftsmaßnahmen.

Gesetzesdekret vom 25 Mai 2001 n. 265 "Durchführungsbestimmungen zum Sonderstatut der Region Friaul-Julisch Venetien für die Übertragung von staatlichem Wasser- und Meergütern sowie von Wasserressourcen und Bodenschutzfunktionen";

Dekret des Staatspräsidenten vom 3. April 2006, n. 152, über Umweltvorschriften, insbesondere die Umsetzung der Gemeinschaftsrichtlinien 85/337/EWG, 97/11/EG und 2003/35/EG in ihrer geänderten Fassung. Insbesondere sieht die Projektkategorie "Fluss- und Stromregulierungsarbeiten, Kanalisierungs- und Rückgewinnungsarbeiten und andere ähnliche Arbeiten, die den Wasserhaushalt beeinträchtigen, einschließlich Arbeiten zur Gewinnung von Gesteinsmaterial aus dem Fluss- und Seenregime" vor, dass **Arbeiten zur Schottergewinnung einem Screening-Verfahren** unterliegen. Enthält Anhang 5, Spalten A und B für Kontaminationsgrenzen.

Dekret des Staatspräsidenten vom 16. Januar 2008, n. 4, Art.2, comma22, **schließt folgende Kategorien von Abfällen aus**: "Pflanzenmaterial, Erde und Steine, die nicht in einem Maße verunreinigt sind, das die in den geltenden Vorschriften festgelegten Grenzwerte überschreitet, und die bei der Wartung von Entwässerungs- und Bewässerungsgräben anfallen".

Dekret des Staatspräsidenten vom 13 Juni 2017, n. 120 (Verordnung mit vereinfachten Regeln für die Bewirtschaftung von Boden- und Gesteinsaushub) regelt die Bewirtschaftung von Boden- und Gesteinsaushub, dem auch fluviatile Sedimente unterliegen, sofern sie nicht kontaminiert sind.

5.3.4 Regionale Regulierungen – Region Friaul-Julisch-Venetien

- **Regionalgesetz vom 7. September 1990, n. 43.** Regelungen zur Umweltverträglichkeitsprüfung in der Region Friaul-Julisch-Venetien. Rechtsvorschriften, welche die Durchführungsmodalität von UVP- und Screening-Verfahren regeln;
- **Dekret des Präsidenten der Region vom 8. Juli 1996, n. 0245/Pres,** mit der die Durchführungsverordnung zum Regionalgesetz 43/1990 verabschiedet wurde. Verordnungen zur Regelung der Modalitäten für die Durchführung von UVP (Umweltverträglichkeitsprüfung)- und Screening-Verfahren;
- **Dekret des Präsidenten der Region vom 29. April 2015, n.11** “Organische Regulierung von Bodenschutz und Wassernutzung”, insbesondere in Kapitel II, Artikel 21, **Regelung der Wartungsarbeiten an Flussbetten durch die Entfernung von Gesteinsmaterial** (gewöhnliche Wartungsarbeiten, Konzession im öffentlichen Verfahren, staatliche Gebühr) und Artikel 27 regelt **dringende Interventionen zur Entfernung von Gesteinsmaterial.**

6 Literaturverzeichnis

ASTM C33/C33M-18 Standard Specification for Concrete Aggregates

Carulli G.B.; (2006). Carta geologica del Friuli-Venezia Giulia, scala 1: 150.000 con Note illustrative, Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Direzione Regionale Ambiente e Lavori Pubblici, Servizio Geologico Regionale.

Cavalli, M., Marchi, L., Sangati, M., Zanon, F., & Borga, M. (2007). Erosione e trasporto dei sedimenti durante una piena improvvisa: l'evento del Rio Cucco, 29 agosto 2003. Quaderni di Idronomia Montana, 27, 231-245.

Franklin, J. A., & Chandra, R. (1972, maggio). Il test di durabilità dello slake. In International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts (Vol. 9, No. 3, pp. 325-328). Pergamon.

Kogel, J. E., Trivedi, N. C., Barker, J. M., & Krukowski, S. T. (Eds.). (2006). *Industrial minerals & rocks: commodities, markets, and uses*. SME.

Marchi L., Cavalli M., Sangati M., & Borga M. (2009). Controlli idrometeorologici e risposta erosiva di un debris flow alpino estremo. Processi idrologici: An International Journal, 23(19), 2714-2727.

Marchi, L., Brunetti, M. T., Cavalli, M., & Crema, S. (2019). Earth Surface Processes and Landforms, 44(4), 933-943

Otto, J. C., Schrott, L., Jaboyedoff, M., & Dikau, R. (2009). Quantifying sediment storage in a high alpine valley (Turtmanntal, Switzerland). Earth Surface Processes and Landforms 34(13), 1726-1742.

Paronuzzi P., Gnech D., Serafini W., Coccolo A., Dipartimento di Georisorse e Territorio, Università degli studi di Udine (2008). Tolina 2008- Studio geologico tecnico per la valutazione del rischio frana del bacino del torrente Tolina (Comune di Forni di Sopra). Rapporto finale FASE-D

RFI, CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 17 PIETRISCO PER MASSICCIAIA FERROVIARIA - 31/12/2020 (<https://www.rfi.it/content/dam/rfi/fornitori-e-gare/qualificazione-operatori-economici/elenco-fornitori-pietrisco/Capitolato%20-%20Parte%20II%20-%20Sezione%2017%20-%20Pietrisco%20per%20massicciata%20ferroviaria.pdf>)

UNI EN 197-1:2011 COMPOSIZIONE, SPECIFICAZIONI E CRITERI DI CONFORMITÀ PER CEMENTI COMUNI <https://www.azichem.com/news/uni-en-197-1-2011-composizione-specificazioni-e-criteri-di-conformita%C3%A0-per-cementi-comuni/249/>

Venturini C., Pondrelli M., Delzotto S., Fontana C. & Discenza K., 2002 -Carta geologica delle alpi carniche (foglio occidentale) (scala 1: 25.000), s. el.ca, firenze.