



goMURra Management plan 2030

Ziele, Maßnahmentypen und damit verbundene räumliche Anforderungen

Cilji, vrste ukrepanja in prostorske potrebe

19.01.2021

Helmut Habersack & Mario Klösch,
Roman Dunst, Markus Eder, Michael Tritthart
Universität für Bodenkultur Wien
Univerza za naravne vire in uporabne živiljenjske vede, Dunaj



Inhalt

- Einleitung in Sedimenttransp. und Flussmorphologie
- Historische Morphologie der Grenzmur
- Menschliche Eingriffe
- Auswirkungen der menschlichen Eingriffe
- Maßnahmen gegen Sohleintiefung
- Effekt bisheriger Renaturierungsmaßnahmen
- Aktuelle Situation – Handlungsbedarf
- Maßnahmentypen und Wirkung
- Morphologischer Raumbedarf der Grenzmur
- Schlussfolgerungen



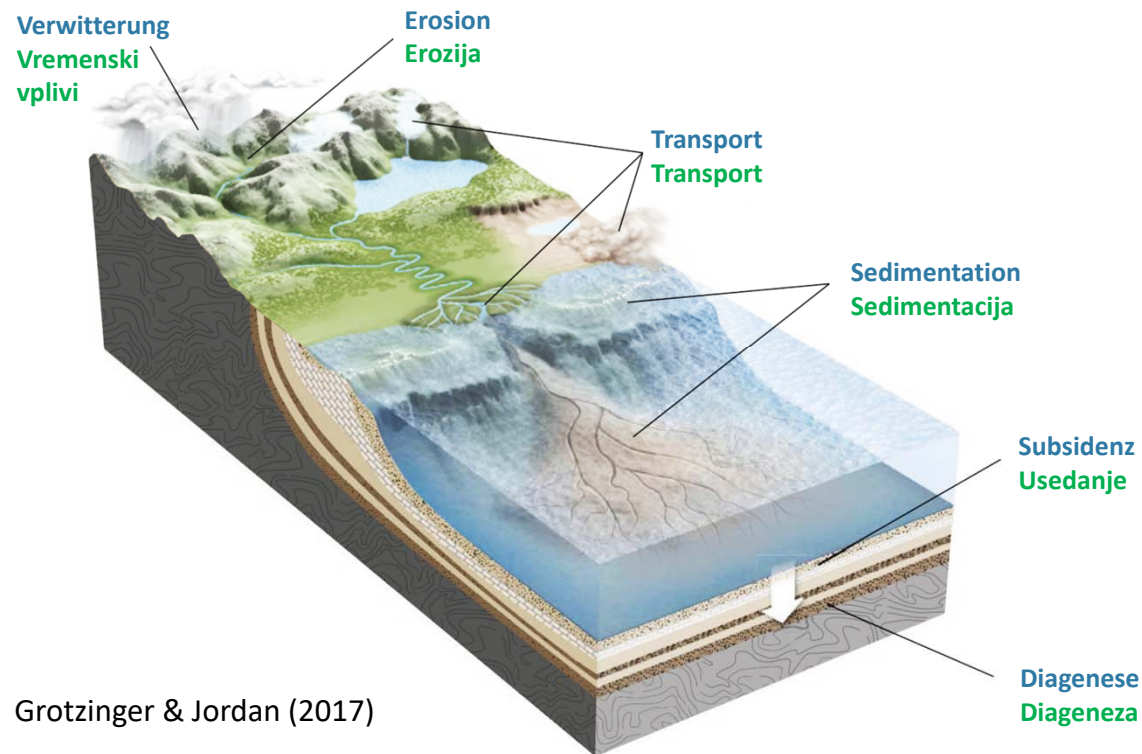
Vsebina

- Uvod v premeščanje plavin in rečno morfologijo
- Zgodovinska morfologija mejne Mure
- Človeški posegi
- Posledice posegov človeka
- Ukrepi proti poglobljanju dna
- Učinek dozdajšnjih ukrepov renaturacije
- Trenutno stanje – potreba po ukrepanju
- Vrste ukrepov in učinki
- Prostorska potreba morfologije mejne Mure
- Zaključek



Sedimentkreislauf

Erozijsko-sedimentacijski krog



Grotzinger & Jordan (2017)



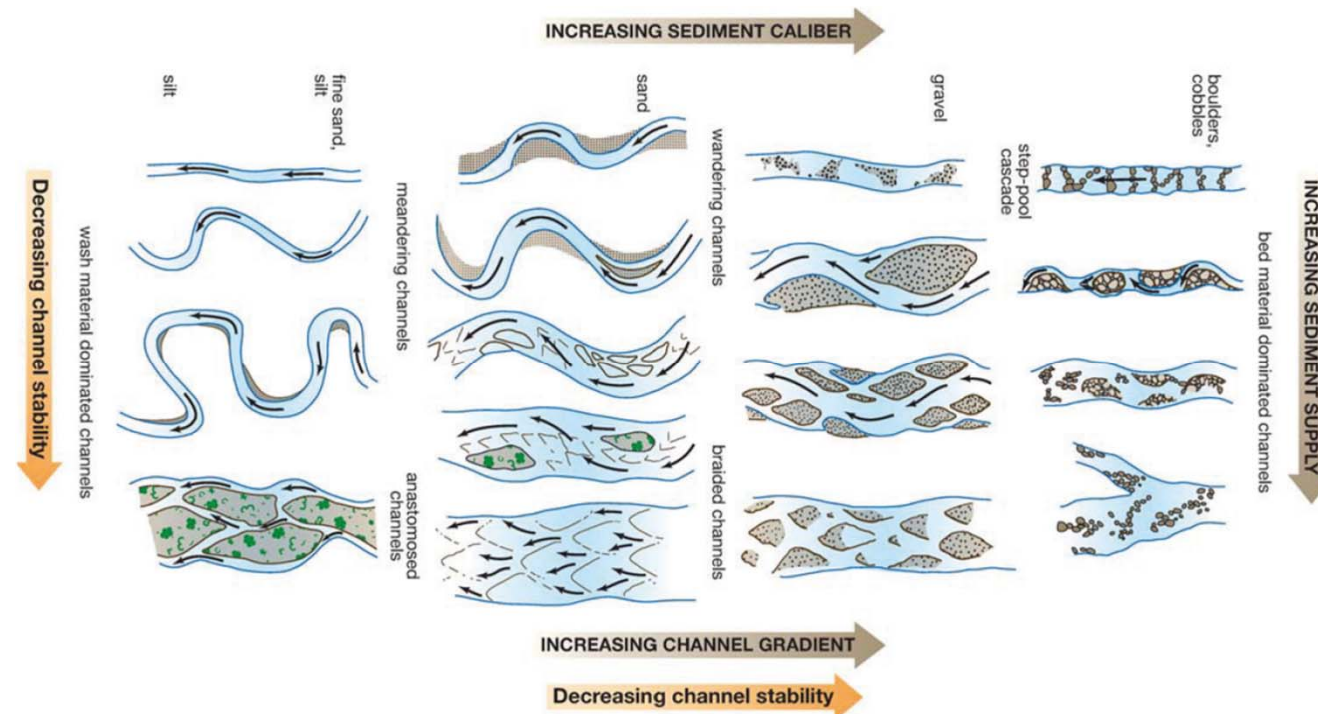
Sedimenteintrag und Flussmorphologie

Dotok plavin in rečna morfologija



Der Sedimenteintrag, zusammen mit Gefälle und Korngröße, bestimmt die Morphologie und Gerinnebreite!

Dotok plavin skupaj s padcem dna in velikostjo zrn določa morfološke procese in širino premeščanja!



Church (2006)



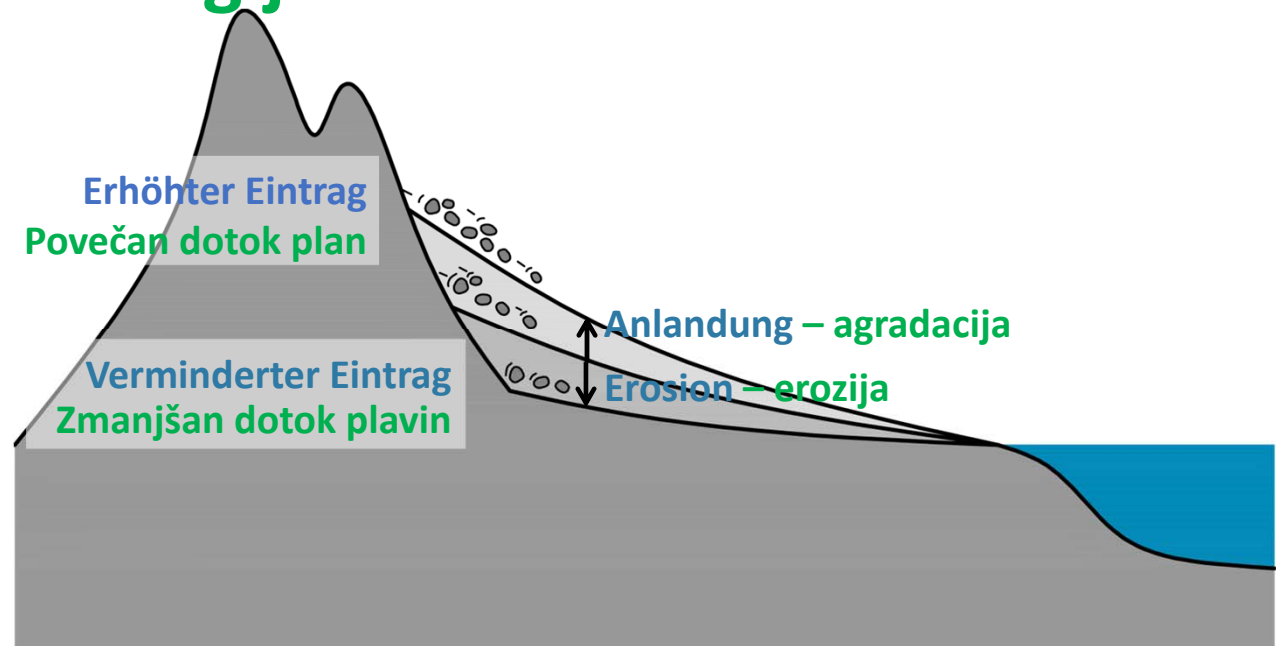
Sedimenteintrag und Flussmorphologie

Dotok plavin in rečna morfologija



...und der Sedimenteintrag bestimmt die Sohlhöhenentwicklung

...in dotok plavin določa razvoj višine rečnega dna



Gefällsanpassung durch Anlandung/Erosion
Adaptacija naklona z agradacijo oz. erozijo



Sedimenttransport Premeščanje plavin



Sohlschubspannung **Strižna napetost:** $\tau = \rho g h I$

Geschiebetransport Tok rinjenih plavin:

(z.B. Meyer-Peter und Müller, 1948)

$$q_s = 8 \sqrt{\frac{(\rho_s - \rho)}{\rho} g d^3} \left[\frac{\tau}{(\rho_s - \rho) g d} - 0.047 \right]^{\frac{3}{2}}$$

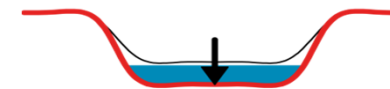


Sohlhöhenänderung:

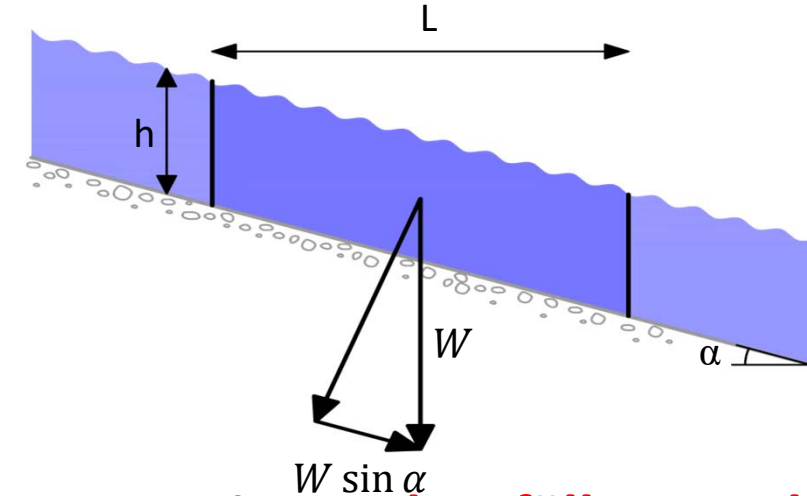
Sprememba dna:

Eintiefung
degradacija

Anlandung
agradacija



**Širina in naklon močno vplivata
na premeščanje plavin!!!**



**Breite und Gefälle entscheiden
über den Geschiebetransport!!!**



Historischer Zustand der Grenzmur

Historiŕno stanje mejne Mure



1821-1836



2km



Historischer Zustand der Grenzmur

Historiĉno stanje mejne Mure

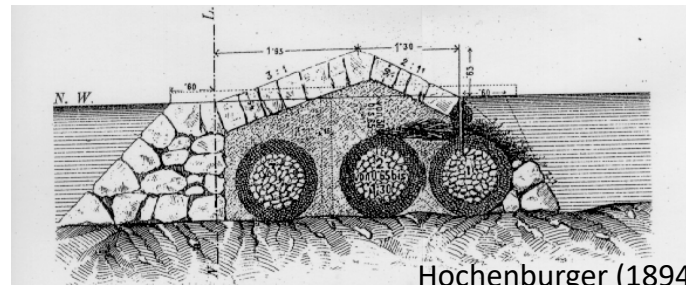
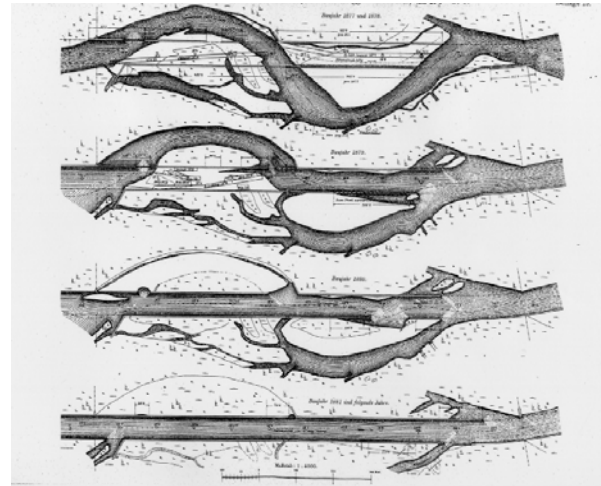


Regulierung:

- Erhöhung der Radien
- Erhöhung des Gefälles
- Verringerung der Breite

Damalige Ziele:

- Schutz vor Schäden von Verlagerungen des Flusslaufs
- Hochwasserschutz
- Gewinnung landwirtschaftlicher Flächen
- Schutz von Einläufen in Kanäle für industrielle Nutzung



Hochenburger (1894)

Regulacija:

- Povečani radiji krivin
- Povečan naklon
- Zmanjšana širina struge

Koristi

- Zaščita pred škodo zaradi premikanja struge
- Poplavna zaščita
- Pridobitev obdelovalnih zemljišč
- Zaščita vtočnih objektov kanalov za industrijsko rabo



Menschliche Eingriffe

Človeška intervencija



2006



2km



Menschliche Eingriffe Človeška intervencija

Systematische Regulierung (spätes 19th Jhdt.)

Änderung der Breite: von bis zu 1200 m auf 76

Änderung der Radien: von ~200 m zu ~2000 m

Änderung des Gefälles: von 1.2‰ zu 1.4 ‰

Kompletter Verlust von Schotterbänken

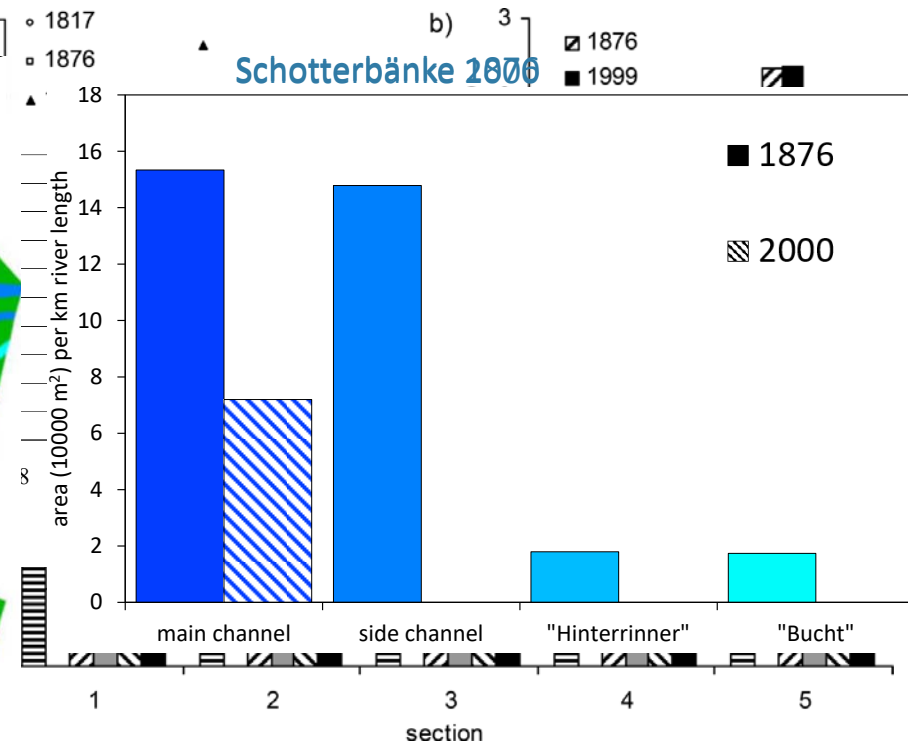
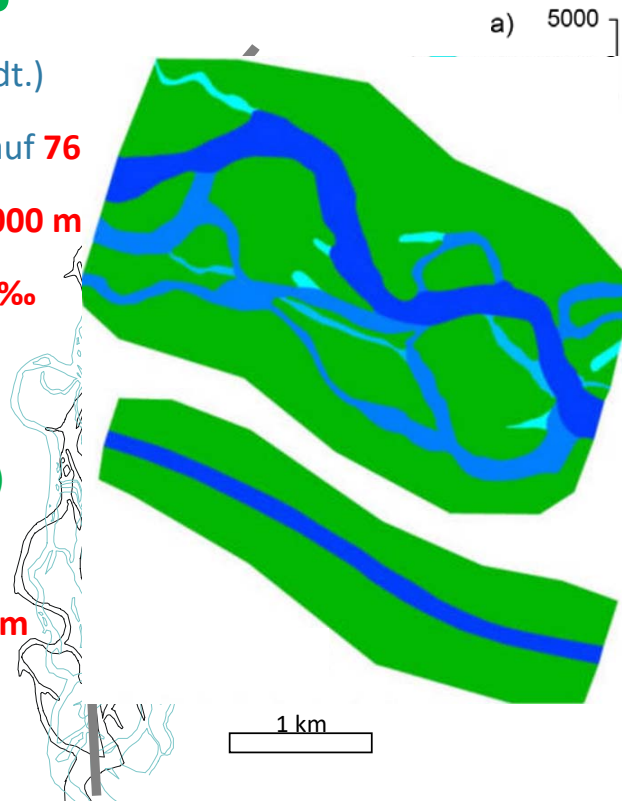
Sistematična regulacija (pozno 19. stoletje)

Sprememba širine: do 1200 m na 76 m

Sprememba radijev: od ~200 m na ~2000 m

Sprememba naklona: od 1.2‰ na 1.4 ‰

Totalna izguba prodišč



Hilgendorf et al. (2001)



Menschliche Eingriffe

Človeška intervencija



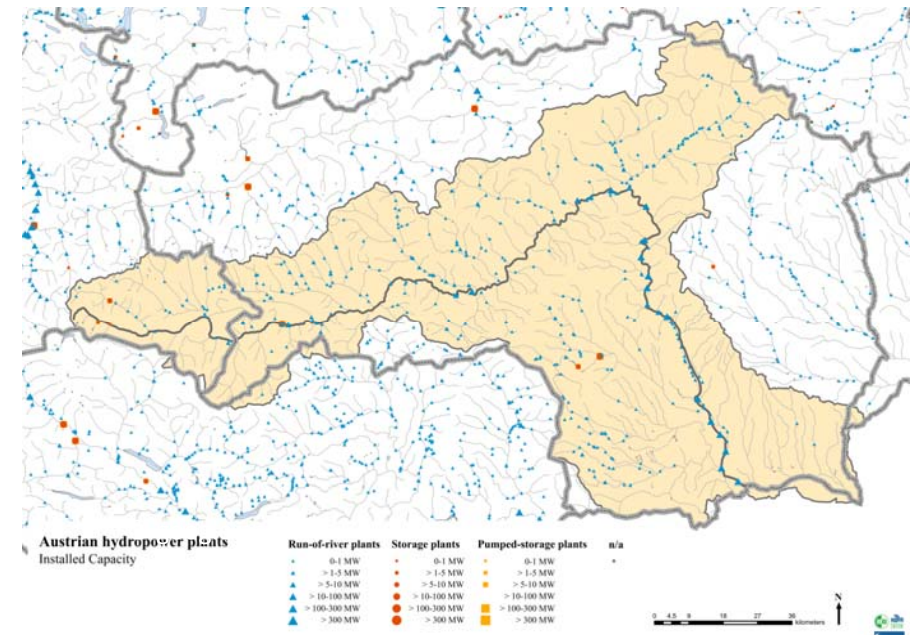
Kette von Wasserkraftwerken und Wildbachsperrn:
 Reduktion des Sedimenteintrags, insbesondere Unterbrechung des Geschiebetransports und Eintrag in die Grenzmur

Veriga energetskih in hudourniških pregrad:
 Zmanjšanje dotoka sedimenta, še posebno prekinjena kontinuiteta rinjenih plavin in dotok na mejno Muro



Hydroelektrarna Obervogau, kot del verige elektrarn na Muri in hidroelektrarna Retznei, ki vpliva na dotok sedimenta iz porečja reke Sulm.

Wasserkraftwerk Obervogau (Mur) als Teil einer Kette von Kraftwerken, und Kraftwerk Retznei, das den Eintrag aus dem gesamten Einzugsgebiet der Sulm begrenzt.



Wagner et al. (2015)

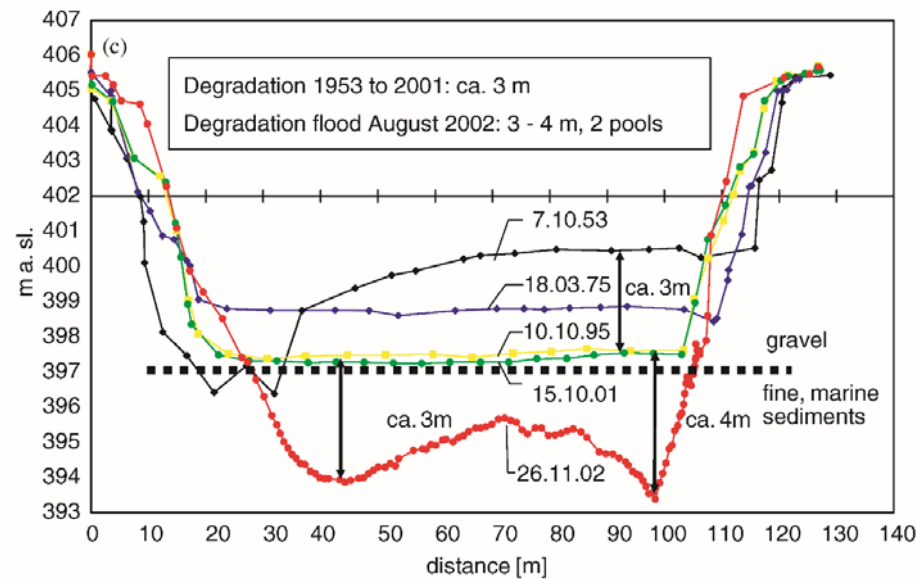
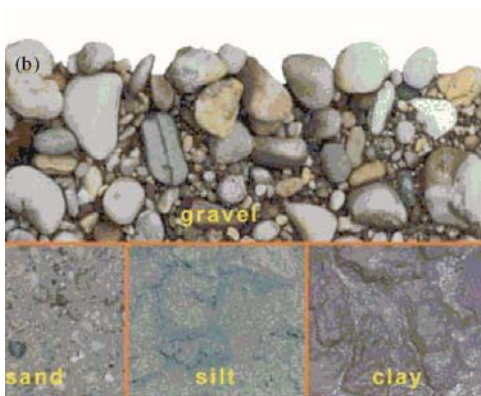


Auswirkungen Učinki človekovega poseganja



Gefahr des Sohldurchschlags

Nevarnost preboja rečnega dna



Beispiel Salzach – primer reke Salzach

Hengl (2004)

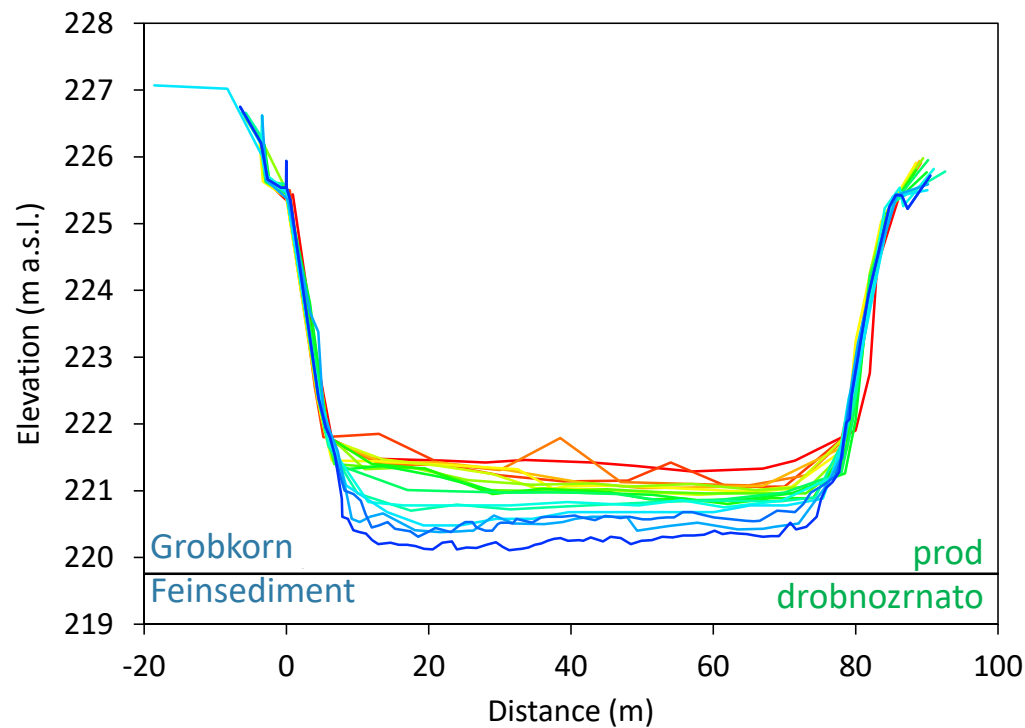


Auswirkungen Učinki človekovega poseganja



Sohleintiefung vor
Renaturierung

Poglabljanje dna pred
renaturacijskimi ukrepi



- Gefahr der plötzlichen Verlagerung!
- Verringerte Retention – Erhöhtes Hochwasserrisiko flussab!
- Absenkung des Grundwasserspiegels!
- Gefahr eines Sohldurchschlags und eines Verlusts der Kiesschicht!
- Verlust von Habitaten!
- Nevarnost nenadnega premeščanja!
- Zmanjšana retencijska sposobnost, povečano poplavno tveganje dolvodno!
- Upad gladine podtalnice!
- Nevarnost preboja rečnega dna in izgube prodnega sloja v dnu
- Grozi izguba habitatov!



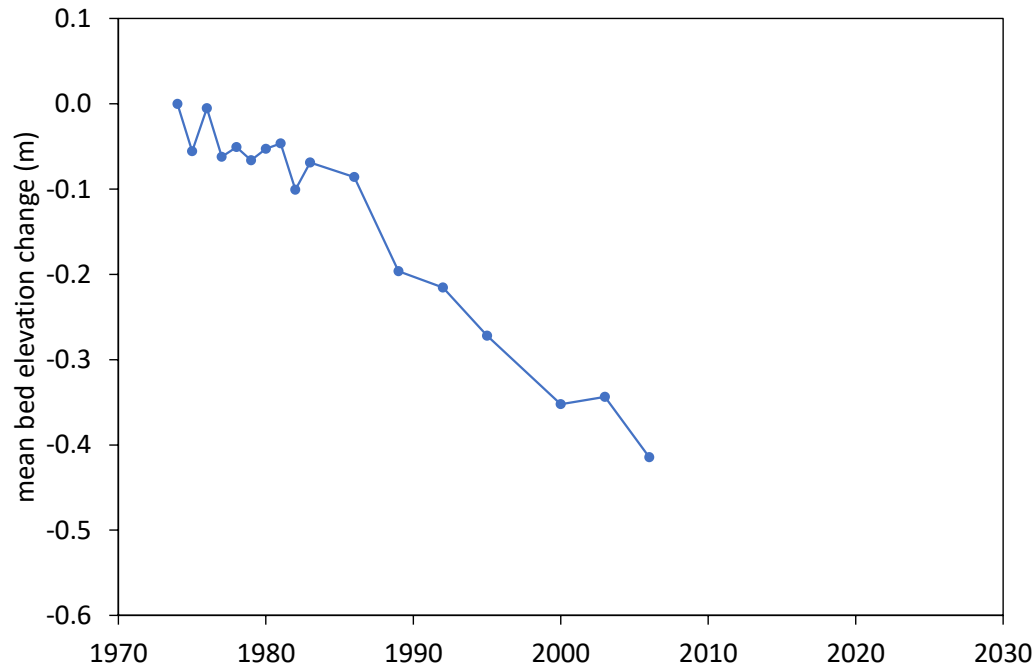
Auswirkungen

Učinki človekovega poseganja



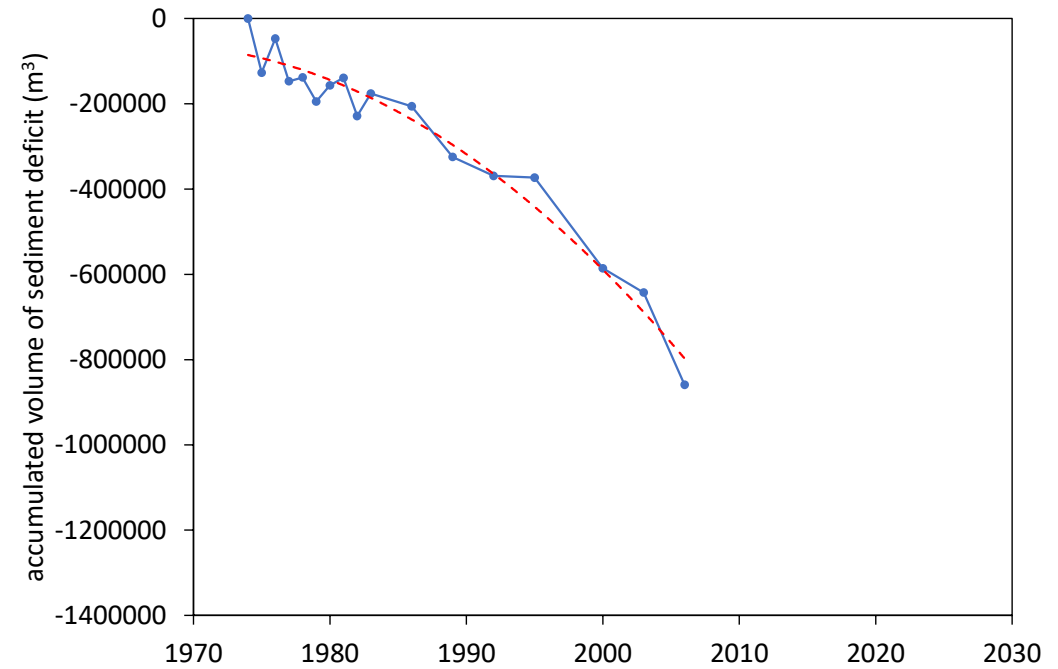
Mittlere Sohlhöhenänderung vor Renaturierung

Povprečna sprememba dna pred renaturacijskimi ukrepi



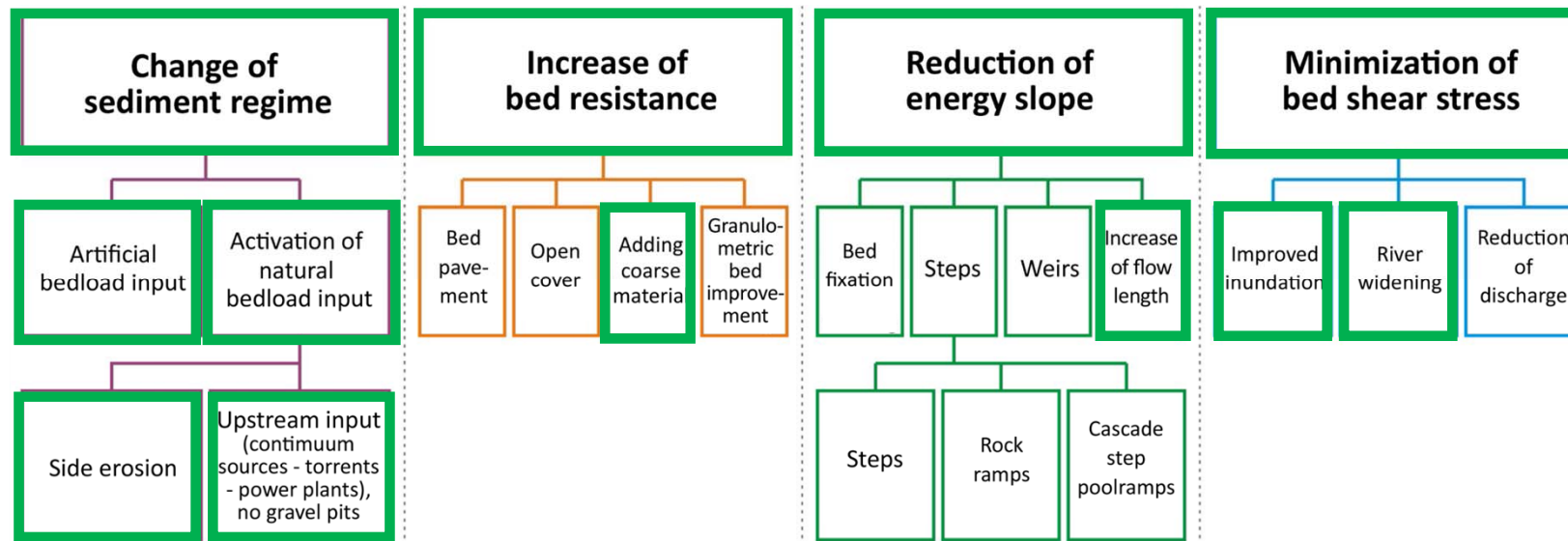
Sediment transported out of border Mura before restoration

Transport sedimenta iz mejnega odseka dolvodno



Maßnahmen gegen Sohleintiefung

Ukrepi proti poglabljanju dna



Entscheidende Parameter sind:
Geschiebeeintrag, Gerinnebreite, Gefälle, Korngröße

Ključni parametri so:
dotok plavin, širina struge, krivine/naklon in velikost zrn

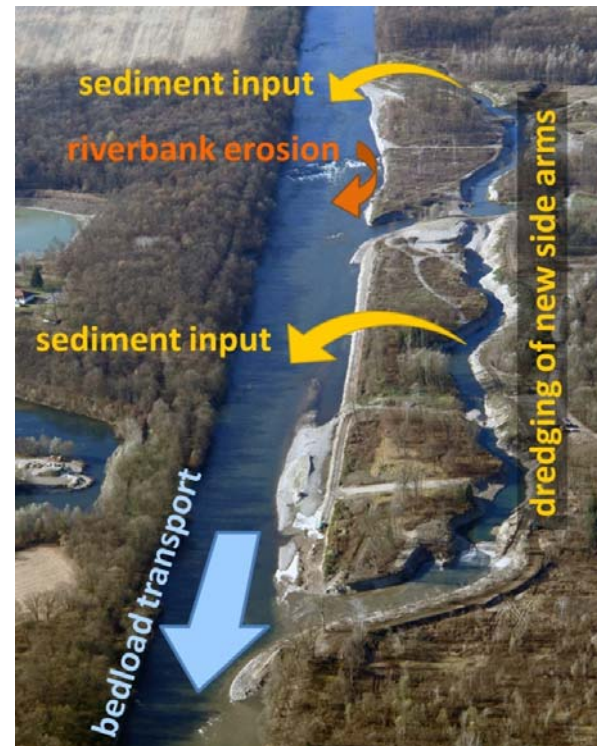


Bisherige Renaturierungsmaßnahmen

Dosedanji renaturacijski ukrepi

Renaturierungs-
maßnahme Gosdorf
(2006/2007)

Renaturacija Gosinja
vas (2006/2007)



- Baggerung eines Nebenarms
- Zugabe: 150 000m³
- Entfernung der Ufersicherungen
- Izkop stranskega rokava
- Vnos proda: 150 000 m³
- Odstranitev obrežnih gradenj



Bisherige Renaturierungsmaßnahmen

Dosedanji renaturacijski ukrepi

Interaktives Quiz No. 1 Interaktivni kviz št. 1

Am 22. Juli 2012 ereignete sich ein ca. 10-jährliches Hochwasser an der Grenzmur. Wie groß war die dadurch verursachte Ufererosion an einem Ufer in der Mitte des rückgebauten Abschnitts bei Gosdorf?

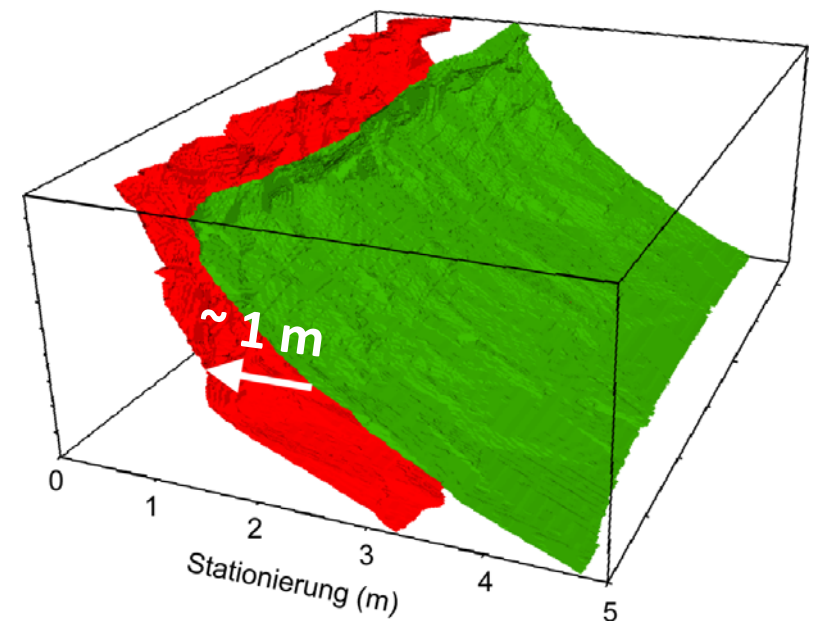
- 1m,
- 10m or
- 100m

Dne 22. Julija 2012 je bila zabeležna poplava Mure z 10 letno povratno dobo. Za koliko, menite, se je ob tem dogodku zaradi bočne erozije razširila renaturirana struga pri Gosinji vasi?

- 1m,
- 10m or
- 100m

Auflösung Rešitev:

28. März 2012 bis 21. August 2012



Bisherige Renaturierungsmaßnahmen

Dosedanji renaturacijski ukrepi

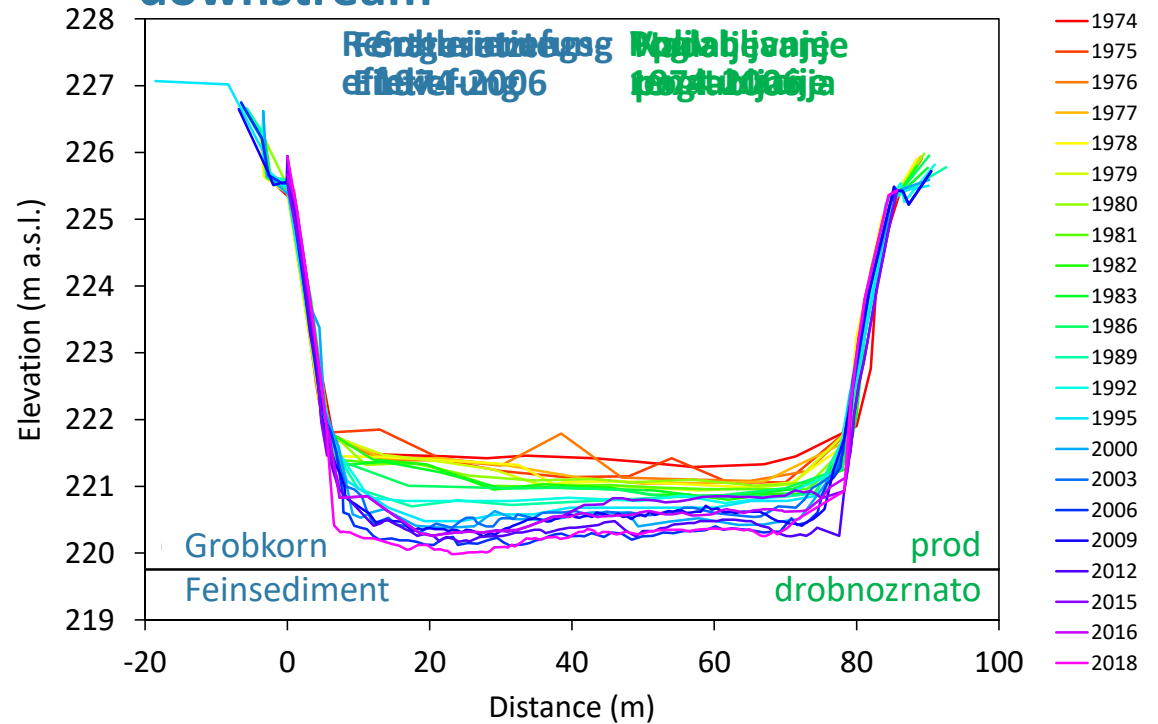
Restoration measure Gosdorf (2006/2007)

Restavracijski ukrep Gosinja vas (2006/2007)



Cross section downstream

Prerez dolvodno



Bisherige Renaturierungsmaßnahmen

Dosedanji renaturacijski ukrepi

Interaktives Quiz No. 2 Interaktivni kviz št. 2

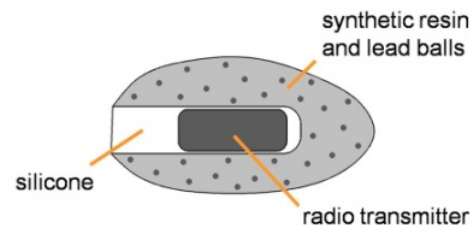
natural stone



imitation



construction method



Mit Sendern ausgestattete Steine erlaubten die Untersuchung der Transportgeschwindigkeit von Steinen in der Grenzmur. Wie weit wird eine mittlere Steingröße der Mur (37mm) im Schnitt pro Jahr transportiert?

- ~ 100 m
- ~ 1 km
- ~ 10 km

S sledenjem merilnih delcev dolvodno od Gosinje vasi je bila ocenjena hitrost potovanja povprečnega (37 mm) prodnika vzdolž Mure. Koliko mislite, da tak prodnik prepotuje v enem letu ob povprečnih hidroloških pogojih?

- ~ 100 m
- ~ 1 km
- ~ 10 km



Bisherige Renaturierungsmaßnahmen

Dosedanji renaturacijski ukrepi

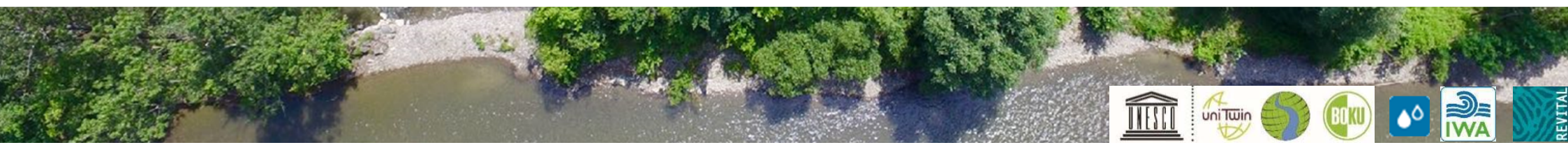
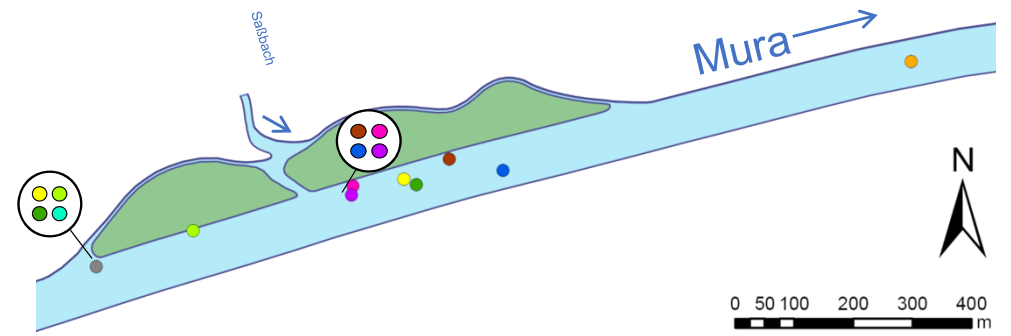
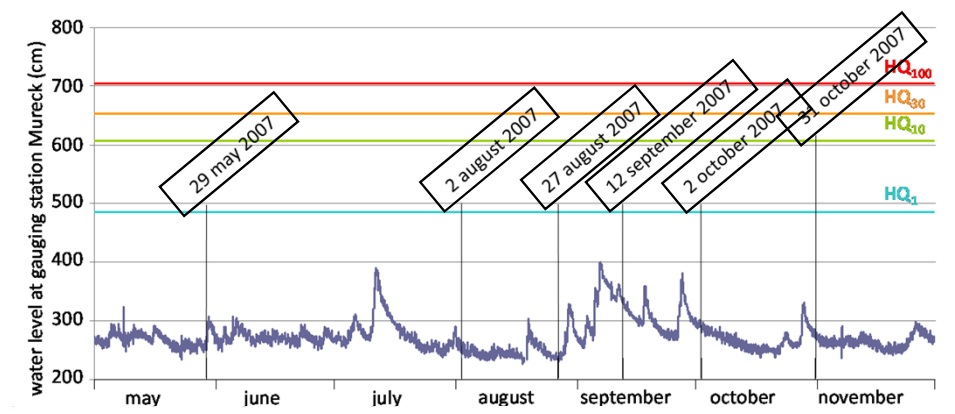
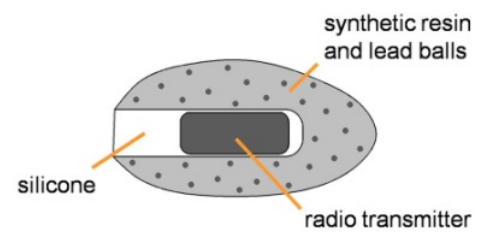
natural stone



imitation



construction method

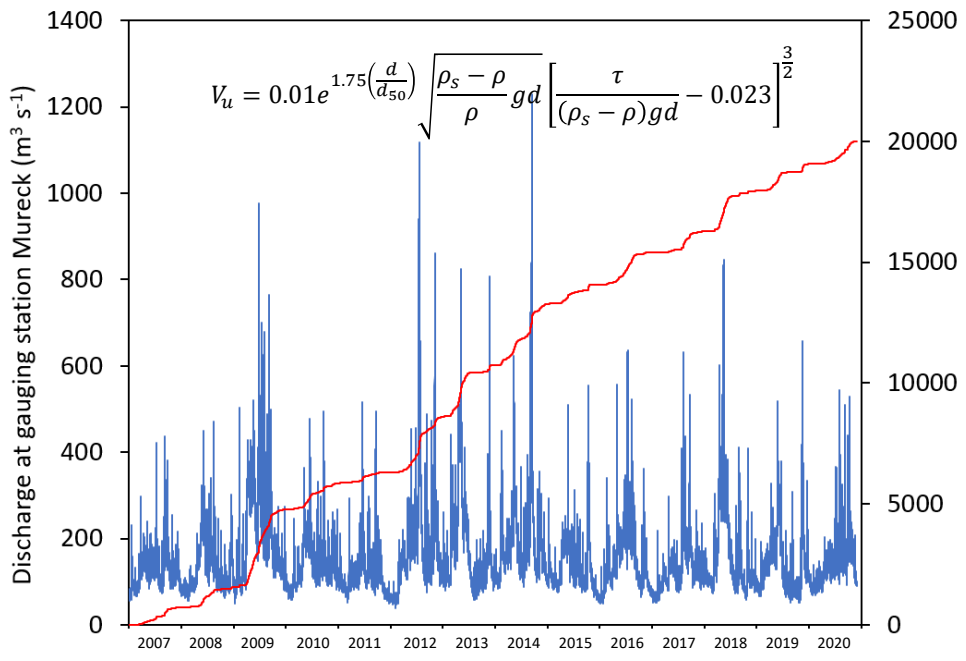


Bisherige Renaturierungsmaßnahmen

Dosedanji renaturacijski ukrepi

zurückgelegter Weg

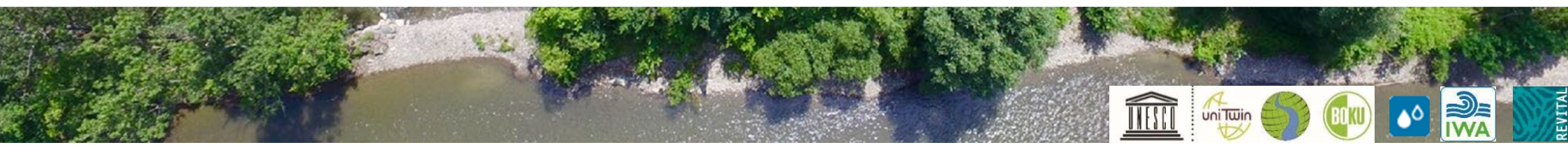
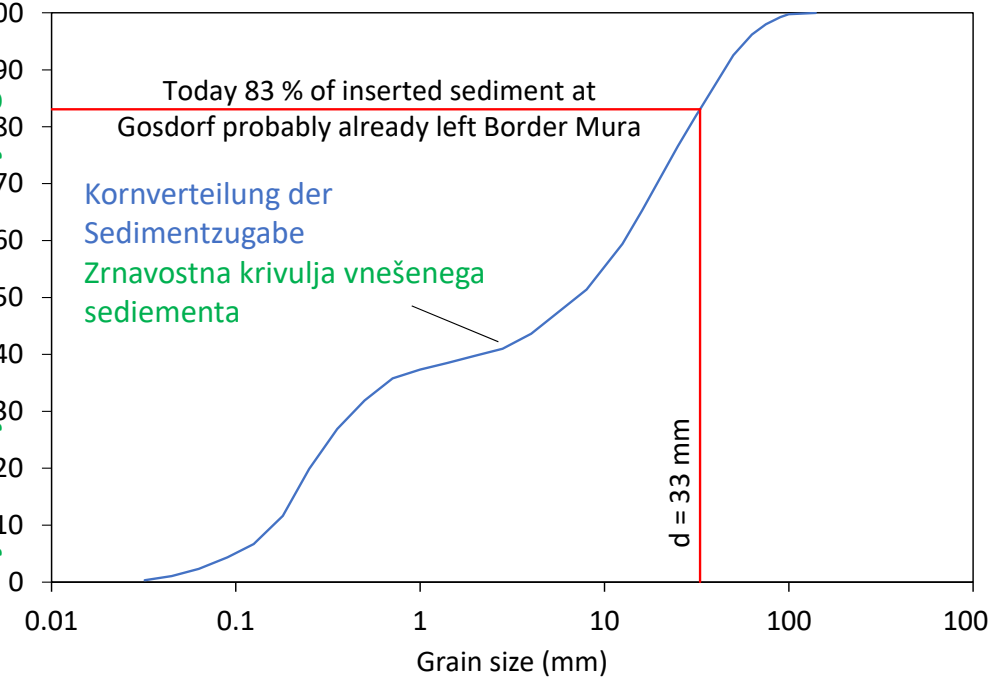
prepotovana razdalja



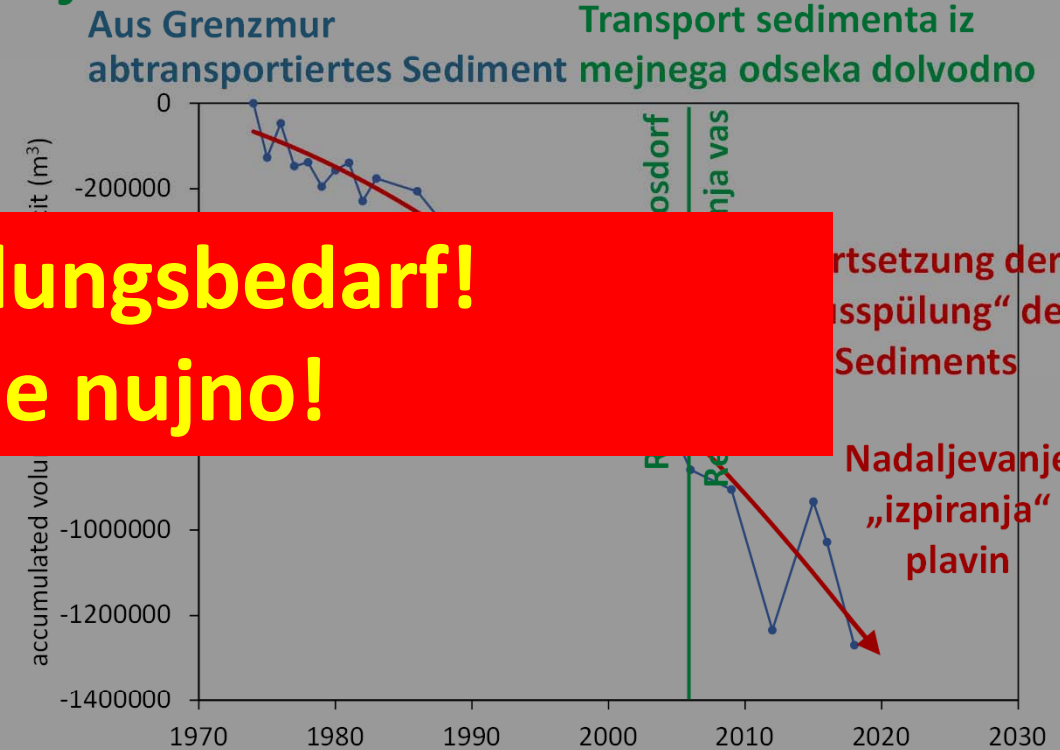
Anteil des verklappten Sediments, das bereits aus der Grenzmur ausgetragen wurde

Frakcije vnešnega sedimenta, ki so zapustile mejni odsek

Distance Gosdorf - end of Border Mura
Razdalja Gosinija vas - konec mejnega odseka



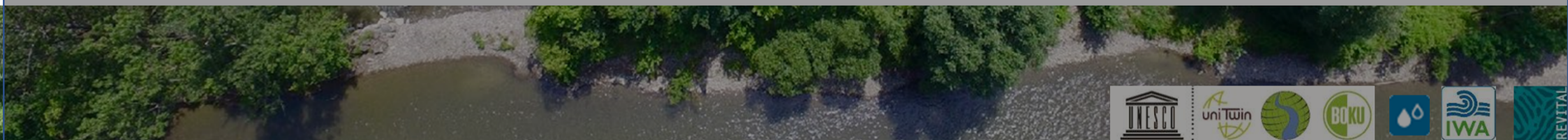
Aktuelle Situation - Handlungsbedarf! Aktualno stanje – potreba po ukrepanju!



**Akuter Handlungsbedarf!
Ukrepanje nujno!**

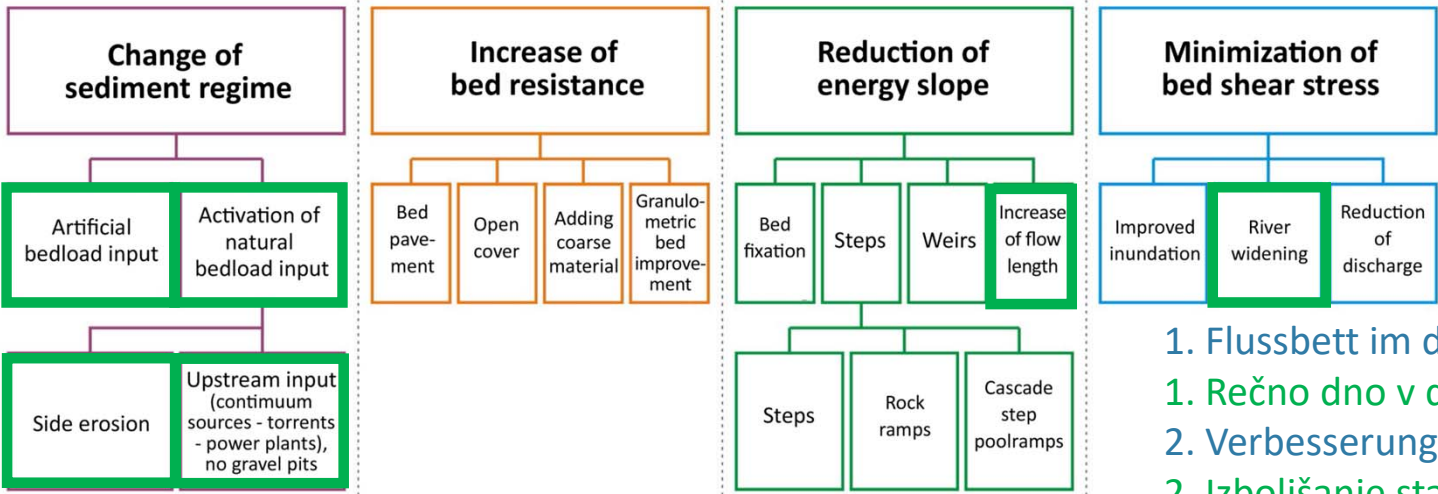
Fortsetzung der
„Ausspülung“ des
Sediments

Nadaljevanje
„izpiranja“
plavin



Maßnahmen gegen Sohleintiefung

Ukrepi proti poglabljanju dna

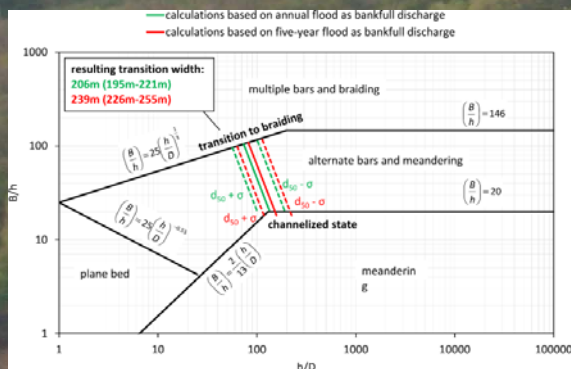


1. Flussbett im dynamischen Gleichgewicht
1. Rečno dno v dinamičnem ravnovesju ✓
2. Verbesserung der Grundwassersituation
2. Izboljšanje stanja podzemne vode ✓
3. Reduziertes Hochwasserrisiko
3. Zmanjšanje poplavne ogroženosti ✓
4. Ökologische Verbesserung der Fluss- und Auenlandschaft
4. Dobro ekološko stanje reke in izboljšano stanje obvodnih habitatov ✓

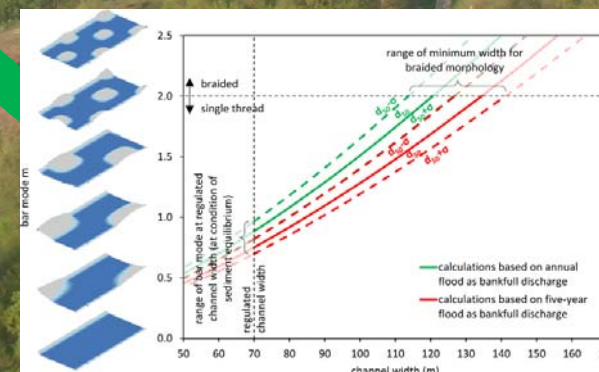
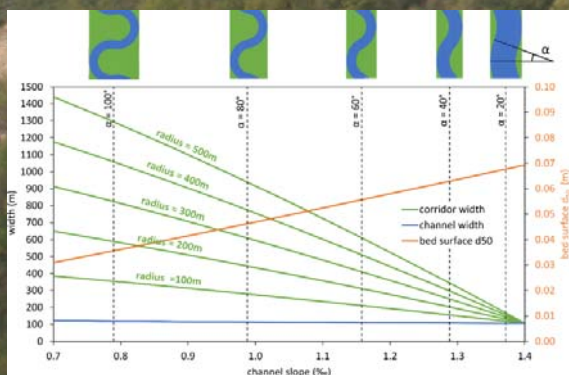


Ermittlung Breitenbedarf

Ugotovitev potrebe po širinski širitvi



Raumbedarf
Potreba po prostoru



goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

goMURra – vrste ukrepov in učinki


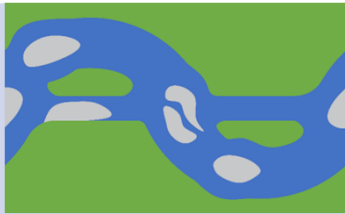
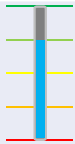





	Regulierter Ausgangszustand Kanalizirano obstoječe stanje	Renaturierungstyp A Renaturacija tipa A
Grundriss Tloris		
Raumbedarf Potreba po prostoru	Regulierte Breite (~80m) Kanalizirana struga (~80m)	Klein (150 m) Majhna (150 m)
Gerinnebreite Širina	Regulierte Breite Širina kanalizirane struge	Kleine Aufweitung oder Nebenarm Manjše razširitve ali stranski rokavi
Gefälle und Sinuosität Krivine in padec dna	Nur die „Sinuosität“ der Regulierung, höheres Gefälle Nizka ukrivljenost, velik padec	Keine/wenig zusätzliche Sinuosität, keine Veränderung des Gefälles Nič/malo povečana ukrivljenost, padec ohranjen
Ufersicherungen Zaščita brežin	Alle Ufer verbaut	Höherer Anteil an Verbauung
Parametergrößen Stanje parametrov	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Gerinnebreite Širina struge</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Sinuosität Krivine</p> </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Gerinnebreite Širina struge</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Sinuosität Krivine</p> </div> </div>
Sohlstabilisierende Wirkung Vpliv na stabilizacijo dna	Keine Ničen	Klein Majhen
Erforderliche Sedimentzugabe Potreba po vnosu plavin	Sehr hoch Zelo velika	Hoch Velika

goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

goMURra – vrste ukrepov in učinki



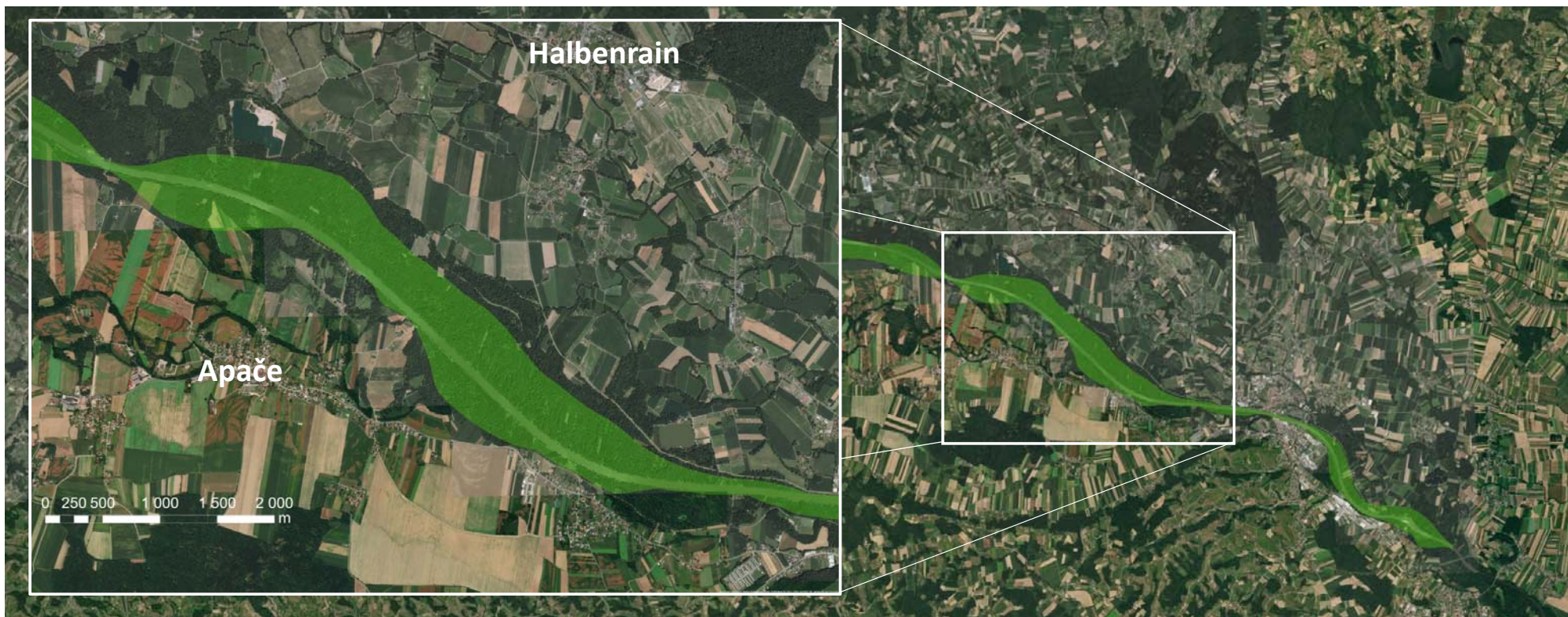
	Renaturierungstyp B Renaturacija tipa B	Renaturierungstyp C Renaturacija tipa C
Grundriss Tloris		
Raumbedarf Potreba po prostoru	Mittel (220m) Srednja (220 m)	Groß (220m and more) Velika (220 m in več)
Gerinnebreite Širina	Große Aufweitung mit Kiesbänken Večje razširitve s prodišči	Gerinne breite 220m, Korridor > 220m – mehr Morphodynamik, mehr Ufererosion, Kiesbänke Struga 220m, rečni kordior > 220m – večja rečna dinamika, bočna erozija, prodišča
Gefälle und Sinuosität Krivine in padec dna	Geringfügige Erhöhung der Sinuosität, geringfügige Verkleinerung des Gefälles Nekoliko povečana ukrivljenost, manjša sprememba padca	Höhere Sinuosität, kleineres Gefälle Večja ukrivljenost, znižan padec dna
Ufersicherungen	Häufige Uferverbauungen	Ufersicherungen gesondert in Außenufern falls notwendig
Parametergrößen Stanje parametrov	Gerinnebreite Širina struge  Sinuosität Krivine 	Gerinnebreite Širina struge  Sinuosität Krivine 
Sohlstabilisierende Wirkung Vpliv na stabilizacijo dna	Mittel Srednji	Hoch Velik
Erforderliche Sedimentzugabe Potreba po vnosu plavin	Mittel Srednja	Klein Majhna

goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

goMURra – vrste ukrepov in učinki

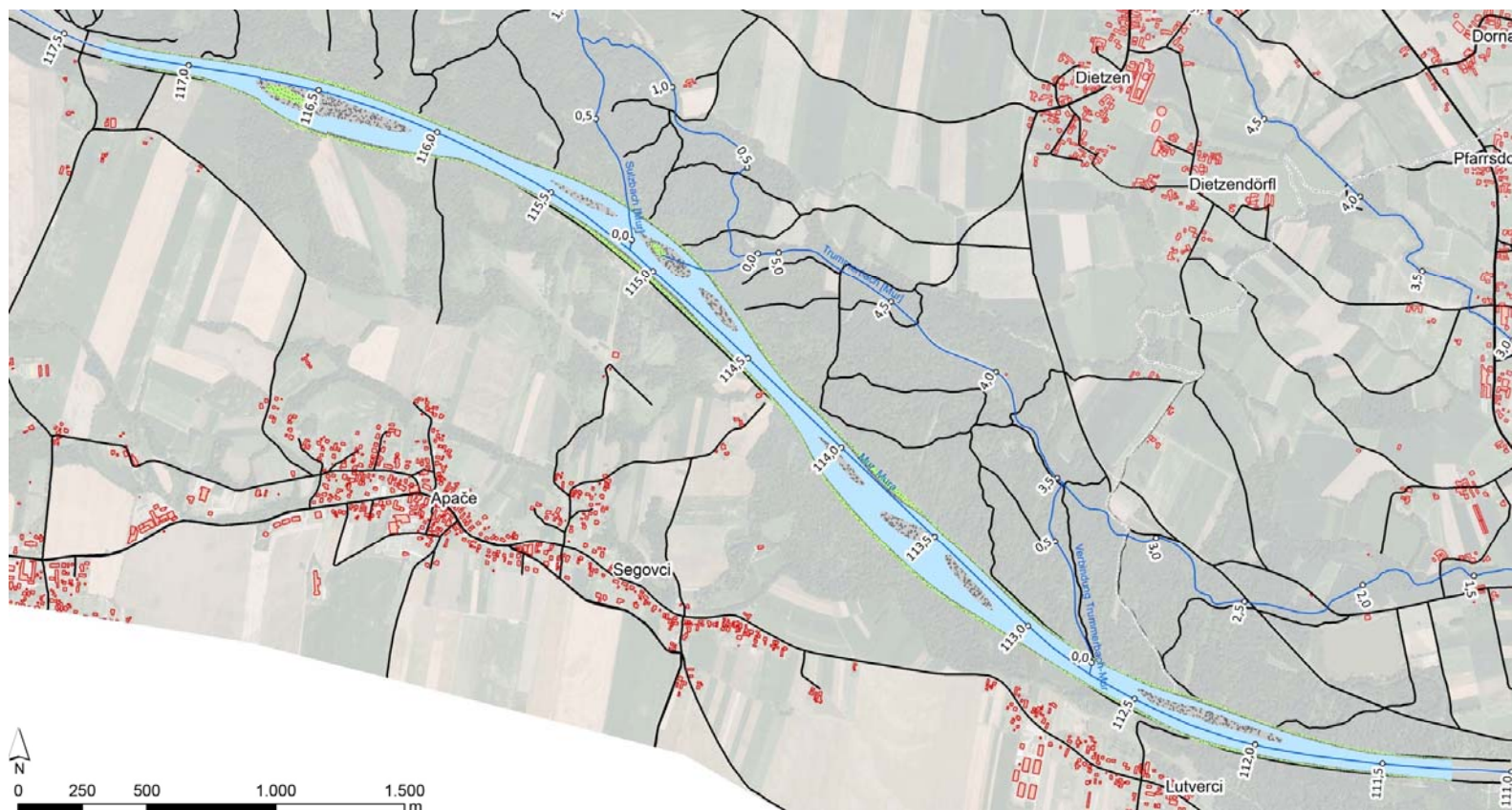


Referenzstrecke – referenčni odsek



Type A in the reference reach

Tip A na referenčnem odseku



Gerinne-
breite
širina
struge



Sinuosität
krivine



Sohlstabilisierende
Wirkung:
klein

Vpliv na
stabilizacijo dna:
nizek

Erforderliche
Sedimentzugabe:
hoch

Potreba po
vnosu
sedimenta:
visoka

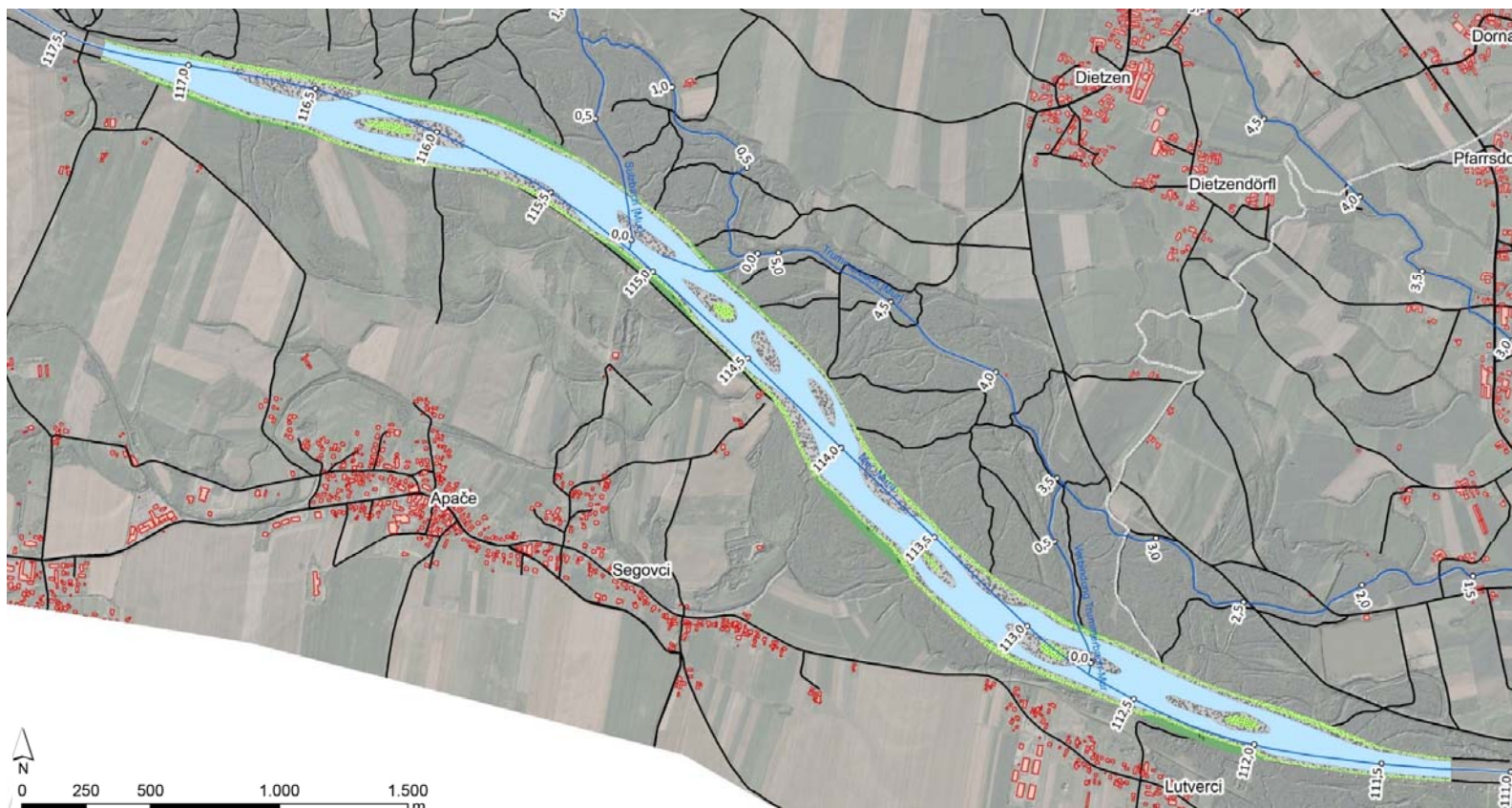


Type B in the reference reach

Tip B na referenčnem odseku



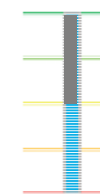
Interreg 
 SLOVENIJA – AVSTRIJA
 SLOWENIEN – ÖSTERREICH
 Evropska unija | Evropski sklad za regionalni razvoj
 Europäische Union | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



Gerinne-
breite
širina
struge



Sinuosität
krivine



Sohlstabilisierende
Wirkung:
mittel

Vpliv na
stabilizacijo dna:
srednji

Erforderliche
Sedimentzugabe:
mittel

Potreba po
vnosu
sedimenta:
srednja

Erhöhte ökologische Wirkung!
Večje ekološke koristi!

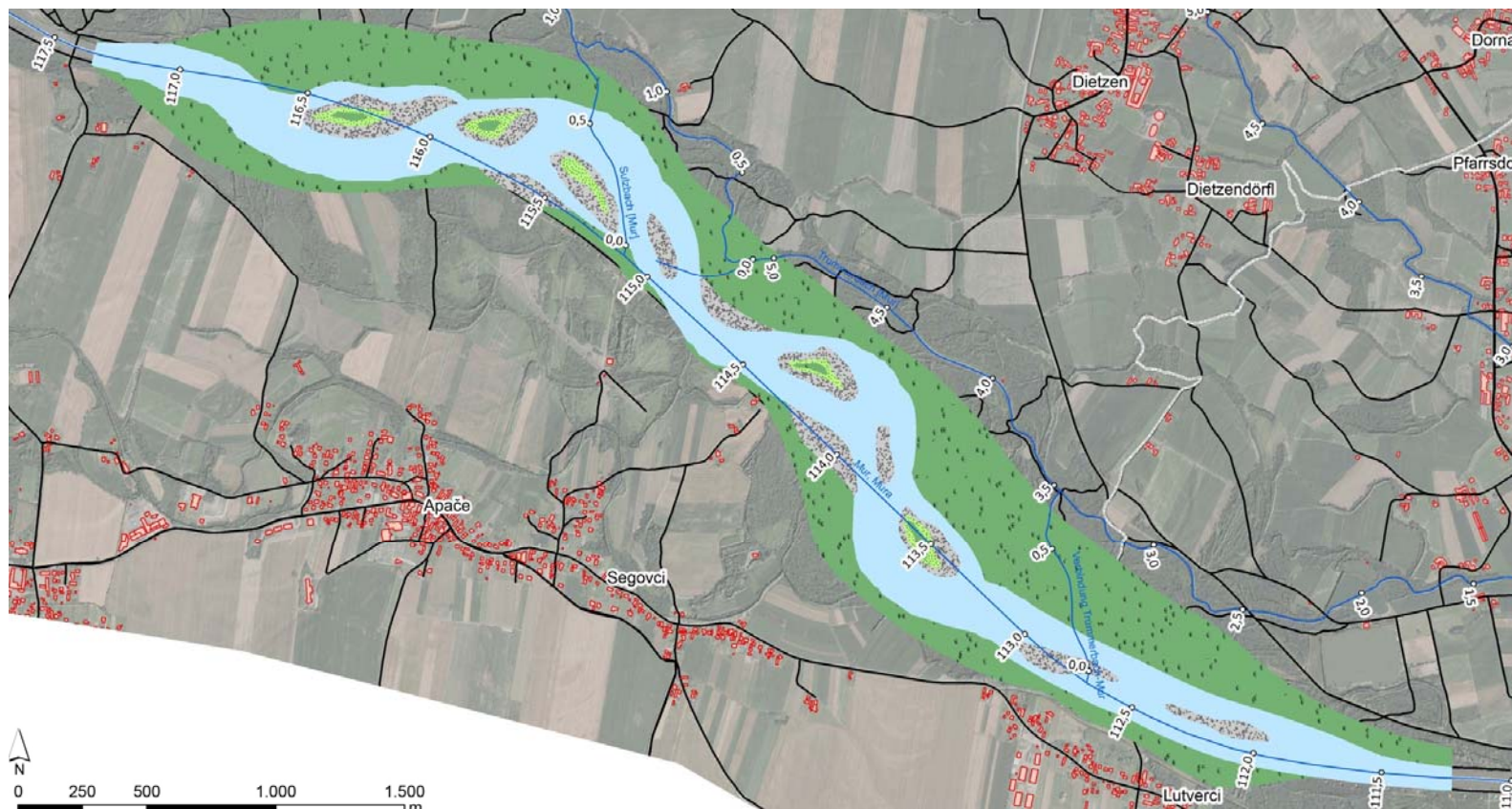


Type C in the reference reach

Tip C na referenčnem odseku



Interreg 
 SLOVENIJA – AVSTRIJA
 SLOWENIEN – ÖSTERREICH
 Evropska unija | Evropski sklad za regionalni razvoj
 Europäische Union | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



Gerinne-
breite
širina
struge



Sinuosität
krivine



Sohlstabilisierende
Wirkung:
hoch

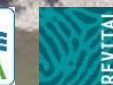
Vpliv na
stabilizacijo dna:
velik

Erforderliche
Sedimentzugabe:
klein

Potreba po
vnosu
sedimenta:
majhna

Stark erhöhte ökologische Wirkung!

Večje ekološke koristi!



goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

goMURra – vrste ukrepov in učinki



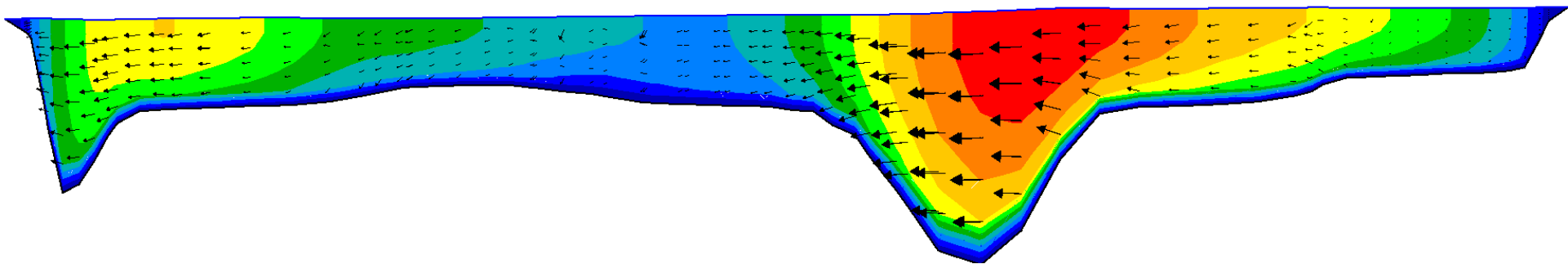
Untersuchung mittels 3D-hydrodynamisch-numerischen Modells Rsim-3D
Raziskava na podlagi 3D hidrodinamičnega numeričnega modela Rsim-3D

Präsentiert in nachfolgenden Folien:

- Fließgeschwindigkeit in mehreren Tiefen
- Sohlschubspannung abgeleitet aus tiefster Rechenzelle

Predstavitev v naslednjih prosojnicah

- Hitrost tok v različnih globinah
- Strižna napetost izpeljana iz najgloblje računske celice



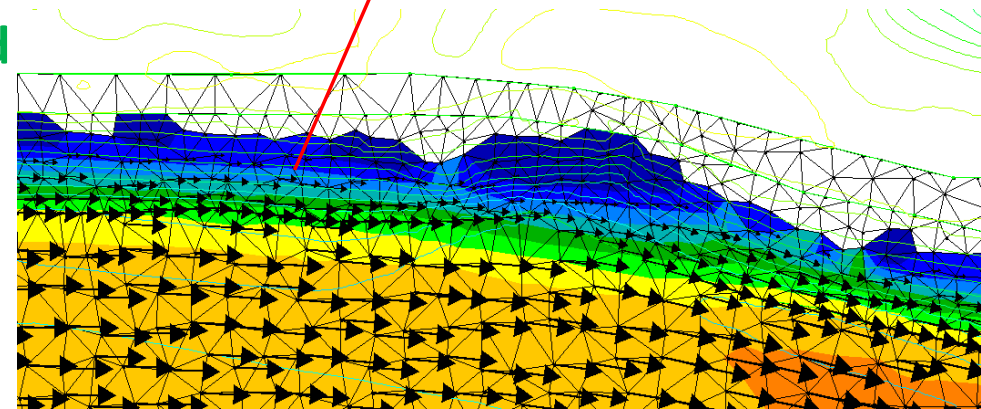
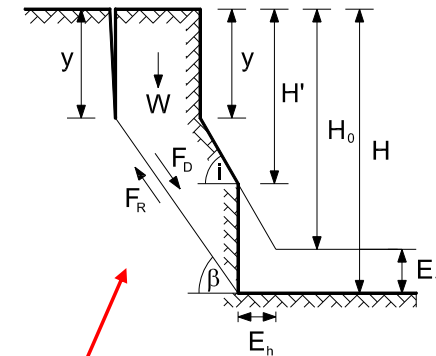
goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

goMURra – vrste ukrepov in učinki



Sedimenttransportmodell “iSed” mit eingebautem Ufererosionsmodul

Model za premeščanje rinjenih plavin iSed z vgrajenim modulom bočne erozije



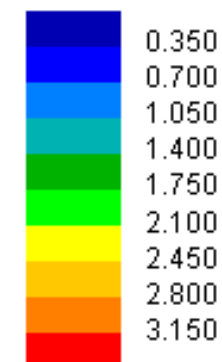
goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

goMURra – vrste ukrepov in učinki



Aktueller Zustand **Obstoječe stanje**

Flow velocity [m/s]

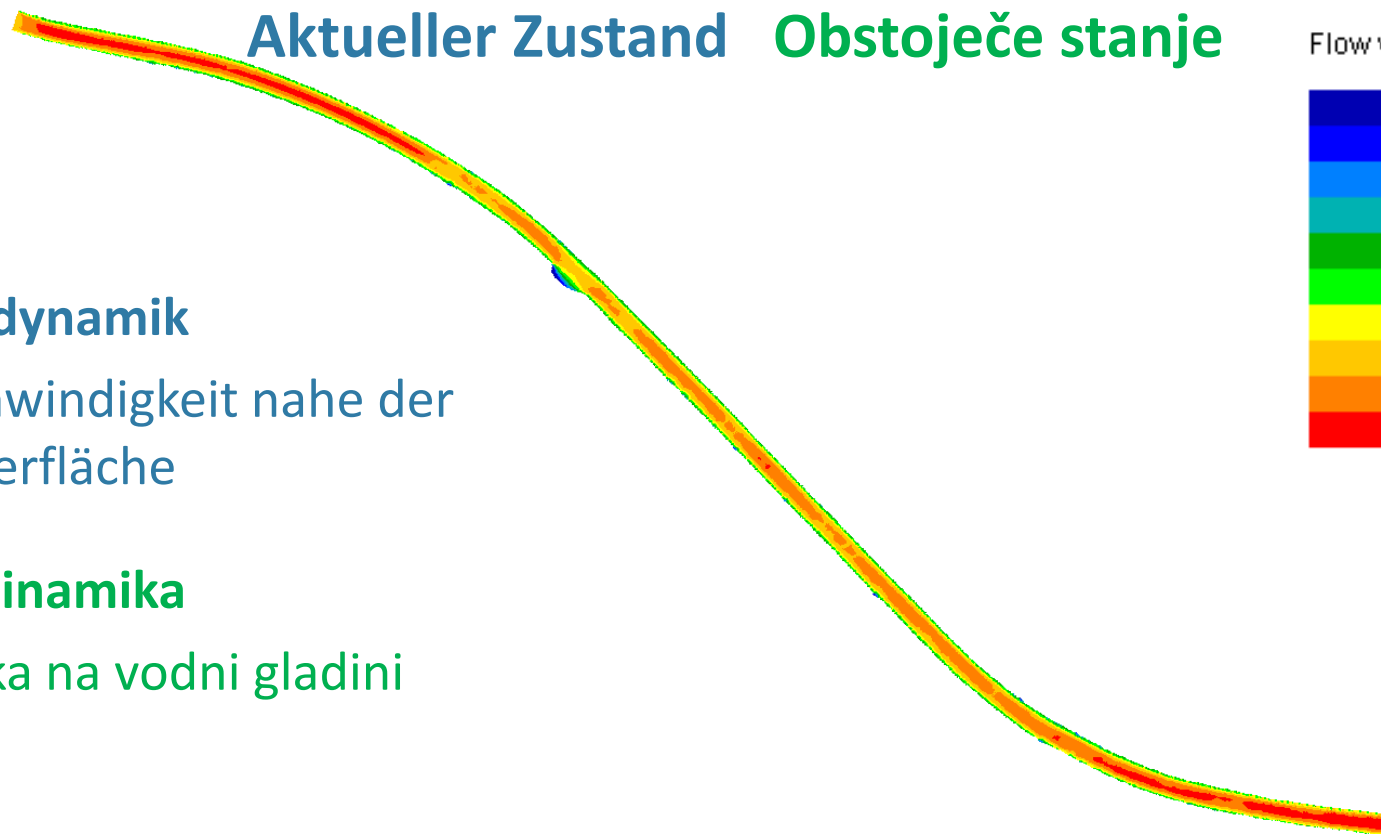


3D-Hydrodynamik

Fließgeschwindigkeit nahe der Wasseroberfläche

3D-hidrodinamika

Hitrost toka na vodni gladini



goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

goMURra – vrste ukrepov in učinki



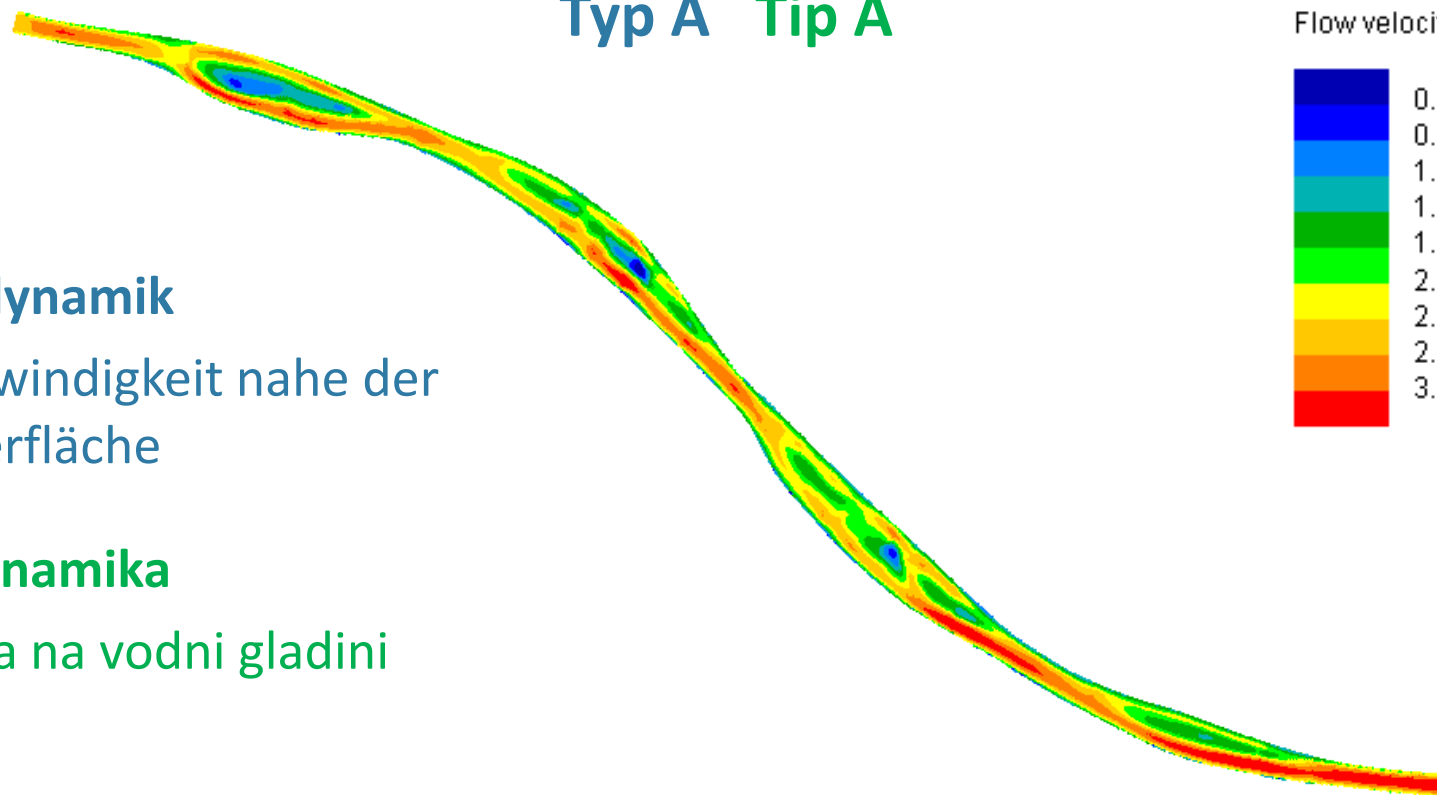
Typ A Tip A

3D-Hydrodynamik

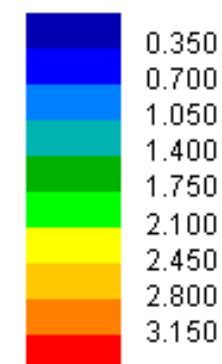
Fließgeschwindigkeit nahe der Wasseroberfläche

3D-hidrodinamika

Hitrost toka na vodni gladini



Flow velocity [m/s]



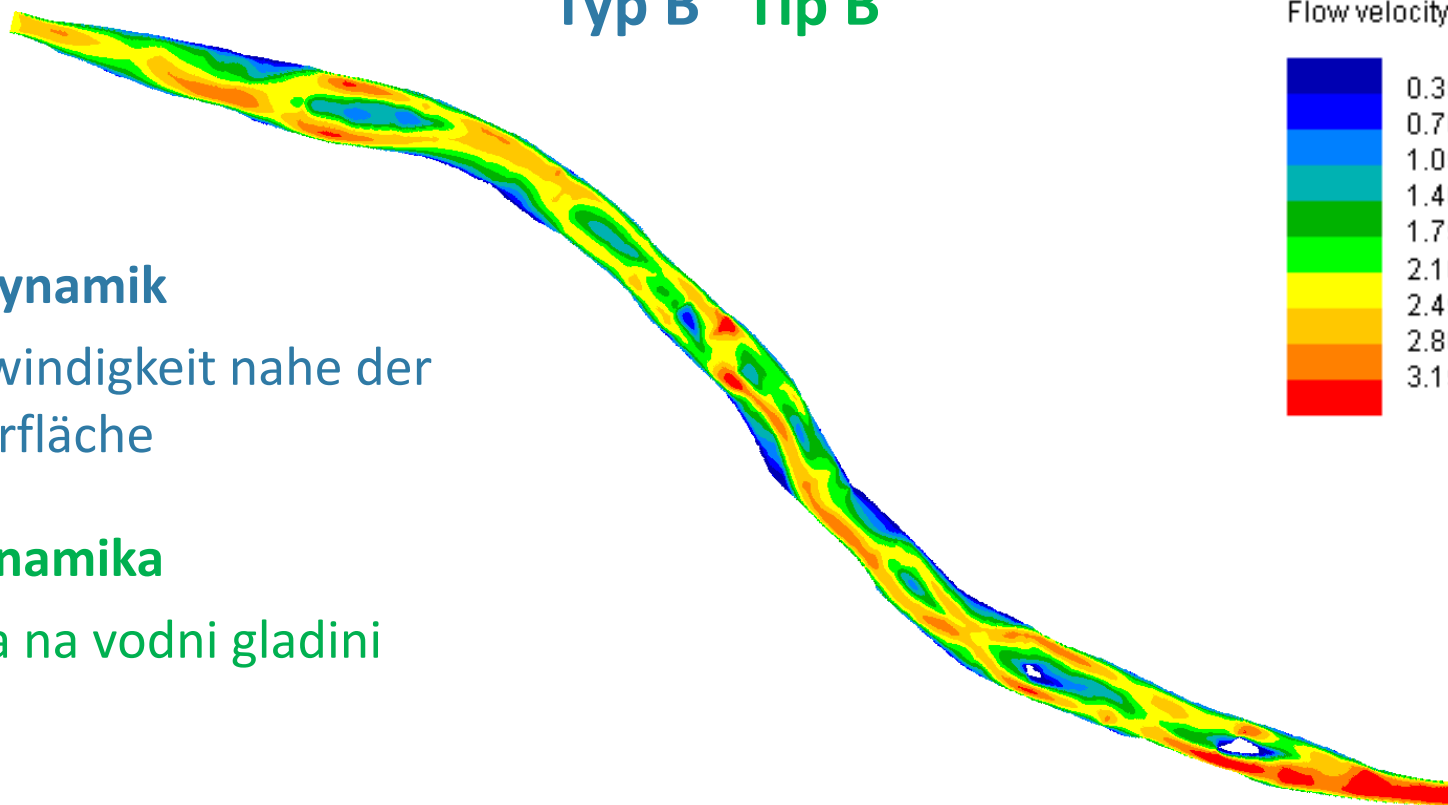
goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

goMURra – vrste ukrepov in učinki



Interreg 
SLOVENIJA – AVSTRIJA
SLOWENIEN – ÖSTERREICH
Evropska unija | Evropski sklad za regionalni razvoj
Europäische Union | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Typ B Tip B



3D-Hydrodynamik

Fließgeschwindigkeit nahe der Wasseroberfläche

3D-hidrodinamika

Hitrost toka na vodni gladini



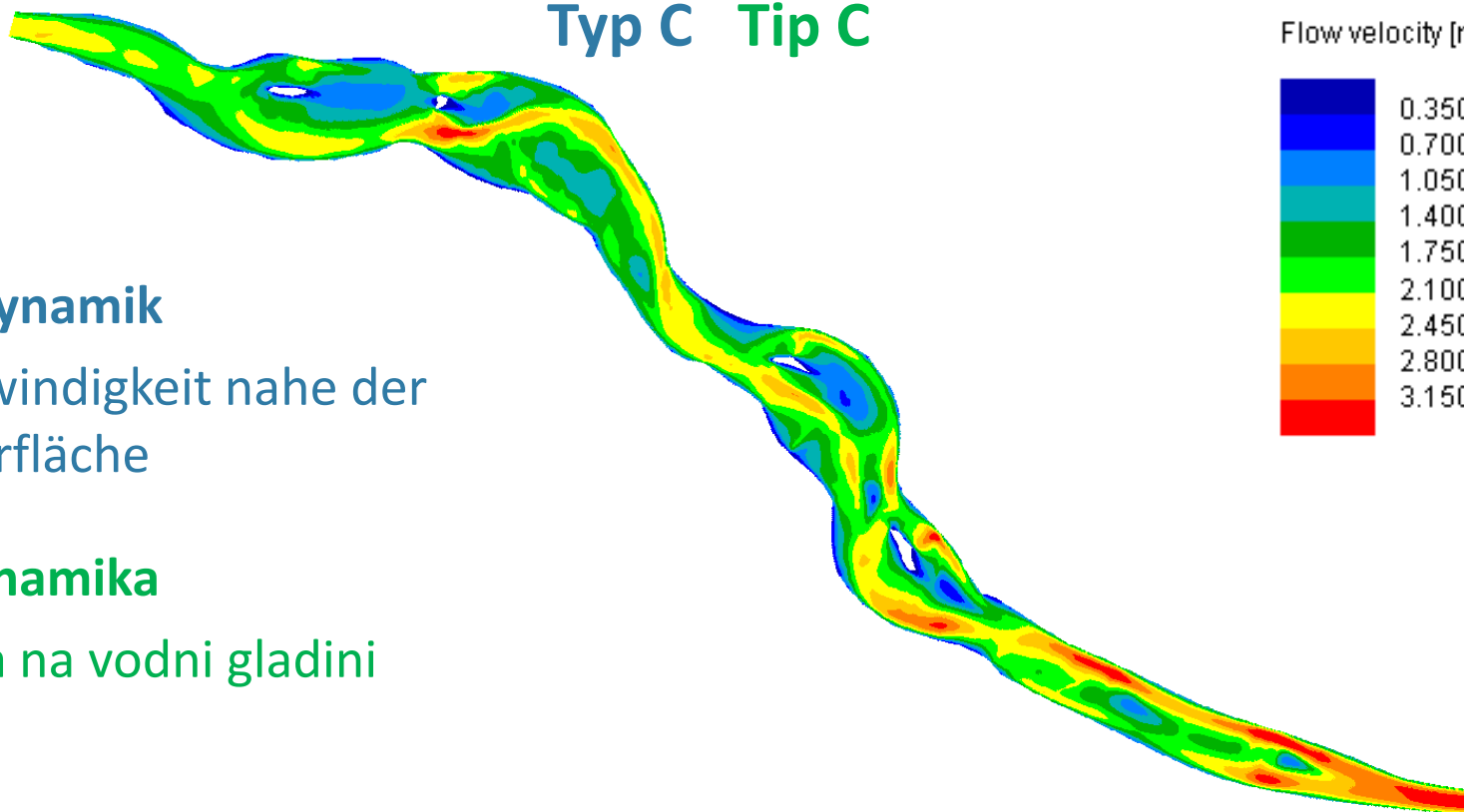
goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

goMURra – vrste ukrepov in učinki



Interreg 
SLOVENIJA – AVSTRIJA
SLOWENIEN – ÖSTERREICH
Evropska unija | Evropski sklad za regionalni razvoj
Europäische Union | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Typ C Tip C



3D-Hydrodynamik

Fließgeschwindigkeit nahe der Wasseroberfläche

3D-hidrodinamika

Hitrost toka na vodni gladini



goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

goMURra – vrste ukrepov in učinki

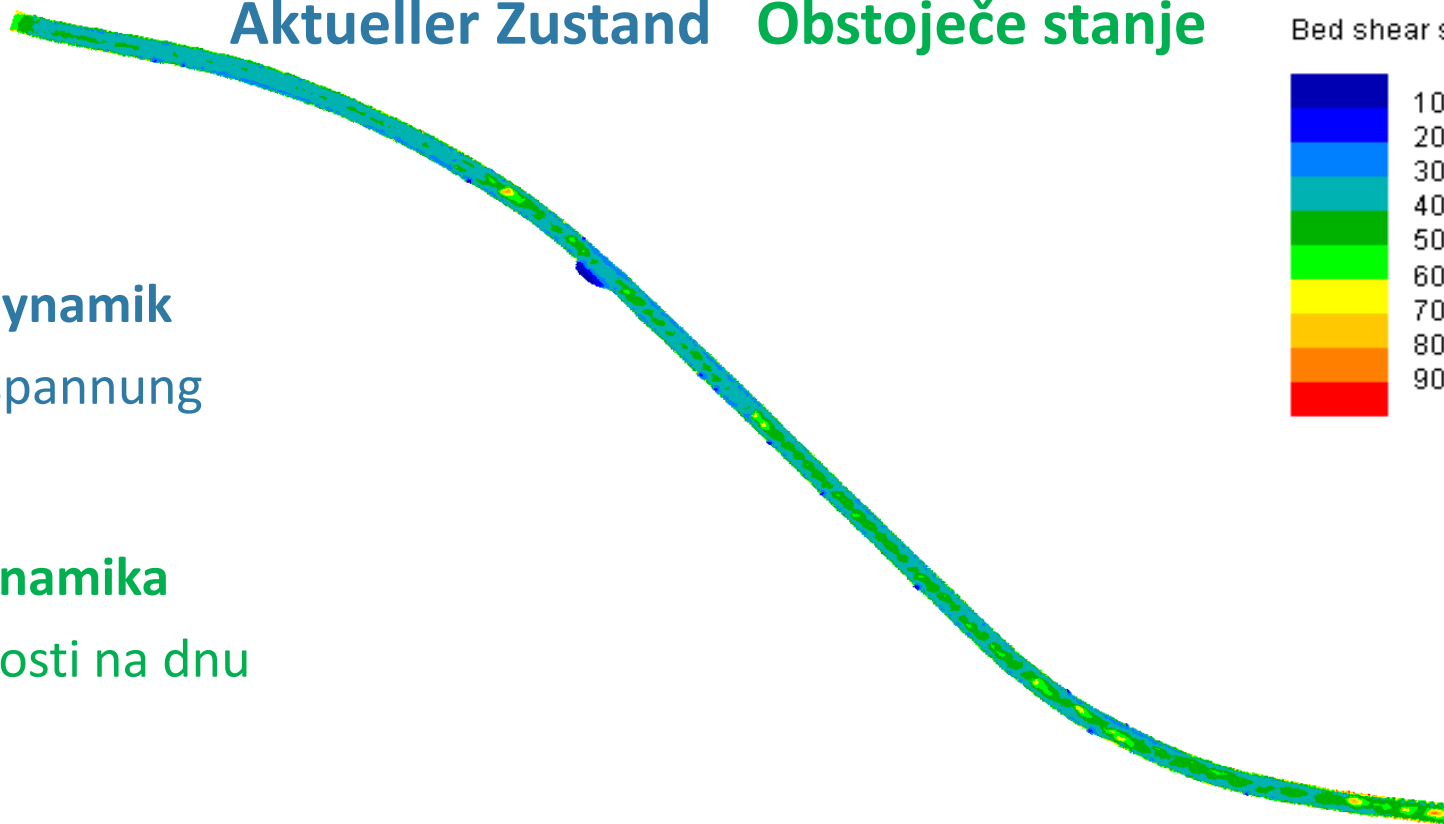
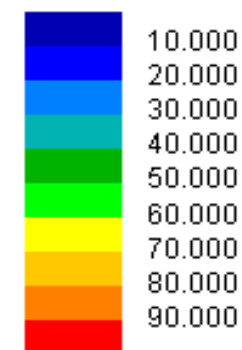


Aktueller Zustand **Obstoječe stanje**

3D-Hydrodynamik
Sohlschubspannung

3D-hydrodinamika
Strižne hitrosti na dnu

Bed shear stress [N/m²]



goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

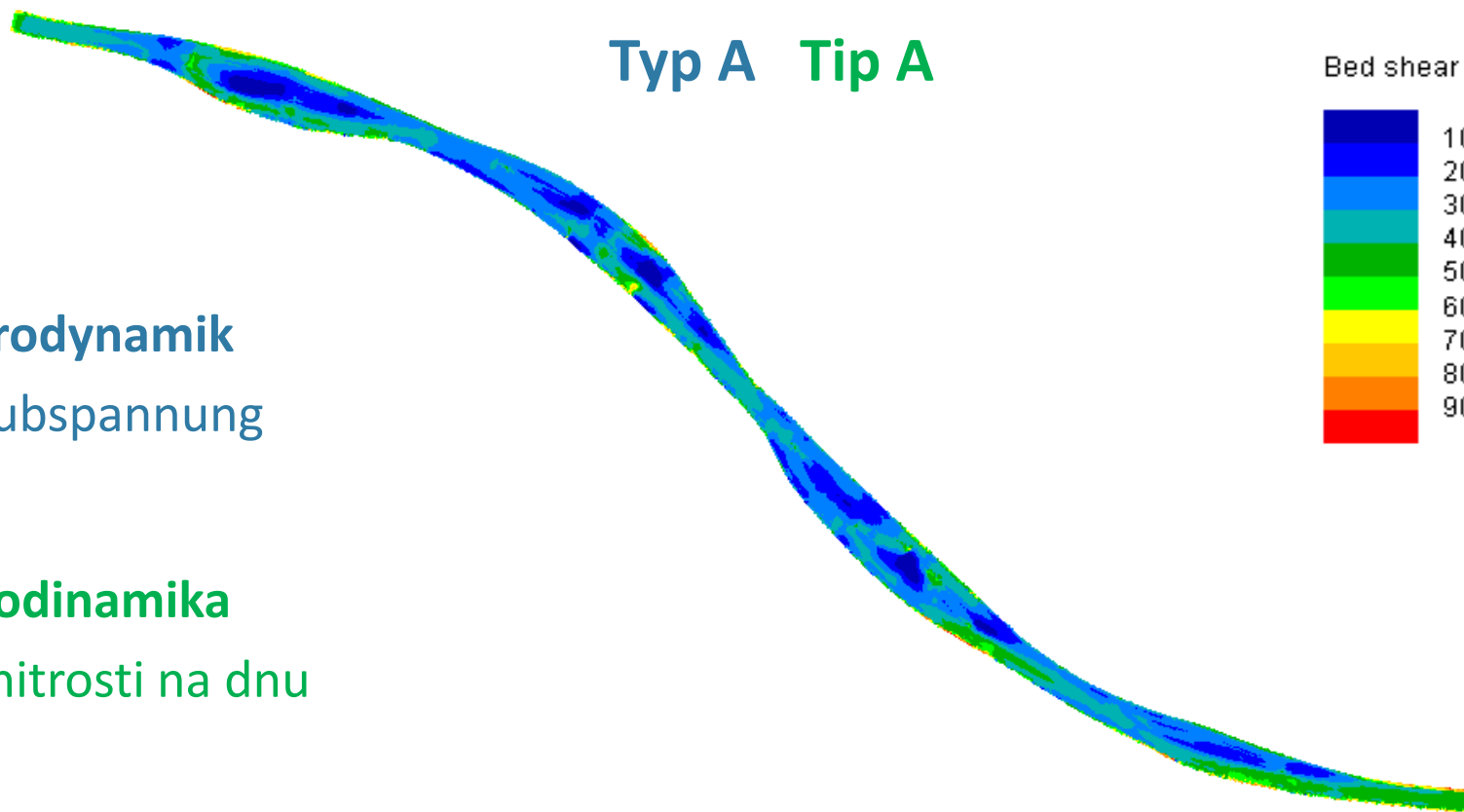
goMURra – vrste ukrepov in učinki



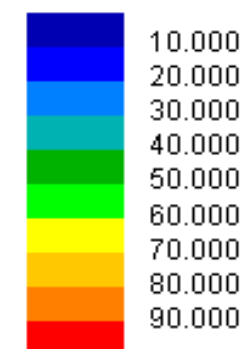
Typ A Tip A

3D-Hydrodynamik
Sohlschubspannung

3D-hydrodinamika
Strižne hitrosti na dnu



Bed shear stress [N/m²]



goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

goMURra – vrste ukrepov in učinki

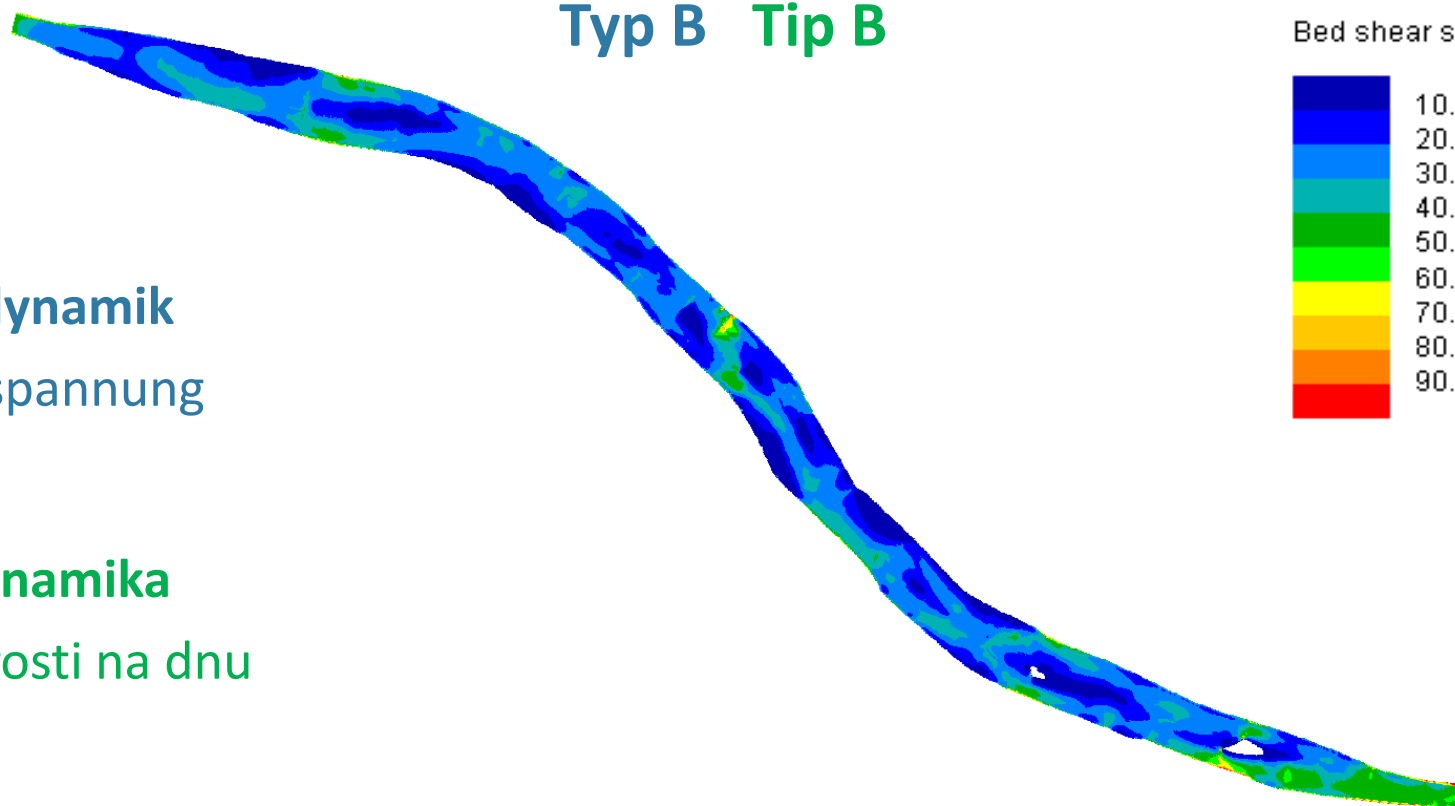


Interreg 
SLOVENIJA – AVSTRIJA
SLOWENIEN – ÖSTERREICH
Evropska unija | Evropski sklad za regionalni razvoj
Europäische Union | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Typ B Tip B

3D-Hydrodynamik
Sohlschubspannung

3D-hydrodinamika
Strižne hitrosti na dnu



goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

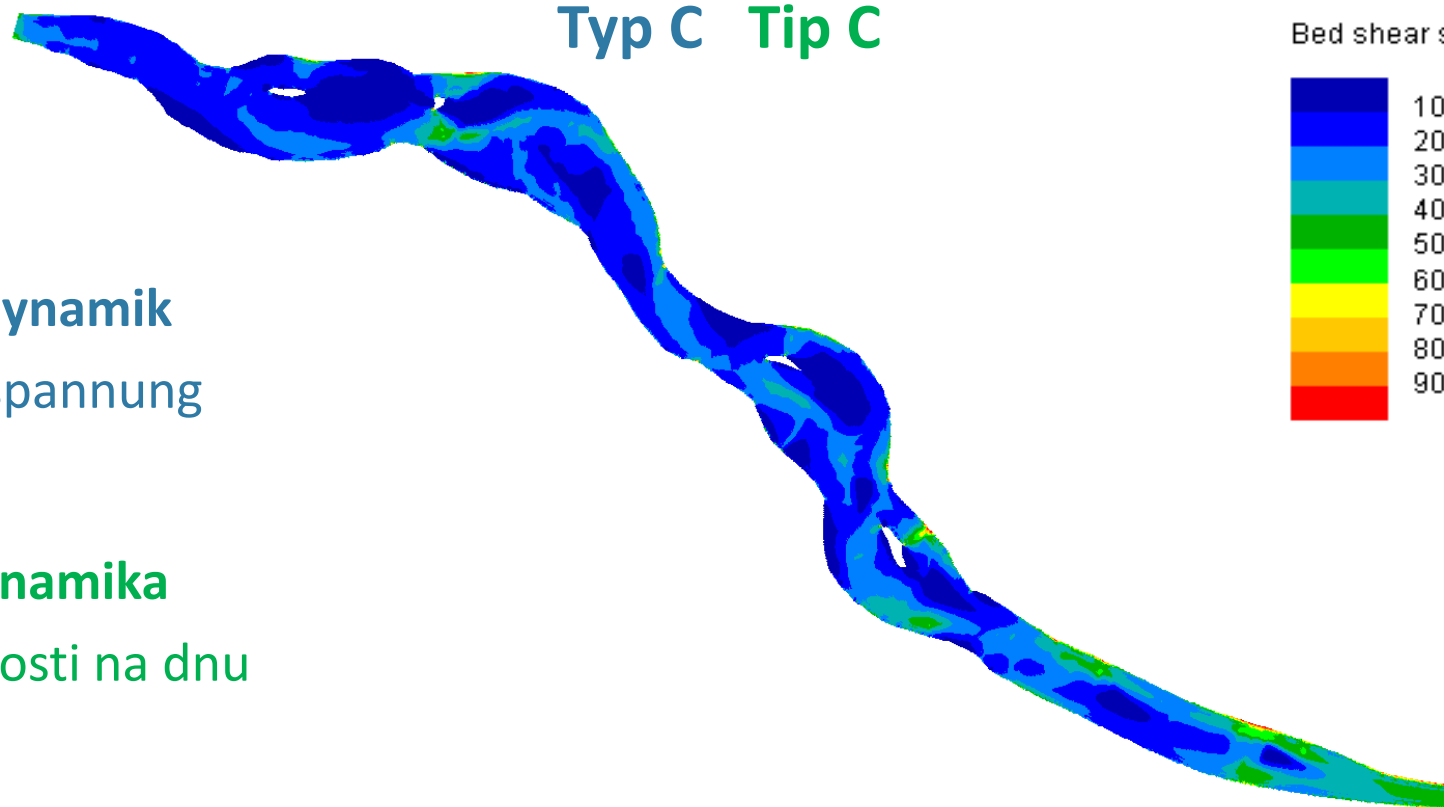
goMURra – vrste ukrepov in učinki



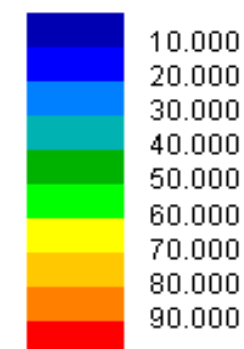
Typ C Tip C

3D-Hydrodynamik
Sohlschubspannung

3D-hydrodinamika
Strižne hitrosti na dnu

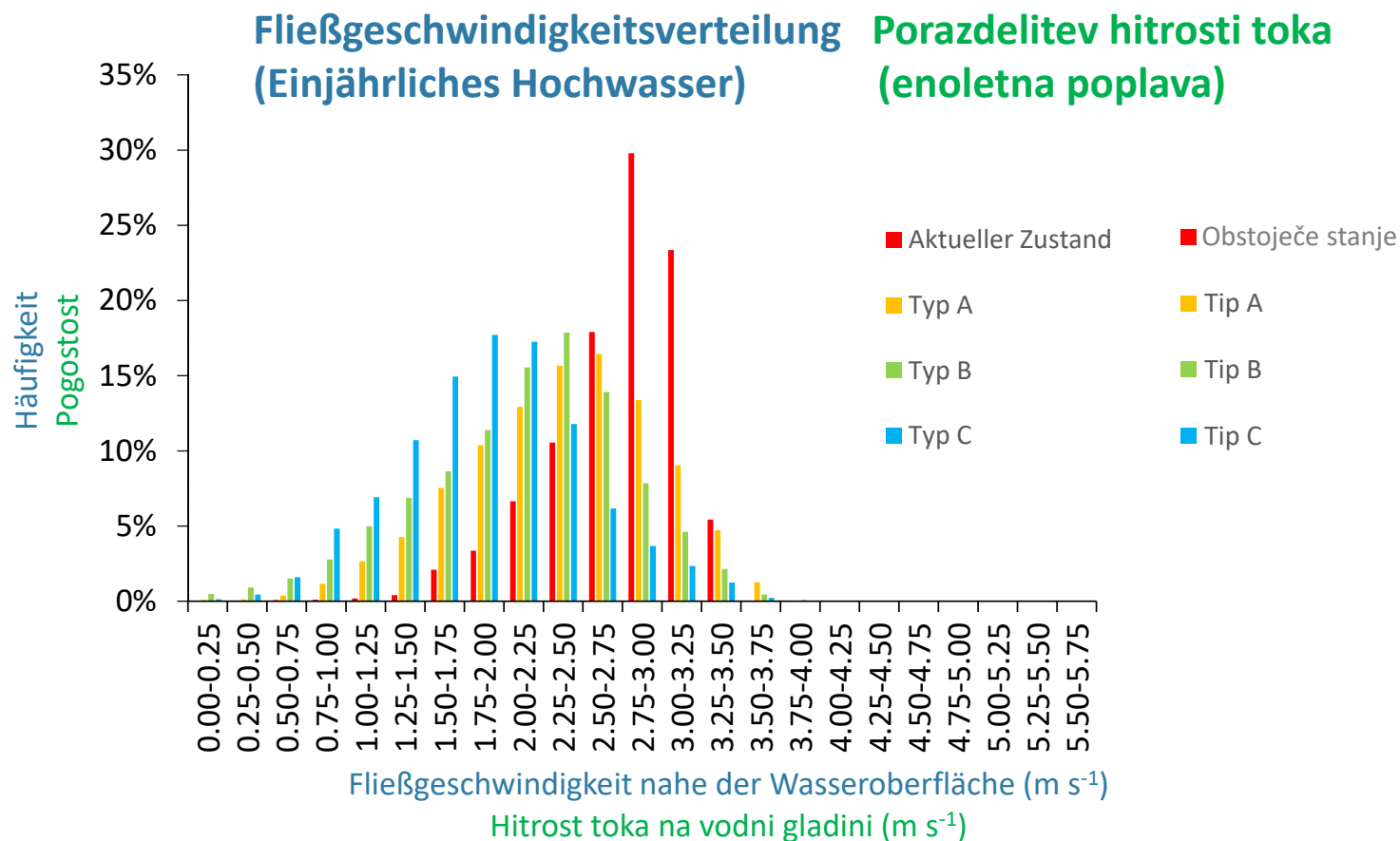


Bed shear stress [N/m²]



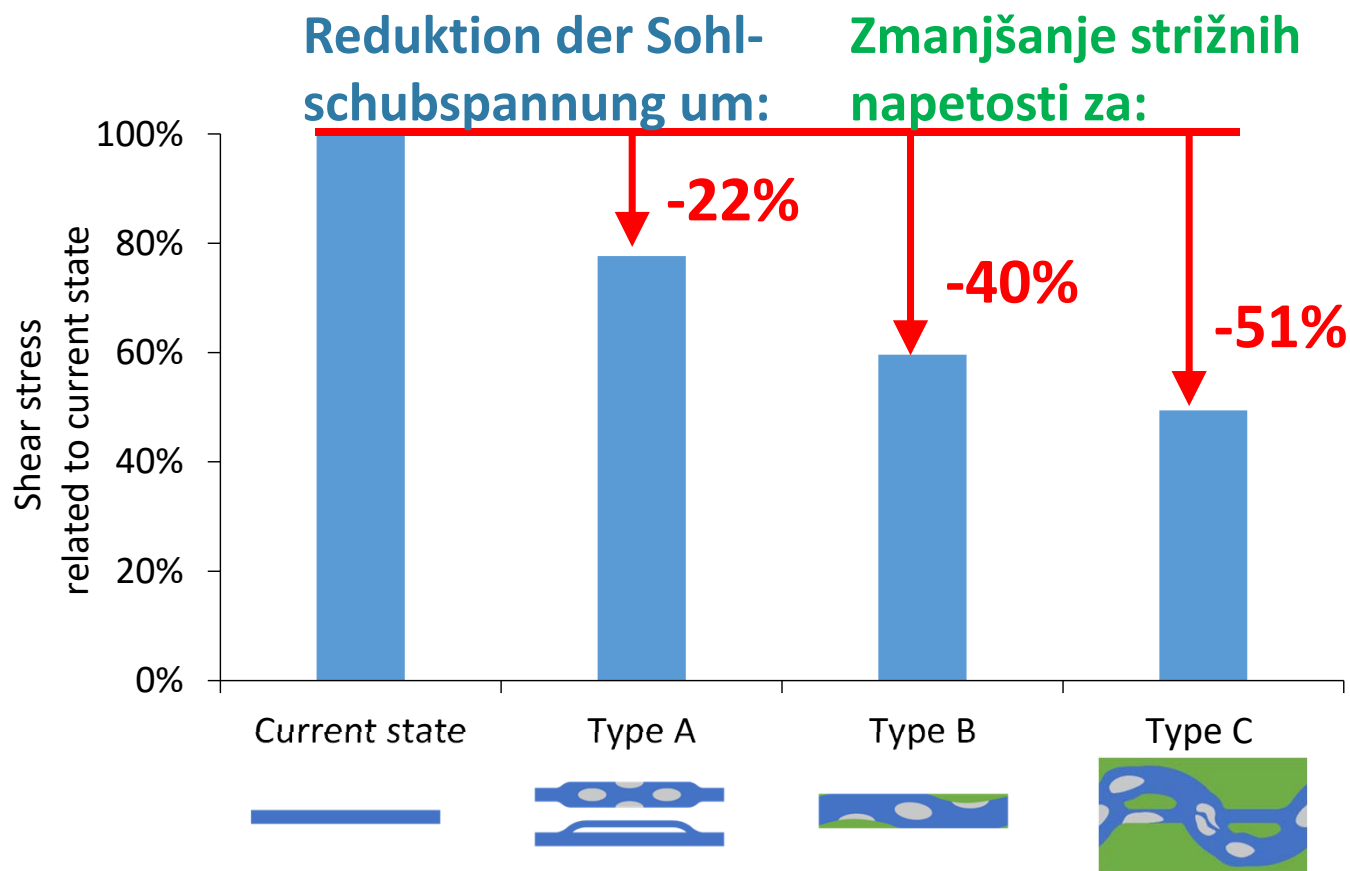
goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

goMURra – vrste ukrepov in učinki



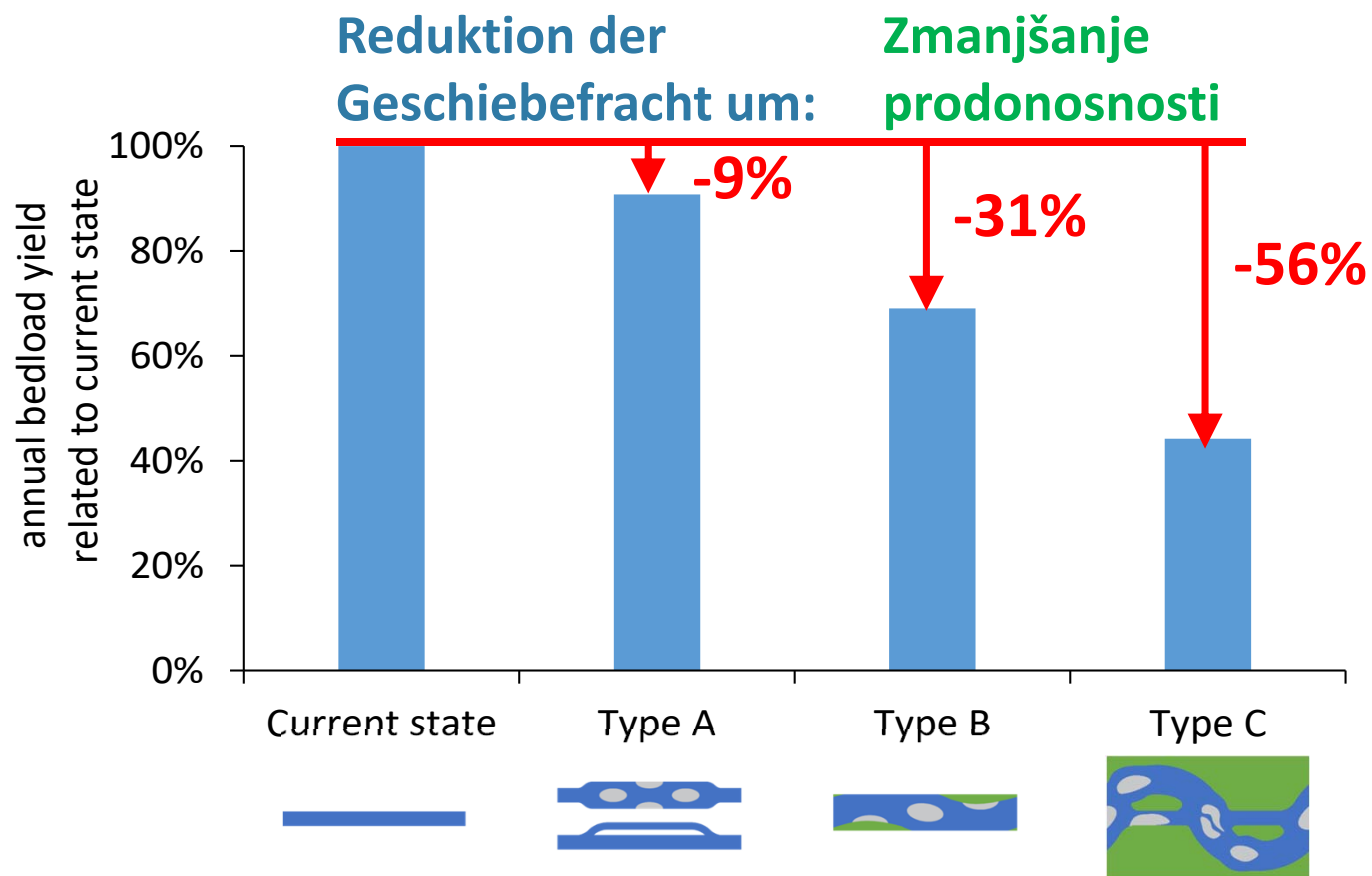
goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

goMURra – vrste ukrepov in učinki



goMURra - Maßnahmentypen und Wirkung

goMURra – vrste ukrepov in učinki



Schlussfolgerungen (1)

- Gestörtes Sedimentregime in der Grenzmur, (nahezu) kein Eintrag von flussauf
→ Sedimentdefizit
- Regulierung, Begradigung und Ufersicherung führten gemeinsam mit dem Geschiebedefizit zu Sohleintiefung und Grundwasserabsenkung
- Gefahr eines Sohldurchschlags und eines Verlusts der Kiesschicht
- Bisherige Gegenmaßnahmen zeigten nur kurzfristige Wirkung – Sohle bereits unter dem Niveau vor der Umsetzung der Maßnahmen

Zaključek (1)

- Motena bilanca rinjenih plavin v mejni Muri, (skorajda) noben vnos gorvodno > primanjkljaj sedimenta
- Regulacija, uravnavanje in zavarovanje brežin je skupaj s primanjkljajem proda povzročilo poglobljanje dna in upad gladine podtalnice
- Nevarnost preboja rečnega dna in izgube prodnega sloja v dnu
- Dozdajšnji protiukrepi so imeli samo kratkorojni učinek – rečno dno je trenutno že pod nivojem pred izvedbo ukrepov



Schlussfolgerungen (2)

- Ufererosion geringer als erwartet aufgrund fehlenden Eintrags und aufgrund gestreckten Verlaufs, dadurch geringer eigendynamischer Eintrag an Geschiebe und wenig stabilisierende Wirkung durch Verbreiterung des Gerinnes
- Akuter Handlungsbedarf
- Regulierte Mur würde sehr große Mengen an künstlicher Zugabe benötigen, um die Sohle zu stabilisieren
- Gerinneverbreiterung und kurvigerer Verlauf würden Geschiebebedarf und Instandhaltungskosten herabsetzen, bei gleichzeitigem ökologischen Benefit

Zaključek (2)

- Bočna erozija je manjša kot pričakovana zaradi manjkajočega vnosa proda in zaradi ravne struge. To pogojuje manjšni vnos proda na podlagi lastne dinamike in le malo stabilizacijskega učinka s širitvijo struge
- Nujno ukrepanje
- Regulirana Mura bi potrebovala velike količine umetnih vnosov, da bi stabilizirali dno
- Širjenje struge in več krivin bi zmanjšala potrebo po vnosu proda in stroške vzdrževanja, hkrati pa povečala ekološko korist





**Vielen Dank!
Hvala lepa!**