

**ČEZMEJNI NAČRT ZA INOVATIVNO TRAJNOSTNO UPRAVLJANJE
MEJNE MURE IN IZBOLJŠANJE OBVLADOVANJA
POPLAVNE OGROŽENOSTI**

**GRENZÜBERSCHREITENDER MANAGEMENTPLAN ZUR INNOVATIVEN
NACHHALTIGEN BEWIRTSCHAFTUNG DER GRENZMUR UND ZUR
VERBESSERUNG DES HOCHWASSERRISIKOMANAGEMENTS**

Deliverable D.T1.4.3

Numerisches Modell zur Optimierung des Einlaufbereichs des Mühlbachs
Mureck-Radkersburg

Kurzfassung

Die wasserrechtlich genehmigte Entnahmewassermenge des Mühlbachs Mureck-Radkersburg von $3 \text{ m}^3/\text{s}$ kann durch die fortlaufende Eintiefung der Grenzursohle nicht aufrechterhalten werden. Im Laufe der letzten Jahre konnte vor allem bei Niedrigwasserführung der Mur beobachtet werden, dass die Entnahmewassermenge zeitweise erheblich unterschritten wird.

Der vorliegende Bericht basiert auf Naturmessungen sowie numerischen Untersuchungen mit dem Ziel, die Situation hinsichtlich Entnahmewassermenge zu verbessern. Von Seiten des Auftragnehmers wurden ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) Messungen zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeiten, des Durchflusses und zur Erhebung der Bathymetrie im Mühlbach durchgeführt. Die Sohlage der Mur wurde von Seiten des Auftraggebers mithilfe von Echolotmessungen erhoben und zur Verfügung gestellt. Das 3d Modell des Einlaufbauwerks wurde auf Basis von Plänen erstellt und das Vorland mithilfe hochaufgelöster Laserscan Messungen ergänzt. Die individuellen Komponenten wurden zu einem 3d Oberflächenmodell zusammengeführt, welches die Grundlage für die 2d und 3d numerischen Modelle bildet.

Unterschiedliche Varianten wurden untersucht, wobei sich die Verlängerung der bereits bestehenden Buhne beim Einlaufbauwerk um 32 Meter, parallel zur Uferböschung, als die optimalste Lösung herausgestellt hat. Mit dieser Variante ist es möglich, bereits bei 30% geringeren Abflüssen in der Mur (statt $130 \text{ m}^3/\text{s}$ nur $91 \text{ m}^3/\text{s}$) die geforderte Entnahmewassermenge von $3 \text{ m}^3/\text{s}$ zu erreichen. Bei Niedrigwasserführungen der Mur ist jedoch auch bei dieser Variante die gewünschte Entnahmewassermenge nicht möglich. Weitere allfällige Eintiefungen der Mursohle werden die Situation darüberhinaus verschlechtern. Eine Verlängerung der uferparallelen Buhne kann jedoch diesen Vorgang wiederum kompensieren.

Durch die reduzierte Fließgeschwindigkeit am Beginn des Mühlbachs werden Ablagerungen in diesem Bereich auch in Zukunft auftreten, die allfällige Baggermaßnahmen unumgänglich machen.

Izvešček

Zahtevane minimalne količine odvzema vode mlinšče Mureck-Radkersburg v obsegu $3 \text{ m}^3/\text{s}$ zaradi nenehnega poglobljanja dna mejne Mure ni mogoče vzdrževati. V zadnjih letih smo predvsem v sušnem obdobju ob nizkem vodostaju v Muri opazili, da se minimalna potrebna količina odvzema vode občasno ne dosega.

Predmetno poročilo temelji na naravnih meritvah in na numeričnih raziskavah s ciljem izboljšanja položaja glede količine odvzema vode. Izvajalec je izvedel ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) meritve za ugotovitev hitrosti toka, pretoka in za izvedbo batimetrije v mlinščici. Položaj dna Mure je naročnik ugotovil z meritvami z ultrazvočnim globinomerom, ki jih je dal na voljo. 3-d-model vtočnega objekta je bil izdelan na osnovi načrtov in dimenzije obrežnega terena so bile dopolnjene z meritvami z laserskim skenerjem z visoko ločljivostjo. Individualne komponente so bile združene v 3d-površinski model, ki je podlaga za 2d- in 3d-numerična modela.

Raziskali smo različne variante, pri čemer se je kot najboljša rešitev pokazalo podaljšanje obstoječe jezbece pri vtočnem objektu za 32 metrov vzporedno z obrežjem. S to različico je mogoče doseči zahtevano količino odvzema vode v obsegu $3 \text{ m}^3/\text{s}$ že pri za 30% manjšem pretoku Mure (na primer namesto $130 \text{ m}^3/\text{s}$ samo $91 \text{ m}^3/\text{s}$). V primeru nizkega vodostaja Mure v sušnem obdobju pa želena količina odvzema vode tudi pri tej različici ni mogoča. Poleg tega bo nadaljevanje poglobljanja dna Mure položaj še poslabšalo. Podaljšanje jezbece vzporedno z obrežjem bi pa lahko kompenziralo ta razvoj.

Zaradi zmanjšane hitrosti toka v začetku kanala za odzem vode bo na tem delu tudi v prihodnje prišlo do nalaganja usedlin, kar bo zahtevalo morebitno izkopavanje z bagrom.

Abstract

The required minimum withdrawal water amount of the Mureck-Radkersburg mill channel of $3 \text{ m}^3/\text{s}$ cannot be maintained due to the ongoing deepening of the Grenzmur riverbed. In the course of the last few years it has been observed, especially during low water periods, that the minimum amount of water withdrawn is significantly below the required minimum.

The present report is based on field measurements as well as numerical studies with the aim of improving the situation with regard to the amount of withdrawal water. To obtain velocities, discharges as well as the bathymetry of the mill channel, ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) measurements were conducted by the contractor. The bathymetry of the Mur was provided by the client and is based on sonar measurements. Based on technical drawings, a 3d model of the inlet structure was constructed and the adjacent topology was created by means of a high-resolution laser scanner. The individual components were merged to a 3d surface model and serve as foundation for the 2d and 3d numerical models.

Different variants were examined, whereby the extension of the already existing groyne at the inlet structure by 32 meters, parallel to the embankment, turned out to be the most optimal solution. With this variant it is possible to achieve the required withdrawal water amount of $3 \text{ m}^3/\text{s}$ with 30% lower discharge in the Mur (only $91 \text{ m}^3/\text{s}$ instead of $130 \text{ m}^3/\text{s}$). However, the desired amount of water withdrawn in the case of extremely low water levels in the River Mur cannot be reached despite the optimization of the inflow situation. Any further deepening of the river bed will also worsen the situation. However, an extension of the groyne parallel to the bank can in turn compensate for this process.

Due to the reduced flow velocities at the beginning of the extraction channel, deposits will also occur in this area in the future, which will make any excavation work unavoidable.

Dokumentinformation

Tatsächliches Abgabedatum	10/2021
Verantwortlicher Partner für das Deliverable	Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 14 Wasserwirtschaft, Ressourcen und Nachhaltigkeit (A14) Wartingergasse 43, 8010 Graz
Andere involvierte Partner	-



Dissemination Ebene

Öffentlich	[X]
Wird auf Anfrage zur Verfügung gestellt	-
Vertraulich, nur für Mitglieder des Konsortiums	-

Autoren

DI Dr. Josef Schneider Dr. Shervin Shahriari, M.Sc. DI Sebastian Gegenleithner, BSc	TU Graz, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft Stremayrgasse 10/II, 8010 Graz im Auftrag des Projektpartners A14
---	--



Übersetzung

Mag. Dr. Andrea Haberl-Zemljič	Interlineas - Übersetzungsbüro für Slowenisch, Hautplatz 2, 8490 Bad Radkersburg (Kurzfassung Slowenisch)
--------------------------------	--

Peer reviewers

DI Tanja Schriebl	A14
-------------------	-----

Versionierung

0.0	Entwurf (10/2021)
1.0	Endversion (11/2021)

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG	7
2.	METHODIK	7
2.1.	Projektgebiet	7
2.2.	Unterlagen sowie Untersuchungsbereich	8
2.3.	Messungen.....	8
2.3.1.	ADCP Messungen	9
2.3.2.	Laserscanmessungen.....	10
2.3.1.	GPS Messungen.....	11
2.4.	Numerische Modelle	11
2.4.1.	3d hydronumerisches Modell	11
2.4.2.	2d hydronumerisches Modell	12
2.5.	Untersuchte Varianten	13
2.5.1.	Ist-Situation	13
2.5.2.	Mögliche Lösungen, untersuchte Varianten	14
3.	ERGEBNISSE	15
3.1.	Variantenstudie	15
3.1.1.	IST Situation – Kalibrierung	15
3.1.2.	Variante - Bühnenverlängerung	17
3.1.3.	Überströmte 4D Buhne	19
3.1.4.	Überströmte Murschwelle	19
3.1.5.	Optimierung Einlaufbauwerk	20
3.1.6.	Baggerungen im Mühlbach	20
3.1.7.	Zusammenfassung der Variantenuntersuchung	21
3.2.	Niedrigwassersituation – Zusammenhang Abfluss Mur und Mühlbach	21
4.	ZUSAMMENFASSUNG	23
5.	ANHANG	24

ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Lage des Projektgebietes, alter und neuer Einlauf und Pegel Mureck.....	7
Abbildung 2: Untersuchungsbereich mit Datenquellen.....	8
Abbildung 3: Übersicht Messmethoden	9
Abbildung 4: Geländemodell – Mur und Einlaufbereich.....	9
Abbildung 5: Gemessene Querprofile (24.2.2021) oberwasser- und unterwasserseitig des Einlaufbauwerkes Mühlbach.....	10
Abbildung 6: Messstandorte sowie Scannergebnisse.....	10
Abbildung 7: Draufsicht hydronumerisches Modell	12
Abbildung 8: Ansicht hydronumerisches Modell	12
Abbildung 9: Draufsicht 2d hydronumerisches Modell	13
Abbildung 10: Strömungszustand Ist-Situation.....	13
Abbildung 11: Lösungsvorschläge zur Verbesserung der Einlaufsituation, links: Verlängerung der Buhne, rechts: überströmte Sohlschwelle.....	14
Abbildung 12: Lösungsvorschläge zur Verbesserung der Einlaufsituation, links: Entschärfung Einlaufbauwerk, rechts Baggerungen	15
Abbildung 13: Ganglinie Abfluss Mur beim Pegel Mureck am 24.2.2021	15
Abbildung 14: Darstellung numerischer Berechnungen sowie vergleichende ADCP Messung	16
Abbildung 15: Numerisch ermitteltes Strömungsmuster vor dem Einlaufbauwerk mit bestehender Buhne.....	17
Abbildung 16: Querschnitte oberwasserseitig der Buhne, links Numerik, rechts Messung, Farben Rot und Blau vertauscht.....	17
Abbildung 17: 2d Geometrie inklusive Schnitt durch verlängerte Buhne	17
Abbildung 18: Strömungsmuster (3d Rechnung) bei Bühnenverlängerung, Varianten 1 (IST) und 1a.....	18
Abbildung 19: Strömungsmuster (3d Rechnung) bei Bühnenverlängerung, Varianten 1b und 1c	18
Abbildung 20: Strömungsmuster bei Variante überströmte 4D Buhne	19
Abbildung 21: Murschwelle mit Schwellenquerschnitt, Strömungsmuster bei Variante Murschwelle.....	20
Abbildung 22: Optimierung Einlaufbauwerk, Strömungsmuster.....	20
Abbildung 23: Zusammenfassung Variantenstudie	21
Abbildung 24: Strömungsmuster im Einlaufbereich bei Wasserführung der Mur von 40 m ³ /s, Varianten 1a und 1d.....	21
Abbildung 25: Abflussbeziehung Mur/Mühlbach	22

TABELLEN

Tabelle 1 – Entnahmewassermenge in den Mühlbach für unterschiedliche Bühnenlängen .. 19

ABKÜRZUNGEN

0D, 1D, 2D, 4D	x-mal Einlaufbreite [m]
2d, 3d	2-, 3-dimensional
ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler
ANSYS	ANalysis SYStem (Finite Elemente Software)
goMURra	Čezmejni načrt za inovativno trajnostno upravljanje mejne Mure in izboljšanje obvladovanja poplavne ogroženosti / Grenzüberschreitender Managementplan zur innovativen nachhaltigen Bewirtschaftung der Grenz-Mur und zur Verbesserung des Hochwasserrisikomanagements
GPS	Global Positioning System
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center's River Analysis System (1d, 2d Hydrodynamisches Modell)
LTE	Long Term Evolution (Mobilfunk Standard)
MJNQ _T	arithmetische Mittel der Jahresniederstwerte des Durchflusses (auf Basis von Tagesmittel) im betrachteten Zeitraum
NNQ _T	Niederstes Niederwasser (Tagesmittel)
TU Graz	Technische Universität Graz

1. EINLEITUNG

Der Mühlbach Mureck-Radkersburg, gelegen am orografisch linken Murufer, wurde bereits im 19. Jahrhundert errichtet und wird seitdem für unterschiedliche Zwecke genutzt. Das ursprüngliche Einlaufbauwerk im Bereich der Schiffsmühle Mureck wurde im Jahre 1982 letztmalig adaptiert. Die wasserrechtlich genehmigte Entnahmewassermenge von $3 \text{ m}^3/\text{s}$ konnte jedoch durch die fortlaufende Eintiefung der Grenzmur in diesem Bereich nicht aufrechterhalten werden.

Um der Mur weiterhin ausreichend Wasser entnehmen zu können, wurde im Jahre 1999 ein neues Entnahmebauwerk etwa 1 km oberwasserseitig der bestehenden Ausleitung errichtet. Dieses wurde wiederum auf eine Entnahmewassermenge von $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgelegt.

Im Laufe der letzten Jahre konnte vor allem bei Niedrigwasserführung der Mur beobachtet werden, dass die wasserrechtlich genehmigte Entnahmewassermenge auch bei diesem Bauwerk zeitweise erheblich unterschritten wird.

Das Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU Graz erarbeitete Lösungsvorschläge, um eine Verbesserung der Wasserentnahme während Niedrigwasserzeiten herzustellen. Dafür wurden Naturmessungen sowie numerische Modelle eingesetzt. Der vorliegende Bericht stellt die untersuchten Varianten mit dem Ausführungsvorschlag dar.

2. METHODIK

2.1. Projektgebiet

Das Einlaufbauwerk des Mühlbachs Mureck – Radkersburg befindet sich an der Grenzmur bei Flusskilometer 128,4. Abbildung 1 zeigt eine fotografische Darstellung des Projektgebietes mit dem alten und neuen Einlaufbauwerk sowie dem Pegel Mureck.



Abbildung 1: Lage des Projektgebietes, alter und neuer Einlauf und Pegel Mureck

2.2. Unterlagen sowie Untersuchungsbereich

Zur Erstellung, Kalibrierung und Validierung der numerischen Modelle waren hydrologische Abflussdaten sowie Vermessungsdaten notwendig. Die benötigten Abflüsse in der Mur wurden seitens der A14, Referat Hydrografie des Landes Steiermark für die Tage der Messkampagnen zur Verfügung gestellt. Die Abflüsse und Fließgeschwindigkeiten im Mühlbach wurden durch ADCP Messungen vom Auftragnehmer erfasst.

Die Sohlaufnahme der Grenzmur im Bereich des Einlaufbauwerkes in Form eines digitalen Geländemodelles sowie Orthophotos wurden von der A17 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung bereitgestellt. Analoge Pläne des Einlaufbauwerkes wurden vom Auftragnehmer digitalisiert und für das numerische Modell aufbereitet. Die Sohlaufnahme des Mühlbaches unterwasserseitig des Einlaufbauwerkes erfolgte mittels *Golbal Positioning System* (GPS) verorteten ADCP Messungen durch den Auftragnehmer. Die folgende Abbildung 2 zeigt die Ausdehnung der erfassten geometrischen Messdaten und somit des Untersuchungsbereichs.

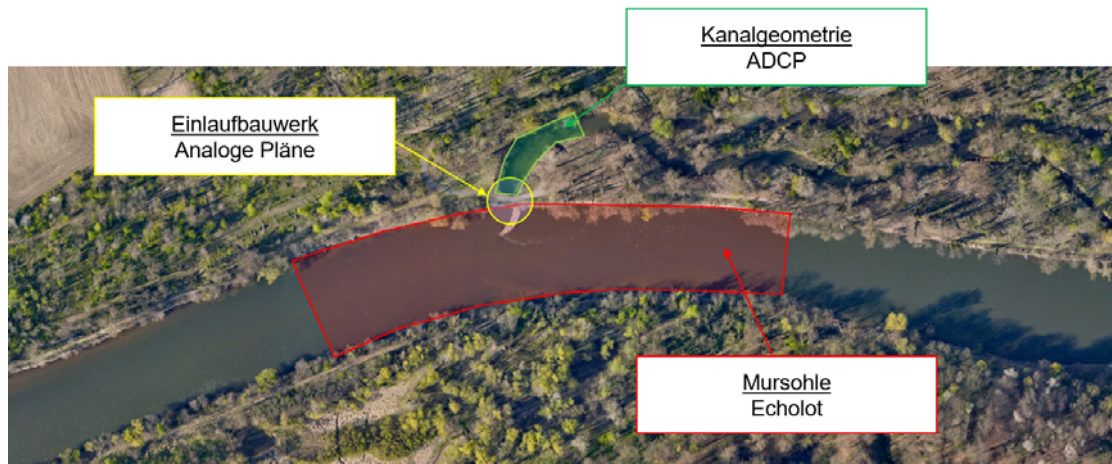


Abbildung 2: Untersuchungsbereich mit Datenquellen

2.3. Messungen

Im Zuge von zwei individuellen Messkampagnen (10.8.2020 und 24.2.2021) wurden Daten erhoben, die als Grundlage für die numerischen Modelle dienen. Bei den Messkampagnen wurden vom Auftragnehmer GPS verortete ADCP Messungen im Mühlbach, GPS Vermessungen des Vorlands sowie hochaufgelöste terrestrische Laservermessungen durchgeführt. Die angewandten Messmethoden sind zur Übersicht in Abbildung 3 dargestellt.

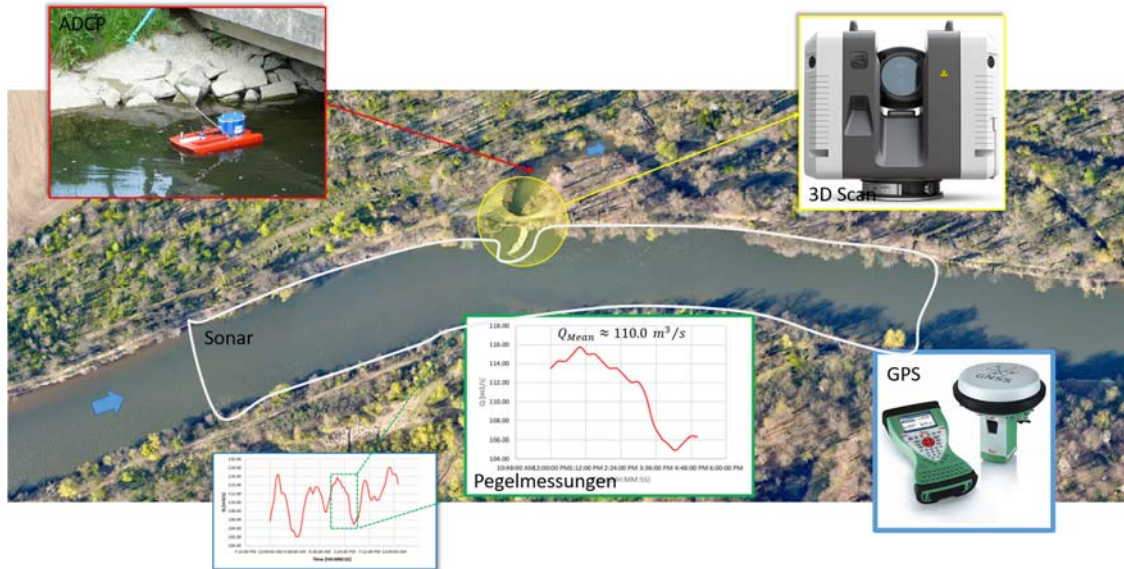


Abbildung 3: Übersicht Messmethoden

Die in folgenden Kapiteln beschriebenen Messmethoden in Kombination mit den in Kapitel 2.2 beschriebenen, vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Daten bilden die Basis für die Erstellung eines 3d Geländemodells (siehe Abbildung 4).

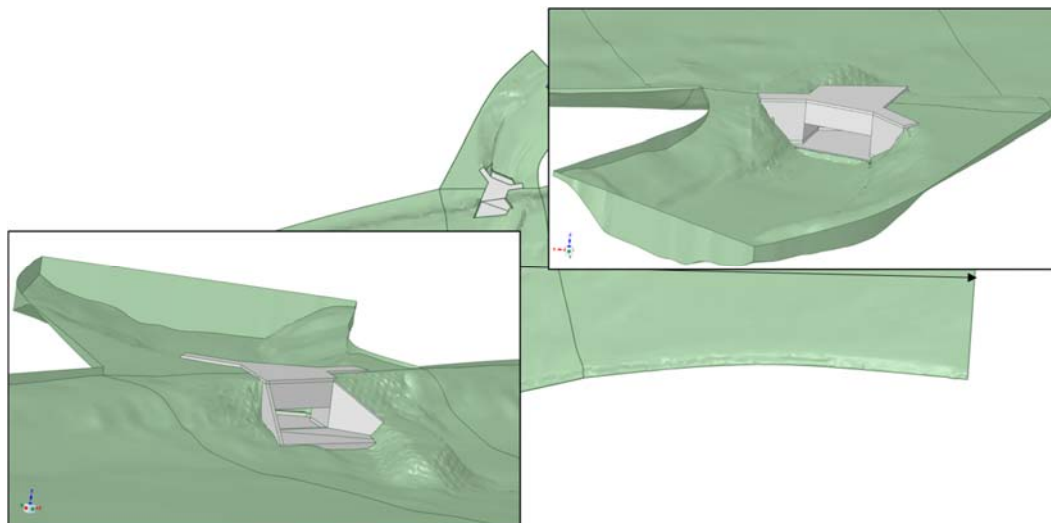


Abbildung 4: Geländemodell – Mauer und Einlaufbereich

2.3.1. ADCP Messungen

Bei der ersten Messkampagne am 18.08.2020 wurden an fünf Querprofilen der Durchfluss, die Fließgeschwindigkeiten sowie die Sohllagen erhoben. Im Zuge der numerischen Modellierung stellte sich heraus, dass die vermessene Strecke des Mühlbachs nicht ausreichte, um die numerischen Modelle mit zufriedenstellender Genauigkeit zu betreiben. In diesem Sinne wurden im Rahmen der zweiten Messkampagne, am 24.2.2021, acht weitere Querprofile stromab des Mühlbachs und im Einlaufbereich erhoben. Des Weiteren wurde der Verschluss am Einlaufbauwerk im Zuge der zweiten Messkampagne vollständig geöffnet, um

eine bessere Kalibrierung der numerischen Modelle zu ermöglichen. Die vermessenen Querprofile sind in Abbildung 5 ersichtlich.

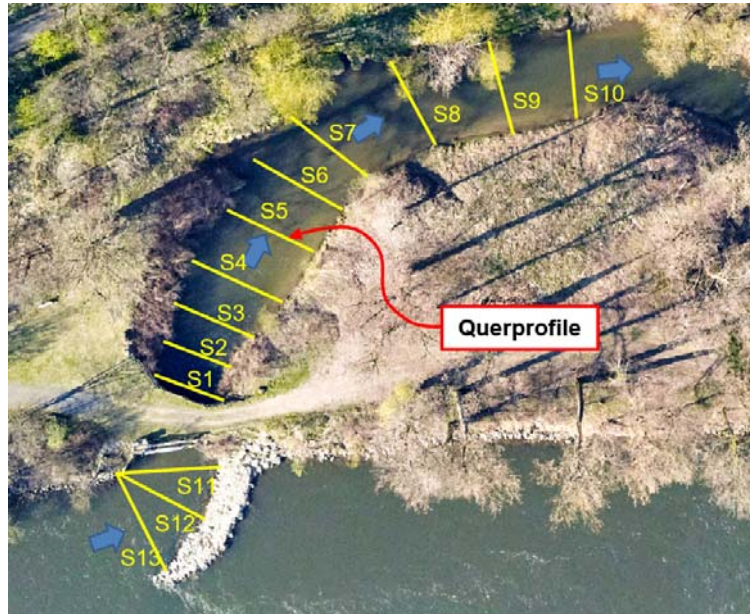


Abbildung 5: Gemessene Querprofile (24.2.2021) oberwasser- und unterwasserseitig des Einlaufbauwerkes Mühlbach

2.3.2. Laserscanmessungen

Die Laserscanmessungen erfolgten mit einem Leica RTC360. Bei der Hauptmessung wurden an 22 Standorten des Scanners in Summe mehr als 70 Millionen Messpunkte erfasst. Abbildung 6 zeigt die Messstandorte (Mitte) sowie zwei Ansichten, die aus dem Scan generiert wurden. Die Laserscandaten wurden für die Erstellung der Geometrie im Vorland sowie für die Erhebung des Wasserspiegels an den Messtagen, welche wiederum zur Kalibrierung der numerischen Modelle benötigt wurden, verwendet.

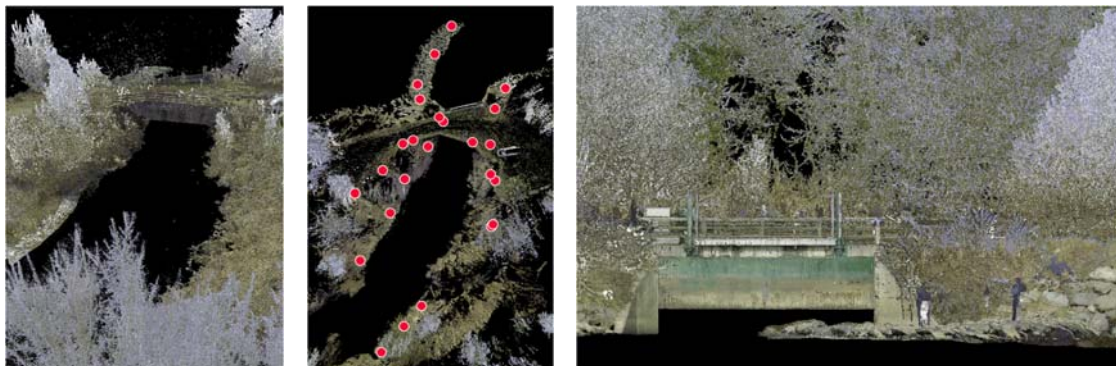


Abbildung 6: Messstandorte sowie Scanergebnisse

2.3.1. GPS Messungen

Zur Verortung der in den Kapiteln 2.3.1 und 2.3.1 beschriebenen Vermessungen, die bis dato in einem lokalen Koordinatensystem vorlagen, wurde ein GPS Messsystem angewandt. Die GPS Standortbestimmung in Kombination mit einer *Long Term Evolution* (LTE) Korrektur erlaubt eine Bestimmung des aktuellen Standpunkts mit einer Lagegenauigkeit von unter einem Zentimeter.

2.4. Numerische Modelle

Die Durchflussuntersuchungen im Mühlbach wurden mit zwei- und dreidimensionalen hydronumerischen Modellen durchgeführt. Das 3d Modell wurde für die detaillierte Abbildung der dreidimensionalen Effekte, welche die Aufteilung des gesamten Stroms in der Mur und im Mühlbach maßgeblich beeinflussen können, benötigt. Des Weiteren ist im Einlaufbereich ein durchflussregulierender Schieber verbaut, der bei höheren Wasserführungen unter Druck geht und somit nur mit einem 3d Modell abgebildet werden kann. Das 2d Modell wurde für die Variantenoptimierung bei Niederwasserführung verwendet, da in diesen Lastfällen kein Druckabfluss zufolge Schieber gegeben ist. Um die Vereinfachung in der Abbildung der dreidimensionalen Strömungseffekte beim 2d Modell abschätzen zu können, wurden die Ergebnisse jenen des 3d Modell gegenübergestellt. Dadurch konnten die Unsicherheiten in der modelltechnischen Abbildung des Zuflusses abgeschätzt und der Einfluss auf den Volumenstrom quantifiziert werden. Folgend ist eine Beschreibung der verwendeten numerischen Modelle gegeben.

2.4.1. 3d hydronumerisches Modell

Die dreidimensionale Modellierung wurde mit dem Softwarepaket ANSYS Fluent durchgeführt. Als Basis für das numerische Modell diente das erstellte Geländemodell (Abbildung 4). Für die Erstellung des numerischen Berechnungsnetzes wurde eine „Polyhexacore“ Strategie mit fünf Randlayern gewählt. Die Modellierung des Freispiegelabflusses inklusive Übergang zwischen Luft und Wasser wurde mit der „Volume of Fluid“ Methode realisiert. Als Zuflussrandbedingung wurde ein Massenstrom beschrieben und an den Ausläufen wurde der Wasserspiegel vorgegeben. Eine Draufsicht inklusive Ausdehnung des Modells ist in Abbildung 7 dargestellt. Die auf die Sohle projizierten Polyederelemente sind in Abbildung 8 ersichtlich.

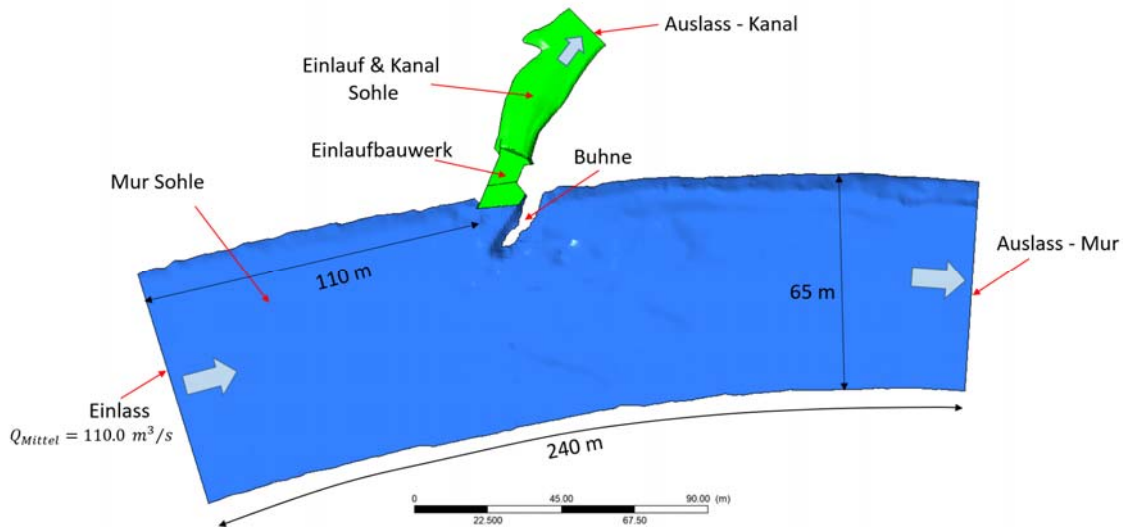


Abbildung 7: Draufsicht hydronumerisches Modell

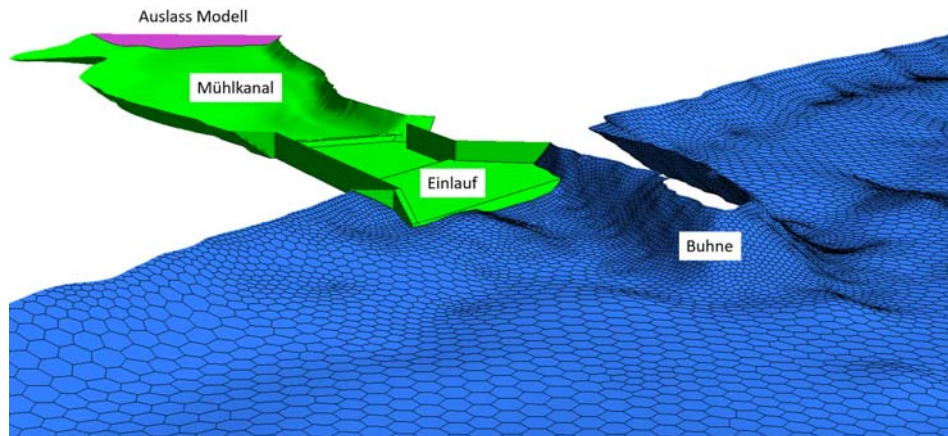


Abbildung 8: Ansicht hydronumerisches Modell

2.4.2. 2d hydronumerisches Modell

Die zweidimensionale Modellierung wurde mit HEC-RAS 2d durchgeführt. Wie beim 3d Modell bildet das erstellte Geländemodell (Abbildung 4) die Grundlage für die 2d Berechnungsansätze. Die Geometrie wurde dabei mit einem unstrukturierten Netz mit variabler Seitenanzahl vermascht. Der Rauheitsbeiwert wurde auf Basis der im Zuge der 3d Modellierung angenommenen Sandkornrauheit bestimmt (siehe Kapitel 2.4.1). Für die Zuflussrandbedingung wurde ein Massenstrom beschrieben und an den Ausflüssen wurde eine Wasserstands-Abflussbeziehung angesetzt. Das 2d hydronumerische Modell ist in Abbildung 9 dargestellt.

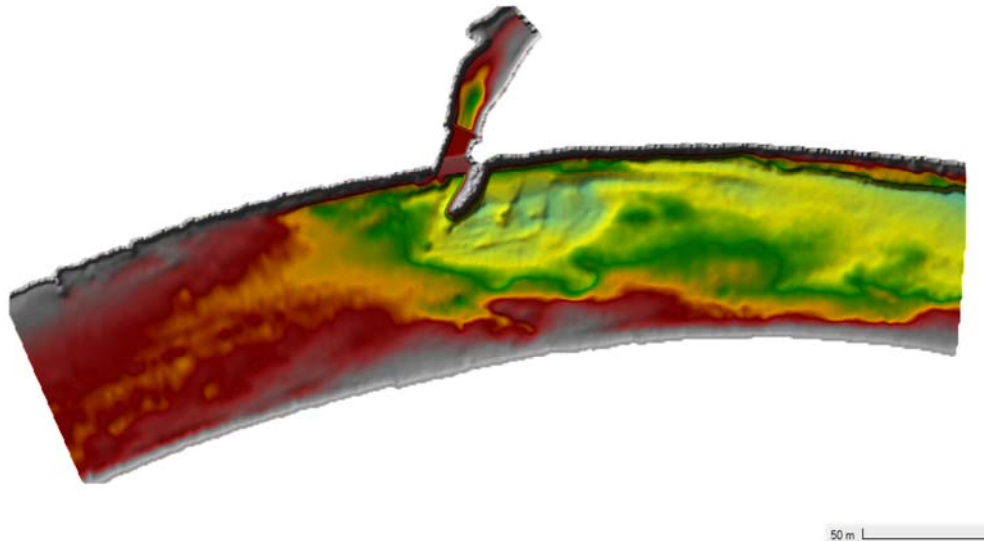


Abbildung 9: Draufsicht 2d hydronumerisches Modell

2.5. Untersuchte Varianten

2.5.1. Ist-Situation

Aus Beobachtungen der derzeitigen Einlaufsituation zeigt sich, dass die Hauptströmung in der Mur verbleibt, ein Teil linksufrig auf den bestehenden Bühnenkopf auftrifft und dort geteilt wird. Ein kleinerer Teil des Abflusses fließt in Richtung Einlaufbauwerk. Sowohl oberwasserseitig des Einlaufbauwerkes als auch unterhalb der Buhne sind Rückströmungen zu beobachten. Vor allem die Rückströmung vor dem Einlauf generiert Verlandungen und reduziert somit die Querschnittsfläche. Am Beginn des Mühlbachs ist orographisch links ebenfalls eine Rückströmung zu beobachten. Das Strömungsbild im Einlaufbereich für eine mittlere Wasserführung der Mur ist in der folgenden Abbildung 10 dargestellt.



Abbildung 10: Strömungszustand Ist-Situation

2.5.2. Mögliche Lösungen, untersuchte Varianten

Zur Verbesserung der Einlaufsituation wurden folgende Varianten untersucht:

1. Verlängerung der Buhne ins Oberwasser. Die Breite des Einlaufes beträgt etwa 8 Meter. Für die Untersuchungen wurden ein Vielfaches dieser Breite angenommen. Die verlängerte Buhne wird parallel zum Ufer ausgeführt. Somit bildet sich ein Bach, der mit Ausnahme der Variante 1D, bis zur Mittelwasserführung der Mur nicht überströmt wird. Basierend auf den Ist-Zustand (0D) wurden folgende Ausführungen untersucht:
 - a. 1D: 8m
 - b. 2D: 16m
 - c. 4D: 32m
 - d. 4D: 32 m Meter überströmt

Eine schematische Darstellung dieser Variante ist in Abbildung 11 links ersichtlich

2. Überströmte Sohlschwelle quer der Mur. Die Variante des überströmten Querbauwerks ist in Abbildung 11 rechts dargestellt
3. Optimierung Einlaufbauwerk. Bei dieser Variante wurde untersucht, ob eine Verbesserung durch eine strömungsoptimierte Veränderung des Einlaufbauwerks erzielt werden kann. Eine schematische Darstellung dieser Variante ist in Abbildung 12 links gegeben.
4. Baggerungen im Mühlbach. Hierbei wird untersucht, ob etwaige Baggerungen im Einlauf des Mühlbachs die Rückstauereffekte reduzieren und im Rückschluss den Durchfluss erhöhen können. Eine qualitative Darstellung dieser Variante ist in Abbildung 12 rechts ersichtlich.



Abbildung 11: Lösungsvorschläge zur Verbesserung der Einlaufsituation, links: Verlängerung der Buhne, rechts: überströmte Sohlschwelle



Abbildung 12: Lösungsvorschläge zur Verbesserung der Einlaufsituation, links: Entschärfung Einlaufbauwerk, rechts Baggerungen

3. ERGEBNISSE

3.1. Variantenstudie

3.1.1. IST Situation – Kalibrierung

Während der zweiten Messung am 24. Februar 2021 wurden an der Pegelstelle Mureck im Mittel ein Abfluss von etwa $110 \text{ m}^3/\text{s}$ erfasst. Die Ganglinie des Zeitraumes dieser Messkampagne ist in der folgenden Abbildung 13 dargestellt. Die mit dem ADCP gemessene Durchflussmenge im Mühlbach beträgt zu diesem Zeitpunkt etwa $1,7 - 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

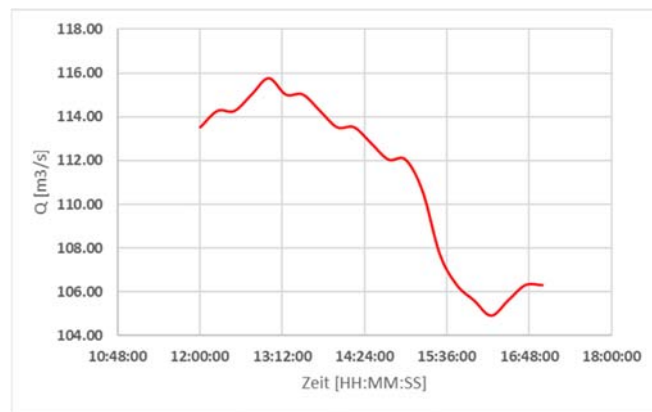


Abbildung 13: Ganglinie Abfluss Mur beim Pegel Mureck am 24.2.2021

Zur Kalibrierung des 3d Modells wurden die gemessenen mit den simulierten Fließgeschwindigkeiten verglichen. Das Strömungsmuster mit dem Hauptstromstrich sowie der Rückströmung ist in Abbildung 14 rechts dargestellt. Das Geschwindigkeitsprofil 5 ist links oben und das zugehörige Profil aus der Numerik in der Mitte abgebildet. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Farbdarstellungen zwischen Messung und Numerik vertauscht sind. Die in der Messung dargestellte rote Rückströmung entspricht der blauen Farbe im Numerikquerschnitt. Die höchsten Fließgeschwindigkeiten von etwa $0,25 \text{ m/s}$ sind in der Messung im Querschnitt eher über die Breite verteilt, wobei diese auch rechts auftreten. In der Numerik sind die maximalen Geschwindigkeiten stärker zentriert. Quantitativ sind die Geschwindigkeiten vergleichbar.

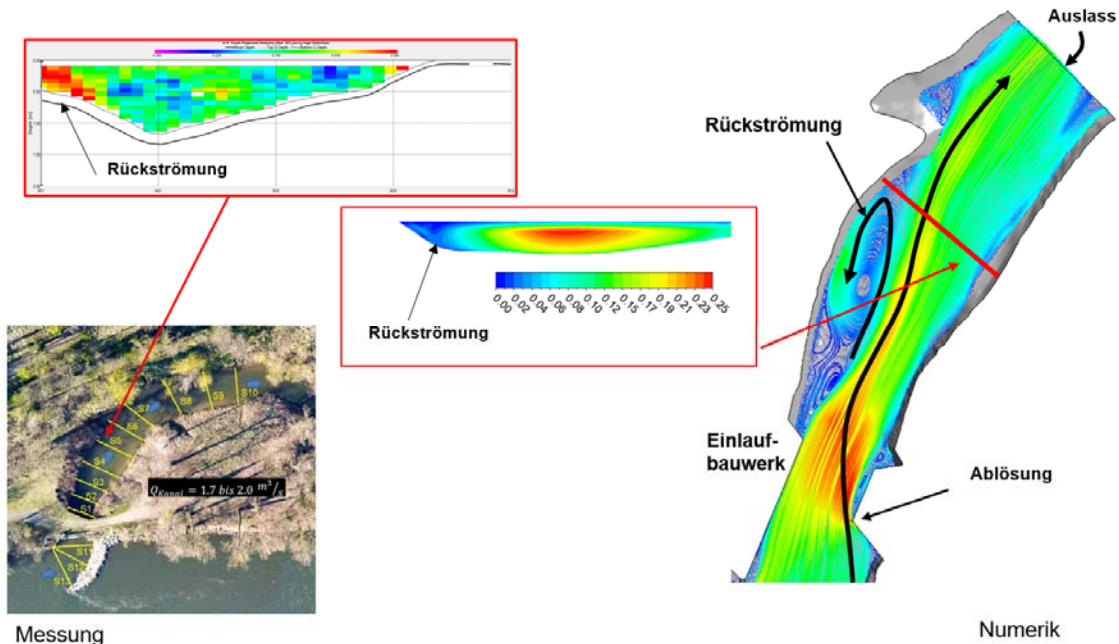


Abbildung 14: Darstellung numerischer Berechnungen sowie vergleichende ADCP Messung

Das Strömungsbild der Ist-Situation vor dem Einlaufbauwerk ist in Abbildung 15 und Abbildung 16 dargestellt. Das aus der Numerik ermittelte Strömungsmuster ist vergleichbar mit dem in der Natur beobachteten. Abbildung 16 stellt die Messung mit der Numerik gegenüber. Es zeigt sich sowohl in der Messung als auch in der Numerik, dass die Hauptströmung mit hohen Fließgeschwindigkeiten entlang der Buhne stattfindet und am anderen Ende des Profils eine Rückströmung zu beobachten ist. In diesem Bereich sind auch Verlandungen zu erkennen. Somit ist eine stark reduzierte Querschnittsfläche vorhanden, die das Einströmen von Wasser erschwert.

Das tiefengemittelte 2d hydronumerische Modell wurde auf Basis des Durchflusses im Mühlbach kalibriert. Aus den numerischen Untersuchungen ergibt sich ein Durchfluss im Ist-Zustand von $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$, aus den ADCP Messungen ein Durchfluss von $1,7 - 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Abbildbarkeit der Einlaufsituation mit dem 2d Modell kann somit bestätigt werden.

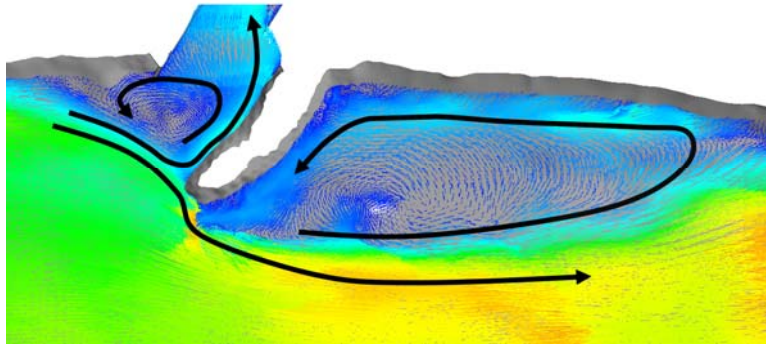


Abbildung 15: Numerisch ermitteltes Strömungsmuster vor dem Einlaufbauwerk mit bestehender Buhne

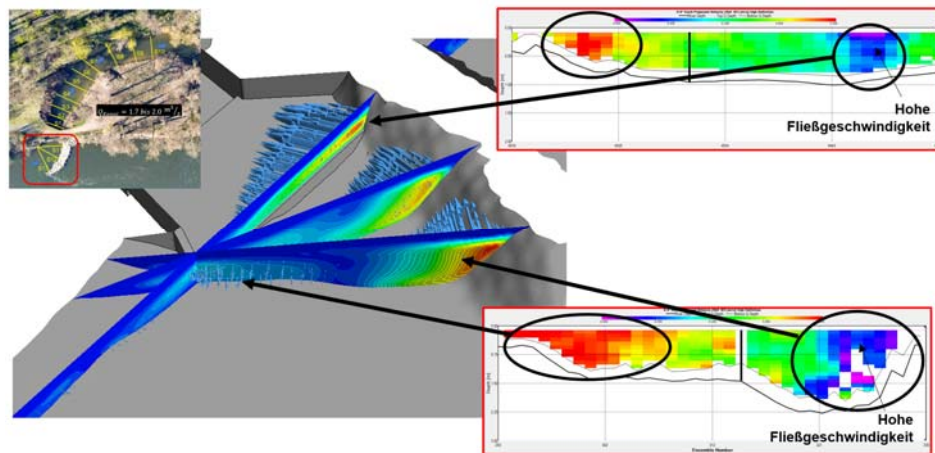


Abbildung 16: Querschnitte oberwasserseitig der Buhne, links Numerik, rechts Messung, Farben Rot und Blau vertauscht

3.1.2. Variante - Buhnenverlängerung

Für diese Variante wurden mehrere Verlängerungen des bestehenden Buhnenbauwerks untersucht (siehe Kapitel 2.5.2). Die dem Modell zugrundeliegende Geometrie der Buhnenverlängerung inklusive eines Schnittes ist beispielhaft in Abbildung 17 dargestellt.

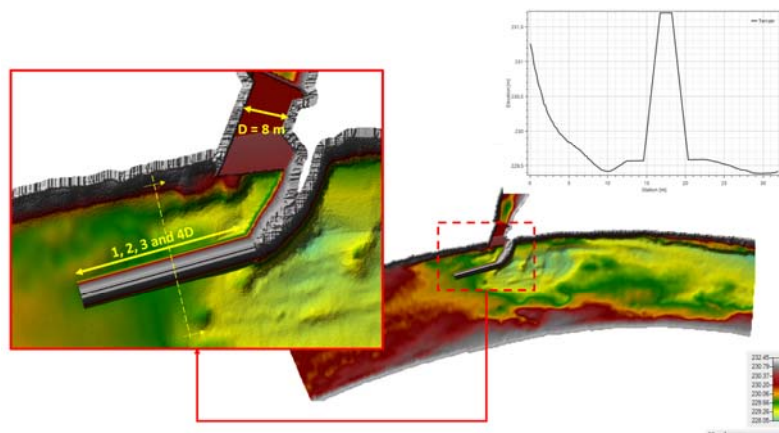


Abbildung 17: 2d Geometrie inklusive Schnitt durch verlängerte Buhne

Im Folgenden werden die numerischen 2d und 3d Ergebnisse der wichtigsten Variantenuntersuchungen zusammengefasst. Abbildung 18 und Abbildung 19 zeigen die aus der 3d Simulation ermittelten Strömungszustände für die verschiedenen Bühnenlängen. Dabei zeigt sich, eine deutliche Verbesserung des Einlaufbildes, je länger die Bühne wird. Die Rückströmung verschiebt sich ins Oberwasser und die Breite des Querschnittes, der für die Einlaufwassermenge zur Verfügung steht, nimmt zu. Je länger die Bühne ausgestaltet wird und nicht überströmt ist, umso größer wird die Höhendifferenz zwischen dem Wasserstand beim Einlauf in den »Bühnenkanal« und dem Wasserstand beim Einlaufbauwerk zum Mühlbach.

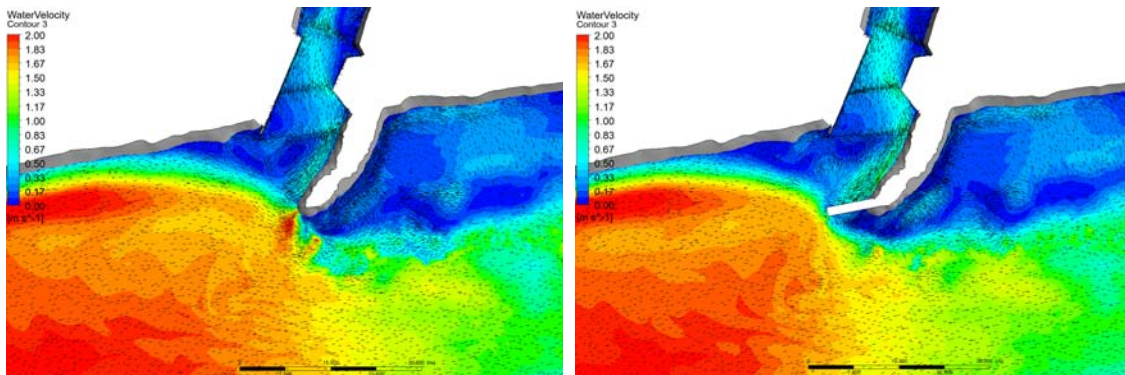


Abbildung 18: Strömungsmuster (3d Rechnung) bei Bühnenverlängerung, Varianten 1 (IST) und 1a

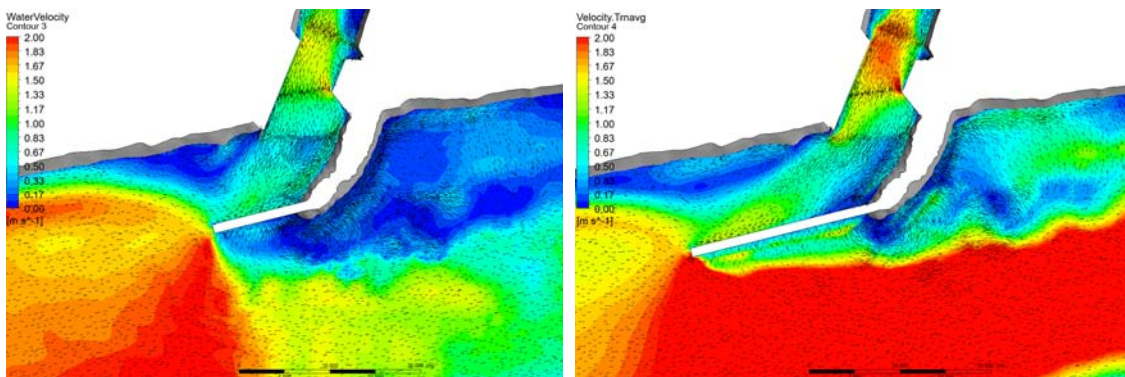


Abbildung 19: Strömungsmuster (3d Rechnung) bei Bühnenverlängerung, Varianten 1b und 1c

Für die Untersuchungen aller weiterer Varianten sowie für die Quantifizierung der Einlaufwassermenge wurden 2d numerische Berechnungen durchgeführt, da die 3d Berechnungen einen enormen Zeitaufwand benötigten (etwa 1000-mal langsamer als 2d) und 2d/3d Vergleichsberechnungen ergeben haben, dass die Ergebnisse sehr ähnlich sind. Die Strömungsmuster aus der 2d Rechnung sind im Anhang (Präsentationen) beigefügt. Die Änderung der Geometrie ist bei 2d ebenfalls einfacher handzuhaben und die Randbedingungen sind in der 2d Numerik für Berechnungen mit freier Wasseroberfläche realitätsnäher (Q-H Beziehungen).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass bei der Verlängerung der Bühne parallel zur Böschung folgende Entnahmewassermengen in den Mühlbach bei einem Abfluss der Mur von $110 \text{ m}^3/\text{s}$ ermittelt werden konnten (Tabelle 1).

Tabelle 1 – Entnahmewassermenge in den Mühlbach für unterschiedliche Bühnenlängen

Lastfall	Länge [m]	Q [m ³ /s]
Ist-Zustand	-	2
1D	8	2,7
2D	16	3,1
3D	24	3,45
4D	32	4,0

3.1.3. Überströmte 4D Buhne

Die in Kapitel 2.5.2 vorgestellte 4D-verlängerte Buhne wurde insofern adaptiert, als sie abgesenkt wurde und daher überströmt ist. Abbildung 20 zeigt das mit dem 2d Modell ermittelte Strömungsmuster. Die linksufrige Rückströmung wandert wieder deutlich in Richtung Einlaufbauwerk und die für den Zufluss vorhandene Querschnittsfläche verringert sich deshalb wieder signifikant. Die ermittelte Entnahmewassermenge reduziert sich daher wieder von 4 m³/s auf etwa 2,4 m³/s.

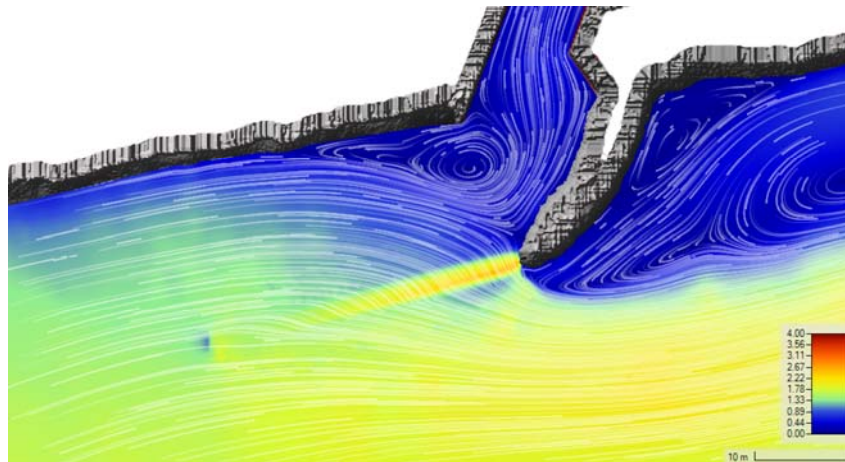


Abbildung 20: Strömungsmuster bei Variante überströmte 4D Buhne

3.1.4. Überströmte Murschwelle

Diese Variante, die in Kapitel 2.5.2 beschrieben wurde, hebt den Wasserstand am Kopf der bestehenden Buhne etwas an und bewirkt daher eine Vergrößerung der Zulaufwassermenge von 2 m³/s (Ist) auf etwa 2,9 m³/s (Abbildung 21).

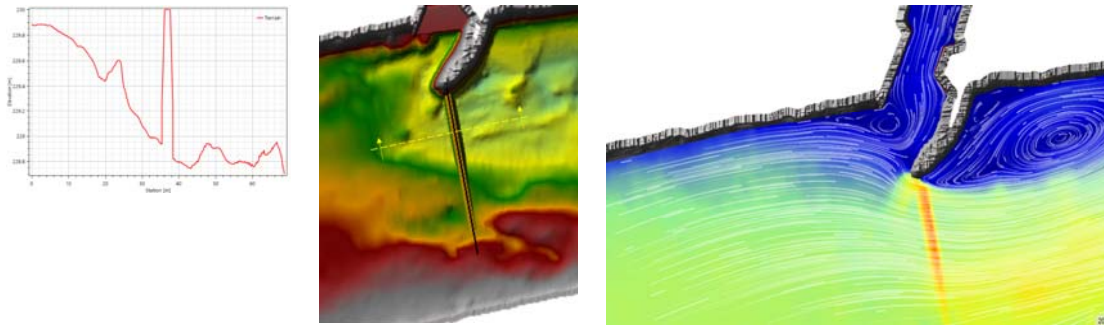


Abbildung 21: Murschwelle mit Schwellenquerschnitt, Strömungsmuster bei Variante Murschwelle

3.1.5. Optimierung Einlaufbauwerk

Die Optimierung des Einlaufbauwerkes brachte keine signifikante Verbesserung der Einlaufsituation, was aus Abbildung 22 hervorgeht.

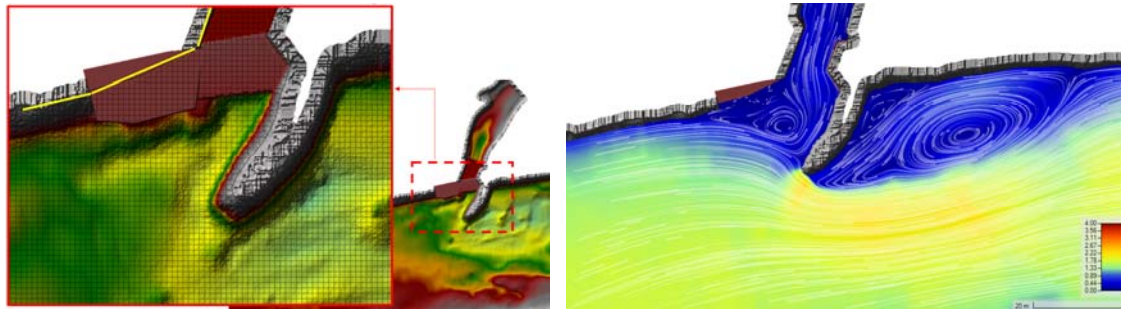


Abbildung 22: Optimierung Einlaufbauwerk, Strömungsmuster

3.1.6. Baggerungen im Mühlbach

Hinsichtlich Entnahmewassermenge stellt sich natürlich auch die Frage, inwieweit der Mühlbachquerschnitt und seinen Sohlage einen Einfluss auf die entnommene Wassermenge haben. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurde nicht weiter auf den Mühlbach eingegangen sondern nur, wie oben dargestellt, der erste Bereich modelliert. Insofern können keine Aussagen hinsichtlich allfälliger Maßnahmen im Mühlbach auf die Entnahmewassermenge getroffen werden. Um jedoch ein Gefühl für den Einfluss zu bekommen wurden erste 3-dimensionale Berechnungen (nicht kalibriert, daher sind Zahlenangaben qualitativ zu betrachten) durchgeführt, bei denen der Auslass des Modelles insofern adaptiert wurde, als einerseits der Auslaufquerschnitt wie gegeben angenommen und andererseits ein freier Auslauf am Modellende ohne Widerstand (als ob das Wasser über eine Kante abstürzt) angesetzt wird.

Bei bestehender Buhne sowie einer 1D Verlängerung der Buhne sind die Unterschiede zwischen fixierter Sohle und freiem Ausfluss sehr signifikant (z.B.: IST fixiert: $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$ IST freier Ausfluss: $4,9 \text{ m}^3/\text{s}$), je weiter die Buhne verlängert wird, umso geringer wird der Unterschied. Weitere Voruntersuchungen und Informationen sind im Anhang in der Präsentation 2 und 4 gegeben.

3.1.7. Zusammenfassung der Variantenuntersuchung

Für alle untersuchten Varianten zeigt die folgende Abbildung 23 die Entnahmewassermengen. Ausgehend vom Ist-Zustand kann bei einer Bühnenverlängerung von 32 Meter mit einer 100%igen Zunahme der Entnahmewassermenge gerechnet werden.

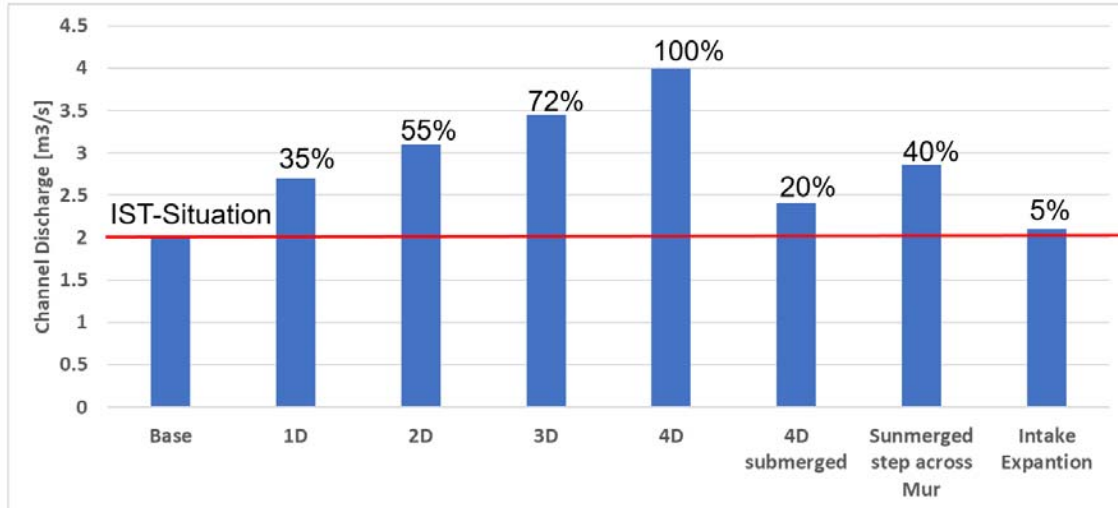


Abbildung 23: Zusammenfassung Variantenstudie

3.2. Niedrigwassersituation – Zusammenhang Abfluss Mur und Mühlbach

Basierend auf den Erkenntnissen des vorangegangenen Kapitels stellt sich die Frage, wie es nun hinsichtlich Entnahmemenge bei niedrigerer Wasserführung der Mur aussieht. Das MJNQ_T des Pegels Mureck (HZB 211490) ist mit 57,1m³/s und das NNQ_T mit 36 m³/s definiert.

Für die weiteren numerischen Berechnungen wurde deshalb ein Abfluss der Mur von 40 m³/s angesetzt und die Entnahmemenge bei unterschiedlichen Bühnenlängen ermittelt. Die Strömungsmuster für den Ist-Zustand und für die 4D Variante sind in der Abbildung 24 dargestellt. Es hat sich gezeigt, dass bei solch niedriger Wasserführung der Mur in der heutigen Situation kein Wasser mehr eingezogen wird und auch bei der maximalen untersuchten Bühnenverlängerung nur mehr 0,5 m³/s eingezogen werden können.

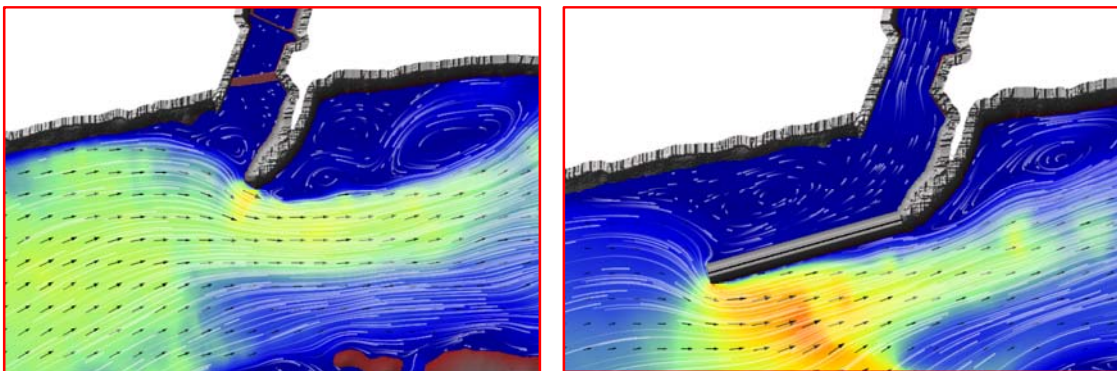


Abbildung 24: Strömungsmuster im Einlaufbereich bei Wasserführung der Mur von 40 m³/s, Varianten 1a und 1d

Mithilfe des 2d numerischen Modells wurde eine Abflussbeziehung der Mur und des Mühlbachs für die maßgebenden Varianten hergestellt (siehe Abbildung 25).

Betrachtet man die geforderte Wasserentnahme mit $3 \text{ m}^3/\text{s}$, so lässt sich folgendes festhalten. Die numerischen Untersuchungen haben gezeigt, dass im Ist-Zustand etwa $130 \text{ m}^3/\text{s}$ Murwasserführung gegeben sein müssen, damit diese Wassermenge entnommen werden kann. Bei länger werdender Buhne nimmt die erforderliche Wasserführung der Mur ab. Bei einer Verlängerung der Buhne um 32 Meter ist eine Wasserführung der Mur von ca. $91 \text{ m}^3/\text{s}$ erforderlich, um die geforderten $3 \text{ m}^3/\text{s}$ im Mühlbach zu erreichen. Daraus kann abgeleitet werden, dass im Vergleich der Variante 4D zum Ist-Zustand ein etwa 30% geringerer Abfluss in der Mur notwendig ist, um die geforderte Entnahmewassermenge zu erreichen.

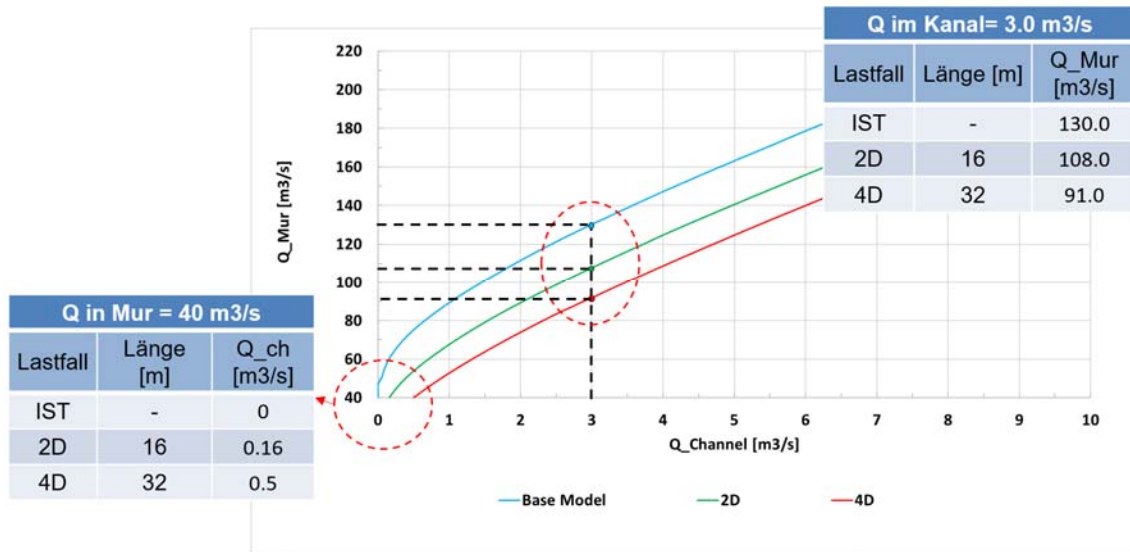


Abbildung 25: Abflussbeziehung Mur/Mühlbach

4. ZUSAMMENFASSUNG

Zur Untersuchung der möglichen Verbesserung der Ist-Situation hinsichtlich Entnahmewassermenge in den Mühlbach Mureck-Radkersburg wurden Naturmessungen und numerische Berechnungen durchgeführt. Etwaig auftretende Unsicherheiten in den numerischen Modellen konnten durch Sensitivitätsanalysen sowie der Kalibrierung mit erhobenen Messdaten geringgehalten werden.

Es wurden mehrere Varianten untersucht, wobei im Folgenden nur auf die beste Lösung, die im Rückschluss auch den Ausführungsvorschlag darstellt, näher eingegangen wird. Folgende Kenntnisse konnten aus den Untersuchungen gewonnen werden:

- Die Verlängerung der unterwasserseitig vor dem Einlaufbauwerk angeordneten Buhne parallel zur Uferböschung erhöht den Zufluss in den Mühlbach.
- Die Verlängerung der Buhne erhöht während Niedrigwasserzeiten sowie auch bei größeren Abflüssen in der Mur die Wasserspiegeldifferenz zwischen Beginn der Buhne und dem Einlaufbauwerk und erhöht somit den Zufluss.
- Je länger die Buhne ausgeführt wird, umso mehr Wasser kann in den Mühlbach eingezogen werden.
- Es wird eine Bühnenverlängerung von mindesten 32 Meter empfohlen. Diese Variante stellt die beste Lösung aus den Untersuchungen dar.
- Es ist ein 30% geringerer Abfluss in der Mur notwendig, um 3 m³/s im Mühlbach zu gewährleisten.
- Die Zuflüsse während Niedrigwasserzeiten (40 m³/s) betragen jedoch auch bei der Verlängerung um 32 Meter immer nur noch etwa 500 l/s.
- Die vorgeschlagene Variante basiert auf Randbedingungen des Jahres 2020/2021. Vor allem eine weitere Eintiefung der Mur im Bereich des Einlaufbauwerkes Mühlbach Mureck-Radkersburg wird die Situation wieder verschlechtern. Dies kann durch einen allfällige weitere Verlängerung der Buhne wiederum kompensiert werden. Diese Szenarien wurden jedoch nicht untersucht.
- Durch die Reduzierung der Schleppspannung im Vergleich zur Grenzmur direkt nach dem Einlaufbauwerk werden tendenziell immer Schwebstoffe abgesetzt werden. Daher werden Baggerungen am Beginn des Mühlbaches auch in Zukunft unumgänglich sein.

5. ANHANG

Präsentationen

- 16.9.2020, Projektbesprechung
- 11.2.2021, Projektbesprechung
- 31.3.2021, Projektbesprechung
- 7.6.2021, Projektbesprechung
- 14.6.2021, Projektbesprechung
- 6.7.2021, Vorstellung Vorstand Halbenrain

Numerical Model Mill Channel Intake – Status Quo

Meeting – Managementplan Mill Channels

Webmeeting | 16 September 2020

Willkommen!

Dobrodošli!

Welcome!

Graz University of Technology

Institute of Hydraulic Engineering and Water Resources Management



PROBLEM DESCRIPTION AND TASK

Problem description

- In case of low water conditions of the Mur, the Mill Channel Mureck-Radkersburg is supplied with too little discharge
- For ecological and economical reasons a constant water inflow of **> 3.0 m³/s** is required throughout most of the year

Task of the Investigation

- The current situation of the inflow has to be evaluated by utilizing numerical modelling and ADCP measurements
- Constructional measures have to be designed to provide a discharge within the Mill channel of **> 3.0 m³/s** throughout most of the year

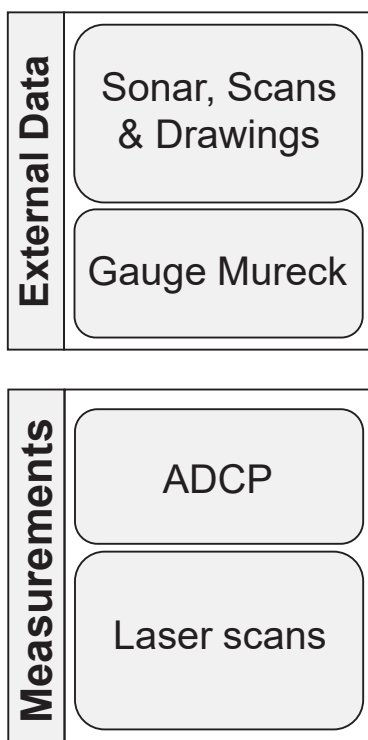
PROJECT AREA - OVERVIEW



17.09.2020

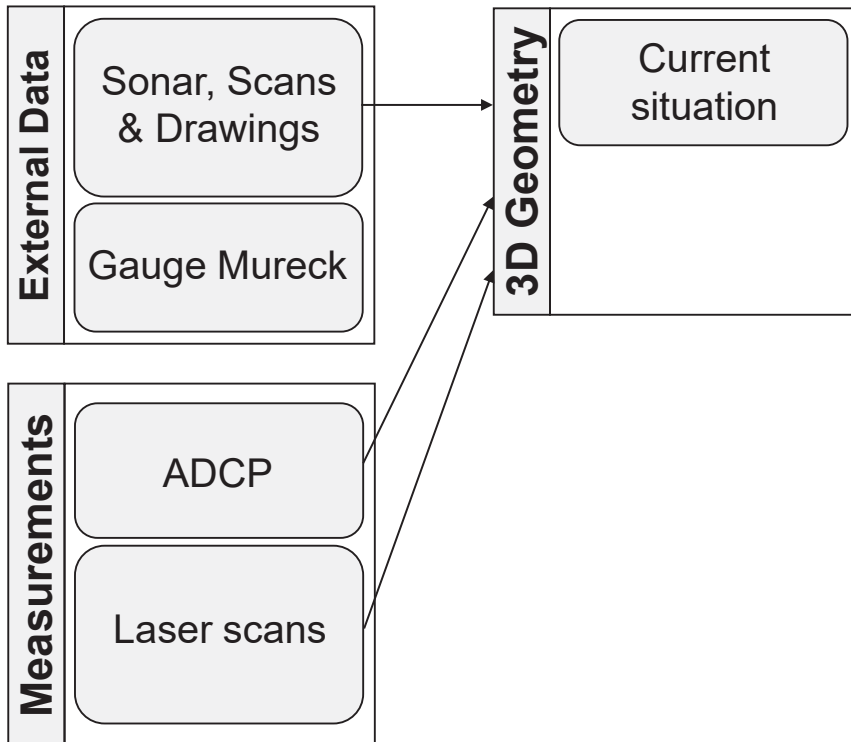
3

METHODOLOGY - WORKFLOW



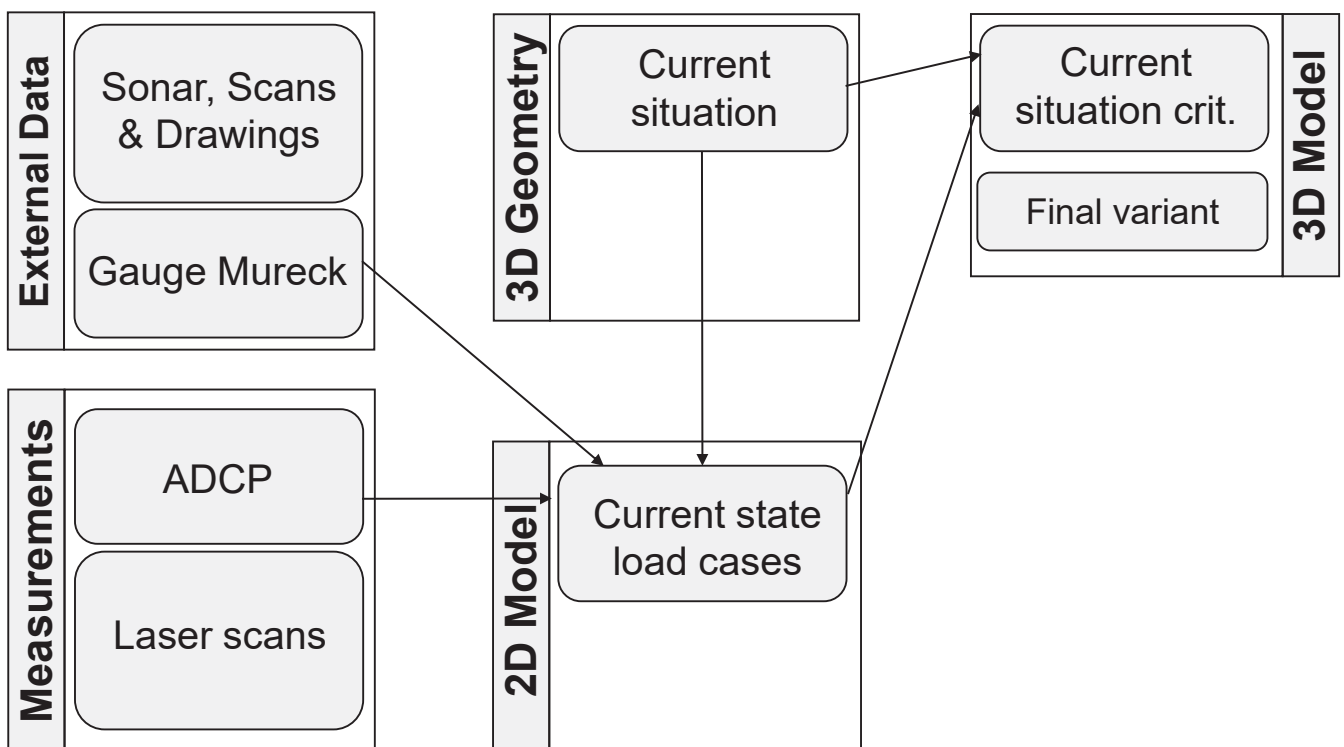
17.09.2020

METHODOLOGY - WORKFLOW



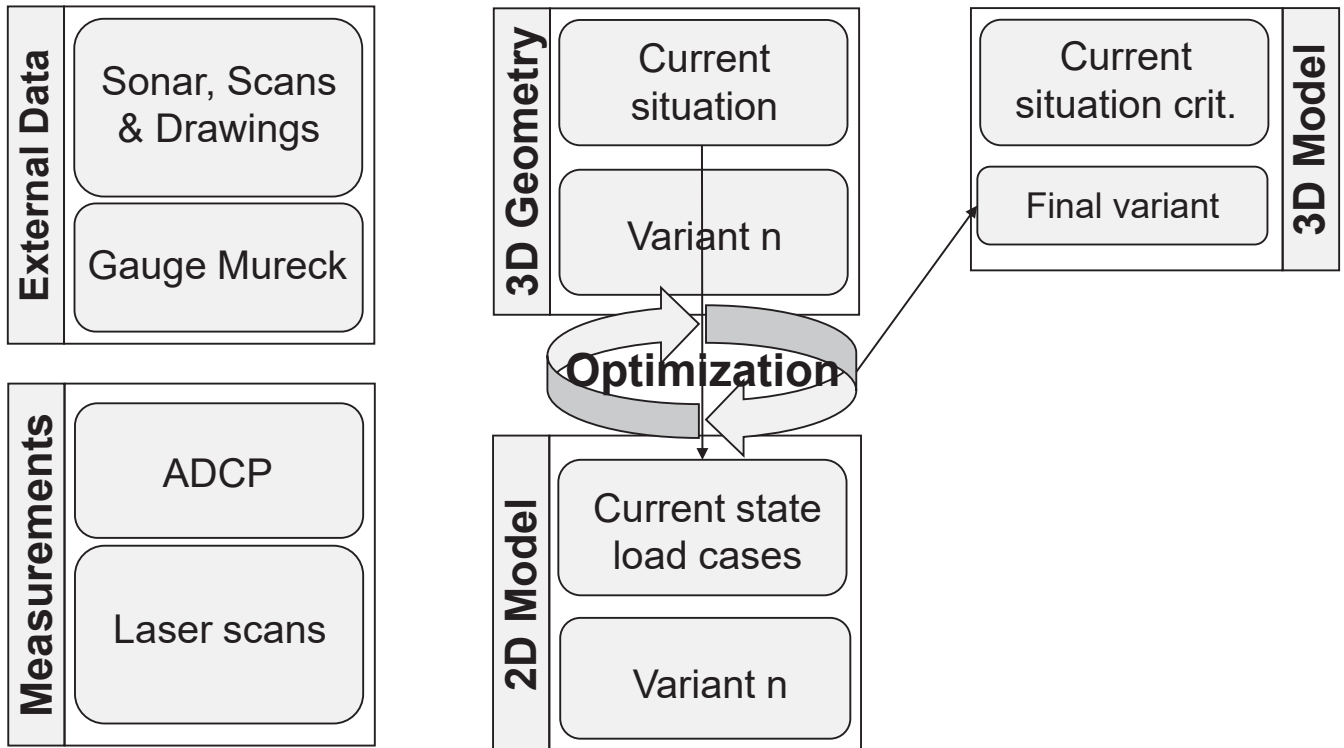
17.09.2020

METHODOLOGY - WORKFLOW



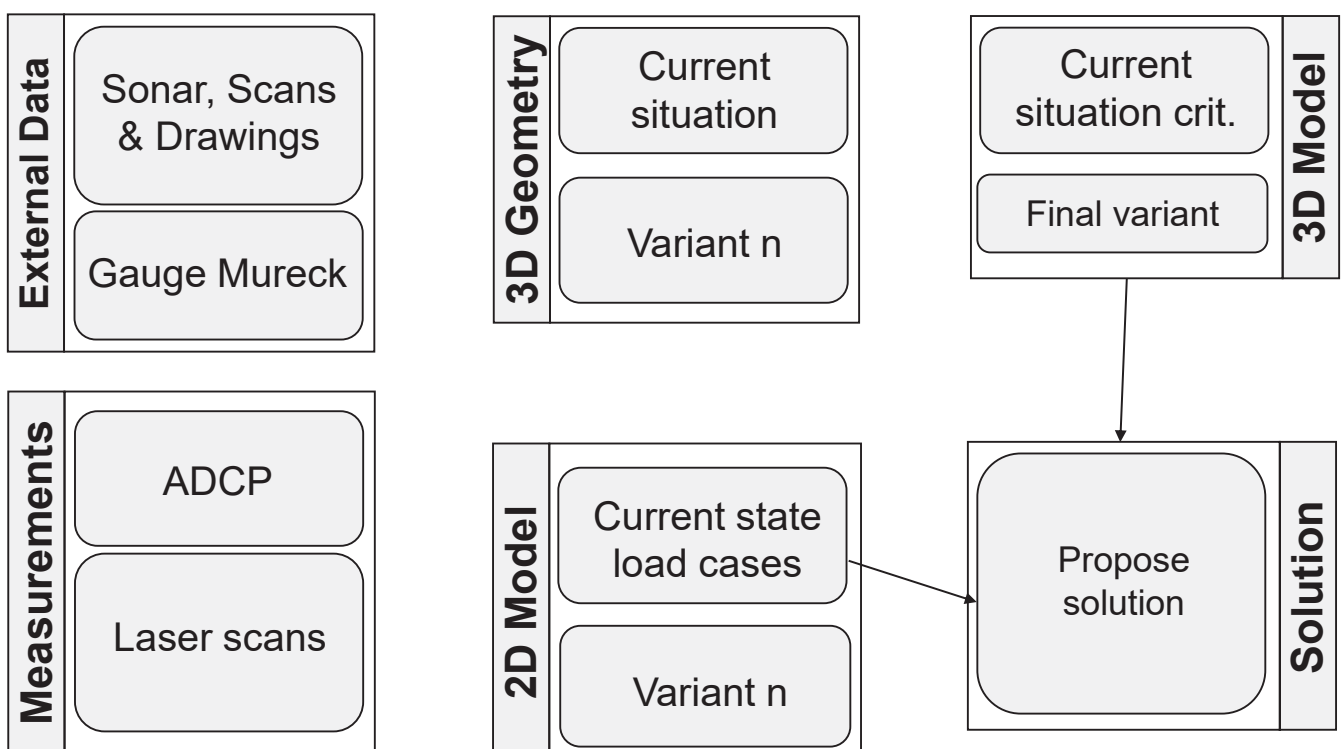
17.09.2020

METHODOLOGY - WORKFLOW



17.09.2020

METHODOLOGY - WORKFLOW



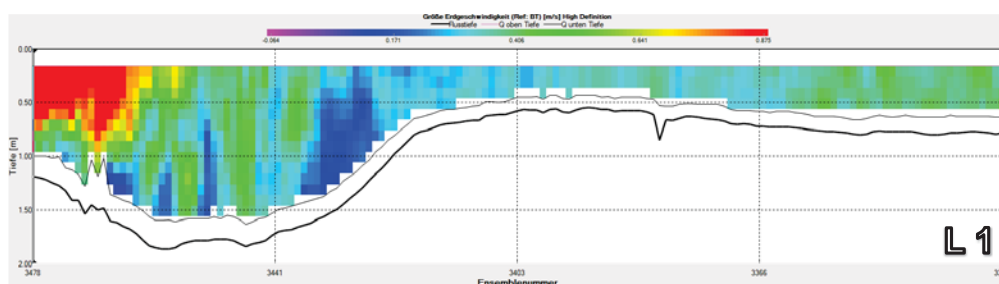
17.09.2020

ADCP MEASUREMENTS

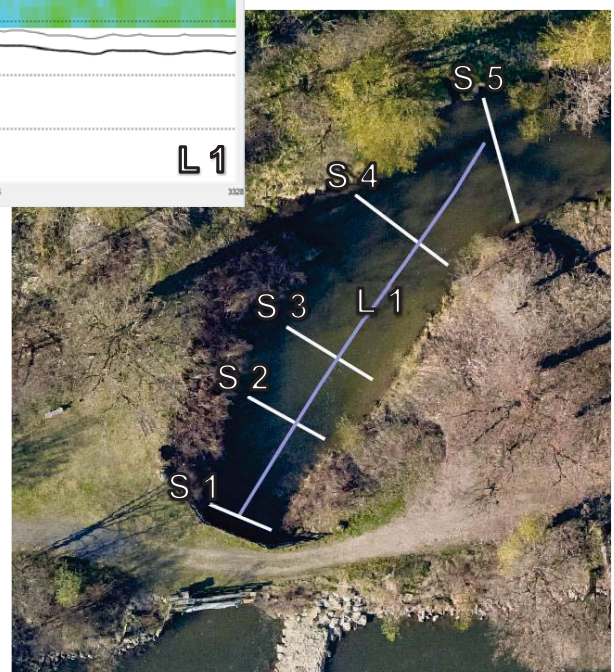
- **A**coustic **D**oppler **C**urrent **P**rofiler measurements - StreamPro
- Measurements have been conducted in the Mill Channel
- Evaluating discharge, velocities and bathymetry at defined cross sections



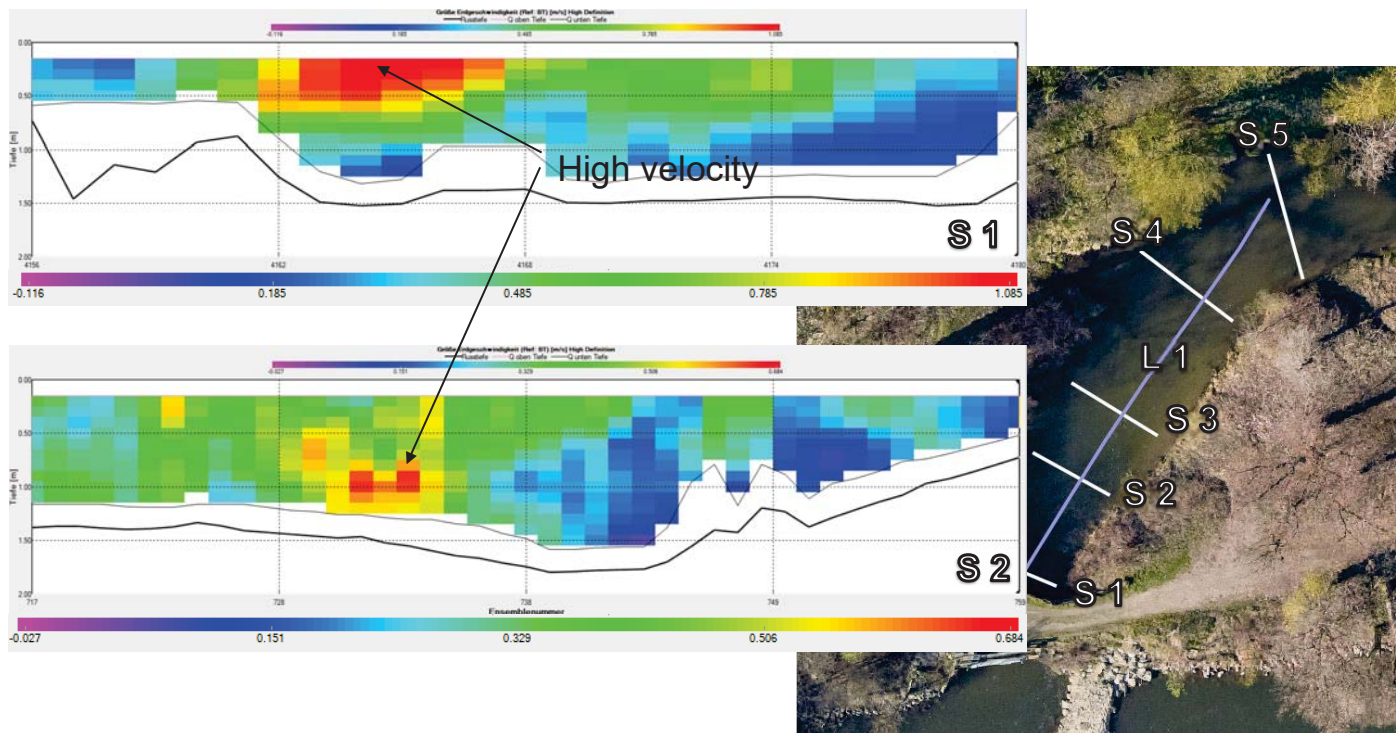
ADCP MEASUREMENTS - RESULTS



- Longitudinal section shows a scour after the inlet
- The longitudinal section is used for creating the geometry only



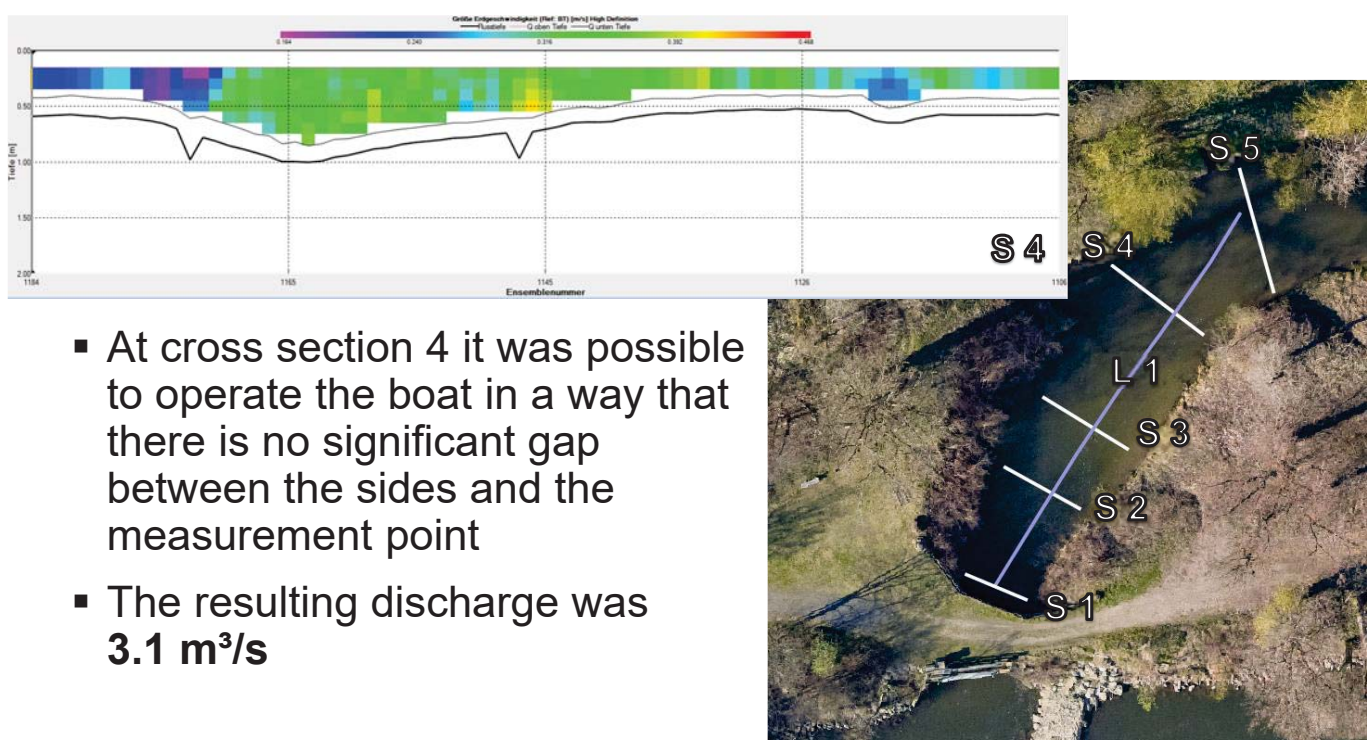
ADCP MEASUREMENTS - RESULTS



17.09.2020

11

ADCP MEASUREMENTS - RESULTS



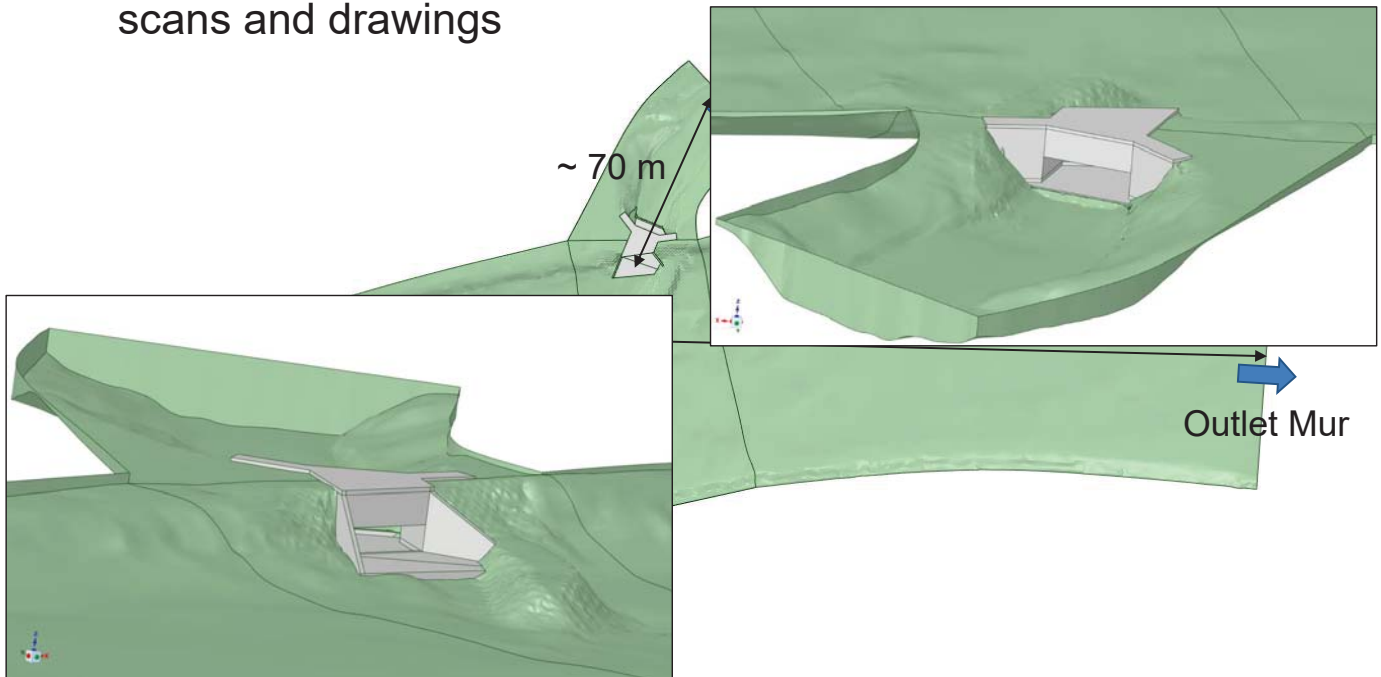
- At cross section 4 it was possible to operate the boat in a way that there is no significant gap between the sides and the measurement point
- The resulting discharge was **3.1 m³/s**

17.09.2020

12

3D GEOMETRY

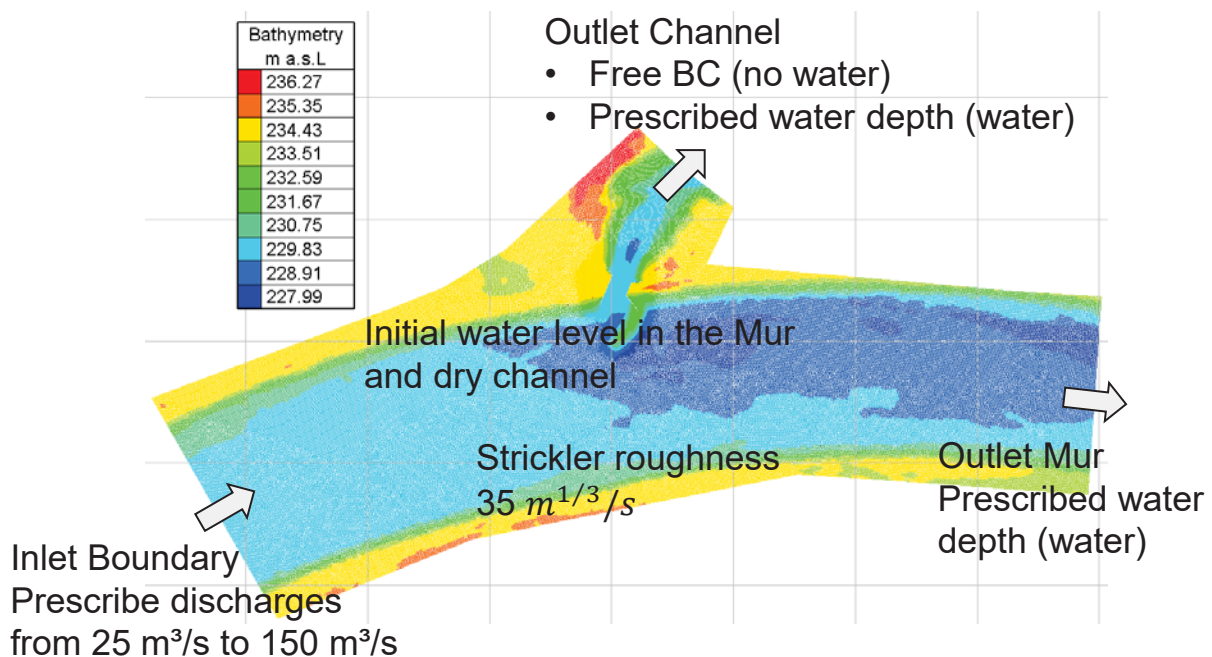
- Creating 3D geometry from sonar, ADCP measurements, laser scans and drawings



17.09.2020

13

2D NUMERICAL MODEL – TELEMAC-2D



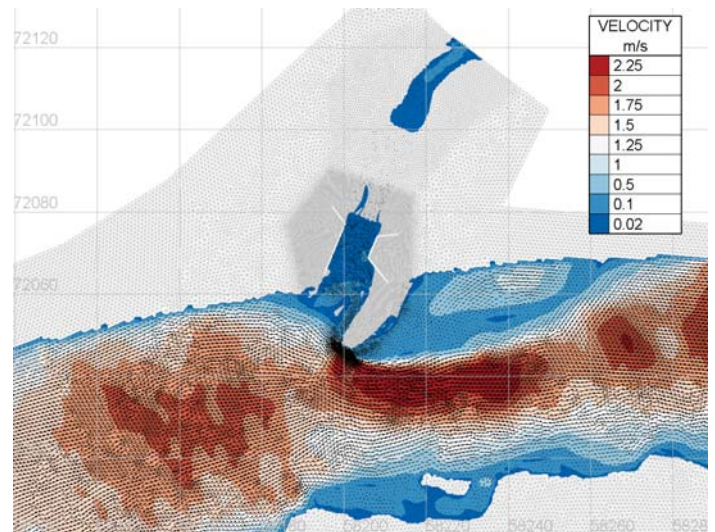
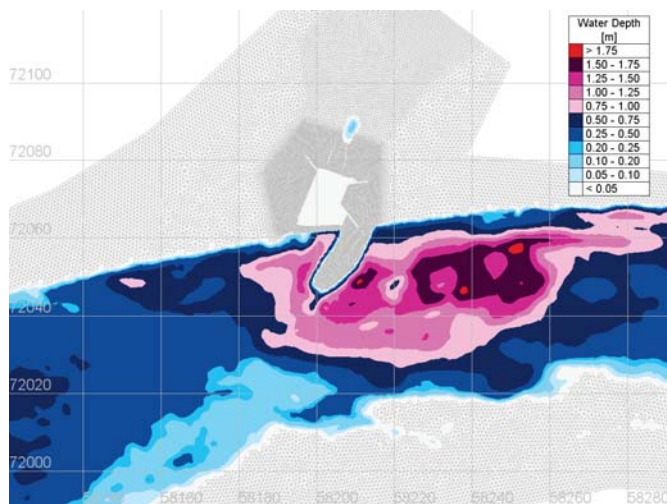
17.09.2020

14

2D NUMERICAL MODEL – RESULTS

Load case 55.0 m³/s ~ MJNQ_T = 57.1 m³/s

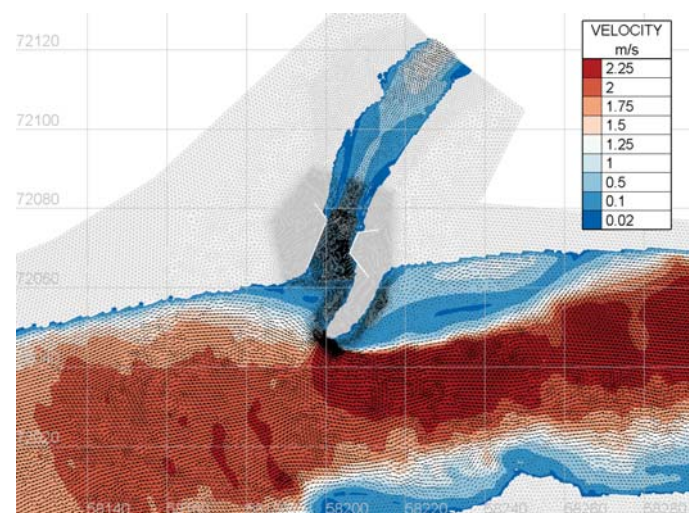
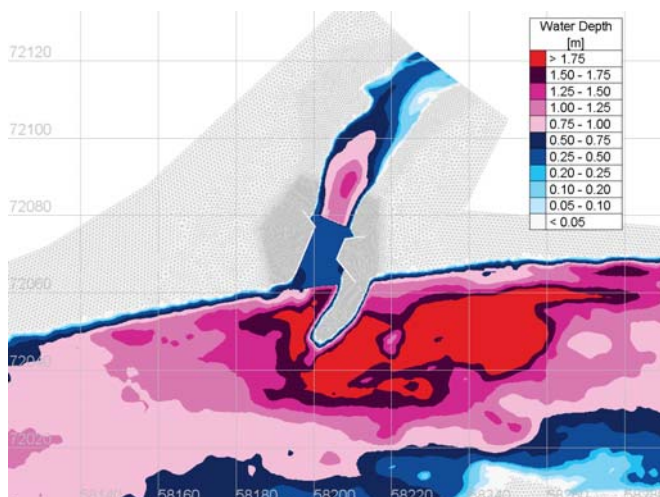
Outflow channel ~ 0.0 m³/s



2D NUMERICAL MODEL – RESULTS

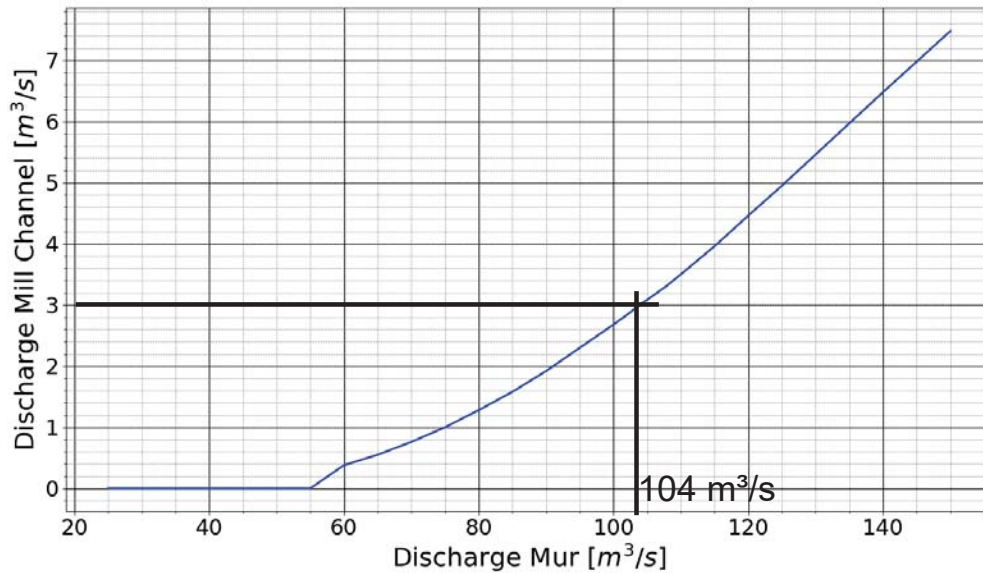
Load case 104.0 m³/s

Outflow channel ~ 3.0 m³/s



2D NUMERICAL MODEL – TELEMAC-2D

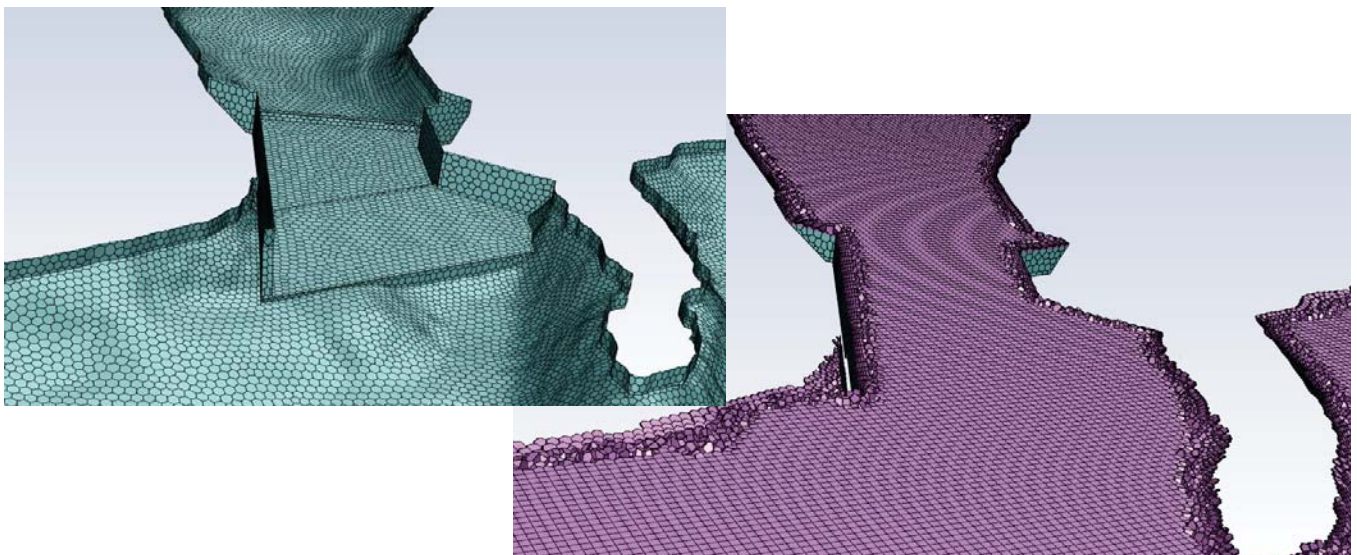
Load case from 25 m³/s to 150 m³/s



Model not yet calibrated!

3D NUMERICAL MODEL – ANSYS FLUENT

- Poly-hexacore with 5 boundary layers
- Multiphase simulation with volume of fluid currently running for 104 m³/s



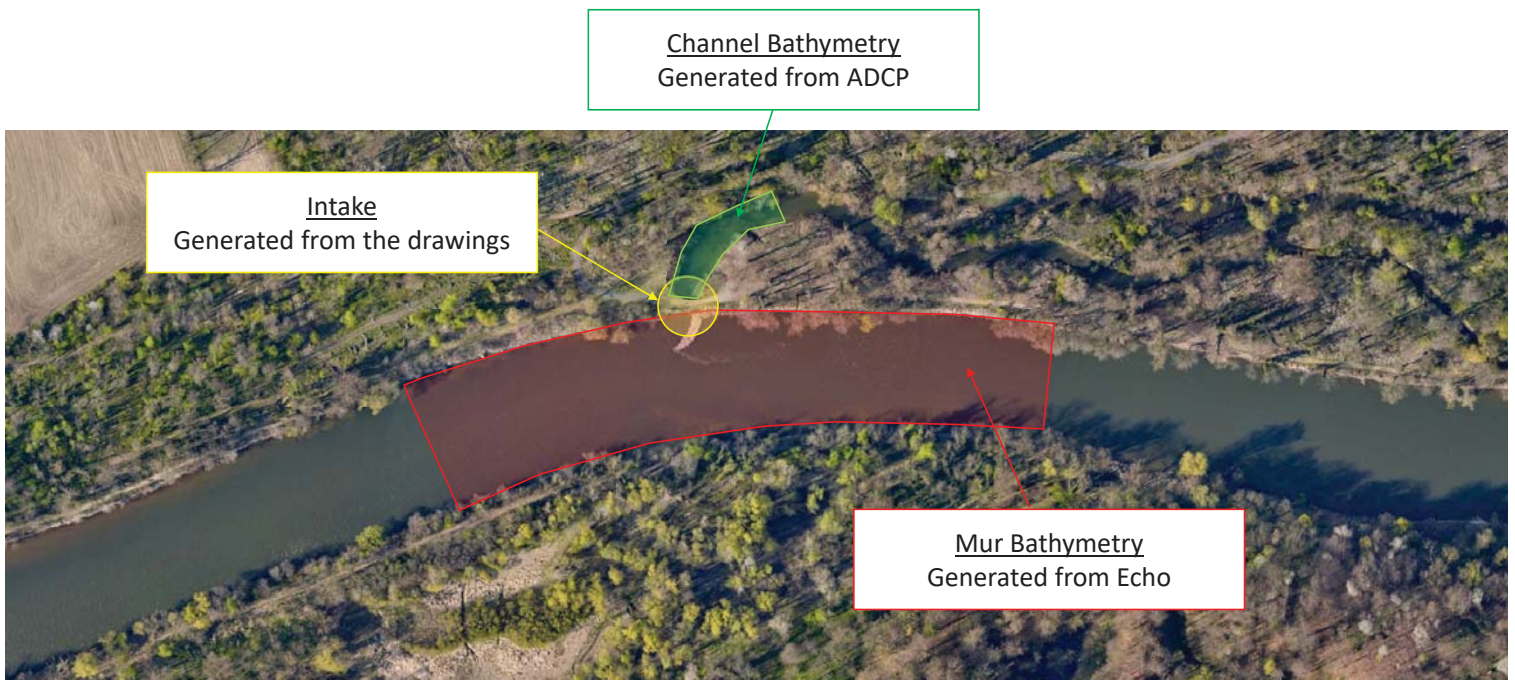
NEXT STEPS

- Calibrate 2D numerical model
- Set up 3D model on basis of the calibrated 2D model
- Investigate measures of improvement at the 2D model
- Simulate the proposed variant in 3D

Vielen Dank!
Hvala!
Thank you!

www.gomurra.eu





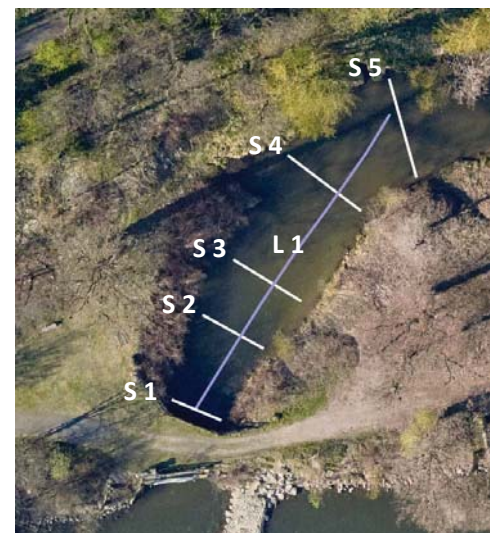
Why Channel Only?

- **Sensitivity analysis** (roughness, grid, etc)
- **Uncertainty** (especially intake and gate operation)
- More **control** over the discharge
- Simulation **time** (fraction of the large domain)



Reference data (for now!)

- **Acoustic Doppler Current Profiler** measurements - StreamPro
- Measurements have been conducted in the Mill Channel
- Evaluating discharge, velocities and bathymetry at defined cross sections



Question to be answered

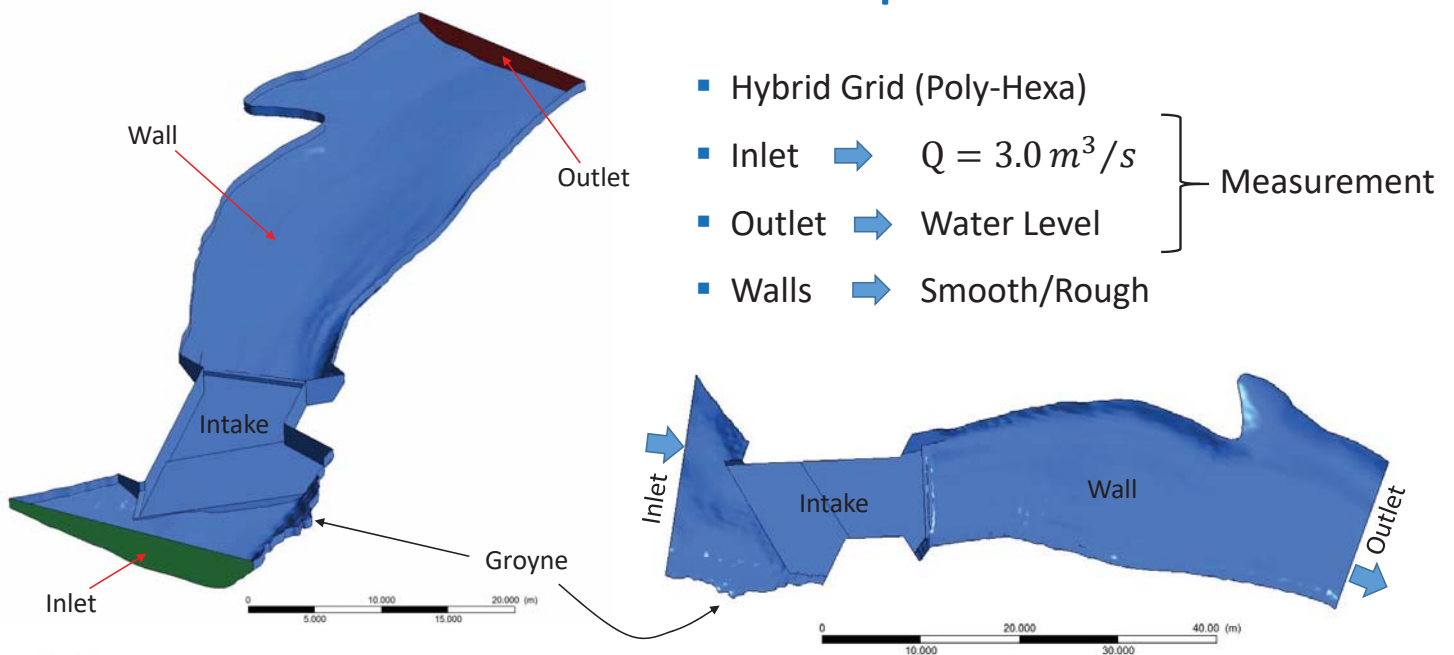
- Effect of roughness, grid refinement and the **numerical parameters**
- Effect of **intake's geometry** on the flow characteristics
- Effect of **water level** on the flow characteristics

Expected outcome

- **Validation** of the model with respect to the measurement
- **Understanding** the flow

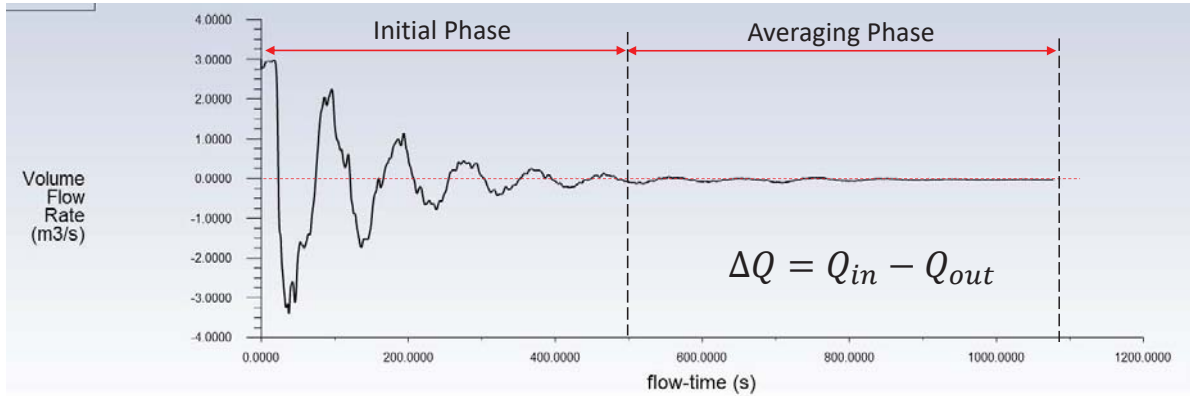


Simulation setup

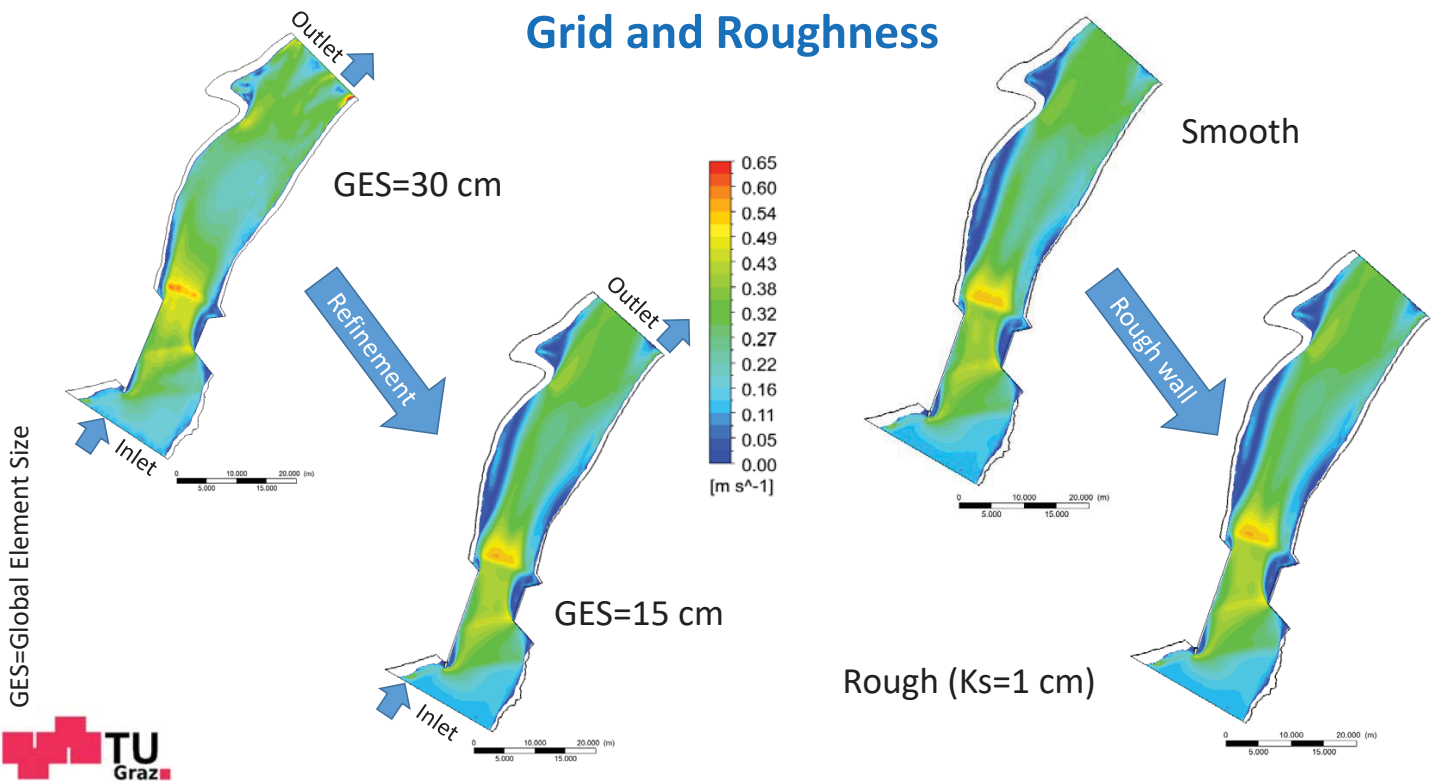


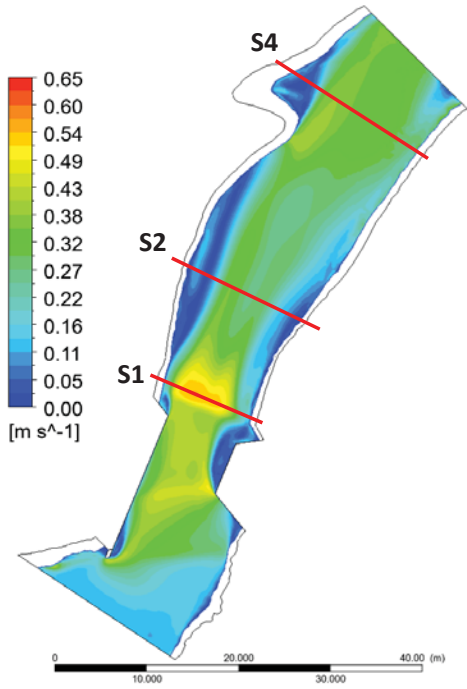
Simulation phases

Monitoring Mass Imbalance

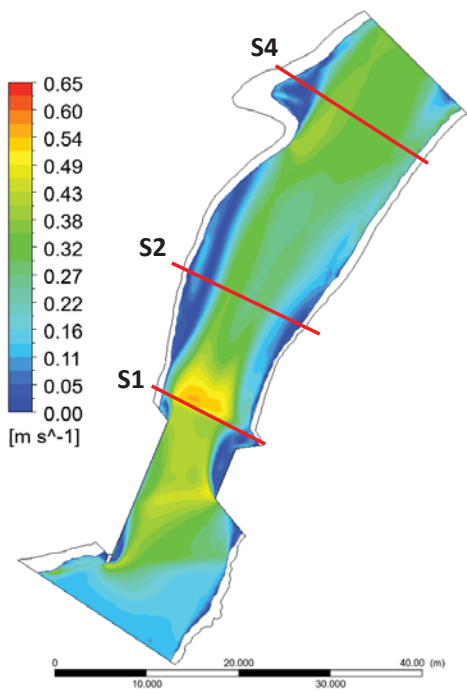
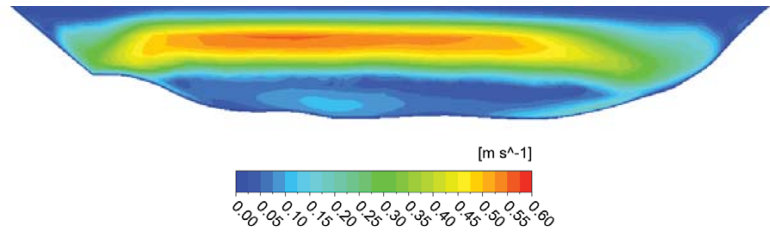
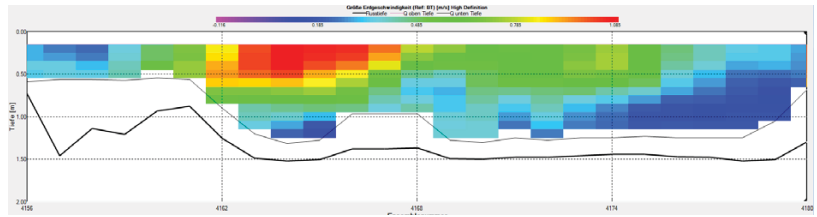


Grid and Roughness

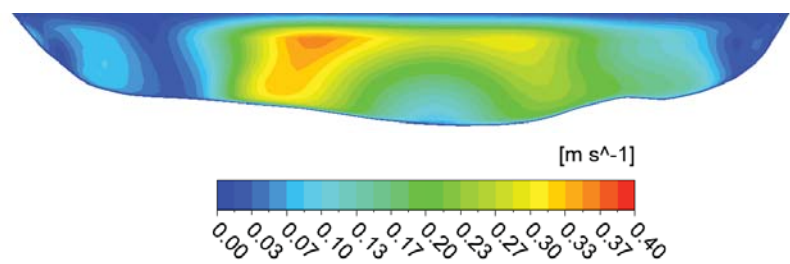
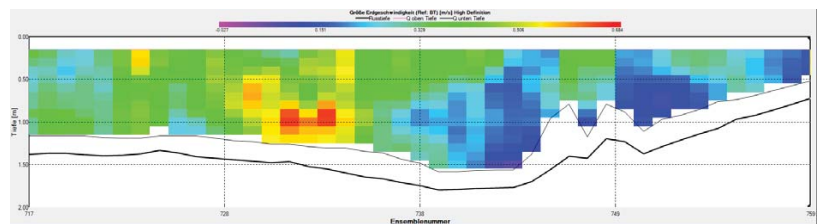




First Results S1

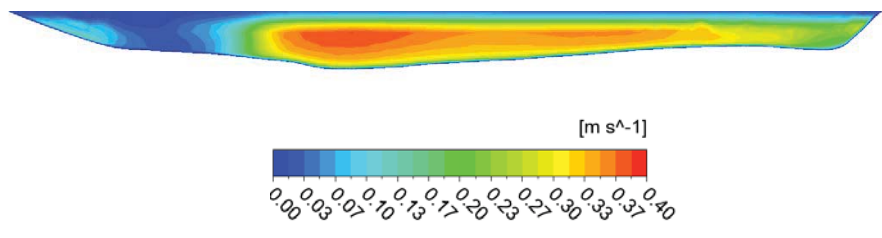
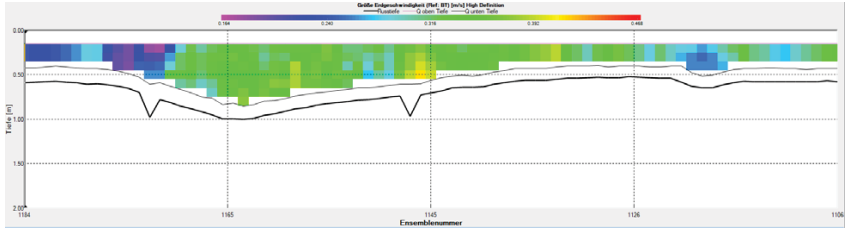
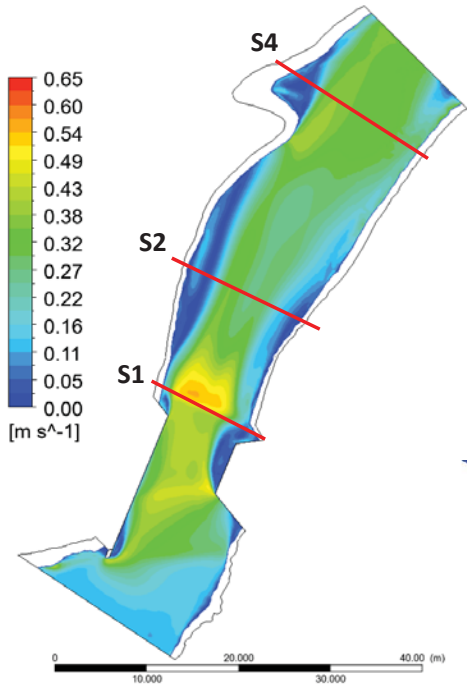


First Results S2

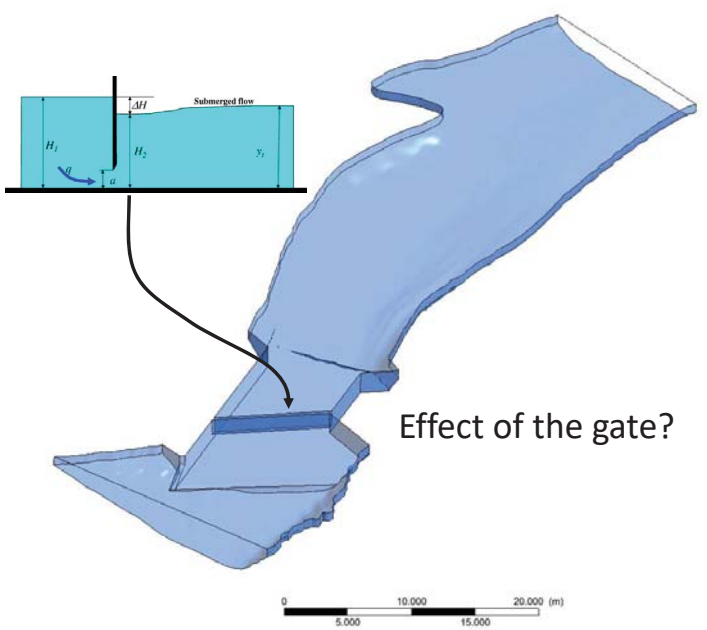
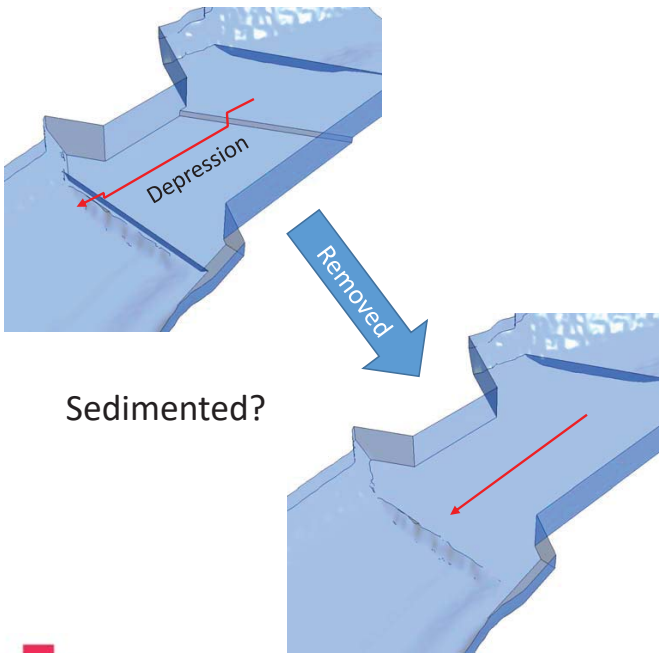


First Results

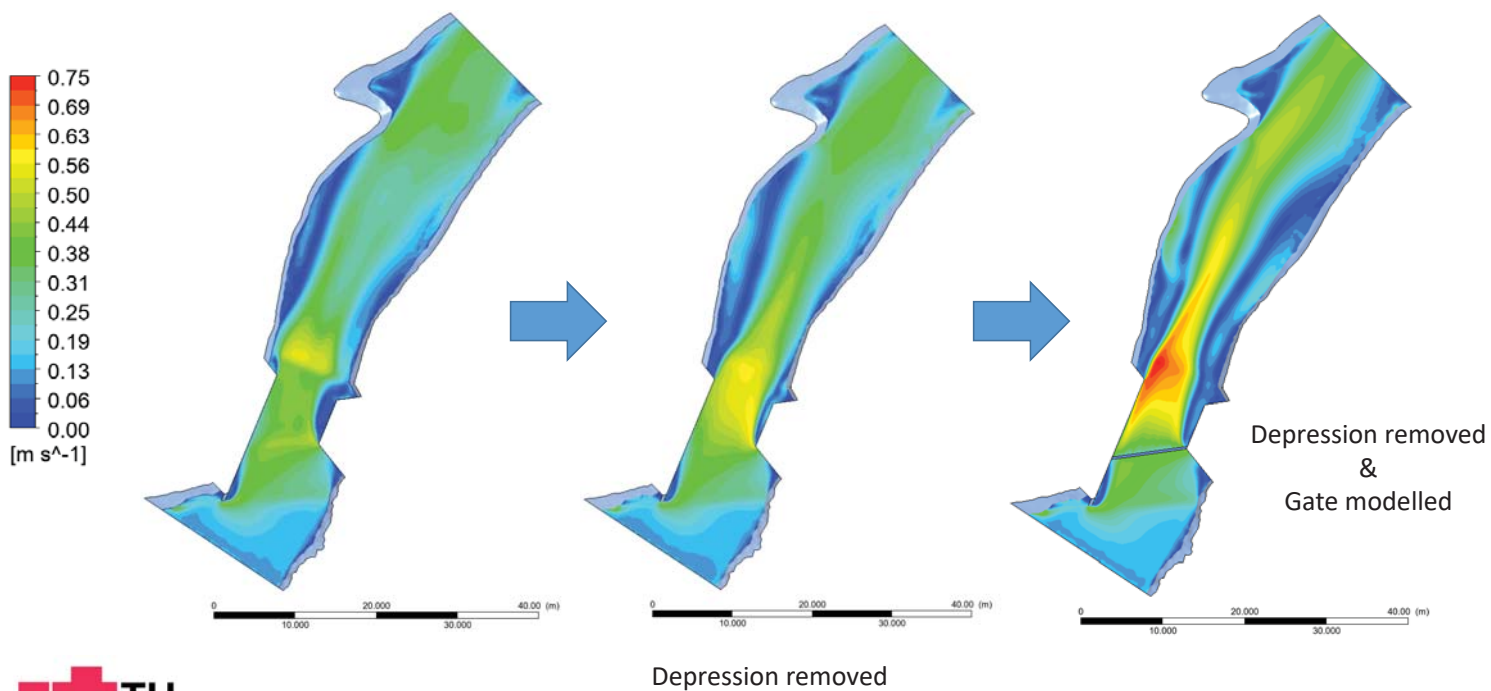
S4



Further Investigations

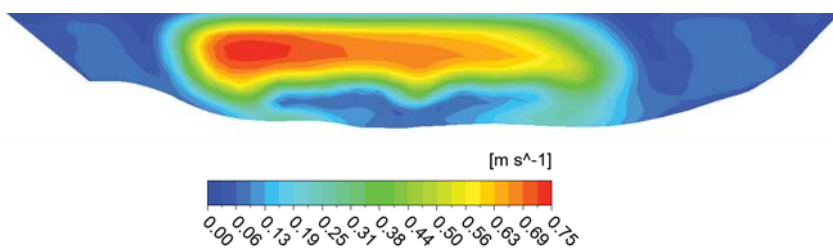
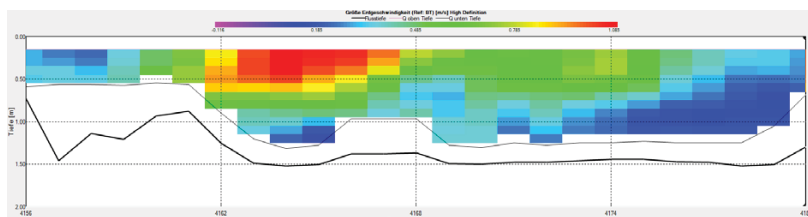
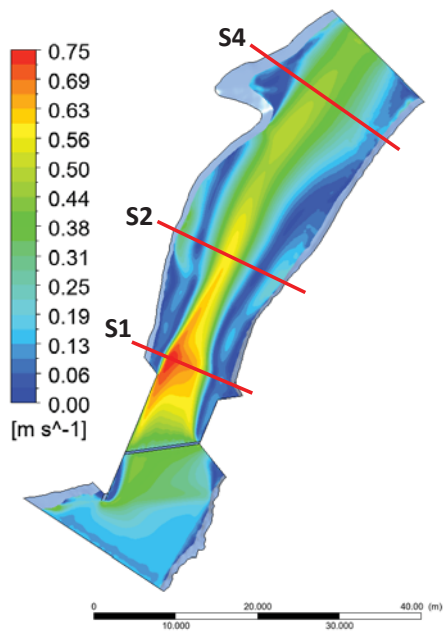


Model Evolution

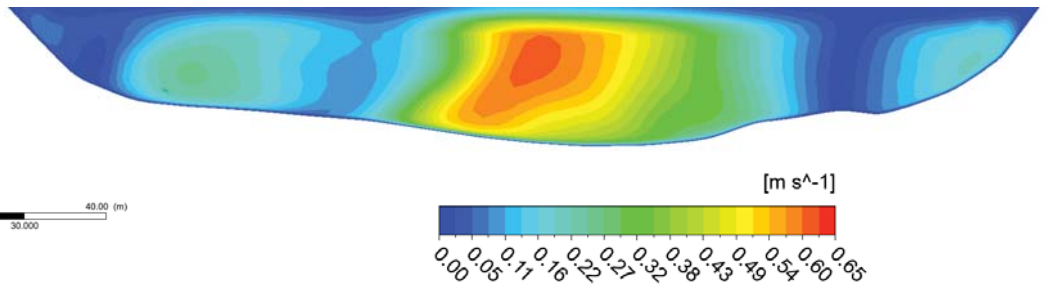
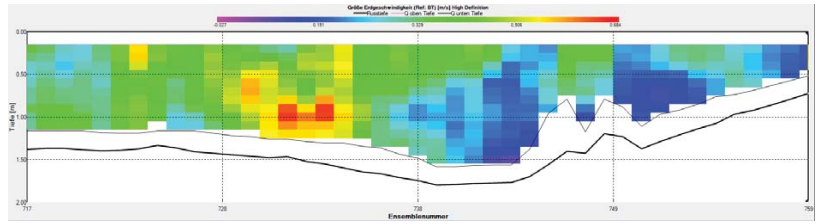
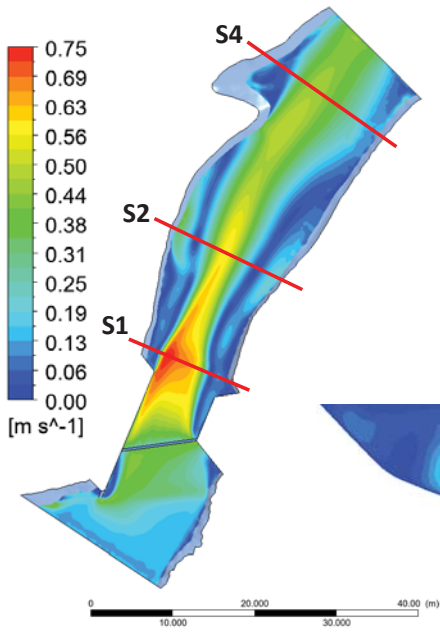


Results

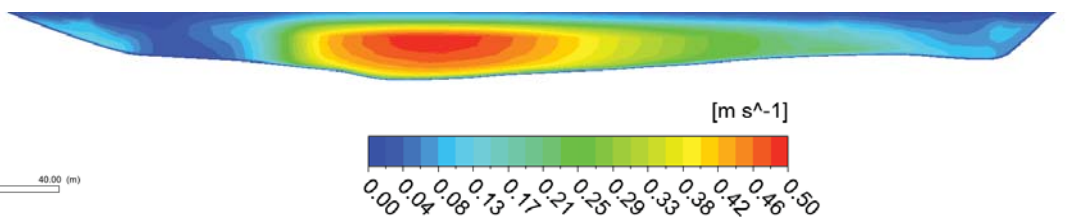
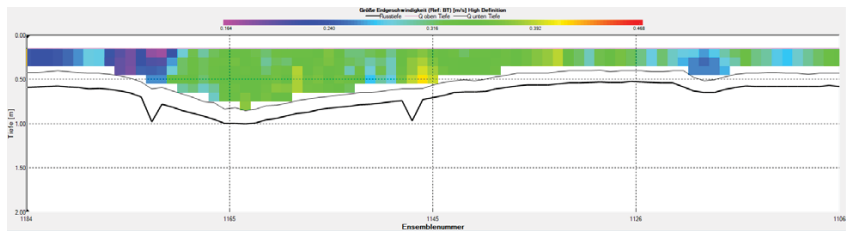
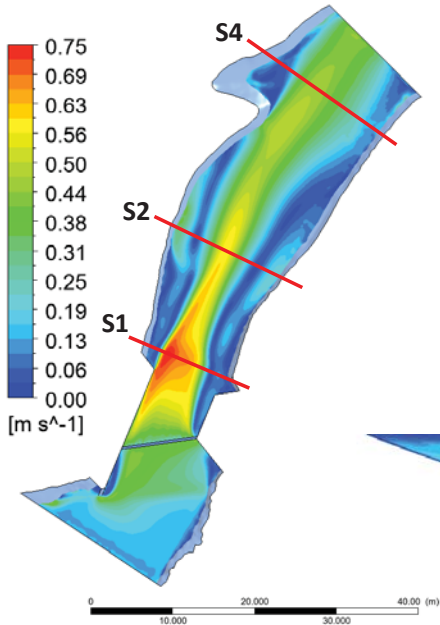
S1



Results S2

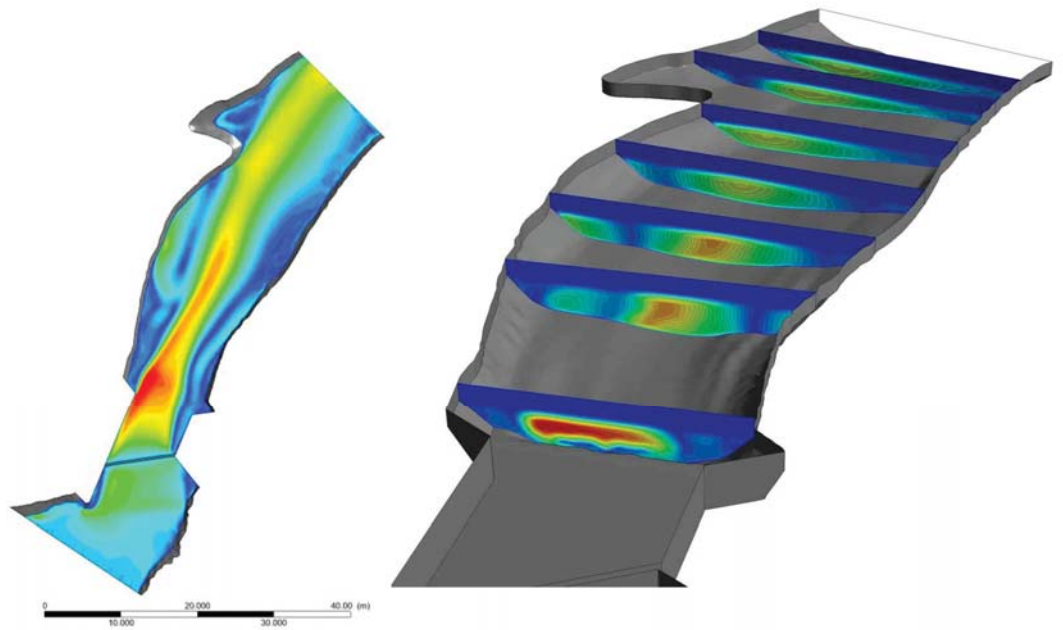


Results S4



Results

Velocity
Contour 1
0.70
0.64
0.58
0.52
0.47
0.41
0.35
0.29
0.23
0.17
0.12
0.06
0.00
[m s⁻¹]



Further Steps

- New measurement
- Gate Operation?
- Better understanding of the flow characteristic
- Full Model



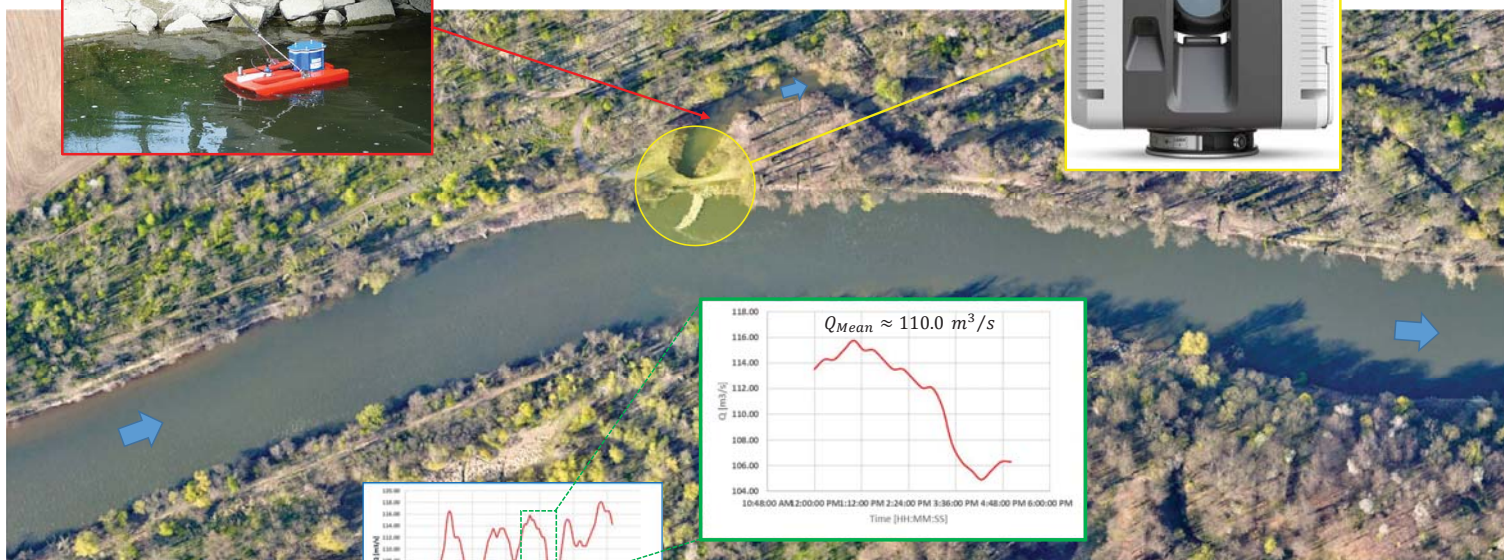
**STATUS REPORT
31/03/2021**

ADCP



**NEW MEASUREMENT
24/02/2021**

3D Scan

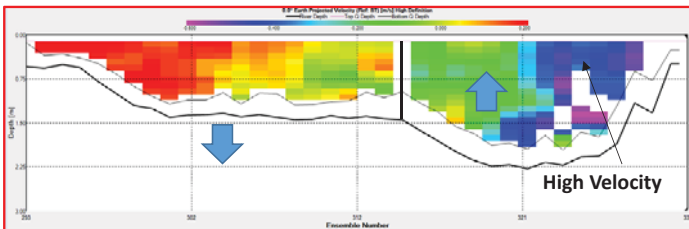
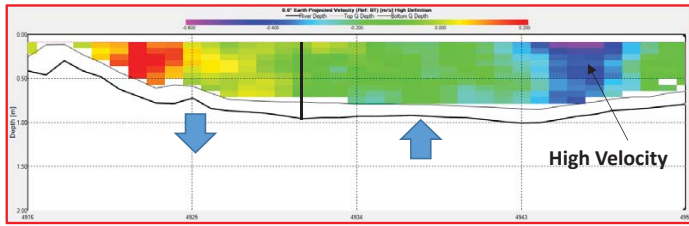


ADCP MEASUREMENT

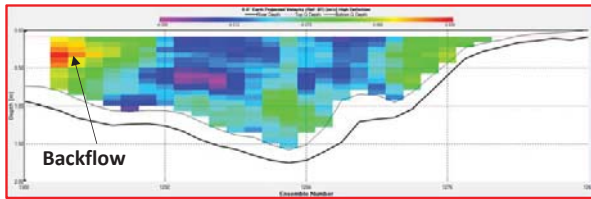
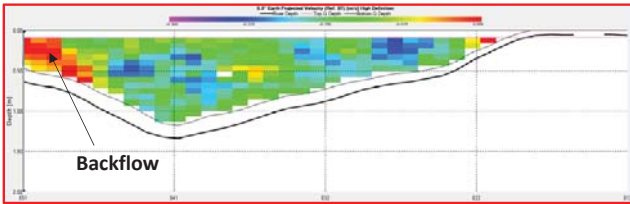
- ADCP measurement carried out for **13 cross-sections**
- Gate remained **open** during the data acquisition
- Boat and low vegetation provided a **better condition** for measurement



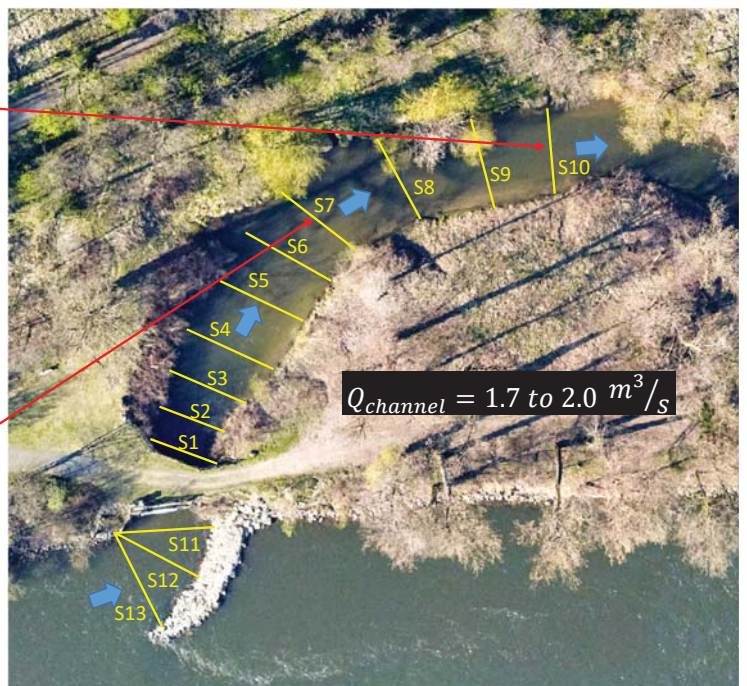
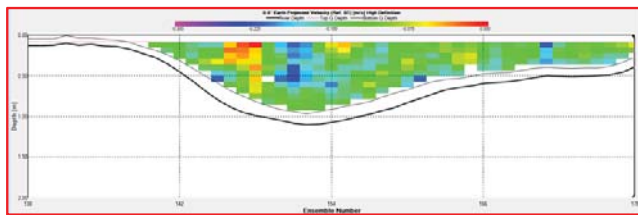
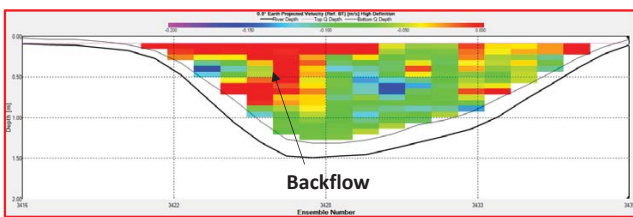
ADCP MEASUREMENT



ADCP MEASUREMENT



ADCP MEASUREMENT





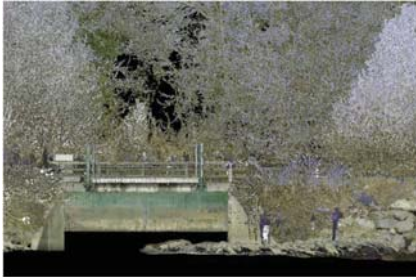
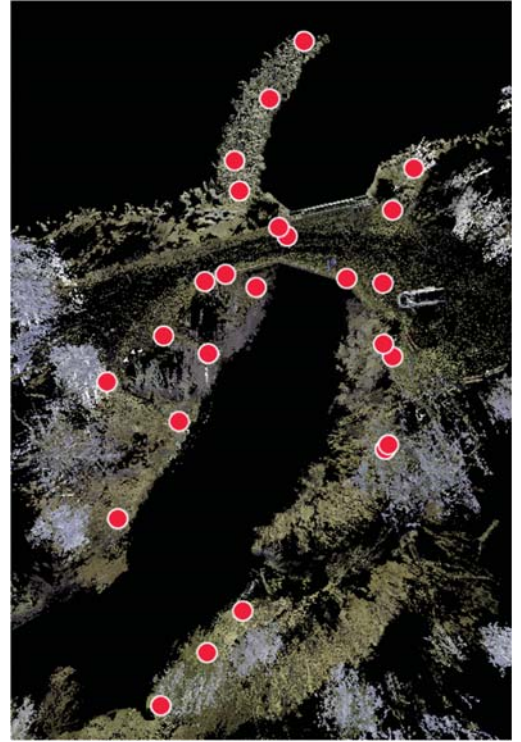
Leica RTC360

Accuracy

- 1.9 mm at 10 m
- 2.9 mm at 20 m
- 5.3 mm at 40 m

More than 70 million measurement points from 22 stations

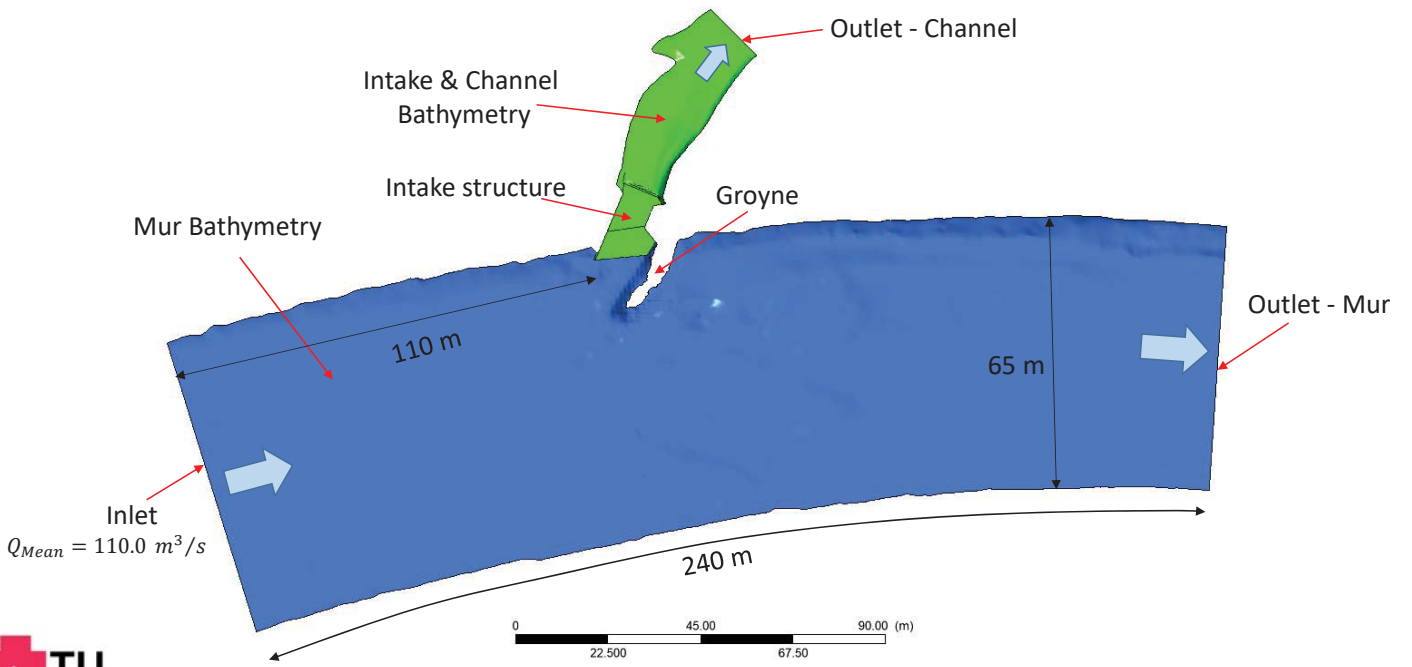
3D LASER SCAN



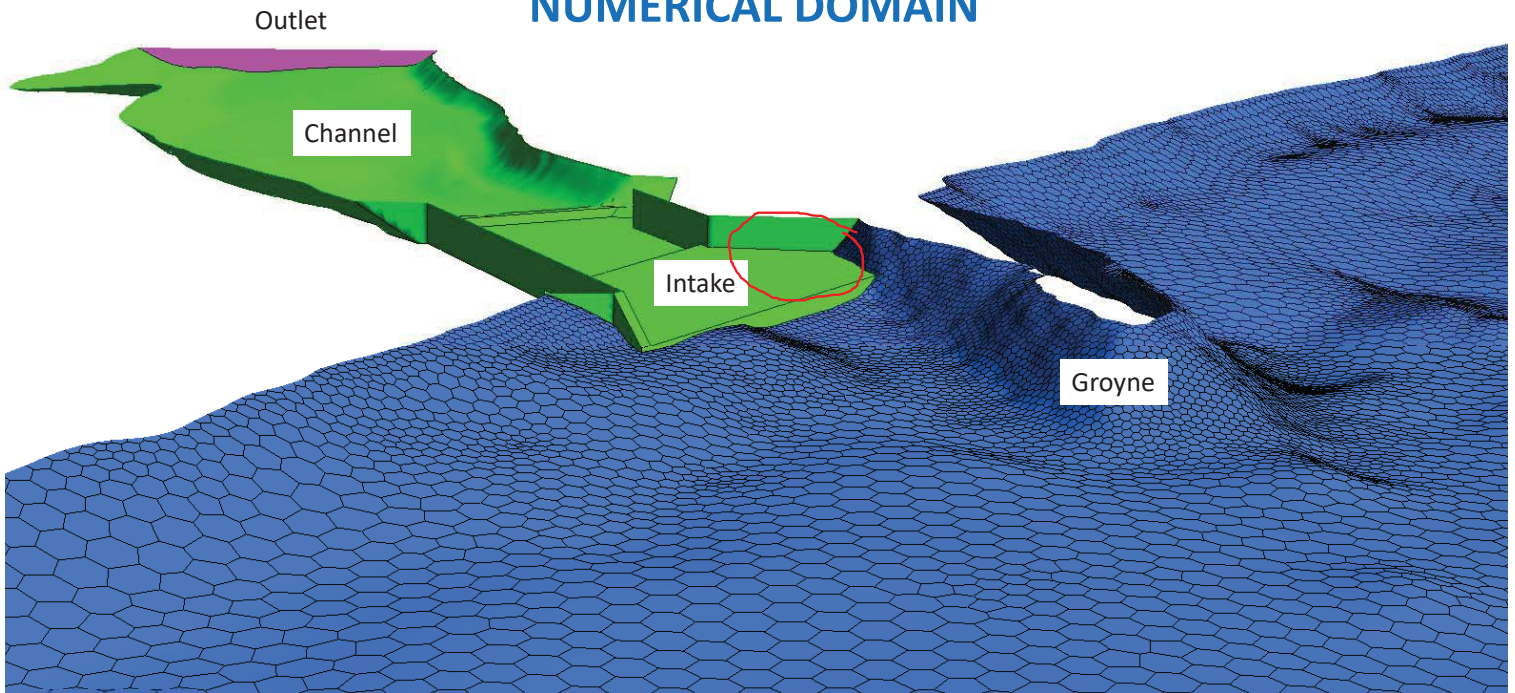
NUMERICAL DOMAIN



NUMERICAL DOMAIN



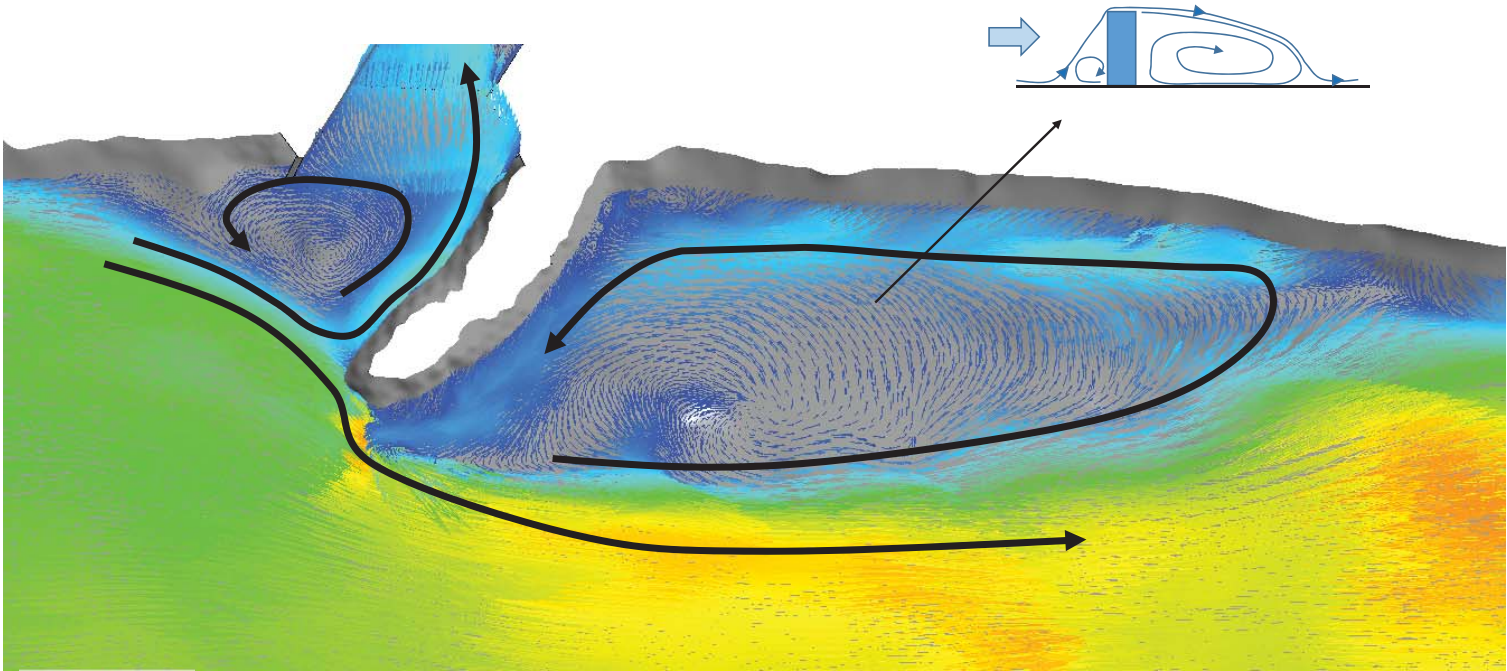
NUMERICAL DOMAIN



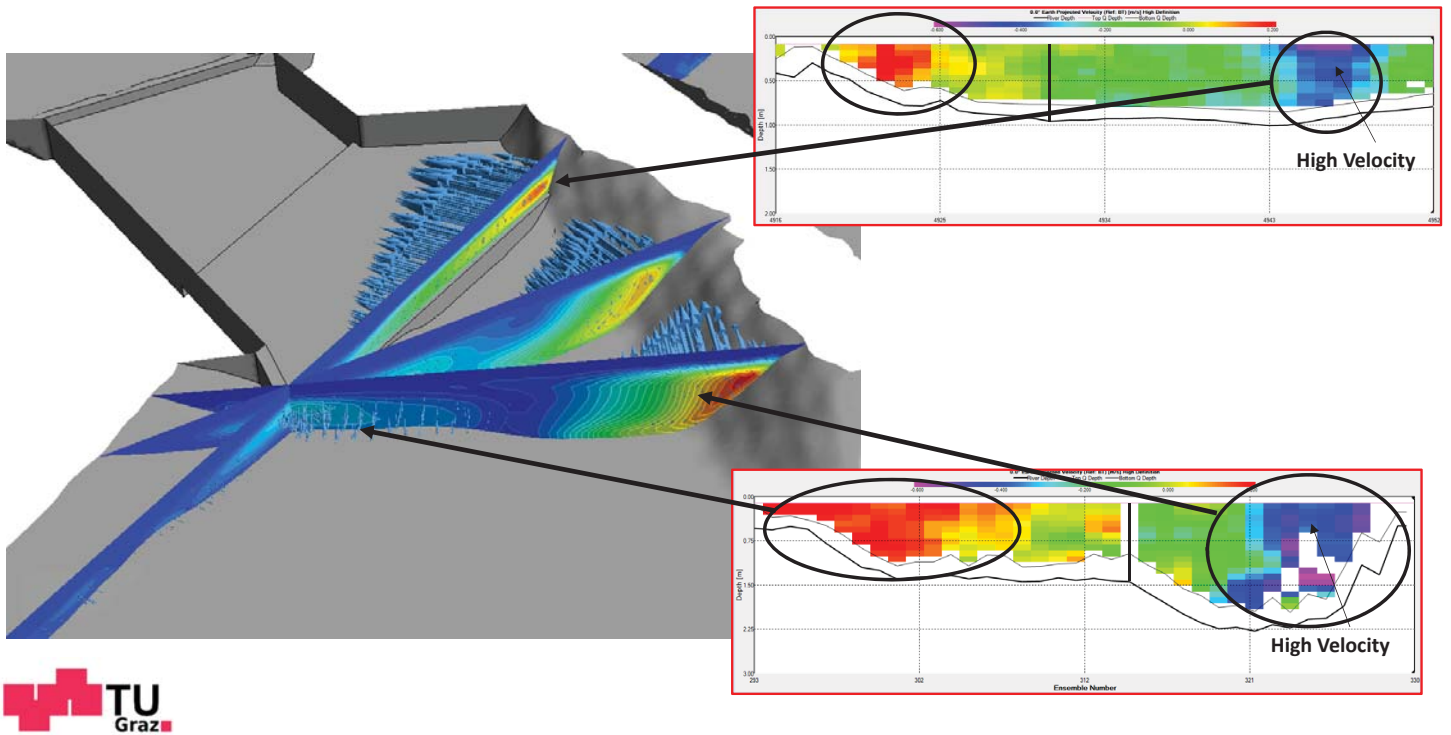
FLOW ANALYSIS



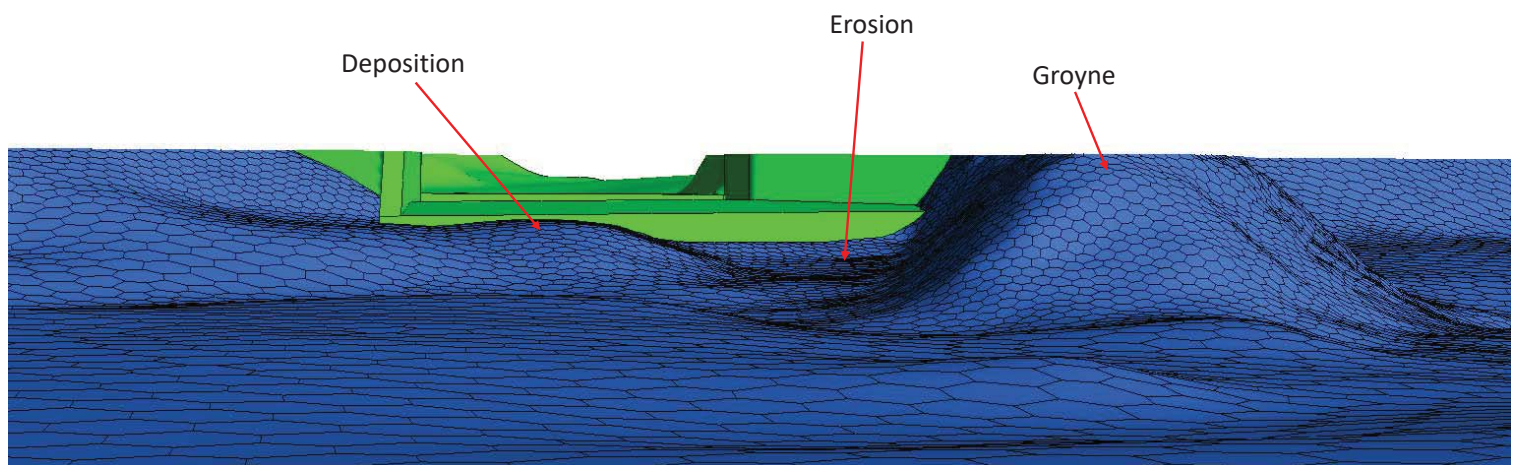
FLOW ANALYSIS



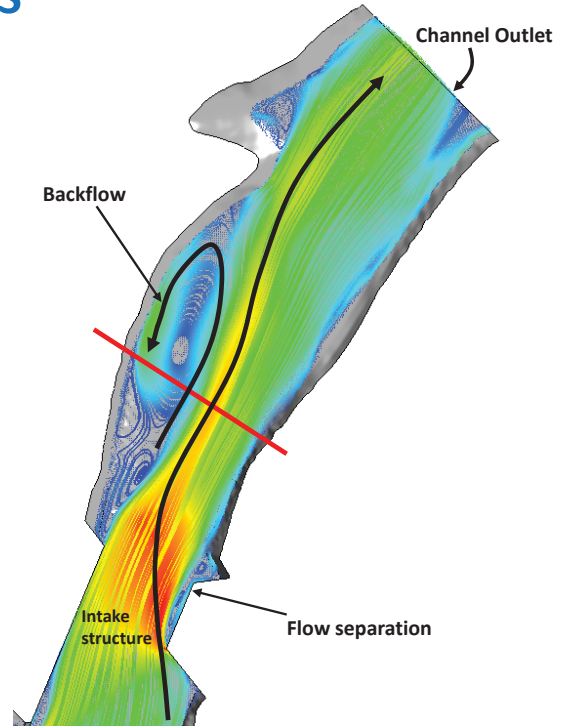
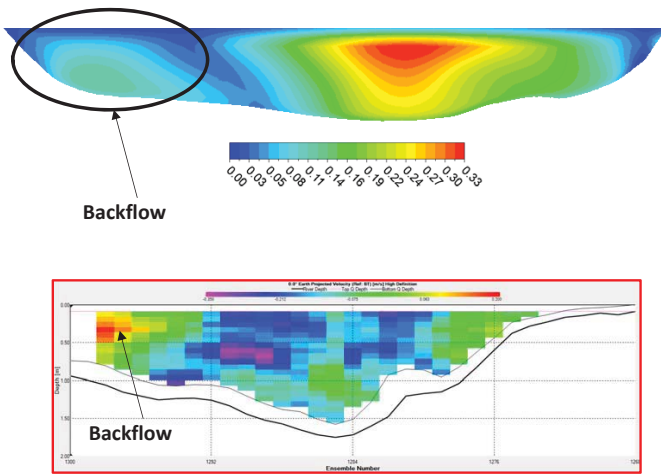
FLOW ANALYSIS



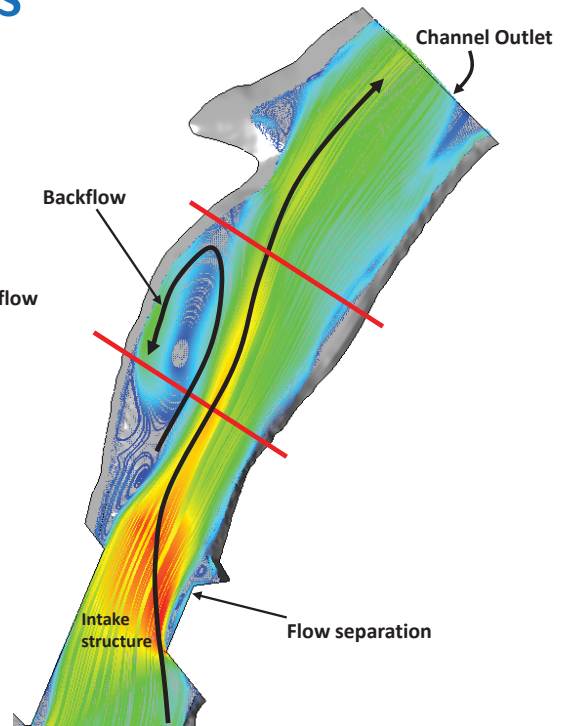
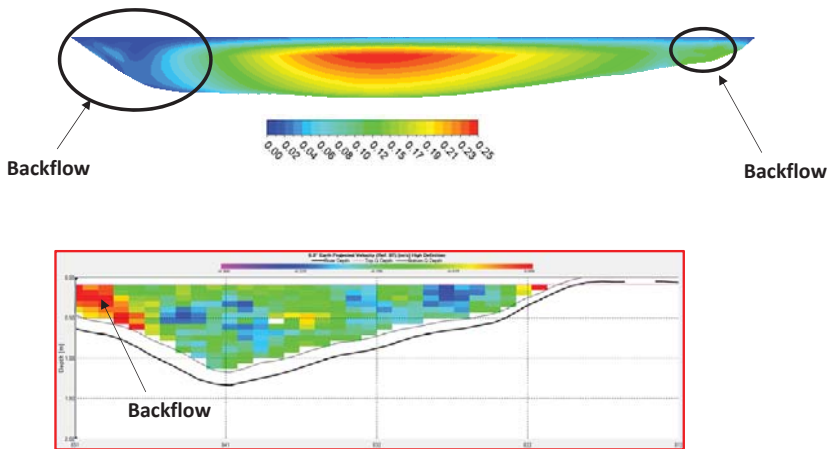
FLOW ANALYSIS



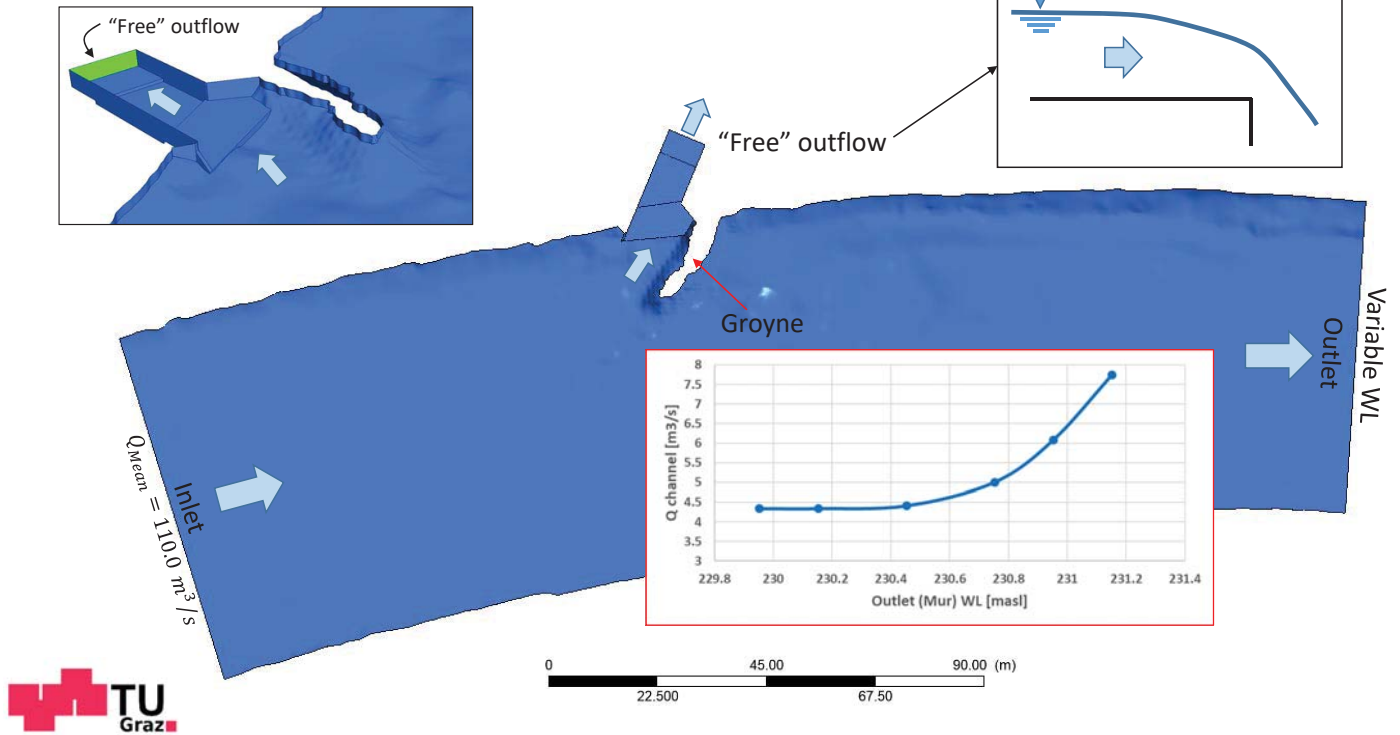
FLOW ANALYSIS



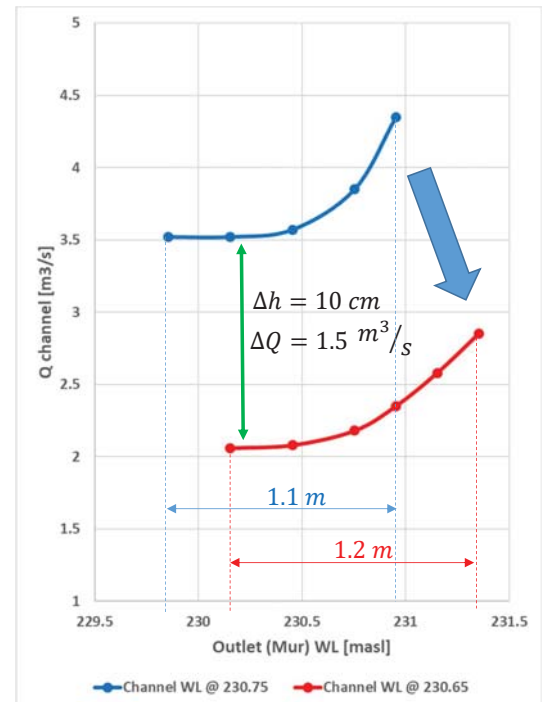
FLOW ANALYSIS



IDEAL CONDITION

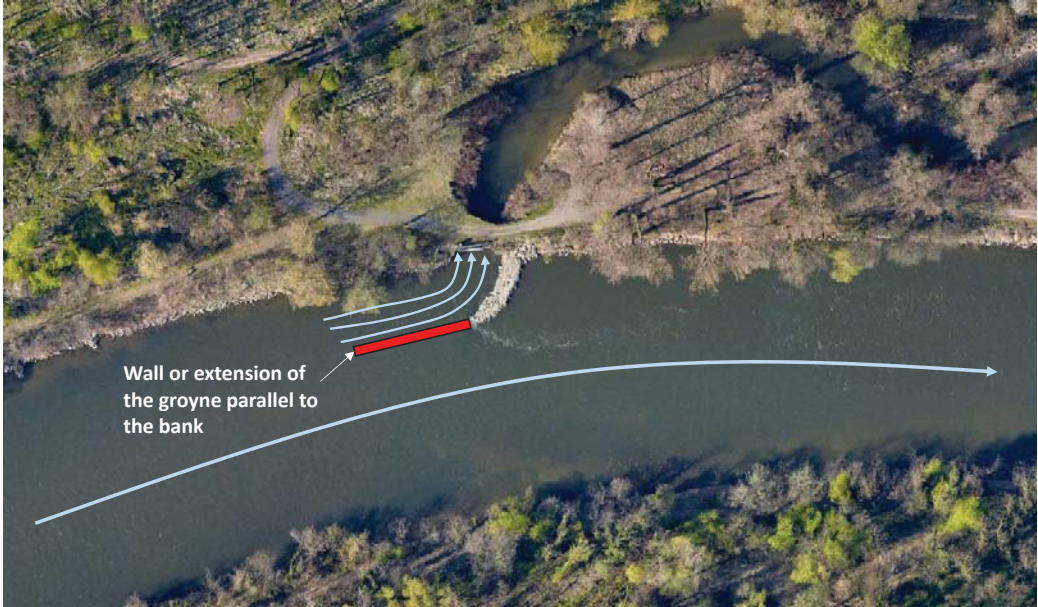
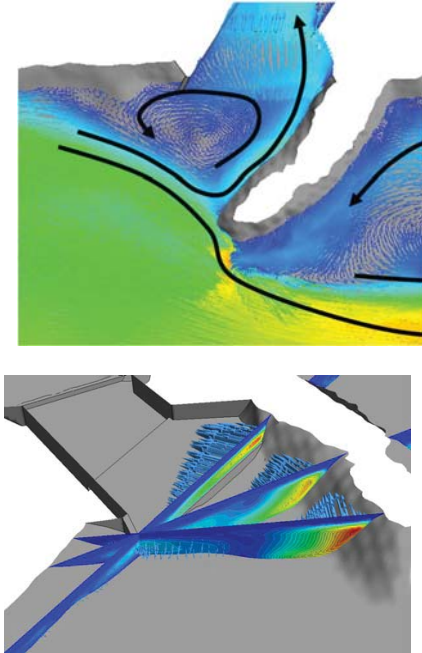


WATER LEVELS



POSSIBLE REMEDIES

Wall



POSSIBLE REMEDIES

Dredging



POSSIBLE REMEDIES

Submerged step



SUMMARY & NEXT STEPS

- The discharge of the channel is highly sensitive to the water level of the channel (downstream)
- Not much to the Mur's downstream water level
- The inflow to the channel is small due to large recirculation area
- In the following weeks, aforementioned measures to improve the discharge will be tested.

Discussion





ADCP



Field measurement on 24/02/2021

3D Scan

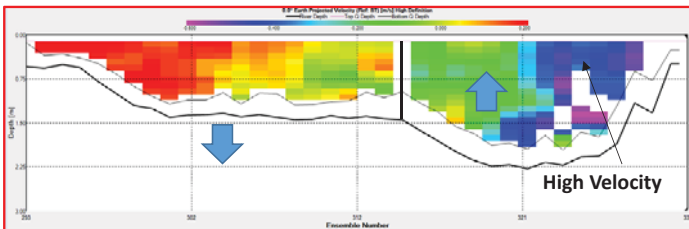
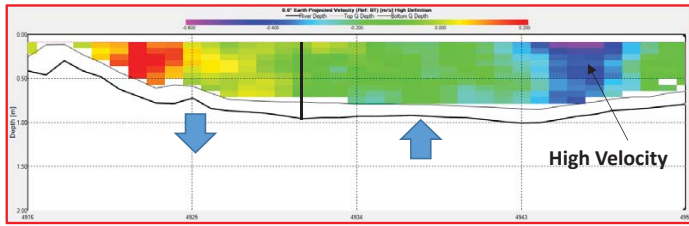


ADCP MEASUREMENT

- ADCP measurement carried out for **13 cross-sections**
- Gate remained **open** during the data acquisition
- Boat and low vegetation provided a **better condition** for measurement



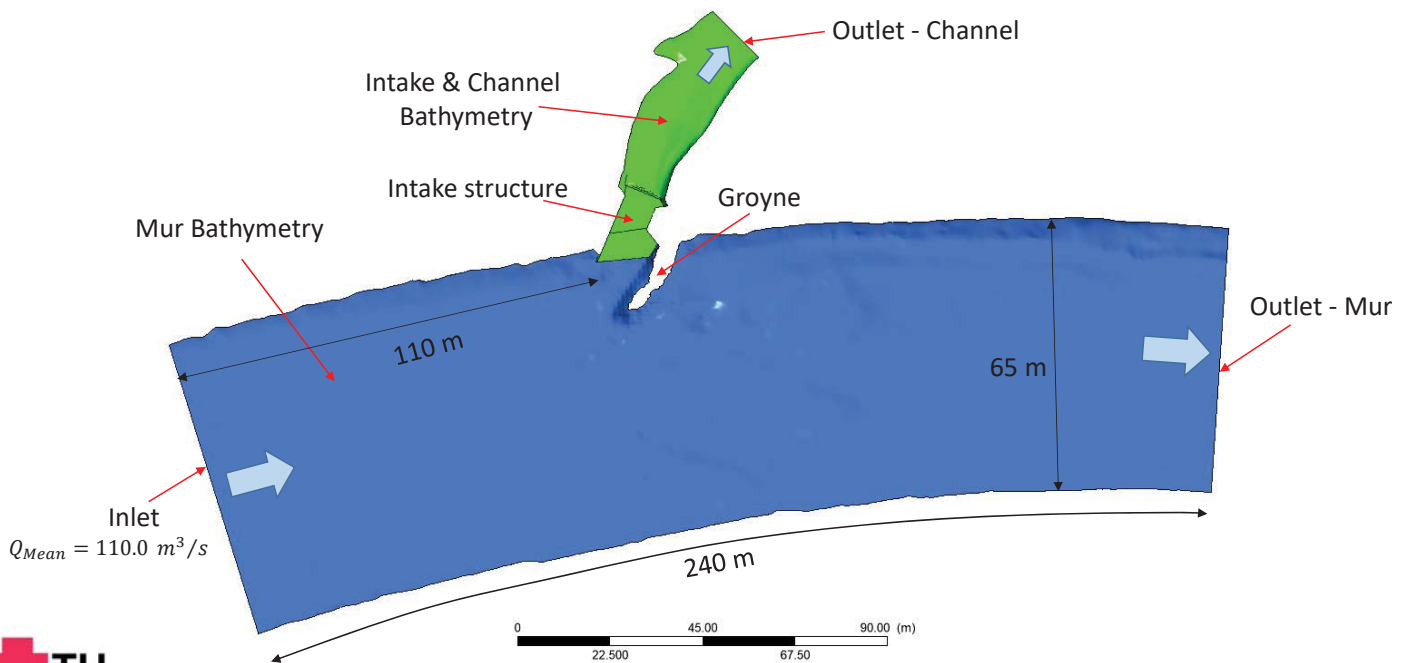
ADCP MEASUREMENT



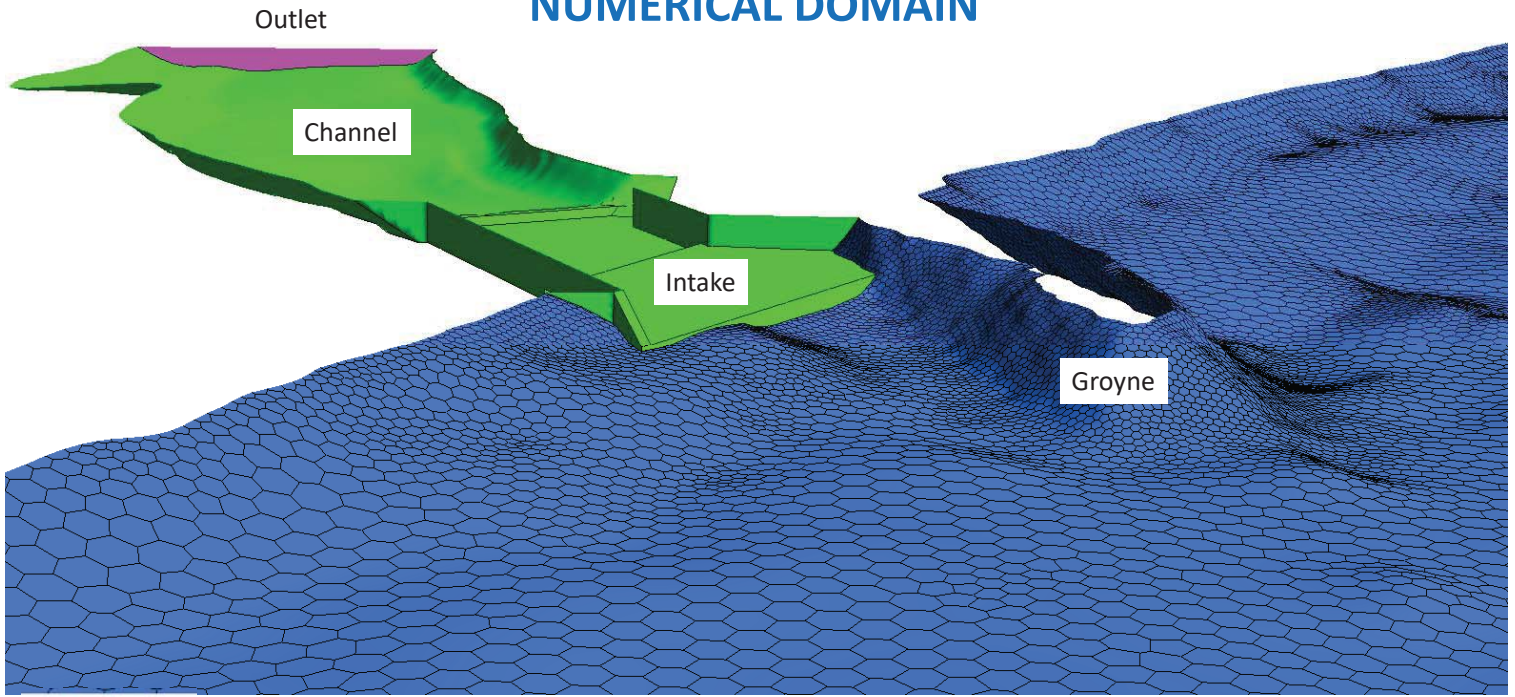
NUMERICAL DOMAIN



NUMERICAL DOMAIN



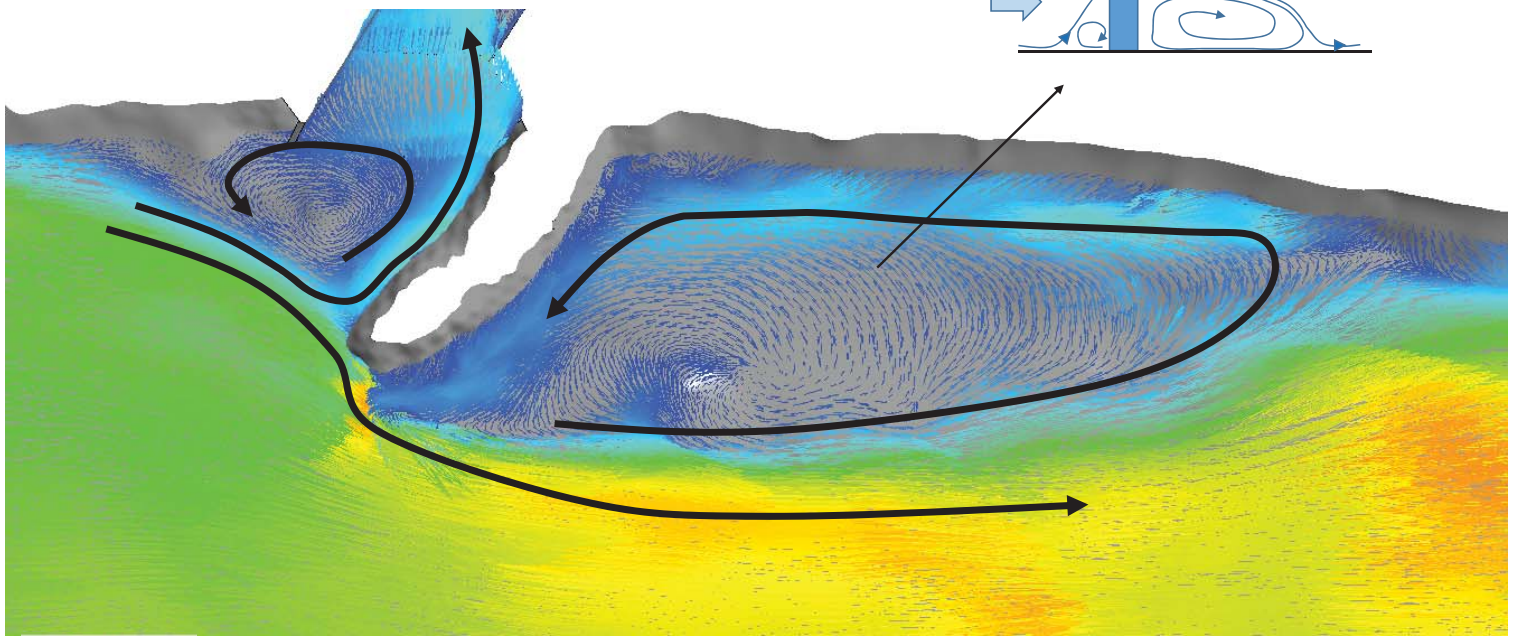
NUMERICAL DOMAIN



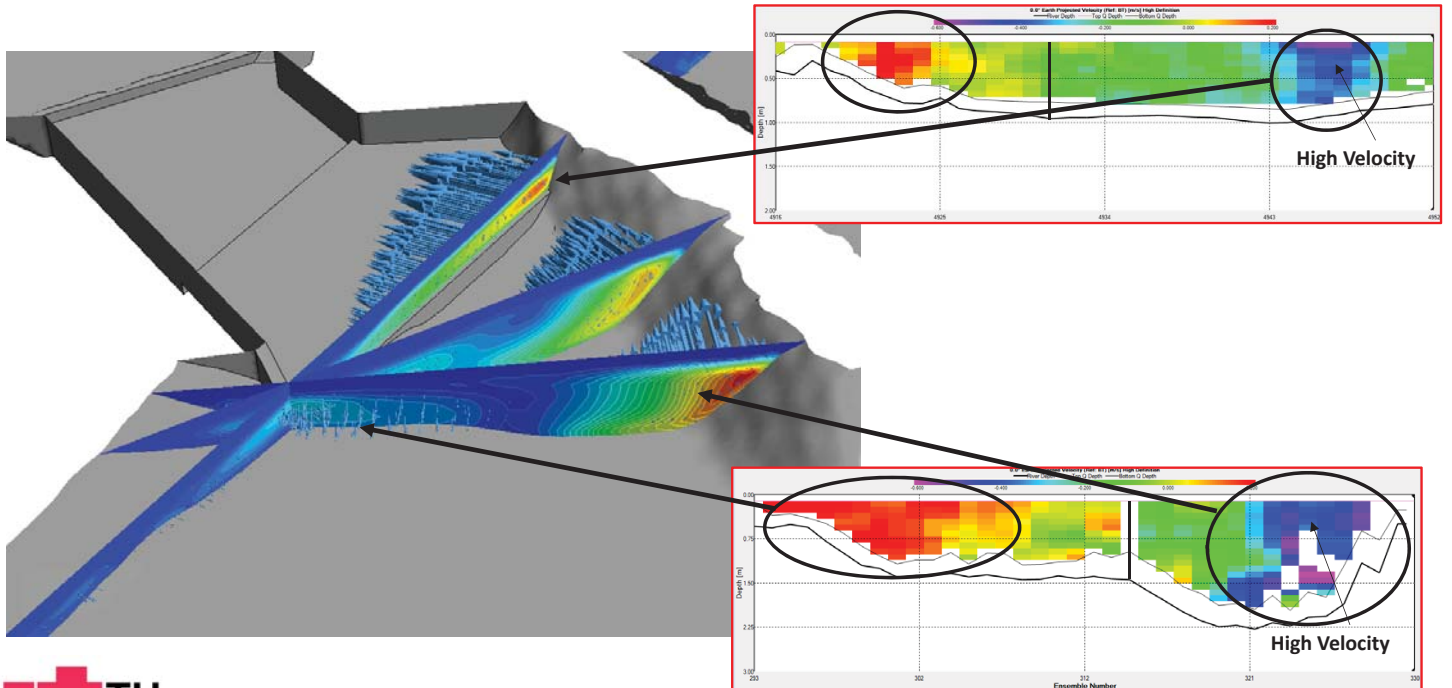
FLOW ANALYSIS



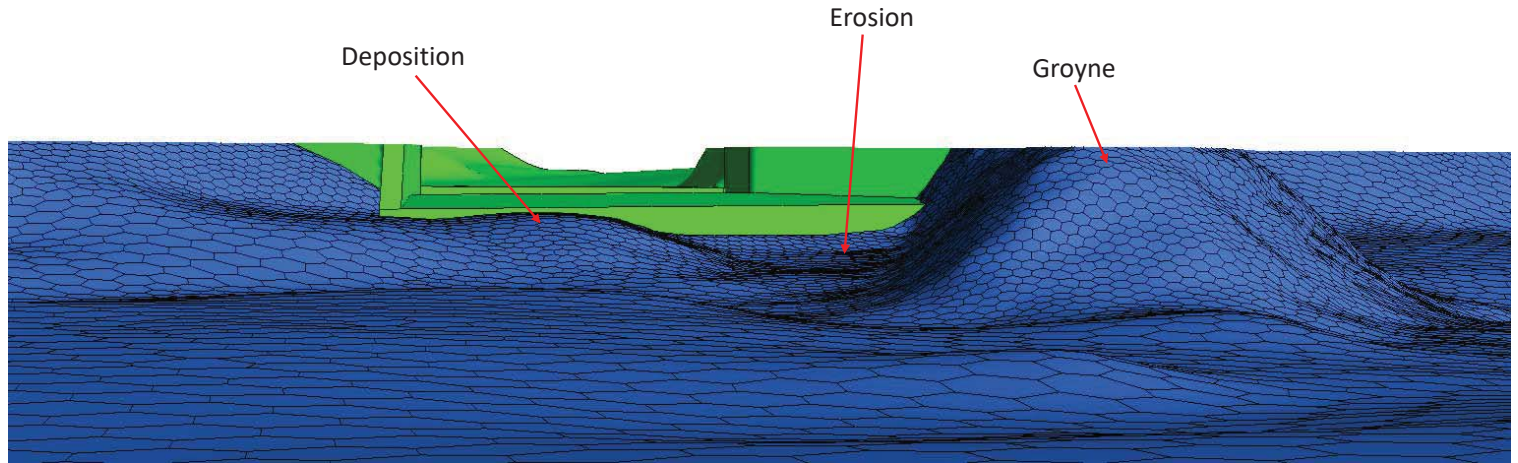
FLOW ANALYSIS



FLOW ANALYSIS

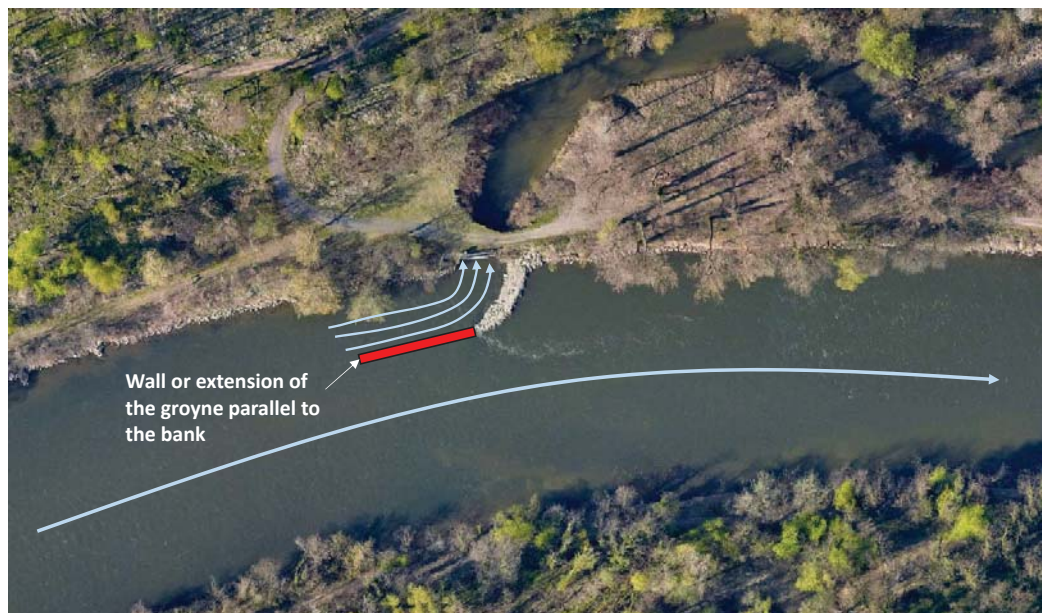
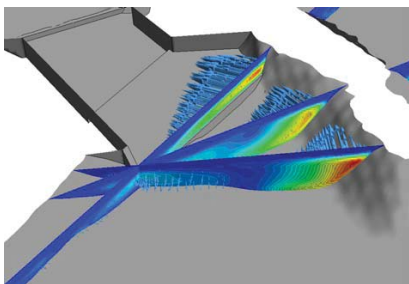
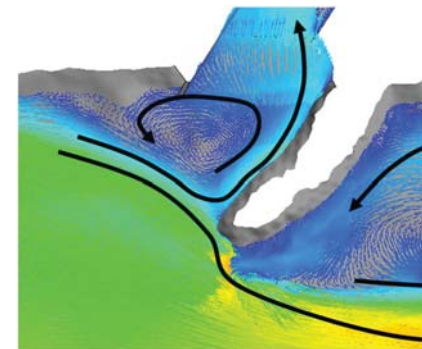


FLOW ANALYSIS



POSSIBLE REMEDIES

Wall



POSSIBLE REMEDIES

Submerged step



POSSIBLE REMEDIES

Changes to the Intake geometry



POSSIBLE REMEDIES

Dredging



EXTENSION OF THE GROUYNE

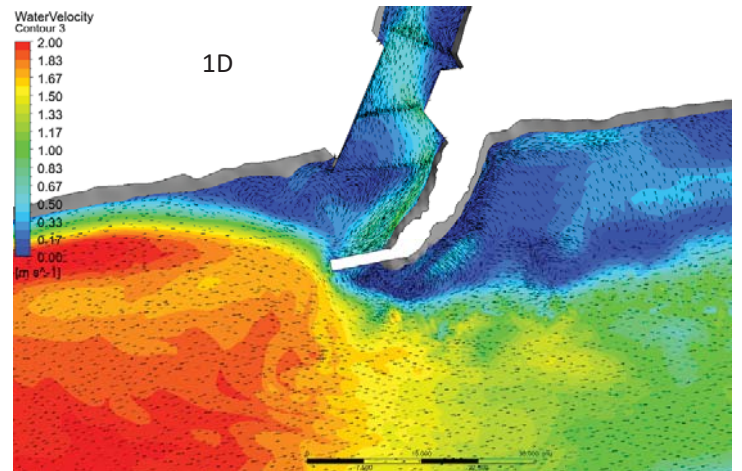
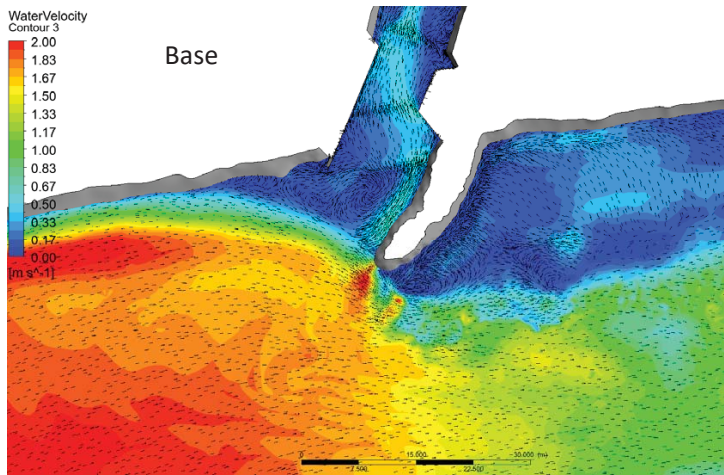
3D analyses

Case	Length [D]	Length [m]
Base	-	-
M1D	1	8
M2D	2	16
M4D	4	32



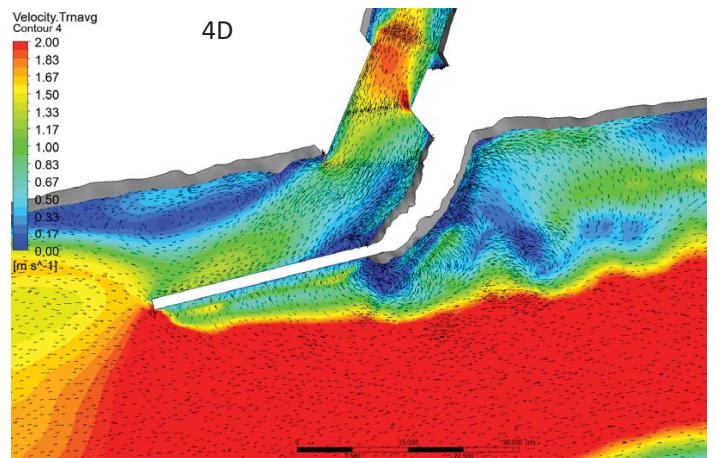
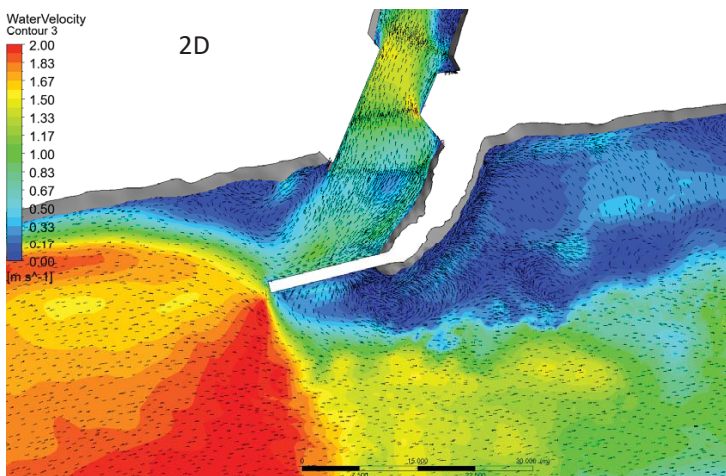
EXTENSION OF THE GROUYNE

3D analyses



EXTENSION OF THE GROUYNE

3D analyses



EXTENSION OF THE GROUYNE

3D analyses



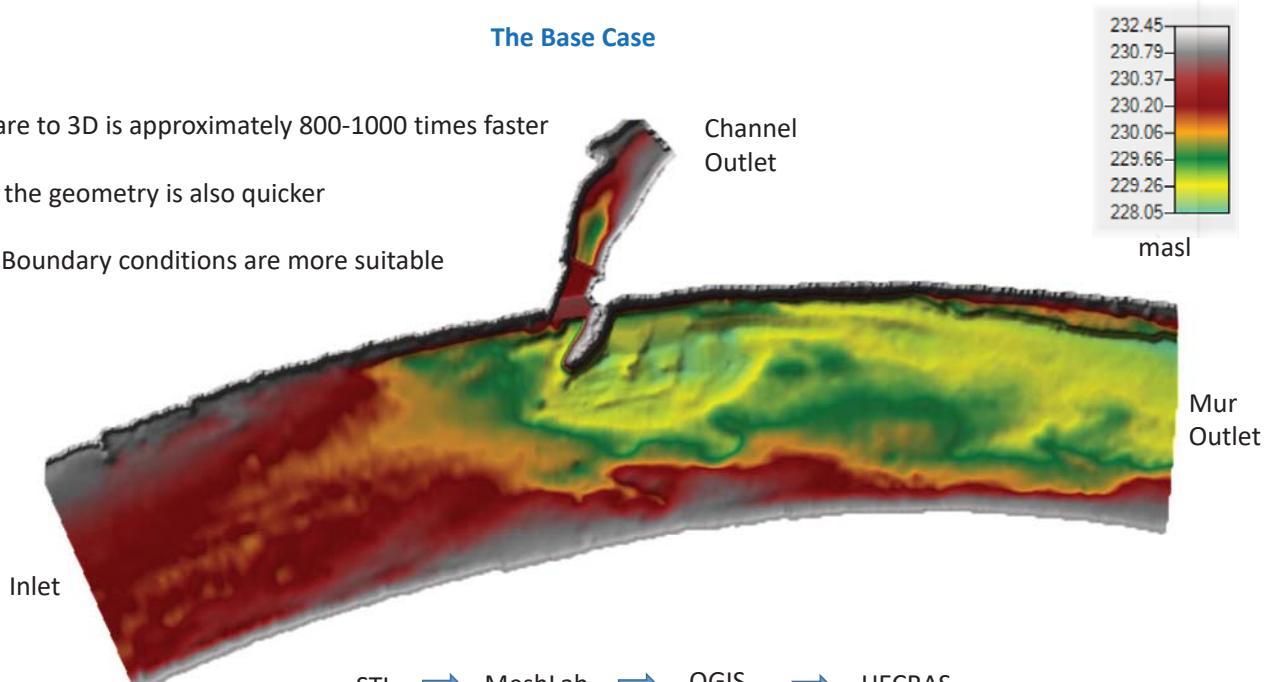
Case	Length [D]	Q [m3/s]	
		Fixed	Free
Base	-	1.7	4.9
M1D	1	2.25	5.12
M2D	2	6.3	6.9
M4D	4	8.8	8.9



2D ANALYSES

The Base Case

- 2D compare to 3D is approximately 800-1000 times faster
- Changing the geometry is also quicker
- Available Boundary conditions are more suitable



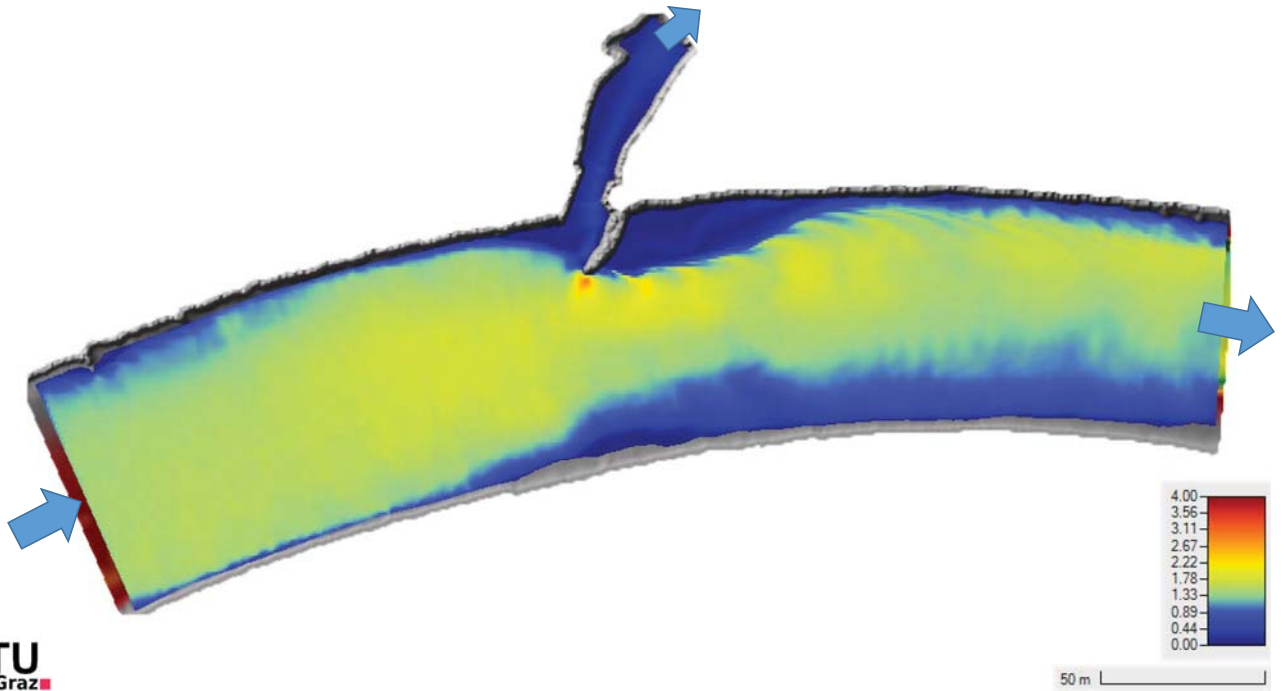
STL → MeshLab → QGIS → HECRAS

50 m



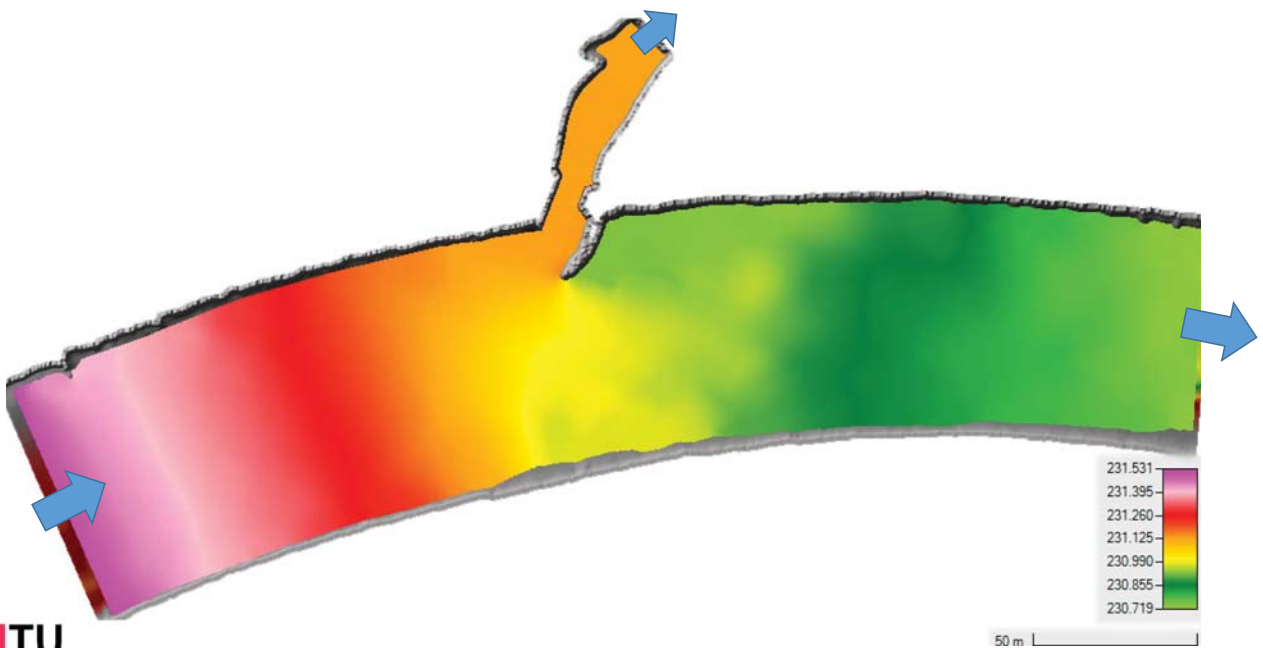
2D ANALYSES

The Base Case



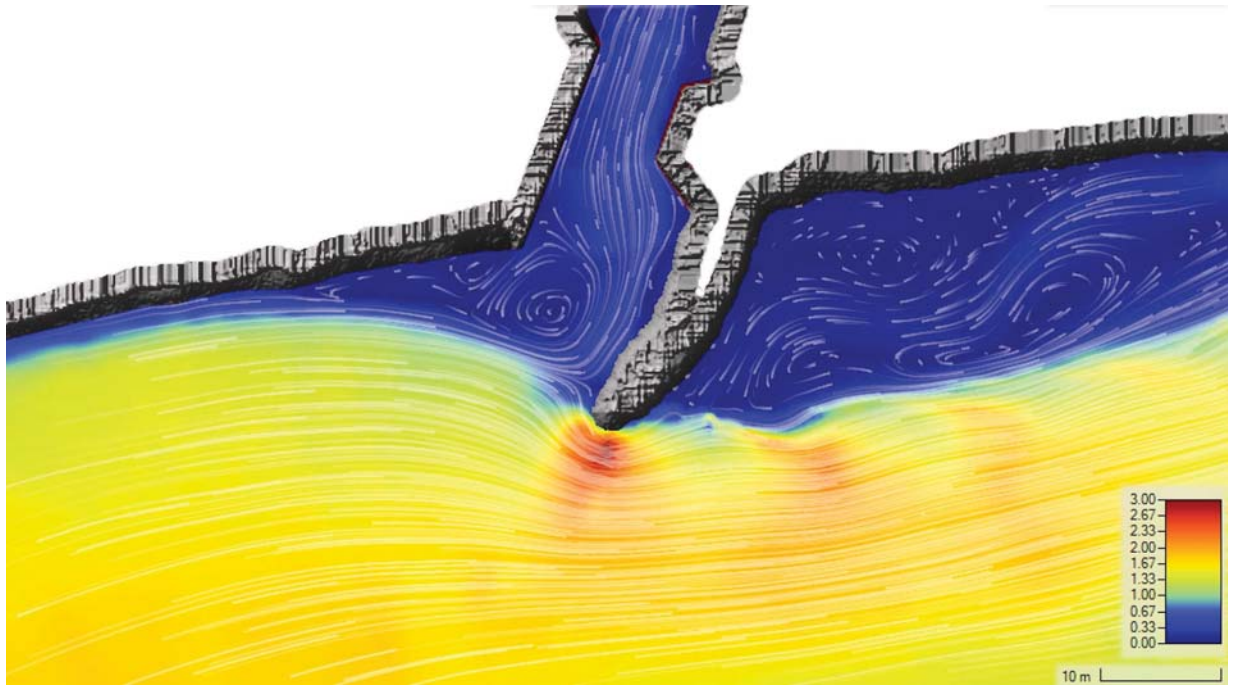
2D ANALYSES

The Base Case



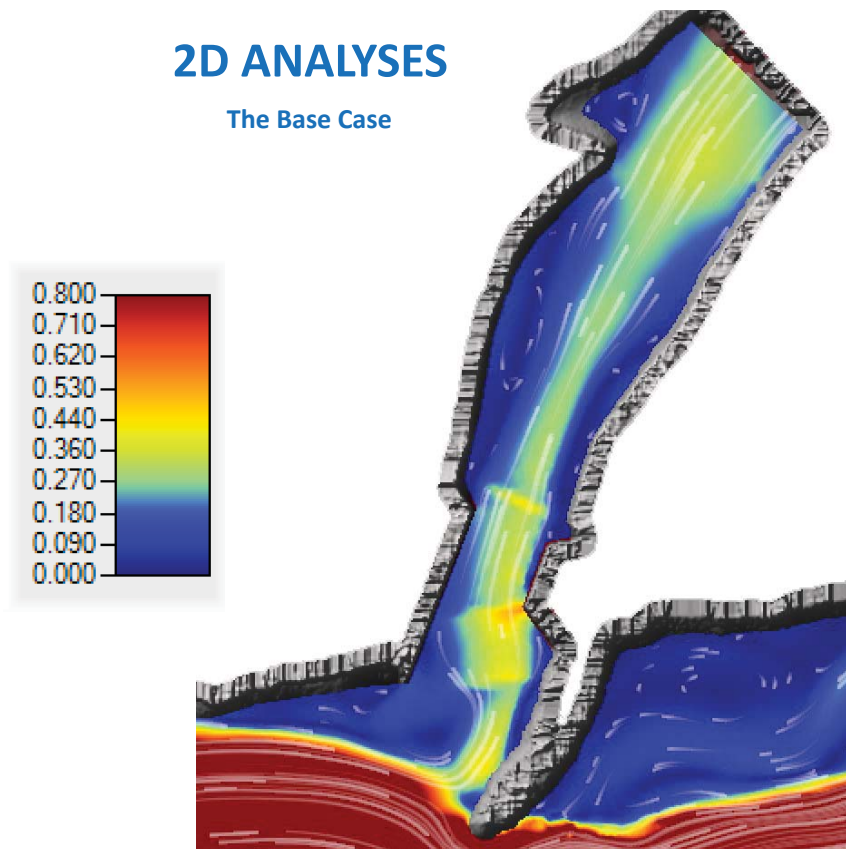
2D ANALYSES

The Base Case



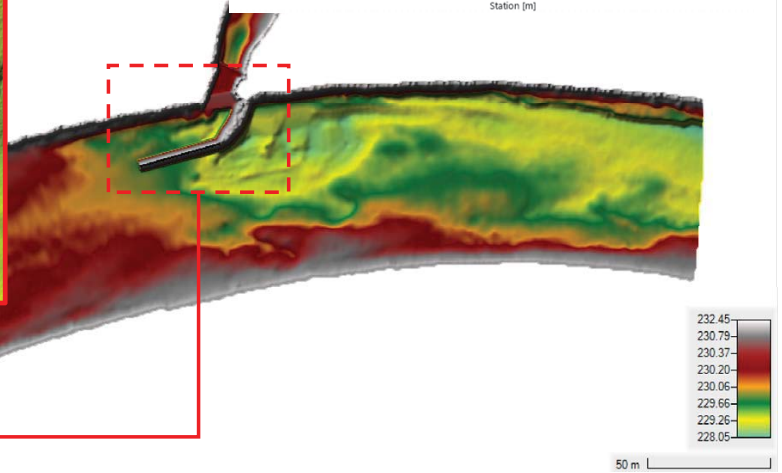
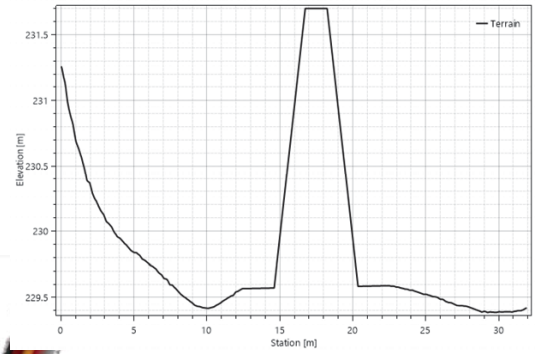
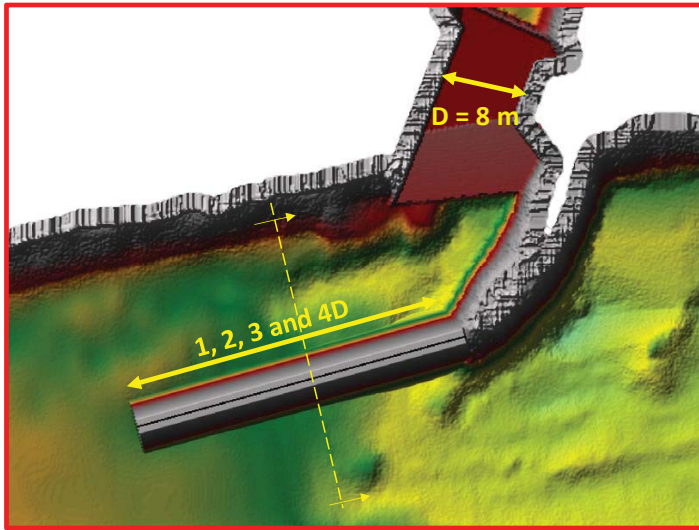
2D ANALYSES

The Base Case



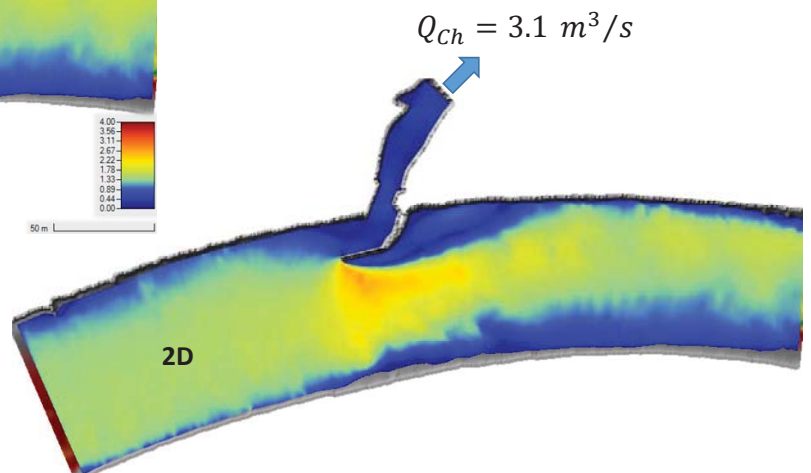
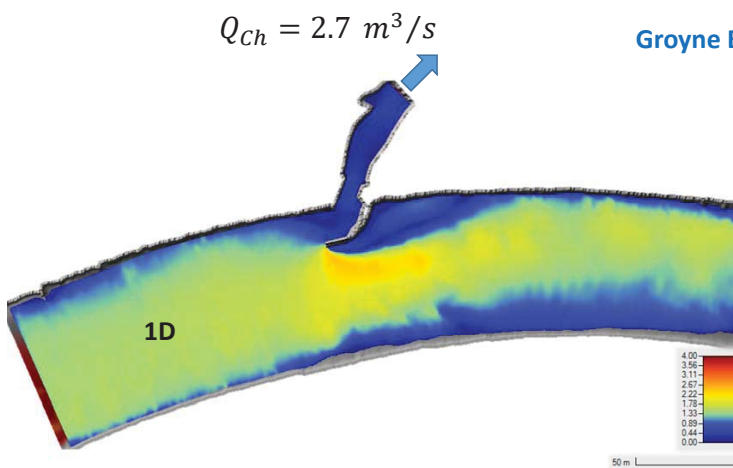
2D ANALYSES

Groyne Extension



2D ANALYSES

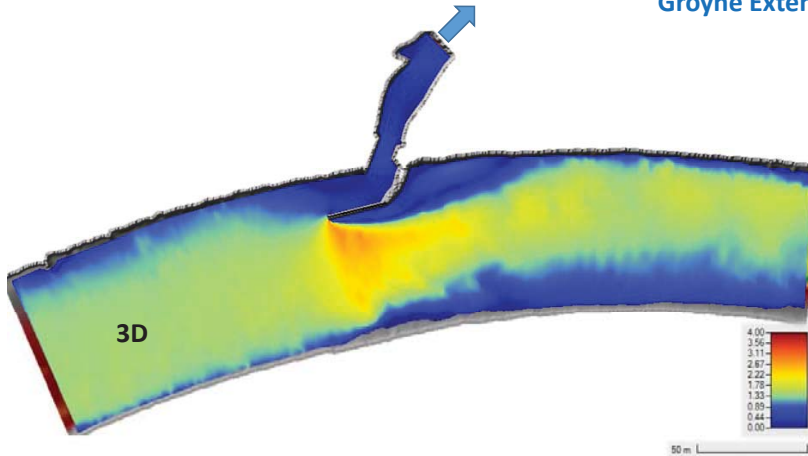
Groyne Extension



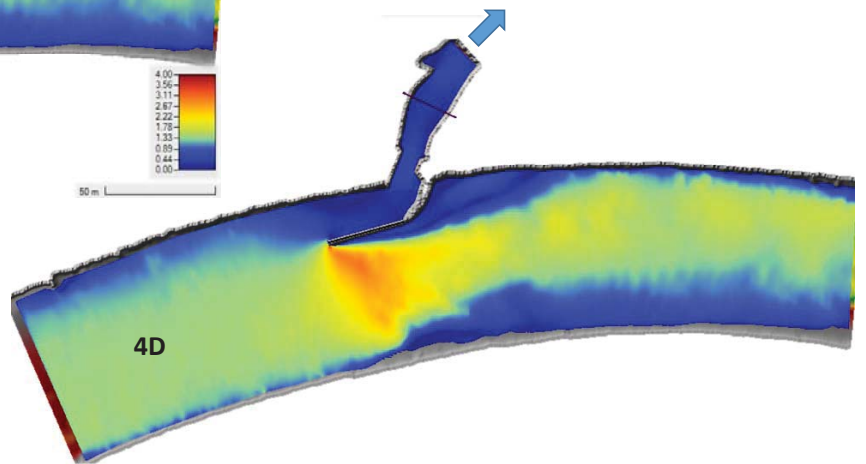
2D ANALYSES

Groyne Extension

$$Q_{ch} = 3.45 \text{ m}^3/\text{s}$$



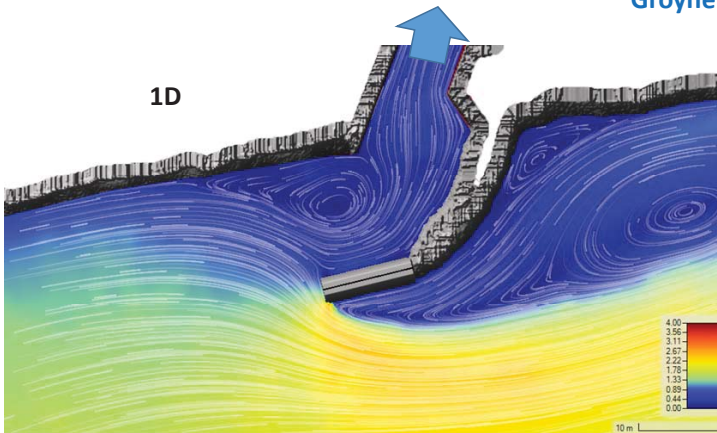
$$Q_{ch} = 4.0 \text{ m}^3/\text{s}$$



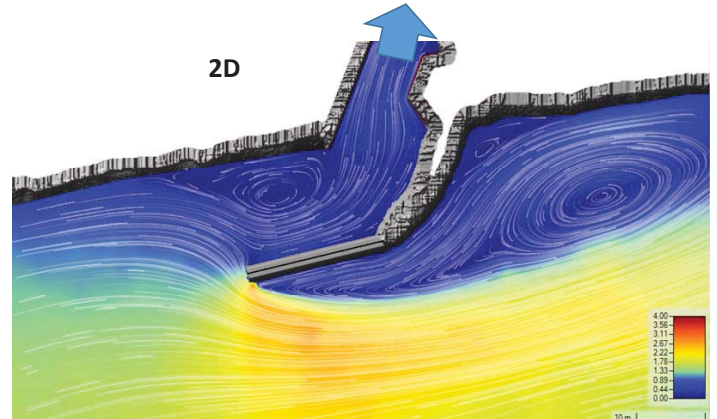
2D ANALYSES

Groyne Extension

$$Q_{ch} = 2.7 \text{ m}^3/\text{s}$$



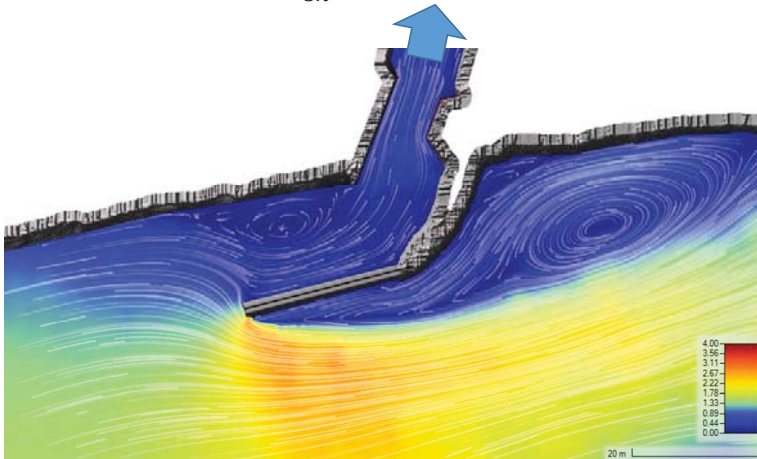
$$Q_{ch} = 3.1 \text{ m}^3/\text{s}$$



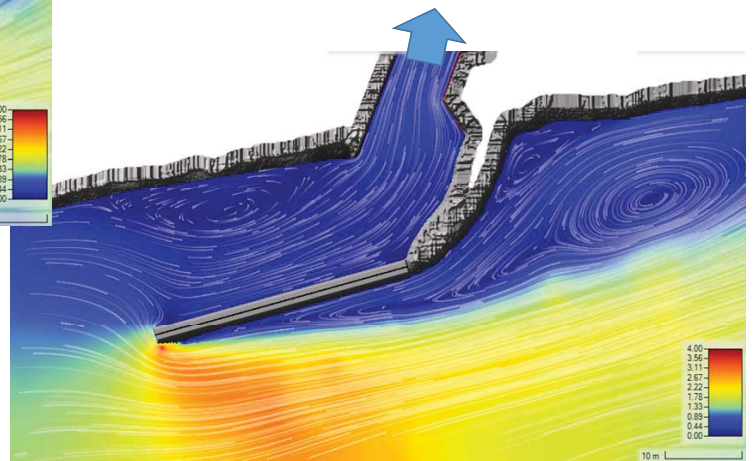
2D ANALYSES

Groyne Extension

$$Q_{ch} = 3.45 \text{ m}^3/\text{s}$$



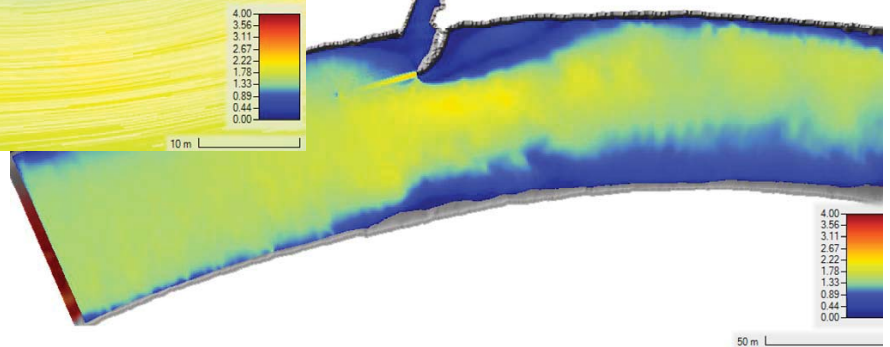
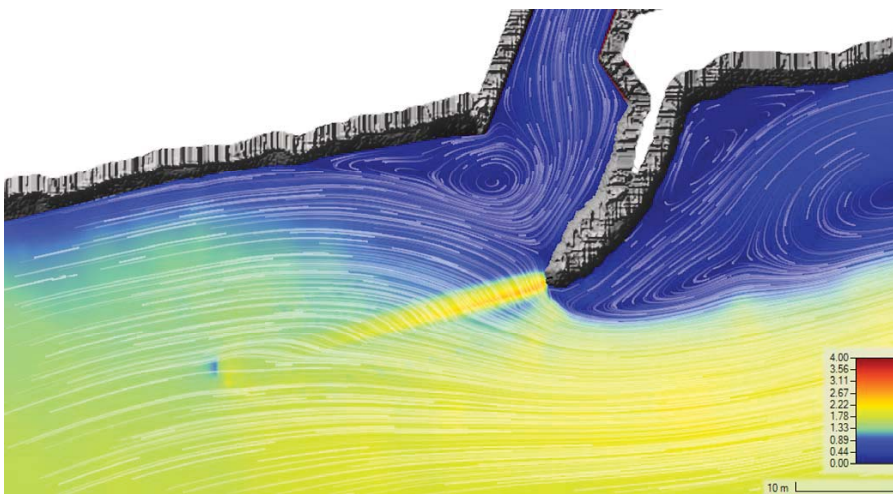
$$Q_{ch} = 4.0 \text{ m}^3/\text{s}$$



2D ANALYSES

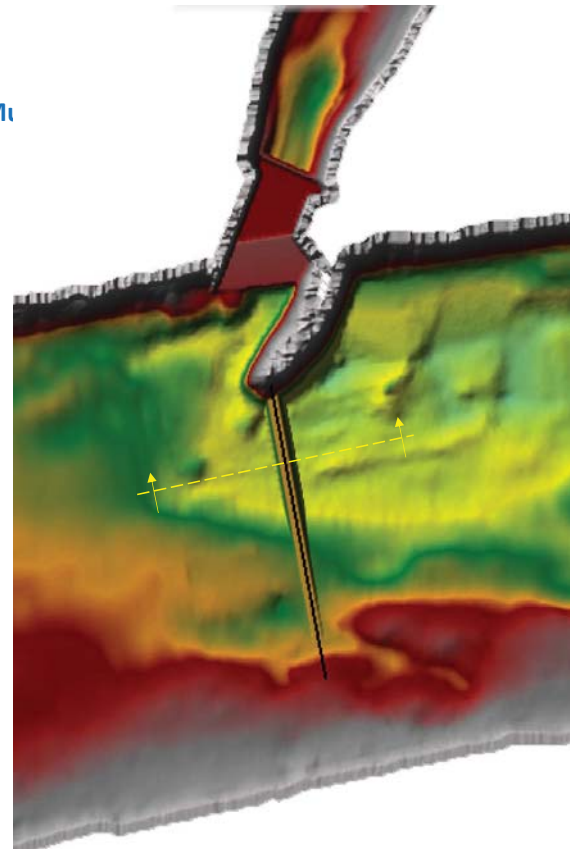
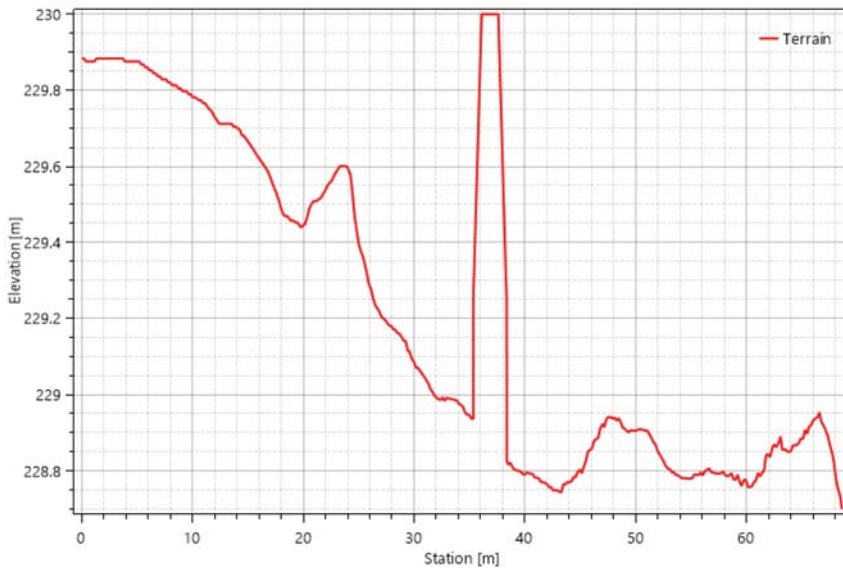
Groyne Extension (submerged)

$$Q_{ch} = 2.4 \text{ m}^3/\text{s}$$



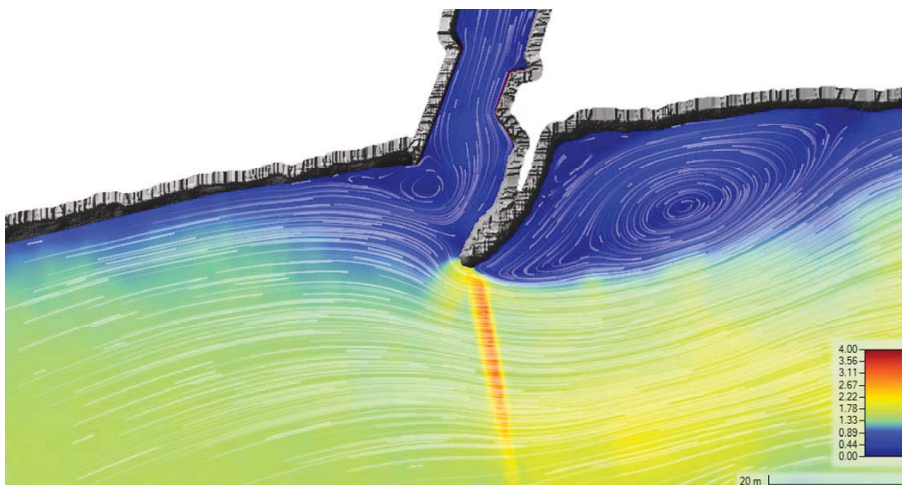
2D ANALYSES

Submerged step across the Mi

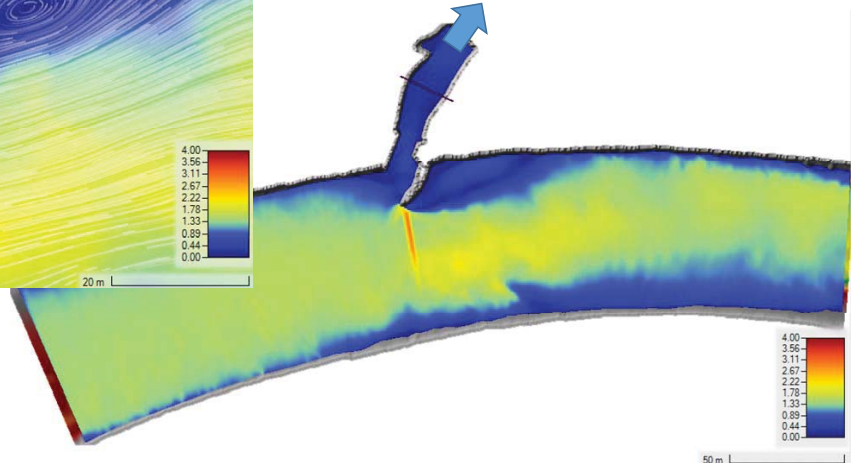


2D ANALYSES

Submerged step across the Mur

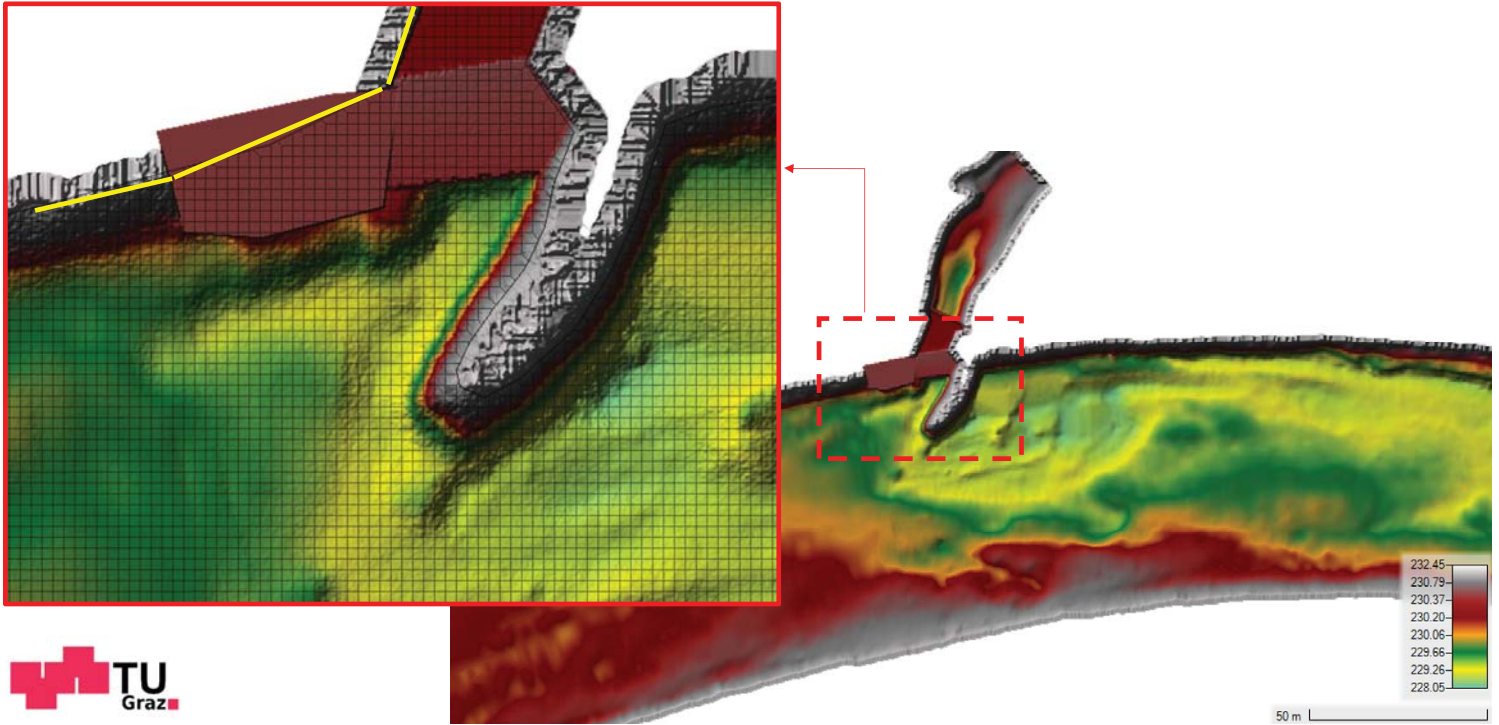


$$Q_{ch} = 2.9 \text{ m}^3/\text{s}$$



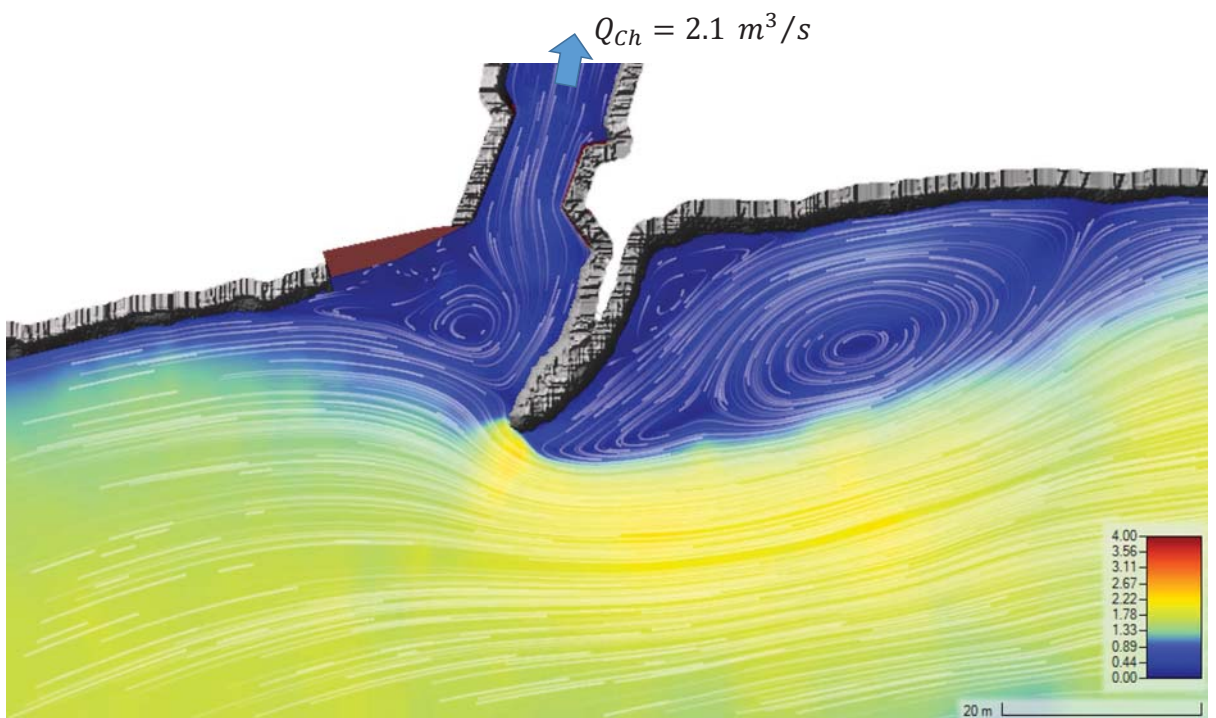
2D ANALYSES

Intake adjustment



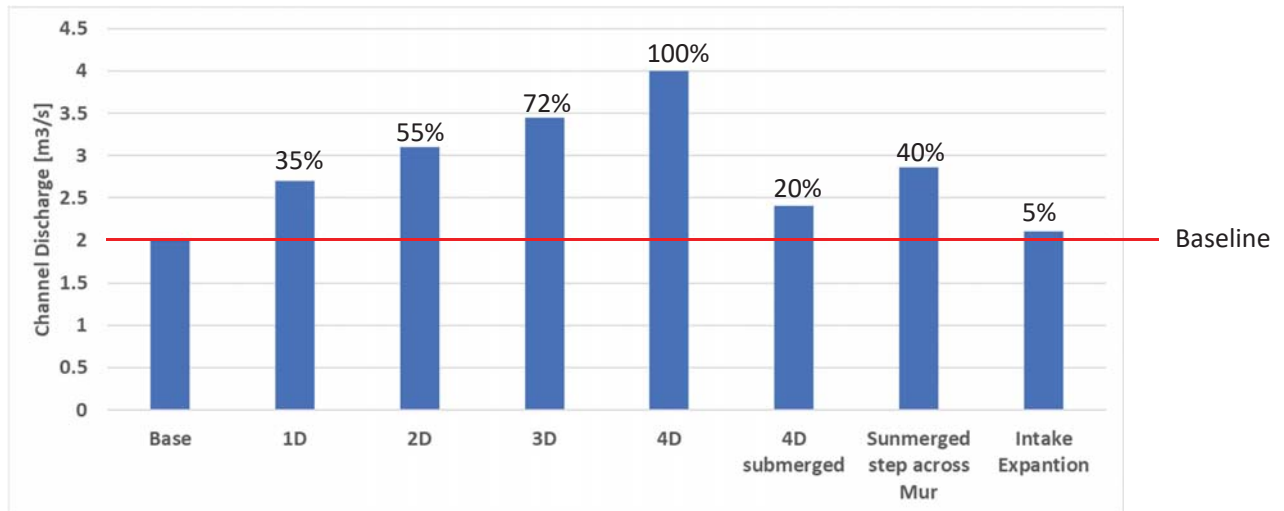
2D ANALYSES

Intake adjustment



2D ANALYSES

Discharges



SUMMARY & NEXT STEPS

- Extension of the groyne has significant effect on the discharge
- Discharge depends on the length of the extension
- Submerged extension reduce the effect dramatically
- Expanding the intake (entrance) did not have a significant effect on the discharge
- Submerged step across Mur lead to small increase of discharge (relatively)
- In any case, dredging is necessary!

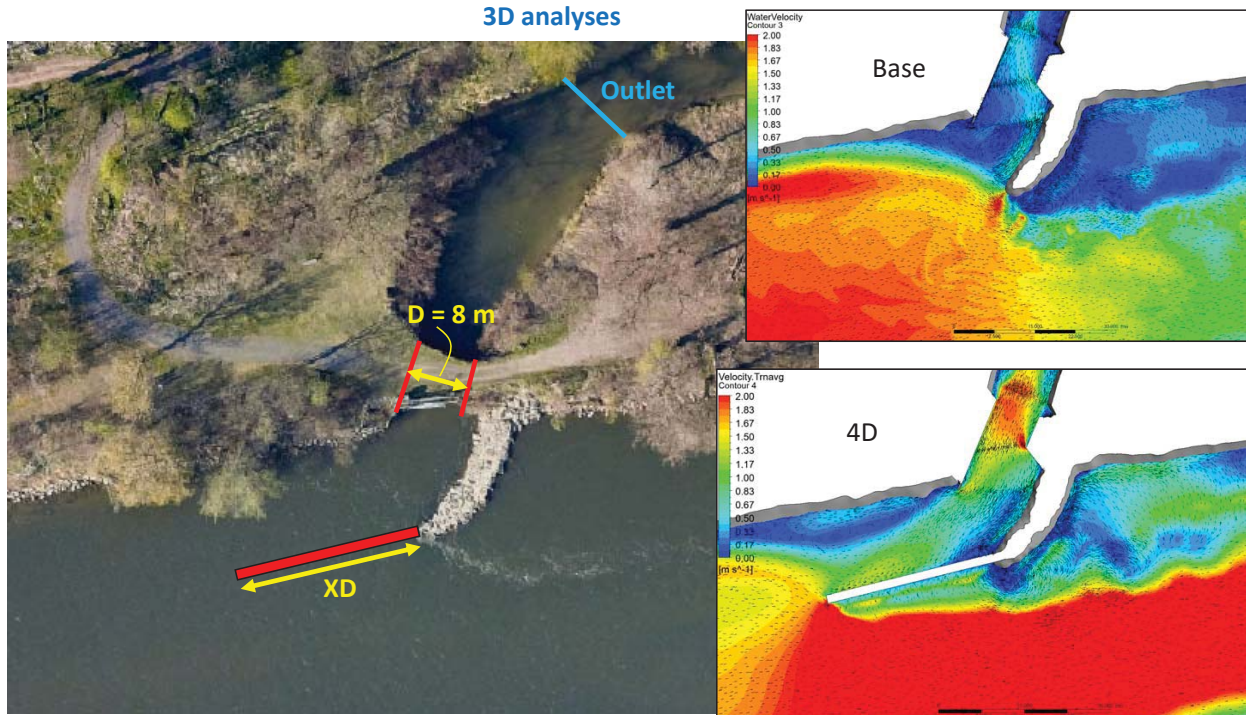
Discussion





EXTENSION OF THE GROUYE

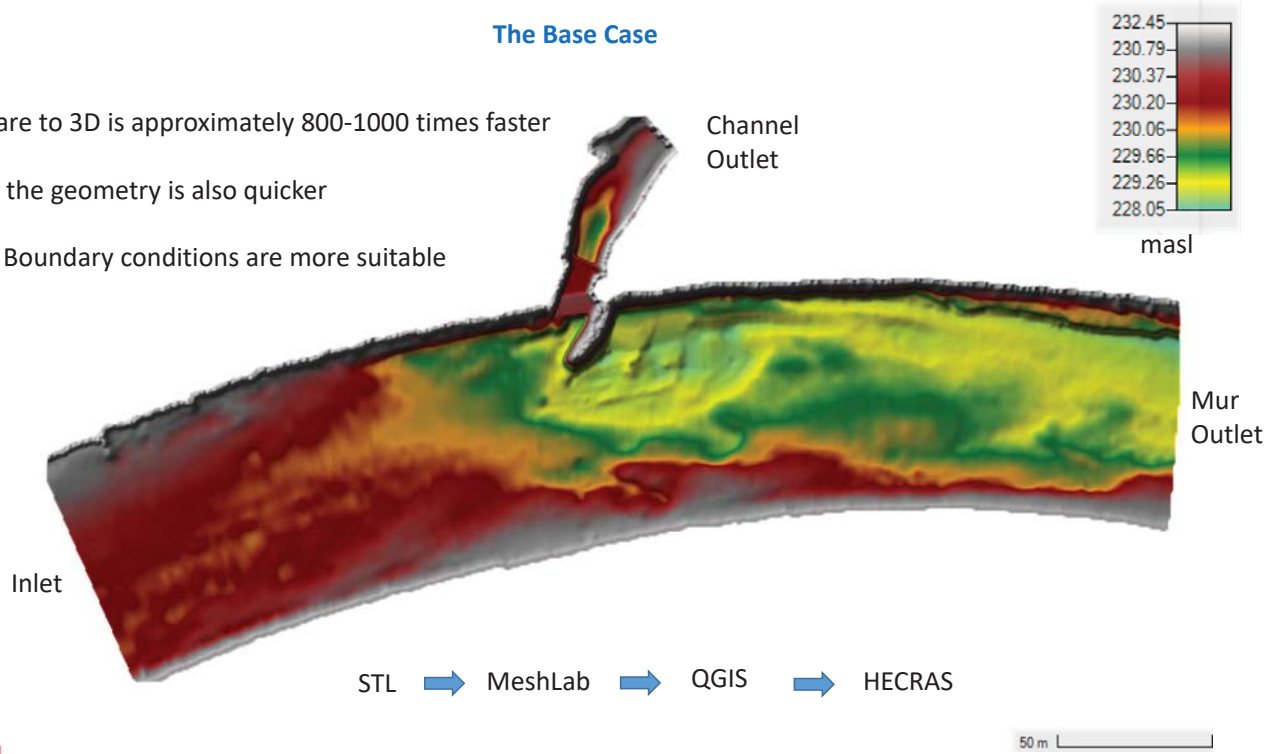
3D analyses



2D ANALYSES

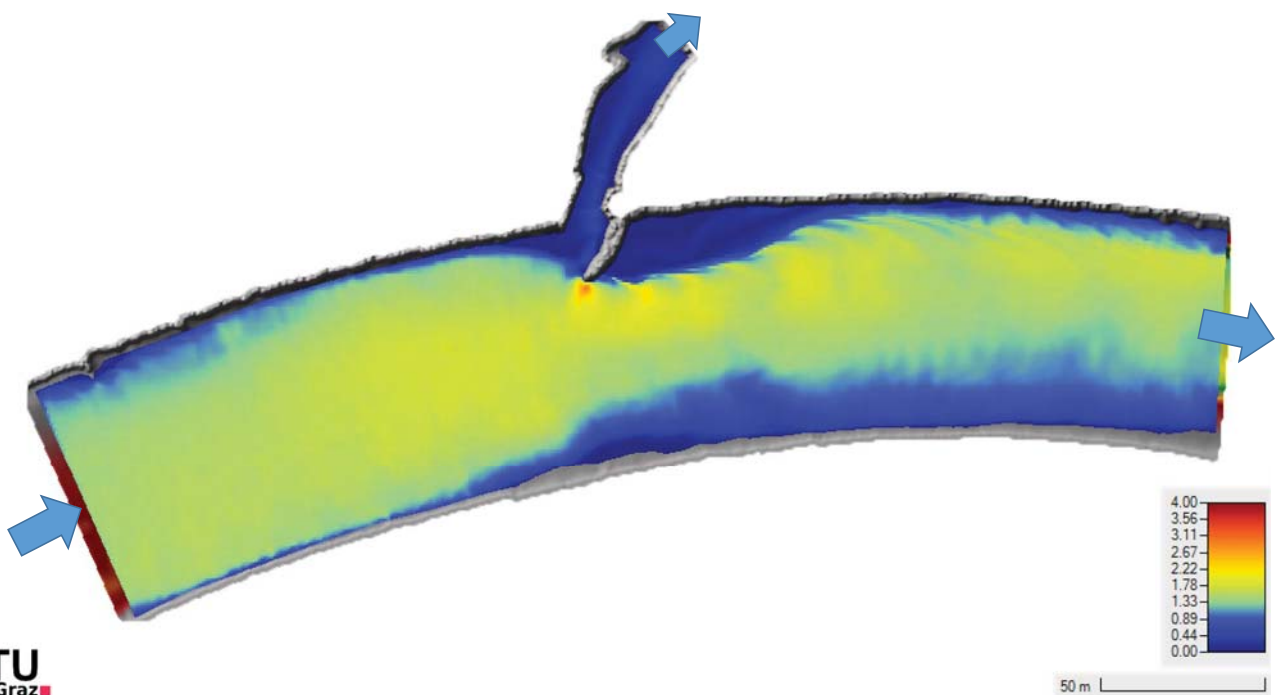
The Base Case

- 2D compare to 3D is approximately 800-1000 times faster
- Changing the geometry is also quicker
- Available Boundary conditions are more suitable



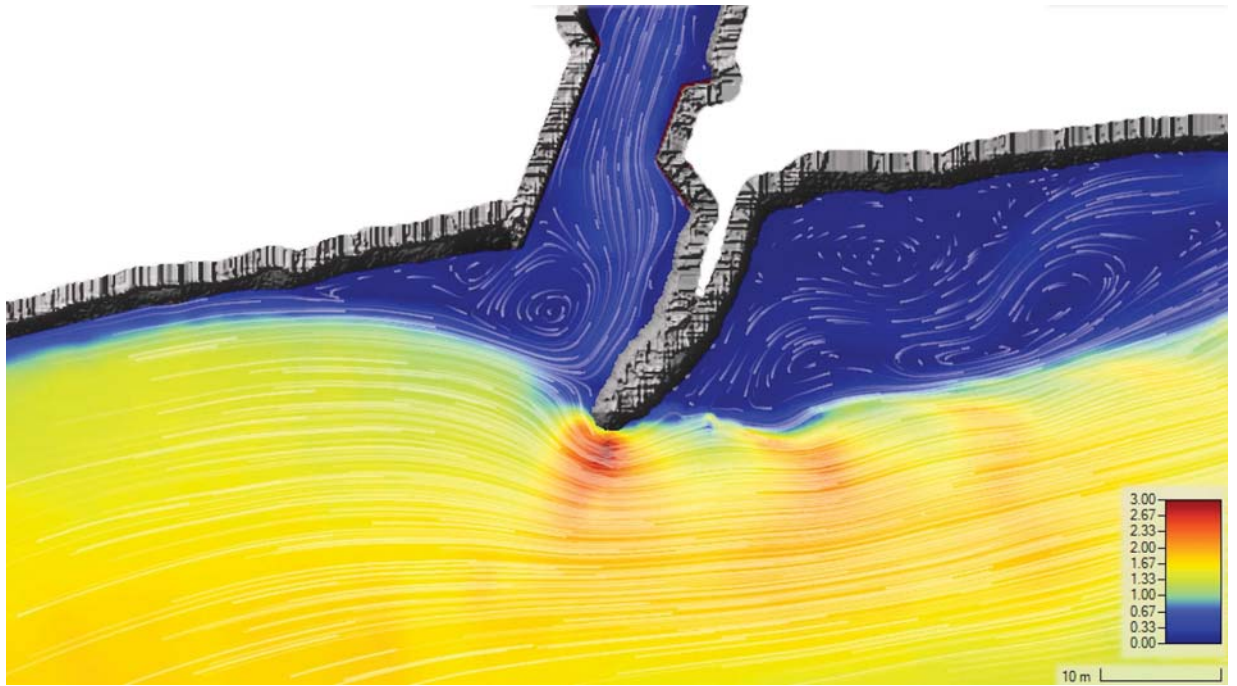
2D ANALYSES

The Base Case



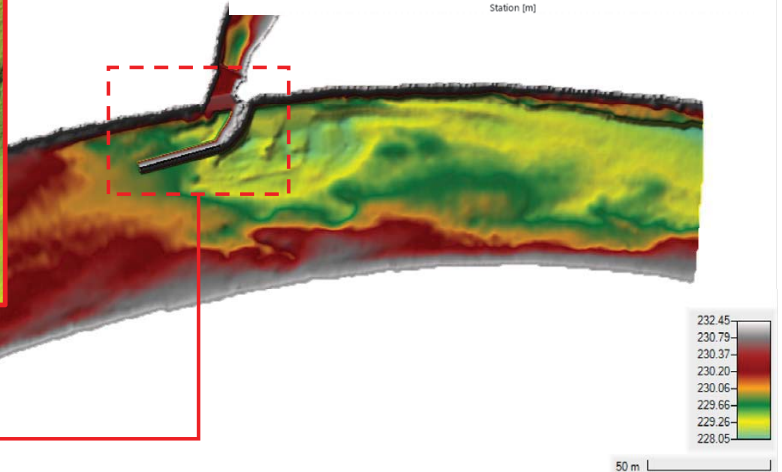
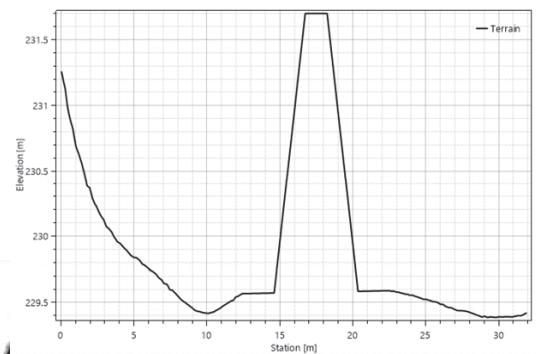
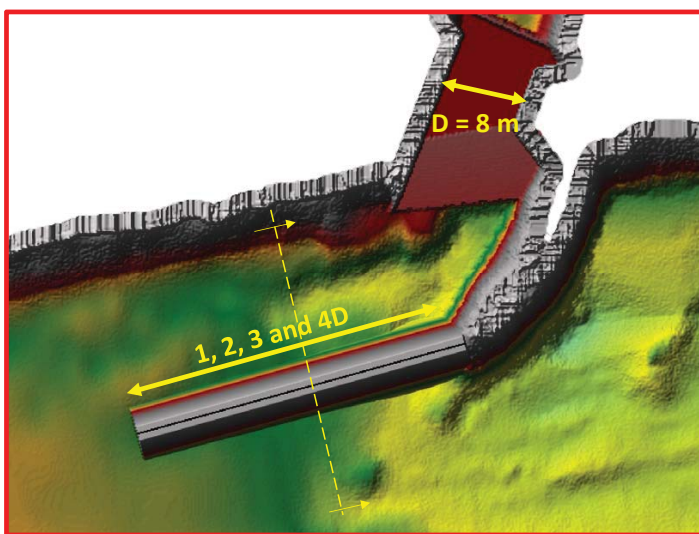
2D ANALYSES

The Base Case



2D ANALYSES

Groyne Extension

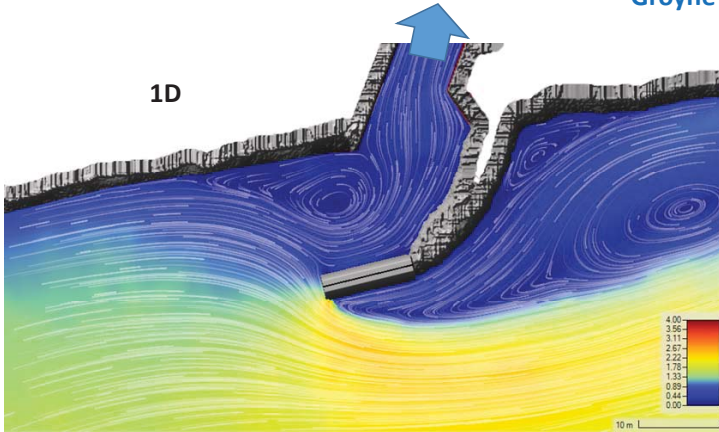


2D ANALYSES

Groyne Extension

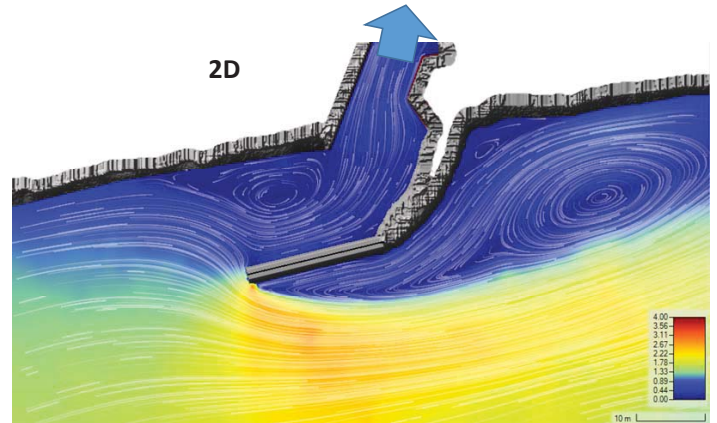
$$Q_{ch} = 2.7 \text{ m}^3/\text{s}$$

1D



$$Q_{ch} = 3.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

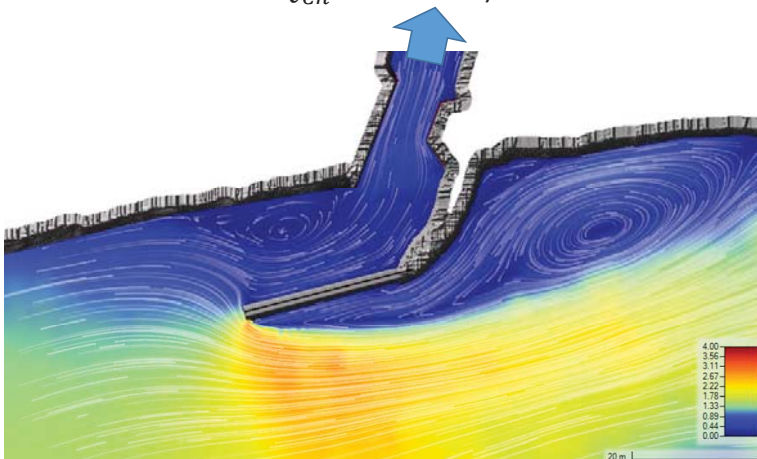
2D



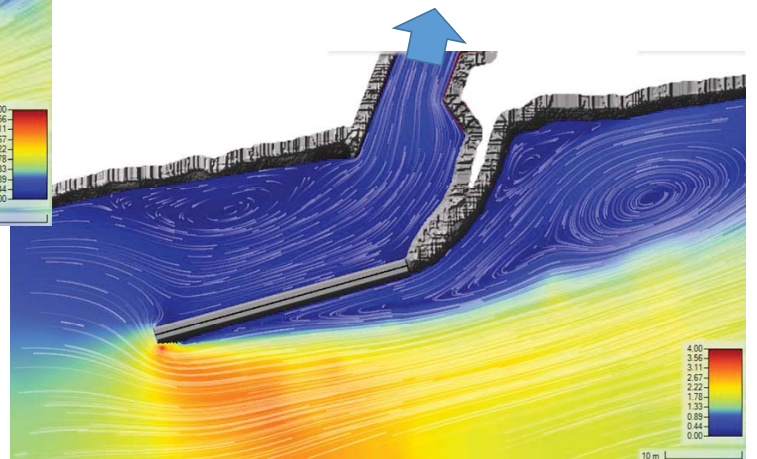
2D ANALYSES

Groyne Extension

$$Q_{ch} = 3.45 \text{ m}^3/\text{s}$$

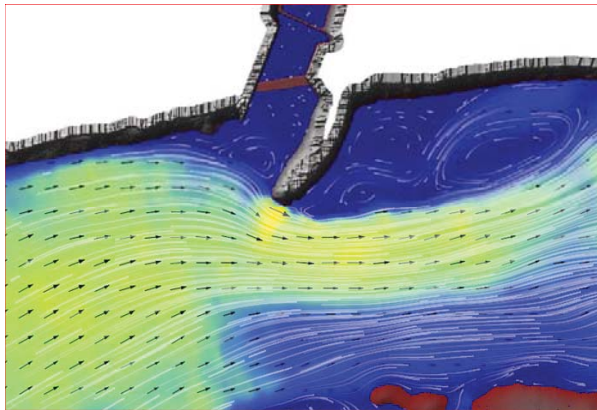
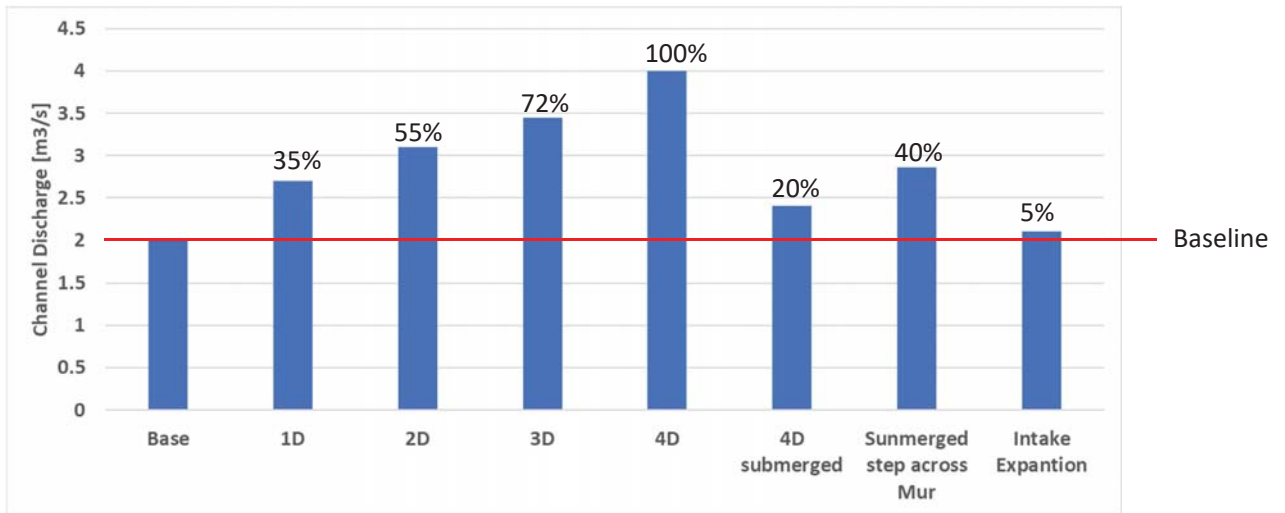


$$Q_{ch} = 4.0 \text{ m}^3/\text{s}$$



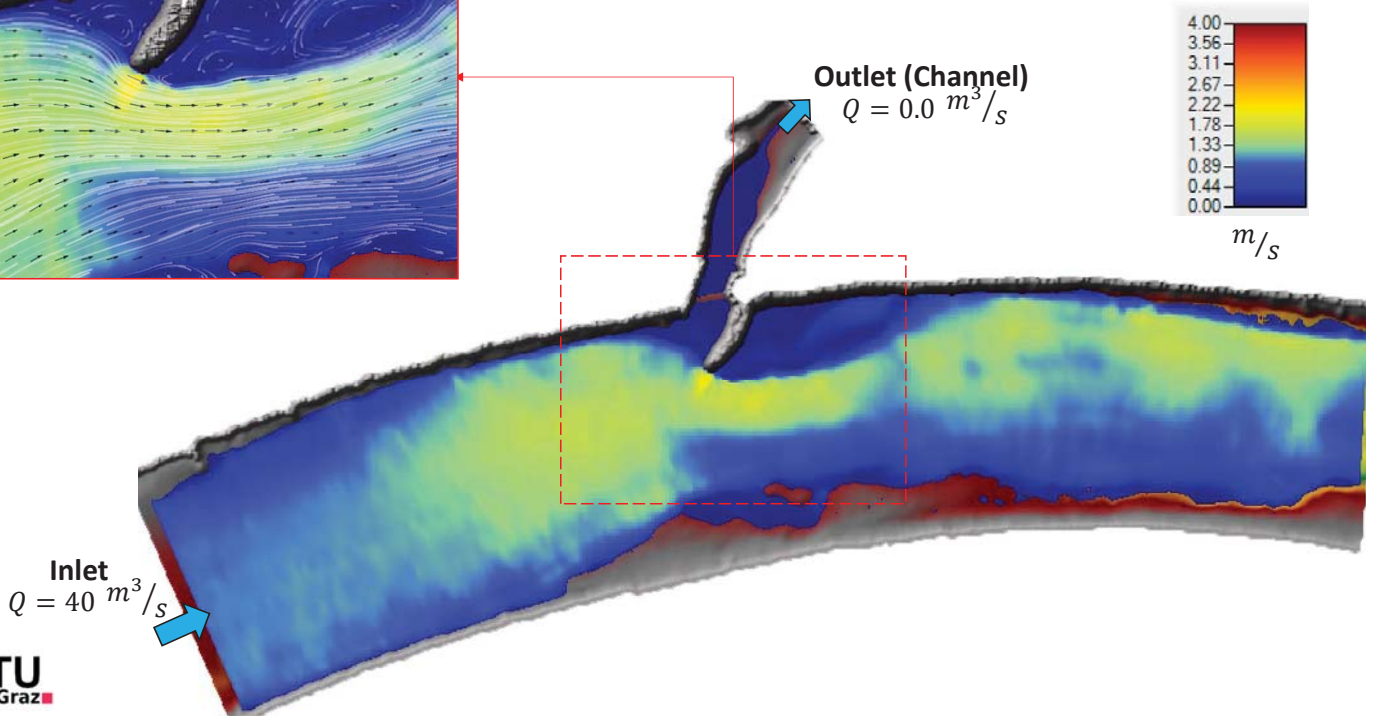
2D ANALYSES

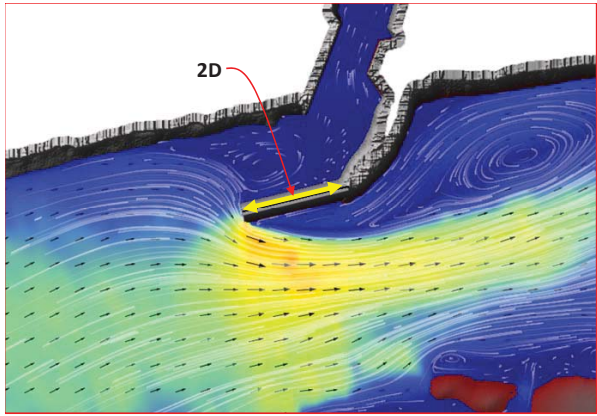
Discharges



2D ANALYSES

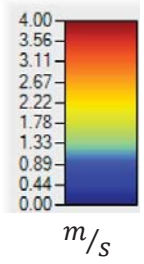
Low flow cond./Base model





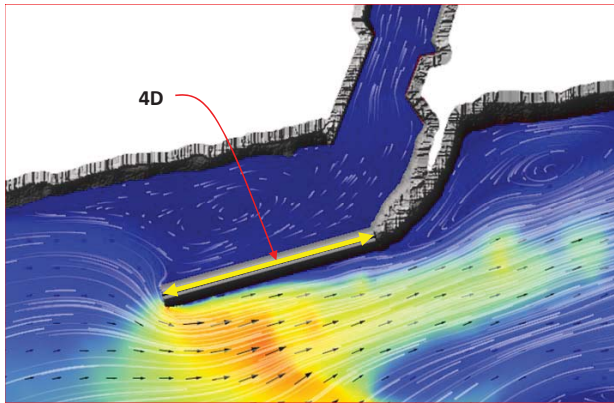
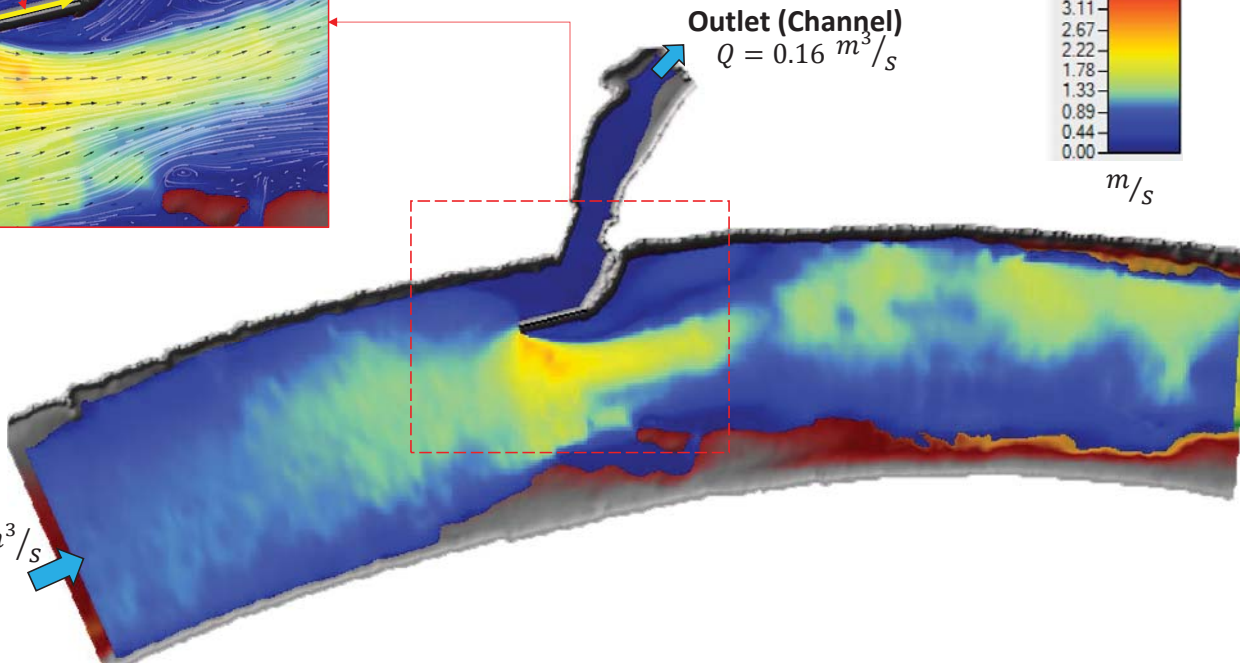
2D ANALYSES

Low flow cond./2D model



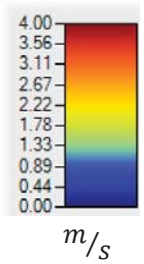
Outlet (Channel)
 $Q = 0.16 \text{ m}^3/\text{s}$

Inlet
 $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$



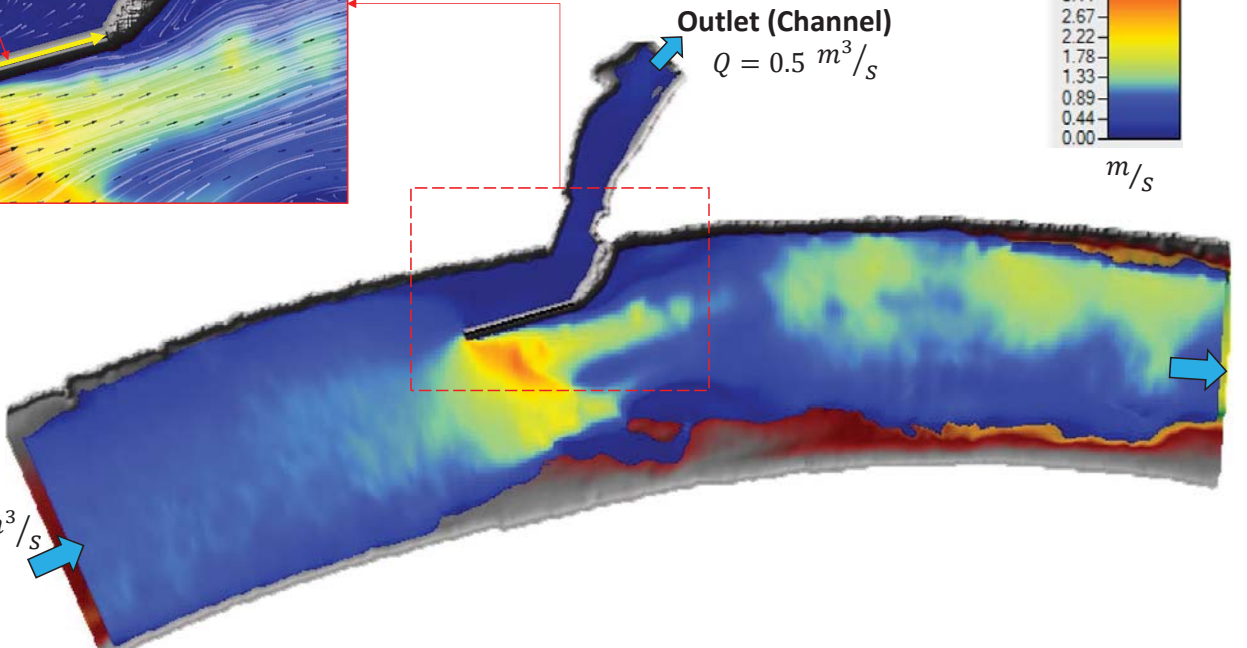
2D ANALYSES

Low flow cond./4D model



Outlet (Channel)
 $Q = 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$

Inlet
 $Q = 40 \text{ m}^3/\text{s}$

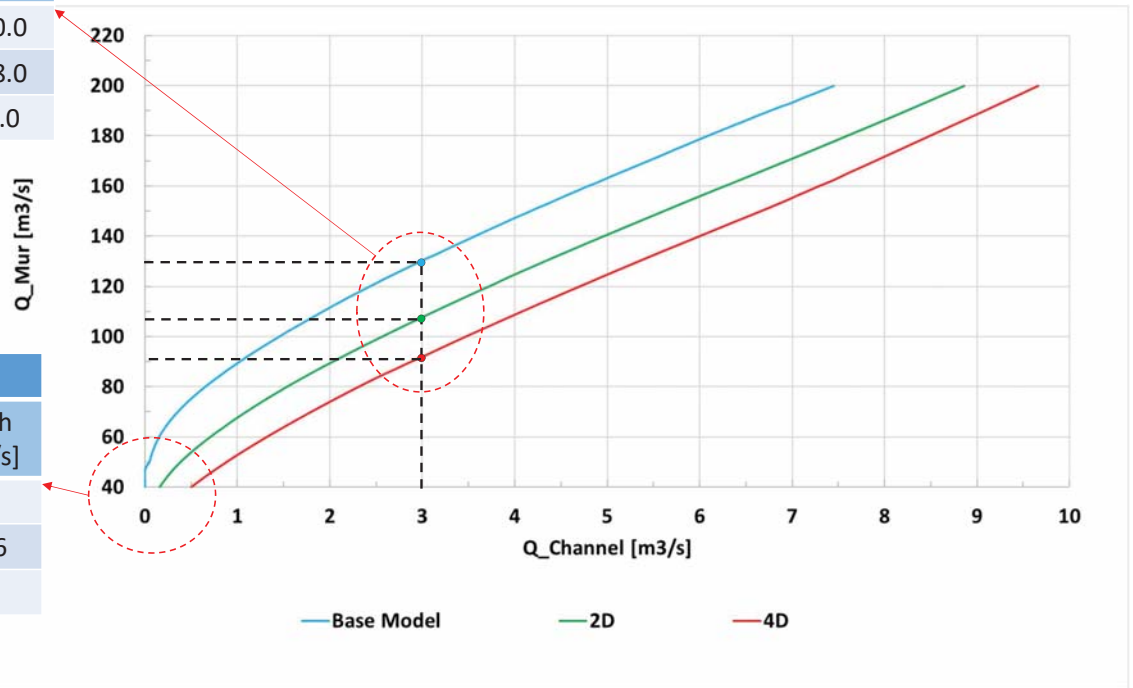


2D ANALYSES

Discharges

Q in Channel = 3.0 m ³ /s		
Case	Length [D]	Q_Mur [m ³ /s]
Base	-	130.0
M2D	2	108.0
M4D	4	91.0

Q in Mur = 40 m ³ /s		
Case	Length [D]	Q_ch [m ³ /s]
Base	-	0
M2D	2	0.16
M4D	4	0.5



SUMMARY AND CONCLUSION

- Extension of the groyne increases the discharge
- The extension:
 - In low flow conditions it increases the water level
 - In higher flow conditions it increases the water level as well as improve the inflow

- Discharges during low flow condition (40 m³/s):

- 30% reduction in min Q in Mur to achieve 3 m³/s in the channel

Q in Channel = 3.0 m ³ /s		
Case	Length [D]	Q_Mur [m ³ /s]
Base	-	130.0
M2D	2	108.0
M4D	4	91.0

-30%

Q in Mur = 40 m ³ /s		
Case	Length [D]	Q_ch [m ³ /s]
Base	-	0.00
M2D	2	0.16
M4D	4	0.50



Discussion





Numerische Berechnung Einlauf Mühlkanal – Ergebnisse

Vorstandssitzung Wasserverband Wasserversorgung Radkersburg

6. Juli 2021

Willkommen!

Dobrodošli!

Welcome!

Josef Schneider, Shervin Shahriari, Sebastian Gegenleithner

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz



PROBLEMBESCHREIBUNG UND ZIELE

Problembeschreibung

- Im Niederwasserfall der Grenzmur wird der Mühlkanal Mureck-Radkersburg mit zuwenig Wasser versorgt
- Aus ökologischen und wirtschaftlichen Gründen sollte ein konstanter Zufluss von **3.0 m³/s** gewährleistet sein

Ziele der numerischen Untersuchungen

- Die Ist-Situation des Zuflusses mittels numerischer Modellierung auf Basis von Naturmessungen wird evaluiert
- Konstruktive Maßnahmen werden entwickelt, um den Zufluss von **3.0 m³/s** während der meisten Zeit im Jahr zu ermöglichen

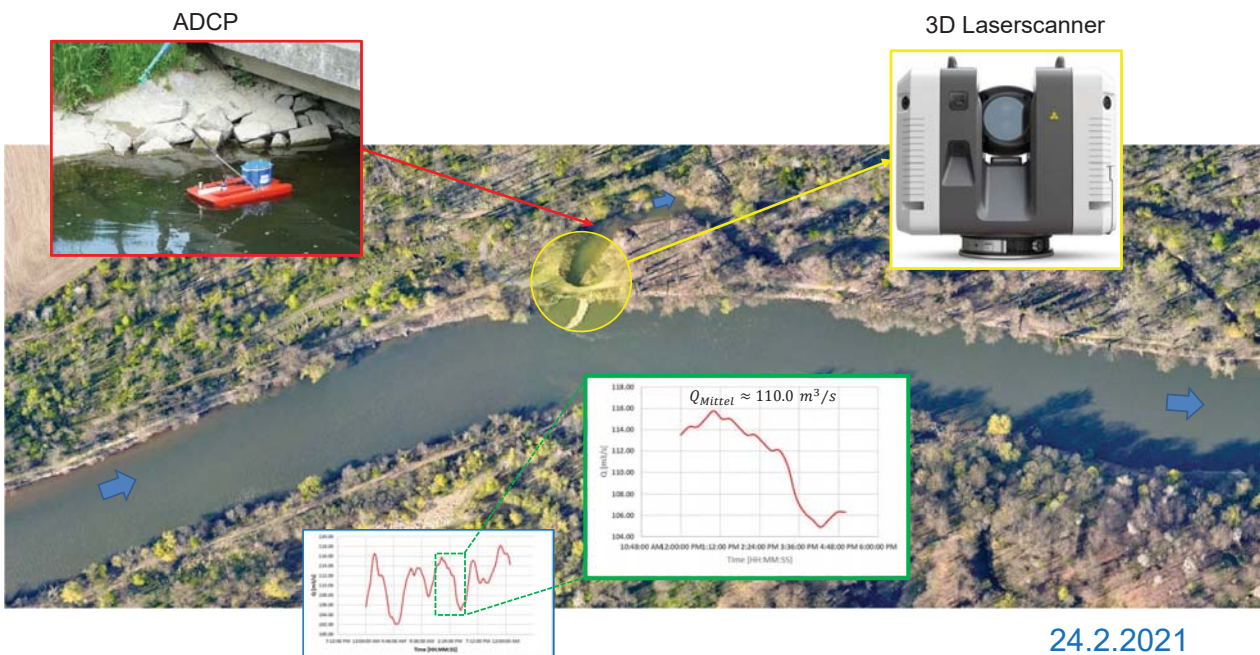
PROJEKTSGEBIET - ÜBERSICHT



6. Juli 2021

3

MESSUNGEN



6. Juli 2021

4

ADCP MESSUNGEN

- **A**coustic **D**oppler **C**urrent **P**rofiler
Messungen - StreamPro
- Messungen im Einlaufbereich
und Mühlkanal
- Bestimmung
 - Fließgeschwindigkeiten
 - Durchfluss
 - Sohlage
an definierten Querprofilen
- 2 Messkampagnen



6. Juli 2021

5

ADCP MESSUNGEN

- **ADCP** an 13 Querprofilen
- **Verschluss** vollständig geöffnet
während der Messungen
- Messungen mittels Boot, Jahreszeit
günstig



6. Juli 2021

6

3D LASERSCAN

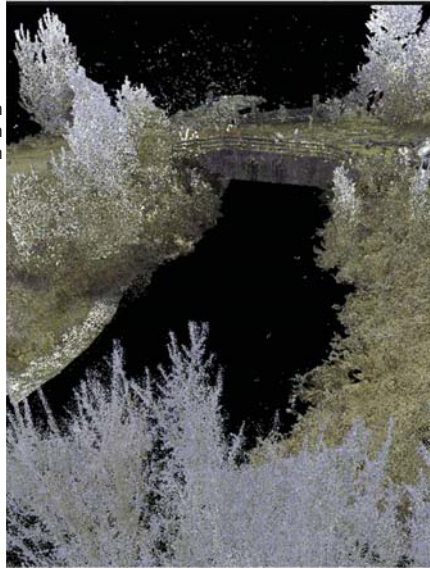
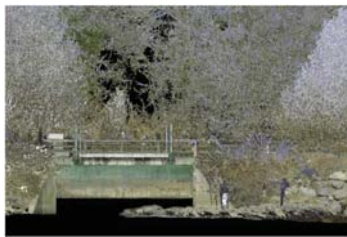


Leica RTC360

Genauigkeit

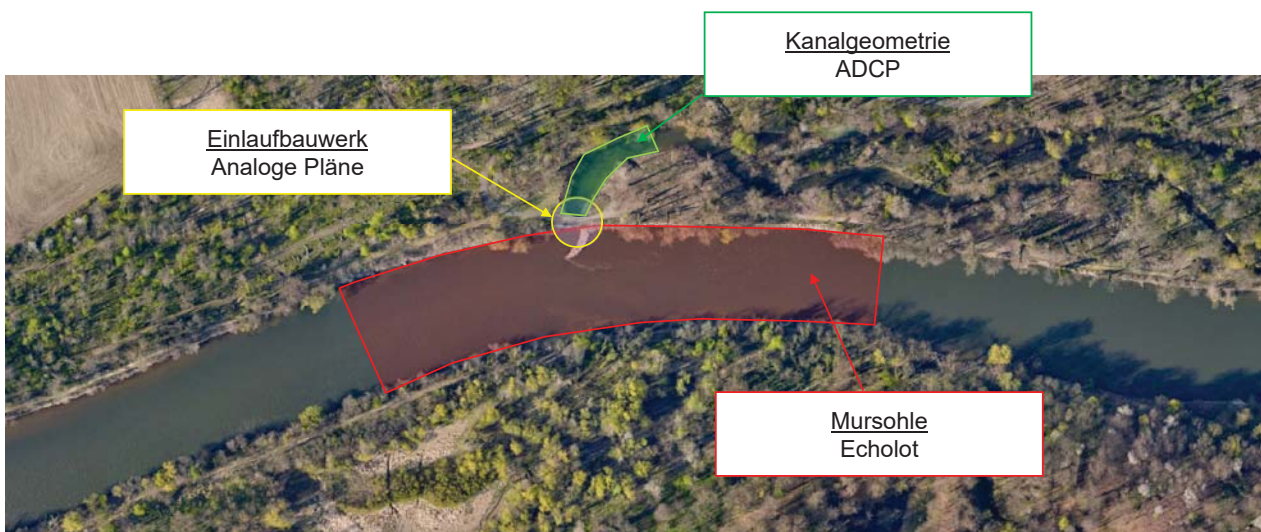
- 1.9 mm bei 10 m
- 2.9 mm bei 20 m
- 5.3 mm bei 40 m

Mehr als 70 Millionen
gemessene Punkte,
22 Standorte

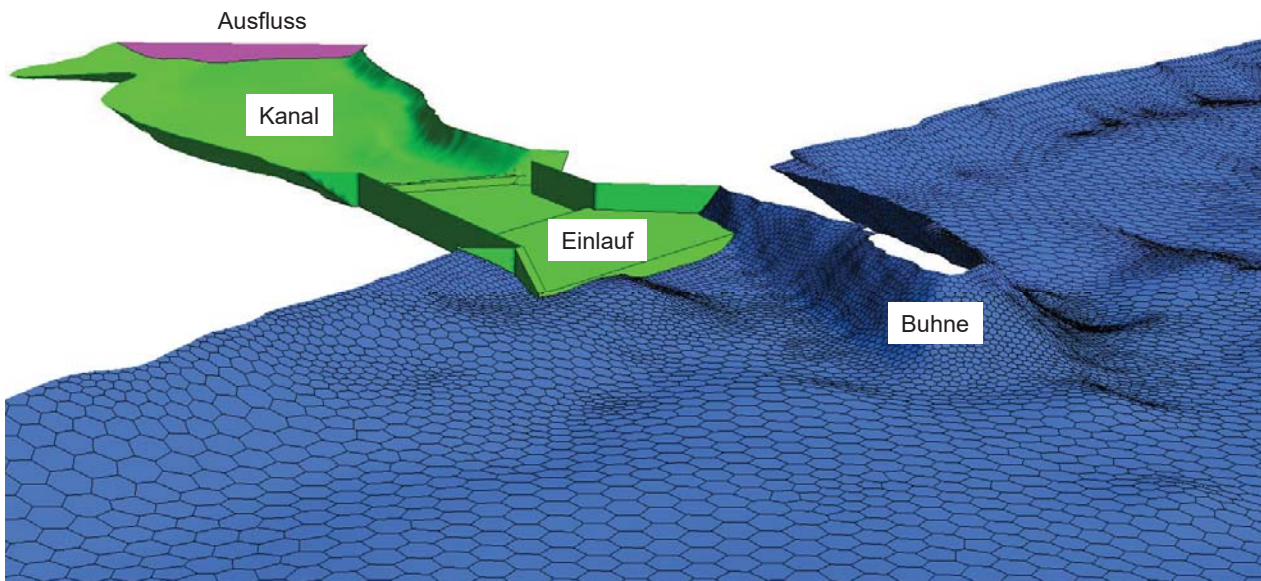


Bestimmung der Wasseranslagslinien

3D GEOMETRIE FÜR NUMERISCHES MODELL



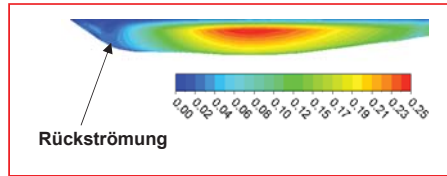
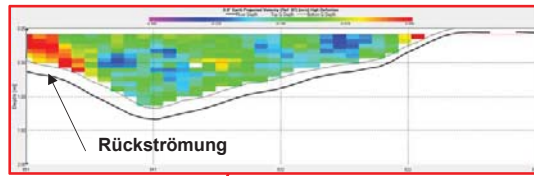
3D GEOMETRIE FÜR NUMERISCHES MODELL



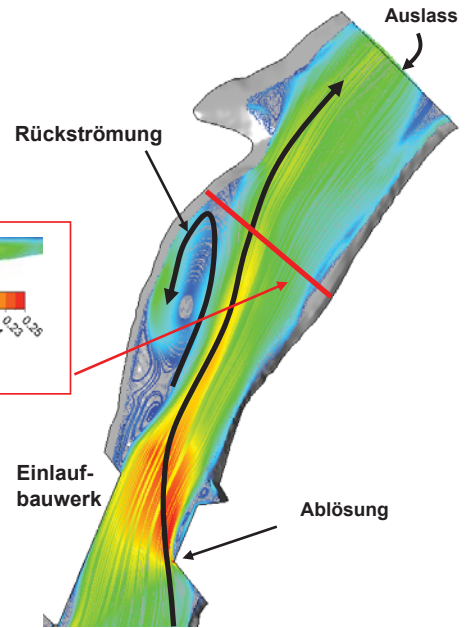
STRÖMUNGSBILD IST-SITUATION



IST-SITUATION - KANAL

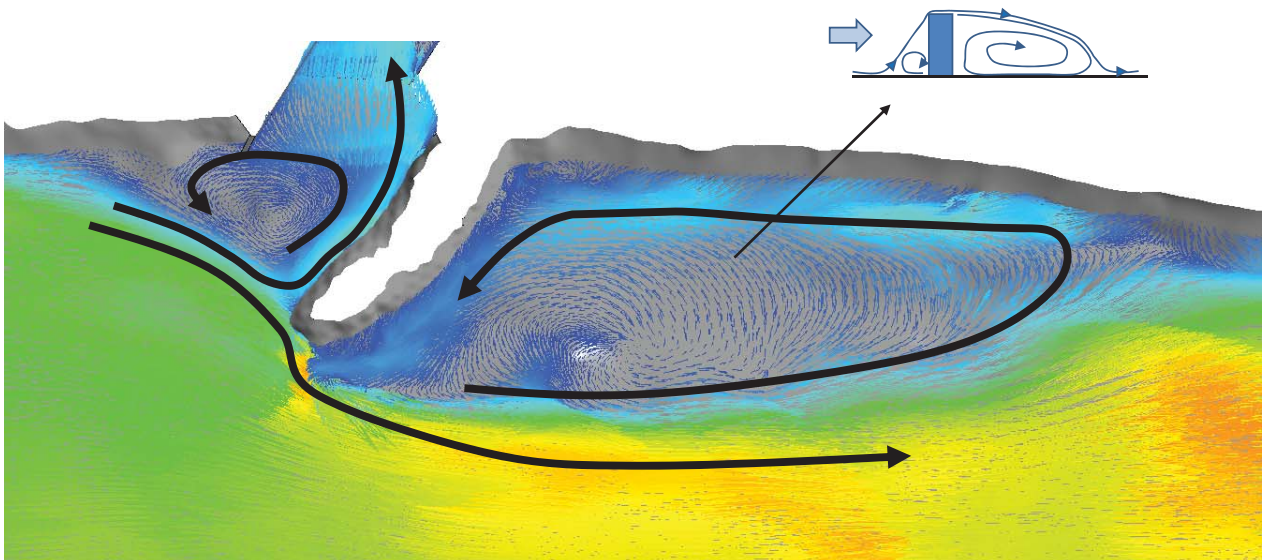


Messung

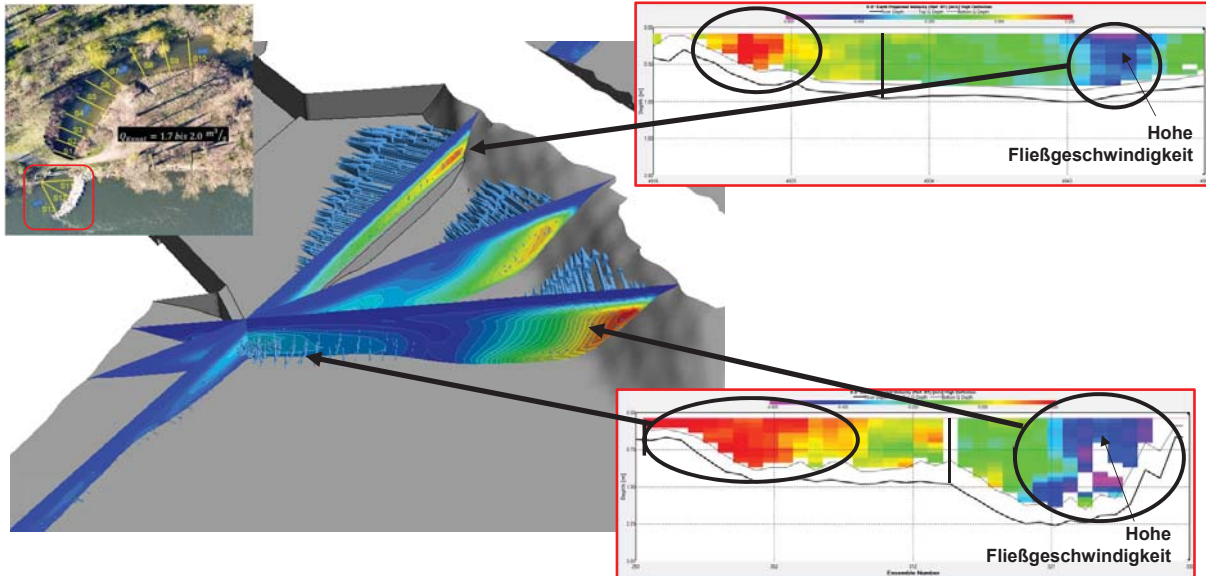


Numerik

STRÖMUNGSBILD IST-SITUATION



STRÖMUNGSBILD IST-SITUATION



Numerik

Messung

6. Juli 2021

13

MÖGLICHE LÖSUNGEN

1. Verlängerung der Buhne ins Oberwasser
 - 0D: Ist
 - 1D: 8m
 - 2D: 16m
 - 4D: 32m
2. Überströmte Sohlschwelle
3. Entschärfung Einlaufbauwerk
4. Baggerungen

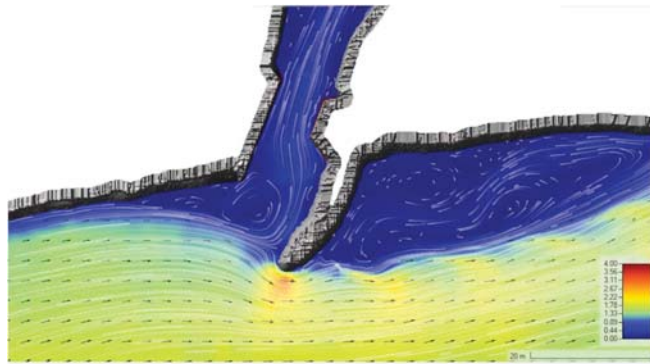
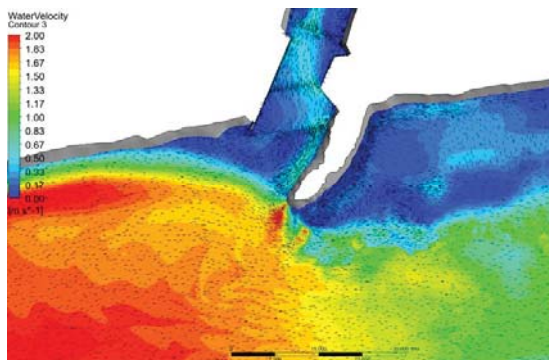
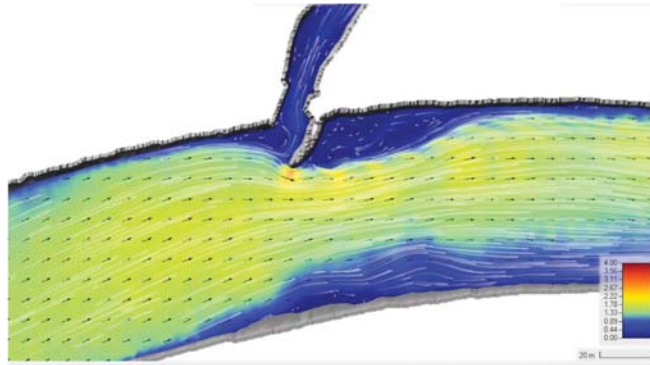


6. Juli 2021

14

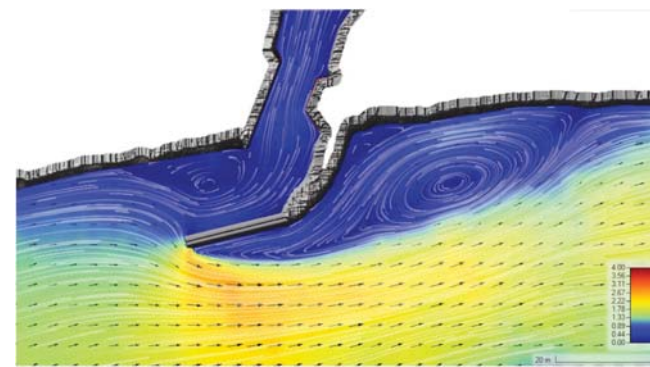
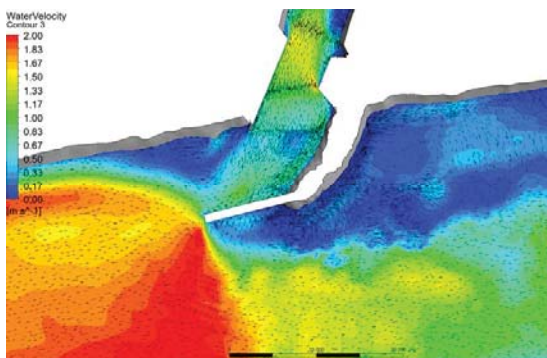
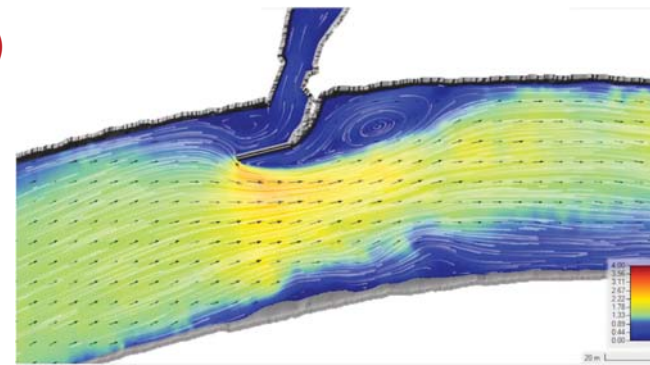
IST-SITUATION (0D)

1. Q_{Mur} : 110 m³/s
2. Q_{Kanal} : 1,7-2 m³/s



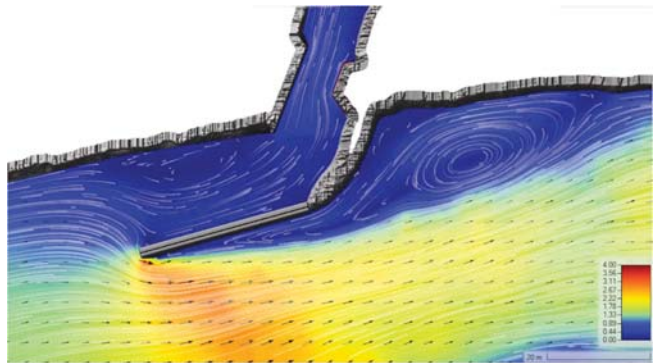
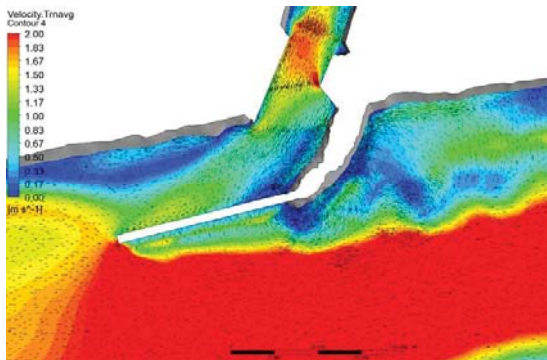
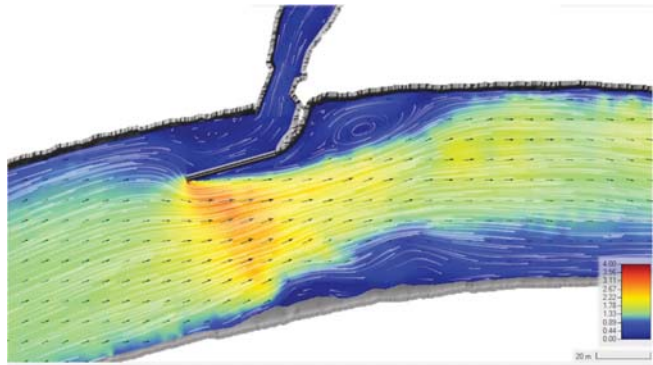
VERLÄNGERUNG (2D)

1. Q_{Mur} : 110 m³/s
2. Q_{Kanal} : 3,1 m³/s



VERLÄNGERUNG (4D)

1. Q_{Mur} : 110 m³/s
2. Q_{Kanal} : 4,0 m³/s



6. Juli 2021

17

ZUSAMMENFASSUNG VERLÄNGERUNG



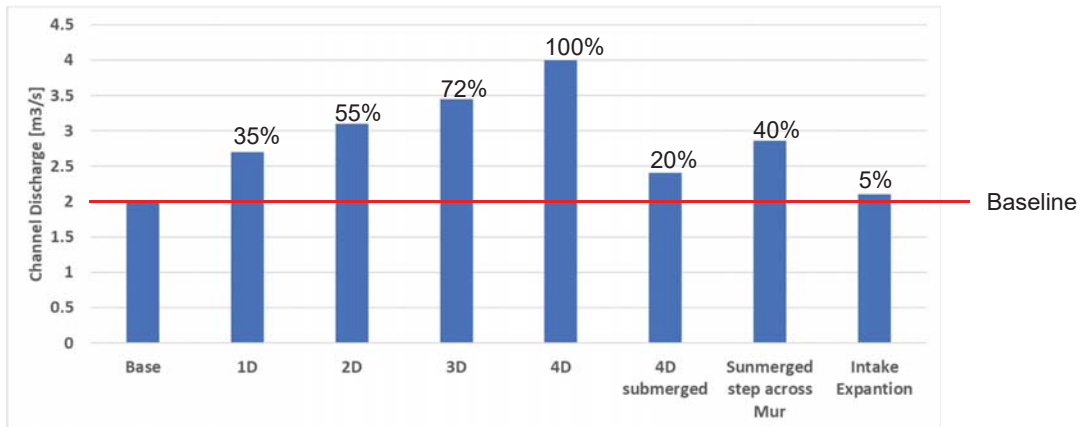
Lastfall	Länge [m]	Q [m ³ /s]
IST	-	1,7
1D	8	2,7
2D	16	3,1
3D	24	3,45
4D	32	4,0

Bei Q_{Mur} : 110 m³/s!!

6. Juli 2021

18

ZUSAMMENFASSUNG ALLE VARIANTEN

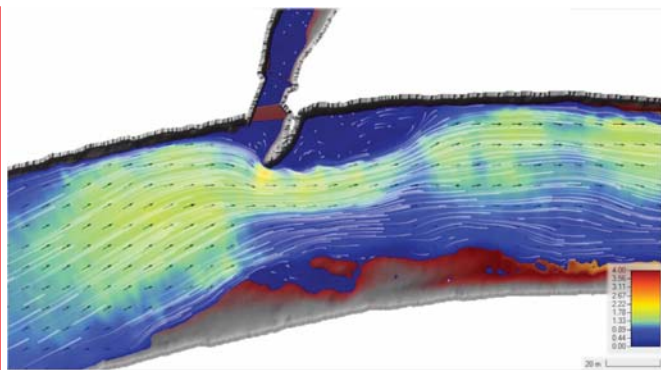
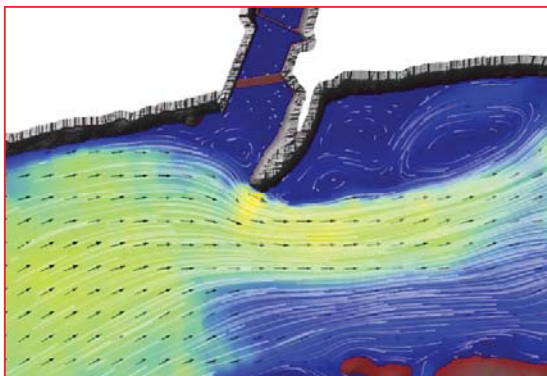


Bei Q_{Mur} : 110 m³/s!!

Bei Q_{mur} = min??

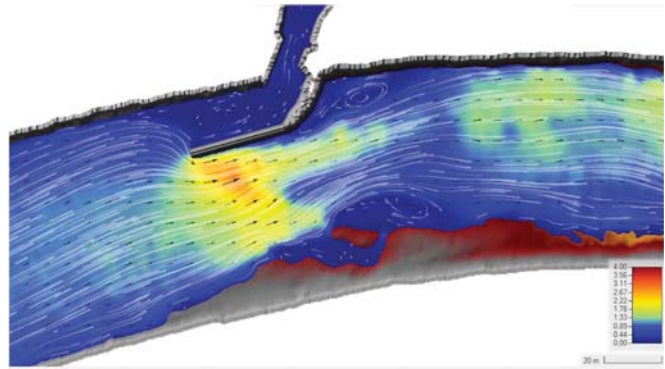
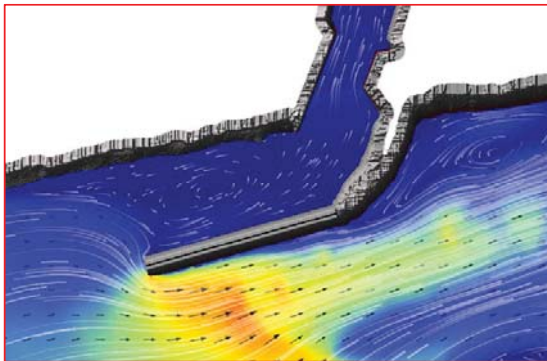
IST-SITUATION (0D)

1. Q_{Mur} : 40 m³/s
2. Q_{Kanal} : 0 m³/s



VERLÄNGERUNG (4D)

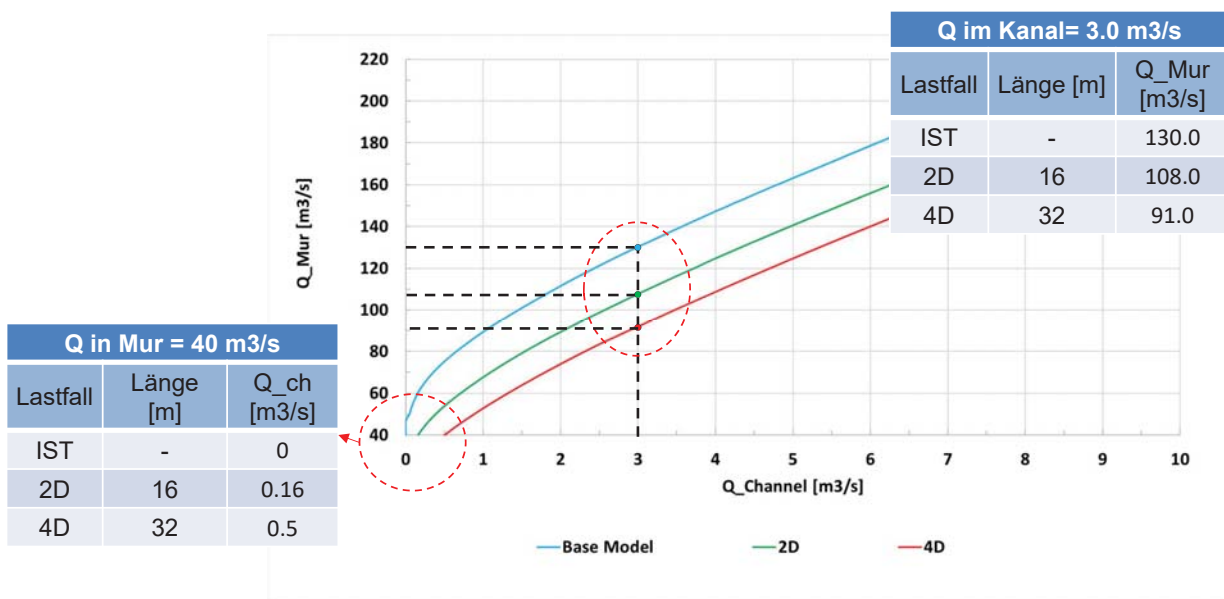
1. $Q_{\text{Mur}}: 40 \text{ m}^3/\text{s}$
2. $Q_{\text{Kanal}}: 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$



6. Juli 2021

21

ZUSAMMENFASSUNG



6. Juli 2021

22

ZUSAMMENFASSUNG

- Verlängerung der Buhne erhöht den Zufluss in den Kanal
- Die Verlängerung
 - erhöht während Niedrigwasserzeiten den Wasserstand und
 - bei größeren Abflüssen in der Mur den Wasserstand sowie den Zufluss

- Zuflüsse während Niedrigwasserzeiten (40 m³/s):

Q in Mur = 40 m ³ /s		
Lastfall	Länge [m]	Q_ch [m ³ /s]
IST	-	0.00
2D	16	0.16
4D	32	0.50

- 30% geringerer Abfluss in der Mur notwendig, um 3 m³/s im Kanal zu gewährleisten

Q im Kanal = 3.0 m ³ /s		
Lastfall	Länge [m]	Q_Mur [m ³ /s]
IST	-	130.0
2D	16	108.0
4D	32	91.0

-30%

Vielen Dank!
Hvala!
Thank you!



Josef Schneider
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
TU Graz

www.gomurra.eu



www.gomurra.eu



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

Projektpartner



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR
DIREKCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA VODE



Das Land
Steiermark
→ Wasserwirtschaft



Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE



Das Land
Steiermark
→ Katastrophenschutz
und Landesverteidigung



OBČINA
GORNJA RADGONA



Stadtgemeinde
Bad Radkersburg



Das Projekt goMURra (SIAT250) wird im Rahmen des Kooperationsprogramms Interreg V-A Slowenien-Österreich vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung gefördert