Erneuerung und Optimierung von Wasserkraftanlagen

Gerald Zenz
Josef Schneider, Alfred Hammer

Inhalt

Anlagen – Bau / erster Anlagen –
Lebensdauer – 100 Jahre und mehr

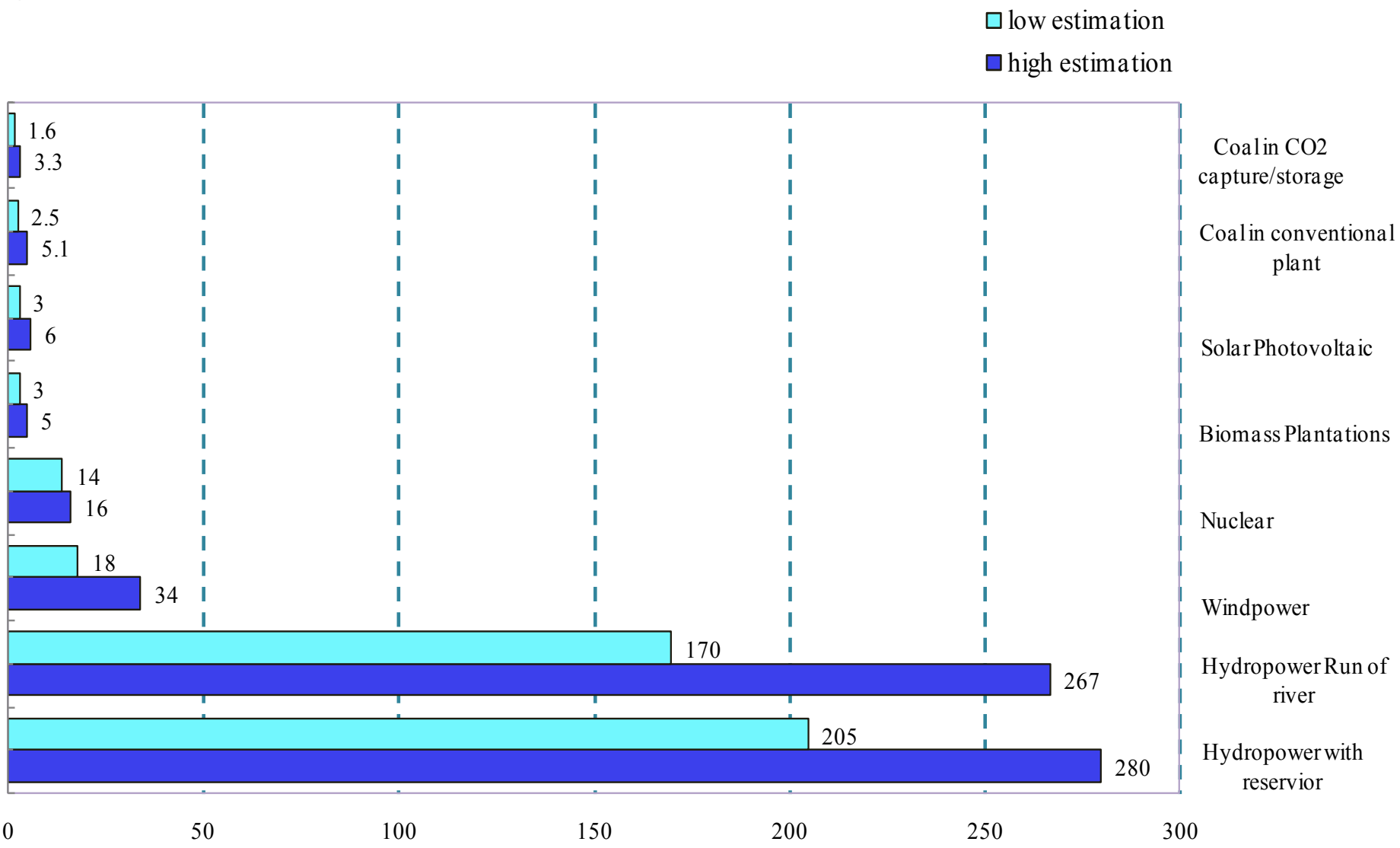
Wasserrecht – Wiederverleihung
Stand der Technik
Neubau - Zusätzliche Potentiale zu nutzen

Durchgängigkeit
- Morphologie, Verlandung
- Ökologisch - Fischdurchgängigkeit

Nutzung
- Hydraulische Verbesserung Anströmung

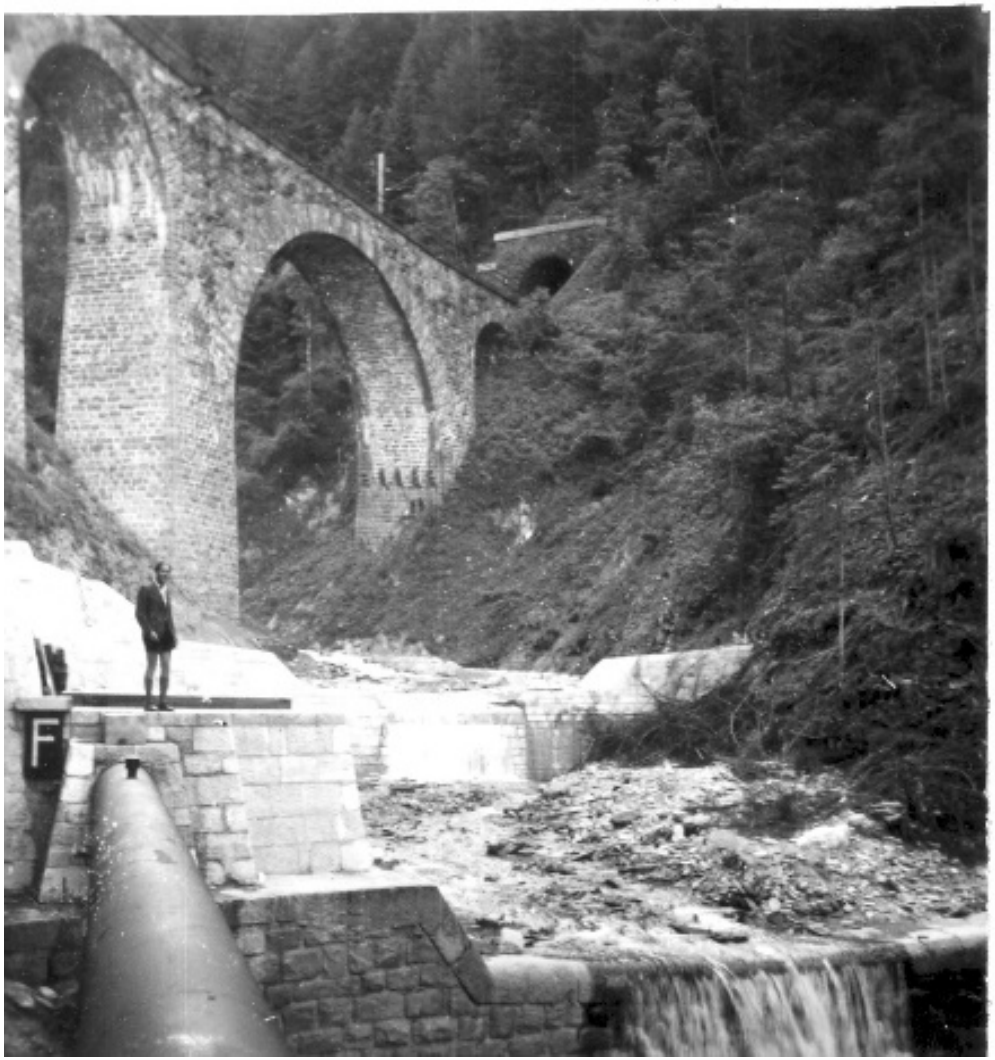
Erneuerung

Energieeffizienz



Source: Hydro Quebec; CHINCOLD – J. Jia

Ausbau der Wasserkraft – Bahnausbau – Infrastruktur - Generationenvertrag



Anlagen

Bau / erste Anlagen –

Lebensdauer – 100 Jahre und weit darüber hinaus

Wasserrecht – Wiederverleihung –

Stand der Technik

Potentiale –

Verlandung

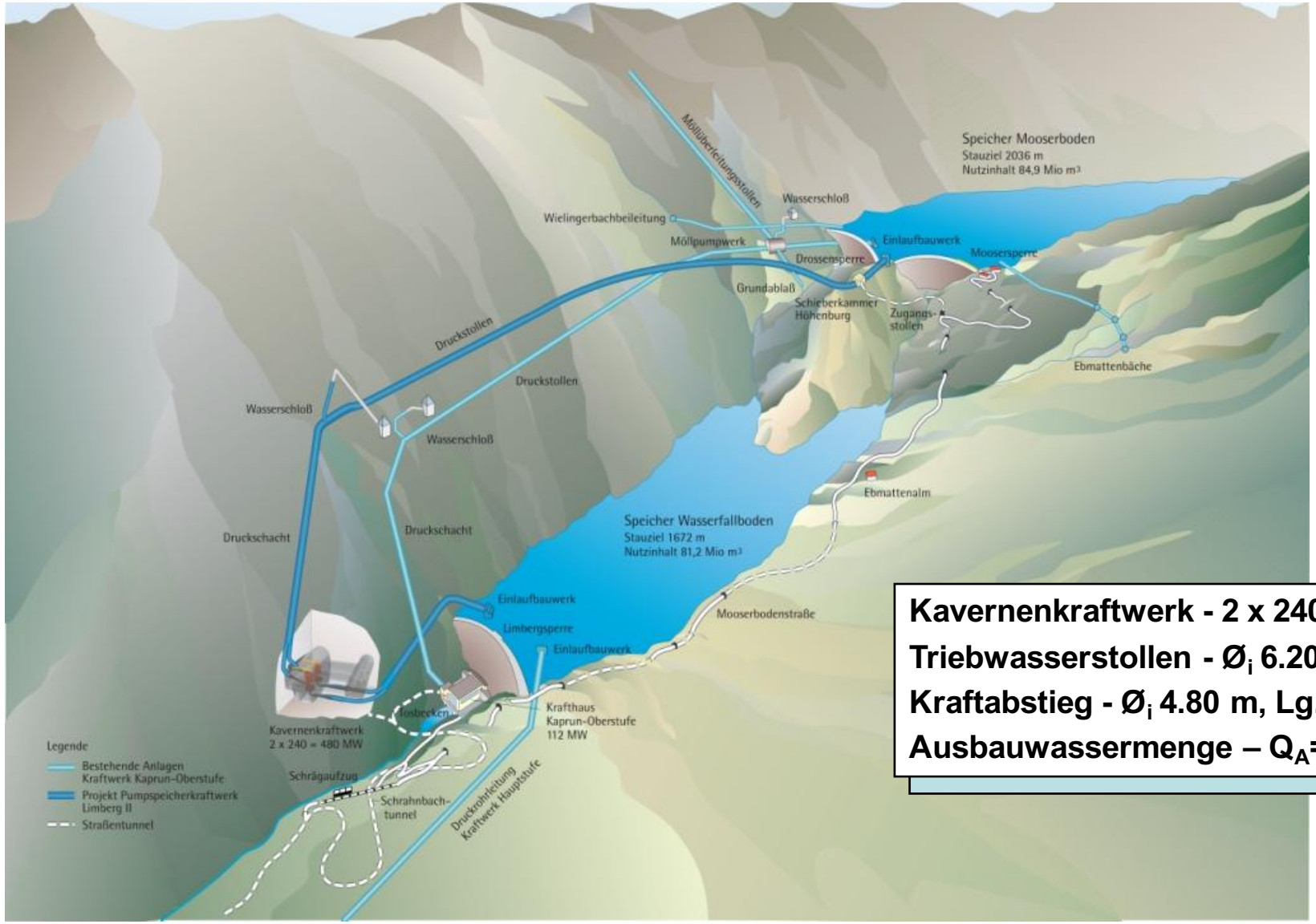
Anströmung

Nutzung

Ausbau der Wasserkraft - 1949

Wasserkraft – Speicher zum „Bespeichern“ bereit - 2005

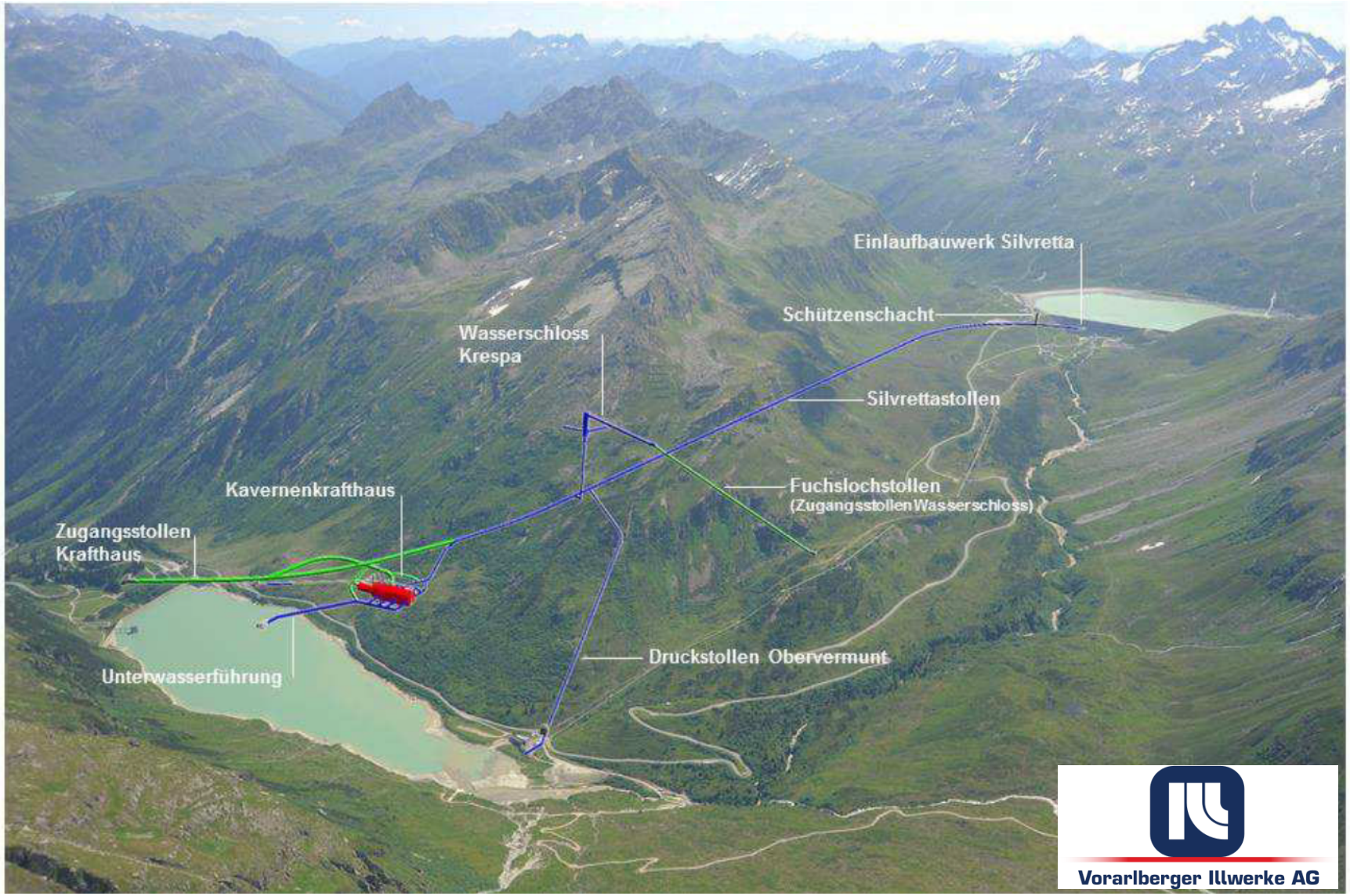
Triebwasserweg



Kavernenkraftwerk - 2 x 240 MW
Triebwasserstollen - $Ø_i$ 6.20 m, Lg. 4km
Kraftabstieg - $Ø_i$ 4.80 m, Lg. 0.6 km
Ausbauwassermenge – Q_A=144m³/s

Ausbau der Wasserkraft - 1949

Pumpspeicherkraftwerk - Obervermunt II



Arbeitsleistung – Aufbau – *Zeitalter der Baumeister*

Hoher Ausbaugrad

Höchste Verfügbarkeit

Volkswirtschaftlich

Nachhaltig

Umweltschonend – Verhältnismäßigkeit

Wiederverleihung / Erneuerung – Stand der Technik

Ökonomische Randbedingungen

Anlagen und Leistung

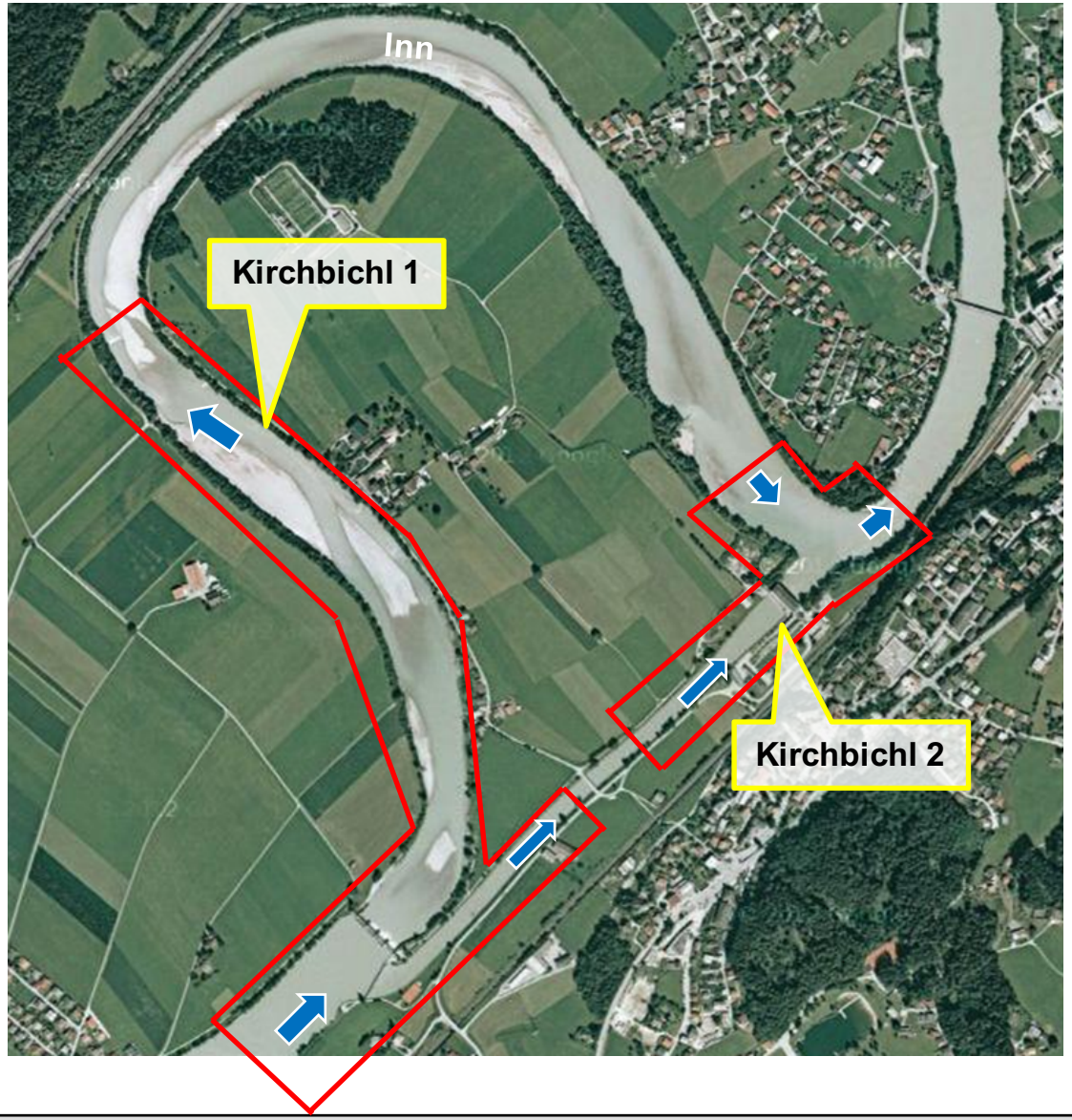
	Maximum Capacity	Number plants	% Number	GWh	% total
Small hydro-power	< 200 kW	1442	63	337	0,8
	200 - 500 kW	292	13	385	0,9
	500 kW–1 MW	184	8	468	1,1
	1 – 2 MW	118	5	598	1,4
	2 – 5 MW	73	3	745	1,8
	5 – 10 MW	34	1	881	2,1
	total	*2143*	*93*	*3414*	*8,1*
Large	> 10 MW	156	7	38000	91
TOTAL		***2299****	***100***	***41000***	***100***

*** > additionally very small plants (only private supply) to be added**

Grosse Wasserkraftanlagen –
Ökologische Begleitmaßnahmen, Verhältnismäßigkeit

lebensministerium.at

Anpassung – Stand der Technik - Ausbau



KIRCHBICHL 1

Innschleife Fluss-Km 232,040 – 233,731

Triebwasserkanal Km 0,000 – 0,546

Wehranlage mit Doppelhakenschütz, Floßgasse, Dotierkraftwerk, Hochwasserentlastung

KIRCHBICHL 2

Innschleife Fluss-Km 229,508 – 230,327

Triebwasserkanal Km 0,740 – 1,034

Krafthaus mit 4 Turbinen

Hochwasserentlastung (Segment mit Klappe)

Hydraulische Modellversuche

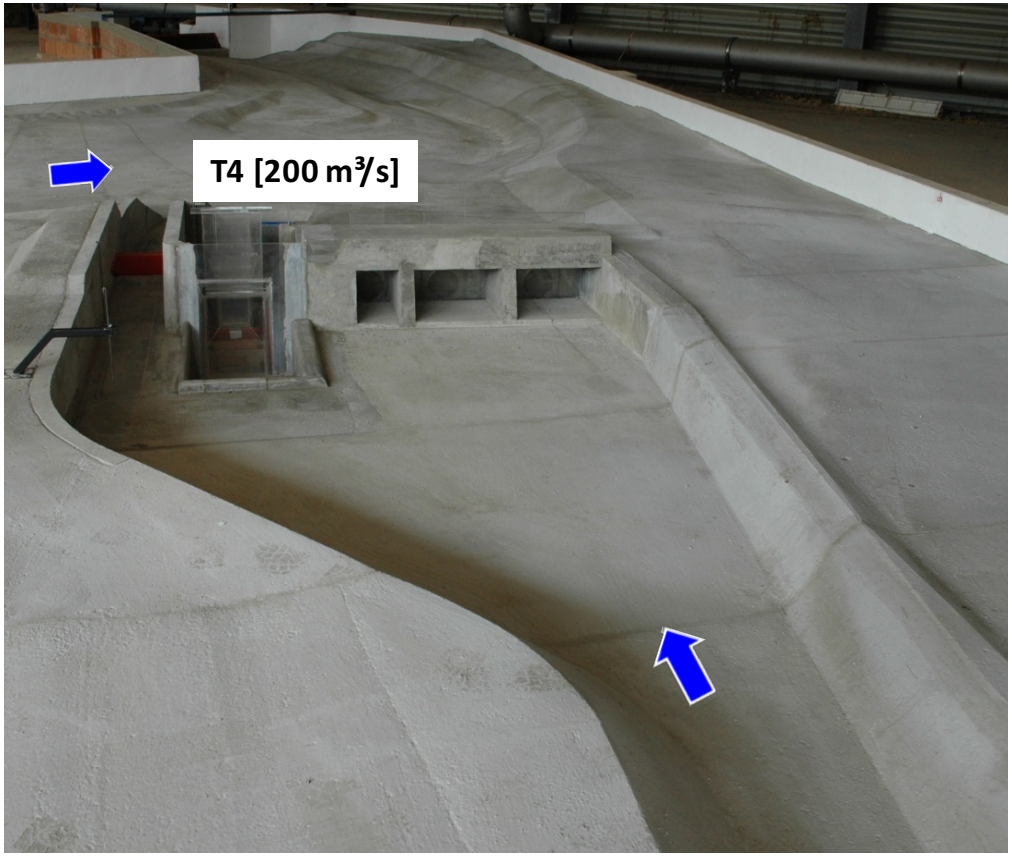
Ökologische Verbesserung Anlagen

- Neu zu errichtendes Dotierkraftwerk mit 13 m³/s Betriebswassermenge
- Fischwanderhilfe als natürliches Umgehungsgerinne mit 2 m³/s Abfluss

Hochwasserabflüsse

- HQ_{30} = 2.011 m³/s
- HQ_{100} = 2.374 m³/s
- HQ_{1000} = 3.100 m³/s

Generelle Projektdaten



- Bestandskraftwerk: 3 vertikalachsige Kaplan-Maschinensätze
- Installierung einer Rohrturbine linksseitig des Bestandskraftwerks

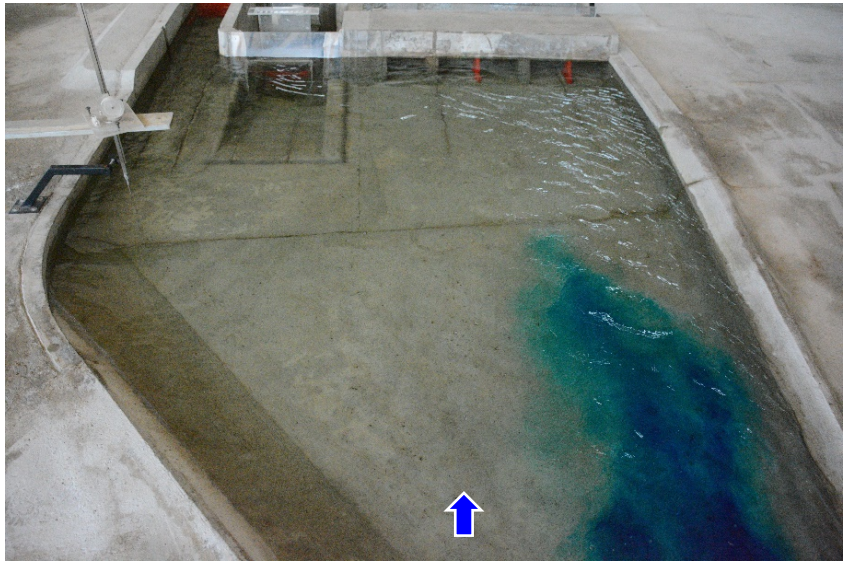
- Erhöhung der Ausbauwassermenge von $Q_{A,Bestand}$ = 250 m³/s auf Q_A = 484 m³/s
- Erhöhung der Ausbauleistung von rund 25MW auf 44MW
- Erhöhung des Jahresarbeitsvermögens von 131GWh auf bis zu 171GWh

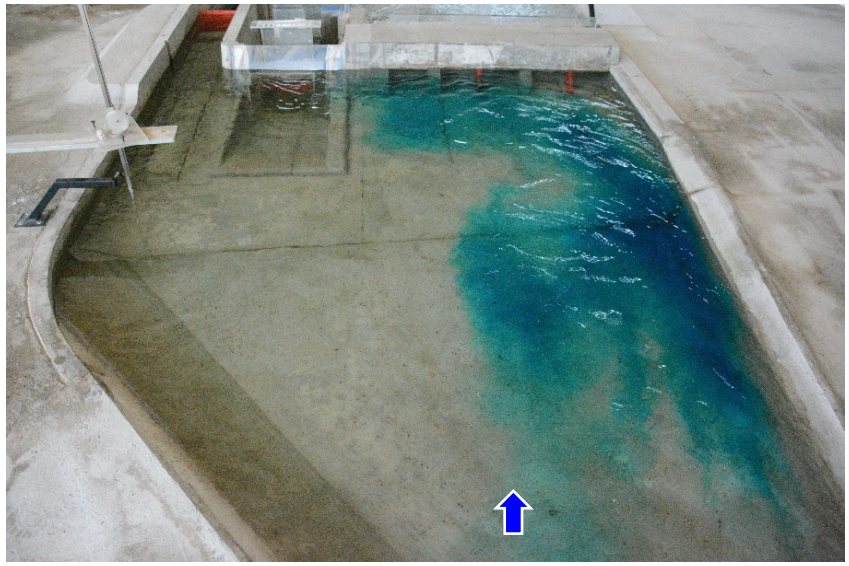
- Neues Hochwasserentlastungsbauwerk mit 600 m³/s Abfuhrvermögen

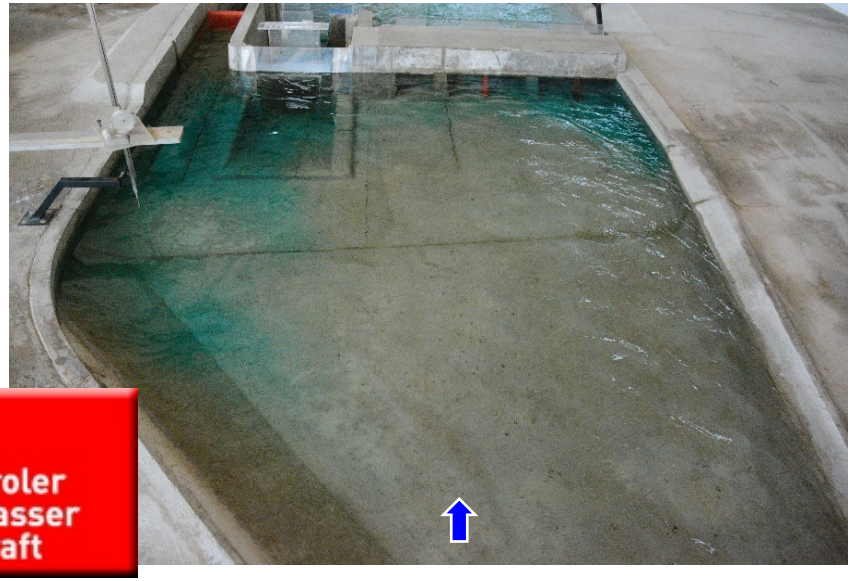
  (orog. links des Bestandskraftwerkes)

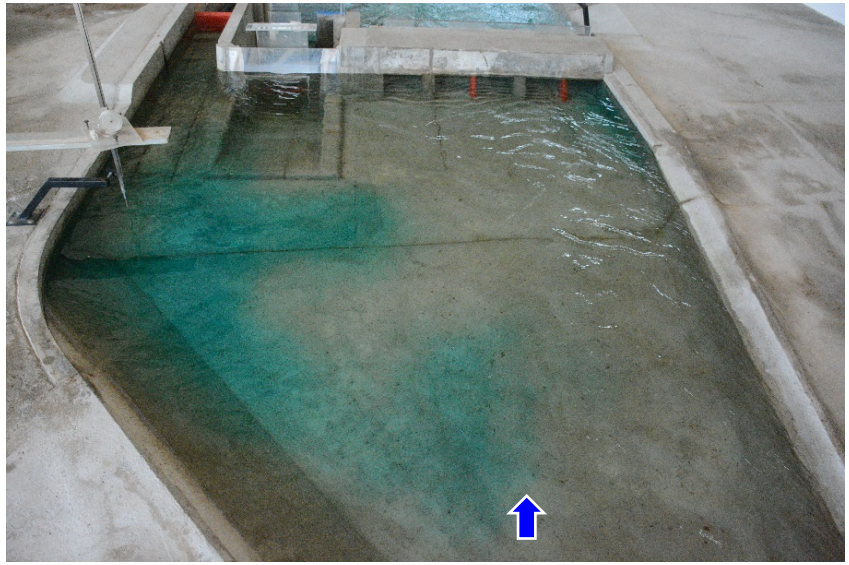
tiroler wasser kraft

N0 – Strömungsvisualisierung 4-TB





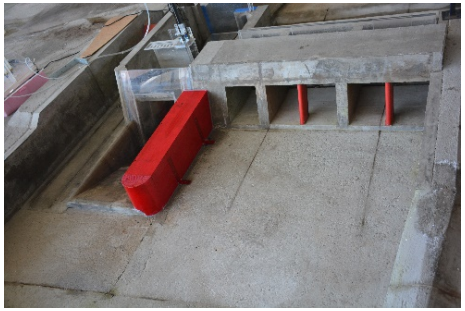




tiroler wasser kraft

V0
Ausgangszustand

N1
Überströmbarer Pfeiler

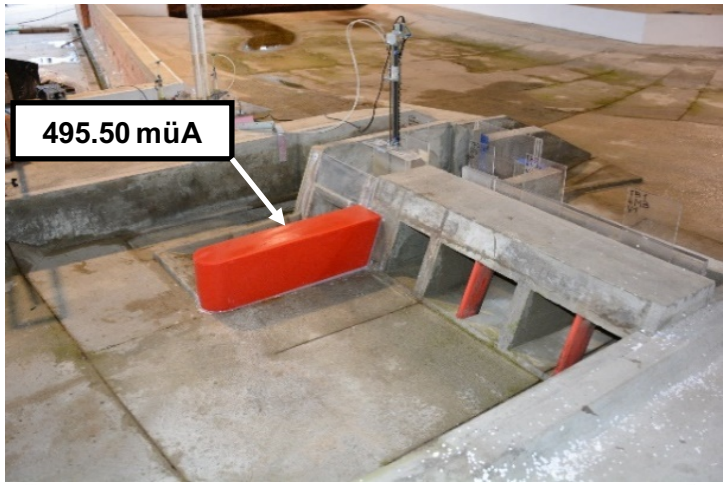


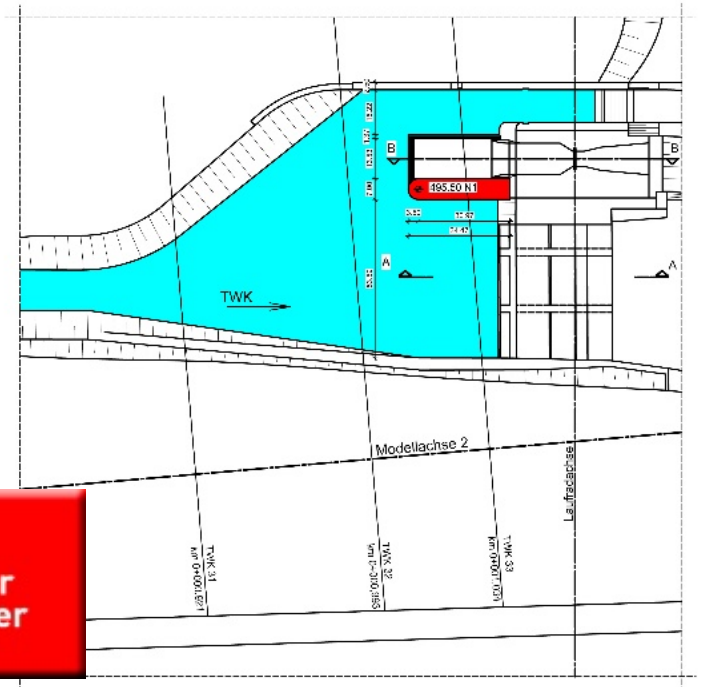
N2
Nicht überströmbarer Pfeiler

N1 + N3
Überströmbarer Pfeiler + Buhne

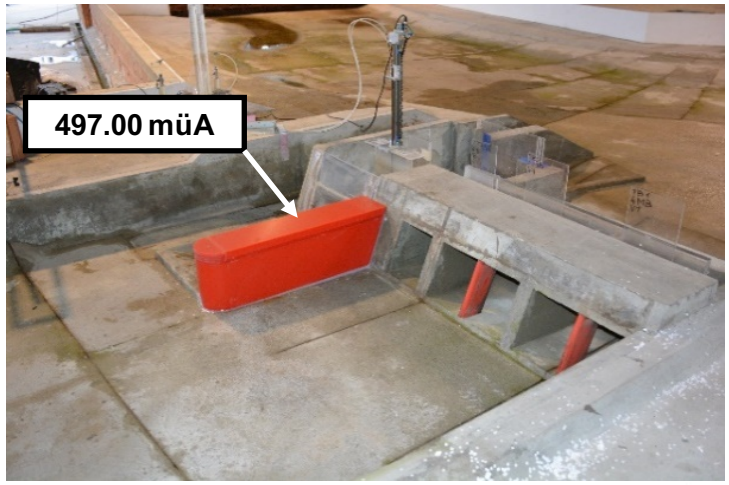
N2 + N3
Nicht überströmbarer Pfeiler + Buhne

N1: Pfeiler überströmt



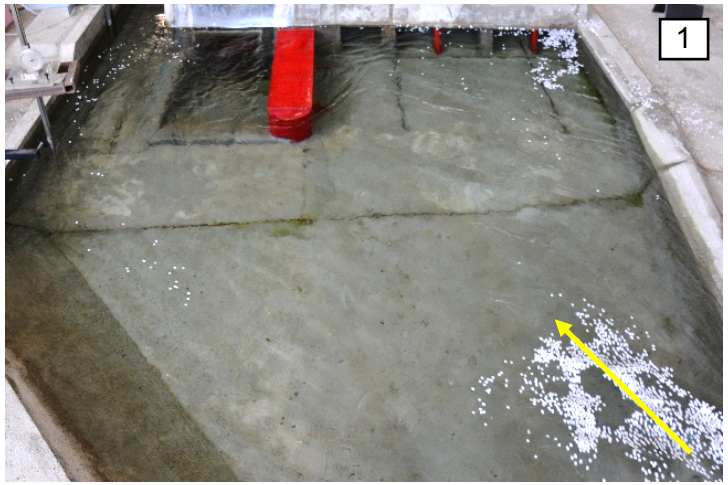


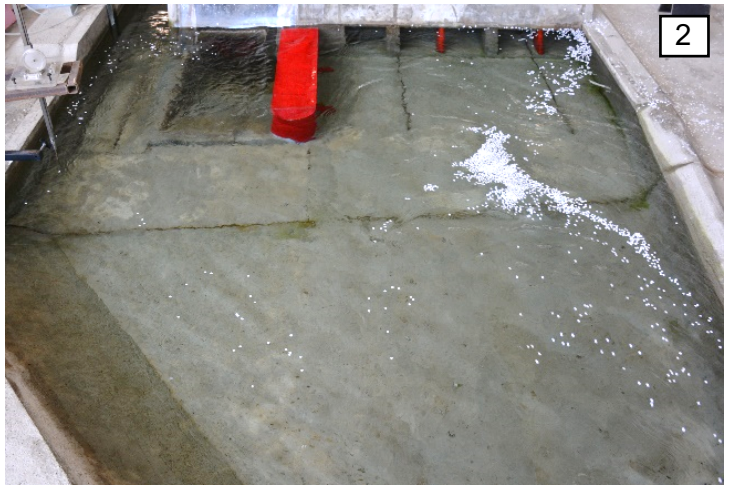
N2: Pfeiler nicht überströmt

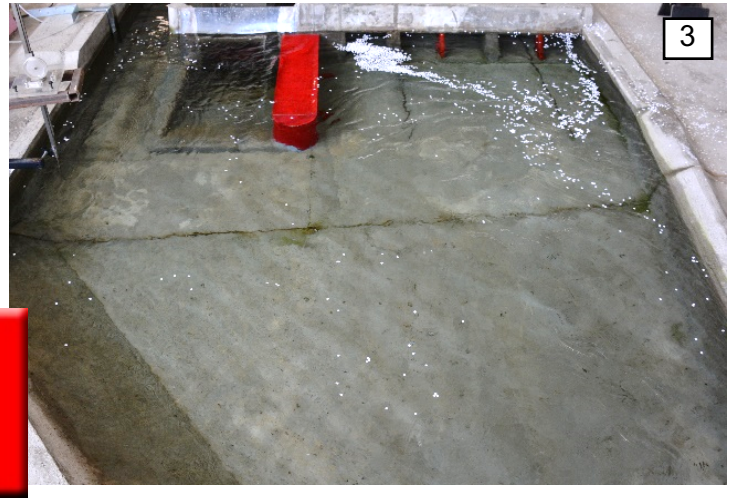


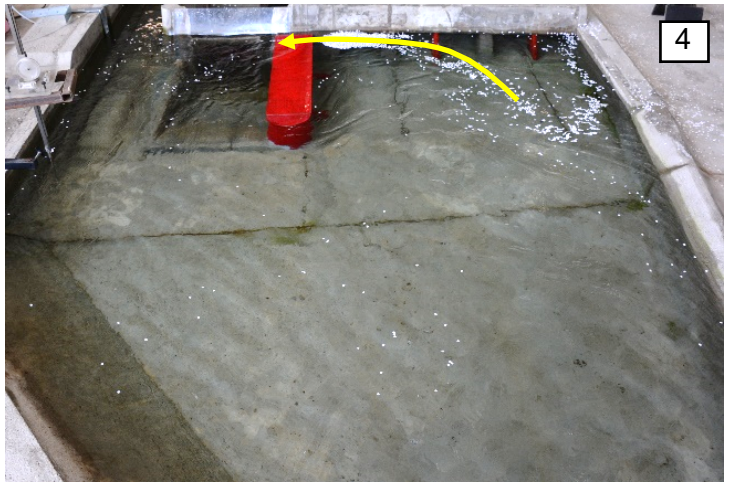
Visualisierung der Strömung

N1+N3: Pfeiler überströmt + Strömungslenker



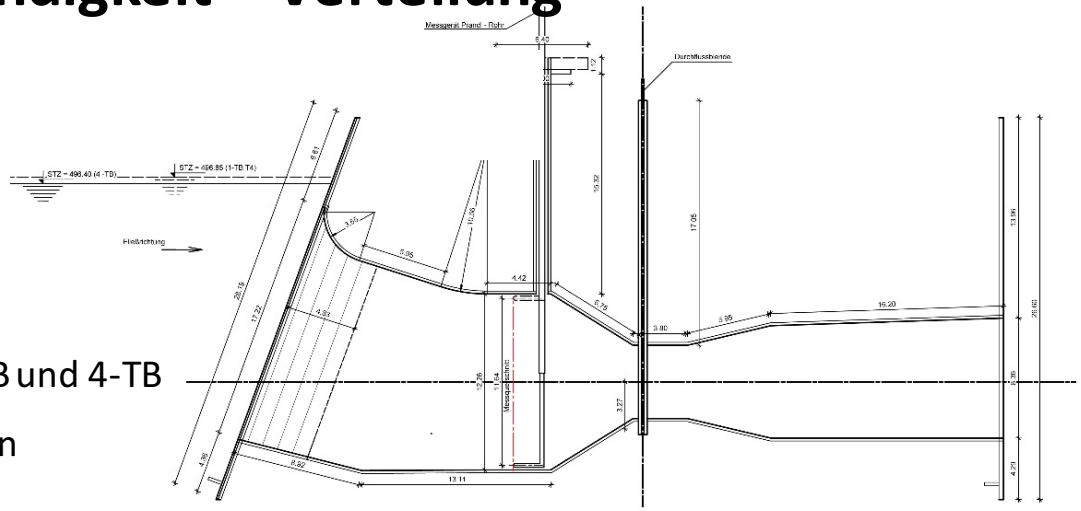




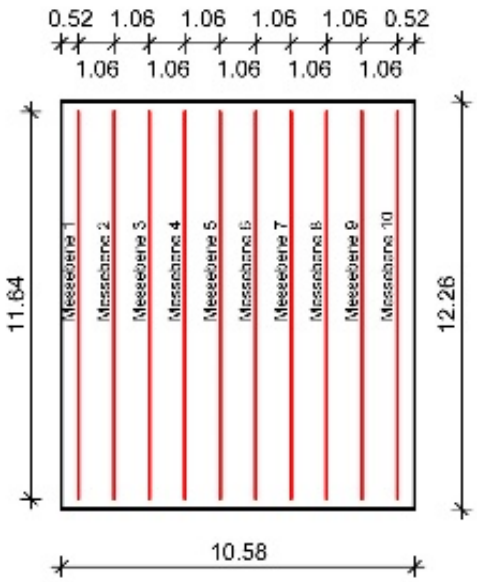


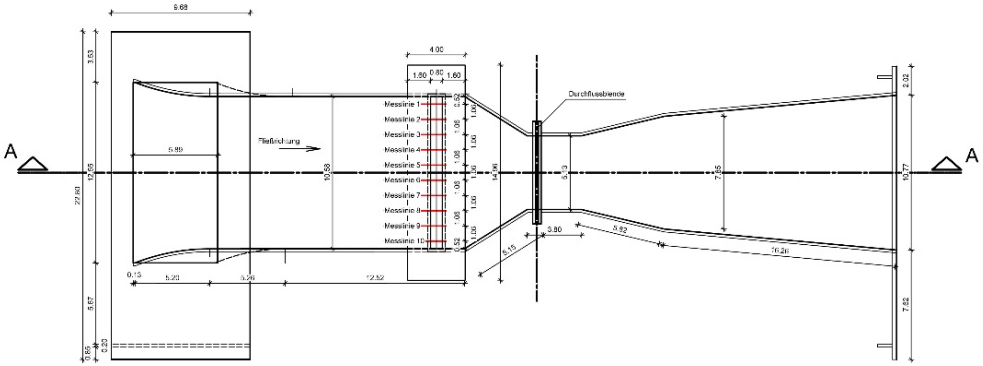
tiroler wasser kraft

Messung der Zuströmgeschwindigkeit - Verteilung



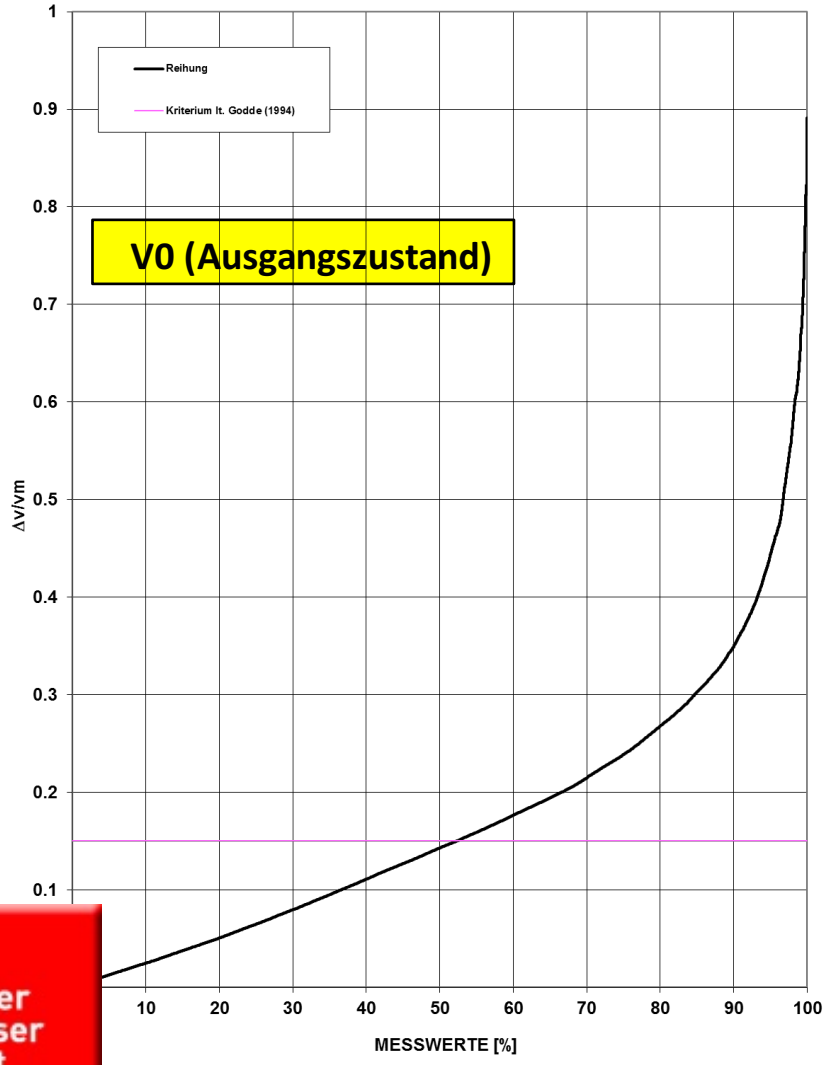
- Differenzdruckmessung mittels Prandtl-Sonde
- Messung der axialen Geschwindigkeiten für 1-TB und 4-TB
- im Turbineneinlauf der Turbine 4 zehn Messlinien

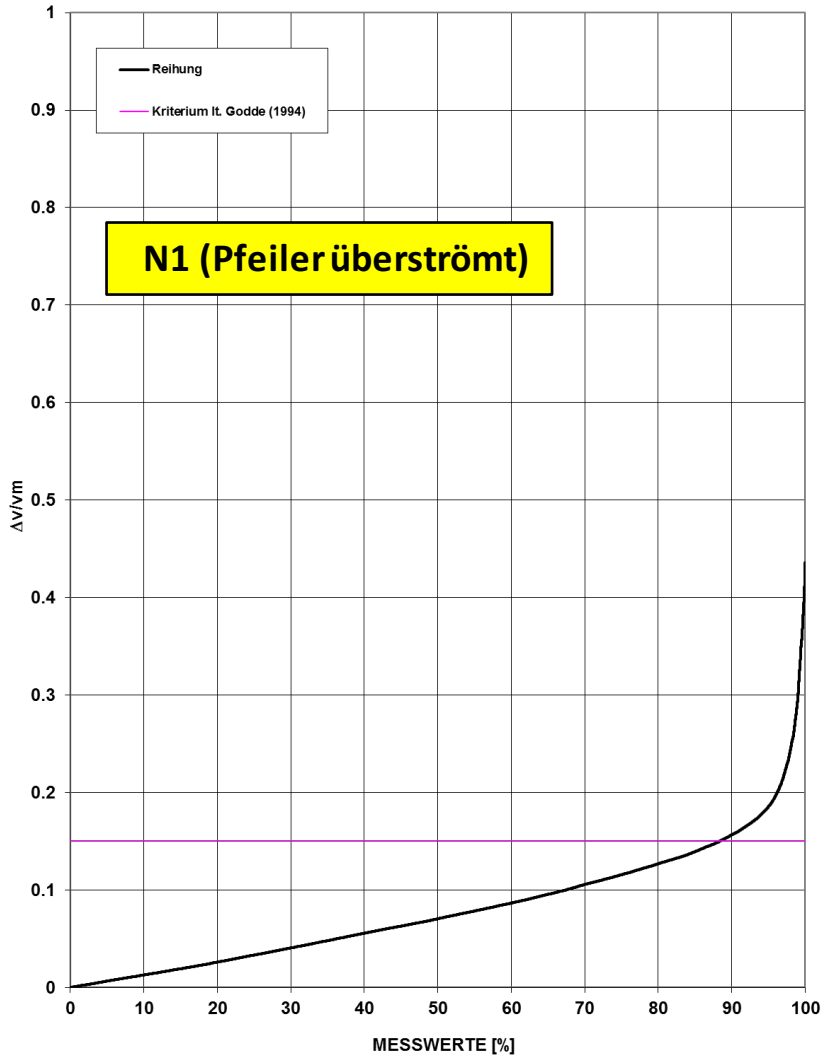




tiroler wasser kraft

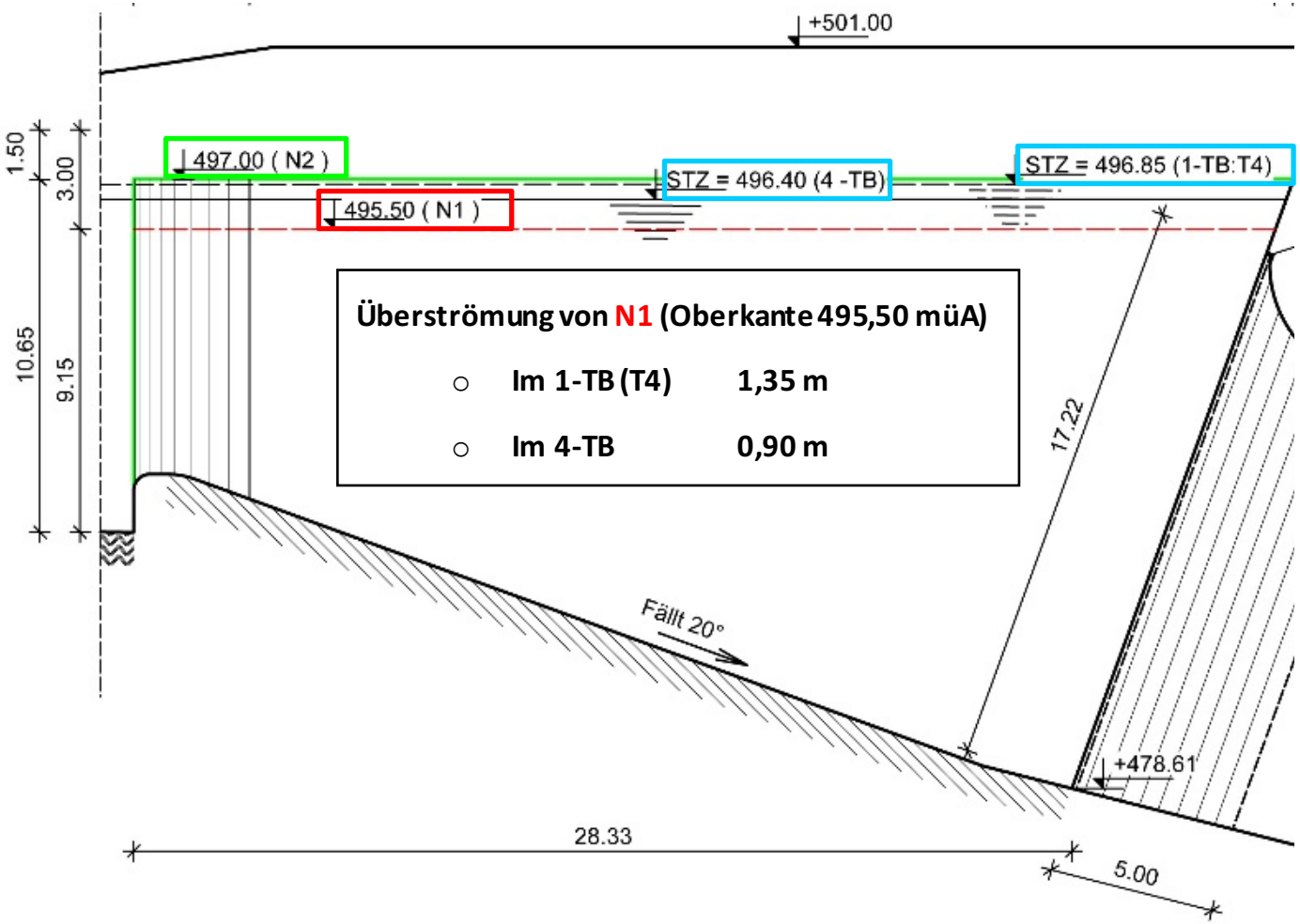
GESCHWINDIGKEITSMESSUNGEN





tiroler wasser kraft

Ausführungsvorschlag

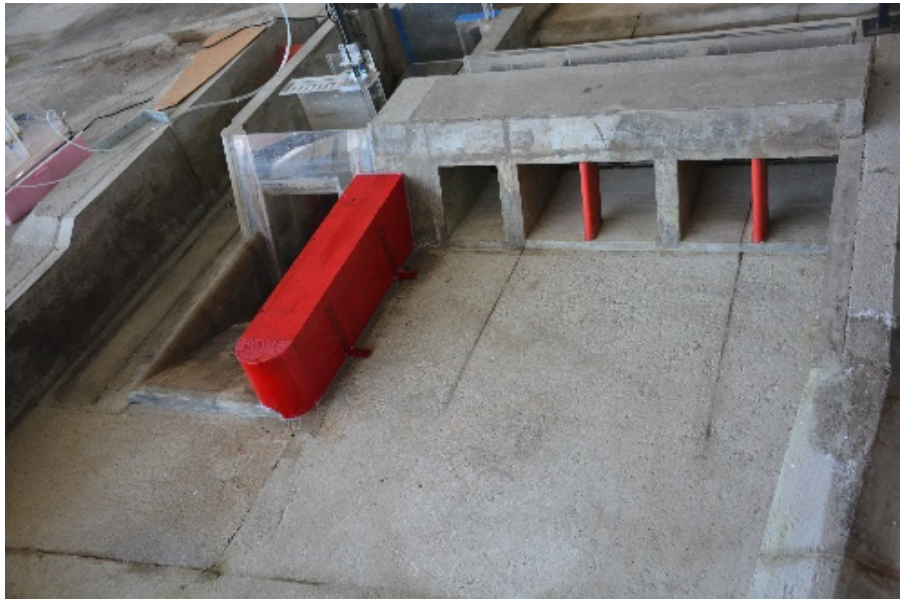


Überströmung von N1 (Oberkante 495,50 müA)

- **Im 1-TB (T4) 1,35 m**
- **Im 4-TB 0,90 m**

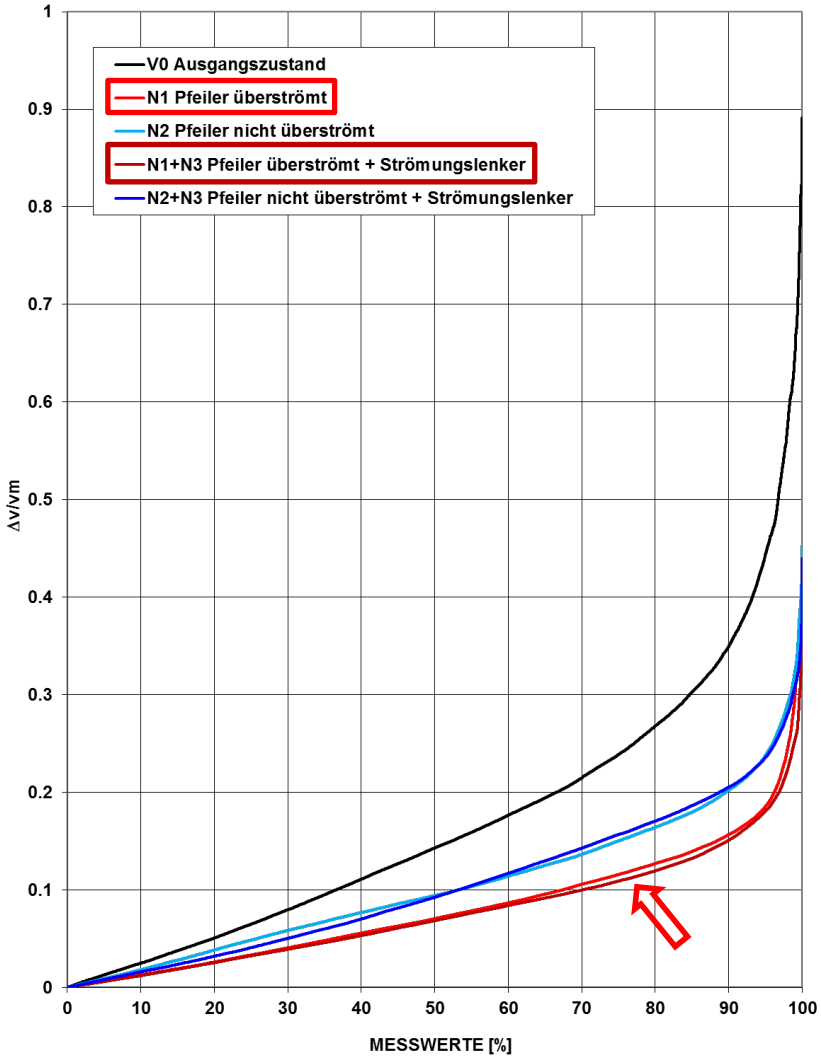
tiroler wasser kraft

ZUSAMMENFASSUNG

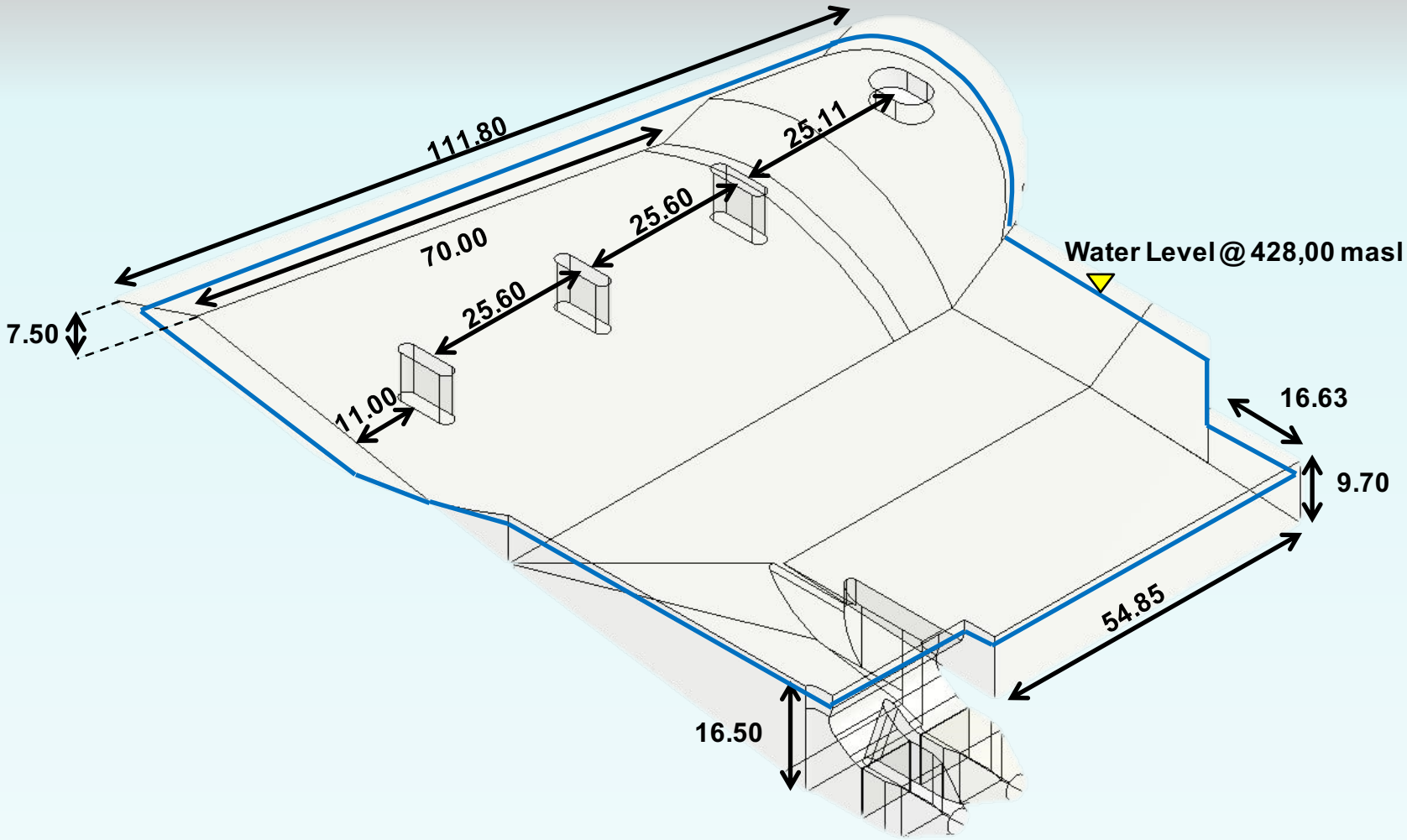


Überströmter Pfeiler

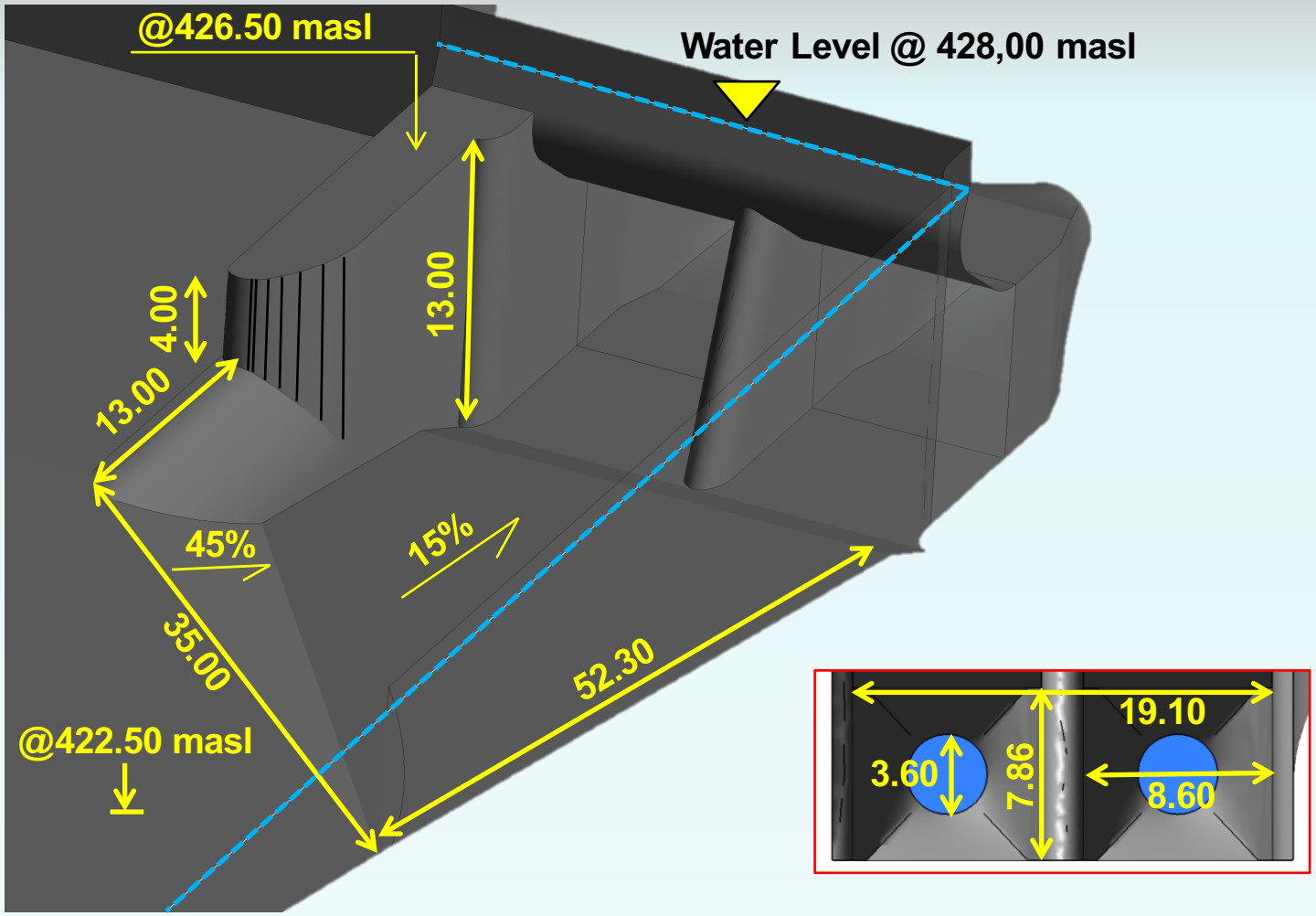
1-TB (T4)



Numerische Studie



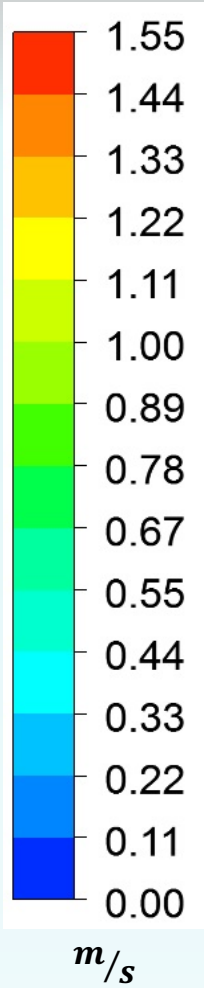
Geometry | Meshing | Pre-Processing | Results | Conclusion



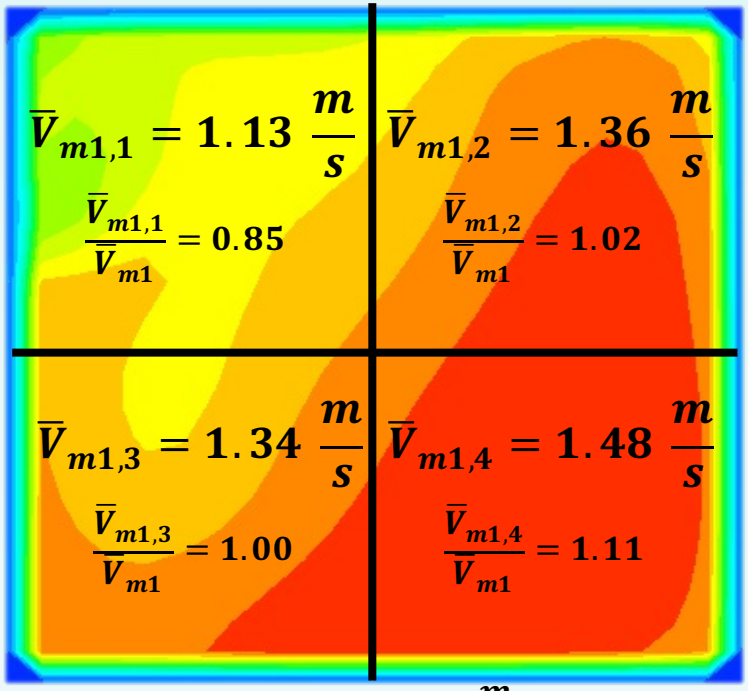
Dimensions are in meters

Geometry | Meshing | Pre-Processing | **Results** | Conclusion

Water Velocity



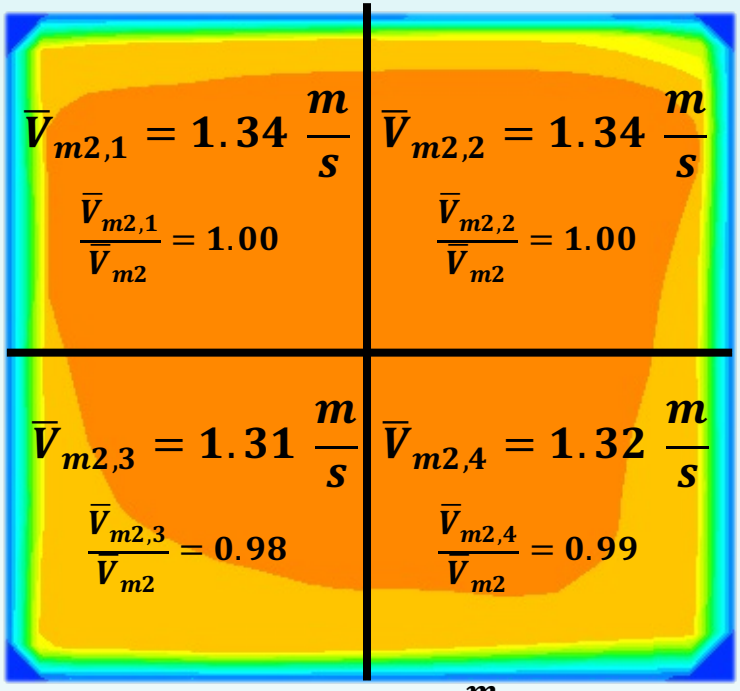
Unit 1



$\bar{V}_{m1} = 1.33\ \frac{m}{s}$

$V_{max,m1} = 1.55\ \frac{m}{s}$

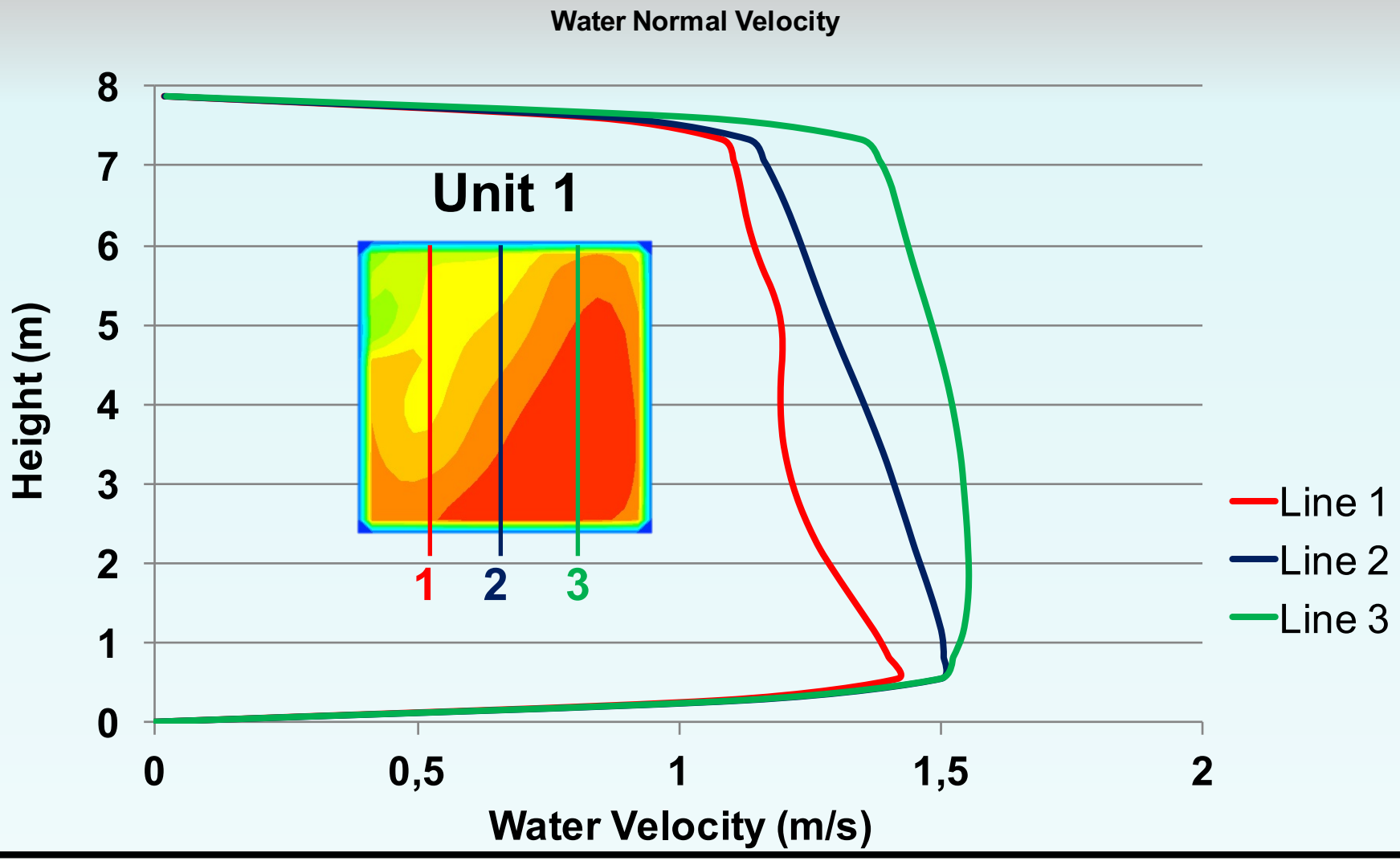
Unit 2



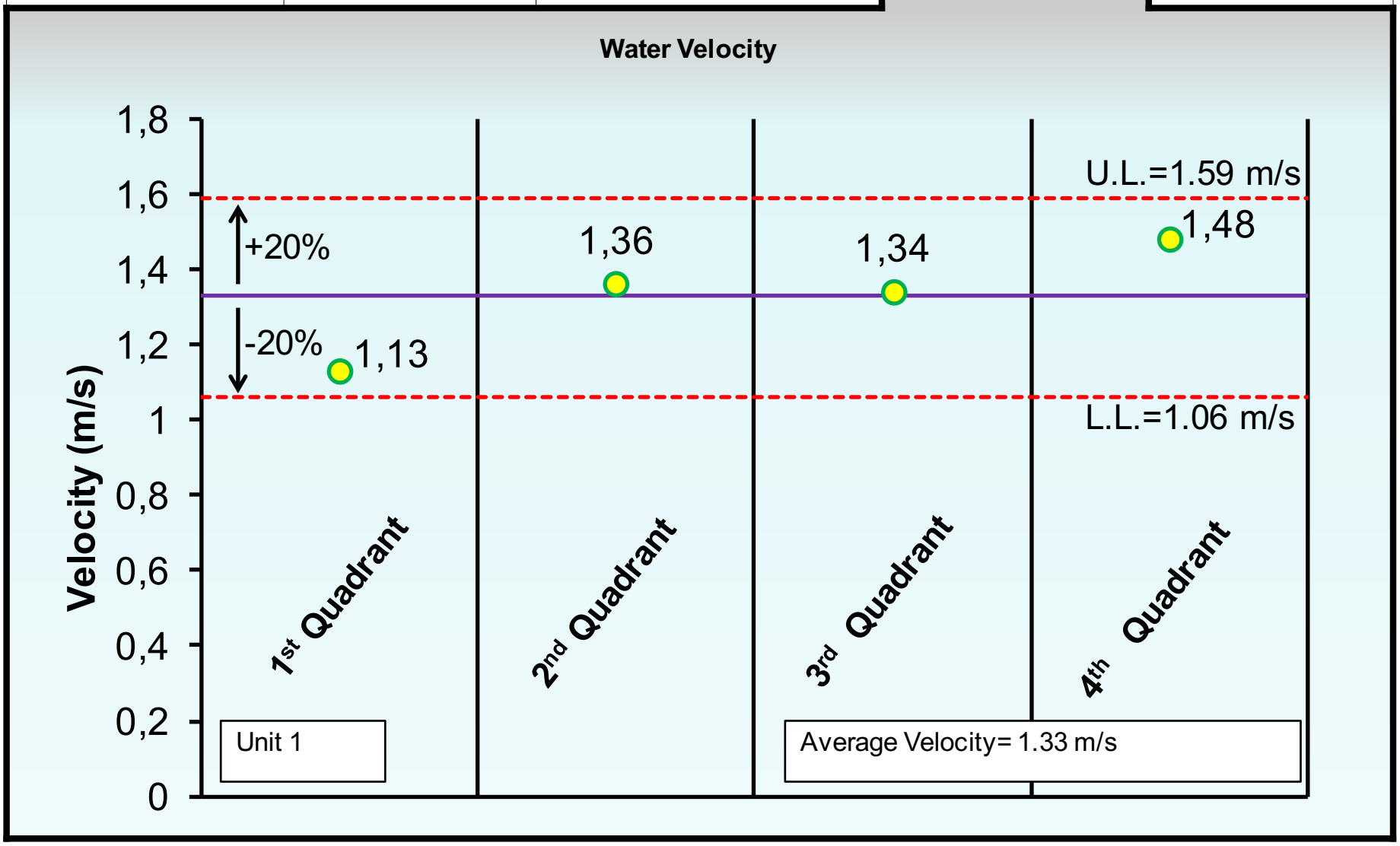
$\bar{V}_{m2} = 1.33\ \frac{m}{s}$

$V_{max,m2} = 1.43\ \frac{m}{s}$

Geometry | Meshing | Pre-Processing | **Results** | Conclusion



Geometry | Meshing | Pre-Processing | **Results** | Conclusion



Geometry	Meshing	Pre-Processing	**Results**	Conclusion

$$Q_{Total} = 179.40 \ \ m^3/s$$

$Q_{m1,1} = 18.94 \frac{m^3}{s}$ $\frac{Q_{m1,1}}{Q_{m1}} = 0.21$	$Q_{m1,2} = 22.86 \frac{m^3}{s}$ $\frac{Q_{m1,2}}{Q_{m1}} = 0.25$
$Q_{m1,3} = 22.70 \frac{m^3}{s}$ $\frac{Q_{m1,3}}{Q_{m1}} = 0.25$	$Q_{m1,4} = 25.01 \frac{m^3}{s}$ $\frac{Q_{m1,4}}{Q_{m1}} = 0.28$

$$Q_{m1} = 89.52 \ \ m^3/s$$

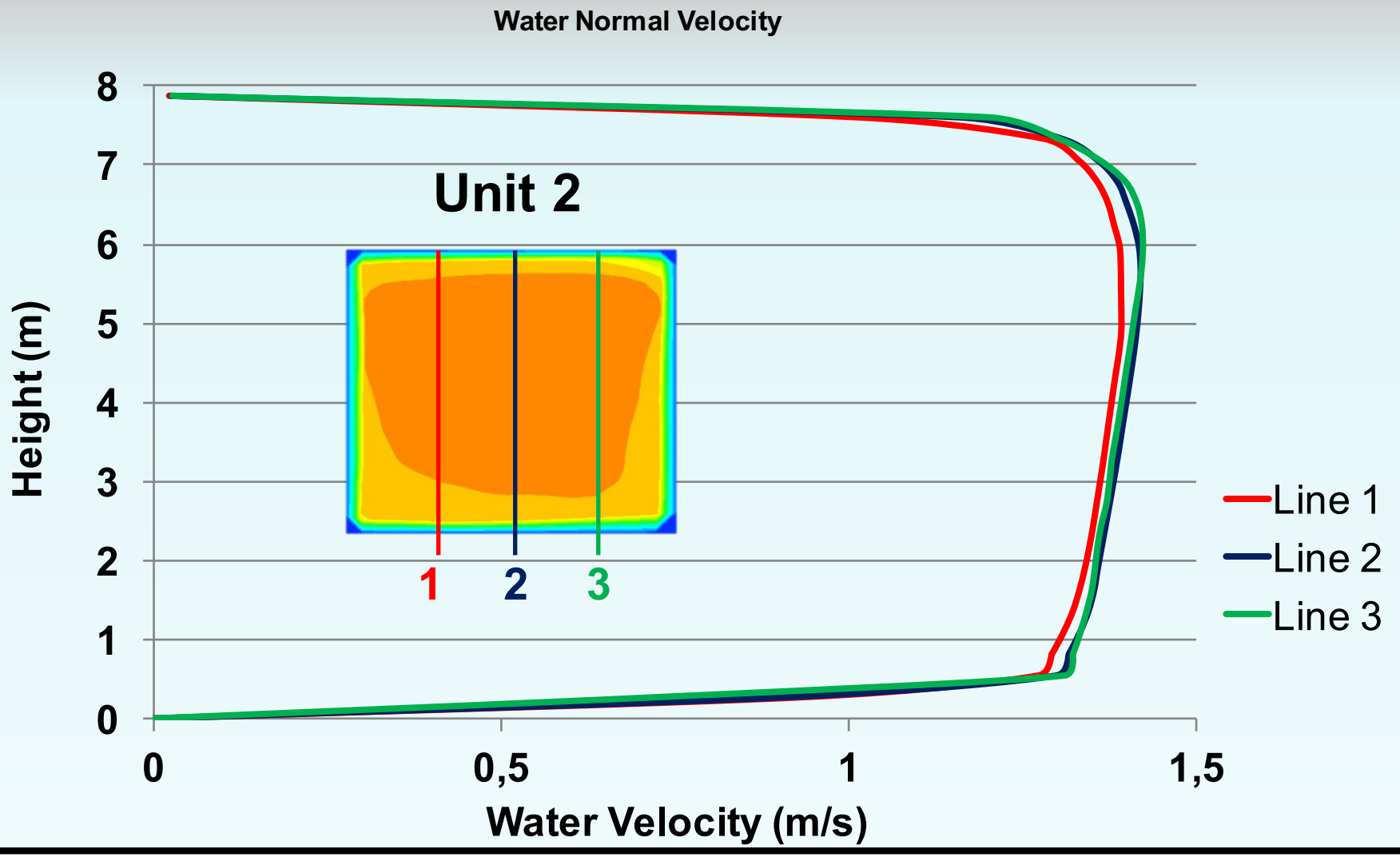
$$\frac{Q_{m1}}{Q_{Total}} = 0.50$$

$Q_{m2,1} = 22.68 \frac{m^3}{s}$ $\frac{Q_{m2,1}}{Q_{m2}} = 0.25$	$Q_{m2,2} = 22.63 \frac{m^3}{s}$ $\frac{Q_{m2,2}}{Q_{m2}} = 0.25$
$Q_{m2,3} = 22.22 \frac{m^3}{s}$ $\frac{Q_{m2,3}}{Q_{m2}} = 0.24$	$Q_{m2,4} = 22.27 \frac{m^3}{s}$ $\frac{Q_{m2,4}}{Q_{m2}} = 0.24$

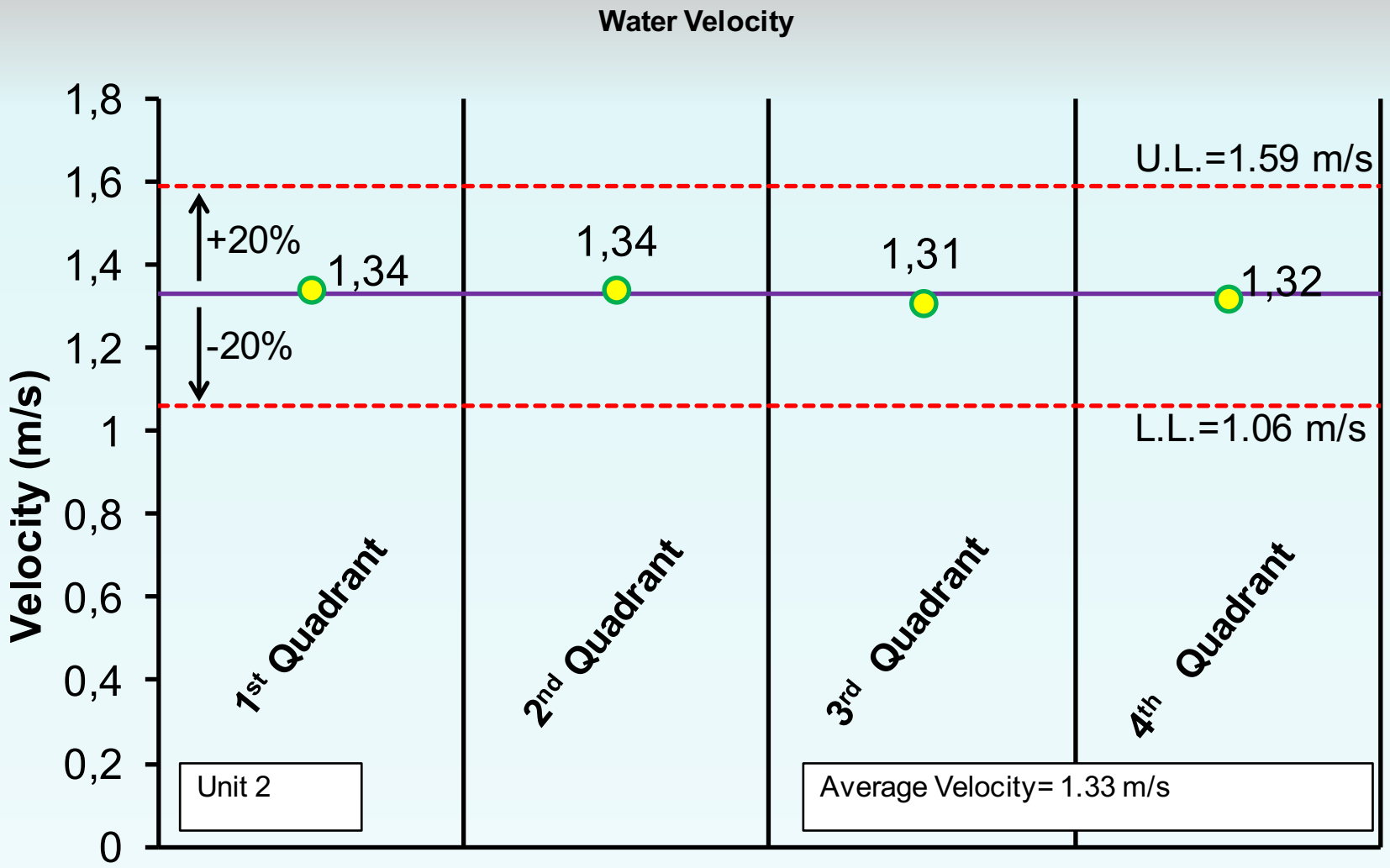
$$Q_{m2} = 89.83 \ \ m^3/s$$

$$\frac{Q_{m2}}{Q_{Total}} = 0.50$$

Geometry | Meshing | Pre-Processing | **Results** | Conclusion

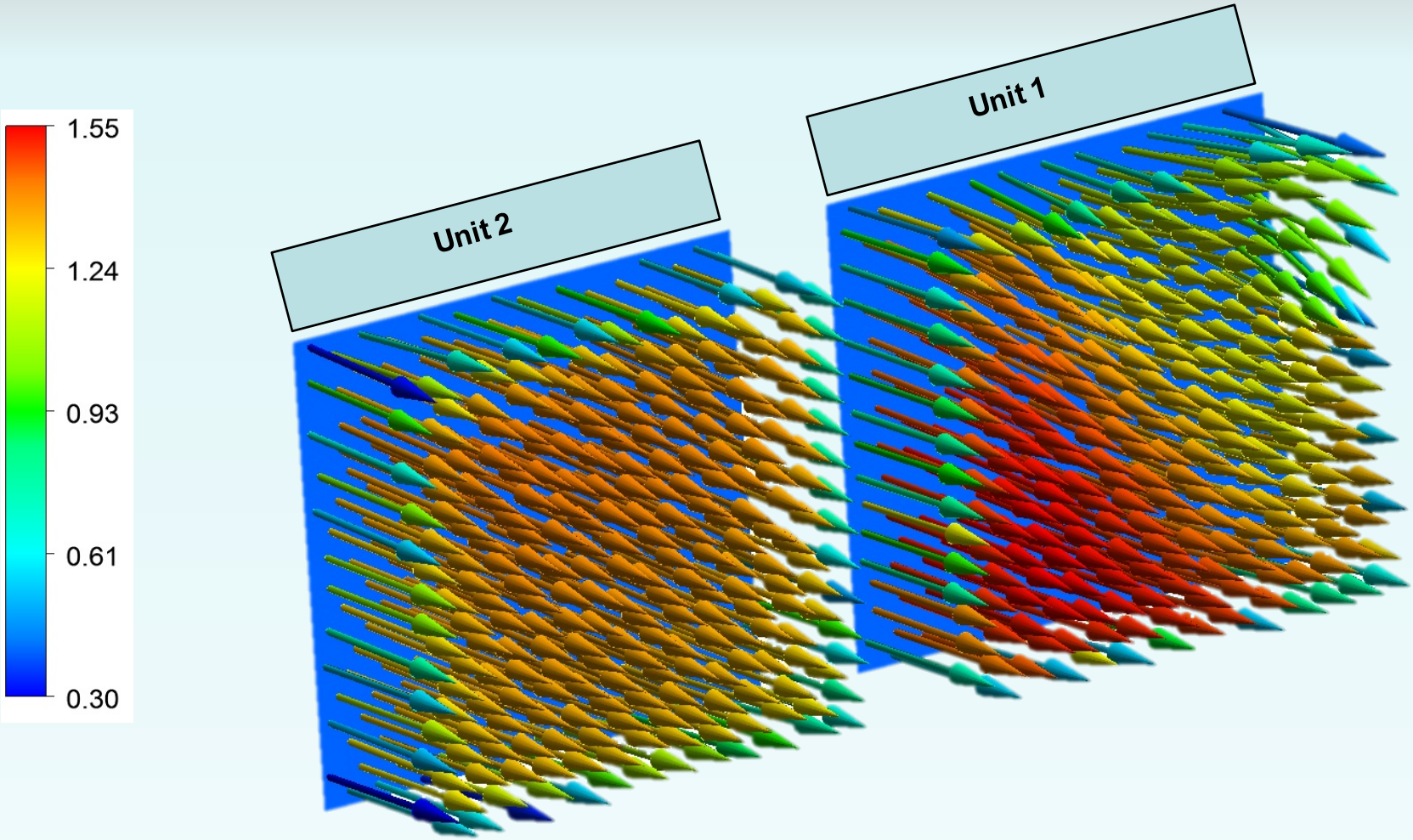


Geometry | Meshing | Pre-Processing | **Results** | Conclusion



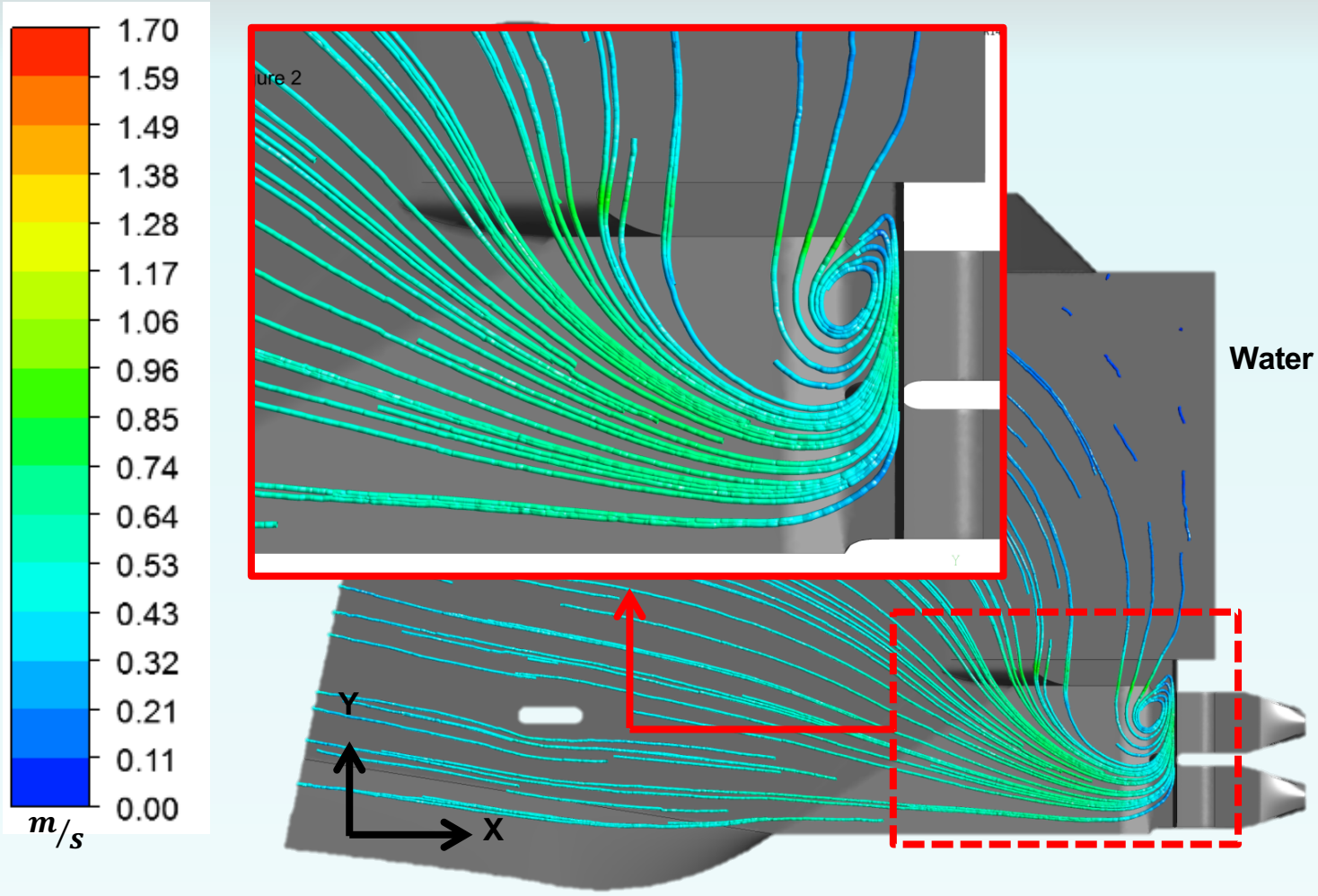
Geometry | Meshing | Pre-Processing | **Results** | Conclusion

Water Velocity Vectors



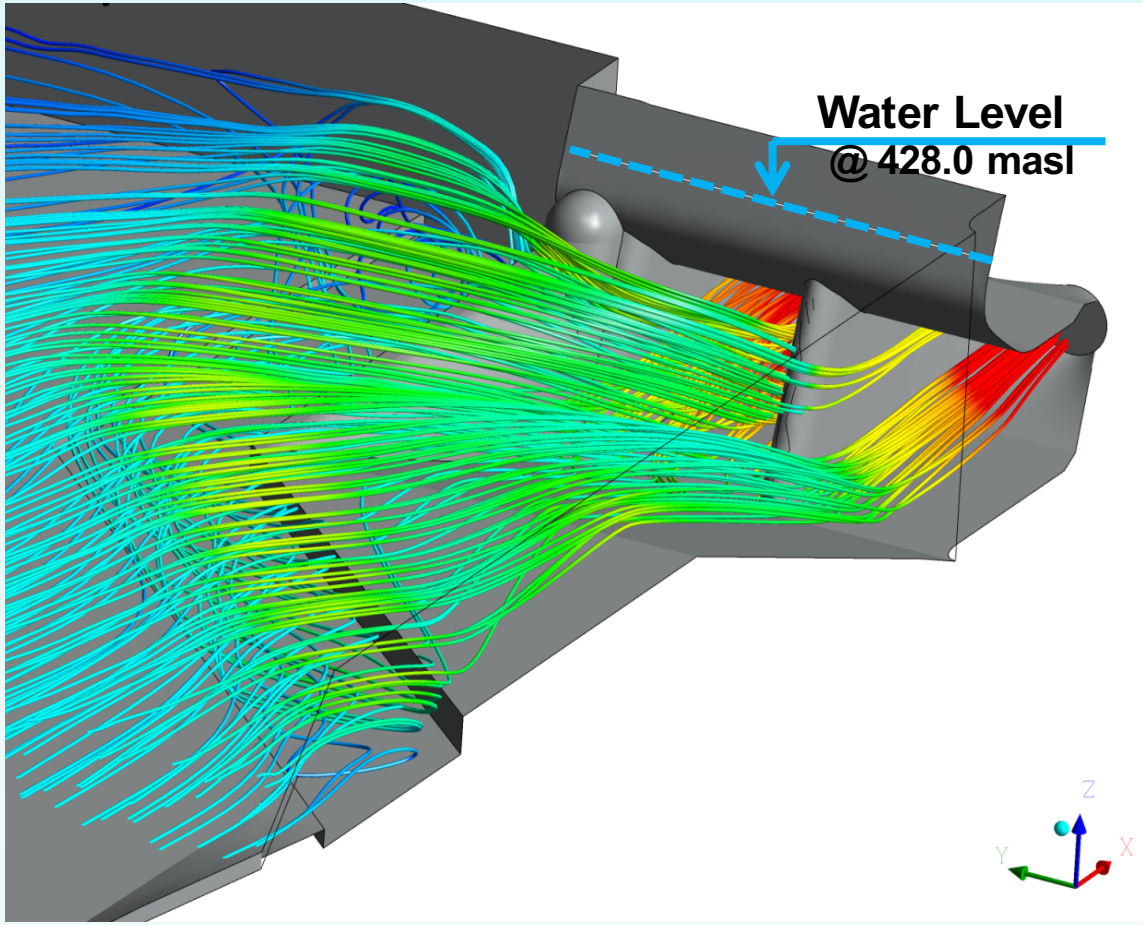
Geometry | Meshing | Pre-Processing | **Results** | Conclusion

Streamlines



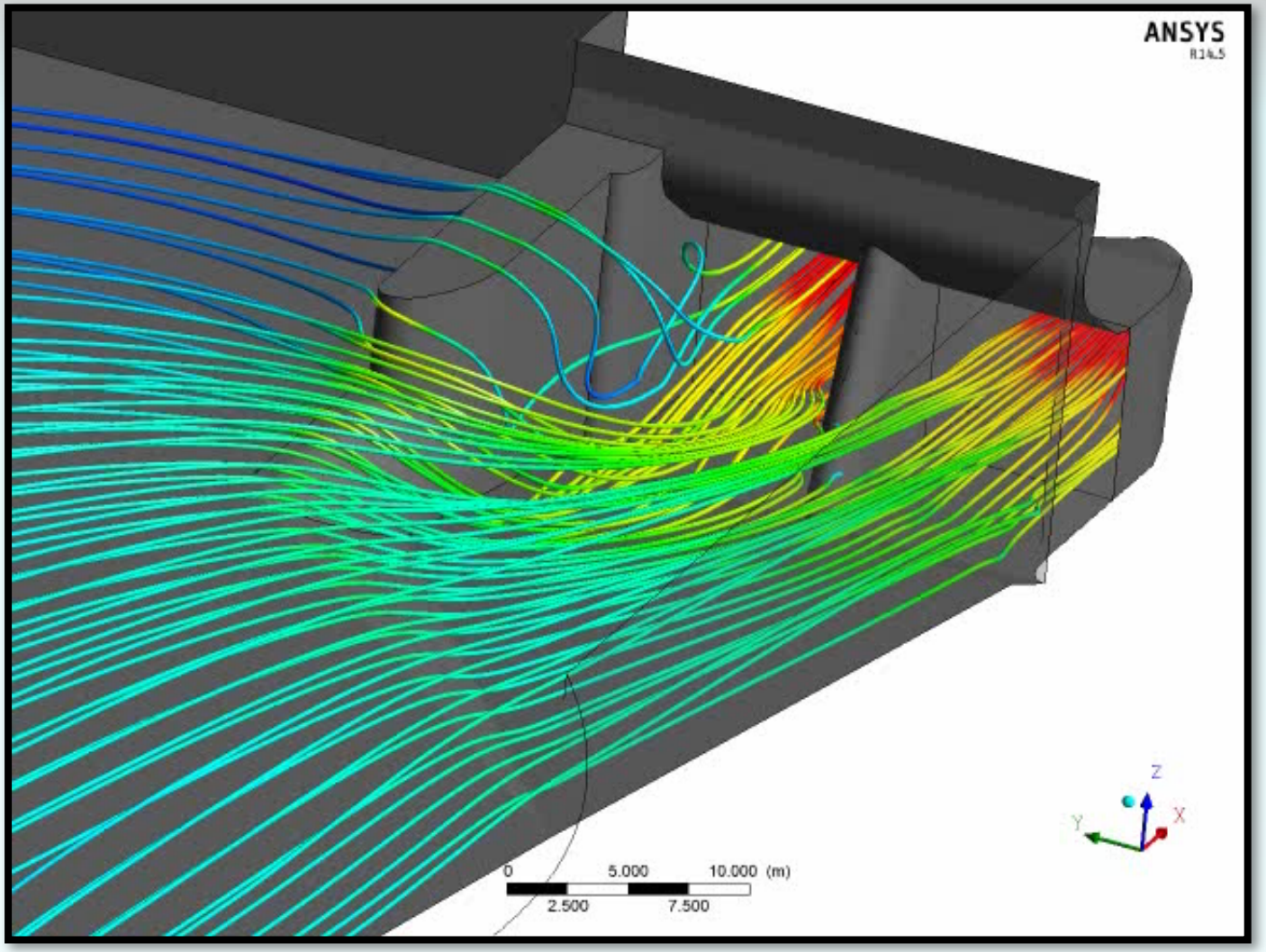
Geometry	Meshing	Pre-Processing	**Results**	Conclusion

Streamlines
New Model C

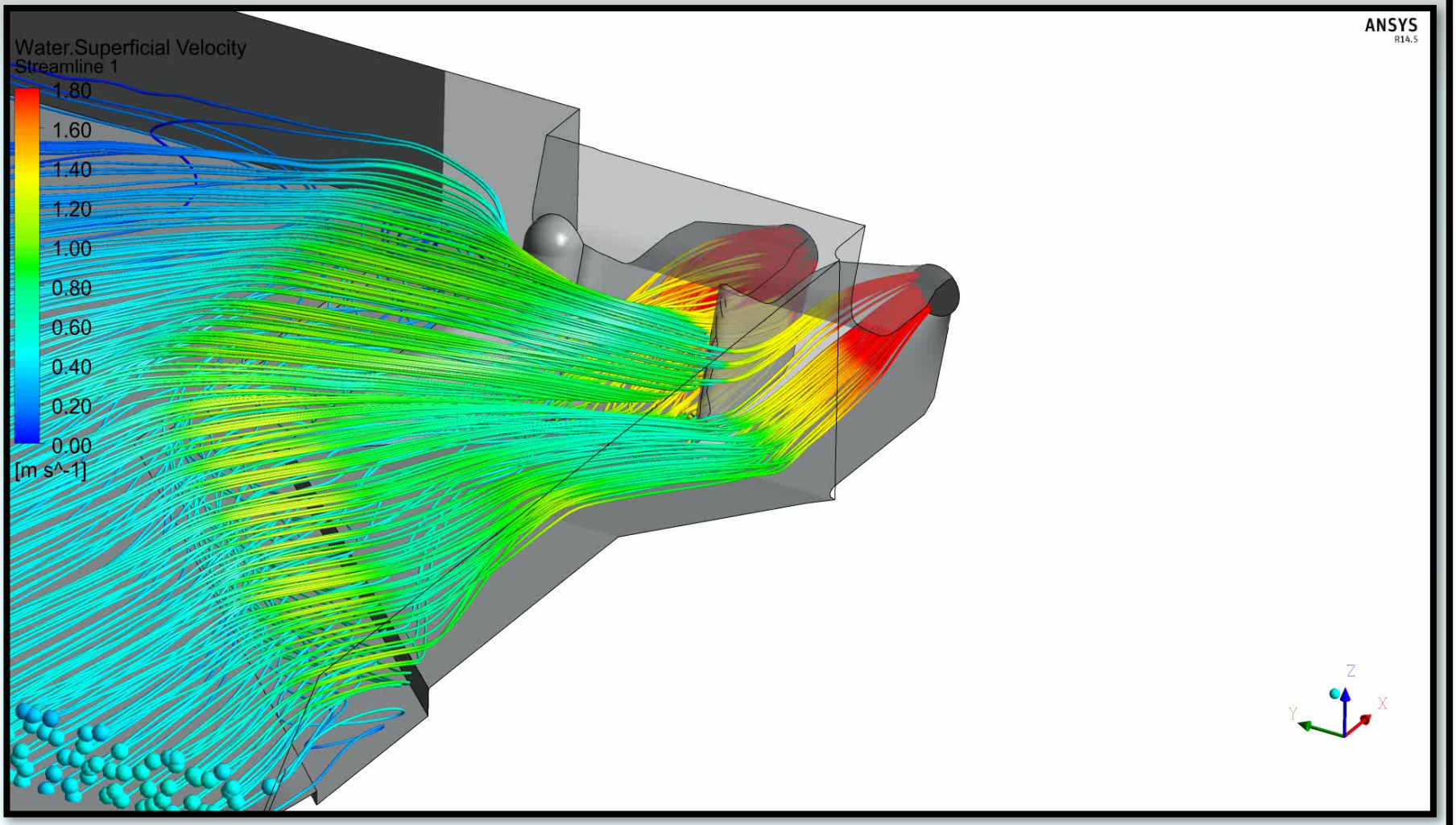


Geometry | Meshing | Pre-Processing | **Results** | Conclusion

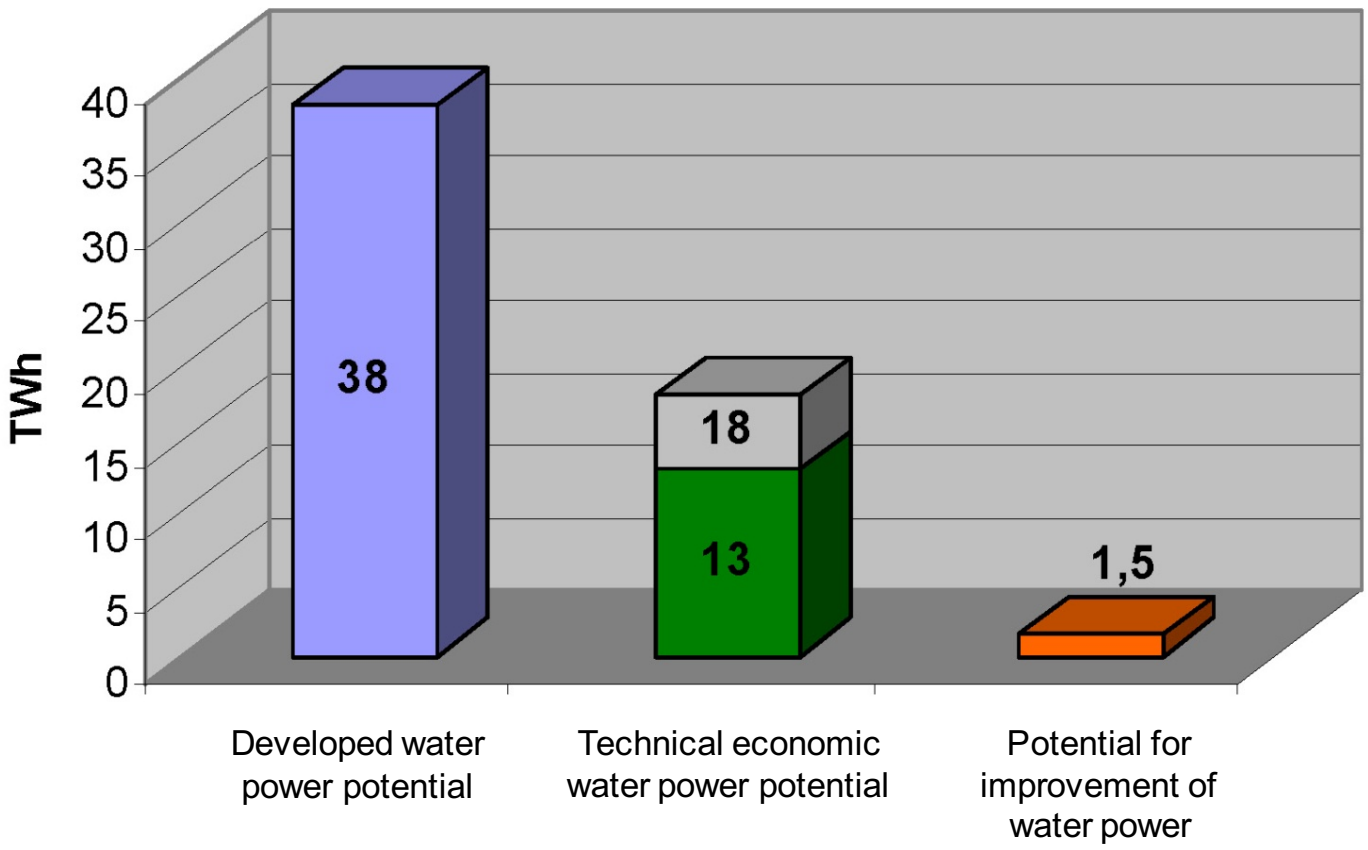
Old Model



Geometry | Meshing | Pre-Processing | **Results** | Conclusion

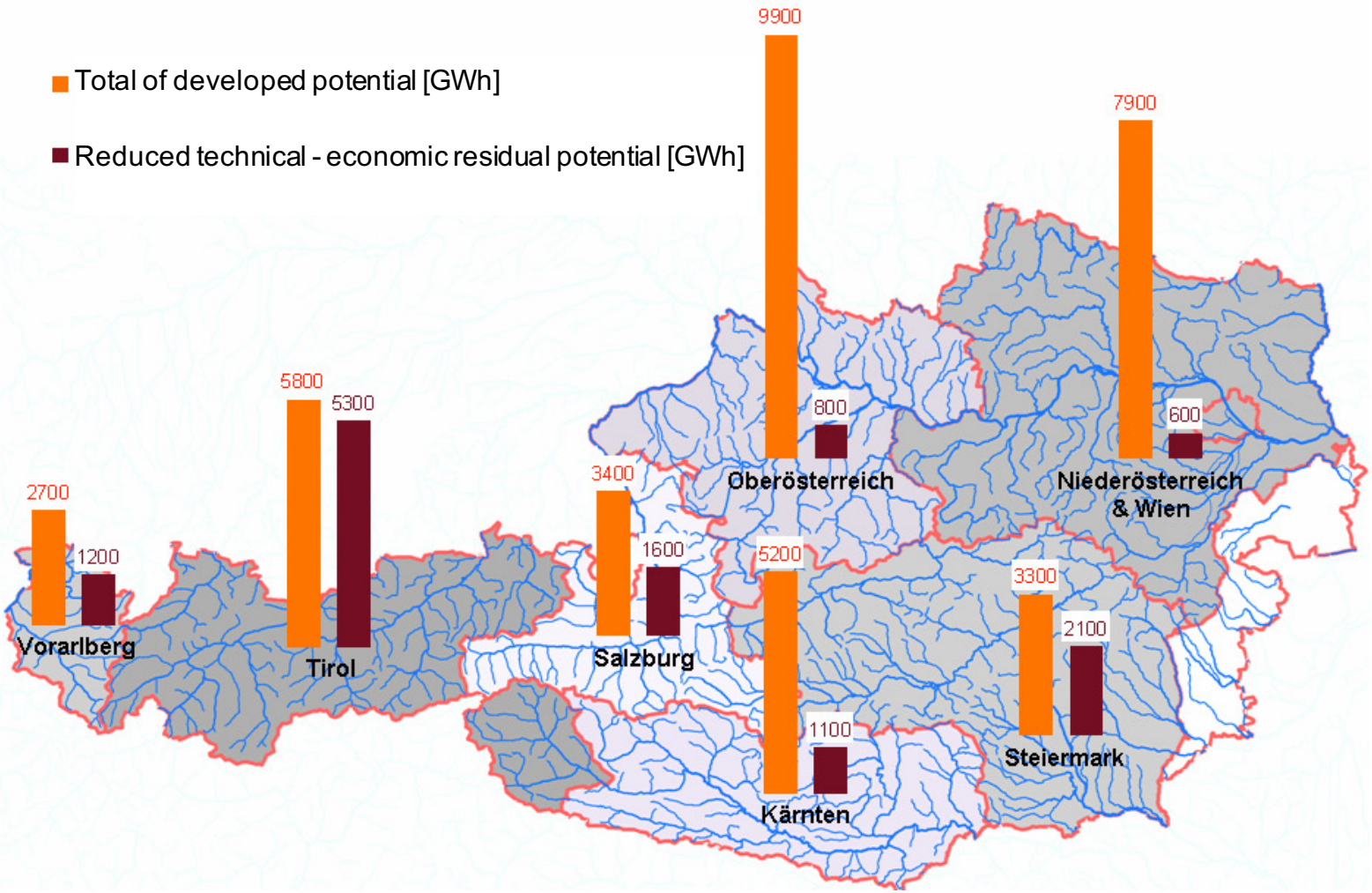


Wasserkraftpotential



Source: PÖYRY - VEÖ Wasserkraftpotentialstudie Österreich
http://www.energiestrategie.at/images/stories/pdf/36_veo_08_wasserkraftpotenzial.pdf

Vorhandenes Potential



Source: PÖYRY - VEÖ Wasserkraftpotentialstudie Österreich
http://www.energiestrategie.at/images/stories/pdf/36_veo_08_wasserkraftpotenzial.pdf

Arbeitsleistung – Zeitalter der Baumeister – *Zeitalter der Schauspieler*

Friedrich Nietzsche – Die fröhliche Wissenschaft

Leipzig, Verlag Fritzsch [1887]

356

Inwiefern es in Europa immer „künstlerischer“ zugehn wird.

Ausblick

Wirtschaft

Alle „Systeme“ weisen eine Eigenfrequenz auf

Je höher die Subsidiarität
desto höher die Resilienz

Landwirtschaft - Konsum
„Produktion“ am Bedarf vorbei
Wettbewerb mit Entwicklungsländer – Migration

Maßvolles, Ressourcenschonendes Wirtschaften
Transport – Güter / Öffentlicher / Individual