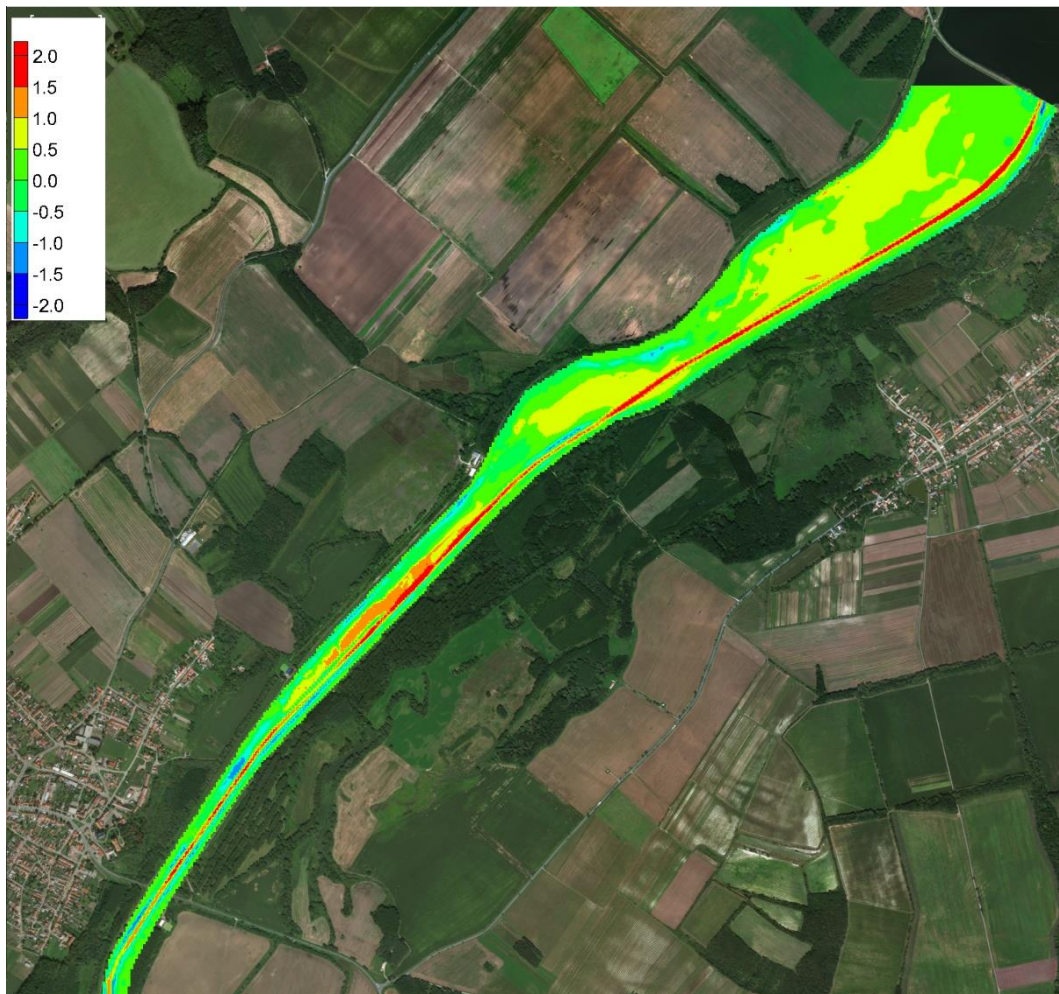




# Verlandung im oberen Teil des Oberbeckens Nové Mlýny und vorgeschlagene Maßnahmen

## Final Report – Zusammenfassung der Ergebnisse SEDECO (ATCZ 28)





**Project coordination:**

**Helmut Habersack<sup>1</sup>, Daniel Marton<sup>2</sup>, Ludmila Kovářová,<sup>3</sup> Jürgen Gruber<sup>4</sup>**

**Author: Zbyněk Zachoval<sup>2</sup>**

Picture in front page: Verlandungshöhe 2018 [m], Verfasser Zbyněk Zachoval

Wien, Brno, Dezember 2022

The project was cofinanced by the „European Regional Development Fund“.





## **SEDECO (ATCZ 28)**

**Sedimente, Ökosystemdienstleistungen und Wechselwirkungen mit Hochwasser und Dürre in der AT-CZ Grenzregion**

**Sedimenty a ekosystémové služby ve vzájemném působení s povodněmi a suchem v pohraniční oblasti AT-CZ**

**Work package T1:**

**Sedimenttransport und -management / Transport a management sedimentů**

## **Final Report**

<sup>1</sup> **University of Natural Resources and Life Science, Vienna**  
**Department of Water, Atmosphere and Environment**  
**Institute of Water Management, Hydrology and Hydraulic Engineering**

<sup>2</sup> **Vysoké učení technické v Brně**  
**Faculty of Civil Engineering**  
**Institute of Landscape Water Management**

<sup>3</sup> **Povodí Moravy, s.p.**

<sup>4</sup> **BOKU - Wasserbaulabor Errichtungs- und Betriebs-Gesellschaft m.b.H.**

<sup>5</sup> **Federal Agency for Water Management, Vienna**  
**Institute for Hydraulic Engineering and Calibration of Hydrometrical**  
**Current-Meters**



**Abstract CZ**

V reportu, který shrnuje práce provedené v rámci řešení projektu, je stručně popsán kompletní postup řešení a dosažených výsledků za celou dobu řešení projektu včetně doporučených opatření. Uvedený report ve své podobě bude sloužit jako text závěrečné zprávy k jednomu z hlavních výstupů projektu V.T1.1 Udržitelná strategie řízení sedimentů pro nádrž Nové Mlýny, přesně aktivitě A.T.1.5 Vývoj opatření, resp. dílčího výstupu A.T.1.5.1 Strategie opatření pro řízení sedimentů.

V úvodu reportu je představen důvod řešení a definován cíl prací včetně použité metodiky. V další části jsou představeny podklady a analýzy podkladů. V následující části je prezentován historický vývoj zanášení horní části horní nádrže vodního díla Nové Mlýny. Dále je popsána predikce vývoje zanášení. V navazující části jsou prezentována možná opatření s doporučeními. Poslední část uzavírá a hodnotí provedené práce a dosažené výsledky.

## Resümee

Der Bericht, der die umgesetzten Projektaktivitäten zusammenfasst, beschreibt kurz das gesamte Untersuchungsverfahren und die erzielten Ergebnisse während der gesamten Projektdauer, einschließlich empfohlener Maßnahmen. Der Bericht dient als Text des Abschlussberichts zu dem Kernoutput V.T1.1 „Nachhaltige Sedimentmanagementstrategie für den Stauraum Nové Mlýny“, insbesondere der Aktivität A.T.1.5 „Maßnahmenentwicklung“ bzw. des Detailoutputs A.T.1.5.1 „Strategie zu Sedimentmanagementmaßnahmen“.

Einleitend wird der Grund für die Untersuchung dargestellt und die Zielsetzung für die Arbeiten samt der angewandten Methodik definiert. In dem nachfolgenden Teil werden Unterlagen und deren Analysen vorgestellt. Der nächste Abschnitt stellt die historische Verlandungsentwicklung im oberen Teil des Oberbeckens der Stauanlage Nové Mlýny vor. Als nächstes wird die Vorhersage der Verlandungsentwicklung dargestellt. Mögliche Maßnahmen und Empfehlungen werden im folgenden Abschnitt beschrieben. Der letzte, abschließende Teil bewertet die geleisteten Arbeiten und die erreichten Ergebnisse.

## Inhalt

Abstract CZ .....	1
Resümee .....	2
1 Einleitung.....	5
2 Zielsetzung und Methodik.....	7
2.1 Ziele.....	7
2.2 Methodik .....	7
3 Unterlagen, deren Analyse und Bearbeitung.....	9
3.1 Topografische Unterlagen .....	9
3.2 Hydrologische Unterlagen .....	10
3.3 Korngröße von Anlandungen und Schwebstoffen .....	10
4 Historische Entwicklung der Verlandung im oberen NM-Oberbeckenteil .....	12
4.1 Ermittlung aus Messdaten.....	12
4.2 Entwicklung der Verlandung in dem Zeitraum 1978 bis 2018 – 1D numerische Simulation.....	14
4.2.1 Erstellung des Modells .....	14
4.2.2 Analysen, Kalibrierung und Verifizierung des Modells .....	15
4.2.3 Simulation der historischen Verlandungsentwicklung .....	16
4.2.4 Ergebnisse der historischen Verlandungsentwicklung .....	16
4.3 Entwicklung der Verlandung in dem Zeitraum 2009 bis 2018 – 2D numerische Simulation.....	18
4.3.1 Erstellung des Modells .....	18
4.3.2 Analysen, Kalibrierung und Verifizierung des Modells .....	18
4.3.3 Simulation der historischen Verlandungsentwicklung .....	19
4.3.4 Ergebnisse der historischen Verlandungsentwicklung .....	19
4.4 Vergleich der Simulation mit Messdaten .....	21
5 Vorhersage der Verlandungsentwicklung im oberen NM-Oberbeckenteil ohne Maßnahmen .....	23
5.1 Kurzzeitprognose – 2D-Modell .....	23
5.2 Mittelfristprognose – 1D-Modell.....	26
5.2.1 KS1 .....	26

5.2.2	KS2 .....	27
5.2.3	KS3 .....	28
5.2.4	Vergleich der Ergebnisse der Klimaszenarien .....	29
5.3	Langzeitprognose – Analogie.....	31
5.4	Änderung des Schutzes für Gebiete hinter den Schutzdämmen .....	33
6	Mögliche Maßnahmen mit Empfehlungen .....	38
6.1	Analysen .....	38
6.2	Vorgeschlagene Varianten.....	39
6.3	Empfohlene Variante ohne Absetzraum .....	40
6.3.1	Variantenbeschreibung .....	40
6.3.2	Schutzgrad des Gebiets hinter den Dämmen .....	47
6.4	Empfohlene Variante mit einem Absetzraum .....	49
7	Bewertung der geleisteten Arbeit und erzielte Ergebnisse .....	51
8	Verzeichnisse .....	52
8.1	Literaturverzeichnis .....	52
8.2	Verzeichnis der Formelzeichen.....	52
8.3	Verzeichnis der Abkürzungen .....	53
8.4	Bilderverzeichnis.....	53

## 1 Einleitung

Die Stauanlage Nové Mlýny (NM) ist durch Querdämme mit Funktionsobjekten in drei Stauräume unterteilt: Unterbecken, Mittelbecken und Oberbecken (Abbildung 1). Für die Beschreibung der Verlandung wird das Oberbecken der Stauanlage Nové Mlýny in einen oberen und einen unteren Teil aufgeteilt (Bild 1). Der obere Teil ist schmal und verlandet relativ schnell, während der untere Teil breit ist und relativ langsam verlandet. Der obere Teil wird durch die Brücke in Brod nad Dyjí und das Querprofil am Zusammenfluss der Thaya und Jevišovka (Rand des Betriebsstauraums) abgegrenzt. Die Verlandung des oberen Teils ist durch die Bildung von Inseln und deren Vegetationsüberwucherung erkennbar (Abbildung 2).

Die Verlandung des oberen NM-Oberbeckenteils und die Überwucherung von Anlandungen führen zu folgenden negativen Konsequenzen: Verringerung des Stauraumvolumens, abgeschwächter Hochwasserschutz für Gebiete hinter den Schutzdämmen, Verschlechterung der Wasserqualität, Veränderungen in der Belastung von Brücken, beeinträchtigte Funktion von Pumpwerken, stärkere Belastung von Schutzdämmen durch Flussverzweigungen und -mäander, Beschränkung des Erholungspotentials etc.



Abbildung 1. Abgrenzung des Interessengebietes ([www.mapy.cz](http://www.mapy.cz), 2022)

Die Kenntnis der historischen Entwicklung der Verlandung wäre eine wertvolle Information für die Prädiktion der künftigen Stauraumentwicklung und eine Grundlage für die Feststellung der meisten der oben genannten Folgen der Verlandung. Vorgeschlagene



Maßnahmen würden dann mögliche Wege zum nachhaltigen Schwebstoff- und Sedimentmanagement für eine relativ langfristige Lösung der Verlandung in dem oberen NM-Oberbeckenteil aufzeigen.



Abbildung 2. Verlandung des Stauraums und Vegetationsüberwucherung auf Anlandungen (Povodí Moravy, 2018)

## 2 Zielsetzung und Methodik

### 2.1 Ziele

Ziele waren:

- Beschreibung der historischen Verlandungsentwicklung des oberen NM-Oberbeckenteils,
- Vorhersage der künftigen Verlandungsentwicklung des NM-Oberbeckens für drei Klimaszenarien,
- Vorschlag von Managementmaßnahmen für Schwebstoffe und Anlandungen im Stausee zur Minimierung negativer Folgen der Verlandung.

### 2.2 Methodik

Zur Beschreibung der Verlandungsentwicklung wurden Messungen, numerische Modellierungen und Analogien verwendet.

Die Messungen dienten hauptsächlich der Beschreibung des historischen und aktuellen Zustands sowie der Kalibrierung der numerischen Modelle. Aufgrund des Umfangs, des Erfassungszeitpunkts und der Genauigkeit der Messdaten mussten mehrere vereinfachende Annahmen für deren Verwendung angenommen werden. Die wichtigsten vereinfachenden Annahmen bezüglich der topografischen Daten waren, dass die Schutzdämme sich im Laufe der Zeit nicht verändert haben, dass die Zulaufgerinne der Thaya und Jihlava in einem dynamischen Gleichgewicht waren, sind und sein werden, und dass eine lineare Interpolation zwischen den gemessenen Daten angewendet werden kann. Die wichtigste Annahme zu den hydrologischen Daten war, dass in dem Zeitraum ohne Durchflussbeobachtungen der Durchfluss nach Mittelung dem mittleren Jahresdurchfluss und der Wasserstand im Stausee dem Betriebswasserspiegel entsprachen. Für den Sedimenttransport gilt die Annahme, dass der Schwebstoffzufluss nur durch die Thaya und Jevišovka stattfindet, andere Schwebstoffquellen wurden vernachlässigt.

Die numerische Modellierung sollte numerische Modelle erstellen, um die historische und künftige Verlandungsentwicklung im NM-Oberbecken zu beschreiben und Maßnahmen vorzuschlagen. Es wurden zwei räumliche Schematisierungen verwendet: Eindimensionale (1D) Modelle sollten relativ langdauernde Vorgänge simulieren, zweidimensionale (2D) Modelle sollten relativ kurzdauernde Ereignisse detailliert beschreiben. Auch für die numerischen Modelle mussten mehrere Vereinfachungen vorgenommen werden. Zu den wesentlichen Vereinfachungen gehörte die Tatsache, dass nur mechanische Vorgänge beschrieben wurden, dass das 1D-Modell nur quasistationäre Strömung betrachtete, und dass das 2D-Modell den unteren NM-Oberbeckenteil nicht umfasste.

Die Analogie wurde zur Beschreibung der langfristigen Verlandung verwendet, da ein numerisches Verfahren in diesem Fall extrem langwierig und mit erheblichen Unsicherheiten verbunden wäre.

Für den Maßnahmenentwurf wurde die Vorgabe übernommen, dass sämtliche Maßnahmen im Bereich des Stausees durchgeführt werden.

Eine der akzeptierten Annahmen war der unveränderliche Zustand der Flussgerinne der Thaya und Jevišovka sowie derer Einzugsgebiete stromaufwärts von dem betrachteten Gebiet (gilt nicht für die Hydrologie).

Zwecks einer eindeutigen Auswertung wurde eine neue Kilometrierung entlang der Flussbettachse aus dem Jahre 1952 mit Beginn an dem Staudamm des NM-Oberbeckenteils vorgenommen. Die Kilometrierung zeigt die Abbildung 1.

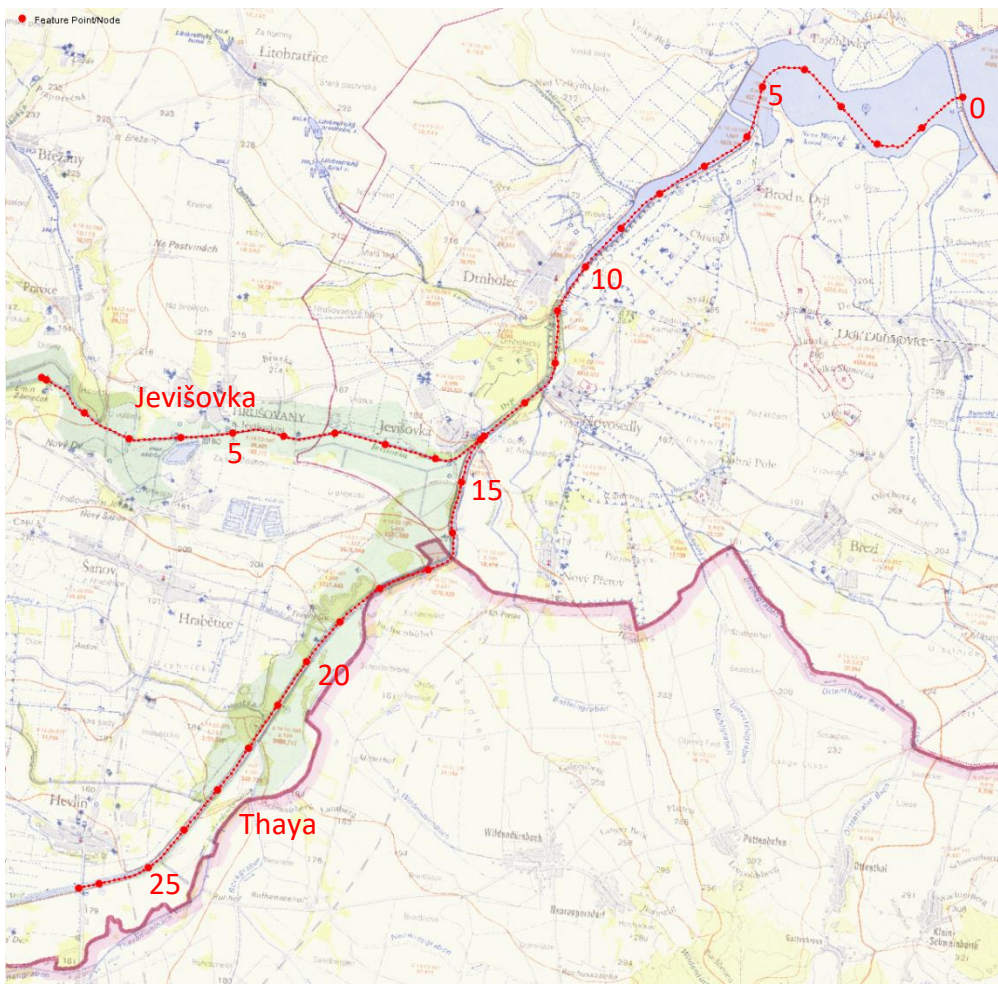


Abbildung 3.      Verwendete Kilometrierung, große Kreise je 1 km, kleine Kreise je 100 m

### 3 Unterlagen, deren Analyse und Bearbeitung

Die Unterlagen wurden in topografische, hydrologische, Schwebstoff- und Sedimentunterlagen unterteilt und in dem Zwischenbericht „Report 6 – Vorbereitung eines 1D-Modells der Gewässerströmung und des Sedimenttransports“ ausführlich beschrieben.

#### 3.1 Topografische Unterlagen

Das digitale Geländemodell (DMT) war eine notwendige Grundlage für die Bewertung der Ablagerungen über die Zeit und für die Erstellung eines 1D- und 2D-Modells der Gewässerströmung und des Sedimenttransports mit Sohlenverformung. Die zugrunde liegenden Daten für seine Erstellung waren ein digitales Reliefmodell der fünften Generation, historische Landkarten S-1952, Fotos von aktuellen Anlandungen, Luftaufnahmen, Längsprofil der Thaya, Querschnittvermessung der Thaya und des Stausees, Querschnittvermessung der Jevišovka, Querschnittvermessung am Ende des Staubereichs und die Sohlenvermessung. Da die Quellendaten stark räumlich und zeitlich variabel waren, war es notwendig, vereinfachende Annahmen für deren Zusammenführung und zeitliche Abgrenzung zu treffen. Die Zusammenführung erfolgte mit einer definierten Bevorzugung von Gebieten unter Beibehaltung der Netztriangulation. Die zeitliche Variabilität erlaubte die Erstellung von nur drei DMTs. Das erste war das DMT für das Jahr 1978, als der NM-Oberbeckenteil in Betrieb genommen wurde, was als Beginn der Verlandung und Anfangs- bzw. Ausgangszustand für die Auswertung betrachtet werden kann. Das zweite DMT betrifft 2008 und das dritte 2018. Das DTM für 2018 wurde kombiniert aus den von PP3 Povodí Moravy, s.p. bereitgestellten Daten und eigenen Messungen, die in Zusammenarbeit mit PP2 BUT FAST und PP3 Povodí Moravy, s.p. durchgeführt wurden. Eine ausführliche Beschreibung der Teilvermessung ist in dem Zwischenbericht „Report 1 – Bericht über die Querschnittvermessung der Thaya im Zulauf in den Oberbecken von Nové Mlýny“ enthalten. Alle drei DMTs sind in der Abbildung 2 enthalten.

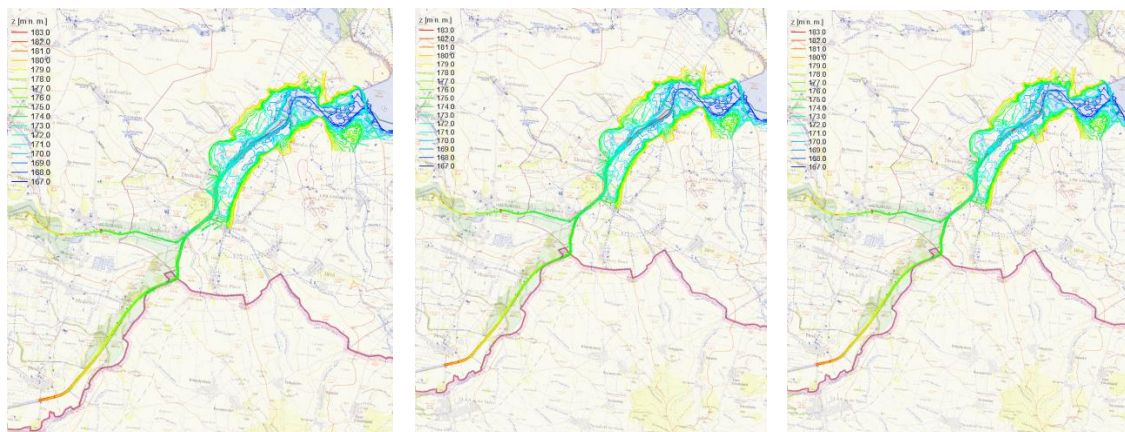


Abbildung 4. DMT, von links Jahr 1978, 2008, 2018

### 3.2 Hydrologische Unterlagen

Hydrologische Daten wurden von den Meldepunkten Božice, Hevlín und Trávní dvůr übernommen, von den Meldepunkten Božice und Trávní dvůr als Tagesabflüsse und von den Meldepunkten Hevlín und Hrušovany als Aufzeichnungen von Durchflussmessungen. Aufgrund fehlender Messdaten vor 1989 wurden für den Zeitraum 1978 bis 1988 äquivalente Jahresabflusswellen aus der Linie des Erreichens und Überschreitens von Tagesabflüssen generiert. Die resultierenden Ganglinien der Thaya und Jevišovka mit dem Wasserstand im Stausee sind der Abbildung 5 zu entnehmen.

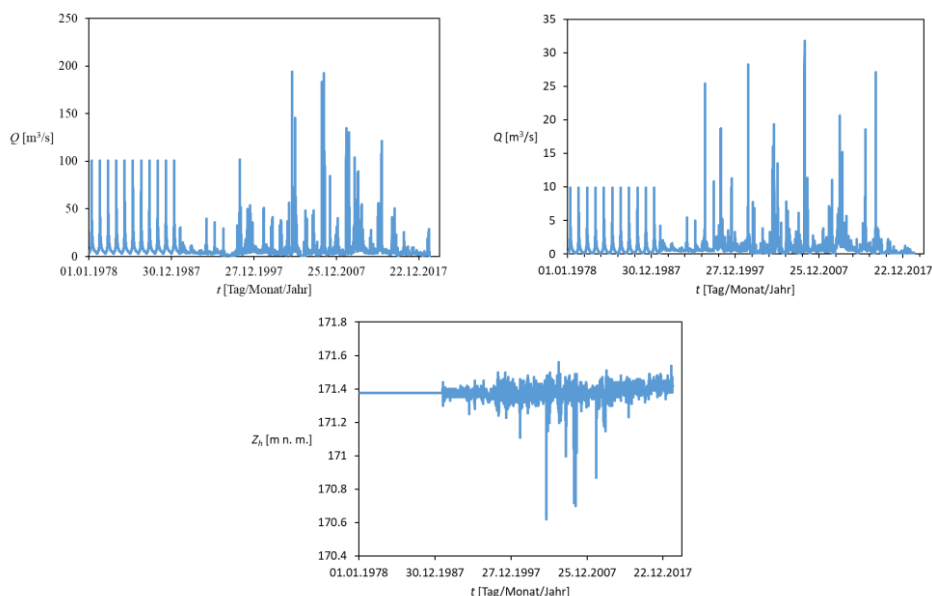


Abbildung 5. Abflussganglinien, links Thaya, rechts Jevišovka, darunter Wasserstand im Stausee

### 3.3 Korngröße von Anlandungen und Schwebstoffen

Da die Korngröße der Sedimente nicht bekannt war, wurden Sedimentproben von der Sohle der Flüsse (3 Proben) und des Staubeckens (5 Proben) entnommen und deren Korngröße wurde im Labor ermittelt. Die erste Sedimentprobe wurde von der Anlandung in der Thaya ca. 70 m stromabwärts von der Brücke bei der Gemeinde Dyjákovice entnommen, die zweite Probe wurde von der Sohle der Thaya bei der Ortschaft Trávní dvůr ca. 100 m stromabwärts von der Brücke und die dritte Probe von der Sohle der Jevišovka 2 m stromaufwärts von der Brücke zwischen Pravice und Nový Dvůr entnommen. Die Sedimententnahme von der Stauseesohle (Markierung 1 bis 5) wurde von den Kollegen vom Institut für Wasserwirtschaft durchgeführt. Eine detaillierte Beschreibung der Probenentnahme und -bewertung der Korngrößen sind in den Zwischenberichten „Report 2 – Bericht über die Entnahme und Bewertung der Korngrößenproben im Oberbecken von Nové Mlýny“ und „Report 15 – Bericht über die Probenahme von Sohlensedimenten, die durch eine vertikale Sonde gewonnen wurden, und Auswertung von Korngrößenproben im Oberbecken von Nové

Mlýny“. Die Kornverteilungskurven sämtlicher entnommener Proben sind in der Abbildung 6. dargestellt. Es wurde ebenfalls eine Messung des Schwebstoffflusses in der Jevišovka durchgeführt.

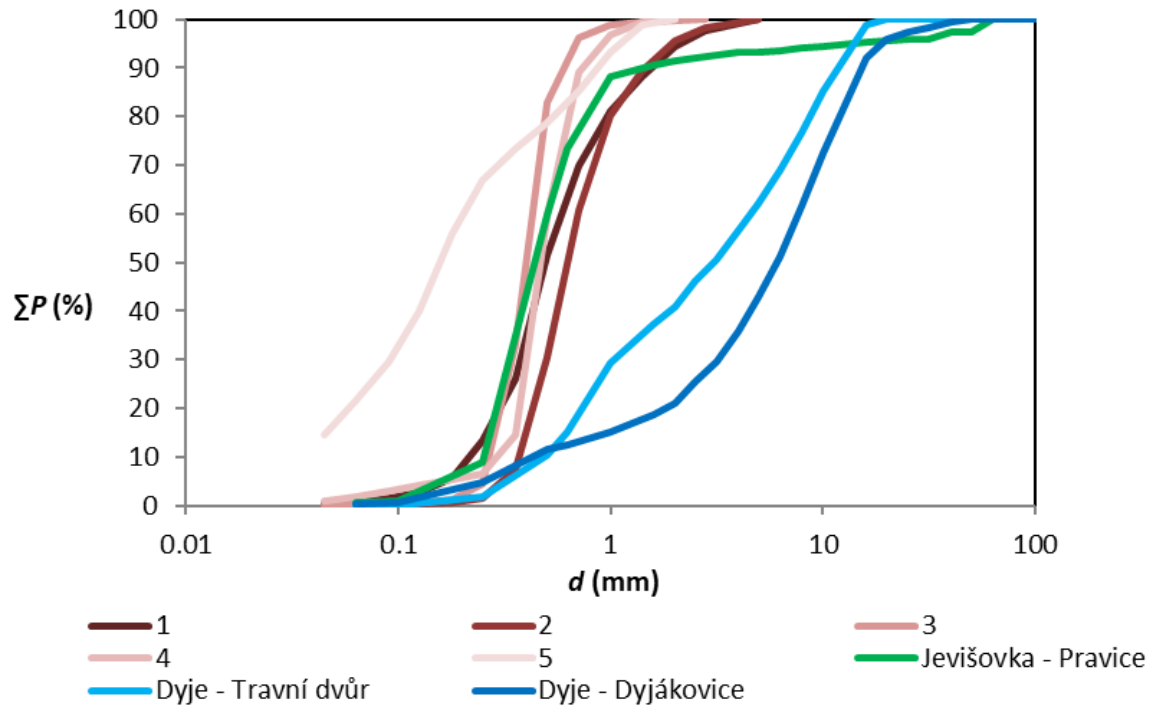


Abbildung 6. Kornverteilungskurven von Sedimenten

## 4 Historische Entwicklung der Verlandung im oberen NM-Oberbeckenteil

Die historische Verlandungsentwicklung wurde anhand von Messdaten ausgewertet, was die genaueste Ausdrucksform darstellt. Die detaillierten Ergebnisse wurden in dem Zwischenbericht „Report 14 – Simulation der historischen Verlandungsentwicklung im Oberbecken der Stauanlage Nové Mlýny“ beschrieben.

Zur Simulation der Vorhersage von Verlandungen mit der Möglichkeit, ihre Plausibilität abzuschätzen, wurden numerische Modelle erstellt. Es wurden 1D- und 2D-Modelle ausgearbeitet, welche die Simulation von Gewässerströmung und Sedimenttransport ermöglichen. Unter Berücksichtigung der Einschränkungen betreffend die Eingabedaten, Software und zeitlichen Vorgaben wurde die historische Verlandungsentwicklung in folgende Perioden unterteilt:

- 1D Modell:
  - von 1978 bis 2008,
  - von 2009 bis 2018.
- 2D Modell:
  - von 2009 bis 2018.

### 4.1 Ermittlung aus Messdaten

Zur Ermittlung der historischen Verlandung aus Messdaten wurden die oben genannten DMTs verwendet. Aus ihrer Differenz wurde die Höhe der Anlandungen in jeder der beiden Perioden berechnet, was die Abbildung 7 zeigt. Die Gesamthöhe der Anlandungen ist der Abbildung 8 zu entnehmen. Die Auswertung der Sohlenhöhe in der Flussbettachse im Jahr 1952 ist in der Abbildung 9 dargestellt.

Auf den Bildern ist zu erkennen, dass in der ersten Periode vor allem das ursprüngliche Flussbett der Thaya und das Gebiet, auf dem sich heute Inseln befinden, verlandeten. In der zweiten Periode verlandete bereits der gesamte Teil der Stauseesohle und es bildeten sich Inseln mit der Entwicklung von Gerinnen entlang der Schutzdämme.

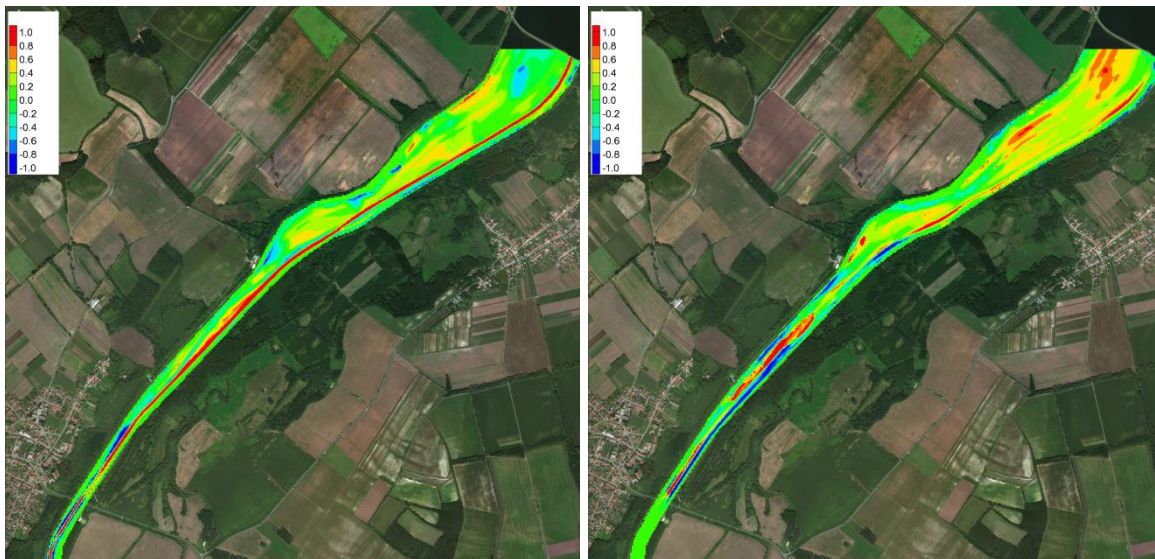


Abbildung 7. Verlandungsentwicklung in den jeweiligen Perioden [m], links 1978-2008, rechts 2008-2018

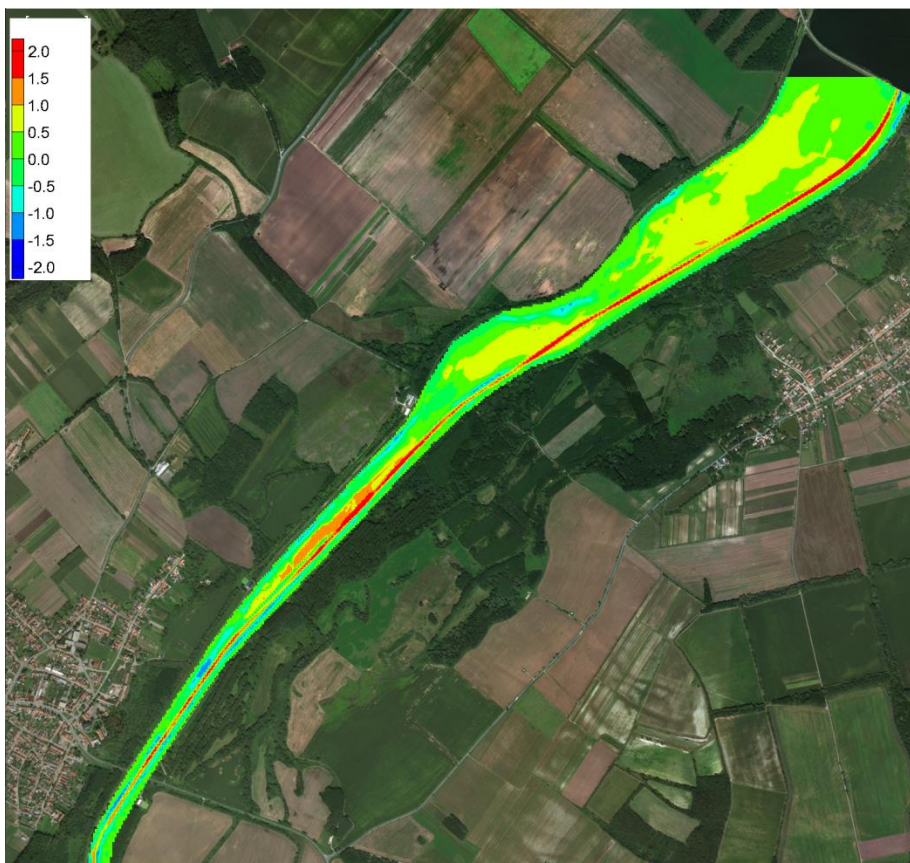


Abbildung 8. Verlandungsentwicklung [m] in dem gesamten Zeitraum 1978-2018



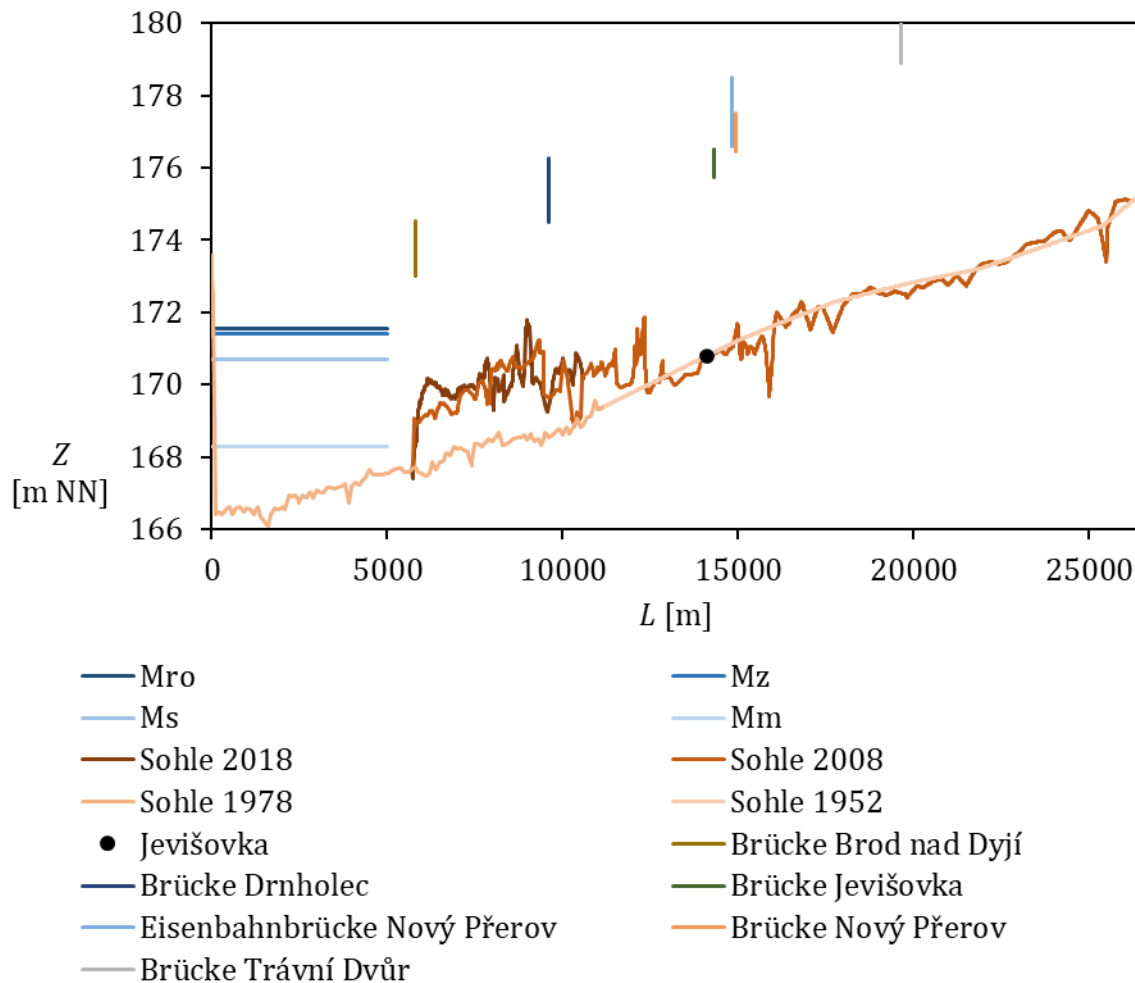


Abbildung 9. Sohlenhöhenlage in der Flussbettachse

## 4.2 Entwicklung der Verlandung in dem Zeitraum 1978 bis 2018 – 1D numerische Simulation

### 4.2.1 Erstellung des Modells

Das Modell wurde mit dem Softwaretool HEC-RAS erstellt.

Aus den zugrunde liegenden Daten generierte geometrische Daten umfasste Querprofile, Abstände zwischen den Querprofilen sowie die Profilkennzeichen. In dem Programm wurden sie entsprechend der Querprofilform in Gerinne und Bermen unterteilt, der Rauheitsbeiwert wurde geschätzt (dieser war Gegenstand der Kalibrierung), und lokale Verlustbeiwerte wurden gemäß den Empfehlungen des Softwareherstellers festgelegt. Der Zusammenfluss wurde ebenfalls angegeben.

Die hydrologischen Daten enthielten Informationen über die zeitliche Abflussentwicklung in der Thaya und Jevišovka sowie über den Wasserstand im Stausee, sie wurden für die Randbedingungen verwendet, welche die Gewässerströmung beschreiben.

Kornverteilungskurven wurden in die Sedimentdaten zu jenen Profilen eingelesen, wo sie entnommen wurden. Es wurden diejenigen Kurven von Probenahmen an den Flüssen und am Beginn des Stauraums verwendet, wo der Einfluss der Korngrößenänderung in der Gerinnebreite noch nicht zu stark erkennbar ist. Zwischen diesen Profilen wurden die Kornverteilungskurven durch lineare Interpolation nachberechnet. Es wurden 11 Fraktionen verwendet. Hinsichtlich des geologischen Profils wurde bei der Simulation ein erosionsfester Baugrund bis zu einer Tiefe von 2 m unter der Ausgangssohle eingetragen. Die Ausdehnung des Querprofils mit möglicher Ausspülung war gleich wie die Ausdehnung der Sohle. Die Schnittstelle zwischen Sohle und Bermen in dem Stausee wurde durch die Betriebspegel bestimmt. Zur Berechnung der Korngrößenverteilung in der Deckschicht wurde das Thomas-Verfahren gewählt. Zur Bestimmung der Sinkgeschwindigkeit wurde das Report-12-Verfahren gewählt. Zur Ermittlung der Verlandung entlang des Querprofils wurde das tiefenabhängige Verfahren (Veneer) gewählt. Die obere Randbedingung sowohl bei der Thaya als auch der Jevišovka war ein gleichmäßiger Schwebstofffluss. Die Sedimentdichte wurde laut der Software-Empfehlung belassen, variabel je nach Fraktion. Kohäsion wurde nicht berücksichtigt.

#### 4.2.2 Analysen, Kalibrierung und Verifizierung des Modells

Es wurden zahlreiche Analysen durchgeführt. Zu den bedeutendsten Analysen gehört ein Test der angenommenen Vereinfachung der Verwendung der quasistationären Strömung in den Berechnungen. Die Analyse hat eine vernachlässigbare Auswirkung auf die Ergebnisse in der langfristigen Betrachtung und eine geringe Auswirkung auf die Ergebnisse in Bezug auf Hochwasserabflüsse bestätigt.

Die Kalibrierung wurde in zwei Schritten durchgeführt:

- Kalibrierung der Gewässerströmung:
  - Wasserstand bei Durchflüssen, die den Hochwasser-Aktivitätsstufen entsprechen, die aufgrund des Schlüsselpegels am Meldepunkt Trávní dvůr festgelegt.
- Kalibrierung des Sedimenttransports:
  - Historische Verlandungsentwicklung.

Die Verifizierung des Sedimenttransports erfolgte bei Folgendem:

- Korngröße von Sedimenten.
- Langfristige Messung des Schwebstoffflusses an der Messstelle Trávní dvůr.

- Berechnung des gleichmäßigen Schwebstoffflusses, ermittelt aufgrund der Simulation der äquivalenten Jahresabflusswelle.
- Schwebstofffluss in der Jevišovka (gemessen).

Angesichts der genaueren geometrischen Daten und Werte, die in Profilen mit Randbedingungen eingegeben wurden, wurde die Kalibrierung und Verifizierung des Modells nur für die zweite Periode durchgeführt.

Der relative Fehler bei der Bestimmung des vom Modell errechneten und aus Messungen ermittelten mittleren jährlichen Schwebstoffdurchflusses betrug 1 %.

Das Modell wurde im Rahmen der oben verwendeten Daten kalibriert und verifiziert. Analysen, die während der Kalibrierung und Verifizierung durchgeführt wurden, zeigten die Genauigkeit, mit welcher die Simulationsergebnisse betrachtet werden können.

#### **4.2.3 Simulation der historischen Verlandungsentwicklung**

Folgende Perioden wurden simuliert:

- von 1978 bis Ende 2008 (gekennzeichnet mit 2009),
- von 2009 bis Ende 2018 (gekennzeichnet mit 2019).

#### **4.2.4 Ergebnisse der historischen Verlandungsentwicklung**

Das Ergebnis der Verlandungsentwicklung der Thaya dokumentieren die Abbildung 10 und Abbildung 11. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Jahren. In den Grafiken sind auch Messdaten mit der Endung „m“ abgebildet. Für die Thaya sind drei Sohlenmessungen verfügbar, die eine umfassendere Bewertung ermöglichen. In Betracht der Tatsache, dass 1978 keine Querprofile vermessen wurden, sondern nur die Sohlenhöhe entlang der Flussbettachse, muss eine relativ großen Ungenauigkeit in Kauf genommen werden. In der ersten Periode zeigt sich, dass vor allem der Abschnitt stromabwärts von dem Zusammenfluss mit der Jevišovka verlandet, wo sich allmählich eine Delta-Ablagerung bildet. Die Stirn der Ablagerung breitet sich allmählich in den Speicher aus. In der zweiten Periode setzt sich die Bildung der Delta-Ablagerung fort, aber die Geschwindigkeit der Veränderung nimmt mit zunehmender Breite und Länge der Ablagerung ab. Die Ausdehnung der Ablagerung entspricht etwa der gemessenen Ausdehnung der Ablagerung, die Stirn der Delta-Ablagerung liegt etwa am Fkm 8.

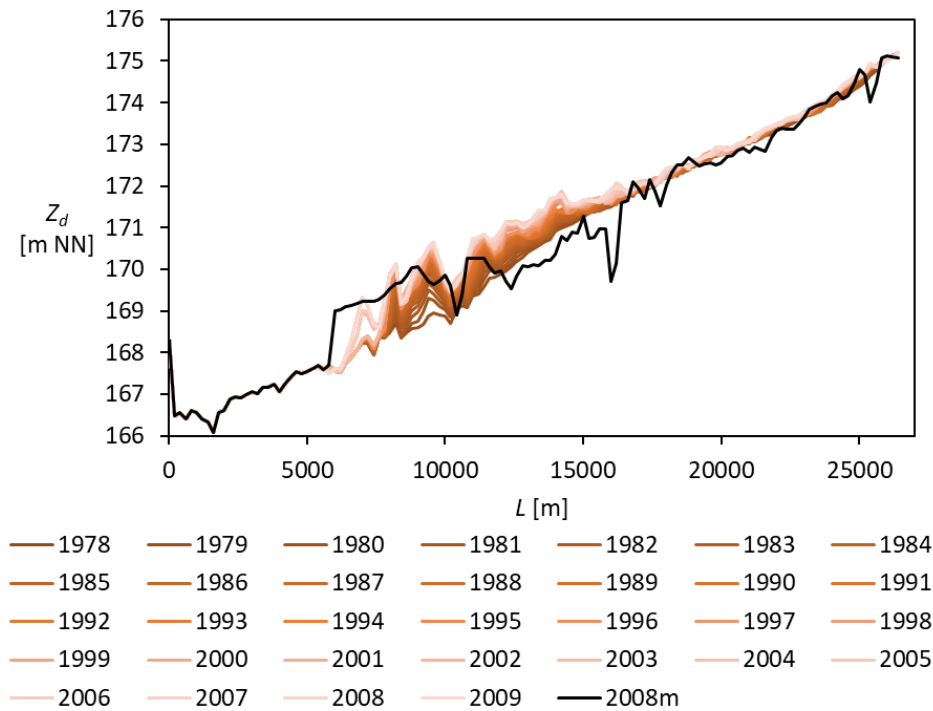


Abbildung 10. Entwicklung der Sohlenhöhenlage in der Thaya von 1978 bis Ende 2008 (2009)

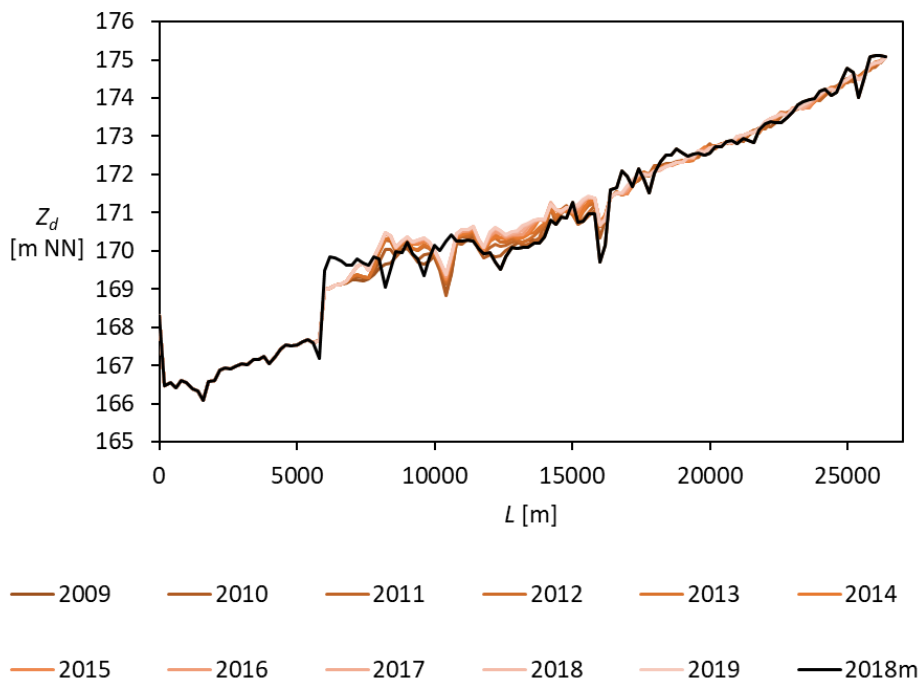


Abbildung 11. Entwicklung der Sohlenhöhenlage in der Thaya von 2009 bis Ende 2018 (2019)

### **4.3 Entwicklung der Verlandung in dem Zeitraum 2009 bis 2018 – 2D numerische Simulation**

#### **4.3.1 Erstellung des Modells**

Zu der Erstellung wurde das Softwaretool SMS-SRH eingesetzt.

Die geometrischen Daten aus der Unterlage enthielten die DMTs 2008 und 2018. Die hydrologischen Daten enthielten Informationen über die zeitliche Entwicklung der Abflüsse in der Thaya und Jevišovka sowie den Wasserstand im Stausee, und diese wurden zur Eingabe von Randbedingungen, welche die Wasserströmung beschreiben. Die Kornverteilungskurven wurden in die Sedimentdaten eingelesen. Es wurden diejenigen Kurven von Probenahmen an den Flüssen und am Beginn des Staauraums verwendet, wo der Einfluss der Korngrößenänderung in der Gerinnebreite noch nicht zu stark erkennbar ist. Es wurden 9 Fraktionen verwendet (SW-Beschränkung). Im Hinblick auf die Stabilität der Berechnung wurde eine Sedimentschicht mit bekannter Kornverteilungskurve von 0,5 m Mächtigkeit eingegeben, darunter wurde eine 1 m dicke Schicht mit einer Kornverteilungskurve eingefügt, die einer vollständigen Sortierung entspricht. Erosion war nur in der Flussbettssole zulässig, wobei davon ausgegangen wurde, dass die Vegetationsdecke nicht gestört würde.

In dem Programm wurde ein Polygonnetz erstellt, das die Gerinne in Bermenneigung, Bermensohle, Künettenwand und Künettensohle unterteilt. In dem Staauraum wurde nur in Flächen unter und über dem Niveau des Betriebsstaauraums unterteilt. Den Polygonkanten wurden Unterteilungen zugewiesen. Für Polygone wurden der Netztyp und das DMT zum Einlesen der Geländeebene definiert. Es wurde vorzugsweise ein strukturiertes Netz verwendet, nur am Zusammenflusspunkt wurde ein unstrukturiertes Netzwerk verwendet. Die Rauheitsbeiwerte wurden dem kalibrierten 1D-Modell entnommen, damit die Ergebnisse beider Modelle miteinander verglichen werden konnten.

#### **4.3.2 Analysen, Kalibrierung und Verifizierung des Modells**

Es wurden zahlreiche Analysen durchgeführt. Zu den wichtigsten Analysen zählen die Einstellung des Zeitschritts in Bezug auf die Zellgröße und die Wahl der Transportgleichung für die Berechnung.

Die Kalibrierung der Gewässerströmung wurde nicht durchgeführt, damit der 1D- und den 2D-Ansatz verglichen werden konnte. Der Vergleich zeigte, dass die Wasserstände gleichsam identisch sind.

Die Kalibrierung des Sedimenttransports erfolgte bei dem Ablagerungsvolumen im Stausee. Das kalibrierte Modell verwendete die Transportgleichung nach Engelund und Hansen, die Berechnungsmethode der Adaptationslänge nach Philips und Sutherland und die

Berechnung der Dicke der aktiven Schicht basierend auf der Größe einer 90% Partikel mit einem Dickenfaktor von 10. Der relative Fehler bei der Bestimmung des vom Modell errechneten und aus Messungen ermittelten mittleren jährlichen Schwebstoffdurchflusses betrug 8 %.

Das Modell wurde für die Sedimentpartikelgröße  $d_{50}$  zum Ende 2018 validiert.

Das Modell wurde im Rahmen der oben verwendeten Daten kalibriert und verifiziert. Analysen, die während der Kalibrierung und Verifizierung durchgeführt wurden, zeigten die Genauigkeit, mit welcher die Simulationsergebnisse betrachtet werden können.

#### **4.3.3 Simulation der historischen Verlandungsentwicklung**

Simuliert wurde nur der Zeitraum von 2009 bis 2018. Es wurde ein algebraisches parabolisches Turbulenzmodell mit einem Koeffizienten von 0,7 verwendet.

#### **4.3.4 Ergebnisse der historischen Verlandungsentwicklung**

Die Verlandungsentwicklung auf der Thaya dokumentiert die Abbildung 12. Die Ablagerung hat sich während der 10 Jahre der Simulation vergrößert, Veränderungen in den engen Teilen des Gerinnes sind schneller als in den breiten. Das Modell simulierte eine größere Verlandung der tiefsten Stellen der Sohle als tatsächlich vorkam. Die Sedimentstirn befindet sich in etwa in der gleichen Position wie in Wirklichkeit. Die Veränderung der Sohlenhöhe in der zweiten Periode über den gesamten Modellbereich ist in der Abbildung 12 dargestellt. Eine Detaildarstellung des derzeit optisch am stärksten belasteten Bereichs zeigt die Abbildung 13.

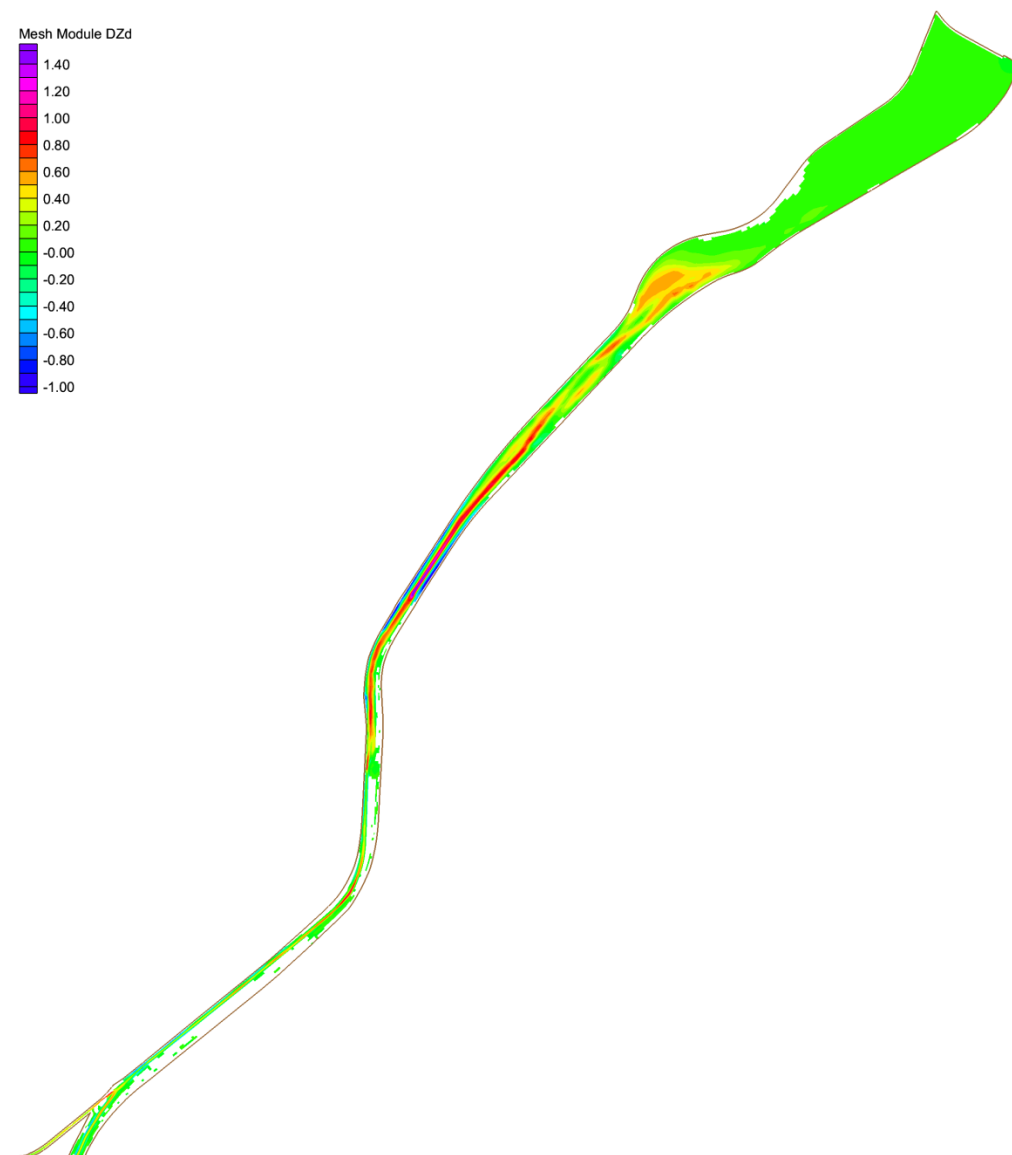


Abbildung 12. Veränderung der Sohlenhöhenlage [m] in dem Zeitraum 2009 bis 2018, simuliert mit dem 2D-Modell

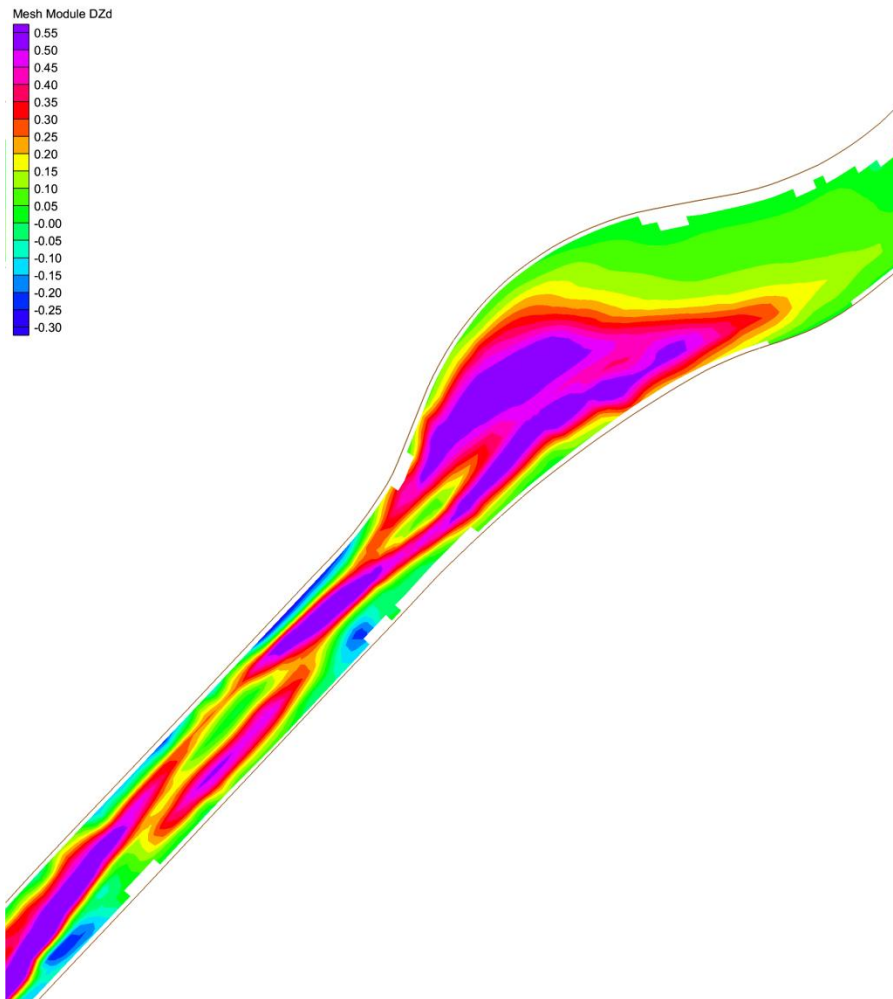


Abbildung 13. Detail der Veränderung der Sohlenhöhenlage [m] am Sedimentstirn in dem Zeitraum 2009 bis 2018, simuliert mit dem 2D-Modell

#### 4.4 Vergleich der Simulation mit Messdaten

Ein Vergleich der Sohlenhöhenlage in der Flussbettachse in 1952 ist in der Abbildung 14 dargestellt. Die Grafik zeigt, dass die Ergebnisse der 1D-Simulation für den Zeitraum 1978 bis 2008 weniger aussagekräftig sind als die Ergebnisse für 2009 bis 2018. Als Hauptgrund werden die ungenaue Beschreibung des Geländezustands in 1978 sowie der Mangel an Kenntnissen über Abflüsse und Pegelstände im ersten Teil des Zeitraums vermutet. In der ersten Periode generierte die Simulation eine stärkere Ablagerung in dem Abschnitt stromaufwärts von der Brücke in Drnholec und hingegen eine geringere Ablagerung in dem Abschnitt stromabwärts von der Brücke. In der zweiten Periode simulierte das Modell die Verlandung entsprechend den Messdaten, Unterschiede waren nur lokal, insbesondere an jenen Stellen, wo es in 1D keine Strömung gab.

Die 2D-Simulation zeigte die Vorteile der Strömungsanalyse in mehreren Dimensionen, wobei die Beschreibung der Verlandung in Querrichtung deutlich genauer ist. Aus der



Differenzkarte der Geländeneiveaus lässt sich eindeutig feststellen, wo die Verlandung und wo die Erosion vorkam. Die durch Simulation ermittelte Position der Stirn der Delta-Ablagerung entspricht in etwa der gemessenen. Das Modell überschätzt die Ablagerung unmittelbar stromaufwärts von der Brücke in Drnholec, sonst entspricht es den Messwerten.

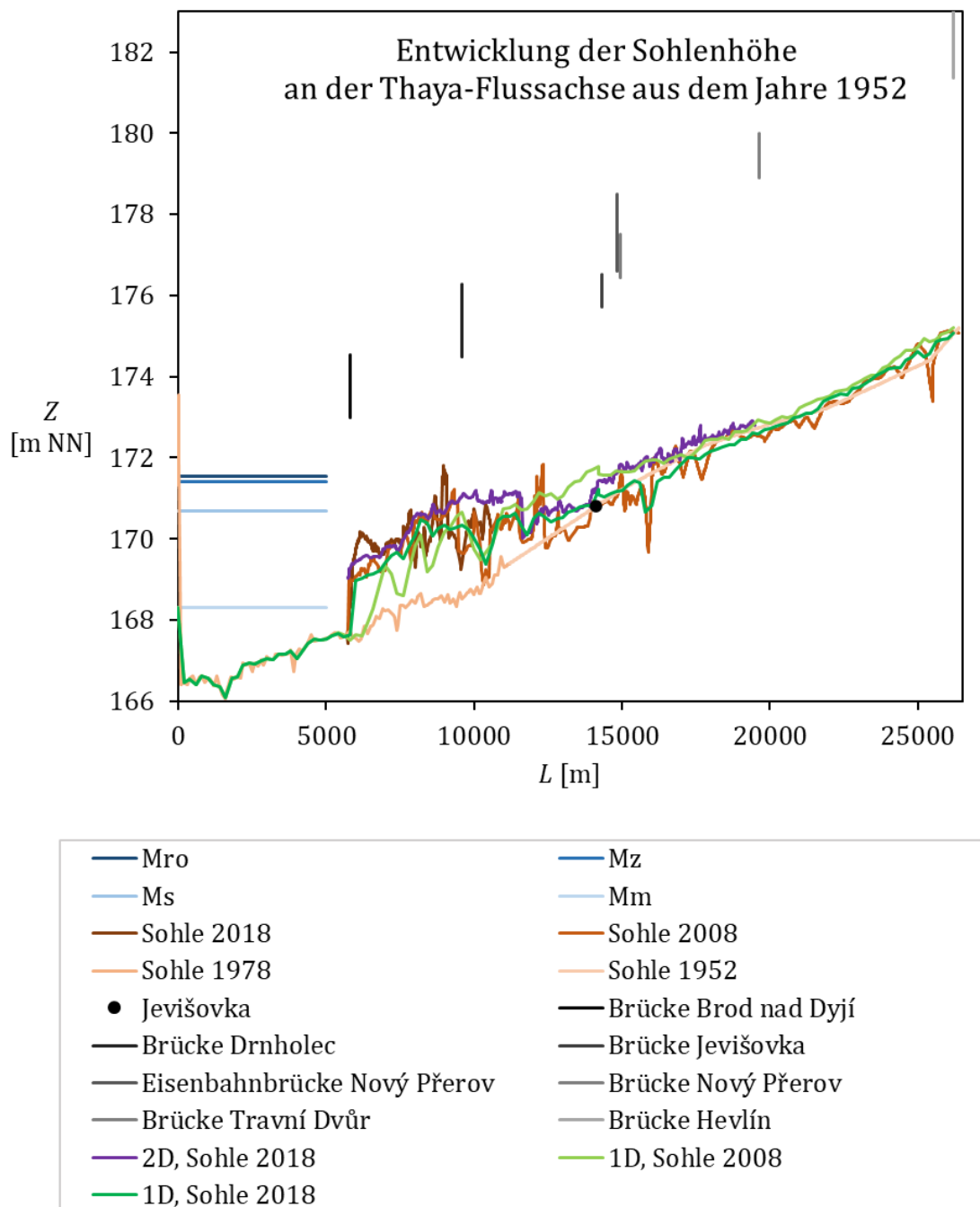


Abbildung 14. Vergleich der tatsächlichen und simulierten Sohlenhöhenlage im 1D- und 2D-Modell

## 5 Vorhersage der Verlandungsentwicklung im oberen NM-Oberbeckenteil ohne Maßnahmen

Die Beschreibung in diesem Kapitel basiert auf dem Zwischenbericht „Report 20 – Simulation der zukünftigen Verlandungsentwicklung im Oberbecken der Stauanlage Nové Mlýny“. Die Vorhersage umfasst eine Kurzzeitprognose mit einer detaillierten Beschreibung der Verlandung, eine Mittelfristprognose mit einer weniger detaillierten Beschreibung der Verlandung und eine Langzeitprognose mit einer groben Beschreibung der Verlandung. Diese Gliederung war notwendig im Hinblick auf den Zeitaufwand und die Komplexität der Aufgabenstellung.

Zur Vorhersage wurden drei Klimaszenarien (KS) ausgewählt, die in der Tab. 1 dargestellt sind.  $Q_a$  bezeichnet den durchschnittlichen Jahresdurchfluss,  $Q_{max}$  den maximalen und  $Q_{min}$  den minimalen Durchfluss. Die Ableitung von Szenariodaten wurde in dem Zwischenbericht „Report 18 – Modellierung der durchschnittlichen täglichen Zuflüsse in das Oberbecken von Nové Mlýny unter Bedingungen des zukünftigen Klimawandels“ beschrieben.

Tab. 1. Simulierte KS-Ganglinien

KS (ursprüngliche Bezeichnung)	Jevišovka, Božice			Thaya, Trávní Dvůr		
	$Q_a$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{max}$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{min}$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_a$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{max}$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{min}$ [m <sup>3</sup> /s]
KS1 (HadGEM2-ES)	0,52	15,93	0,10	7,56	109,56	2,94
KS2 (MPI-ESM-MR)	0,59	8,77	0,10	8,32	200,73	2,94
KS3 (EC EARTH 4.5 / MIROC5 4.5)	0,65	15,55	0,10	8,97	269,98	2,94

### 5.1 Kurzzeitprognose – 2D-Modell

Es wurden KS-Ganglinien simuliert, die in Tab. 1 dargestellt sind.

Die KS-Ganglinienflüsse wurden in Profile mit einer oberen Randbedingung eingegeben. Die untere Randbedingung war die Betriebswasserspiegelhöhe im Stausee von 171,42 m NN. Die Vorgabe war dieselbe wie bei dem 1D-Modell, nur mit dem Unterschied, dass die Profile mit Randbedingungen sich an anderen Orten befanden. Die Ausgangsgeometrie bezog sich auf das Jahr 2018. Die zukünftige Entwicklung wurde simuliert von 2021 bis Ende 2031.

Die Ergebnisse sind in Form der Sedimenthöhe im Jahr 2031 im Bereich von dem Zusammenfluss mit der Jevišovka bis zur ehemaligen Einmündung des Baches Výchon dargestellt, wo die Verlandung hauptsächlich auftritt (Abbildung 15). Die Ergebnisse zeigen, dass hauptsächlich die Sohle ohne Berme verlandet. Die Verlandungsstellen sind bei allen KS fast gleich, nur die Höhe der Ablagerung ist unterschiedlich.

Die zeitliche Verlandungsentwicklung für KS3 ist in der Abbildung 16 dargestellt. Aus der Reihe der zweijährigen Zustände bis 2031 geht hervor, dass sich die Stirn der Delta-Ablagerung sich weiter in den Stauraum verschiebt und die Höhenlage des Delta-Plateaus sich allmählich erhebt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Stellen, derzeit verlanden, dieselben sind wie in 10 Jahren, und es ist zu erwarten, dass ihr Ausmaß allmählich zunehmen wird.

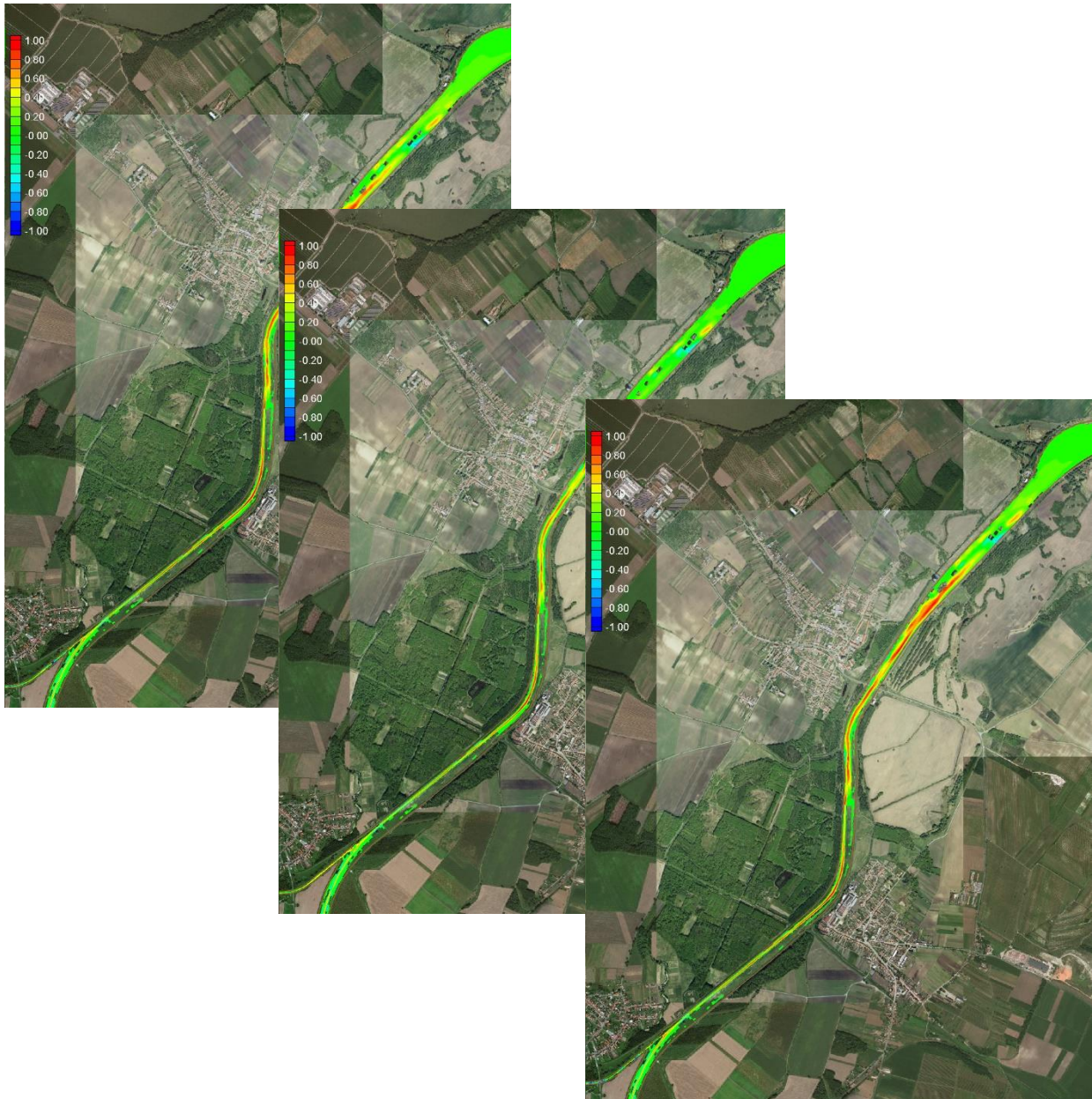


Abbildung 15. KS1 oben, KS2 in der Mitte, KS3 unten, Sedimenthöhe im Jahr 2031 [m]

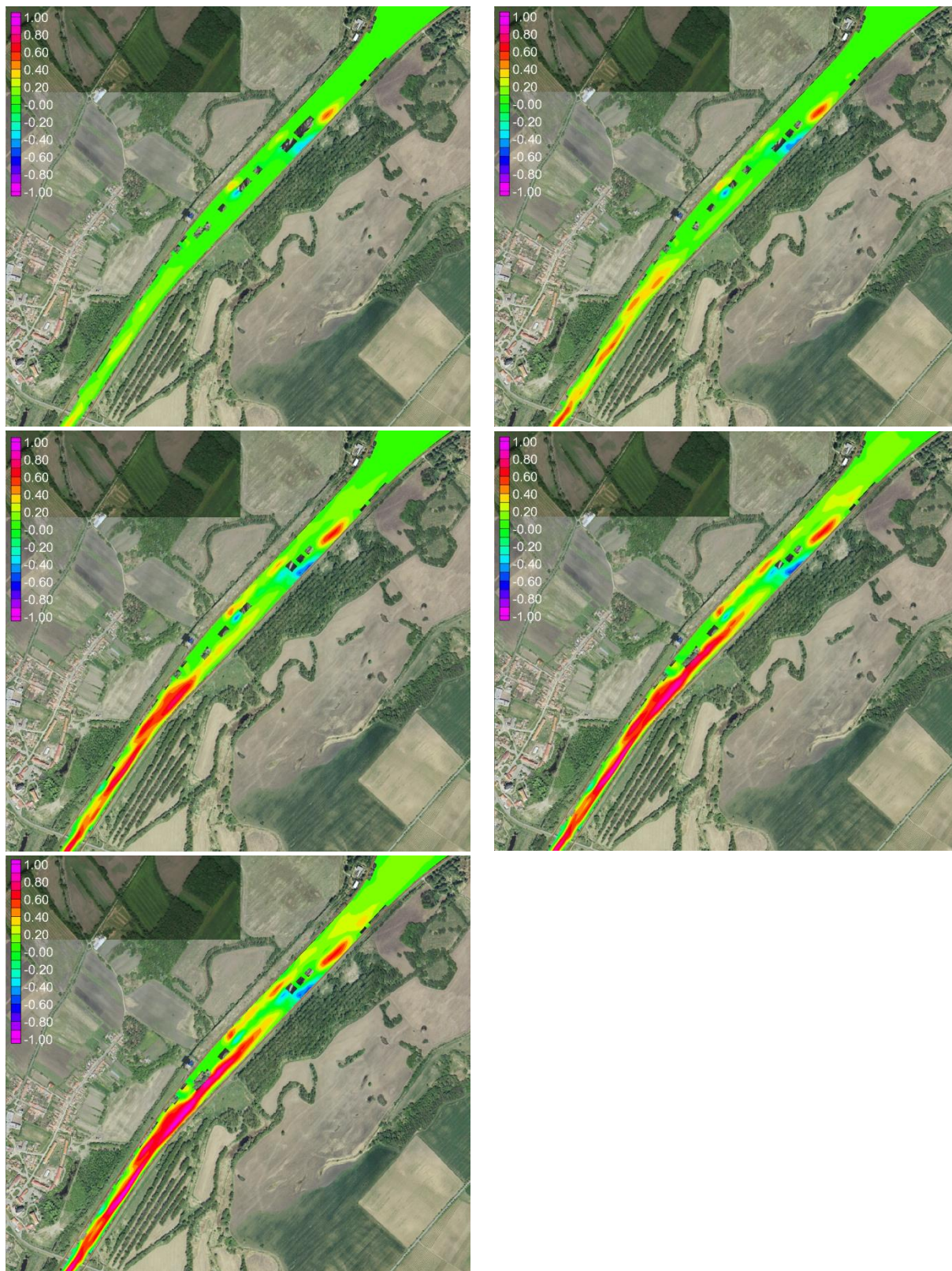


Abbildung 16. KS3, Verlandungsentwicklung über die Zeit [m], 2023, 2025, 2027, 2029, 2031

## 5.2 Mittelfristprognose – 1D-Modell

Die KS-Ganglinienflüsse wurden in Profile mit einer oberen Randbedingung eingegeben. Die untere Randbedingung war die Betriebswasserspiegelhöhe im Stausee von 171,42 m NN. Sie wurde wegen der Vergleichbarkeit einzelner KS konstant gewählt. Die Ausgangsgeometrie bezog sich auf das Jahr 2018. Die zukünftige Entwicklung wurde simuliert bis 2051.

### 5.2.1 KS1

Die Ergebnisse von KS1 sind in den Längsprofilen der Thaya (Abbildung 17) und Jevišovka (Abbildung 18) dokumentiert, welche die Entwicklung der Sohlenhöhe  $Z_d$  in der Flussbettachse 1952 und die Entwicklung des Sedimentvolumens  $V_s$  darstellen. Die Längsprofile zeigen den Zustand in zehnjährigen Schritten.

Aus den Längsprofilen der Thaya geht hervor, dass das Delta-Plateau sich allmählich erhöhen wird und etwa im Jahr 2031 beginnt in das Flussbett der Thaya einzudringen. Die Erhebung im Abschnitt zwischen dem Zusammenfluss und der Stirn der Delta-Ablagerung ist annähernd gleichmäßig. In der zeitlichen Entwicklung wird die Höhenlage des Delta-Plateaus durch die Vergrößerung der Absetzfläche im Querprofil langsamer ansteigen. Die Stirn der Delta-Ablagerung wird sich allmählich in den Stausee verschieben. Das zentrale Sedimentvolumen ist zwischen den Brücken in Drnholec und Brod nad Dyjí zu erwarten. Stromabwärts von der Brücke in Brod nad Dyjí gelangt während der gesamten Dauer der Simulation so gut wie kein Sediment, d.h. der untere NM-Oberbeckenteil wird mit fast keinen Schwebstoffen aus dem Flussbett der Thaya und Jevišovka verlanden. Das gilt allerdings nicht für Hangabspülung und im Stausee anfallende Schwebstoffe.

Aus den Längsprofilen der Jevišovka geht hervor, dass Verlandungen im mittleren Teil des simulierten Abschnitts entstehen werden. Die Verlandung wird die Neigung der Sohle entlang des Gerinnes ausgleichen. Die Verlandung des Zusammenflusses mit der Thaya wird sich in Jevišovka während der gesamten Dauer der Simulation nicht manifestieren.

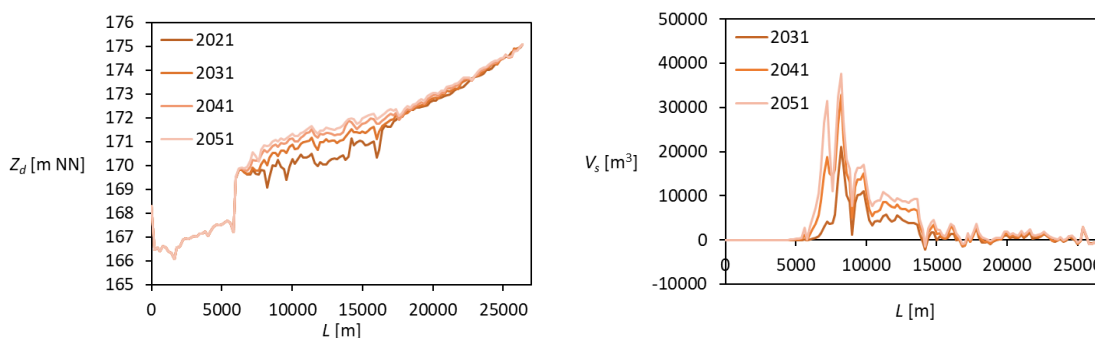


Abbildung 17. KS1, Thaya, künftige Entwicklung der Veränderung der Sohlenhöhe (links) und des Sedimentvolumens (rechts)

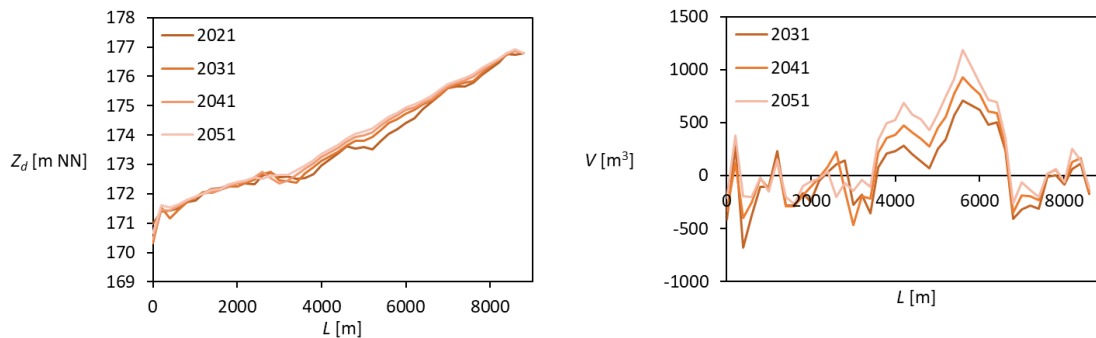


Abbildung 18. KS1, Jevišovka, künftige Entwicklung der Veränderung der Sohlenhöhe (links) und des Sedimentvolumens (rechts)

### 5.2.2 KS2

Die Ergebnisse von KS2 sind in den Längsprofilen der Thaya (Abbildung 19) und Jevišovka (Abbildung 20) dokumentiert.

Die Ergebnisse sind denen im KS1 beschriebenen Ergebnissen sehr ähnlich, nur mit einer etwas schnelleren Entwicklung, weshalb sie nicht näher beschrieben werden. Bemerkenswert ist nur die Tatsache, dass bereits im Jahr 2041 die erste Verlandung des unteren NM-Oberbeckenteils zu beobachten ist und dass die Verlandung des Zusammenflussgebiets der Thaya und Jevišovka sich auch in Jevišovka ausbreiten wird.

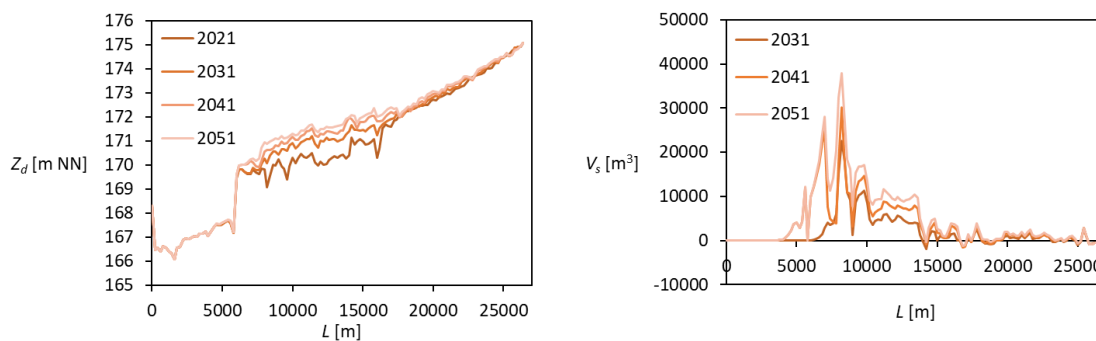


Abbildung 19. KS2, Thaya, künftige Entwicklung der Veränderung der Sohlenhöhe (links) und des Sedimentvolumens (rechts)

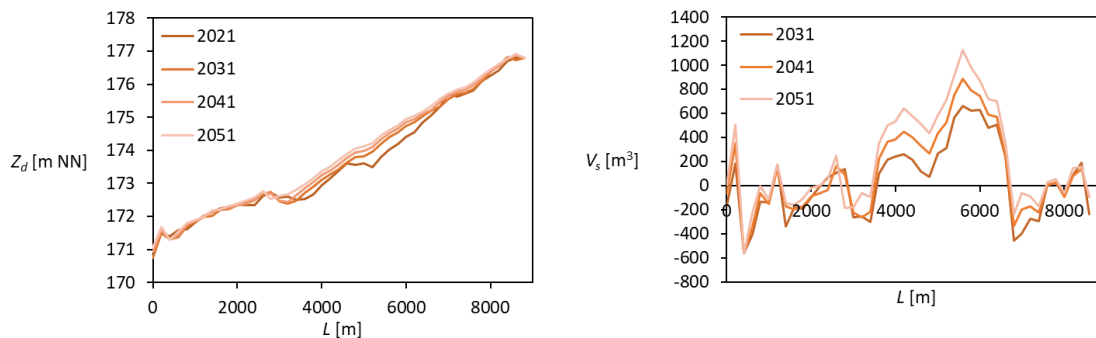


Abbildung 20. KS2, Jevišovka, künftige Entwicklung der Veränderung der Sohlenhöhe (links) und des Sedimentvolumens (rechts)

### 5.2.3 KS3

Die Ergebnisse von KS3 sind in den Längsprofilen der Thaya (Abbildung 21) und Jevišovka (Abbildung 22) dokumentiert.

Die Ergebnisse sind denen im KS2 beschriebenen Ergebnissen sehr ähnlich, nur mit einer etwas schnelleren Entwicklung, weshalb sie nicht näher beschrieben werden.

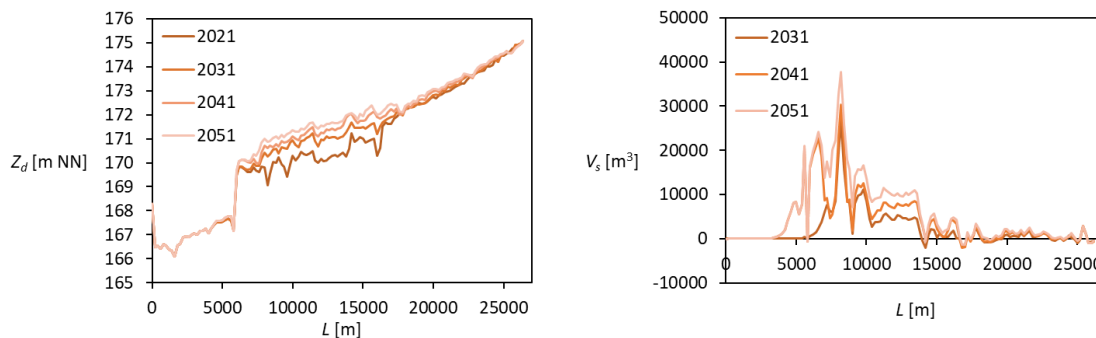


Abbildung 21. KS3, Thaya, künftige Entwicklung der Veränderung der Sohlenhöhe (links) und des Sedimentvolumens (rechts)

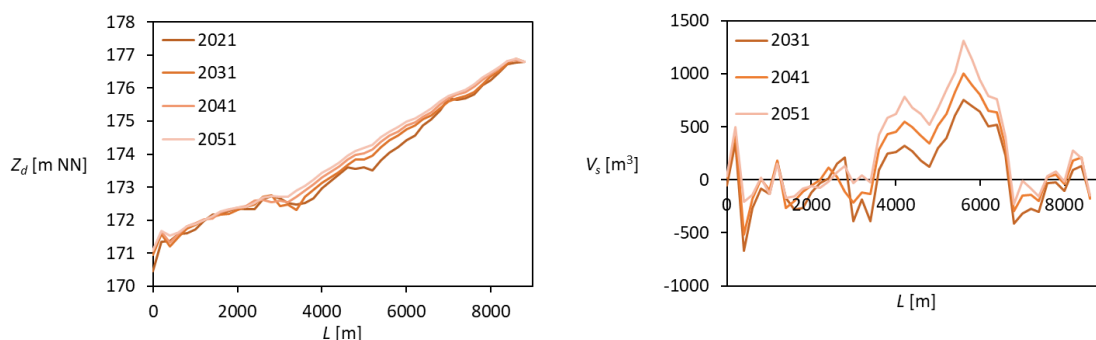


Abbildung 22. KS3, Jevišovka, künftige Entwicklung der Veränderung der Sohlenhöhe (links) und des Sedimentvolumens (rechts)

#### 5.2.4 Vergleich der Ergebnisse der Klimaszenarien

Ein Vergleich der Volumina zukünftiger Sedimente in dem Oberbecken im Jahr 2051 ist in der Abbildung 23 dargestellt. Daraus geht hervor, dass KS1 die geringste und KS3 die größte Verlandung des NM-Oberbeckenteils verursachen würde. Bei KS2 würde das Sedimentvolumen um 10 % größer sein als bei KS1, bei KS3 um 21 % größer sein als bei KS1 (Abbildung 23).

Ein gegenseitiger Vergleich der Ergebnisse aus den Simulationen einzelner KS wird in Form eines Längsprofils der Sohlenhöhe im Jahr 2051 in der Achse des Flussbetts 1952 für die Thaya (Abbildung 24) und für die Jevišovka (Abbildung 25) sowie als Sedimentvolumen für die Thaya (Abbildung 26) dargestellt.

Aus dem Vergleich an der Thaya geht hervor, dass die Sohlenhöhenunterschiede relativ gering, im Flusslauf der Thaya kaum wahrnehmbar sind. Die Hauptänderungen sind in der Position der Stirn der Delta-Ablagerung und in der Höhenlage des Delta-Plateaus zu erwarten. Die größte Ablagerung im Jahr 2051 wird bei dem KS3 gebildet, die kleinste bei dem KS1.

Bei der Jevišovka sind die Ergebnisse etwas anders als bei der Thaya, das Verhalten bei dem KS1 und KS2 ist sehr ähnlich, aber bei dem KS3 sind die Prozesse schneller. Der Grund dafür sind unterschiedliche relative Eigenschaften der Ganglinien bei den jeweiligen Klimaszenarien für die Thaya und Jevišovka.

Generell kann in Hinsicht auf die Verlandung des NM-Oberbeckenteils festgestellt werden, dass das KS3 die schnellste Verlandung des NM-Oberbeckenteils verursacht, und das KS1 die langsamste. Die Neigung des Delta-Plateaus ist über die Zeit ungefähr unverändert, nur seine Höhenlage verändert sich.

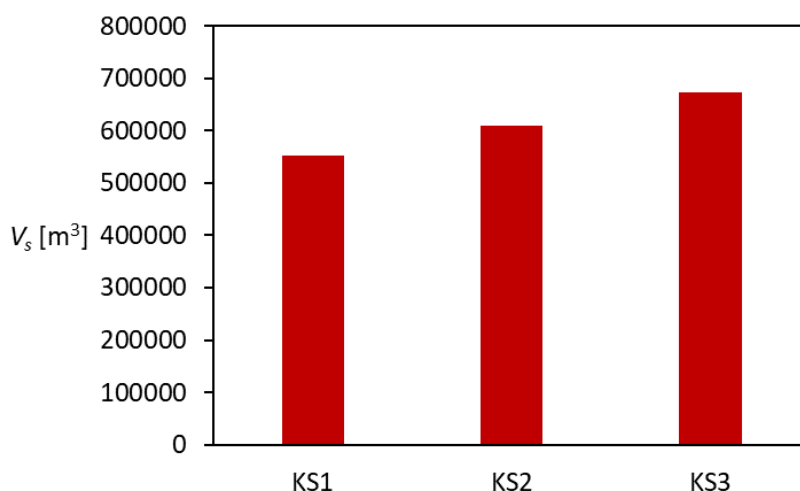


Abbildung 23. Sedimentvolumen im oberen NM-Oberbeckenteil von 2021 bis 2051



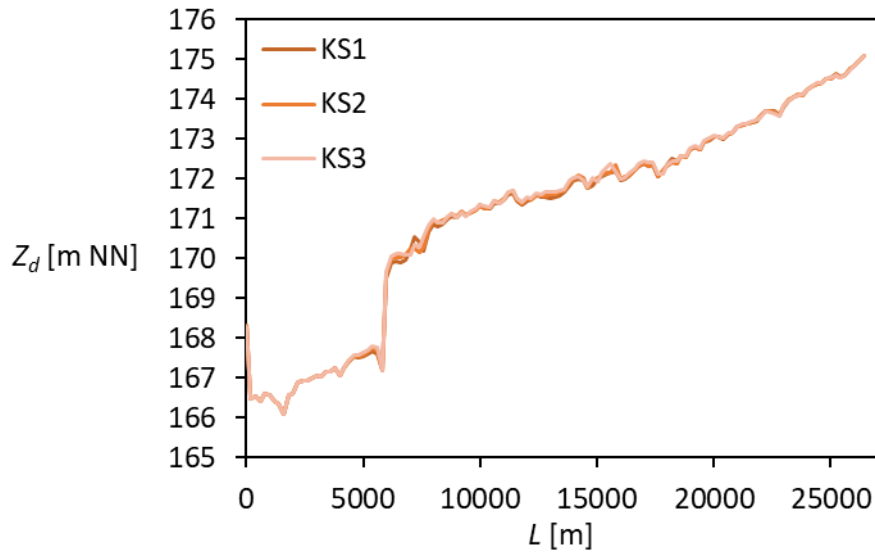


Abbildung 24. Thaya, Längsprofil der Sohlenhöhe im Jahr 2051 für jeweilige KS

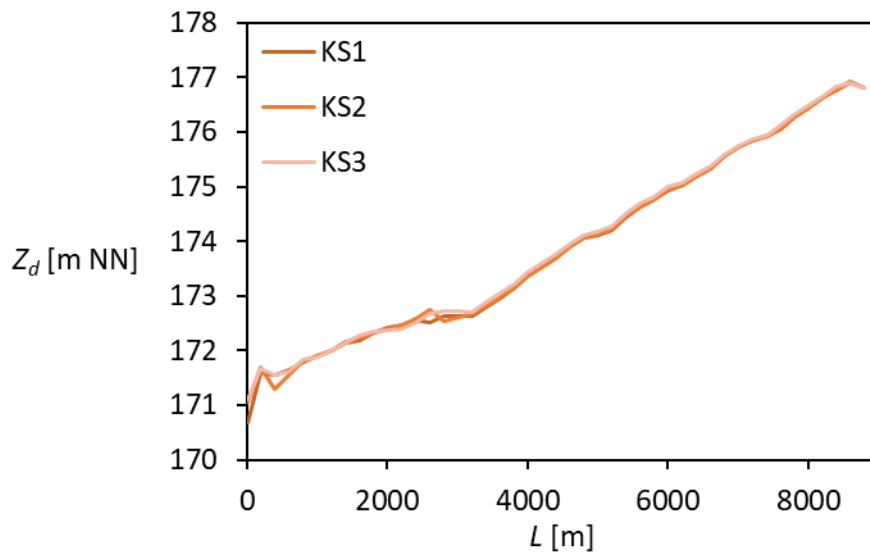


Abbildung 25. Jevišovka, Längsprofil der Sohlenhöhe im Jahr 2051 für jeweilige KS

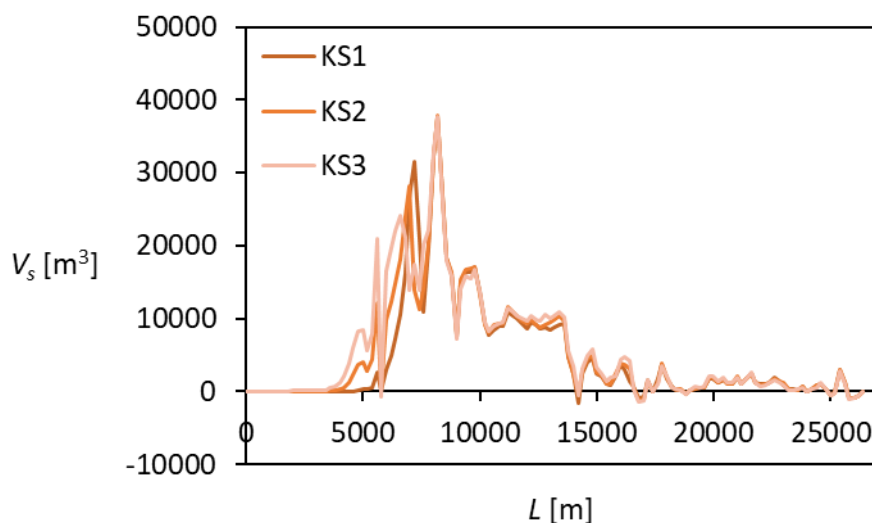


Abbildung 26. Thaya, Längsprofil des Sedimentvolumens im Jahr 2051 für jeweilige KS

### 5.3 Langzeitprognose – Analogie

Die Ergebnisse der Langzeitvorhersage mittels einer Analogie sind in dem Zwischenbericht „Report 26 – Langfristige Verlandungsentwicklung des oberen Oberbeckenteils der Stauanlage Nové Mlýny und ein Maßnahmenvorschlag zur Eliminierung negativer Konsequenzen“ ausführlich beschrieben. Die numerische Simulation der vollständigen Verlandung des oberen NM-Oberbeckenteils konnte aus Zeitgründen als auch aus Gründen der Fehlerfortsetzung über die Zeit nicht durchgeführt werden. Deshalb wurde das Analogieverfahren mit der bekannten Verlandung anderer Stauseen zur Bewertung der langzeitigen Verlandung des Stauraums herangezogen. Die langzeitige Verlandung wurde unter anderem mittels der Brune-Funktion bearbeitet, die aus Verlandungsdaten von Stauseen in den USA abgeleitet wurde. Die Brunnesche Kurve in ihrer ursprünglichen Form hat keinen mathematischen Ausdruck, daher wurde eine Näherungskurve gewählt, welche die Effizienz der Absetzwirkung unter Einbeziehung des Koeffizienten der Absetzwirkung angibt, der Gegenstand der Kalibrierung war.

Zur Kalibrierung wurden die durch Messungen in den Jahren 2008 und 2018 ermittelten Verlandungswerte des oberen NM-Oberbeckenteils sowie die durch Berechnung mit einem kalibrierten 1D-Modell ermittelten Werte verwendet. Der Koeffizient der Verlandungswirkung wurde variiert, bis die Abweichung akzeptabel war. Die Ermittlung der Speicherverlandungskurven wurde für alle drei Klimaszenarien durchgeführt.

Die langfristige Verlandung des Stauraums ist in der Grafik Abbildung 27 dargestellt. Die horizontale Achse drückt die allgemeine Zeit  $t$  und die Betriebszeit des Speichers seit der

ersten Auffüllung  $t_0 = 1978$  aus. Die vertikale Achse zeigt das Volumen des Speichers (gegeben durch den Betriebsraum)  $V_n$  und das relative Speichervolumen  $V_{n0} = 1.900.000 \text{ m}^3$ , bezogen auf das geschätzte Speichervolumen in 1978 (laut den Landkarten aus dem Jahre 1952 wurde  $V_{n0} = 1.720.000 \text{ m}^3$  ermittelt). Die Abschätzung des Anfangsvolumens erfolgte aufgrund des eindeutig auswertbaren Einflusses von Klimaszenarien und der fehlenden Kenntnis ausreichend genauer Inputdaten vor 2008. Die Grafik zeigt eine strichpunktierte horizontale Strecke, die das Speichervolumen bestimmt, dessen Verlandung unwahrscheinlich ist. Außerdem kennzeichnet eine schräge strichpunktierte Strecke den Zeitablauf der Verringerung des Speichervolumens in dem Fall, dass sich sämtliche Schwebstoffe in dem Stausee absetzen (100%ige Absetzwirkung des Speichers). Es handelt sich um eine Grenzwertstrecke, welche die schnellstmögliche Verlandung des Stauraums bei konstanten und aktuell gültigen Eingabewerten bestimmt. Die Grafik zeigt außerdem drei graue Punkte, welche die aus Messdaten ermittelten Speichervolumina (1978 – grobe Schätzung, 2008 und 2018) darstellen. Dazu kommen drei farbige Punkte, welche die Speichervolumina darstellen, die in der 1D-Simulation der Verlandung des Stauraums unter drei Klimaszenarien ermittelt wurden. Die genannten Punkte wurden zum Kalibrieren der Brunneschen Kurve verwendet. Drei farbige Linien geben dann die Größe des Speichervolumens über die Zeit unter dem langzeitigen Aspekt an, d.h. bis zur vollständigen Verlandung unter drei angewandten Klimaszenarien seit der Stauseefüllung (der Koeffizient wird über den gesamten Bereich als konstant betrachtet, da keine Daten für eine genauere Kalibrierung verfügbar sind). Aus den Abläufen geht hervor, dass das Volumen des oberen NM-Oberbeckenteils zum jetzigen Zeitpunkt bei der Betriebswasserspiegelhöhe auf ca. 65 % des ursprünglichen Volumens reduziert ist, d.h. die Verlandung 35 % beträgt. Die Halbzeit der Verlandung und den Zeitpunkt der vollständigen Verlandung sind in der Tab. 2 angegeben.

Aus dem Obigen geht hervor, dass der obere NM-Oberbeckenteil nach 42 Betriebsjahren ungefähr zu 1/3 verlandet ist. In den nächsten ca. 60 Jahren wird sein Volumen auf etwa 10 % schrumpfen und er wird seine Betriebsraumfunktion praktisch nicht mehr erfüllen. Ungefähr zu dem genannten Zeitpunkt wird die dritte Stufe der Verlandung des Speichers eintreten, wobei der größte Teil der Schwebstoffe in den unteren NM-Oberbeckenteil transportiert wird. Auch die Rückhaltefunktion des Stausees zur Transformation von Abflusswellen wird eingeschränkt sein.

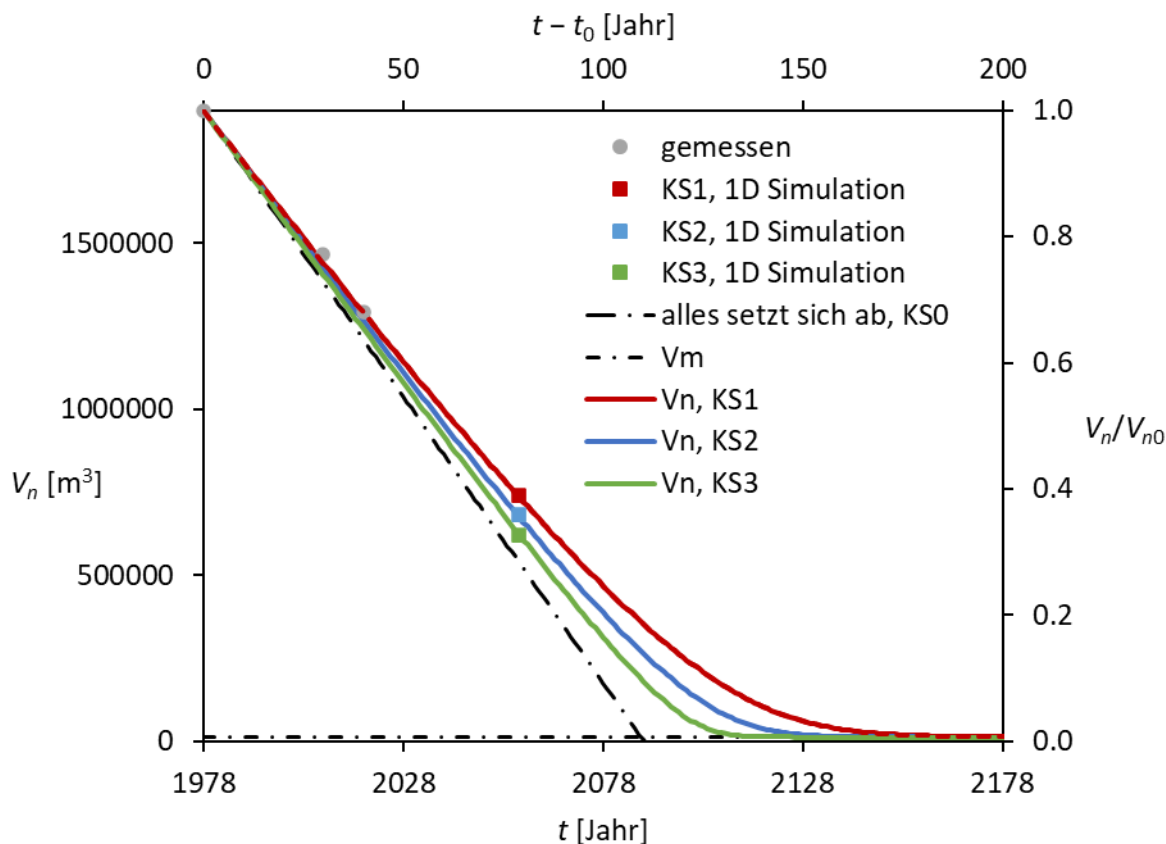


Abbildung 27. Langfristige Verlandung des oberen NM-Oberbeckenteils

Tab. 2. Halbzeit und Zeit der vollständigen Verlandung des oberen NM-Oberbeckenteils

	KS1	KS2	KS3
Halbzeit der Verlandung des Speichers	2041	2038	2035
Zeitpunkt der vollständigen Verlandung des Speichers (99 %)	2141	2129	2106

#### 5.4 Änderung des Schutzes für Gebiete hinter den Schutzdämmen

Die Ergebnisse zur Änderung des Schutzgrades für Gebiete hinter den Schutzdämmen sind ausführlich in dem Zwischenbericht „Report 26 – Langfristige Verlandungsentwicklung des oberen Oberbeckenteils der Stauanlage Nové Mlýny und ein Maßnahmenvorschlag zur Eliminierung negativer Konsequenzen“ ausführlich beschrieben. Die Gefährdung der Gebiete hinter den Stausedämmen und hinter den Schutzdämmen entlang der Flussbetten hängt vom Wasserstand im Stausee und in den Flussbetten ab. Wenn die Flussbetten und der Stausee mit Sedimenten verlandet werden, wird das Abflussprofil reduziert. Das Anheben des Sohlenniveaus im Speicher bewirkt, dass die Vegetation einen größeren Teil des benetzten Profils überwuchert, was zu erhöhten Strömungswiderständen führt. Die Verringerung des Abflussprofils und die Erhöhung der Widerstandskräfte führen dazu, dass

der Pegel bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit mit der Zeit ansteigt. Dadurch steigt die Gefährdung der Gebiete hinter den Dämmen, während der Schutzgrad abnimmt.

Um die Veränderung der Gefährdung der Gebiete hinter den Dämmen zu quantifizieren, wurden Wasserströmungssimulationen bei vier Stufen der Speicherverlandung durchgeführt: 1978 (keine Verlandung), 2008, 2018 und 2051 (Stand für KS1). Jede der Stufen umfasste eine unterschiedliche Geometrie der Querprofile sowie einen unterschiedlichen Rauheitsbeiwert entlang des Querprofils. Die Geometrie der historischen Zustände wurde aus Messungen übernommen, die Geometrie des zukünftigen Zustands aus der 1D-Simulation. In den beiden Flüssen (Thaya, Jevišovka) wurden konstante Abflüsse  $Q_1$ ,  $Q_5$ ,  $Q_{10}$ ,  $Q_{50}$  und  $Q_{100}$  immer bei gleicher Jährlichkeit (schlechtest möglicher Zustand) simuliert. In die Berechnung wird die Überschwemmungsfläche hinter den Dämmen nicht einbezogen (es wird nur der Durchfluss in dem Gerinne berechnet), um zu zeigen, wie hoch die Dämme sein müssten, um das dahinter liegende Gebiet zu schützen.

Die Entwicklung des Wasserspiegels zusammen mit der Entwicklung der Sohlenhöhe ist für den  $Q_{100}$ -Abfluss in dem schematischen Längsprofil für die Thaya in der Abbildung 28 dargestellt. Aus dem Längsprofil der Thaya geht hervor, dass die historische Wasserstandänderung hauptsächlich in dem Abschnitt zwischen Fkm 6,0 bis Fkm 10,0 auftrat. Mit einem künftigen Anstieg des Wasserspiegels ist jedoch auf einem deutlich längeren Flussabschnitt zu rechnen, nämlich von Fkm 6,0 bis Fkm 17,0. Der obere Teil des Flusses, der sich ungefähr in einem dynamischen Gleichgewicht befindet, wird für  $Q_{100}$  geschützt. In dem Abschnitt von Fkm 11 bis Fkm 22 wurde der Schutz für  $Q_{100}$  seit der Inbetriebnahme des Stausees nicht umgesetzt. In dem derzeitigen Zustand ist er von Fkm 10 bis Fkm 23 nicht umgesetzt. Im Jahr 2051 ist damit zu rechnen, dass er von km 8 bis km 23 nicht umgesetzt wird.

Veränderungen des Wasserstands über die Zeit für die Thaya sind in der 0 dargestellt. Die Quantifizierung der Veränderungen für die Jevišovka wurde nicht durchgeführt, da sie maßgeblich von der Entwicklung in der Thaya bestimmt wird. Aus der 0 geht hervor, dass die maximalen Wasserstandänderungen an der Thaya bei Fkm 9,6 liegen. Bis 2008 wird der  $Q_{100}$ -Pegel hier um 0,36 m steigen, bis 2018 um 0,54 m und im Jahr 2051 ist mit einem Anstieg von bis zu 0,85 m zu rechnen.

Weiterhin ist in der Abbildung 29 und Abbildung 30 der Ablauf der Pegel bei N-jährigen Durchflüssen entlang der Thaya entsprechend den Jahren 2018 und 2051 dargestellt. Die Grafiken zeigen, dass der Flächenschutz im Jahr 2018 fast nur dem Abfluss von  $Q_{50}$  entspricht (mit Ausnahme von zwei Orten, Jevišovka und österreichisches Gebiet, wo Daten fehlen), und 2051 nicht einmal  $Q_{10}$  erfüllen wird.

Aus dem Obigen geht hervor, dass die Bildung von Anlandungen und deren Überwucherung mit Vegetation einen erheblichen negativen Einfluss auf die Gefährdung der Gebiete hinter den Dämmen hat. Mit fortschreitender Zeit nehmen sowohl die Geschwindigkeit der Veränderungen als auch die Länge des betroffenen Flussabschnitts zu.

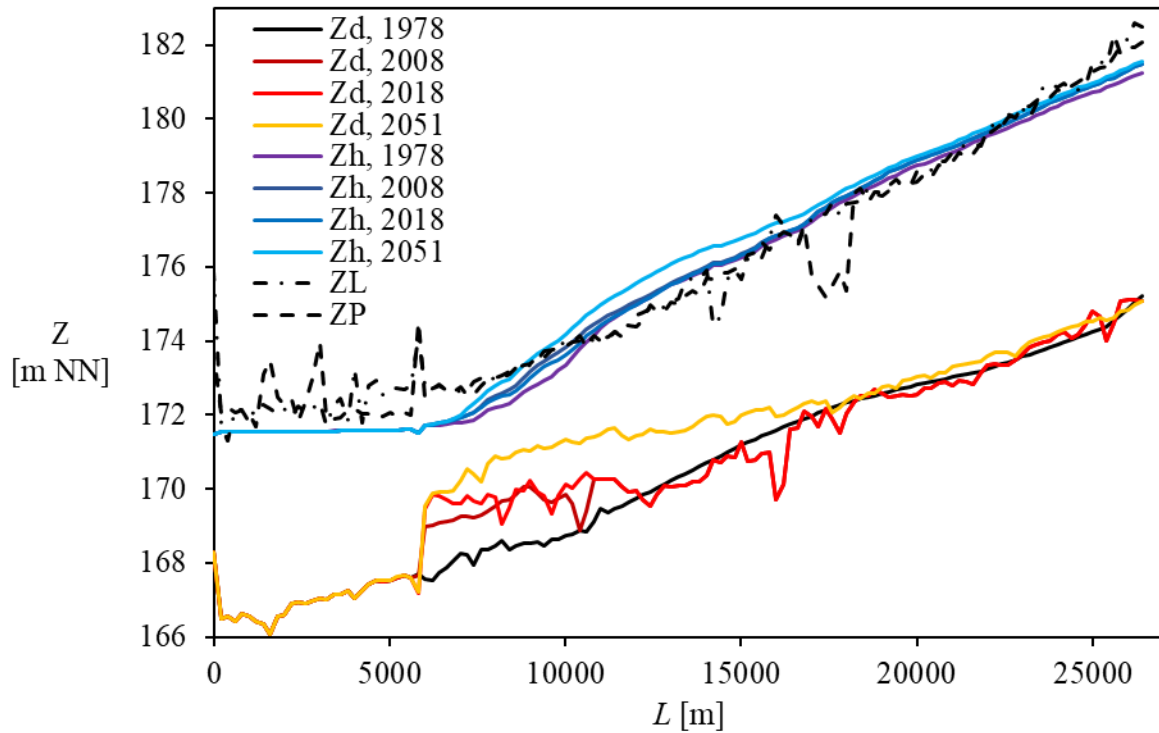
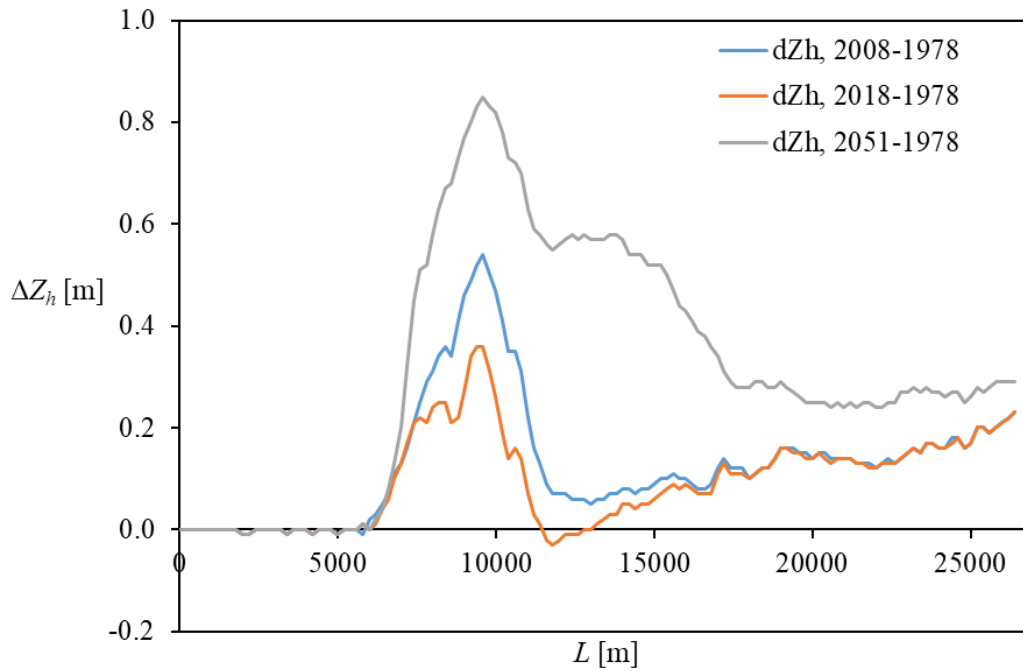


Abbildung 28. Schematisches Längsprofil der Thaya,  $Q_{100}$



Veränderung des Wasserstandes Q100 an der Thaya im Vergleich zu 1978

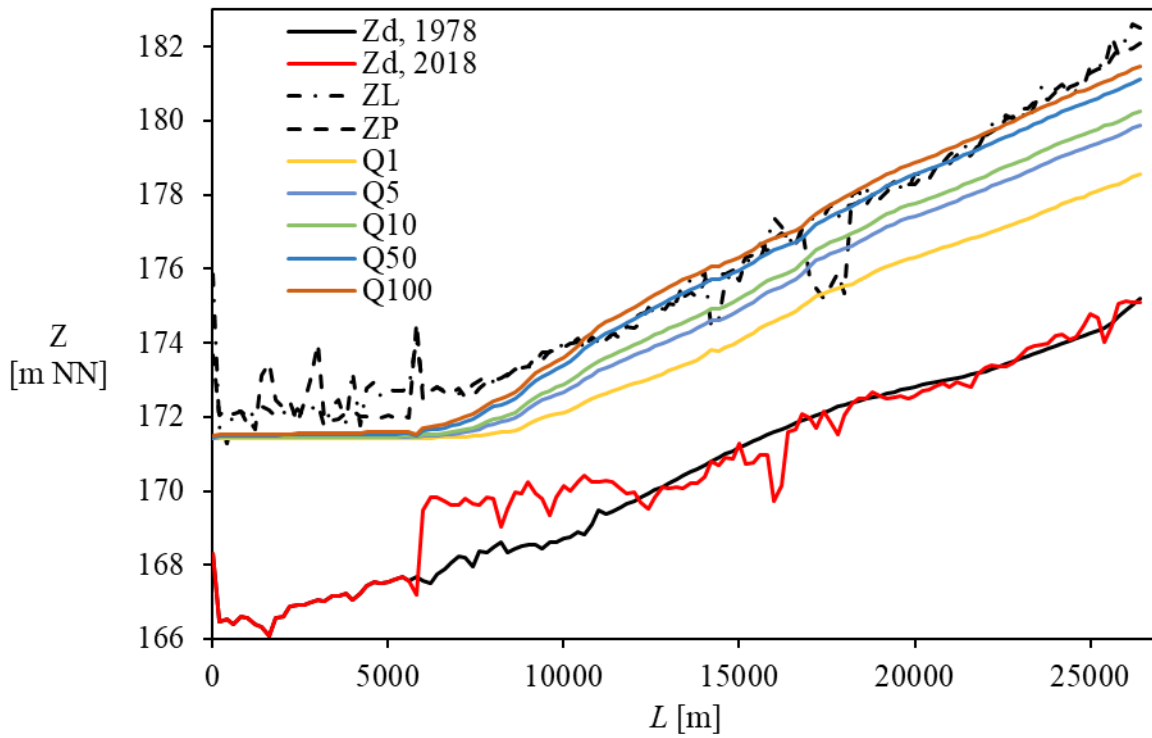


Abbildung 29. Wasserstand an der Thaya unter den Bedingungen 2018

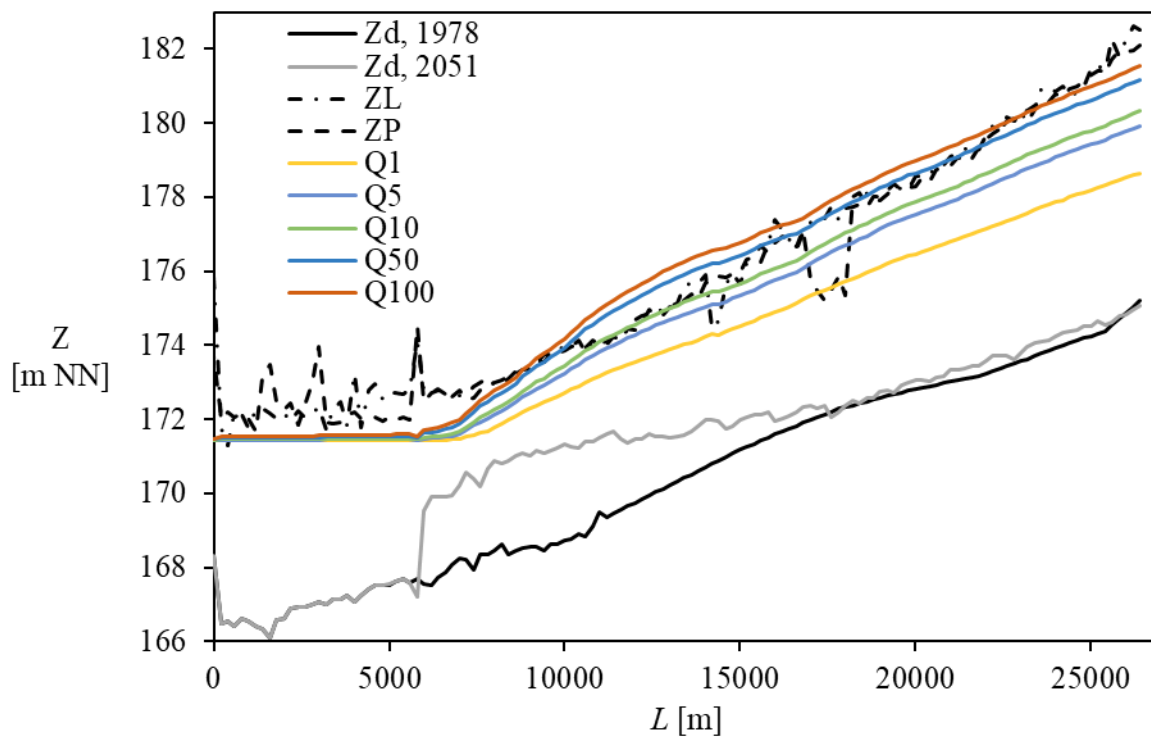


Abbildung 30. Wasserstand an der Thaya unter den Bedingungen 2051



## 6 Mögliche Maßnahmen mit Empfehlungen

Das Kapitel enthält eine Zusammenfassung der Ergebnisse, die in den Zwischenberichten „Report 30 – Vorschlag für Maßnahmen zur Eliminierung negativen Konsequenzen der Verlandung des oberen Oberbeckenteils der Stauanlage Nové Mlýny“, „Report 34 – Abstimmung und Änderung der vorgeschlagenen Maßnahmen, Auswahl von Standorten für Absetzobjekte“ und „Report 39 – Entwurf der Absetzräume“.

### 6.1 Analysen

Vor dem eigentlichen Entwurf der Maßnahmen mussten mehrere Analysen durchgeführt werden, die als Grundlage für die Ausgestaltung der Maßnahmen dienten: Analyse des natürlichen Verhaltens der Thaya, Analyse des Verhaltens des Thaya-Gerinnes auf dem Sedimentplateau und Analyse der Transportkapazität der Durchflüsse. Die Analysen zeigen einige wichtige Grundlagen für die Ausgestaltung der Maßnahmen, die im Folgenden aufgeführt sind.

Das natürliche Gerinne der Thaya würde wahrscheinlich auf dem Betrachtungsgebiet stromaufwärts von der Mündung in den Stausee mäandrieren oder sich verzweigen. Derzeit wird es so gut wie geradlinig geführt. Ein mäandrierendes oder verzweigtes Gerinne hat ein geringeres Längsgefälle als ein gerades Flussbett (ohne Gefällestufen) und transportiert daher weniger Geschiebe. Aus dem oben Gesagten geht hervor, dass durch die Renaturierung des Gerinnes der Thaya (und Jevišovka) in einem langen Abschnitt stromaufwärts von der Mündung in den Stausee die Geschwindigkeit der Verlandung des Stauraums verlangsamt würde.

Eine systematische Umgestaltung des Flussbettes stromaufwärts von dem Zusammenfluss mit der Jevišovka wird mit einer Breite der Künettensohle von 17,65 m und einer Kapazität von ca.  $Q_1$  vorgeschlagen (Schätzung nach Querprofilen). Ein natürliches Flussbett würde wahrscheinlich eine etwas geringere durchschnittliche Breite haben. Aus den Messungen im höher gelegenen Abschnitt wurde eine Breite von 14 m ermittelt, mit einer Schwankung zwischen 11 m und 19 m. Aus der Analogie zu anderen Flüssen ergibt sich eine Breite zwischen 12 m und 21 m (je nach Vegetation). Wenn im Abschnitt nur Auskolkung vorhanden wäre, hätte die Gerinnensohle eine Breite von ca. 9 m. Die Kapazität der Künette bei  $Q_1$  entspricht den Durchflüssen natürlicher Gewässer. Aus dem Obigen geht hervor, dass die Kapazität und das Querprofil der Künette so ausgelegt sind, dass sie in etwa dem natürlichen Gerinne entspricht.

Das Gerinne auf dem Delta-Plateau hat eine natürliche Neigung zur Verzweigung. Kommt es zu einer seitlichen Begrenzung, hier durch Schutzdämme, bilden sich in dem Bereich der Begrenzung deutliche Gerinne. Diese sind in gewissen Abständen auf natürliche Weise miteinander verbunden.

Aus der Analyse der Transportkapazität der Abflüsse geht hervor, dass die Künette bis zu ihrem Gerinnendurchfluss im durchgängig regulierten Teil der Thaya stromaufwärts von dem Zusammenfluss mit der Jevišovka etwa 95 % des Schwebstoffvolumens transportiert. Daraus geht hervor, dass die Bermen gleichsam nicht verlanden und nur unwesentlich zum Sedimenttransport beitragen. Unter dem Zusammenfluss ist die Situation eine andere. Hier wird etwa die Hälfte des Schwebstoffvolumens durch die Künette transportiert, daher tragen die Bermen erheblich zum Sedimenttransport bei und verlanden unter dem Einfluss der Anstauung.

## 6.2 Vorgeschlagene Varianten

Es wurden drei Varianten für die Maßnahme vorgeschlagen. Jede der Varianten hatte ihre Vor- und Nachteile. Keine der Varianten erfüllt vollständig alle Anforderungen an die Ausgestaltung der Maßnahme. Alle Varianten sind aus einer kurzfristigen Perspektive von ca. 30 Jahren funktionsfähig. Die Funktionsdauer hängt von dem Klimaszenario ab, am kürzesten ist sie bei dem KS3, am längsten bei dem KS1.

Die Variante 1 stellte die Wiederherstellung des Stausees und des verlandeten Abschnitts der Thaya in den ursprünglichen Zustand dar, d. h. den gültigen Zustand für 1978.

Die Variante 2 belässt weitgehend den jetzigen Zustand der Anlandungen, eine Ausgleichsmaßnahme stellt die Erhöhung von Schutzdämmen dar. Die Schutzdämme müssten so erhöht werden, dass sie bis zum festgelegten Zeitpunkt den erforderlichen Schutz bieten. Eine Erhöhung der Dämme unter Beibehaltung der aktuellen Kronenbreite würde erfordern, dass das Erdmaterial von der Wasserseite aufgeschüttet würde, was zu einer Verengung der Gerinne und einer Verringerung des Stauraumvolumens führen würde. Der Ausgleich wäre der Materialaushub zur Erhöhung der Dämme von den Anlandungen in den Flussbetten und von den Sedimenten im Stausee.

Die Variante 3 zeichnet sich durch die Bildung eines Transportgerinnes im Flussbett der Thaya und im oberen NM-Oberbeckenteil aus. Das Transportgerinne in dem Flussbett der Thaya wäre eigentlich eine Künette mit separaten Wällen, deren Krone höher als die Sohle der Bermen, aber gleichzeitig niedriger als die Krone der Schutzdämme ist. In dem Stausee wäre das Transportgerinne als Gerinne mit Längswällen aus Anlandungen ausgebildet. Die flussabwärts gerichtete Maßnahme beginnt an dem Profil der Brücke in Nový Přerov und endet an dem Profil der Brücke in Brod nad Dyjí.

Bei einer Besprechung mit PP3 Povodí Moravy, s.p. wurde vereinbart, die Variante 3 im Detail weiterzuentwickeln. Die Variante 3 wurde sukzessiv bis zu zwei resultierenden Modifikationen verfeinert: ohne Absetzraum und mit Absetzraum.

Die Kapazität des Transportgerinnes liegt für beide Modifikationen bei  $Q_1$  und seine Form entspricht dem Gerinne in dem höher gelegenen Abschnitt. Dies garantiert die gleiche

Transportleistung beider Abschnitte ohne Verlandungen und Auskolkungen. Seine Sohlenbreite beträgt 17,65 m was der Sohlenbreite eines natürlichen Flussbetts nahe kommt. Die Neigung der Flussbettböschungen beträgt 1:2, um ihre Stabilität über die gesamte Länge einschließlich des Stausees zu gewährleisten. Die Tiefe beträgt 3,32 m, um die Kapazität für den Durchfluss von  $Q_1$  umzusetzen, bei dem ca. 95 % des Schwebstoffvolumens transportiert werden. Die Grundrissführung des Transportgerinnes erfolgte mit Berücksichtigung der bestehenden Brückenprofile und Bachmündungen. Der Hauptvorteil der Variante 3 besteht darin, dass sie den natürlichen Schwebstofftransport von dem oberen zu dem unteren NM-Oberbeckenteil maximiert. Die Sedimentation im unteren Teil des Speichers befindet sich im Bereich stromabwärts von der Brücke in Brod nad Dyjí. Es handelt sich um etwa 40 % des Materials aus dem Schwebstoffzufluss in den Stausee (Abbildung 31). Ohne Sedimenträumung aus dem Transportgerinne wird der Schutzgrad der Gebiete hinter den Dämmen durch die Maßnahmen 30 Jahre lang nicht verschlechtert. Sollte die Sedimenträumung durchgeführt werden, dann deutlich länger. Zu den Nachteilen gehört die Notwendigkeit der Instandhaltung des Transportgerinnes, das teilweise verlanden wird (Abbildung 31). Sedimente im Transportgerinne müssen nach ca. 10 Jahren in einer Menge von ca. 72.000 m<sup>3</sup> oder spätestens nach 30 Jahren in einer höchstens dreifachen Menge entfernt werden. Wenn die Sedimenträumung nach 10 Jahren ausfällt, wird der Stauraum außerhalb des Transportgerinnes im Speicher stärker verlanden.

Für beide Modifikationen wurde ein Instandhaltungsverfahren empfohlen, und die Volumina des abgebauten Materials wurden quantifiziert. Es wurde auch ein Bauverfahren vorgeschlagen, der abschnittsweise und gegenströmig ausgeführt werden sollte.

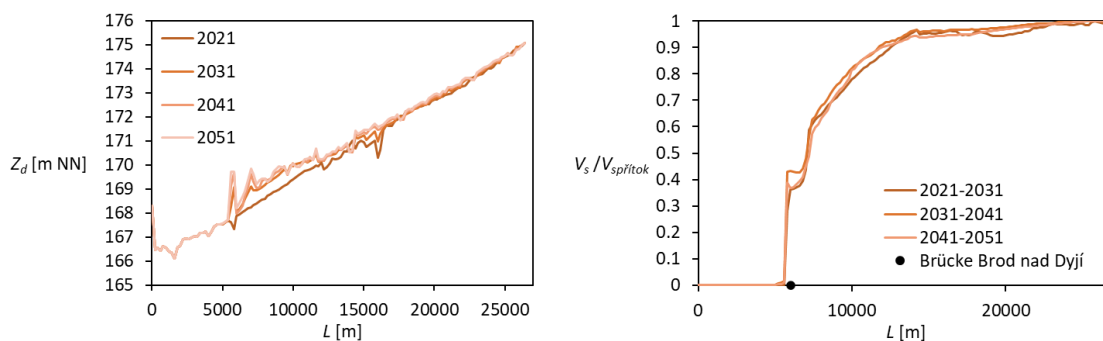


Abbildung 31. Längsprofil der Ablagerungsentwicklung (links) und des relativen Volumens des Sedimenttransports (rechts) im Transportgerinne

## 6.3 Empfohlene Variante ohne Absetzraum

### 6.3.1 Variantenbeschreibung

Die Beschreibung der Maßnahme mit Angabe der Geländeoberfläche und wichtiger Objekte zeigen die Abbildung 32, Abbildung 33 und Abbildung 34. Die Geometrie der Anpassung des

betroffenen Abschnitts ist in Form eines digitalen Geländemodells (DMT) in den Bildern Abbildung 35, Abbildung 36 und Abbildung 37 dargestellt. Alle Bilder sind mit Luftaufnahmen unterlegt.

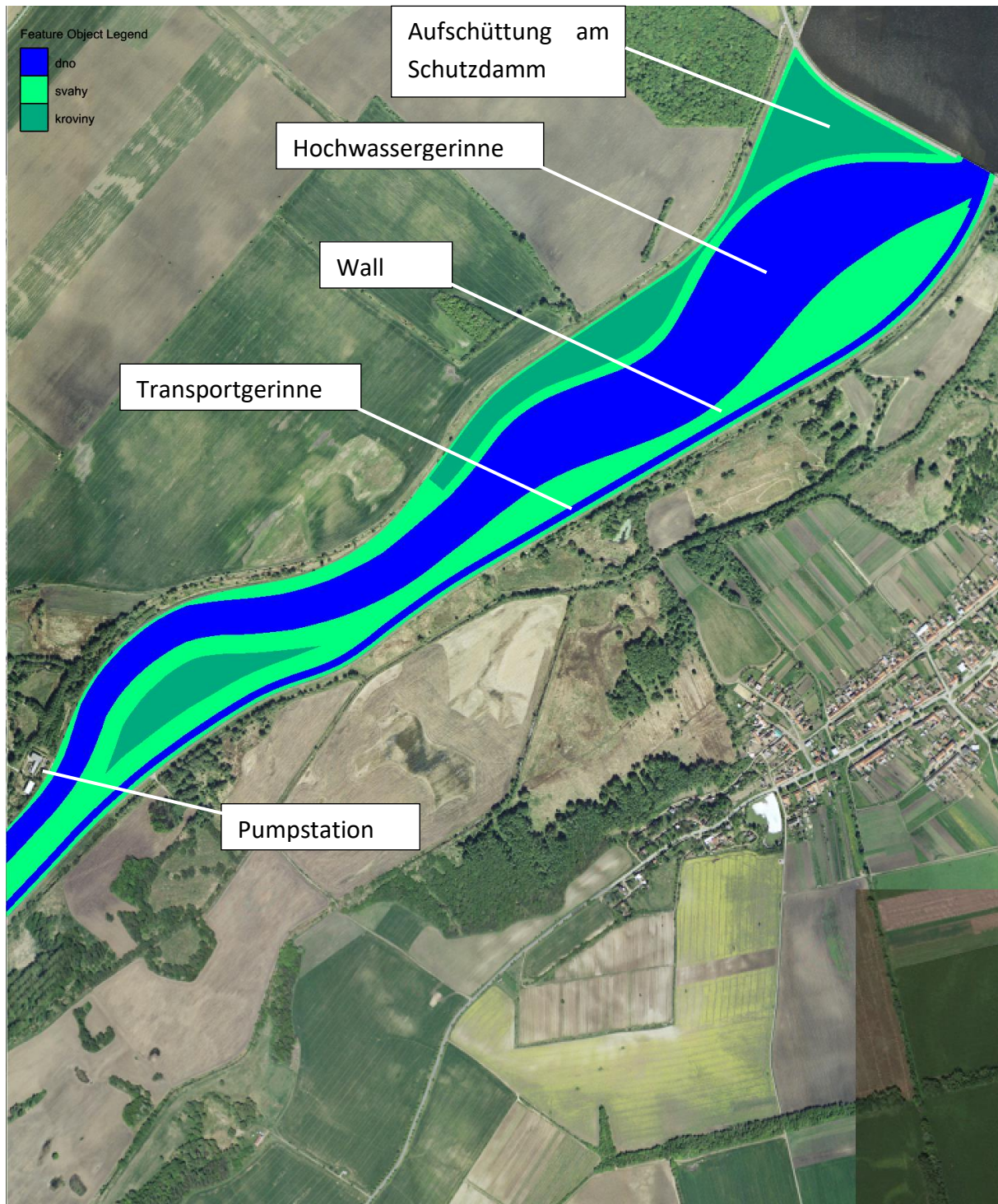


Abbildung 32. Geländeoberfläche des vorgeschlagenen Zustands am unteren Teil

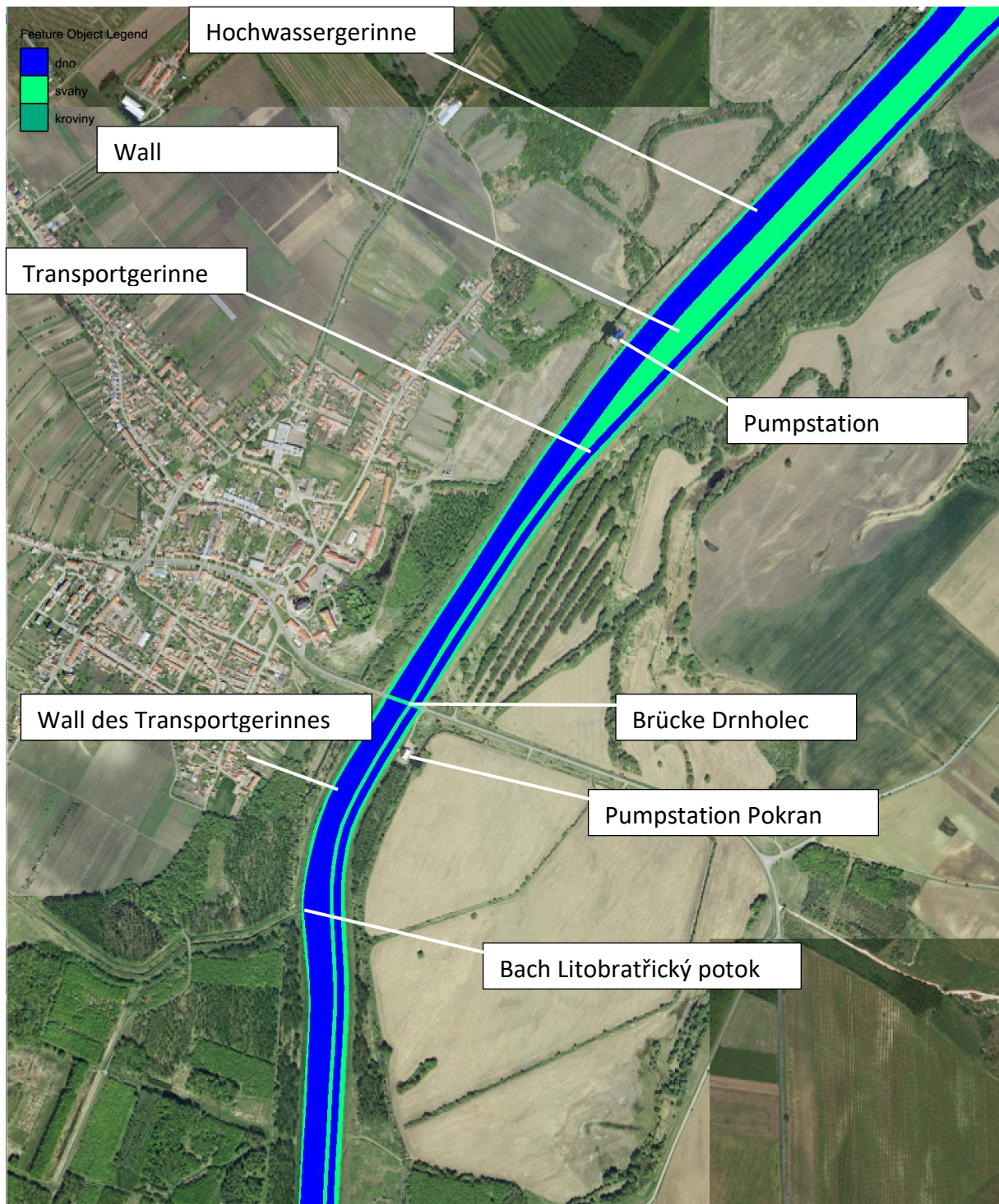


Abbildung 33. Geländeoberfläche des vorgeschlagenen Zustands am mittleren Teil

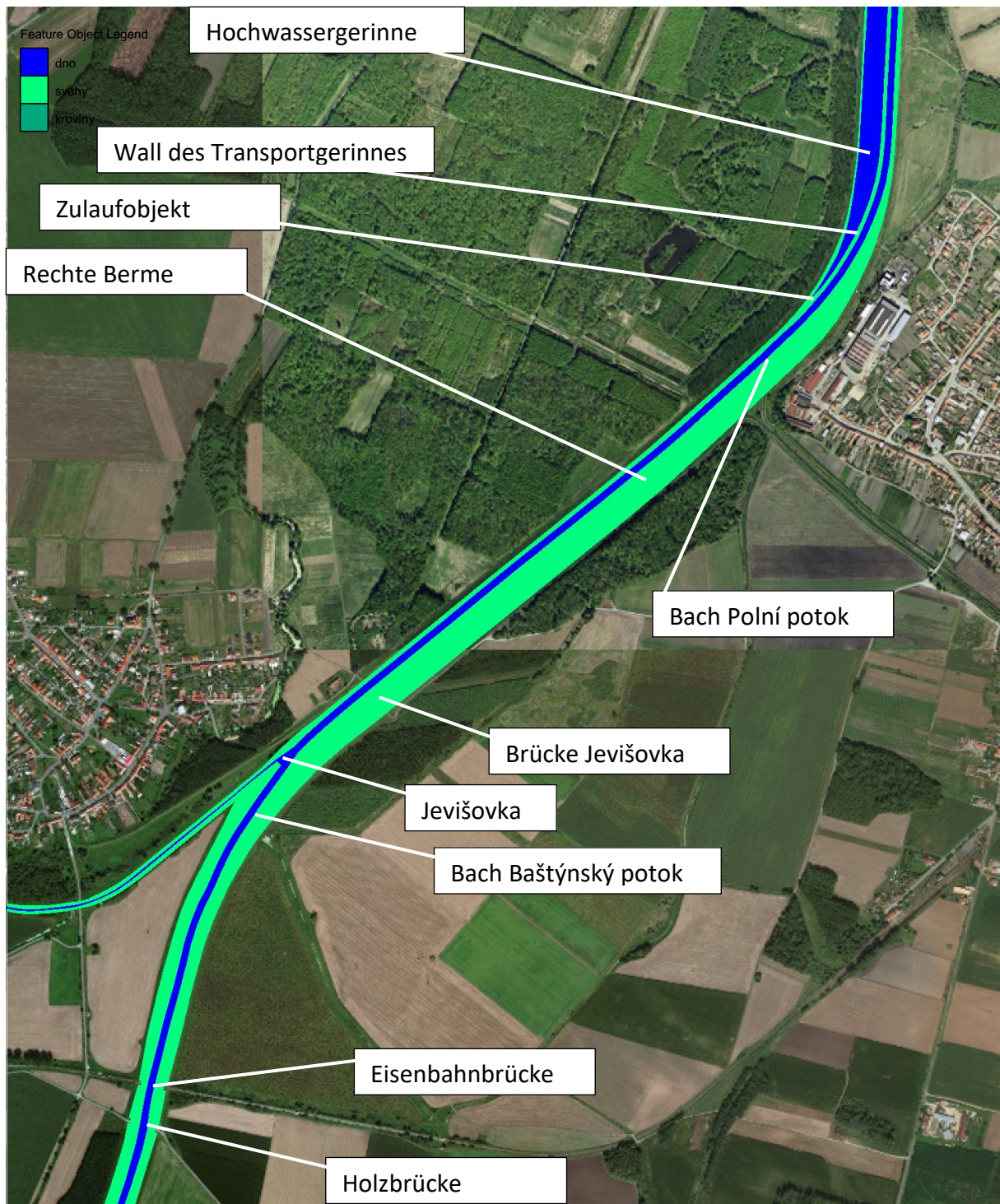


Abbildung 34. Geländeoberfläche des vorgeschlagenen Zustands am oberen Teil

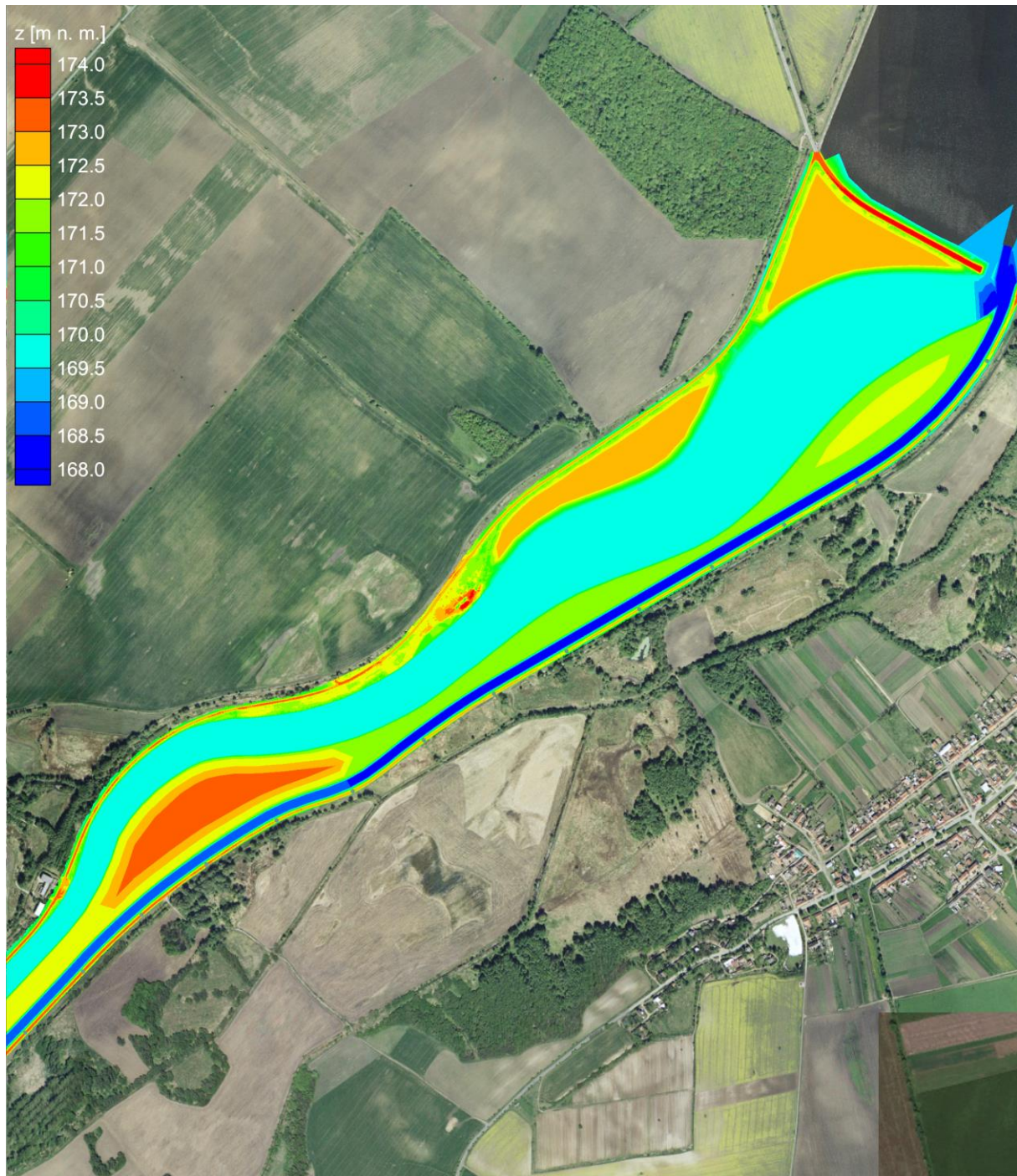


Abbildung 35. DMT der vorgeschlagenen Maßnahme am unteren Teil

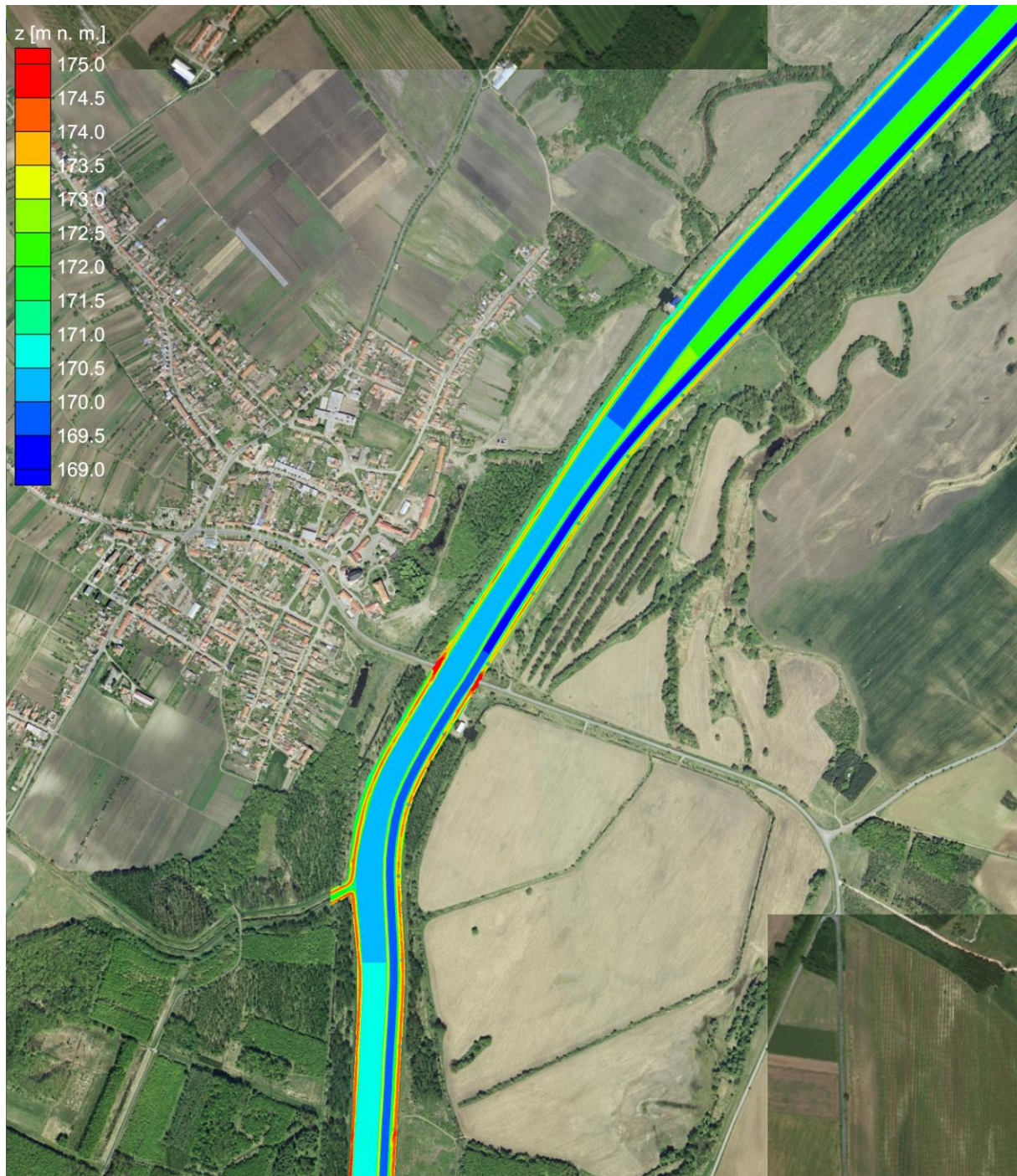


Abbildung 36. DMT der vorgeschlagenen Maßnahme am mittleren Teil

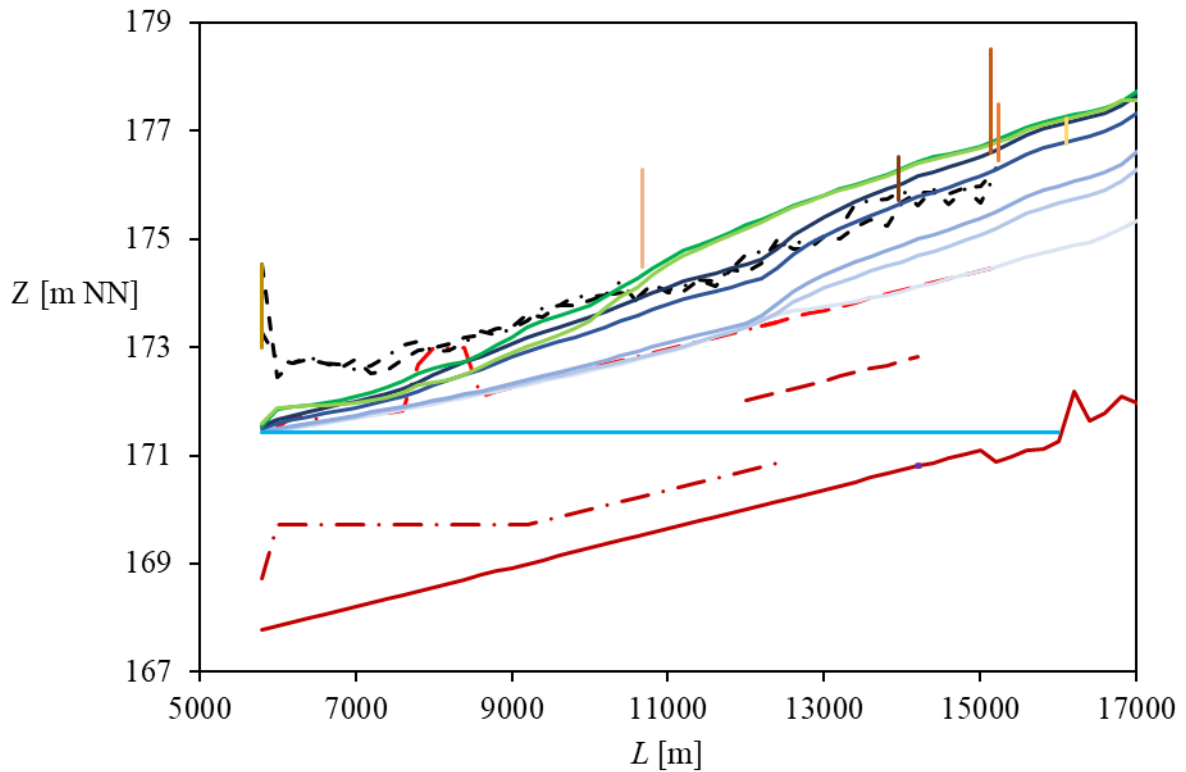




Abbildung 37. DMT der vorgeschlagenen Maßnahme am oberen Teil

### 6.3.2 Schutzgrad des Gebiets hinter den Dämmen

Die Abbildung 38 zeigt das Längsprofil des Thaya-Flussbetts mit der Darstellung der Höhenlagen der Gerinnesohlen, der rechten Berme, der Dammkrone und der Wasserstände bei den Durchflüssen  $Q_1$ ,  $Q_5$ ,  $Q_{10}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$ . Aus dem Längsprofil (Durchfluss im Bereich hinter den Dämmen ist nicht vorgesehen) geht Folgendes hervor: das Gebiet hinter den Dämmen in dem Abschnitt stromabwärts von der Brücke in Drnholec wird für einen Durchfluss von  $Q_{100}$  geschützt, das Gebiet stromaufwärts von der Brücke bis zum Zulaufobjekt des Hochwassergerinnes wird für einen Durchfluss von  $Q_{50}$  geschützt, und weiter stromaufwärts kann der Schutz mit  $Q_{20}$  geschätzt werden. Mit der vorgeschlagenen Maßnahme wird der Wasserstand bei dem Durchfluss  $Q_{100}$  in dem Abschnitt stromabwärts von der Brücke in Drnholec bis zur Pumpstation sowie stromaufwärts von der Brücke in Drnholec bis zur Jevišovka-Brücke erheblich sinken. Die Absenkung des Wasserspiegels reicht bis zur Staatsgrenze zu Österreich.



- |   |  |
|---|--|
| — Sohle                                     | --- Sohle der rechten Berme                  |
| - · - · - Sohle des Hochwassergerinnes      | - · - · - rechter Damm des Transportgerinnes |
| - · - · - linker Damm des Transportgerinnes | - · - · - linker Schutzdamm                  |
| - - - rechter Schutzdamm                    | — Q1   |
| — Q5  | — Q10  |
| — Q50                                       | — Q100                                       |
| — Betriebspegel                             | — Zh2018                                     |
| — Zh1978                                    | — Brücke Brod nad Dyjí                       |
| — Brücke Drnholec                           | — Brücke Jevišovka                           |
| — Eisenbahnbrücke                           | — Holzbrücke                                 |
| — alte Holzbrücke                           | — Jevišovka                                  |

Abbildung 38. Längsprofil des Thaya-Gerinnes

#### 6.4 Empfohlene Variante mit einem Absetzraum

Einer der Nachteile des Transportgerinnes ist die Notwendigkeit seiner Instandhaltung. Angesichts der Länge des Transportgerinnes und des ständigen Schwebstoffzuflusses wäre es erforderlich, vor jeder Abbauperiode die Anlandungen zu lokalisieren und das Ausmaß ihres Abbaus zu bestimmen. Aus diesem Grund wurde der Entwurf einer Absetzanlage gefordert, die es ermöglicht, einen Teil des Sedimenttransports, der sich sonst im Transportgerinne absetzen würde, lokal aufzufangen und gleichzeitig möglichst wenig Feinsediment aufzufangen, das durch das Transportgerinne so weit wie möglich zum unteren NM-Oberbeckenteil transportiert werden soll.

Für die Absetzanlage wurden vier Standorte vorgeschlagen (drei Absetzräume und ein Absetzbecken): ein Absetzraum im Stausee, ein Absetzraum im Flussbett der Thaya, ein Absetzraum am Zusammenfluss der Thaya und Jevišovka und ein vorgesehtes Absetzbecken an der Thaya. Bei der Besprechung mit Povodí Moravy, s.p. wurde vereinbart, dass der Absetzraum im Stausee, der Absetzraum am Zusammenfluss und sowie Kombination detailliert weiterentwickelt werden.

Jeder der Absetzräume wurde anhand der 1D- und 2D-Simulationen der Auslegung der Grundparameter (Länge, Breite, Vertiefung, Sohlgefälle) unterzogen. Es hat sich herausgestellt, dass der Absetzraum in dem Stausee stromaufwärts von der Einmündung des Polní potok am besten geeignet ist. Der Absetzraum nutzt die Breite des abgedämmten Bereichs maximal aus. Unter dem Längenaspekt wurde die optimal geeignete Länge des aktiven Teils des Absetzraums von 300 m mit einer horizontalen Sohle ohne Senken (im Abflussprofil) ermittelt. Die Geometrie des Absetzraumes und der Anpassungen des stromabwärts liegenden Abschnittes einschließlich der Verlandungsentwicklung ist in der Abbildung 39 dargestellt. Vorteile der Variante mit einem Absetzraum sind eine günstigere Lösung für die Einmündung des Polní potok in die Thaya und eine weniger komplizierte Trassierung des Transportgerinnes.

Die empfohlene Variante mit einer Absetzanlage ist außerhalb der Maßnahmen, die den Absetzraum einfügen, identisch mit der Variante ohne Absetzanlage und wird daher nicht näher beschrieben.

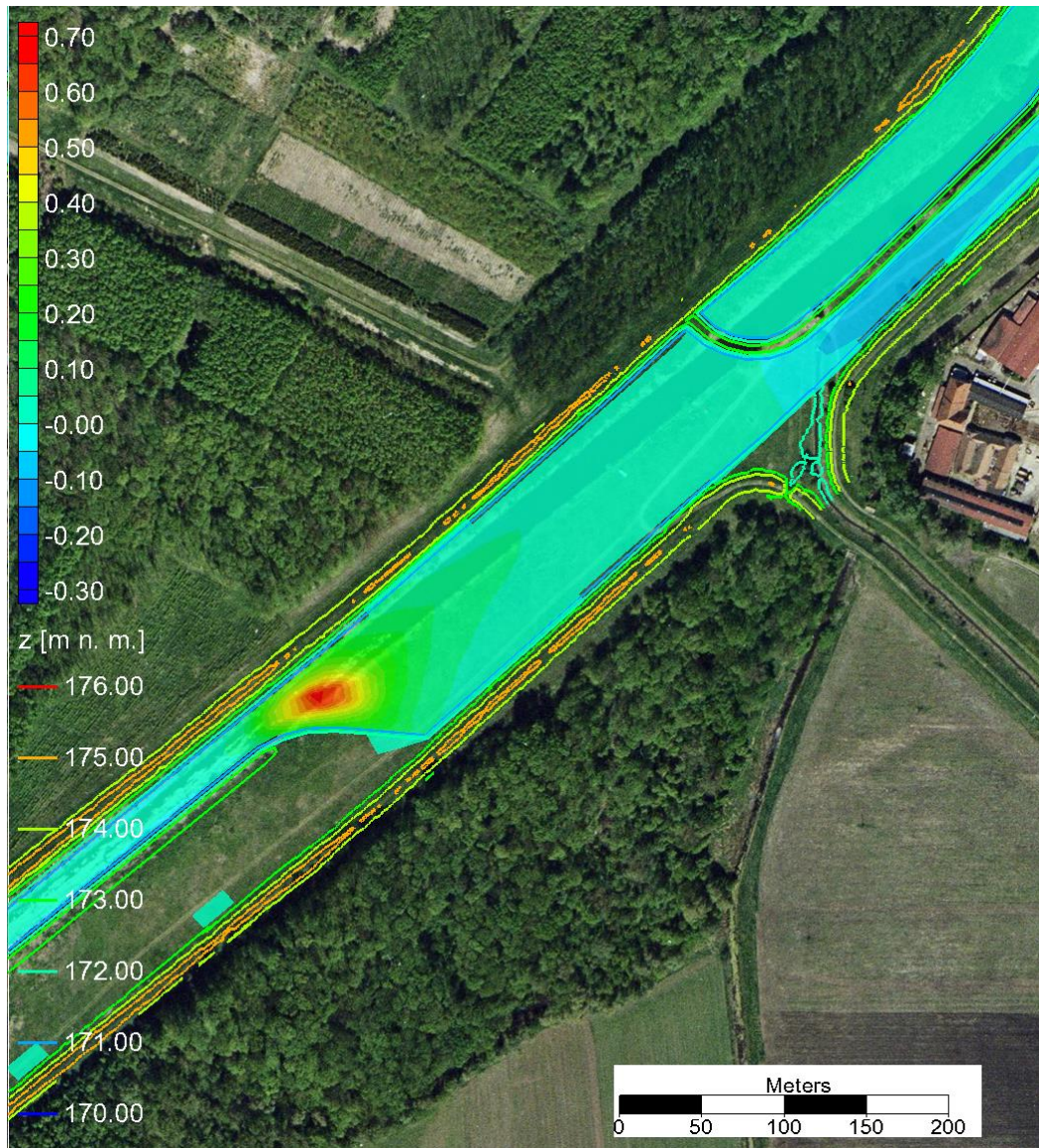


Abbildung 39. Absetzraum mit einer Aktivteillänge von 300 m, Ablagerungshöhe [m]

## 7 Bewertung der geleisteten Arbeit und erzielte Ergebnisse

Im Rahmen der Projektumsetzung wurde die historische Verlandungsentwicklung des oberen NM-Oberbeckenteils detailliert und anhand der Verfügbarkeit der Hintergrunddaten so weit wie möglich beschrieben. Die erwähnten historischen Daten wurden zur Bewertung der historischen Entwicklung und zur Kalibrierung und Verifizierung der numerischen Modelle verwendet, die den zukünftigen Zustand vorhersagen sollten.

Basierend auf numerischen 1D- und 2D-Modellen wurde die kurz- und mittelfristige zukünftige Verlandungsentwicklung des NM-Oberbeckenteils für drei Klimaszenarien vorhergesagt. Mit den genannten Modellen war es möglich, die Entwicklung des Schutzgrades für Gebiete hinter den Dämmen zu quantifizieren. Auf der Basis einer Analogie zur Verlandung anderer Stauseen wurde die Langzeitentwicklung der Verlandung des oberen NM-Oberbeckenteils bis zur vollständigen Verlandung nach Kalibrierung berechnet.

Basierend auf einer gründlichen Analyse des Verhaltens des Thaya-Flussbettes und der historischen Verlandung des Stauraums wurden drei grundsätzlich mögliche Varianten von Maßnahmen zur Erzielung eines langfristig stabilen Sedimenttransports und -managements im Stausee unter Angabe ihrer Vor- und Nachteile vorgeschlagen. Nach Betrachtung der einzelnen Varianten wurde die Variante mit einem Transportgerinne zur Weiterverarbeitung ausgewählt. Diese Variante wurde für den Fall ohne Absetzraum und für den Fall mit einem Absetzraum weiterentwickelt. Geeigneter erscheint die Variante mit Absetzraum.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen zum Sedimentmanagement im Stausee führen zu einer Minimierung der negativen Konsequenzen der Verlandung des Stauraums, die vor allem mit der Änderung des Hochwasserschutzes der Gebiete hinter den Dämmen verbunden sind, und schaffen gleichzeitig geeignete Voraussetzungen für die Entwicklung der Ökosysteme in den Gewässern und im Stausee.

Das gesetzte Ziel, bestehend aus drei zu Beginn der Projektbeschreibung genannten Hauptpunkten, wurde restlos erfüllt.

## 8 Verzeichnisse

### 8.1 Literaturverzeichnis

Zachoval, Z., 2017. Splaveniny ve vodních tocích. Modul 01. Brno: VUT, FAST.

Zachoval, Z., 2018. Periodická zpráva. MO4. Brno: VUT, FAST, ÚVST, LVV.

Zachoval, Z., 2019. Příprava 1D modelu proudění vody a transportu splavenin. Report – shrnutí výsledků za MO5. Brno: VUT, FAST, ÚVST, LVV.

Zachoval, Z., 2020. Simulace historického vývoje zanášení horní nádrže VD Nové Mlýny. Report – shrnutí výsledků za MO6. Brno: VUT, FAST, ÚVST, LVV.

Zachoval, Z., 2020. Simulace budoucího vývoje zanášení horní nádrže VD Nové Mlýny. Report – shrnutí výsledků za MO7. Brno: VUT, FAST, ÚVST, LVV.

Zachoval, Z., 2021. Dlouhodobý vývoj zanášení horní části horní nádrže VD Nové Mlýny a návrh opatření pro eliminaci negativních důsledků. Report – shrnutí výsledků za MO8. Brno: VUT, FAST, ÚVST, LVV.

Zachoval, Z., 2021. Návrh opatření pro eliminaci negativních důsledků zanášení horní části horní nádrže VD Nové Mlýny. Report – shrnutí výsledků za MO9. Brno: VUT, FAST, ÚVST, LVV.

Zachoval, Z. 2022. Projednání a úprava návrhu opatření, výběr lokalit pro usazovací objekty. Report – shrnutí výsledků za MO10. Brno: VUT, FAST, ÚVST, LVV.

Zachoval, Z. 2022. Návrh usazovacích prostorů. Report – shrnutí výsledků za MO11. Brno: VUT, FAST, ÚVST, LVV.

### 8.2 Verzeichnis der Formelzeichen

$d$	Korndurchmesser	[m]
$L$	Länge (Kilometrierung vom Staudamm des NM-Oberbeckens)	[m]
$L_{UP}$	Länge des aktiven Teils des Absetzraums	[m]
$P$	Anteil	
$Q$	Wasserdurchfluss	[m <sup>3</sup> /s]
$Q_a$	mittlerer Jahresdurchfluss	[m <sup>3</sup> /s]
$Q_{min}$	minimaler Wasserdurchfluss	[m <sup>3</sup> /s]
$Q_{max}$	maximaler Wasserdurchfluss	[m <sup>3</sup> /s]
$Q_s$	Schwebstofftransport	[m <sup>3</sup> /s]
$t$	Zeit	[s]

$t_0$	Anfangszeit	[s]
$V_s$	Schwebstoffvolumen	[m <sup>3</sup> ]
$V_{spřítok}$	transportiertes Schwebstoffvolumen am Zulauf	[m <sup>3</sup> ]
$V_n$	Stauraum	[m <sup>3</sup> ]
$V_{n0}$	anfänglicher Stauraum	[m <sup>3</sup> ]
$Z$	Höhe	[m NN]
$Z_d$	Sohlenhöhenlage	[m NN]
$\Delta Z_h$	Pegelunterschied	[m]

### 8.3 Verzeichnis der Abkürzungen

KS	Klimaszenario
MO	Berichtsperiode
NM	Nové Mlýny
VD	Stauanlage

### 8.4 Bilderverzeichnis

Abbildung 1. ....	1
Abbildung 2. Abgrenzung des Interessengebietes (www.mapy.cz, 2022) .....	5
Abbildung 3. Verlandung des Stauraums und Vegetationsüberwucherung auf Anlandungen (Povodí Moravy, 2018) .....	6
Abbildung 4. Verwendete Kilometrierung, große Kreise je 1 km, kleine Kreise je 100 m.....	8
Abbildung 5. DMT, von links Jahr 1978, 2008, 2018.....	9
Abbildung 6. Abflussganglinien, links Thaya, rechts Jevišovka, darunter Wasserstand im Stausee	10
Abbildung 7. Kornverteilungskurven von Sedimenten .....	11
Abbildung 8. Verlandungsentwicklung in den jeweiligen Perioden [m], links 1978-2008, rechts 2008-2018 .....	13
Abbildung 9. Verlandungsentwicklung [m] in dem gesamten Zeitraum 1978-2018.....	13
Abbildung 10. Sohlenhöhenlage in der Flussbettachse .....	14
Abbildung 11. Entwicklung der Sohlenhöhenlage in der Thaya von 1978 bis Ende 2008 (2009)	17
Abbildung 12. Entwicklung der Sohlenhöhenlage in der Thaya von 2009 bis Ende 2018 (2019)	17
Abbildung 13. Veränderung der Sohlenhöhenlage [m] in dem Zeitraum 2009 bis 2018, simuliert mit dem 2D-Modell.....	20
Abbildung 14. Detail der Veränderung der Sohlenhöhenlage [m] am Sedimentstirn in dem Zeitraum 2009 bis 2018, simuliert mit dem 2D-Modell.....	21



Abbildung 15.	Vergleich der tatsächlichen und simulierten Sohlenhöhenlage im 1D- und 2D-Modell	22
Abbildung 16.	KS1 oben, KS2 in der Mitte, KS3 unten, Sedimenthöhe im Jahr 2031 [m]	24
Abbildung 17.	KS3, Verlandungsentwicklung über die Zeit [m], 2023, 2025, 2027, 2029, 2031	25
Abbildung 18.	KS1, Thaya, künftige Entwicklung der Veränderung der Sohlenhöhe (links) und des Sedimentvolumens (rechts)	26
Abbildung 19.	KS1, Jevišovka, künftige Entwicklung der Veränderung der Sohlenhöhe (links) und des Sedimentvolumens (rechts)	27
Abbildung 20.	KS2, Thaya, künftige Entwicklung der Veränderung der Sohlenhöhe (links) und des Sedimentvolumens (rechts)	27
Abbildung 21.	KS2, Jevišovka, künftige Entwicklung der Veränderung der Sohlenhöhe (links) und des Sedimentvolumens (rechts)	28
Abbildung 22.	KS3, Thaya, künftige Entwicklung der Veränderung der Sohlenhöhe (links) und des Sedimentvolumens (rechts)	28
Abbildung 23.	KS3, Jevišovka, künftige Entwicklung der Veränderung der Sohlenhöhe (links) und des Sedimentvolumens (rechts)	28
Abbildung 24.	Sedimentvolumen im oberen NM-Oberbeckenteil von 2021 bis 2051	29
Abbildung 25.	Thaya, Längsprofil der Sohlenhöhe im Jahr 2051 für jeweilige KS	30
Abbildung 26.	Jevišovka, Längsprofil der Sohlenhöhe im Jahr 2051 für jeweilige KS	30
Abbildung 27.	Thaya, Längsprofil des Sedimentvolumens im Jahr 2051 für jeweilige KS	31
Abbildung 28.	Langfristige Verlandung des oberen NM-Oberbeckenteils	33
Abbildung 29.	Schematisches Längsprofil der Thaya, $Q_{100}$	35
Abbildung 30.	Wasserstand an der Thaya unter den Bedingungen 2018	36
Abbildung 31.	Wasserstand an der Thaya unter den Bedingungen 2051	37
Abbildung 32.	Längsprofil der Ablagerungsentwicklung (links) und des relativen Volumens des Sedimenttransports (rechts) im Transportgerinne	40
Abbildung 33.	Geländeoberfläche des vorgeschlagenen Zustands am unteren Teil	41
Abbildung 34.	Geländeoberfläche des vorgeschlagenen Zustands am mittleren Teil	42
Abbildung 35.	Geländeoberfläche des vorgeschlagenen Zustands am oberen Teil	43
Abbildung 36.	DMT der vorgeschlagenen Maßnahme am unteren Teil	44
Abbildung 37.	DMT der vorgeschlagenen Maßnahme am mittleren Teil	45
Abbildung 38.	DMT der vorgeschlagenen Maßnahme am oberen Teil	46
Abbildung 39.	Längsprofil des Thaya-Gerinnes	48
Abbildung 40.	Absetzraum mit einer Aktivteillänge von 300 m, Ablagerungshöhe [m]	50