

Wasserregime im Ascher Ländchen



Výzkumný Ústav Vodohospodářský T. G. Masaryka , v. v. i.
Wasserwirtschaftsforschungsinstitut

Kamila Tichá, Věra Kladivová, Adam Beran



Projektdauer, Januar 2020 – September 2022

Historische Landnutzung und ihre Bedeutung für den zukünftigen Schutz
bedeutender Arten entlang der bayerisch-tschechischen Grenze

Inhalt

Kartierung von Quellen und Änderungen im Wasserregime im Quellgebiet von Rokytnice/Regnitz (Ascherländchen) und Vorschläge für Änderungen und Management	4
Methodik der Quellgebietenkartierung	4
Methodik zur Kartierung von Eingriffen in den Wasserregime	6
Quellgebieten als Detritusquelle für Flussperlmuscheln.....	7
Lebensraumtypen, Beschreibung und Vorschläge zur Verbesserung ihres Zustands.	8
Ursprünglich entwässerte Grundstücke mit nicht funktionierenden Entwässerungssystemen in den Überschwemmungsgebieten kleiner Wasserläufe	9
Sekundärquellen in Dränagemündungen oder an Orten, wo Entwässerungssysteme beschädigt sind.....	10
Funktionierenden Entwässerungssysteme	13
Offene Entwässerungsrillen in den Wäldern	15
Regulierte Quellrinnen	17
Wasserreservoirs: Teiche und Tümpel	20
Zusammenfassung der Wasserbilanz der Landschaft im Ascher Ländchen	22
Entwicklung der Abflussverhältnisse von 1990 bis heute.....	22
Methode der CN-Kurven	22
Modellierung der Wasserbilanz	24
Daten und Methoden	24
Model hydrologické bilance Bilan	29
Ergebnisse.....	30
Interessngebiet.....	38
Daten und Methoden	39
Ergebnisse	42
Vorschläge für Anpassungsmaßnahmen	49
Revitalisierung der begradigten Wasserläufe	49
Bau der kleinen Wasserreservoirs	52
Zusammenfassung.....	55
Reference.....	57

Einführung

Die Folgen gestörter ökologischer Zusammenhänge und Prozesse, die sich nicht nur in Veränderungen des Wasserregime der Landschaft, des Nährstoffkreislaufs oder einer Abnahme der Biodiversität äußern, sondern auch in der zunehmenden Häufigkeit der Auswirkungen hydrologischer Extremsituationen Hochwasser oder Trockenheit beeinträchtigen zunehmend das normale Funktionieren der menschlichen Gesellschaft (Jongepierová a kol. 2012). Auf lokaler, regionaler und europaweiter Ebene verstärken sie daher die Bemühungen zur Wiederherstellung des natürlichen Charakters von Fließgewässern, Flächen und Feuchtgebieten, zur Nutzung der Wasserressourcen und zur nachhaltigen Bewirtschaftung der Landschaft, die widerstandsfähiger gegen den Klimawandel wären und extreme hydrologische Situationen begleichen könnten. Im Dreiländereck Tschechien – Bayern – Sachsen gab und gibt es auf beiden Seiten der Grenze unterschiedliche Stellungen zur Bewirtschaftung und Nutzung der Wasserressourcen, die sich dazu noch in der Vergangenheit geändert haben. In neulichen Zeiten hat man diese Ansätze entfernt oder näher gebracht, im Zusammenhang mit Durchlässigkeit der Grenze, sei es der physische oder der Wissenstransfer. Der hydrologische Teil des Projekts " Historische Landnutzung und ihre Bedeutung für den zukünftigen Schutz bedeutender Arten entlang der bayerisch-tschechischen Grenze", bearbeitet von VÚV TGM, zielte darauf ab, das Territorium aus hydrologischer Sicht auf beiden Seiten der Grenze zu kartieren mit den gleichen Methoden, um verfügbare Daten über den aktuellen und historischen Zustand des Gewässers zu sammeln, hauptsächlich über Eingriffe in Wasserregime des Gewässers (Begradigung von Wasserläufen, Entwässerung und Rückhaltung von Wasser, Meliorationseingriffe, Bohrungen und Brunnen) und , basierend auf diesen Erkenntnissen, konkrete Maßnahmen vorzuschlagen, deren anschließende Umsetzung die Niederschlags- und Abflussprozesse im Interessengebiet bei Aš auf beiden Seiten der Grenze verbessern werden . Das Interessengebiet umfasste die Gewässer von Bystřina/Wolfsbach, Rokytnice/Regnitz, Lužní/Zinnbach, Újezdský/Mähringsbach, Pekelský/Höllbach und Hraniční potok/Grenzbach. Dieser Teil des Abschlussberichts widmet sich der Kartierung von Quellen und Veränderungen im Wasserregime und präsentiert standortbezogene Maßnahmenvorschläge in diesem Gebiet. Die im ersten Projektjahr erfassten Veränderungen des Wasserregimes veranlassten die Erstellung einer eigenen hydrogeologischen Studie, die im Rahmen des Projekts im Jahr 2021 erstellt wurde. Diese grenzüberschreitende Studie fasst archivalische und aktuelle hydrogeologische Erkenntnisse zusammen und basiert darauf darauf, problematische Stellen in Bezug auf Grundwasserentnahmen im Interessengebiet identifiziert. Als am problematischsten wurde die Grundwasserentnahmen im Quellgebiet des Pekelský potok/Höllbach der tschechisch-bayerischen Grenze identifiziert, was wahrscheinlich ein Teilgrund für die Austrocknung dieses Baches in Trockenperioden ist. Weitere Informationen siehe in P. Eckhardt: Hydrogeologische Untersuchung des Interessengebiets in Ašsko, 2021 (tschechisch und deutsch), abrufbar unter <https://landschaftimwandel.de/zdroje/>.

In der Projektlaufzeit von drei Jahren (2020–2022) kam die Ungleichmäßigkeit der Niederschlagsverteilung während Jahreszeiten voll zum Ausdruck, was vom Obrázek 1 und Obrázek 2 sichtbar wird, die vom gleichen Ort mit einem Unterschied von einem Jahr und einem Monat stammen. Diese Extreme haben vernichtende Auswirkungen auf aquatische und an Wasser gebundene Organismen. Am Beispiel des Flussperlmuschel lässt sich festhalten, dass die Ursachen für die Bedrohung dieser Art zu Beginn des 21. Jahrhundert insbesondere die Unterbrechung der Nahrungsversorgung für das Wachstum der Flussperlmuschel Juvenilsatdien nach dem Verlassen der Wirtsfische waren (Hruška 2004). Dazu stellte sich auch die Verfügbarkeit der Wirtsfische selbst, die Wasserverschmutzung und die Struktur des Flussbettes und seine Verschlammung (Bílý et al. 2008), nun kann als Hauptursache der Bedrohung in diesem Gebiet das Austrocknen von Bächen in den Sommermonaten bezeichnet

werden. Während früher lebensnotwendige Faktoren vor allem junge Muscheln bedrohen und den reproduktiven Zyklus stören, können sich erwachsene Individuen relativ erfolgreich dagegen wehren, indem sie zum Beispiel die Muschelschale schließen. Die Austrocknung der Bäche bedroht jedoch sofort alle Altersgruppen der Flussperlmuschel und ohne die von den Naturschutzbehörden organisierten Rettungstransfers (Holub, mündliche Mitteilung) würde diese gefährdete Art in den Einzugsgebieten von Lužní potok, Rokytnice und Bystřina nicht überleben. Andere Probleme des Flussperlenbiotops bestehen jedoch weiterhin.

Die Grenze zwischen Tschechien und Bayern im Aš-Gebiet bildet meist eine „nasse Grenze“. Die Grenzlinie verläuft mitten des Wasserlaufes und das Gewässer wird von Zuflüssen von tschechischem und bayerischem Gebieten gebildet. Aufgrund der in den letzten Jahren zu verzeichneten Trockenperioden kommt es in manchen Monaten zu einer deutlichen Senkung der Abflüsse, stellenweise trocknen sogar Wasserläufe aus.

Das Zentrum des Interesses sind Lužní potok/Zinnbach und Rokytnice/Regnitz, in deren Gewässer eine hydrologische Überwachung durchgeführt wurde. Zur Bestimmung der Niederschlags-Abfluss-Verhältnisse wurden im Interessengebiet Wassermessstationen und meteorologische Stationen errichtet. Die Überwachung wurde mit Daten aus Beobachtungen der AOPK ČR, ČHMÚ und auch von Amateur-Wetterstationen ergänzt.

Basierend auf Beobachtungsdaten, historischen Daten, Kartendaten und unter Verwendung von Mitteln zur hydrologischen Modellierung wurde der Einfluss der aktuellen Landnutzung im Gewässer und des Klimawandels auf Veränderungen der hydrologischen Glieder untersucht. Die Entwicklung der Abflussverhältnisse seit 1990 wurde anhand der Auswertung der CN-Zahl beschrieben, die zusammenfassenden Eigenschaften der interessierenden Einzugsgebiete wurden anhand der hydrologischen Modellierung beschrieben, die prognostizierten Veränderungen der hydrologischen Glieder in zukünftigen Zeithorizonten wurden anhand des Klimawandelszenarien beschrieben und mögliche Lösungen zur Verlangsamung des Abflusses aus dem Gewässer wurden skizziert.



Obrázek 1 *Überflutung von Rokytnice, Trojstátí Česko – Bavorsko – Sasko (16. 7. 2021)*



Obrázek 2 Ausgetrocknetes Flussbett von Rokytnice, Trojstátí Česko – Bavorsko – Sasko (17. 8. 2022)

Kartierung von Quellen und Änderungen im Wasserregime im Quellgebiet von Rokytnice/Regnitz (Ascherländchen) und Vorschläge für Änderungen und Management

Methodik der Quellgebietenkartierung

Aßsko, obwohl es kein streng gebirgiges Gebiet ist, hat aufgrund der Tatsache, dass hier die europäische Donau-Elbe-Wasserscheide verläuft, typischerweise einen Quellcharakter. Während von Aß nach Südosten alle Flüsse in Flussgebietseinheit Elbe fließen, gehören die Quellflüsse im Ascher Ländchen selbst zum Flussgebietseinheit Donau. Hier entspringen Rokytnice/ Regnitz, Lužní potok/ Zinnbach, Bystřina/ Wolfsbach, Pekelský potok/ Höllbach, Újezdský potok/ Mähringsbach und Hraniční potok/ Lohbach, die in die Saala münden. Die Gewässer aller dieser Bäche wurden in die Kartierung einbezogen.

In den Jahren 2020 und 2021 wurden Felduntersuchungen an den Quellen durchgeführt, die im Jahr 2008 im Rahmen einer detaillierten Untersuchung des in Bereich Quellgebieten von Bystřina und Lužní potok kartiert wurden. Für Quellen wurden folgende Eigenschaften erfasst: GPS-Koordinaten, Höhenlage, Gewässer, Bachanschluss (Rinnsalfluss/ Versickerung/ Überschwemmungsgebiet), Art (Halocrene/ Limnocrene/ Rheocrene oder deren Kombination), Fläche, Ergiebigkeit, Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, Inhalt Detritus, Makrozoobenthos (Haupttaxone), Vegetation (Haupttaxone) und umgebendes Bewuchs und Beschattung. Die neuen Daten wurden mit älteren verfügbaren Kartierungsdaten (Spisar 2009) verglichen, in denen 226 Quellen verschiedener Typen kartiert wurden. In dem Projektbericht wurden je nach Temperatur der Quelle und Detritusanwesenheit nur 16 Quellen als potenziell nutzbare Helocrene identifiziert, aus denen Detritus für Analysen und Bioindikationen entnommen wurde. Die Ergebnisse der Analysen und Bioindikationen waren jedoch nicht zufriedenstellend, in den Folgejahren wurden einige Quellen trocken, so dass nur eine nährstoffreiche Quelle als Detritusressource für die Aufzucht genutzt werden konnte (Spisar 2009).

Einige der neu kartierten Lokalitäten stimmen mit der Quellenstandort aus der früheren Kampagne überein, aber die Quellen im Jahr 2008 wurden nur einmal besucht, es wurde später keine

Überarbeitung vorgenommen, sodass die Daten relativ viele Ungenauigkeiten hatten. Auch Orientierungspunkte wurden zwischen die Quellen gemischt (Straßendurchlässe, Zusammenflüsse, Tümpel und Waldteiche), einige als Quellen markierte Stellen waren Feuchtgebiete, die durch Versickern von Oberflächenwasser entstanden, andere waren nicht permanent, einige sind wahrscheinlich während der Trockenjahre 2015-2019 ausgetrocknet oder sind selber verschoben. Im Rahmen des laufenden Projekts wurden 55 Quellen in Gewässern von Lužní potok und Bystřina besucht, weitere 40 wurden nicht gefunden.

In den Jahren 2021 und 2022 wurden auf Basis von Kartendaten und vorangegangenen Felduntersuchungen bisher nicht kartierte Quellstandorte besucht, die ebenfalls durch die gleichen Indikatoren gekennzeichnet wurden. Bis zum jetzigen Zeitpunkt (Herbst 2022) wurden



weitere 107 Quellen in zwei anderen Haupteinzugsgebieten (Rokytnice und Újezdský + Pekelský potok) neu kartiert, die Feldarbeiten dauern noch bis zum Ende des Projekts an. Natürliche Quellen sind normalerweise dauerhaft, sie trocknen nicht aus oder gefrieren während normaler Temperaturschwankungen das ganze Jahr über Austrocknung oder Vereisung lassen sich entweder direkt oder über indirekte Merkmale (z. B. Temperaturschwankungen im Frühjahr, Auftreten von permanenter Benthosfauna etc.) nachvollziehen. Natürliche Quellen, die einen stabilen Charakter haben und ökologisch funktionsfähig sind, oder Quellen, die dieses Potenzial haben (z. B. Detritus produzieren, aber nicht mit dem primären Flussnetz verbunden sind), wurden von den Mitarbeitern in der Huschermühle für eine Bioindikation über den Rahmen des Projekts hinaus vorgeschlagen. Gleichzeitig führte die Karlsuniversität als Projektpartner hier eine Vegetationskartierung durch.

Das Ergebnis der Kartierung sind die Shp - Kartenschichten in GIS mit Daten, die wir einzelnen Quellen festgestellt haben, katalogisierte Daten von entwässerten Gebieten, kleinen Wasserreservoirs und kleinen Wasserläufen. Ein Teil dieser Daten ist diesem Dokument in tabellarischer Form beigelegt.

Methodik zur Kartierung von Eingriffen in den Wasserregime

Im Jahr 2020 wurde Kartenmaterial gesammelt, neben aktuellen Karten vor allem historische Luftbilder aus der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts und weitere verfügbare Informationsquellen zu Hydromeliorationseingriffen, Bachbegradigungen, Entwässerungen und Wasserstauen und anderen Veränderungen im Wasserregime, die in der Vergangenheit in der Gegend stattgefunden haben. Eine Karte der entwässerten Gebiete wurde von VÚMOP für die tschechische Seite und WWA in Hof für die deutsche Seite bereitgestellt. Ab April 2021 ergänzen wir die Informationen allmählich durch eigene Felduntersuchungen, bei denen wir bestehende Flächen mit Entwässerungssystemen besuchen, um zu beurteilen, ob das System funktionsfähig, beschädigt oder komplett funktionsunfähig ist; und holen zusätzliche Informationen aus öffentlichen Quellen ein, z.B. ob das Gebiet in Informationssystem der Meliorationsbauten aufgenommen ist, welche Art der Bewirtschaftung hier nach Landblöcken stattfindet usw., in welchem Teil des Gewässers sie liegen und ob es möglich wäre, Maßnahmen auf einigen entwässerten Gebieten vorzuschlagen, um ihre Funktion in der Landschaft zu verbessern und auch das Wasserregime einer größeren Einheit. Lebensraumtypen wiederholen sich in der Landschaft, daher ist es möglich, einzelne Lebensräume relativ gut zu katalogisieren und dann Maßnahmen allgemeinerer Art vorzuschlagen, siehe Kapitel 3.

Kontinuierlich wurden auch die Entwässerungsgräben in Wäldern kartiert. Diese einfache Oberflächenentwässerung ist im Informationssystem der Meliorationsbauten nicht erfasst, in den meisten Fällen könnte es sich um eine historischen Bauten der Forstwirtschaft handeln, die in vielen Fällen auch heute noch funktionsfähig sind.

Typisch für dieses Gebiet sind die Systeme von kleinen Waldteichen oder Tümpel, die schon während der deutschen Besiedlung des gesamten Gebiets entstanden. Derzeit finden wir sie vor allem in Waldbeständen, manchmal teilweise verschüttet/geerdet, auf der deutschen Seite auf Wiesen oder Weiden. Aus Sicht der Detritusausschwemmung von den Quellgebieten stellt dies ein potenzielles Hindernis dar, wirkt sich aber im Kontext des gesamten Einzugsgebiets eindeutig positiv auf den Wasserregime und auf die damit verbundenen Feuchtgebiets- und Wassergesellschaften aus. Sie sind oft mit Quellen und anderen Feuchtgebieten verbunden und spielen eine bedeutende Rolle bei der Erhaltung der Biodiversität des Interessengebiets.

Die kartierten Wasserregimeänderungen sind in elektronischer Form als Shp-Layer angehängt: entwässerte Flächen, kleine Wasserreservoirs und kleine Gewässer. Die Attributtabelle für diese Shp-Schichten sind diesem Bericht zur besseren Übersichtlichkeit auch in elektronischer Form beigelegt.

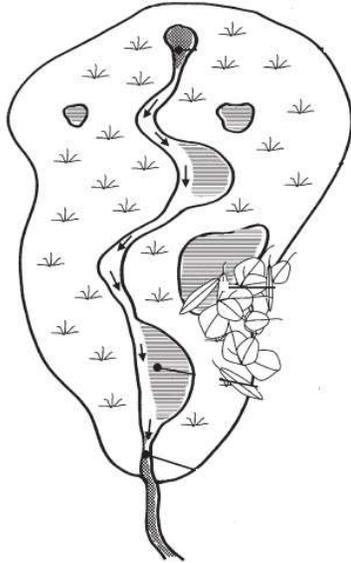


Obrázek 4 Kartierung funktionsfähiger und funktionsunfähiger Entwässerungsanlagen aus der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts

Quellgebieten als Detritusquelle für Flussperlmuscheln

Alle im Projekt „Historische Landnutzung und ihre Bedeutung für den zukünftigen Schutz bedeutender Arten entlang der bayerisch-tschechischen Grenze“ Interessensarten gehören zu den sogenannten „Schirmarten“, die in selben Umweltbedingungen leben. Alle sind auch direkt oder indirekt mit der aquatischen Umwelt verbunden; der stolístek střídavokvěťý und das Flussperlmuschel leben direkt in den Bächen, und die klínatka lebt hier auch einen Teil ihres Lebens. Einige von ihnen brauchen zum Leben unmittelbar die Quellen, z.B. der Wiesen-Chertkus wächst auf Feuchtwiesen, die unter anderem gerade in dem Vernässung in Helokren entstehen können, und die Klapperschlangenbraun ist auch an diese Pflanze gebunden. Die Flussperlmuschel ernährt sich mit Detritus – partikelförmigen organischen Stoffen – die in großen Mengen aus Quellen und Wiesen in Bäche und Flüsse geschwemmt werden, dort dann umgewandelt und weitertransportiert werden. Flussperlmuscheln im Asch-Gebiet weisen geringe Zuwachsraten auf, wie das Biomonitoring der Jungtiere vielmals gezeigt hat (Hruška 2004, Spisar 2009) und lange ist bekannt, dass hier Detritus in benötigter Qualität nicht oder in unzureichender Menge in die Bäche geschwemmt wird. Eine ausreichende Anzahl von Feuchtgebieten mit hochwertigem Detritus, der aus diesen Kapillarnetzen in Fließgewässer transportiert wird, ist eine der Grundvoraussetzungen, um die Ernährung der Flussperlmuschel in Fließgewässern zu gewährleisten.

Natürliche Quellfeuchtgebiete (Helocrens) mit einer ausreichend starken Quelle sind das ganze Jahr über temperaturstabil (sie trocknen im Sommer nicht aus, sie frieren im Winter nicht ein), sodass sie das ganze Jahr über ungefähr gleich funktionieren können. Mikro- und makroskopische



Quellorganismen verarbeiten abgestorbene unterirdische und oberirdische Pflanzenteile und Laubstreu, aus denen sie zunächst groben (CPOM – Coarse Particular Organic Matter) und dann feinen (FPOM – Fine Particular Organic Matter) Detritus produzieren. Helocrene sind somit eine der wichtigsten Nahrungsdetritusquellen für Flussperlmuscheln. Für das glatte Funktionieren der Detritusströme im Gewässer ist es erforderlich, dass möglichst viele Quellfeuchtgebiete im Gebiet ökologisch funktionsfähig sind, was nicht zwangsläufig bedeutet, dass es sich um ursprüngliche natürliche Ökosysteme handeln muss. Bei den derzeit laufenden Revitalisierungen im Interessengebiet (ein Teil von Lužní potok wurde bereits revitalisiert, Rokytnice wird vorbereitet) muss daher die Wiederherstellung des beschädigten Wasserregimes als Ganzes berücksichtigt werden, d.h. einschließlich des Netzes von Quellen und kleinen Rinnen, die derzeit stark von systematischer Entwässerung betroffen sind.

Obrázek 5 Schematische Darstellung der Helocren-

Quelle (Quellenfeuchtgebiet)

Quellen für hochwertigen Detritus sind auch für die Nahrungsversorgung von aufgezuchten jungen Flussperlmuscheln unerlässlich, die mit direkt aus den Quellen entnommenem Detritus gefüttert werden. Zu Beginn des Projekts stand eine Mindestanzahl an Quellen mit hochwertigem Detritus, verifiziert durch Bioindikationen, zur Verfügung. Der Verlust einer solchen Ressource ist ein fatales Problem für die Zucht. Im Jahr 2021 wurde ein Teil der Quellen als potenziell gute Detritusquellen für die Ernährung von Jungtieren in der Zucht gewählt. Gewählte Quellen hatten einem optimalen pH-Wert des Quellwassers (zwischen 5-7), auch Vorkommen an Pisidium-Muschel, die zumindest ein hinweisender Bioindikator für die Qualität des Detritus zu sein scheint (es verwendet organische Formen von Kalzium, die die Muscheln verarbeiten können, während die anorganische Form für sie unbrauchbar ist), Quellen ohne Eisengerinnungen und dort, wo Detritus entsteht. Nad rámeč projektu byl pracovníky odchovny v Husčermühle z těchto prameníšť odebrán detrit a byly provedeny bioindikace juvenilními perlorodkami, a to 1x – 3x na podzim 2021. Darüber hinaus neben dem Projektumfang wurde von Personal in Husčermühle Detritus aus diesen Quellen gesammelt und im Herbst 2021 wurden 1x – 3x Bioindikationen mit juvenilen PeFlussperlmuscheln durchgeführt. Bisher gibt es keinen anderen zuverlässigen Weg, um die Tauglichkeit von Detritus als Nahrungsquelle zu überprüfen. Es wurde festgestellt, dass die Qualität des Detritus im Laufe eines Monats sogar innerhalb einer einzigen Quelle sehr unterschiedlich war, was ein allgemeines Problem bei der Qualität des Detritus zu sein scheint, der zur Fütterung der juvenilen Flussperlmuschel verwendet wird. Züchter in anderen Orten in unserem Land und im Ausland haben die selben Erfahrungen. Experimentell wurde festgestellt, dass auch Detritus aus einigen neu kartierten Quellen verwendet werden kann, und bis zum Ende des Projekts wird es wahrscheinlich geeignetere Quellen zunehmen, aber bisher ist dies keine systemische Lösung für das Problem der Muschelfütterung.

Lebensraumtypen, Beschreibung und Vorschläge zur Verbesserung ihres Zustands

Die einzelnen Empfehlungen basieren hauptsächlich auf der Kartierung von Eingriffen in den Wasserregime und konzentrieren sich daher auf Gebiete, die in der Vergangenheit entwässert wurden. Natürliche Lebensräume (hauptsächlich Quellen), mit denen wir uns auch im

Interessengebiet befassen, haben wir nicht in die Empfehlungen aufgenommen, hier sind Eingriffe nicht notwendig. Allerdings werden hier künstlich angelegte sogenannte „Sekundärquellen“ aufgeführt, da wir Biotopbezeichnungen haben, die an Stellen verstopfter, unterbrochener oder anderweitig beschädigter Entwässerungssysteme entstanden sind.

Ursprünglich entwässerte Grundstücke mit nicht funktionierenden Entwässerungssystemen in den Überschwemmungsgebieten kleiner Wasserläufe

Im Untersuchungsgebiet befinden sich direkt in der Aue, insbesondere im Gewässer von Rokytnice auf tschechischer Seite, mehrere kleinere waldlose flache oder leicht geneigte Grundstücke, die in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts durch systematische Entwässerung geschädigt wurden. In allen kartierten Fällen sind die Entwässerungen bereits vollständig funktionsunfähig und die spontane Renaturierung der Flächen hat den naturnahen Charakter eines Feuchtgebiets oder einer nassen, periodisch überschwemmten Aue erreicht und unterscheidet sich nicht von ähnlichen Auen, z.B. in der Aue von Lužní potok/Zinnbach oder Bystřina/Wolfsbach, wo nur in geringerem Umfang Entwässerungen gebaut wurden. Die Grundstücke liegen in keinen bewirtschafteten Landblöcken und es ist klar, dass es hier keine Bewirtschaftung verfolgt.



Obrázek 6 Periodisch überschwemmte Aue von Rokytnice/Regnitz unterhalb von Dolíška-Teich und unterhalb eines wichtigen rechten Zuflusses, die an Ort und Stelle eines nicht funktionierenden Entwässerungssystems einer Wiese im Rokytnicegewässer entstanden ist

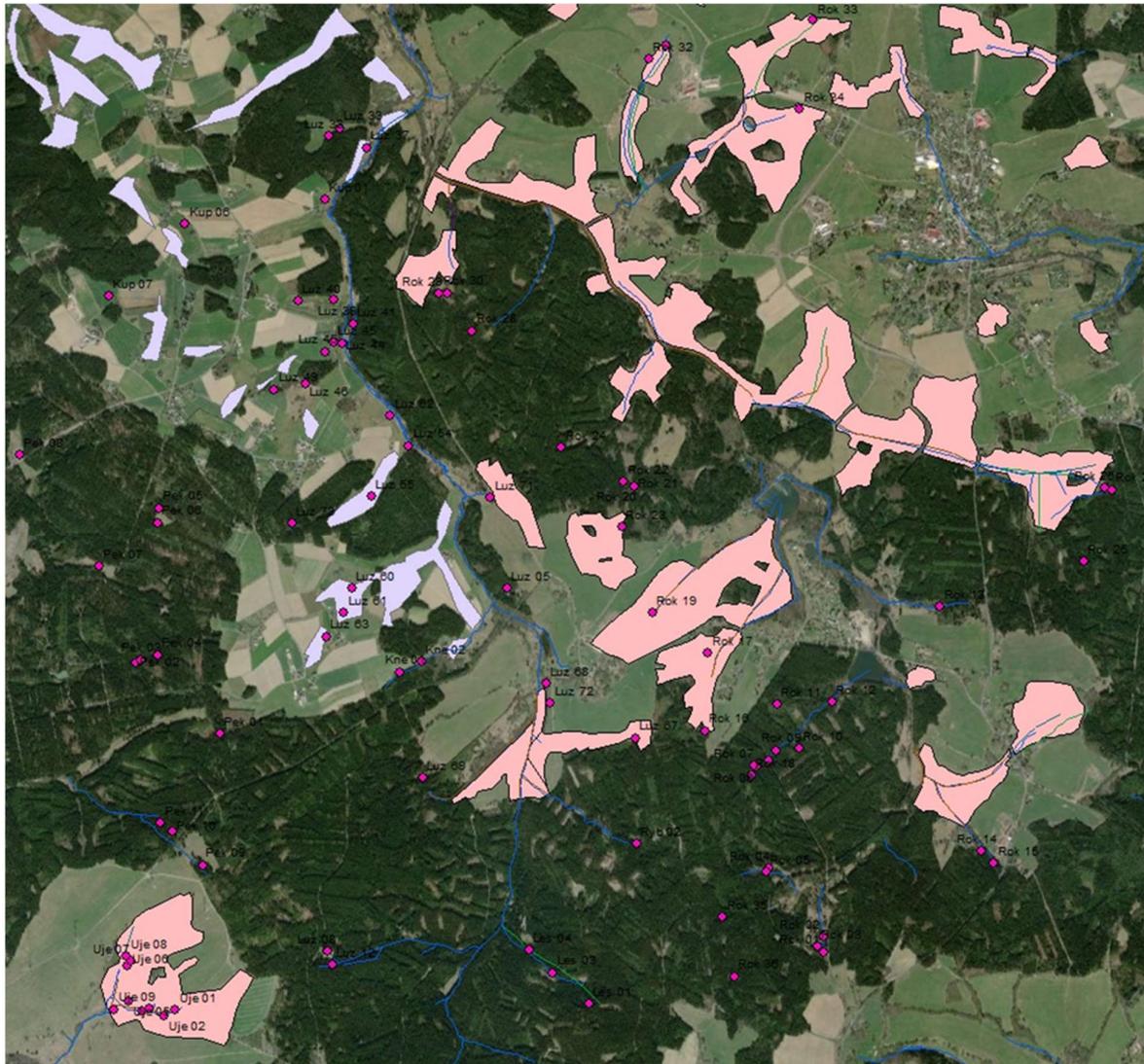
Empfehlung:

Wir empfehlen, den aktuellen Zustand beizubehalten und eventuell gelegentlich Bäume, insbesondere Nadelbäume, zu fällen, um den offenen Charakter des Grundstücks zu erhalten. Andererseits sehen wir die spontane Wiederherstellung der Ufervegetation in Form von Weiden, Erlen und anderen autotypischen Bäumen und Sträuchern als Vorteil an. Es wird besonders wichtig sein, administrativ sicherzustellen, dass die beschädigte Entwässerung (d. h. wasserwirtschaftliche Struktur) in Zukunft nicht wiederhergestellt wird.

Plochy	P24, P29, P33, P36
--------	--------------------

Sekundärquellen in Dränagemündungen oder an Orten, wo Entwässerungssysteme beschädigt sind

Ungefähr 1/3 aller Quellen, die 2020-22 kartiert wurden, treten in Gebieten auf, die durch systematische Dränage entwässert wurden (siehe Kartenausschnitt und den elektronischen Anhang: Shp-Schichten von Quellen und entwässerten Gebieten). Dies sind also Sekundärquellen, die in der Landschaft die gleiche Funktion wie natürliche Quellen erfüllen können, auch wenn sie gegenüber diesen gewisse Mängel aufweisen können. Das können zum Beispiel größere Temperaturschwankungen im Jahresverlauf, eine schlechtere und schwankendere Wasserqualität oder die Instabilität der Quelle selbst sein, die durch Verstopfung und andere Veränderungen in unterschiedlich beschädigten Abflussrohren von Ort zu Ort wandern kann. Im Quellgebiet mit gestörtem Wasserregime sind diese Biotopie dennoch wichtige Punkte der heterogenen Landschaftsstruktur, sie dienen als Refugium für temporäre Arten des Makrozoobenthos und anderer Tiere und erhöhen die Biodiversität des Interessungsgebietes.



Obrázek 7 Überlagerung von Quellen, kartiert in den Jahren 2020-22 im Interessengebiet mit einer Karte von Flächen, die während der systematischen Melioration (Landgewinnung) in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts trockengelegt wurden (Quelle VÚMOP und WWA Hof)

In allen Fällen handelt es sich um Quellen in der offenen Landschaft – in Wiesen, Weiden oder unbewirtschafteten waldlosen Biotopen, die zum Zeitpunkt der Landgewinnung (1964 – 1980) Dauergrünland waren. Die sachgerechte Bewirtschaftung dieser Flächen ist auch deshalb wichtig, weil Quellen in der freien Landschaft für die uns interessierenden Arten im Gegensatz zu Waldquellen ein geeignetes Biotop oder eine wichtige Quelle (z. B. vom Detritus) darstellen. Beschädigungen oder Verstopfungen von Drainagerohren haben dazu geführt, dass Dränagewasser entweder im oberen Teil des Entwässerungsbereichs (falls das Dränagesystem bereits vollständig funktionsunfähig ist) oder in einem Gefälle, in einer Senke, zur Oberfläche steigt oder an einer anderen Stelle, wo die Entwässerungsleitungen hinführen. Das heißt der obere Teil des Entwässerungssystems funktioniert noch, der untere Teil näher am Wasserlauf/Reizent ist nicht mehr funktionsfähig, was der meiste Fall ist.



Obrázek 8 Ein offener Schacht des Entwässerungssystems im Gewässer von Rokytnice im Frühjahr 2022. Das Wasser entspringt an der Beschädigungsstelle der Drainage und bildet eine sekundäre Quelle in der Geländesenke, wo wahrscheinlich eine Rinne aus der ursprünglichen Quelle führte. Der obere Teil des Entwässerungssystems ist funktionsfähig.

Empfehlung:

Oft ist die Erhaltung des Originalzustandes (geschädigte Drainage) die beste Bewirtschaftung, eine spontane Renaturierung erfolgt ohne Mehraufwand. Die Entwicklung von Feuchtgebietsvegetation und Gemeinschaften von Wirbellosen kann beispielsweise durch das Fällen ungeeigneter Bäume, durch jährliches Mähen oder durch ein- oder mehrjährige Beweidung unterstützt werden (offene, wenig schattige Habitate und Habitate mit Mosaik von Laubbäumen und -sträuchern haben eine höhere Biodiversität von aquatischen Wirbellosen als Quellen in sauren Fichtenwäldern). Bei Weiden ist es wichtig, vor dem Vieh die Quelle direkt einzuzäunen oder anderweitig daran zu hindern, bei intensiv gemähten Wiesen ist es wichtig, nicht um und über der Quelle herum zu düngen. Wie im vorigen Fall ist es wichtig, administrativ dafür zu sorgen, dass die beschädigte Entwässerung in Zukunft nicht wiederhergestellt würde. An manchen Stellen ist die Drainage nur im unteren Teil beschädigt und vorrangig soll das Entwässerungssystem komplett entfernt werden, um beispielsweise die Fläche des Feuchtgebietes zu vergrößern. Dieser Ansatz wird im folgenden Kapitel beschrieben.

Plochy	P01, P02, P03, P18, P19 (část), P26, P27, P30 (část), P40, P41 (část)
--------	---



Obrázek 9 Zaun der Sekundärquelle Rok 19 und des gesamten Staunässebereichs im unteren Teil der Weide unter der landwirtschaftlichen Genossenschaft

Funktionierenden Entwässerungssysteme

In einigen Teilen des Interessengebietes auf tschechischer und deutscher Seite sind Teile der 40-60 Jahre alten Entwässerungssysteme noch funktionsfähig, in einigen Fällen sogar aufrechtgehaltene oder erneuerte. Die Entfernung von Entwässerungssystemen in einer Agrarlandschaft ist ein umstrittenes Thema, jedoch sollte in Schutzgebieten oder in unmittelbar an solche Gebiete angrenzenden Wassereinzugsgebieten das Interesse des Naturschutzes überwiegen (Jongepierová et al. 2018). In Quellgebieten hingegen ist die Trinkwasserqualität und Beitrag des Wasserrückhalts in der Landschaft höher als Beitrag der Erhaltung landwirtschaftlich genutzter Grundstücken auf sonst natürlich vernässten Flächen. Es gibt Fälle, in denen eine Entwässerung noch sinnvoll ist, z.B. in der Nähe von wichtigen oder kürzlich sanierten Linienbauwerke; oft werden Entwässerungen erhalten, um Schäden an den Bauwerken zu vermeiden. Die Beseitigung der systematischen Entwässerung ist zwar vielerorts in Quellgebieten wünschenswert, stößt jedoch auf eine Reihe administrativer und praktischer Hindernisse, geht mit komplexen eigentumsrechtlichen Beziehungenzusammen, ist finanziell aufwendig und erfordert Planung und Zusammenarbeit mehrerer Interessenten.

Das Interessengebiet in Aschländchen mit einer Reihe von geschützten Arten ist eben ein solches Quellgebiet, in dem eine systematische Entwässerung Wasserrückhalt der Landschaft verschlechterte und den Wasserabfluss aus Quellfeuchtgebieten beschleunigte oder diese Feuchtgebiete und nasse Wiesen vollständig zerstörte, verschlechterte Wasserqualität in Fließgewässern und Versorgung der Bäche mit Detritus/Geröll. Um die Biodiversität wiederherzustellen und zu erhalten, ist es daher notwendig, eine umfassende Revitalisierung und

Beseitigung der Dränagen vorzunehmen oder deren Einfluss durch „kluge“ Maßnahmen zu beseitigen. Bei gefährdeten wassergebundenen Arten ist bekannt, dass für einen wirksamen Schutz das gesamte Wassereinzugsgebiet geschützt werden muss, und jeder kleine Schritt zur Wiederherstellung des natürlichen Wasserregime in betroffenen Wassereinzugsgebieten zählt, auch wenn er scheinbar weit entfernt von dem Zielwasserlauf ist. Seit der Erklärung kleinerer Schutzgebiete auf beiden Seiten der Grenze in achtziger und neunziger Jahren (Bílý et al. 2008) haben bereits viele kleinere und größere Revitalisierungen und Managementänderungen stattgefunden, zuletzt die Revitalisierung des begradigten und vertieften Abschnitt von Lužní potok/Zinnbach bei Pastviny. (Taube 2020). Leider betreffen Revitalisierungsmaßnahmen meist nur Bäche; Quellen und kleine Rinnen werden aus verschiedenen, vor allem eigentumsrechtlichen Gründen vernachlässigt. Wir empfehlen jedoch, bei der nächsten Planung solcher Veranstaltungen möglichst konsequent alle Quellen in den Revitalisierungsprozess einzubeziehen.



Obrázek 10 Schacht des unterirdischen Hauptentwässerungssystems, Gewässer Lužní potok/ Zinnbach

Empfehlung:

Auf den vorgeschlagenen Grundstücken kann auf Basis einer individuellen Begutachtung in Zusammenarbeit mit den Grundstückseigentümern eine Revitalisierung der oberirdischen Hauptentwässerungsanlagen, d.h. in der Vergangenheit vertiefte, begradigte und oft gepflasterte Bäche und wohin auch unterirdische Entwässerungsdränage geleitet wurden. Dies ist die einfachste Art, Dränage zu entfernen, was mit unterirdischen Systemen, die hier überwiegen, leider nicht möglich ist, außerdem gibt es wenig Erfahrung mit der Beseitigung von Oberflächendrängen. Einige Empfehlungen zielen darauf ab, die Entwässerungsröhren vollständig zu entfernen, weil lokale Unterbrechungen, Verstopfungen oder Belastungen von Schächten mit Erdmaterial zu Staunässe in einem anderen Umfang als geplant führen könnte

(Zajíček 2021). Durch die vollständige Entfernung der systematischen Entwässerung werden die sanierten Quellen weniger empfänglich zu „Wanderungen“ und damit auch mehr standfest. Im Gegenteil gibt es Empfehlungen, Dränagedetails durch sogenanntes „Tamponieren“ in Schächten oder durch Unterbrechen von Drainagen mit Querbaugruben besetzen, die dann mit weniger durchlässigen Materialien gefüllt werden (Just 2005). Eine weitere Möglichkeit ist der Umbau von Entwässerungsbauwerken auf Systeme mit Abflussregulierung und Grundwasserspiegelkontrolle, die es ermöglichen, den Abfluss der Entwässerung zu stoppen und das Wasser bei geringen Niederschlagsmengen versickern lassen (Zajíček 2021).

An mehreren Stellen auf deutscher Seite der Grenze kann man sich von kombinierten Systemen inspirieren lassen, bei denen in den oberen Teilen der Grundstücke (z. B. gemähte Wiese) die Entwässerung erhalten bleibt, während die Rohe im unteren Teil in der Nähe des Einmündung ins Rezipient entfernt und in ein Becken, einen Teich oder ein künstlich angelegtes Feuchtgebiet geleitet wurde, von wo aus eine Rinne zum Bach führt. Dies verlangsamt den Abfluss, verbessert die Qualität des abfließenden Wassers aufgrund der biologischen Aktivität und gleichzeitig erhält der Landwirt trockenes Land für die landwirtschaftliche Nutzung, siehe auch Fučík et al (2021).

Plochy	P20, P22, P25, P28, P30 (část), P31, P32 (?), P34, P35, P37, P39
--------	--



Obrázek 11 Ein Teich, der in der Mündung des Entwässerungssystems in Rokytnice/Regnitz gebaut wurde

Offene Entwässerungsrillen in den Wäldern

Neben den im Informationssystem der Meliorationsstrukturen erfassten systematischen Entwässerungen ist an mehreren Stellen des Interessengebietes auch die Waldoberflächenentwässerung zu finden. In der Regel handelt es sich dabei um einfach gegrabene Rinnen, die von kleinen Waldquellen zum nächsten Kapillarbach führen, oder die mit einer anderen Rinne verbunden werden und so entsteht ein mehr oder weniger funktionsfähiges Netz von Entwässerungsrinnen. Einige Rinnen leiten das Wasser das ganze Jahr über ab, andere einen Teil des Jahres und einige sind vollständig trocken. An manchen Stellen konnten wir an den 2008 als Quellen kartierten Stellen Trockenrinnen beobachten, die „neue“ Quelle liegt wenige Meter oder dutzende Meter entfernt. Dies mag mit einem Absinken des Grundwasserspiegels

zusammenhängen, eine im Jahr 2021 durchgeführte hydrogeologische Untersuchung konnte diese Vermutung jedoch nicht eindeutig belegen. Die Rillen leiten Wasser aus Quellen sehr schnell in Wasserläufe ab, was in Jahren mit unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen zur Austrocknung dieser Quellfeuchtgebiete und damit kleinerer Wasserläufe beiträgt. In Jahren mit durchschnittlichen oder überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen kann der beschleunigte Wasserabfluss aus den Wäldern zum Auftreten von Sturzfluten beitragen oder zur Bildung von Aushöhlungsgrillen/Schluchtsrinne und anderen Erosionsphänomene führen. Da es sich um ein Quellgebiet handelt, ist es wünschenswert, hier die Erhaltung und die Wiederherstellung von Quellfeuchtgebieten zu unterstützen. Auf einigen Waldgrundstücken ist der Entwässerungsnetz sehr dicht, z.B. im höchsten Teil von Lužní potok/Zinnbach oder am linken Zufluss von Rokytnice/Regnitz, die bei Studánka in den Teich Nový rybník mündet. Hinzuzufügen ist, dass einige Waldfurchen horizontal verlaufen und andererseits bei Regen als sogenannte „Svejsl“ fungieren können, die bei Niederschlag periodisch ein kleines Becken bilden, aus dem das Wasser nach und nach verdunstet und einsickert.



Obrázek 12 Oberflächenwaldrinne die in Rokytnice /Regnitz Wasser von ein Paar kleineren Rinnen führt



Obrázek 13 Eine künstlich vertiefte und entwässerte Waldquelle am Beginn des Entwässerungsgrabens

Empfehlung:

Da sich die Rillen meist auf für Forsttechnik schwer zugänglichen Flächen befinden, oft zwischen vielen Wasserquellen, empfiehlt man, in Zusammenarbeit mit dem Forstwirt, diese Entwässerungsrillen mit Erde zu überdecken oder abschnittsweise durch Aufstauen unterbrechen und einen Teil des Waldlandes um die Wasserquellen herum nass zu lassen, wofür die im vorbereitendem Landschaftspflegestandard (Bufková et al., in Vorbereitung) beschriebene Methodik verwendet könnte, beziehungsweise konnte auch für unterirdische Quellen modifiziert werden kann. Für den Fall, dass es sich nicht um künstliche Kanäle, beziehungsweise um begradigte und vertiefte ursprüngliche kleine Fließgewässer handelt, kann die Revitalisierung dieser kleinen

Bäche empfohlen werden. oglejená chudá smrková jedlina modální, glejová smrková jedlina chudší apod. Aus forsttypologischer Sicht handelt es sich in der Regel um Grundstücken mit minderwertigen Waldbedeckungen, wie Modal Fichte-Tanne Modal, Fichte-Tanne Armer etc., und die Verlangsamung des Wasserabflusses aus diesen Grundstücken würde die Waldbewirtschaftung an geeigneten Plätzen nicht stören.

Plochy	Újezdský – pramen, Újezdský – PP1, Pekelský - 1. přítok PP1, Lužní – pramen, Lužní – Kyselý, Lužní - Lesní
--------	--

Regulierte Quellrinnen

In einigen Teilen des Interessengebiets treffen wir neben kleinen Waldrillen auf eine vollständige Regulierung von Kapillarrinnen, einschließlich Vertiefung, Begradigung und Befestigung mit Betonfertigteilen. Neben all den oben beschriebenen Problemen mit beschleunigtem Abfluss wird in befestigten Gerinnen die Versickerung von Niederschlägen ins Grundwasser eingeschränkt und die Biodiversität von Quellen und anderen Wasser- und Feuchtgemeinschaften reduziert. V zájmových povodích je to zejména pramenná oblast Újezského potoka, s regulací některých vlásečnicových přítoků se setkáme i na Rokytnici. An Interessengewässer ist dies vor allem das Quellgebiet von Újezdský potok, wobei man auch bei Rokytnice/Regnitz auf die Regulierung einiger Kapillarzuflüsse stößt.



Obrázek 14, Obrázek 15 Begradigte, vertiefte und befestigte Quellbäche bereits im oberen Teil von Újezdský potok

Leider werden an einigen Stellen auch heute noch neue gerade Entwässerungsrinnen gebaut, z.B. haben wir im November 2021 zwei neu ausgebagerte Rinnen an den Quellgebieten kartiert, (viz Obrázek 16 a 17) die noch in 2008 (Spisar 2009) kartiert als Quellen wurden. Höchstwahrscheinlich wurden das Quellgebiet durch den örtlichen Vermieter beschädigt und ein Teil der gemähten Wiese entwässert (das Rohr ist zu sehen). Dabie handelt es sich laut Entwässerungsplan der WWA

Hof um ursprünglich unentwässerte Flächen, so dass die Maßnahme neu realisiert werden musste. Wir empfehlen eine Überprüfung und Rückführung in einen naturnahen Zustand.



Obrázek 16, Obrázek 17 Neu ausgebaggerte Entwässerungsrinnen an Quellenstellen Luz 32 a 33.

Empfehlung:

An diesen Plätzen empfehlen wir eine vollständige Revitalisierung des Kapillarnetzes – Entfernung der Betonbefestigung, Ausdünnung und Lockerung der Flusssohle zur Verlangsamung des Oberflächenabflusses und Förderung der Versickerung. Ergänzt kann die Revitalisierung durch Bau von kleinen Wasserkomponenten werden – Teichen oder Tümpel, die ein üblicher Bestandteil dieser Landschaft sind und historisch auch waren, sowie durch die Renaturierung von Feuchtgebieten, die entweder durch Quellen in abschüssigem Gelände getränkt werden können oder entstehen spontan direkt an den Quelle als Helokrens (=Feuchtgebiet). Bei der Revitalisierung und dem Bau von Wasserkomponenten in den Quellgebieten von Perlmuschelgewässer ist mit größter Vorsicht vorzugehen, insbesondere um das Einschwemmen von feinen anorganischen Sedimenten und Nährstoffen in die Bäche zu verhindern und die Empfehlungen des Rettungsprogrammes der Flussperlmuschel (AOPK ČR 2013) und Methodik zur Förderung der Flussperlmuschel (Simon et al. 2018)

Plochy	P05, P07, P09, P10, P11, P13, P14, P16, P19 (část), P38
--------	---

Wasserreservoirs: Teiche und Tümpel

Teiche, Quellteiche und Wasserreservoirs auf kleinen Bächen und ihre Systeme sind typische Wasserkomponente des böhmisch-bayerisch-sächsischen Grenzgebiets. Sie wurden höchstwahrscheinlich als Teil der Wirtschaft ursprünglich für die Fischzucht gebaut, auf der deutschen Seite stehen sie immer noch meist in der Nähe von Bauernhöfe. Auf der tschechischen Seite, wo die Siedlung verschwunden ist, befinden sich diese Wasserkomponente heute oft außerhalb der Siedlung, in Wäldern oder an Waldrändern. Vor allem auf tschechischer Seite werden einige von ihnen nach und nach geerdet und verschwinden.



Obrázek 18 Waldtümpel im Gewässer von Rokytnice unterhalb des Smolnice-Hügels. Ehemals abgeholzte Enklave, Siedlungsspuren in der Umgebung.

Empfehlung:

Bei wirtschaftlich genutzten Teichen, die in der Minderzahl sind und meist auf deutschem Staatsgebiet liegen, empfehlen wir aufgrund Charakter des Gewässes und des Vorkommens geschützter Arten eine weniger intensive Bewirtschaftung. Bei geschädigten Teichen in Agrarlandschaften empfehlen wir, über eine Sanierung nachzudenken, z.B. durch Teichdammreparatur oder Sedimententfernung. Für ungenutzte Teiche in Wäldern und an Waldrändern halten wir es gemäß den Empfehlungen der Karlsuniversität (Prag) nicht für sinnvoll, deren Wiederherstellung ohne individuelle Bewertung im Hinblick auf die derzeit hohen Artenvielfalt verschiedener Erdungs- oder Torfstadien allgemein zu empfehlen. Im Gegenteil, im Rahmen der empfohlenen komplexeren Revitalisierungsmaßnahmen an Bächen (Rokytnice, Újezdský potok), einschließlich der Wiederherstellung ihrer systematisch entwässerten Quellgebiete, wird der Bau neuer kleiner Wasserspiele in intensiv genutzten Agrarlandschaften vorgeschlagen. Wir empfehlen jedoch nicht, Quellbecken zu bauen/wiederherstellen. Ein Quellfeuchtgebiet beherbergt normalerweise eine größere Artenvielfalt als ein Reservoir und dient das ganze Jahr über als Refugium für viele Arten von Wasserinsekten und Amphibien. In diesem Gebiet ist es günstig, Trümpel und Wasserreservoirs weiter unten - unterhalb der Quellen - wiederherstellen, damit sie kein Wasser aus den Quellen ziehen, idealerweise in den Auenpartien der Bäche. Eine Übersicht der kartierten Wasserkomponente gibt es in einer separaten Tabelle.

Zusammenfassung der Wasserbilanz der Landschaft im Ascher Ländchen

Entwicklung der Abflussverhältnisse von 1990 bis heute

Methode der CN-Kurven

Die CN-Abflusszahlmethode wird verwendet, um die Größe des direkten Abflusses aus dem Bemessungseinzugsgebiet in unbeobachteten Gewässer zu bestimmen. In ČHMÚ wird diese Methode insbesondere bei der Regen-Abfluss-Modellierung auf kleinen Gewässer verwendet, oder Ableitung theoretischer Flutwellen in Profilen ohne hydrologische Beobachtung.

Zur Bestimmung der CN-Nummern werden Informationen zu den hydropedologischen Eigenschaften der Bodenbedeckung (Bestimmung der hydrologischen Bodengruppe: HSP) und der Landnutzung (land cover) benötigt. Der Corine Land Cover (CLC)-Datensatz wurde erstmals 1990 veröffentlicht, dann zehn Jahre später im Jahr 2000 und wird anschließend in sechsjährigen Zyklen veröffentlicht, d. h. 2006, 2012 und 2018.

CN-Werte stellen, basierend auf der Infiltrationsfähigkeit der Bodenoberfläche, die potenzielle Fähigkeit dar, eine bestimmte Menge Wasser aus dem Bemessungsniederschlag, das nicht am direkten Abfluss teilnimmt, im Boden zurückzuhalten. Landnutzungsänderungen, wie sie auf den von Corine veröffentlichten Geodaten im Zeitraum 1990 bis 2018 basieren, spiegeln sich natürlich in der Wertänderung von CN wider, was naturgemäß auch zu einer Änderung der Größe des ausgewiesenen Direktabflusses des angegebenen Bereichs führt. Bei der Berechnung der CN-Zahlen im ČHMÚ werden das Rückhaltevermögen der Böden und die Geländeneigung als wichtige Faktoren berücksichtigt, die den direkten Wasserabfluss aus dem Becken beeinflussen.

Mit der gleichen Methodik zur Ableitung von CN-Werten unter Verwendung von CLC-Daten aus verschiedenen Zeiträumen ist es möglich, Orte mit einer signifikanten Änderung der Abflussverhältnisse in Bezug auf die Landnutzung und damit verbundene mögliche Änderungen der Werte der abgeleiteten hydrologischen Basisdaten zu identifizieren aufgrund der physikalisch-geografischen Merkmale des Gewässers.

Die CN-Werte wurden anhand aktualisierter Informationen zu den hydrologischen Eigenschaften des Bodens bestimmt, d. h. Informationen zur Wasserspeicherkapazität (RVK) und zur hydrologischen Bodengruppe (HSP), die vom Forschungsinstitut für Landgewinnung und -schutz, v.v.i. (VÚMOP) im Rahmen des Projekts QJ1520026 „Optimierung der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen im Hinblick auf die Unterstützung der Infiltration und Wasserrückhaltung mit Auswirkungen auf die Vorhersage von Dürre und Überschwemmungen in Bedingungen der Tschechischen Republik“ im Jahr 2018 finalisiert wurde. RVK und HSP-Daten wurden vor ihrer Verwendung zur Ableitung von CN-Werte-Rastern überprüft und in Bezug auf die topologische Korrektheit mit GIS-Werkzeugen korrigiert, und gleichzeitig wurden gefundene doppelte Daten mit Datenprozessoren korrigiert.

Die zweite notwendige Grundlage für die Ableitung von CN-Werten waren Informationen zur Landnutzung, die von Datenbank des Copernicus-Programms der Europäischen Umweltschutzagentur aus Sentinel-Satellitendaten entnommen wurden. Es wurden Informationen zur Landnutzung für die Jahre 1990, 2000, 2006, 2012 und 2018 aufbereitet. Die Daten werden für das gesamte Gebiet Europas mit einer räumlichen Auflösung von 100 m kostenlos zur Verfügung gestellt.

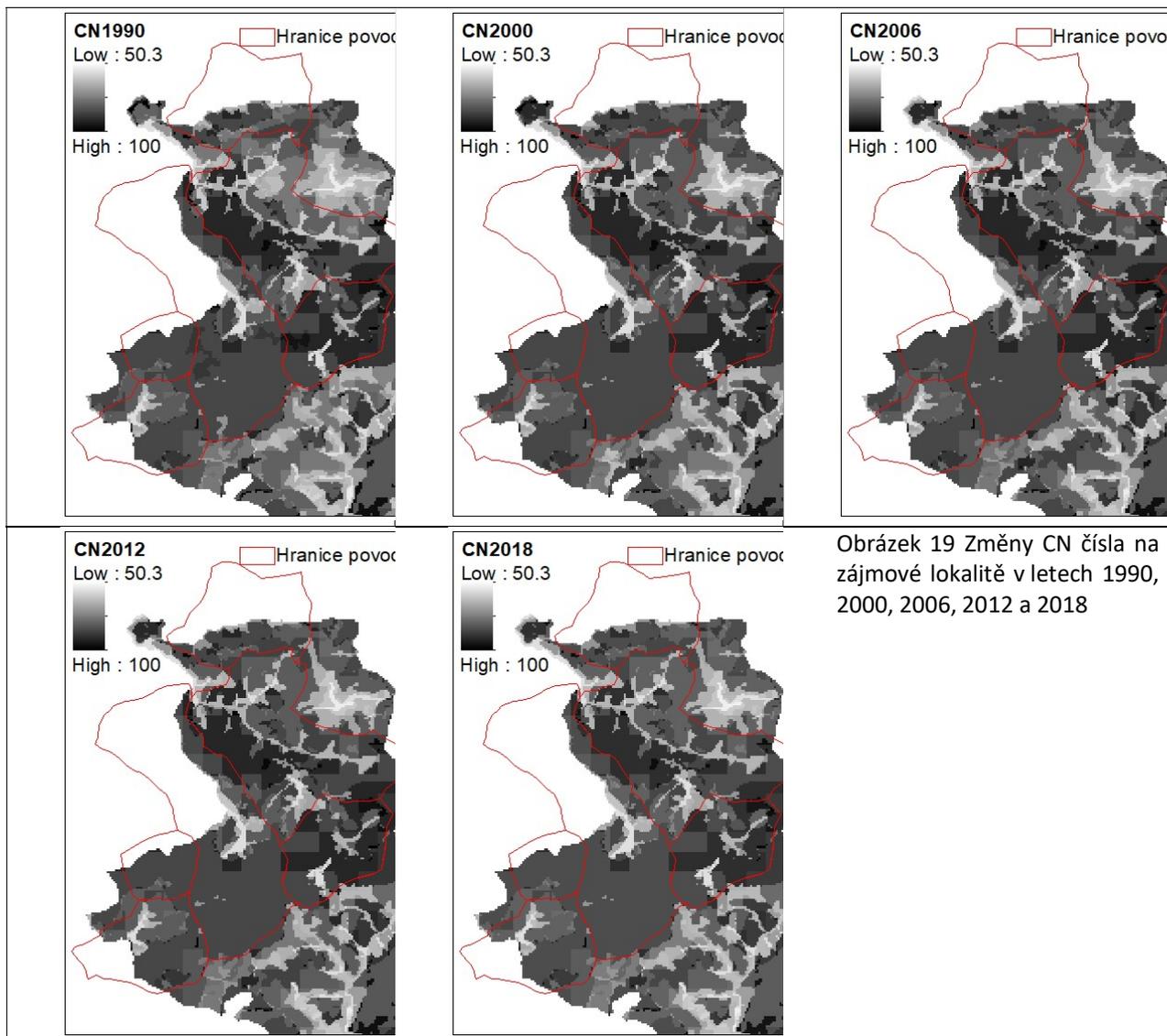
Der dritte Faktor, der in die Berechnung von CN einfließt, ist die Geländeneigung. Die Annahme ist, dass von der gleichen Niederschlagsfläche oder dem hypodermischen Abfluss aus einem Gebiet mit größerer Neigung eine größere Wassermenge fließt als aus dem gleichen Gebiet in einem flachen Gebiet, und daher sollte der CN-Wert in einem stärker geneigten Gebiet größer sein als in eine ebene Fläche.

CN-Werte wurden separat nach HSP, separat nach Infiltration (RVK), separat nach der Steigung des gegebenen Quadrats klassifiziert und daraus der Durchschnitt berechnet. Die resultierende CN-Zahl in einem bestimmten Rasterpixel ist der größere von den CN-Werten, der nur nach Infiltration herausgekommen sind, oder derjenige, der aus dem berechneten Durchschnitt herausgekommen ist.

CN-Wert-Raster wurden für alle Jahre abgeleitet, in denen Corine Land Cover-Informationen veröffentlicht wurden. Die Auflösung der resultierenden CN-Raster beträgt 50 m.

Ergebnisse

Basierend auf der Analyse Änderungen der Werte von Abfluss-CN-Zahlen folgt (Abbildung 19), dass es keine signifikanten Änderungen der Durchschnittswerte der CN-Zahlen von 1990 bis heute (2018) gegeben hat. Dies ist hauptsächlich auf kleine Änderungen in der Landnutzung verursacht. Im Beobachtungszeitraum wies das Interessengebietgebiet einen ähnlichen Anteil an Waldbedeckung, Weideland und bebauter Fläche auf. Die Ergebniswerte der CN-Zahl reichen von 50 bis 100. Die CN-Zahl erreicht einen Wert von 80-100 auf bewaldeten Flächen, wo ein hoher (bis zu 100 %) Wasseranteil von der Bodenbedeckung gefasst wird. Auf Weiden und bebauten Flächen werden dagegen niedrigere Werte von 50 bis 80 erreicht.



Obrázek 19 Změny CN čísla na
zájmové lokalitě v letech 1990,
2000, 2006, 2012 a 2018

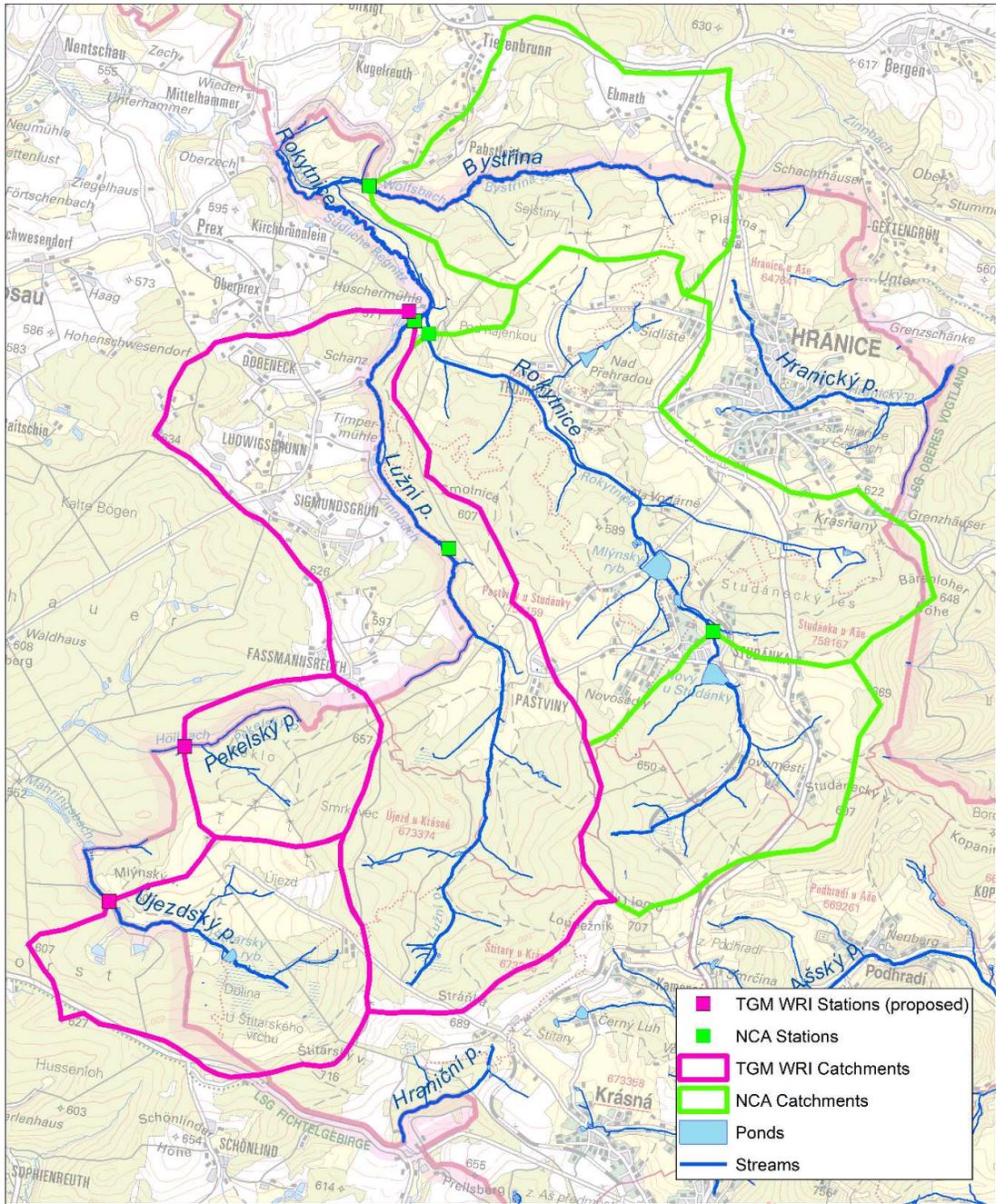
Modellierung der Wasserbilanz

Daten und Methoden

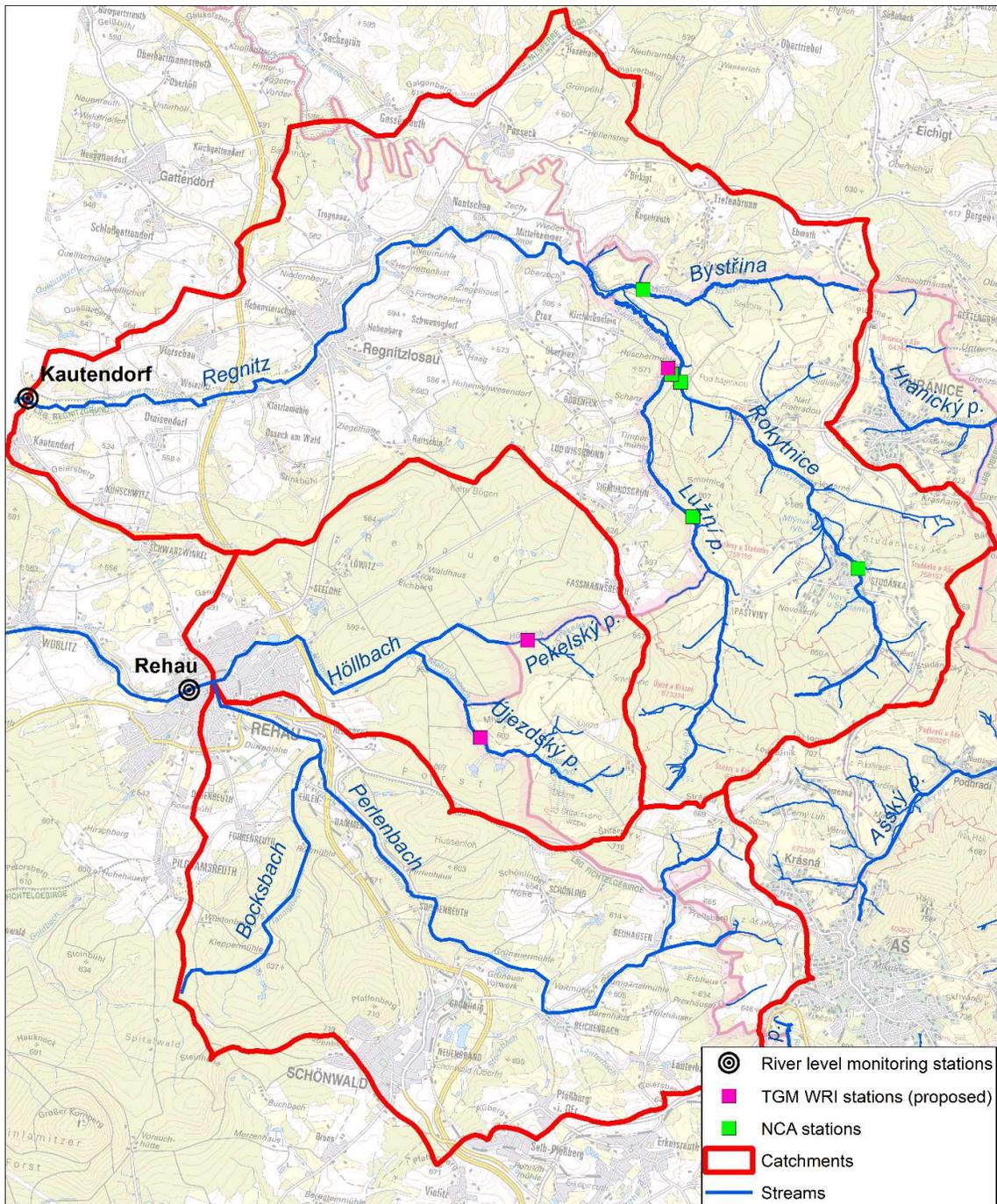
Durchfluss

Die Durchflussdaten wurden zunächst durch eigene Wasserstandsmonitoring mit den Wassermessstationen, auch durch Nutzung der Wassermessstationen der AOPK CR und dann von den Wassermessstationen der deutschen Seite aus dem Webportal <https://www.gkd.bayern.de/>. Um die Wasserstandsdaten in Durchflussmengen umzurechnen, wurden Durchflussmessungen in den Pegelprofilen durch Hydrometering durchgeführt (beobachtete Wasserstandshöhen wurden anhand konstruierter Pegelschlüsselkurve, das ist das Verhältnis von Wasserstandshöhe zu Durchflussmenge, in Durchflussmengen umgerechnet). Die Daten wurden zu einem Tagesschritt aggregiert und lagen von Juni 2020 bis Mai 2022 vor, für die Daten der Stationen Rehau und Kautendorf lagen im Tagesschritt vom 01.01.2015 bis 31.12.2021 vor.

Wasserstandsstationlagen und Wassereinzugsgebieten sind unten (Obrázek 20, Obrázek 21). Fotos vom Feld sind Obr. 4-6 Die Flächen sind in Tabulka 1. dargestellt



Obrázek 20 Wassermesstationen VÚV TGM (TGM WRI Station) und AOPK ČR (NCA Station)



Obrázek 21 Wassermessstationen auf deutschem Gebiet (Kautendorf und Rehau) und Stationen der VÚV TGM (TGM WRI-Stationen) und AOPK ČR (NCA-Stationen)



Obrázek 22 Wassermesstation Újezdský potok/Mähringsbach



Obrázek 23 Wassermesstation Pekelský potok/Höllbach



Obrázek 24 Újezdský potok/ Mahringsbach Hydrometervverfahren

Tabulka 1 Gewässer für Modellierung der Wasserbilanz

Povodí	Plocha [km ²]
Bystřina	6.61
Rokytnice	18.89
Lužní potok	15.15
Pekelský potok	2.74
Újezdský potok	5.71
Regnitz	92.45
Hollbach*	29.74
Perlenbach*	48.01

* Hollbach und Perlenbach wurden aufgrund der Datenverfügbarkeit zusammen mit dem Verschlussprofil in Rehau modelliert.

Niederschläge und Temperatur

Niederschlags- und Lufttemperaturdaten wurden basierend auf eigenen Beobachtungen der meteorologischen Station (Obrázek 25) in der Nähe der Gemeinde Pastviny, Daten aus der Datei des Tschechischen Hydrometeorologischen Instituts (ČHMÚ) und Daten aus dem Webportal

<https://www.gkd.bayern.de/>wurden ebenfalls verwendet. Die Daten von direktem Beobachtung des Abflusses im Zeitraum (2020–Mai 2022) im Tagesschritt benutzt. Für deutsche Gewässer war es in Tagesschritten vom 1.1.2015 bis 31.12.2021 verfügbar.



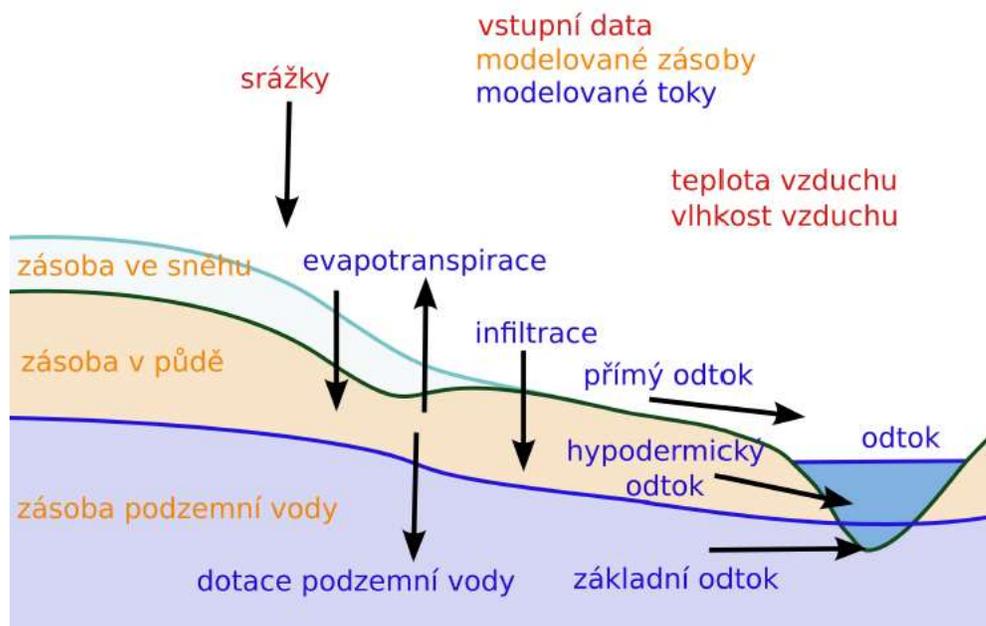
Obrázek 25 Wetterstation bei Gemeinde Pastviny

Model hydrologické bilance Bilan

Zur Modellierung des Wasserbilanz wurde das konzeptionelle hydrologische Modell Bilan (Vizina et al. 2015) verwendet. Das Bilan-Modell simuliert die Komponenten der Wasserbilanz für ein bestimmtes Gewässer (Obrázek 26). Die Struktur des Modells ist durch Zusammenhänge gegeben, die die Grundprinzipien der Wasserbilanz an der Oberfläche, in der von der Vegetationsbedeckung beeinflussten Bodenzone und in der Grundwasserzone beschreiben. Zur Ermittlung der Energiebilanz wird die Lufttemperatur herangezogen, die sich maßgeblich auf die Komponenten der Wasserbilanz auswirkt. Die Rückstellung des Modells beträgt einen Tag oder einen Monat.

Eingangsdaten für die Berechnung der Wasserbilanz sind tägliche oder monatliche Niederschlagsreihen im Gewässer, Lufttemperatur und wahlweise relative Luftfeuchtigkeit. Simulierte und beobachtete tägliche oder monatliche Abflussreihen aus dem Gewässerverschlussprofil werden verwendet, um die Modellparameter zu kalibrieren (durchgeführt durch den Optimierungsalgorithmus).

Das Modell simuliert Zeitreihen der täglichen oder monatlichen potentiellen Evaporation, der territorialen Verdunstung, der Bodeninfiltration und der Grundwassersubvention. Für jeden Zeitschritt wird auch der Wassergehalt in der Schneedecke, im Boden und in der Grundwasserbestand simuliert. Alle diese hydrologischen Größen beziehen sich auf das gesamte Einzugsgebiet. Der Gesamtabfluss besteht aus zwei oder drei Komponenten, nämlich Direktabfluss, hypodermischer Abfluss (nur für den monatlichen Schritt) und Basisdrabfluss. Ein Diagramm des Modells wird unten gezeigt.



Obrázek 26 Schema des hydrologischen Modells von Bilan

Das Modell hat sechs (täglicher Zeitschritt) oder acht (monatlicher Zeitschritt) freie Parameter und verwendet einen Optimierungsalgorithmus, um sie in beobachtete Gewässer zu kalibrieren. Ziel der Optimierung ist es, eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen beobachteter und simulierter Abflussreihe zu erreichen. Es stehen mehrere Optimierungskriterien zur Verfügung. Es gibt zwei Optimierungsalgorithmen, einen lokalen und einen globalen.

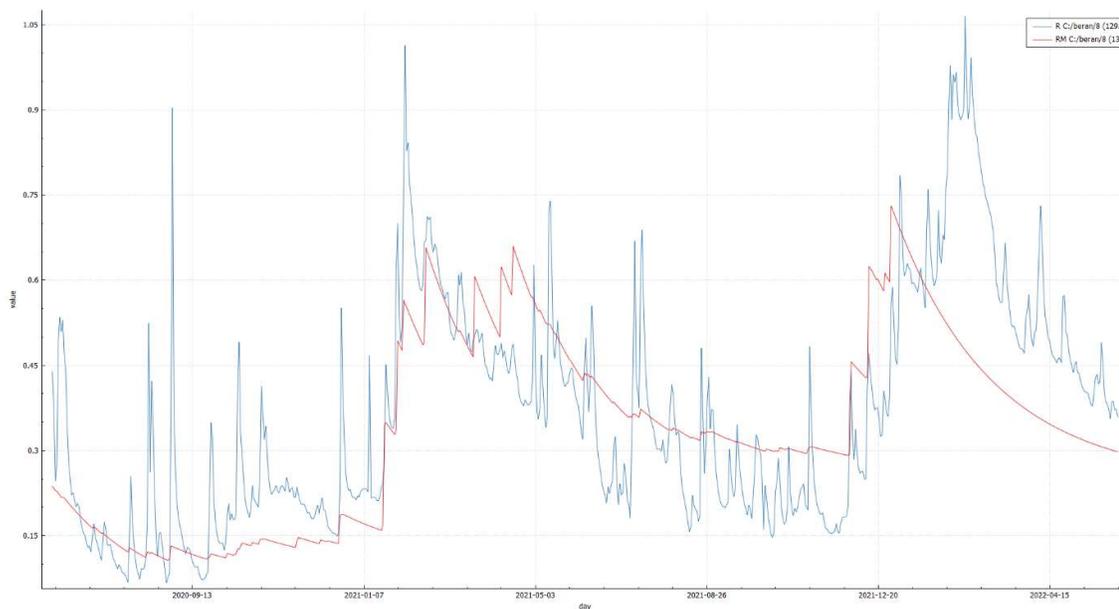
Ergebnisse

Die Ergebnisse der einzelnen Komponenten der Wasserbilanz zeigen, dass die Gesamtniederschlagsmenge betrug in der Interessengebiet auf der tschechischen Seite für den Beobachtungszeitraum 11. 06. 2020 – 31. 05. 2022 809 mm, auf der deutschen Seite betrug sie in den Jahren 2015 bis 2021 764 mm. Der Abfluss aus dem Gewässer reichte von 257 mm bis 345 mm. Die Niederschlagsdifferenz betrug 464 mm bis 507 mm, was der Evaporation entsprach, die im Bereich von 475 bis 500 mm lag. Die Ergebnisse zeigen ein Wasserdefizit im Spätsommer (Monate August bis Oktober), wenn es fast keine Subventionierung des Grundwassers gibt, in diesen Monaten besteht der Gesamtabfluss meist nur aus Basisabfluss. Die Abflüsse nehmen im Winter wieder zu, wenn die Wasserverfügbarkeit mit sinkender Lufttemperatur und steigenden Niederschlagssummen zunimmt. Die Werte der einzelnen Mitglieder der Wasserbilanz sind in den folgenden Tabellen (Tabulka 2 až Tabulka 8) und in den Bildern der Übereinstimmung von modelliertem und beobachtetem Abfluss dargestellt. (Obrázek 27 až Obrázek 33).

Tabulka 2 Zusammenfassung der Wasserbilanz Gewässer von Újezdského potoka

	Srážky	Odtok	Srážky - Odtok	Základní odtok	Evapotranspirace	Dotace podzemní vody	Teplota vzduchu
Měsíc	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°C
11	12.70	16.89	-4.19	1.32	9.50	1.19	2.93

12	45. 00	15. 94	29. 06	1.72	4.04	3.26	- 0.03
1	77. 90	22. 70	55. 20	3.94	2.95	22.05	- 2.47
2	56. 10	45. 42	10. 68	11.7 3	3.65	16.75	- 1.19
3	41. 40	38. 88	2.5 2	12.0 1	16.41	9.77	2.08
4	34. 10	31. 30	2.8 0	12.9 7	29.47	14.15	3.45
5	114 .40	34. 03	80. 37	10.4 0	63.93	0.41	8.22
6	115 .60	23. 00	92. 60	6.37	106.46	0.37	17.4 3
7	135 .50	26. 99	108 .51	4.10	98.71	0.00	15.9 5
8	114 .40	21. 53	92. 87	2.76	72.96	1.00	13.8 3
9	30. 30	17. 20	13. 10	1.80	54.45	0.01	13.3 6
10	31. 50	15. 92	15. 58	1.35	22.86	0.71	6.50
Suma/pr ůměr	808 .90	309 .79	499 .11	70.4 7	485.39	69.67	6.67

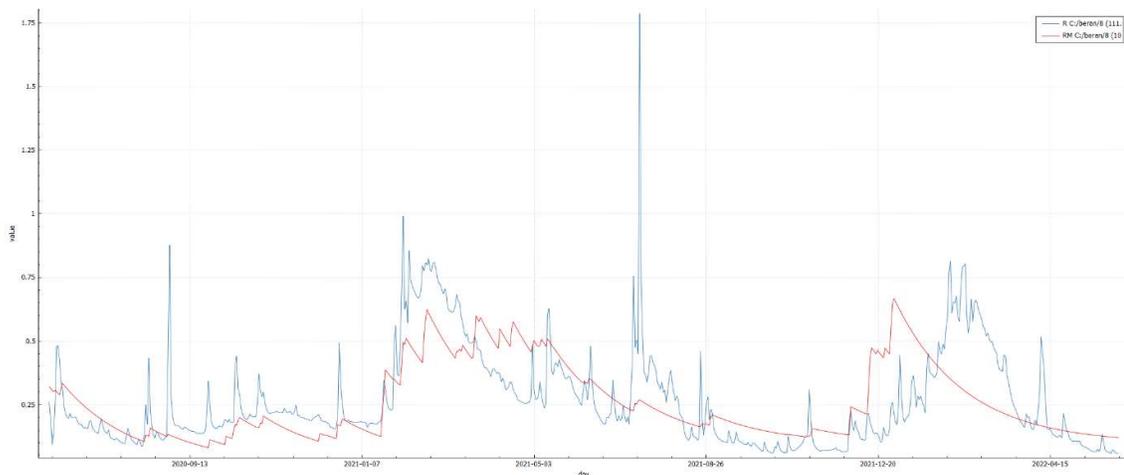


Obrázek 27 Beobachteter (blau) und modellierter (rot) Abfluss aus dem Mähringsbach Gewässer Újezdského potoka (11. 6. 2020 – 31. 5. 2022)

Tabulka 3 Zusammenfassung der Wasserbilanz Gewässer von Pekelského potoka

	Srážky	Odtok	Srážky -	Základní	Evapotranspirace	Dotace podze	Teplota
--	--------	-------	-------------	----------	------------------	-----------------	---------

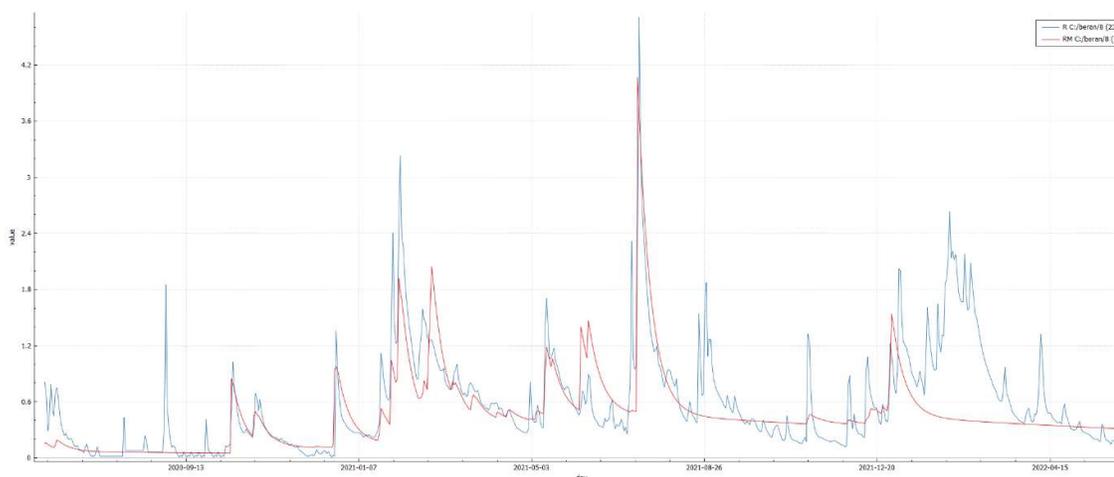
			Odtok	odtok		mní vody	vzduchu
Měsíc	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°C
11	12.70	14.08	-1.38	4.07	9.50	1.58	2.93
12	45.00	18.18	26.82	3.49	4.04	5.53	-0.03
1	77.90	20.46	57.44	5.62	2.95	12.56	-2.47
2	56.10	58.66	-2.56	12.4	3.65	20.98	-1.19
3	41.40	50.98	-9.58	13.5	16.41	14.65	2.08
4	34.10	28.04	6.06	13.7	29.47	9.47	3.45
5	114.40	32.64	81.76	12.0	63.93	6.88	8.22
6	115.60	21.84	93.76	7.15	106.46	1.70	17.43
7	135.50	37.19	98.31	4.83	98.71	2.26	15.95
8	114.40	19.21	95.19	2.93	72.96	2.62	13.83
9	30.30	9.40	20.90	2.54	54.45	0.00	13.36
10	31.50	6.95	24.55	1.38	22.86	0.09	6.50
Suma/průměr	808.90	317.62	491.28	83.83	485.39	78.32	6.67



Obrázek 28 Beobachteter (blau) und modellierter (rot) Abfluss aus dem Höllbach Gewässer (11. 6. 2020 – 31. 5. 2022)

Tabulka 4 Zusammenfassung der Wasserbilanz Gewässer von Lužního potoka

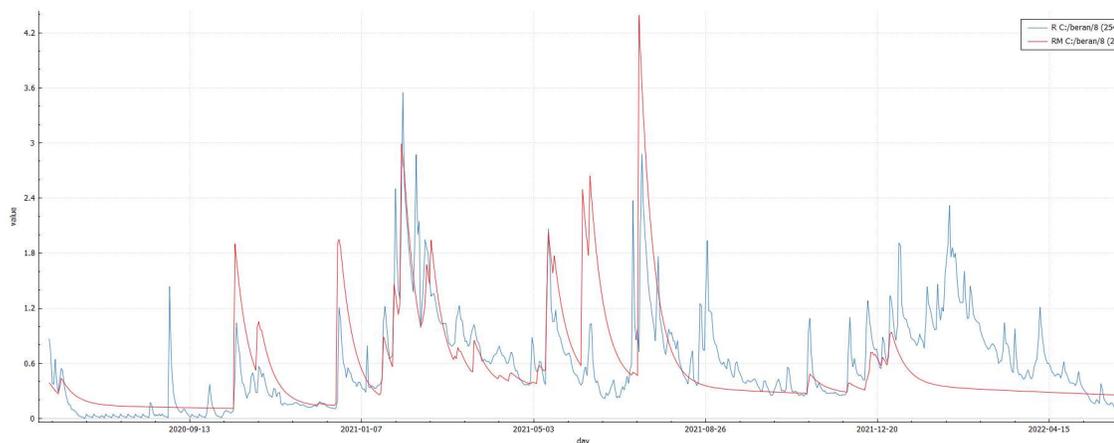
	Srážky	Odtok	Srážky - Odtok	Základní odtok	Evapotranspirace	Dotace podzemní vody	Teplota vzduchu
Měsíc	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°C
11	12.70	13.38	-0.68	3.35	9.50	3.43	2.93
12	45.00	16.96	28.04	3.79	4.04	25.68	-0.03
1	77.90	18.86	59.04	5.07	2.95	21.62	-2.47
2	56.10	39.47	16.63	7.16	3.65	70.95	-1.19
3	41.40	30.95	10.45	11.14	16.41	28.21	2.08
4	34.10	20.96	13.14	11.52	29.47	10.89	3.45
5	114.40	28.50	85.90	13.11	63.93	37.35	8.22
6	115.60	33.47	82.13	13.92	106.46	23.54	17.43
7	135.50	51.03	84.47	14.24	98.71	10.39	15.95
8	114.40	23.96	90.44	13.53	72.96	0.09	13.83
9	30.30	19.29	11.01	12.20	54.45	0.00	13.36
10	31.50	18.75	12.75	11.75	22.86	0.00	6.50
Suma/průměr	808.90	315.58	493.32	120.78	485.39	232.15	6.67



Obrázek 29 Beobachteter (blau) und modellierter (rot) Abfluss aus dem Zinnbachgewässer (11. 6. 2020 – 31. 5. 2022)

Tabulka 5 Zusammenfassung der Wasserbilanz Gewässer von Rokytnice

	Srážky	Odtok	Srážky - Odtok	Základní odtok	Evapotranspirace	Dotace podzemní vody	Teplota vzduchu
Měsíc	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°C
11	12.70	13.08	-0.38	4.03	9.50	3.03	2.93
12	45.00	19.89	25.11	4.20	4.04	13.61	-0.03
1	77.90	20.92	56.98	4.93	2.95	22.96	-2.47
2	56.10	50.93	5.17	7.10	5.39	55.42	-1.19
3	41.40	24.99	16.41	9.87	18.30	21.11	2.08
4	34.10	14.94	19.16	10.12	29.46	10.79	3.45
5	114.40	33.57	80.83	11.25	63.92	24.71	8.22
6	115.60	45.08	70.52	11.01	106.38	6.33	17.43
7	135.50	52.48	83.02	10.88	98.64	3.23	15.95
8	114.40	16.95	97.45	10.17	72.88	0.23	13.83
9	30.30	10.31	19.99	9.17	54.42	0.00	13.36
10	31.50	9.71	21.79	8.82	22.84	0.00	6.50
Suma/průměr	808.90	312.84	496.06	101.54	488.72	161.40	6.67

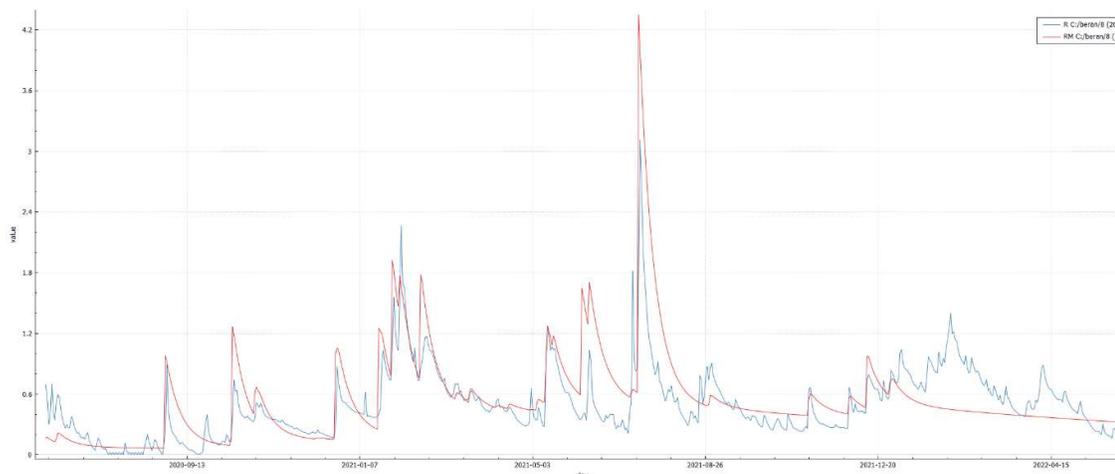


Obrázek 30 Beobachteter (blau) und modellierter (rot) Abfluss aus dem Regnitz Gewässer (11. 6. 2020 – 31. 5. 2022)

Tabulka 6 Zusammenfassung der Wasserbilanz Gewässer von Bystřiny

	Srážky	Odtok	Srážky - Odtok	Základní odtok	Evapotranspirace	Dotace podzemní vody	Teplota vzduchu
Měsíc	m m	m m	m m	mm	mm	mm	°C
11	12. 70	12. 08	0.6 2	4.69	9.43	3.37	2.93
12	45. 00	15. 54	29. 46	5.10	4.04	24.11	- 0.03
1	77. 90	28. 38	49. 52	6.99	2.95	52.32	- 2.47
2	56. 10	45. 42	10. 68	10.7 7	8.36	41.10	- 1.19
3	41. 40	24. 77	16. 63	13.0 2	19.65	20.68	2.08
4	34. 10	18. 63	15. 47	12.9 9	31.05	10.71	3.45
5	114. 40	31. 37	83. 03	14.5 9	63.40	35.16	8.22
6	115. 60	41. 09	74. 51	15.2 6	100.80	20.97	17.4 3
7	135. 50	66. 27	69. 23	15.4 1	93.69	8.48	15.9 5
8	114. 40	26. 30	88. 10	14.3 6	68.15	7.94	13.8 3
9	30. 30	18. 81	11. 49	13.3 7	51.94	0.00	13.3 6
10	31. 50	16. 57	14. 93	12.6 9	21.74	0.00	6.50

Suma/pr ůměr	808 .90	345 .25	463 .65	139. 23	475.18	224.84	6.67
-----------------	------------	------------	------------	------------	--------	--------	------

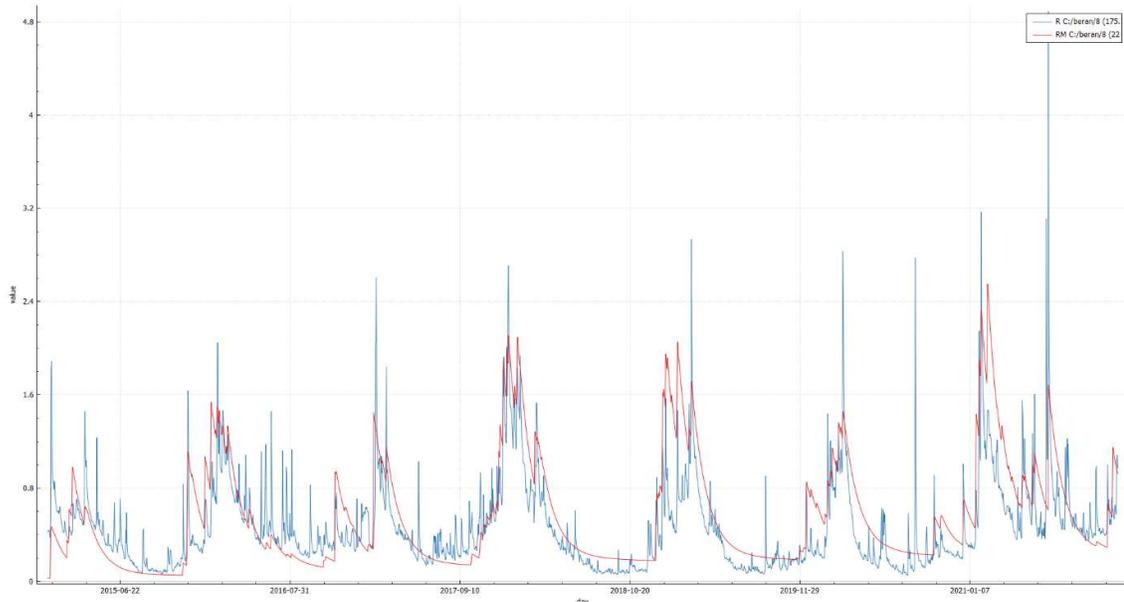


Obrázek 31 Beobachteter (blau) und modellierter (rot) Abfluss aus dem Wolfsbach Gewässer (11. 6. 2020 – 31. 5. 2022)

Tabulka 7 Zusammenfassung der Wasserbilanz Gewässer von Regnitz (Kautendorf)

	Srážky	Odtok	Srážky - Odtok	Základní odtok	Evapotranspirace	Dotace podzemní vody	Teplota vzduchu
Měsíc	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°C
11	49.78	13.07	36.72	4.70	9.48	15.47	3.08
12	60.88	23.54	37.35	5.07	5.01	17.69	0.73
1	71.95	34.35	37.60	5.28	4.03	15.61	-1.68
2	53.32	40.94	12.37	5.04	8.14	20.49	-0.16
3	56.48	39.58	16.90	5.85	21.00	25.96	2.65
4	31.38	24.68	6.70	5.76	43.95	2.60	7.35
5	65.77	17.64	48.13	5.93	69.76	5.25	11.03
6	87.58	14.87	72.72	5.74	94.65	6.22	16.60
7	83.45	14.80	68.65	5.88	86.07	1.21	16.99
8	83.52	12.55	70.96	5.80	71.49	0.80	16.76
9	56.83	10.08	46.76	5.52	45.93	0.00	12.91
10	62.85	10.78	52.07	5.68	24.22	12.15	7.73

Suma/pr ůměr	763 .80	256 .88	506 .92	66.2 3	483.73	123.4 4	7.83

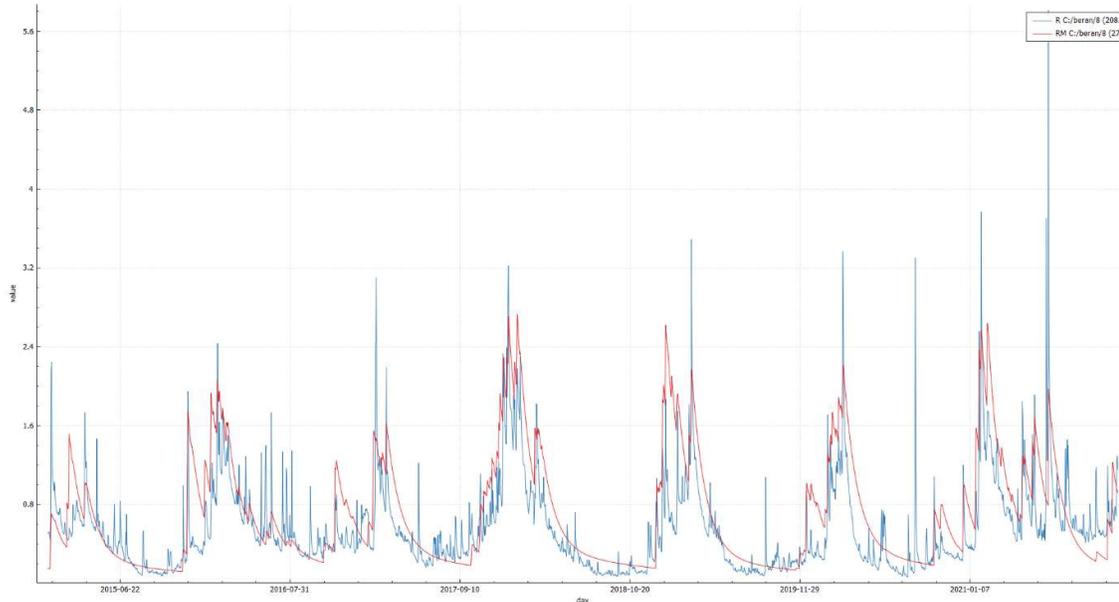


Obrázek 32 Beobachteter (blau) und modellierter (rot) Abfluss aus dem Regnitz Gewässer (Kautendorf) (1. 1. 2015 – 31. 12. 2021)

Tabulka 8 Zusammenfassung der Wasserbilanz Gewässer von Hollbach (Rehau)

	Srážky	Odtok	Srážky - Odtok	Základní odtok	Evapotranspirace	Dotace podzemní vody	Teplota vzduchu
Měsíc	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°C
11	49. 78	14. 47	35. 31	5.64	9.53	10.76	3.08
12	60. 88	27. 60	33. 28	6.38	5.04	12.64	0.73
1	71. 95	39. 67	32. 28	6.94	4.12	10.89	- 1.68
2	53. 32	45. 67	7.6 4	6.94	8.26	16.26	- 0.16
3	56. 48	44. 70	11. 78	8.58	21.11	17.77	2.65
4	31. 38	26. 70	4.6 8	8.26	43.96	2.38	7.35
5	65. 77	18. 41	47. 36	8.08	69.78	2.86	11.0 3
6	87. 58	15. 95	71. 63	7.37	94.69	2.88	16.6 0
7	83. 45	14. 45	69. 00	7.08	86.13	1.04	16.9 9

8	83. 52	10. 82	72. 70	6.55	71.54	0.61	16.7 6
9	56. 83	7.4 1	49. 43	5.79	45.94	0.00	12.9 1
10	62. 85	8.9 9	53. 86	5.69	24.22	7.94	7.73
Suma/pr ůměr	763 .80	274 .83	488 .97	83.3 0	484.32	86.02	7.83

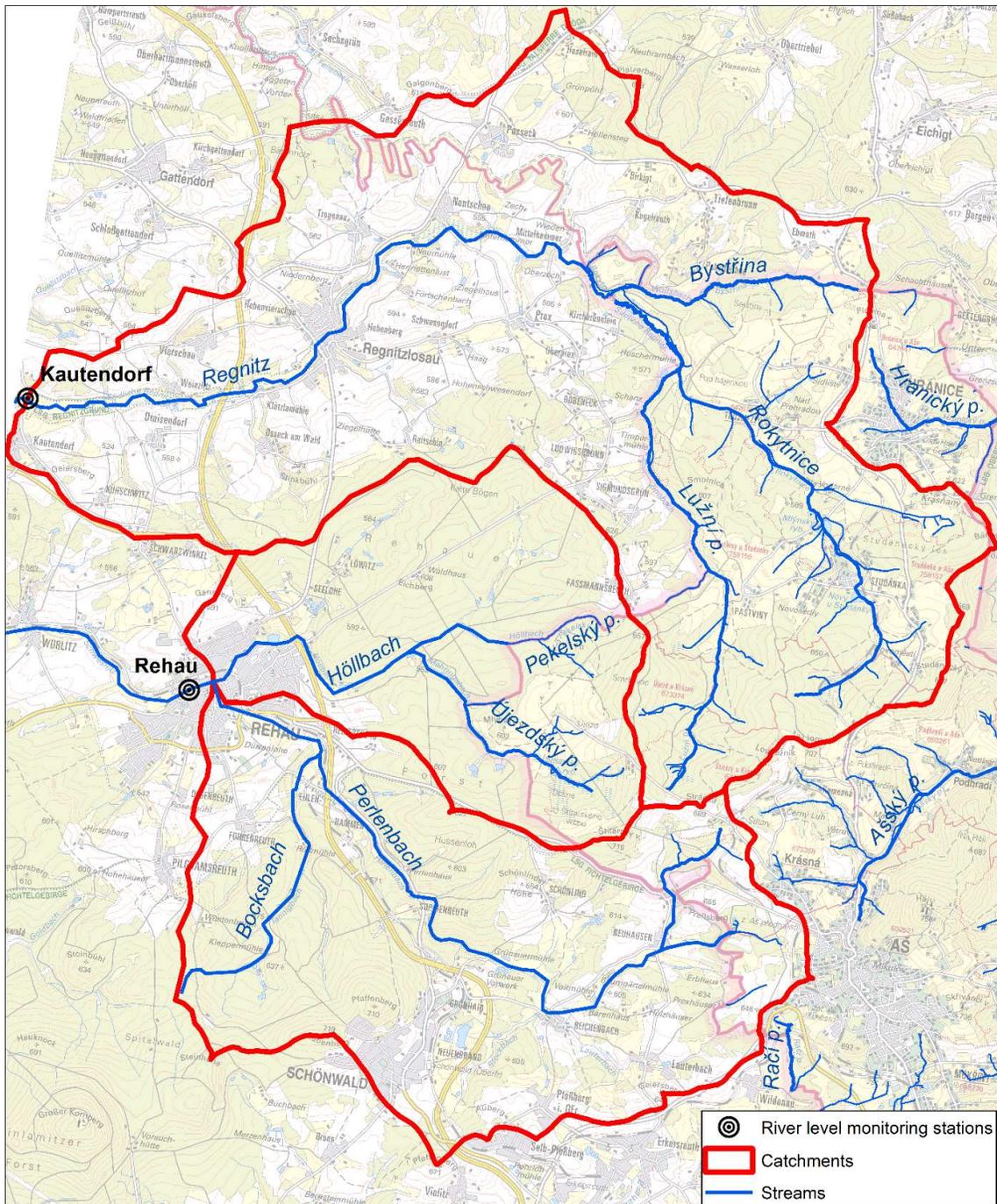


Obrázek 33 Beobachteter (blau) und modellierter (rot) Abfluss aus dem Hollbach Gewässer (Rehau) (1. 1. 2015 – 31. 12. 2021)

Änderungen der hydrologischen Größen in perspektivischen Zeithorizonten

Interessengebiet

Das Interessengebiet für Modellierung der Änderungen von Komponenten der Wasserbilanz aufgrund des Klimawandels umfasst das gesamte Interessengebiet der tschechischen und bayerischen Gewässer, wie auf der folgenden Karte dargestellt ist (Obrázek 34).



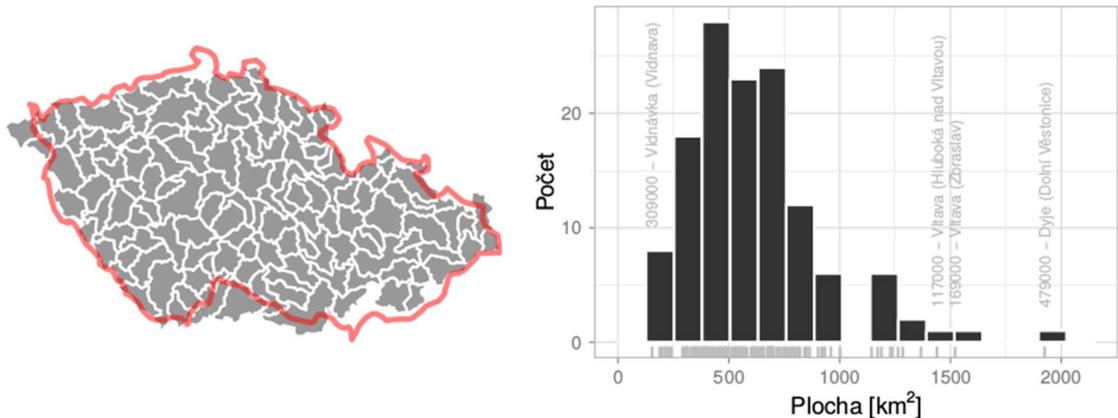
Obrázek 34 Zájmové území pro modelování změn členů hydrologické bilance

Daten und Methoden

Zur Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels wurden mehrere Daten verwendet, die im Folgenden beschrieben werden. Für die Erstellung eines hydrologischen Modells in ausgewählten Einzugsgebieten waren es die beobachteten Daten. Dies wurde auch bei der Erstellung von Klimawandelszenarien angewendet, die auf Simulationen basierten, die im Rahmen der ENSEMBLES-Projekte durchgeführt wurden.

Beobachtete Daten und gewählte Gewässer - Einzugsgebiete

Um die Veränderungen im Wasserbilanz zu bewerten, wurden 130 Gewässer und Zwischen gewässer ausgewählt, die mehr oder weniger die Tschechische Republik abdecken (Obrázek 35). Die Auswahl orientierte sich an 3. Ordnung - Gewässer. Abhängig von Verfügbarkeit der Beobachtungsreihen wurden die Grenzen einzelner Gewässer und Zwischengewässer so optimiert, dass die interessierenden Einheiten in der gleichen Größenordnung lagen und beobachtete Abflussdaten für die Kalibrierung des hydrologischen Modells von Bilan zur Verfügung standen. Insbesondere bei der Berechnung des Abflusses aus Zwischengewässer, wo der Abfluss aus den Unterschieden Abflüsse einzelner Teileinzugsgebiete abgeleitet wird, war die Datenverfügbarkeit ein erheblicher limitierender Faktor.



Obrázek 35 Eine ausgewählte Gewässergruppe (links) und Flächendiagramm dazu (rechts).

Neben monatlichen Abflussreihen wurden auch monatliche Niederschlags- und Temperaturzeitreihen für den Zeitraum 1961–2010 zur Kalibrierung des hydrologischen Modells Bilan verwendet. Diese Reihen wurden aus Datendatei mit gerastertem (von 25 km × 25 km) Niederschlagen und Temperaturen abgeleitet (Štěpánek et al. 2011). Für einzelne Einzugsgebiete wurde ein durchschnittlicher Niederschlag pro Gewässer durch Interpolation mit Thiessen-Polygonen berechnet, der dann anhand eines Layers mit durchschnittlichem Niederschlag (derselbe Zeitraum, Raster 1 km × 1 km) so korrigiert wurde, damit der durchschnittliche Niederschlag für das Gewässer gleich war. Ähnlich wurde auch die Temperatur korrigiert – die Durchschnittstemperatur des Gewässers in der Gitterschicht wurde basierend auf dem Höhenunterschied korrigiert, der von Gitterschicht und digitalen Geländemodell abgeleitet wurde, während ein Temperaturgradient von 0,65 °C/100 m berücksichtigt wurde. Die gerasterte Datei (im Tagesschritt) wurde auch für die Erstellung von Klimawandelszenarien bei Verwendung der Korrektur systematischer Fehler und der fortgeschrittenen inkrementellen Methode verwendet.

Regionale Klimamodelle aus dem Projekt ENSEMBLES

Das ENSEMBLES-Projekt (Hewitt und Griggs 2004) war ein wichtiges Projekt, das vom EU-FP7-Programm finanziert wurde und an dem Dutzende hauptsächlich europäischer Institutionen teilnahmen. Im Rahmen des Projekts wurden eine Reihe von Simulationen globaler und regionaler Klimamodelle hauptsächlich für Europa, aber auch für Westafrika durchgeführt. Simulationen regionaler Klimamodelle sind sowohl als vierzigjährige Zeitabschnitte, die von der ERA-40-Reanalyse gesteuert werden, als auch von globalen Klimamodellen gesteuerte sogenannte „transiente Simulation für den Zeitraum 1950–2050 oder sogar 1950–2100 verfügbar. Regionale Klimamodelldaten können von <http://ensemblesrt3.dmi.dk/> heruntergeladen werden.

In dieser Arbeit wurden Simulationen verwendet, die durch SRES A1B-Emissionsszenario (andere Emissionsszenarien kommen sehr sporadisch in den ENSEMBLES-Daten vor) gesteuert wurden, die den Zeitraum 1961–2099 mit einer Raster von 25 km × 25 km abdecken. 15 RCM-Simulationen, die

von 4 GCM-Modellen gesteuert wurden, wurden berücksichtigt (Tabelle unten). Die meisten Simulationen wurden mit dem RCA-Modell durchgeführt. HadRM-Simulationen nehmen in dieser Reihe von Modellen eine Sonderstellung ein, da sie drei Mitglieder des sgn. „perturbed physics ensemble“ sind – also des Modells, der durch systematische Änderung der Parameter des HadRM-Modells entstanden ist. Das HadRM_Q0-Modell ist das Modell mit Standardeinstellungen, HadRM_Q3 (HadRM_Q16) ist das Modell mit der niedrigsten (höchsten) Reaktion auf die Strahlung (Collins et al. 2006).

Dieses Modellset umfasst auch Referenz-Klimawandelszenarien, die im Rahmen des Projekts TA02020320 „Unterstützung der langfristigen Planung und Gestaltung von Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Wasserwirtschaft im Kontext des Klimawandels“ identifiziert wurden. Sie wurden gewählt, um die Problematik zu verdeutlichen und die Interpretierbarkeit der Ergebnisse zu vereinfachen. Dies sind ein typisch pessimistisches Szenario, ein typisch optimistisches Szenario und ein neutrales Szenario. Diese Szenarien werden weiter als rSCEN1 (pessimistisch), rSCEN2 (neutral) und rSCEN3 (optimistisch) bezeichnet.

Tabulka 9 Verwendete Simulationen regionaler Klimamodelle

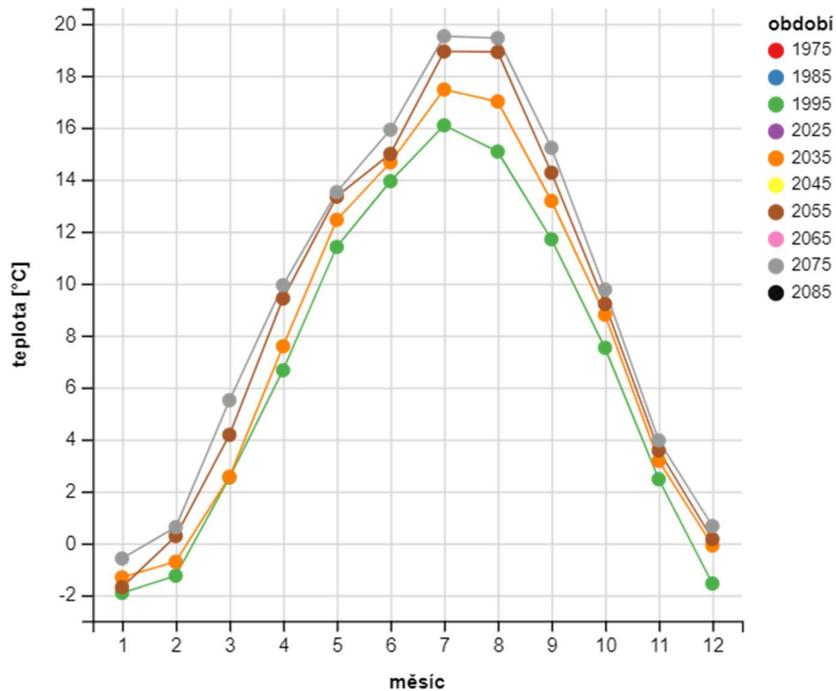
Model	Akronym	Zdroj
řízené modelem ECHAM5		
RACMO	RACMO_EH5	Královský nizozemský meteorologický institut (KNMI)
REMO	REMO_EH5	Max-Planck Institut (MPI), Německo
RCA	RCA_EH5	Švédský hydrometeorologický institut (SMHI)
RegCM	RegCM_EH5	Mezinárodní centrum pro teoretickou fyziku (ICTP), Itálie
HIRHAM	HIR_EH5	Dánský meteorologický institut (DMI)
řízené modelem HadCM3Q0, HadCM3Q3, HadCM3Q16		
HadRM	HadRM_Q0	Hadley Centre, UK
CLM	CLM_Q0	Federální švýcarský technologický institut (ETHZ)
HadRM	HadRM_Q3	Hadley Centre, UK
RCA	RCA_Q3	Švédský hydrometeorologický institut (SMHI)
HadRM	HadRM_Q16	Hadley Centre, UK
RCA	RCA_Q16	Komunitní sdružení pro klimatickou změnu (C4I), Irsko
řízené modelem ARPEGE		
HIRHAM	HIR_ARP	Dánský meteorologický institut (DMI)

Model	Akronym	Zdroj
CNRM-RM	CNRM_ARP	Národní centrum pro meteorologický výzkum (CNRM), Francie
ALADIN-CLIMATE/CZ*	ALA_ARP	CHMI Czech Hydrometeorological Institute Český hydrometeorologický ústav
řízené modelem BCM		
RCA	RCA_BCM	SMHI Swedish Meteorological and Hydrological Institute

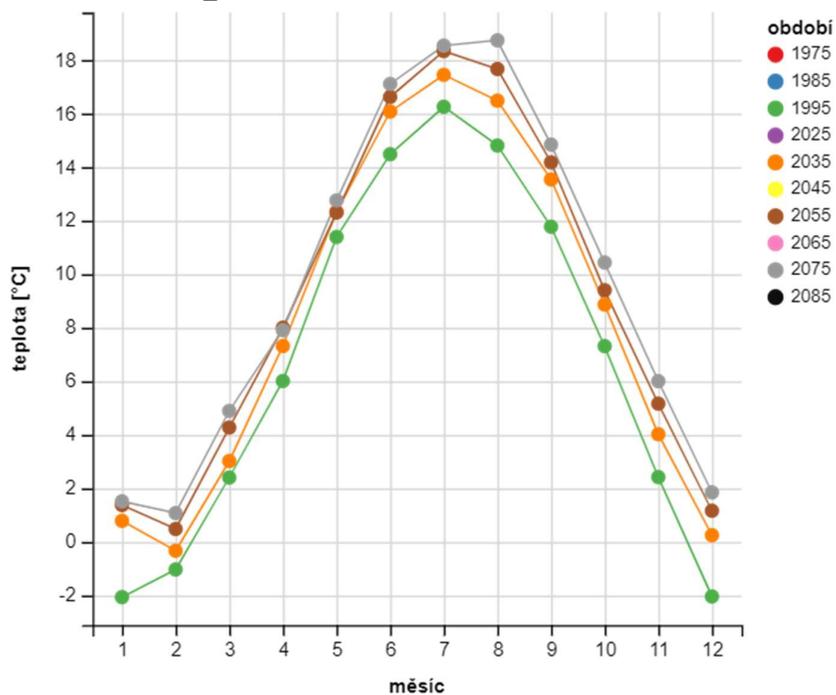
**) Diese Simulation ist im Rahmen des FuE-Vorhabens - Verfeinerung aktueller Abschätzungen zu den Auswirkungen des Klimawandels in den Bereichen Wasserwirtschaft, Land- und Forstwirtschaft und Vorschläge für Anpassungsmaßnahmen entstanden*

Ergebnisse

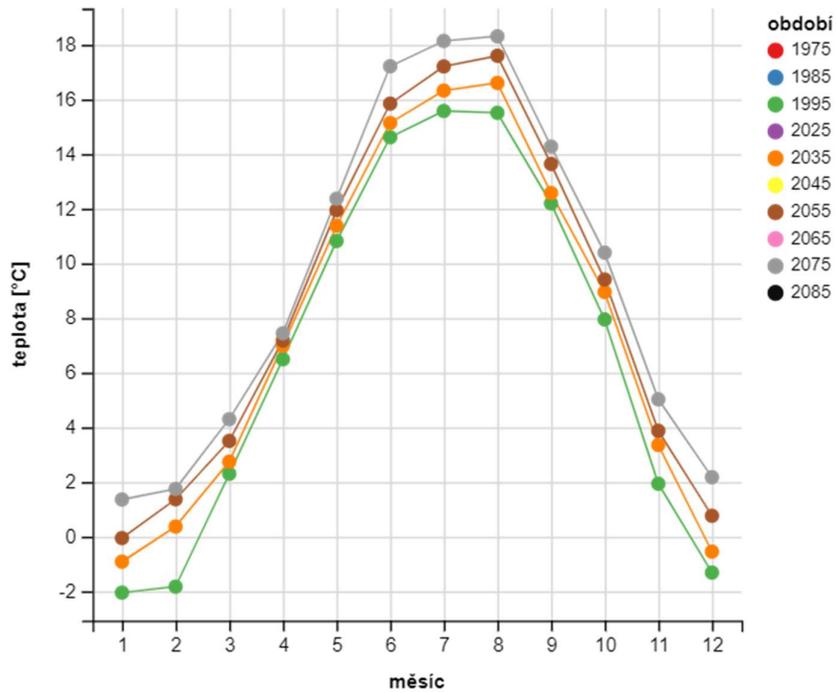
Basierend auf der Bewertung laufender Änderungen und der Schätzung von Änderungen für drei zukünftige Perioden gemäß den Referenzszenarien des Klimawandels und basierend auf einer Reihe von Simulationen regionaler Klimamodelle kann Folgendes festgestellt werden. Im Allgemeinen sind die beobachteten Änderungen statistisch eher nicht signifikant, mit Ausnahme des Temperaturanstiegs (nach dem pessimistischen Szenario könnte die Lufttemperatur in den Sommermonaten im fernsten Zeithorizont (2051-2090) um fast 4°C steigen), die Zunahme der Frühlings- und Jahresevapotranspiration (in den Sommermonaten meist modellierte Reduktion aufgrund der Nichtverfügbarkeit von Wasser zur Verdunstung), die Erhöhung des Gesamtabflusses im Winter und die Verringerung des Wasserbestandes im Boden im Frühjahr. Für den Zeithorizont 2021-2050 sind die projektierten Veränderungen often statistisch nicht signifikant. Bei Einzelsimulationen treten relativ häufig statistisch signifikante Änderungen auf. Für den weiter entfernten Zeithorizont 2051-2090 sind Änderungen im gesamten Modellsatz oft statistisch signifikant, insbesondere in einzelnen Jahreszeiten. Im Gegenteil, Veränderungen in der Jahresbilanz sind oft ungewiss. Zu den robusten Veränderungen zählt man insbesondere: eine Temperaturerhöhung in allen Jahreszeiten; eine Niederschlagezunahme im Winter und eine Abnahme der Sommerniederschläge; eine Zunahme der Frühjahrs- und Winterevapotranspiration; eine Abnahme des Wasserbestandes im Boden im Sommer, in der Jahresbilanz und teilweise im Frühjahr. Aus Sicht der Jahresbilanz sind die Veränderungen von Niederschlag, Gesamt- und basisabfluss sehr unsicher. Änderungen von Temperatur, Niederschlag, Evapotranspiration und Abfluss von dem Interessengebiet zwischen dem Beobachtungszeitraum (1981-2010) und den voraussichtlichen Zeithorizonten 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) und 2075 (2051-2090) gemäß drei Referenz-Klimawandelszenarien sind in den Abbildungen unten dargestellt. Modellierte Änderungen des Wasserregimes in zukünftigen Zeithorizonten sind in den folgenden Grafiken dargestellt (Obrázek 36 až Obrázek 46).



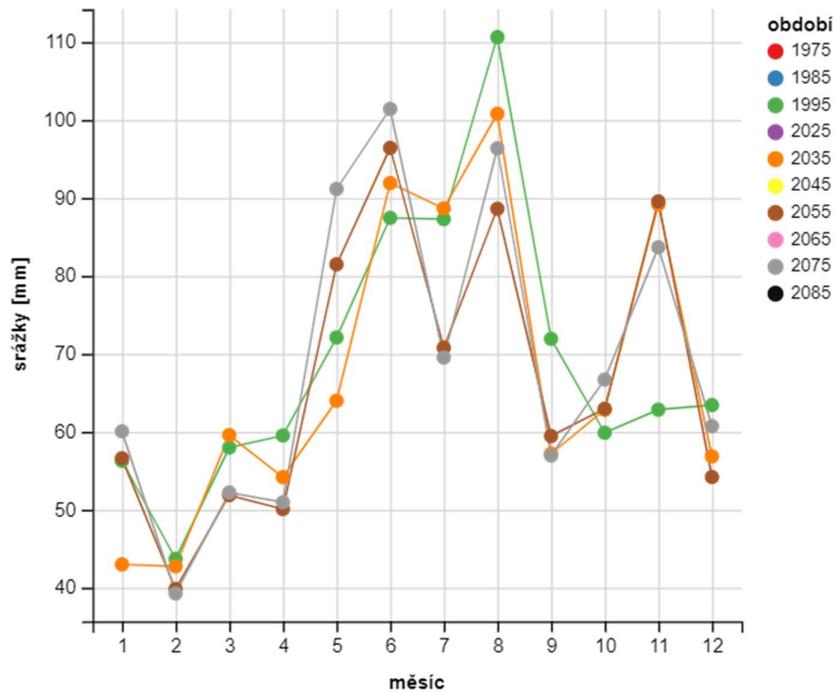
Obrázek 36 Durchschnittliche monatliche Lufttemperaturen. Gegenwart 1995 (1981-2010) und zukunftsweisende Zeithorizonte 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) und 2075 (2051-2090). Klimaszenario ALA_arp-rScen1.



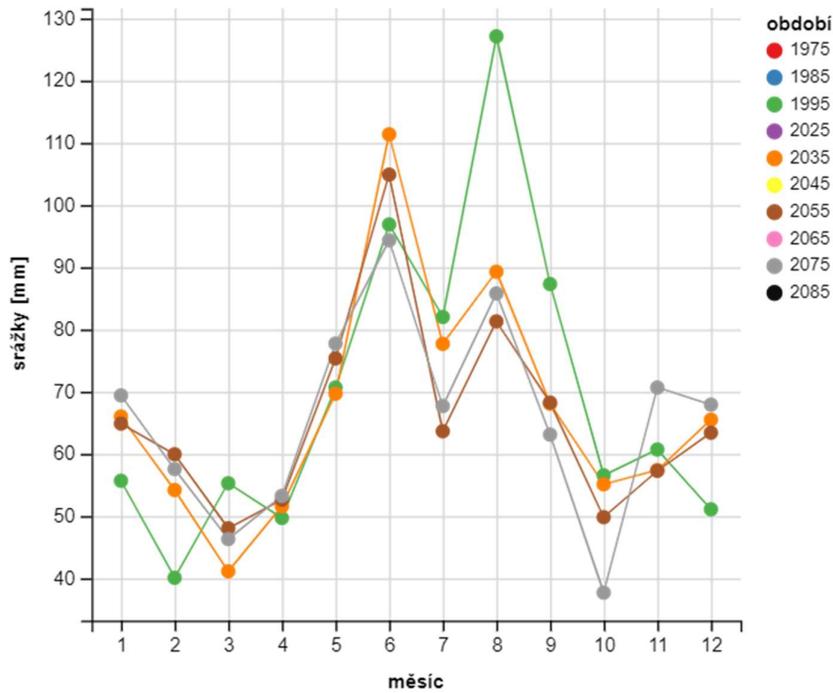
Obrázek Durchschnittliche monatliche Lufttemperaturen. Gegenwart 1995 (1981-2010) und zukunftsweisende Zeithorizonte 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) und 2075 (2051-2090). Klimaszenario CLM_q0-rScen2.



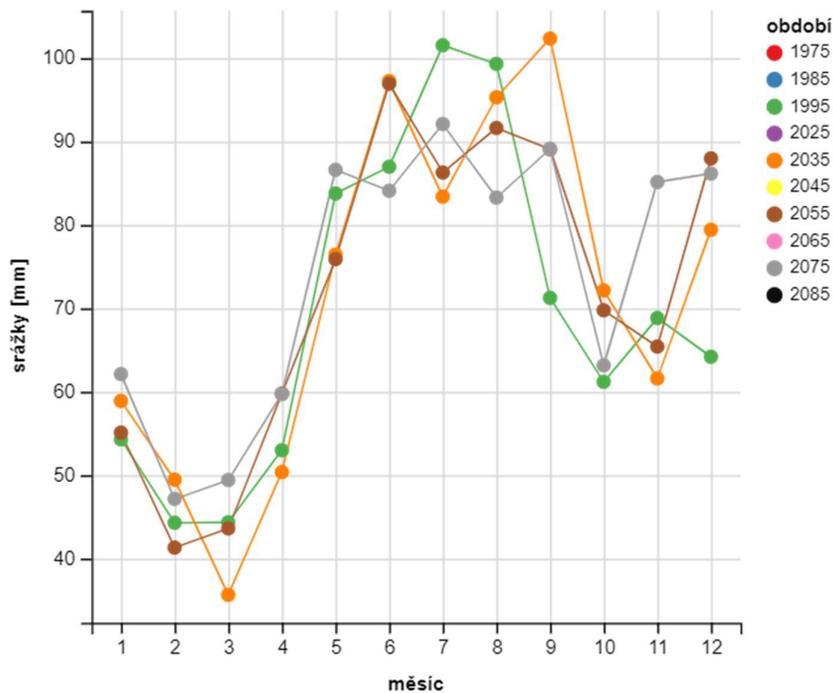
Obrázek 37 Durchschnittliche monatliche Lufttemperaturen. Gegenwart 1995 (1981-2010) und zukunftsweisende Zeithorizonte 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) und 2075 (2051-2090). Klimaszenario REMO_EH5-rScen3.



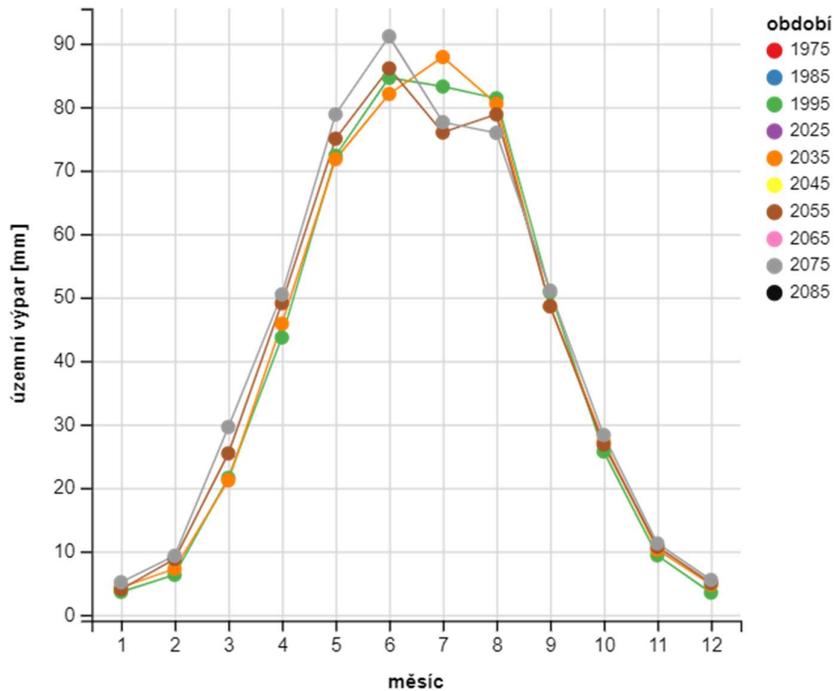
Obrázek 38 Durchschnittliche monatliche Lufttemperaturen. Gegenwart 1995 (1981-2010) und zukunftsweisende Zeithorizonte 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) und 2075 (2051-2090). Klimaszenario ALA_ARP-rScen1.



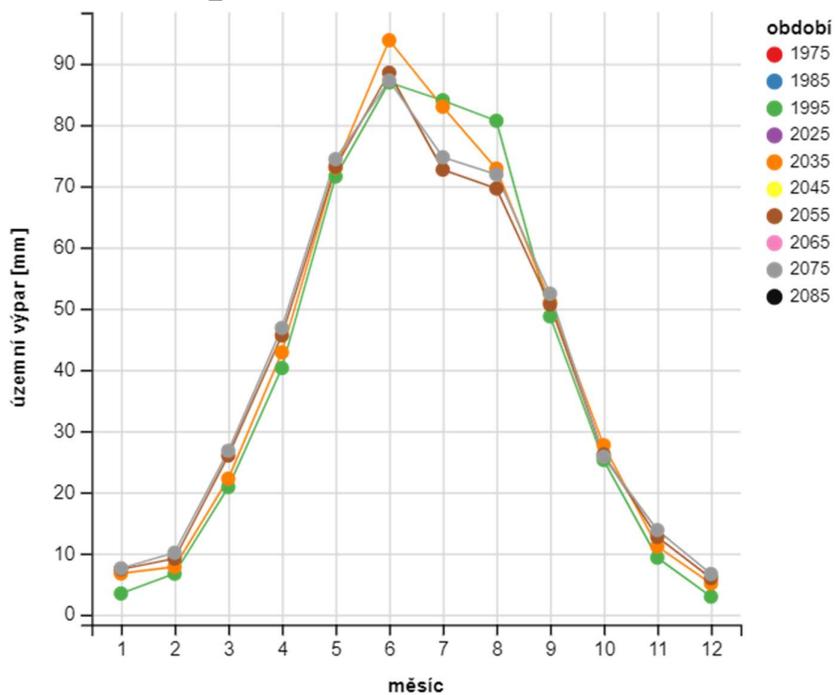
Obrázek 39 Durchschnittliche Niederschlagsmenge. Gegenwart 1995 (1981-2010) und zukunftsweisende Zeithorizonte 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) und 2075 (2051-2090). Klimaszenario CLM_Q0-rScen2.



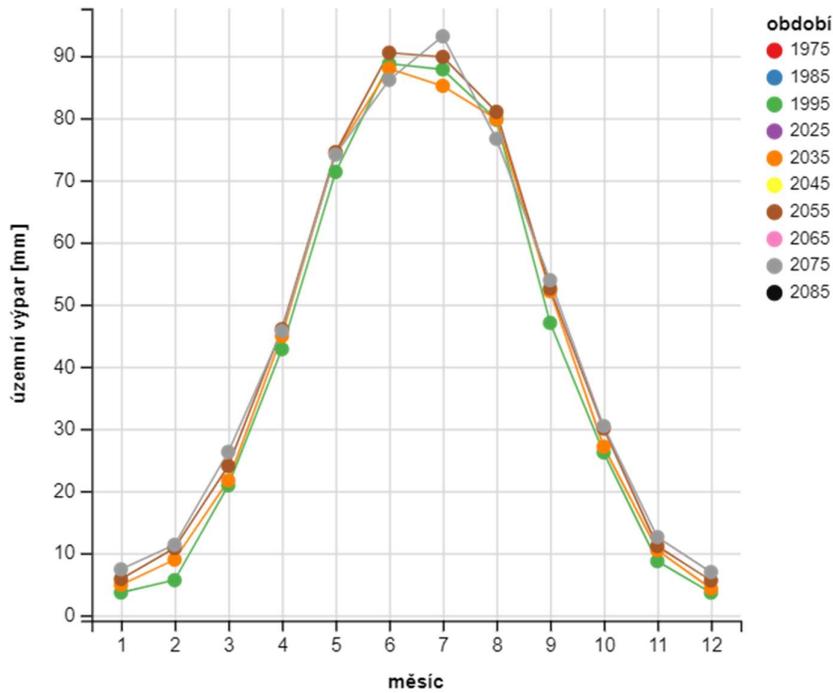
Obrázek 40 Durchschnittliche monatliche Lufttemperaturen. Gegenwart 1995 (1981-2010) und zukunftsweisende Zeithorizonte 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) und 2075 (2051-2090). Klimaszenario REMO_EH5-rScen3.



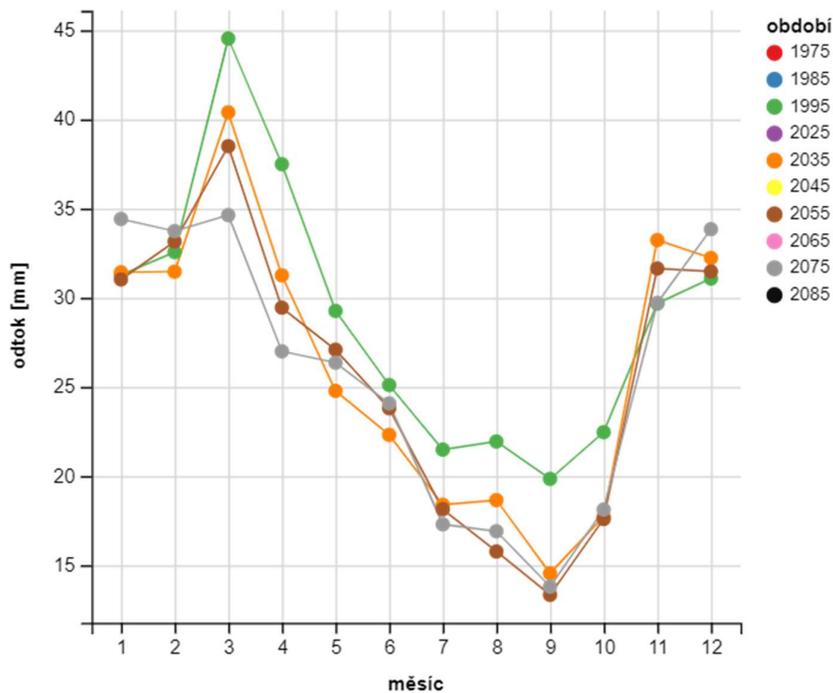
Obrázek 41 Durchschnittliche Evapotranspiration. Gegenwart 1995 (1981-2010) und zukunftsweisende Zeithorizonte 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) und 2075 (2051-2090). Klimaszenario ALA_ARP-rScen1.



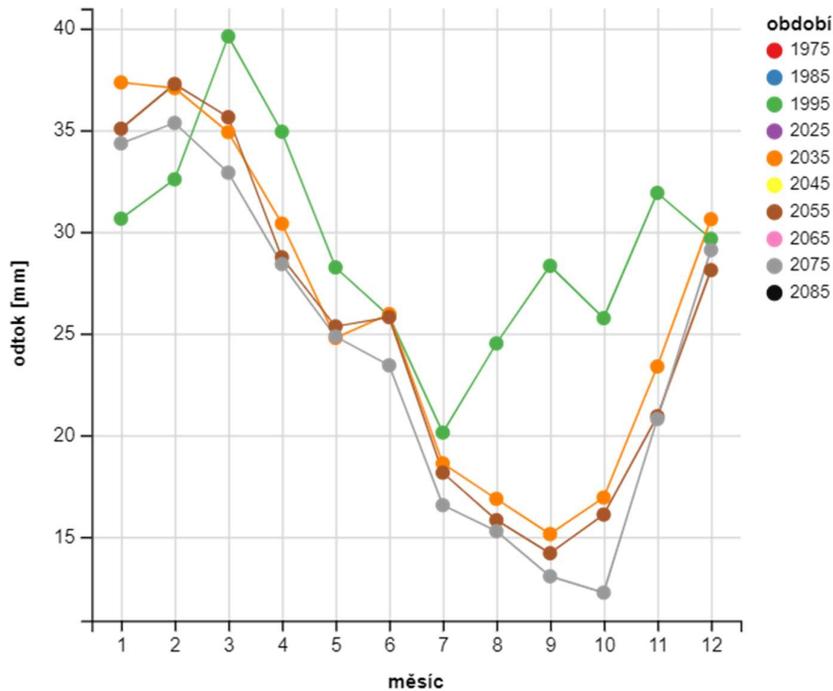
Obrázek 42 Durchschnittliche Evapotranspiration. Gegenwart 1995 (1981-2010) und zukunftsweisende Zeithorizonte 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) und 2075 (2051-2090). Klimaszenario CLM_Q0-rScen2.



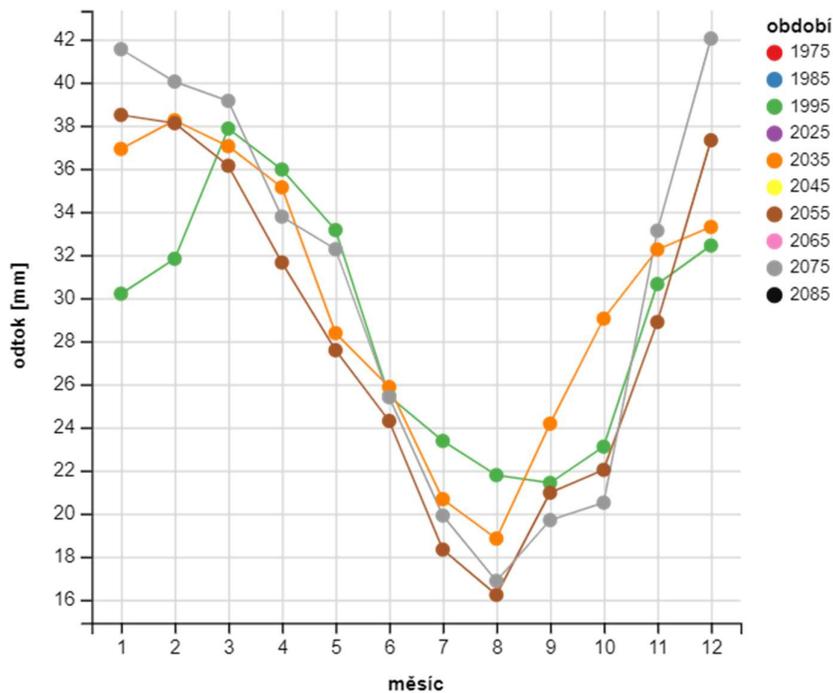
Obrázek 43 Durchschnittliche Evapotranspiration. Gegenwart 1995 (1981-2010) und zukunftsweisende Zeithorizonte 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) und 2075 (2051-2090). Klimaszenario REMO_EH5-rScen3.



Obrázek 44 Durchschnittlicher Abfluss aus dem Gebiet. Gegenwart 1995 (1981-2010) und zukunftsweisende Zeithorizonte 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) und 2075 (2051-2090). Klimaszenario ALA_ARP-rScen1.



Obrázek 45 Durchschnittlicher Abfluss aus dem Gebiet. Gegenwart 1995 (1981-2010) und zukunftsweisende Zeithorizonte 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) und 2075 (2051-2090). Klimaszenario CLM_Q0-rScen2.



Obrázek 46 Durchschnittlicher Abfluss aus dem Gebiet. Gegenwart 1995 (1981-2010) und zukunftsweisende Zeithorizonte 2035 (2021-2050), 2055 (2041-2070) und 2075 (2051-2090). Klimaszenario REMO_EH5-rScen3.

Vorschläge für Anpassungsmaßnahmen

Schonungslose Eingriffe in den Wasserregime beeinträchtigen den Wasserabfluss aus dem Gewässer erheblich. Dies sind vor allem landwirtschaftliche Bewirtschaftungsweisen und Bodenentwässerung, Regulierung von Wasserläufen, unsachgemäß gestaltete Hochwasserschutzmaßnahmen oder nicht zuletzt der Einfluss der Landausnutzung (undurchlässige Flächen, Gebäude mit Dachentwässerung etc.). Neben anthropogenen Einflüssen hat die Natur derzeit mit den Auswirkungen des Klimawandels zu kämpfen, der sich vor allem in einer Erhöhung der Lufttemperatur mit anschließender erhöhter Evapotranspiration von Wasser und damit einer Verringerung des Abflusses und der Subventionierung von Boden und Grundwasser äußert. Dieses Phänomen verursacht ein erhöhtes Risiko für längere Trockenperioden

Um die negativen Auswirkungen anthropogener Einflüsse und die Auswirkungen des Klimawandels auf den Gesamtzustand der Gewässer zu vermeiden, ist eine höhere Wasserrückhaltung in der Landschaft erforderlich. Verschiedenste Formen der Erhöhung des Wasserrückhalts in der Landschaft sind fester Bestandteil von Anpassungsmaßnahmen zur Begrenzung der negativen Auswirkungen des Klimawandels. Umfassende Maßnahmen sollten auch solche Maßnahmen in der Landnutzung umfassen, die den beschleunigten Abfluss von Wasser aus der Landschaft direkt verhindern würden. Zu den Mitteln des Wasserrückhalts in der Landschaft zählen naturnahe Maßnahmen, die durch die Zunahme der Wasserinfiltration in der Aue den Wasserabfluss aus dem Gewässer lokal verlangsamen und damit die unterirdischen Ressourcen stärken können. Ein weiterer Vorteil kann eine Erhöhung der Luftfeuchtigkeit in unmittelbarer Nähe von neu angelegten Wasserreservoirs sein, was sich positiv auf das benachbarte Ökosystem auswirkt.

Revitalisierung der begradigten Wasserläufe

Auflockerung des ehemals begradigten und gepflasterten Wasserlaufs (Rokytnice) in die Landschaft durch den Bau von Wasserkomponente. Die Schaffung von Mäandern wird den Weg des Wasserflusses verlängern, den Abfluss erheblich verlangsamen und dadurch die Abflusszeit des Oberflächenwassers verlängern, wodurch geeignetere Bedingungen für das Versickern von Wasser in den Boden geschaffen werden. Wasser aus unterirdischen Quellen subventioniert den Oberflächenabfluss durch den sgn. Basisabfluss In den niederschlagsarmen Sommermonaten ist der Basisabfluss oft die einzige Komponente des Oberflächenabflusses. Je höher die Grundwassermenge zur Subventionierung des Oberflächenabflusses ist, desto widerstandsfähiger ist der Wasserlauf gegen Austrocknung. Die Anlage von Teichen und Trümpel ist eine geeignete Ergänzung, um den Wasserlauf in die Landschaft freizustellen. Einerseits unterstützen sie die vVersickerung von Wasser und verbessern zudem das Mikroklima, indem sie die Verdunstung in die Luft erhöhen. Ein nicht vernachlässigbares Nutzen der Gewässerrevitalisierung ist die Verbesserung der ökologischen Bedingungen für Flora und Fauna.

Unten zeigen die Karten den Verlauf von Rokytnice/Regnitz auf tschechischem Gebiet und vor der Gemeinde Kautendorf (Obrázek 47, Obrázek 48), und dann ein Beispiel für das gepflasterte Flussbett von Rokytnice/Regnitz in der Nähe von Gemedede Hranice (Obrázek 49).



Obrázek 47 Vedení Rokytnice jižně od obce Hranice



Obrázek 48 Porovnání s meandry řeky Regnitz (Rokytnice) před obcí Kautendorf



Obrázek 49 Vydlážděné koryto Rokytnice v úseku před křížením se železnici, jižně od obce Hranice

Anhand Monitorings des Einflusses von Anwendung naturnaher Maßnahmen auf den hydrologischen Regime des Einzugsgebiets wurde festgestellt, dass die Auflockerung des Wasserflusses in der Aue und der Bau begleitender Wasserkomponente (ein Beispiel der Umsetzung unten , Obrázek 50), wie z. B. Tümpel, können den Oberflächenabfluss aus Gewässer erheblich verlangsamen. Wasser von Niederschlagsperioden, das schnell und nutzlos durch die begradigte Rinne abfließt, wird im revitalisierten Abschnitt gebremst und der Anteil des Oberflächenabflusses sinkt auf Kosten der Stärkung der unterirdischen Wasserreserven und der Erhöhung der Luftfeuchtigkeit in der Umgebung durch erhöhte Verdunstung von Wasserflächen und begleitende aquatische Vegetation. Mit dieser Maßnahme ist es möglich, den Gesamtabfluss aus dem Gewässer um bis zu die Hälfte zu reduzieren, was von der Länge der revitalisierten Strecke und der Menge der Begleitwasserflächen abhängt.



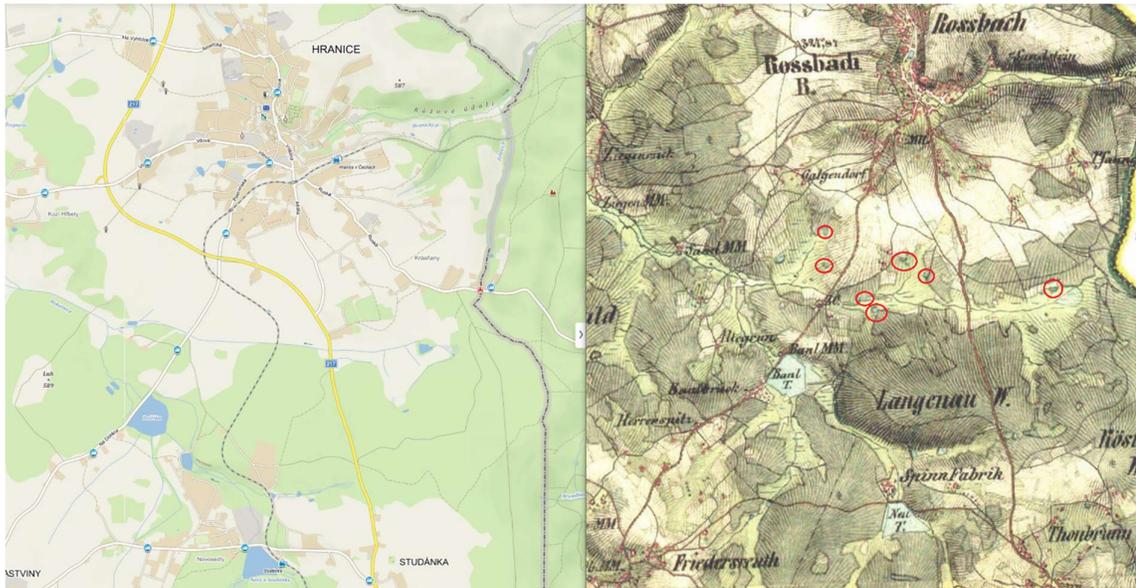
Obrázek 50 Ukázka revitalizace dříve narovnaného úseku vodního toku Teplice na jižní Moravě. Vlevo původní stav, vpravo po revitalizaci

Bau der kleinen Wasserreservoirs

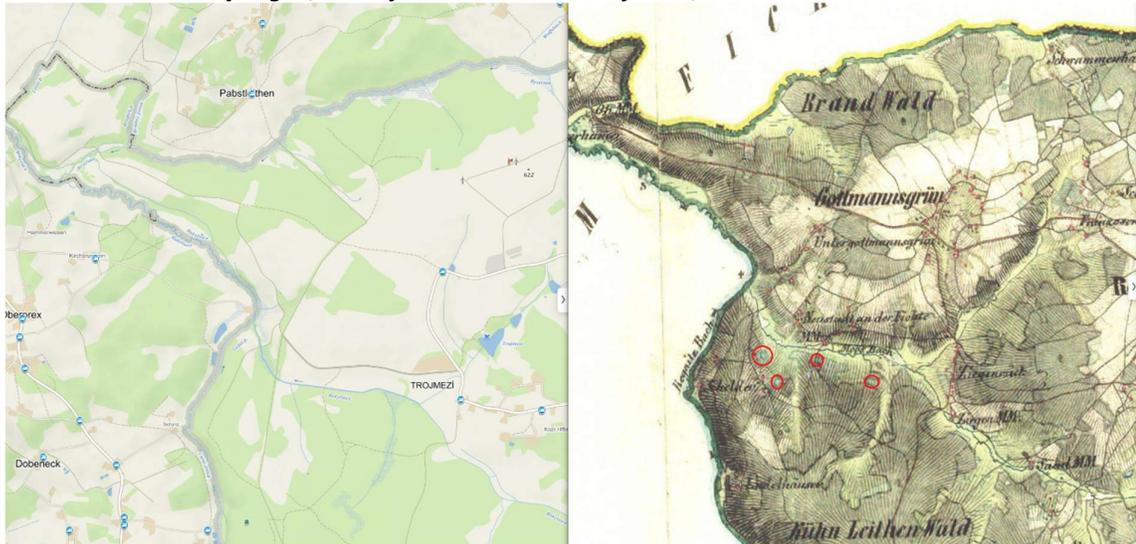
In der Vergangenheit waren kleine Wasserreservoirs typisch für die Aš-Region – Teiche, die als Wasserreservoir für die Bewässerung, Fischzucht und als Wasserquelle für Nutztiere dienten. Dieses Wasser diente in Zeiten geringer Abflüsse in den örtlichen Wasserläufen als Reserve. Die Bilder unten (Obrázek 52 až Obrázek 54) zeigen einen Vergleich des Vorkommens von Teichen auf dem Gebiet im 19. Jahrhundert und heute. Auf der historischen Karte sind die verschwundenen Teiche mit einem roten Kreis markiert in dem Gewässer von Rokytnice/Regnitz sind zwei Gebiete dargestellt, und zwar südlich der Gemeinde Hranice (Rossbach) und westlich vor der Einmündung in Lužní potok. Der dritte Vergleich ist größtenteils das Gebiet von Lužní potok / Zinnbach südlich von Pastviny. Wie aus der Karte ersichtlich ist, sind an diesen drei Orten 23 Teiche verschwunden gegangen. Bei der Wiederherstellung dieser Teiche (ein Teich mit ungefähr den Abmessungen der damaligen Zeit, einer Fläche von 0,5 ha mit einer Tiefe von 1,5 m) könnten mehr als 170.000 m³ Wasser zurückgehalten werden.

Aus hydrologischer Sicht würde der Oberflächenabfluss vom Standort verlangsamt werden. Die Ansammlung von Wasser in kleinen Wasserreservoirs hat viele positive Effekte. Einerseits kann es zu einer Zunahme der Wasserinfiltration und damit zur Subventionierung unterirdischer Ressourcen kommen, bei Manipulationen am Damm würde eine Verstärkung des Wasserstromes in der Trockenzeit möglich. Nicht zuletzt ist Beeinflussung des Mikroklimas in der Nähe von Wasser durch Erhöhung der Verdunstung und Luftfeuchtigkeit möglich.

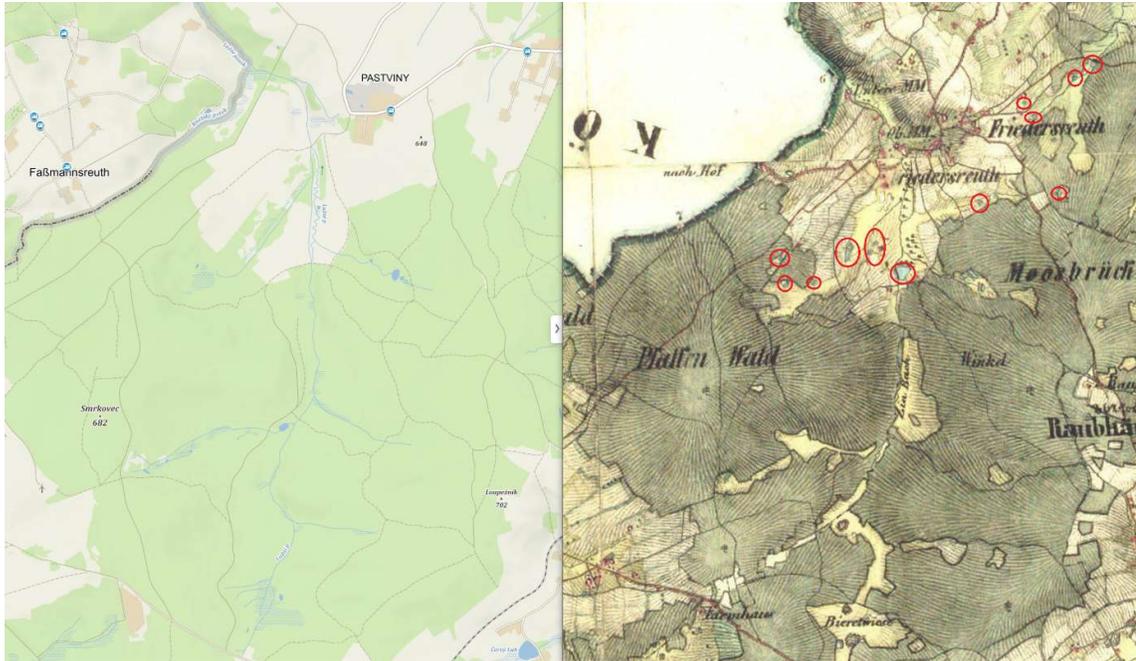
Einzelfälle der Wiederherstellung kleiner Wasserreservoirs unterliegen einem Genehmigungsverfahren bei den Wasserbehörden, wobei insbesondere die Eigentumsrechte an den betroffenen Grundstücken entscheidend sind.



Obrázek 51 Lage der verschwundenen kleinen Wasserreservoirs (Teiche) auf einer Karte aus dem 19. Jahrhundert. Diejenigen, die auf der aktuellen Karte fehlen, sind im roten Kreis



Obrázek 52 Lage der verschwundenen kleinen Wasserreservoirs (Teiche) auf einer Karte aus dem 19. Jahrhundert. Diejenigen, die auf der aktuellen Karte fehlen, sind im roten Kreis



Obrázek 53 Lage der verschwundenen kleinen Wasserreservoirs (Teiche) auf einer Karte aus dem 19. Jahrhundert. Diejenigen, die auf der aktuellen Karte fehlen, sind im roten Kreis

Zusammenfassung

Das gesamte Wasserregime im Interessengebiet von Ašska wurde auf drei Ebenen bewertet, nämlich hydrologische Forschung, hydrogeologische Forschung und separate Forschung von Quellgebieten. Aufgrund des direkten Monitorings befasste sich die hydrologische Forschung mit dem Wassergehalt von Oberflächengewässer, der Modellierung des gesamten hydrologischen Bilanz und Zukunftsperspektiven für Veränderungen einzelner Mitglieder der hydrologischen Bilanz. Die hydrogeologische Untersuchung kartierte Grundwasserentnahmen auf der Lokalität und deren Auswirkung auf die Wasserverfügbarkeit. Eine separate Untersuchung zur Kartierung von Quellen wurde durchgeführt, um Veränderungen (positiv/negativ) in der Landschaft zu bewerten und günstige Stellen zu identifizieren, die eine Detritusquelle für die wertvolle Flussperlmuschel darstellen. Gleichzeitig bietet die Forschung des Wasserregimes im Aš-Gebiet Vorschläge zur Verbesserung der Wasserverfügbarkeit in der Region.

Schonungslose Eingriffe in den Wasserregime beeinflussen den Wasserabfluss von dem Gewässer erheblich. Dies sind vor allem landwirtschaftliche Bewirtschaftung und Bodenentwässerung, Regulierung der Flüsse, unsachgemäß gestaltete Hochwasserschutzmaßnahmen oder nicht zuletzt der Einfluss der Landausnutzung (undurchlässige Flächen, Gebäude mit Dachentwässerung etc.). Neben anthropogenen Einflüssen hat die Natur derzeit mit den Auswirkungen des Klimawandels zu kämpfen, der sich vor allem in Erhöhung der Lufttemperatur mit anschließender erhöhter Evapotranspiration von Wasser und damit einer Abflussbegrenzung und der Subventionierung von Boden und Grundwasser äußert. Dieses Phänomen verursacht ein erhöhtes Risiko für längere Trockenperioden

Die Wiederherstellung des gestörten Wasserregimes der Landschaft im Aš-Gebiet, die vor allem seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts von systematischer Entwässerung betroffen war, ist die Frage vieler kleiner Behandlungen, der Renaturierung von Bächen, Quellen, Feuchtgebieten und Teichen sowie der Entfernung oder Verstopfung von Entwässerungen, sowie die Unterstützung spontaner Renaturierungsmechanismen anstelle von einem oder nicht zu viel großem Revitalisierungsbehandlung. Die einzige größere Revitalisierung, die auch für das gesamte Gewässer sehr notwendig ist, ist die umfassende Revitalisierung des Hauptflusses Rokytnice / Regnitz. Auf diese Schlüsselphase kann dann die Revitalisierung von Zuflüssen und die Liquidierung von Entwässerungssystemen folgen, die im Ascherlandchen Quellgebieten keine Berechtigung haben und nicht Nutzen bringen, den ihre Erbauer damals im Kopf hatten. Wir empfehlen dringend, ihre Quellteile in die Revitalisierungsprogramme kleiner Bäche einzubeziehen, die ein großes Potenzial für ERhaltung und Steigerung der Biodiversität sowie Milderung extremer Strömungen in beide Richtungen haben. Wir empfehlen dringend, an den Quellen, die neben einer höheren Artenvielfalt seltenere Arten beherbergen, Feuchtgebiete anstelle von Teichen und Tümpeln zu bevorzugen, da es sich um ein selteneres Biotop in der Landschaft handelt als um Wasserreservoir. Detritus fließt auch aus dem Quellfeuchtgebiet in die Bäche und Flüsse, was Nahrung für den vom Aussterben bedrohten Flussperlmuschel und die gesamte Gemeinschaft der Filtrierer kleiner oligotropher Bäche ist. Jedes fließende Wasserreservoir direkt am Bach unterbricht dieses Kontinuum und wirkt sich somit negativ auf die Nahrungsversorgung der Flussperlmuschel aus. Der Bau von Kleinstaubecken als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel und hydrologische Extremsituationen muss daher mit Bedacht und unter Berücksichtigung des konkreten Standort (Vorschlag) gestaltet werden und auch den Anteil von Staueisen und Feuchtgebieten, wo die Entwässerungsdränagen entfernt sein sollen, sinnvoll ausgleichen.

Auf der Grundlage einer hydrogeologischen Untersuchung des Standorts wurde festgestellt, daß im tschechischen Teil des Interessengebiets die Grundwasserentnahmen größtenteils verstreut und gering sind, ohne nachweisbare Auswirkungen auf die geschützten Biota. Die einzigen

größeren konzentrierten Wasserentnahmen waren die historischen Wasserentnahmen Štítary und Krásná, die derzeit außer Betrieb sind. Bewirtschaftete Grundwasserentnahmen können die hydrologische Situation daher nur unwesentlich und lokal eng beeinflussen, sie stellen keine bedeutsame Risiko für geschützte Organismen dar.

Auf der bayerischen Seite des Interessengebiets sind Grundwasserentnahmen stärker vertreten als auf tschechischem Gebiet. Hier sind 36 Einzugsgebiete mit einer insgesamt durchschnittlich realisierten Entnahme von rund 54 l/s registriert, die erlaubte Entnahme liegt sogar deutlich darüber. Ein Teil des Sammlen hat keine signifikante Wirkung oder wirkt nur sehr lokal. Ein anderer Teil der Einzugsgebiete hat jedoch einen nachweisbaren Einfluss auf das Wasserregime, beispielsweise in den begrenzten Quellgebieten der Bäche. Dort kommt es zu einer Entwässerung des Interessengebiets und insbesondere in der Trockenzeit zu negativen Auswirkungen auf geschützte Organismen (erwähnenswert ist die nachweisbare Austrocknung des Teufelsbaches /Pekelský potok im Grenzgebiet). Um die Situation zu verbessern, wurde ein Rahmenarbeitsverfahren vorgeschlagen, das aus einer detaillierteren Untersuchung der betroffenen sensiblen Gebiete und ihrer eventuellen Wiederbelebung besteht.

Um die negativen Auswirkungen anthropogener Einflüsse und die Auswirkungen des Klimawandels auf den Gesamtzustand der Gewässer zu vermeiden, ist eine höhere Wasserrückhaltung in der Landschaft erforderlich. Verschiedenste Formen der Erhöhung des Wasserrückhalts in der Landschaft sind fester Bestandteil von Anpassungsmaßnahmen zur Begrenzung der negativen Auswirkungen des Klimawandels. Umfassende Maßnahmen sollten auch solche Maßnahmen in der Landnutzung umfassen, die den beschleunigten Abfluss von Wasser aus der Landschaft direkt verhindern würden. Zu den Mitteln des Wasserrückhalts in der Landschaft zählen naturnahe Maßnahmen, die durch die Zunahme der Wasserinfiltration in der Aue den Wasserabfluss aus dem Gewässer lokal verlangsamen und damit die unterirdischen Ressourcen stärken können. Ein weiterer Vorteil kann eine Erhöhung der Luftfeuchtigkeit in unmittelbarer Nähe von neu angelegten Wasserreservoirs sein, was sich positiv auf das benachbarte Ökosystem auswirkt. Im Rahmen der Erforschung des Wasserregimes der Aš-Region wurden naturnahe Maßnahmen vorgeschlagen, wie Revitalisierung der begradigten Wasserläufe auf tschechischem Gebiet und Bau und Wiederherstellung von kleinen Wasserreservoirs (bis zu Teichgröße).

Reference

- AOPK ČR, 2013: Záchranný program perlorodky říční v České republice, AOPK ČR.
- Bílý M. (ed.), 2008: Effects of environmental factors on the freshwater pearl mussel population in the National nature monument Lužní potok (Zinnbach), VÚV TGM, Praha.
- Bufková I, Křenová Z. Obnova vodního režimu rašelinišť a pramenišť, AOPK ČR in prep.
- COLLINS, Matthew, Ben BOOTH, Glen HARRIS, James MURPHY, David SEXTON a Mark WEBB, 2006. Towards quantifying uncertainty in transient climate change. *Climate Dynamics*. B.m.: Springer Berlin / Heidelberg, roč. 27, č. 2, s. 127–147.
- Fučík P., Vymazal J. a Šereš M. 2021: Navrhování umělých mokřadů v návaznosti na zemědělské odvodnění pro zlepšení jakosti vody, Certifikovaná metodika, VÚMOP
- HEWITT, C. D. a D. J. GRIGGS, 2004. Ensembles-based Predictions of Climate Changes and their Impacts. *Eos*. roč. 85, č., s. 566.
- Hruška J. 2004: Vyhodnocení úživnosti detritu z vybraných pramenišť v oblasti NPP Lužní potok s využitím juvenilních perlorodek. Volary.
- Jongepierová I., Pešout P., Jongepier J. W. a Prach K. (eds.), 2012: Ekologická obnova v České republice, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Jongepierová I., Pešout P., Prach K. (eds.), 2018: Ekologická obnova v České republice II., Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Just, T. Matoušek V., Dušek M., Fišer D., Karlík P. a 2005: Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění před povodněmi, ČSOP Hořovicko, Praha.
- Simon O. P., Tichá K., Rambousková K., Bílý M., Černá M., Dort B., Horáčková J., Hruška J., Kladivová V., Švanyga J., Vydrová A, 2018: Metodika podpory perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*), VÚV TGM, Praha.
- Spisar O., 2009: Revitalizační studie v trojstátí Bavorsko-Čechy-Sasko v povodí Lužního potoka a Bystřiny, závěrečná zpráva.
- ŠTĚPÁNEK, P., P. ZAHRADNÍČEK a R. HUTH, 2011. Interpolation techniques used for data quality control and calculation of technical series: an example of a Central European daily time series. *IDŐJÁRÁS - Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. roč. 115, č. 1–2, s. 87–98.
- VIZINA, A., HORÁČEK, S. a HANEL, M. (2015) Nové možnosti modelu Bilan. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, roč. 57, č. 4–5, str. 7–10. ISSN 0322-8916.
- Zajíček A., Sychra L., Vybíral T., Hejduk T., Čmelík M., Fučík P., Kaplická M., 2021: Návrhy revitalizačních opatření na hlavních a přilehlých podrobných odvodňovacích zařízeních, Certifikovaná metodika, VÚMOP.