



FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE

Povodňové jevy v oblasti Jizerských hor

Flood phenomena in the Jizera Mountains
Region

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021

Karolína Kohoutová

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby
Vedoucí práce: doc. Ing. Josef Křeček, CSc.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kohoutová Jméno: Karolína Osobní číslo: 477443

Zadávací katedra: Katedra hydrauliky a hydrologie

Studijní program: (B3651) Stavební inženýrství

Studijní obor: (3647R015) Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Povodňové jevy v oblasti Jizerských hor

Název bakalářské práce anglicky: Flood phenomena in the Jizera Mountains Region

Pokyny pro vypracování:

Tato studie by měla zahrnovat:

- Analýzu příčin a typologie povodňových jevů v této oblasti,
- Zhodnocení vlivu stavu povodí a dosavadní změny klimatu na kulminační průtok a objem povodňové vlny,
- Posouzení účinnosti protipovodňové oblasti,
- Doporučení pro současný stav a očekávané změny v blízké budoucnosti

Seznam doporučené literatury:

Kemel, M. (2000). Klimatologie, meteorologie, hydrologie. Skripta ČVUT, 289s.

Shaw, E.M. (2011): Hydrology in practice. 4th edition, Span Press, London, 560 pp.

IPCC (2013). Climate change 2013: The physical science basis. The 5th assessment report, WMO, Genéva.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Doc. Ing. Josef Křeček, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 24.10.2020 Termín odevzdání bakalářské práce: 16.5.2021
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Povodňové jevy v oblasti Jizerských hor“, vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Dobříši dne: 16.5.2021

Karolína Kohoutová

Poděkování

Mé poděkování patří doc. Ing. Josefu Křečkovi CSc. za poskytnutá data ze zájmové oblasti a též za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi během zpracování bakalářské práce věnoval.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je analýza příčin a typologie povodňových jevů v oblasti Jizerských hor, zhodnocení vlivu dosavadních změn stavu povodí a klimatu na kulminační průtoky a objemy povodňové vlny a posouzení účinnosti protipovodňových opatření. Tato studie poskytuje jednak shrnutí dosud publikovaných literárních zdrojů k danému tématu a dále porovnává povodňové jevy pozorované na povodí relativně malém (Sklářský potok, profilu Jizerka, 1 km²) a velkém (Jizera, profil Železný Brod, 791 km²). Klimatická změna byla charakterizována posouzením trendu v časových řadách průměrných ročních teplot, ročních srážkových úhrnů a maximálních denních srážkových úhrnů. Výstupem je zhodnocení strategie protipovodňové ochrany v zájmové oblasti s ohledem na velikost a stav povodí.

Klíčová slova

Povodeň, protipovodňová ochrana, Jizerské hory, klimatická změna.

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to analyse causes and typology of flood phenomena in the Jizera Mountains (Czech Republic), to evaluate impacts of the watershed management and the global climate change on peak-flows and flood waves, as well as to estimate efficiency of flood control measures. This study presents a summary of related literature and provides a comparison of floods observed on the relatively small catchment of the Sklářský potok (the outlet at Jizerka, area of 1 km²) and the large catchment of the Jizera River (the outlet at Železný Brod, area of 791 km²). The global climate change was considered by analysing the trend in time-series of the mean annual air temperature, the annual sums of precipitation and the annual daily rainfall maxima. Outputs include the evaluation of flood control strategy in the studied region respecting the watershed area and land use.

Keywords

Flood phenomena, flood control, the Jizera Mountains, climate change.

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Povodně.....	9
2.1. Definice povodní.....	9
2.2. Příčiny povodní.....	10
2.3. Následky povodní	10
3. Geneze a typologie povodní.....	11
3.1. Přívalové povodně	11
3.2. Povodně způsobené táním sněhu a povodně smíšené.....	12
4. Protipovodňová ochrana.....	12
4.1. Povodňové orgány	12
4.2. Stupně povodňové aktivity	13
4.3. Protipovodňová opatření.....	13
4.3.1. Netechnická řešení protipovodňové ochrany	14
4.3.2. Technická řešení protipovodňové ochrany.....	15
4.3.3. Přírodě blízká protipovodňová opatření	17
5. Charakteristika Jizerských hor	18
5.1. Geologie.....	18
5.2. Flóra a fauna	18
5.3. Klima	19
5.4. Vodní poměry	20
6. Historické povodně	21
6.1. Výstavba retenčních přehrad	22
6.1.1. Protržení přehrady na Bílé Desné.....	22
6.1.2. Vodní nádrž Souš	22
6.1.3. Vodní nádrž Josefův důl.....	23
7. Vliv změn stavu povodí a klimatu.....	23
7.1. Vývoj lesních porostů	24

7.2.	Vliv lesa na odtok z povodí	24
7.3.	Klimatická změna	25
8.	Analýza povodňových situací v povodích Jizerských hor	25
8.1.	Povodňové situace na experimentálním povodí Sklářského potoka.....	25
8.1.1.	Popis povodí	26
8.1.2.	Typologie povodní v období 2002-2018	27
8.2.	Povodňové situace v povodí Jizery (Železný Brod)	28
9.	Možné ovlivnění průtoků klimatickou změnou	29
9.1.	Analýza ročních srážkových úhrnů a průměrných ročních teplot	29
9.2.	Analýza denních srážkových úhrnů	31
10.	Výsledky a diskuze.....	32
12.	Závěr.....	35
13.	Seznam použité literatury	36
	Odborná literatura	36
	Internetové zdroje.....	38
	Seznam obrázků.....	40
	Seznam tabulek.....	40

1. Úvod

Zkoumání extrémních hydrologických situací a protipovodňová ochrana jsou důležitou součástí vodohospodářského inženýrství. Horská povodí s vysokými srážkovými úhrny a relativně nízkou mocností půdního pokryvu přispívají velkou měrou ke genezi povodňových průtoků. Navíc v současných a očekávaných podmínkách globální klimatické změny je diskutována otázka zvyšování intenzity klimatických a hydrologických extrémů. Cílem této bakalářské práce je analýza příčin a typologie povodňových jevů v oblasti Jizerských hor, zhodnocení vlivu dosavadních změn stavu povodí a klimatu na kulminační průtoky a objemy povodňové vlny a posouzení účinnosti protipovodňových opatření.

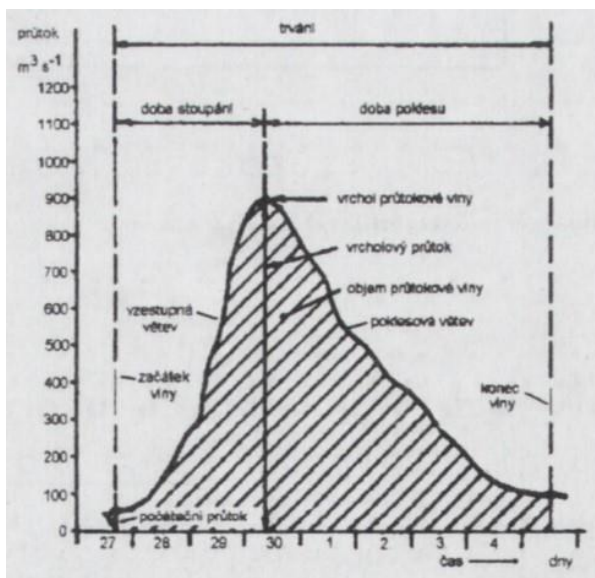
2. Povodně

Povodňové jevy jsou součástí přírodních procesů, často mohou být škodlivé pro lidská sídla, ale zároveň prospěšné pro přírodní prostředí (Hickey a Salas, 1995). Podobně Státníková (2012) uvádí, že voda v historii každoročně vystupovala z říčních břehů, někdy i vícekrát, a člověk to považoval za normální, přirozené a v jisté míře i žádoucí, i když extrémů se samozřejmě obával, protože klimatická nerovnováha znamenala přímé ohrožení životů. Davis (2007) definuje extrémní povodně dobou opakování nad 50 let, takové povodně považuje za katastrofické s významným dopadem na kulturní krajinu, vodní prostředí a lidská sídla.

2.1. Definice povodní

Dle zákona 254/2001 Sb. o vodách (Tureček 2003), povodně představují přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Za povodeň je považován i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod.

Ve chvíli, kdy dojde ke značnému zvýšení kulminačního průtoku, vytváří se povodňová vlna, tj. průtok říčním korytem při neustáleném pohybu. Hydrogram povodňové vlny je charakterizován tvarem, objemem a vrcholem (kulminačním průtokem během povodně), Kemel (1996). Pro návrh retenčního prostoru nádrží je nejdůležitější charakteristikou objem povodňové vlny, naopak při návrhu mostních profilů, propustků či přelivů hrází má rozhodující roli kulminační průtok (Kemel, 1996).



Obr. 1-Charakteristika povodňové vlny (Kemel, 1996)

2.2. Příčiny povodní

K povodňovým jevům může docházet jednak zmenšením průtočnosti koryta (vlivem splavenin, ledových ker, sesuvem půdy) nebo následkem zvýšeného odtoku z povodí v důsledku přívalových nebo dlouhotrvajících dešťů, případně tání sněhu (Pender a Faulkner, 2011).

Dle Němce a Hladného (2006) jsou povodně zapříčiněné několika meteorologickými a hydrologickými faktory, kdy oba faktory dělí na předběžné a příčinné. Mezi předběžné meteorologické faktory působící několik dnů až měsíců před vznikem povodně patří nasycenost povodí, promrznutí půdy a výška sněhové pokrývky společně s její vodní hodnotou. K příčinným meteorologickým faktorům, které nastávají několik hodin až dnů před vznikem povodně, pak řadí dešťové srážky, kladné teploty vzduchu při oblevách při existenci sněhové pokrývky, rychlost větru ovlivňující průběh tání sněhu aj. Z předběžných hydrologických faktorů je důležitý objem koryt vodních toků před povodní a mezi příčinné hydrologické povodně se řadí celkový stav ledových jevů na tocích.

2.3. Následky povodní

Vylití vody z břehů a záplava přilehlých území působí jednak přímé povodňové škody lidské populaci a civilizační infrastruktuře, jednak škody ekologické povahy, tj. eroze půdy, podmáčení pozemků, únik škodlivých látek do tekoucí vody, usazování kalů, znehodnocování dosažitelných zdrojů pitné vody (Pender a Faulkner, 2011).

Ke škodám způsobeným v důsledku „velké vody“ zpravidla dochází v přirozených záplavových oblastech, které jsou v posledních letech nevhodně osídlovány vlivem rostoucího civilizačního tlaku a nedostatku nezastavěných ploch (Němec a Hladný, 2006).

3. Geneze a typologie povodní

Martínek et al. (2003) rozlišují dva základní typy povodní: mořské a říční. Dále pak:

- přívalové, které jsou typické pro pouštní a polopouštní oblasti
- jednoduché, které jsou typické jedním maximem a jsou způsobené vydatnými dešti
- složité, které mají i několik maxim a trvají až několik dní
- sezónní, které se vyznačují pravidelnými změnami meteorologických podmínek
- zvláštní, které jsou zapříčiněné z pravidla havárií vodohospodářských děl

Cílem této studie je analýza povodňových jevů v horském povodí, proto z daného rozdělení příčin povodní přicházejí v úvahu: povodně z přívalových dešťů (bleskové), dlouhotrvajících dešťů, z tání sněhové pokrývky, případně ledové a kombinované.

Povodně způsobené dlouhodobými regionálními dešti trvají často několik dnů, zasahují velkou část povodí a jejich důsledky se projevují na středních až velkých tocích. (Němec a Hladný, 2006)

3.1. Přívalové povodně

Povodně vlivem přívalových dešťů vysoké intenzity a krátké doby trvání (několik hodin) jsou známy jako „bleskové povodně“. V těchto případech dochází k přechodnému, výraznému zvýšení hladiny vodního toku, kdy hladina velmi rychle vystoupá a následně velmi rychle klesne. Bleskové povodně zasahují převážně malé vodní toky a nejničivější dopady mají na sklonité vějířovité povodí. Nejčastěji se jedná o podhorské potoky (např. Bělá, Stěnava, Jizerka aj.), není to ovšem pravidlo, v červnu roku 2006 zasáhla přívalová povodeň horní Dyji. (Ministerstvo životního prostředí)

Rizikové faktory pro vznik přívalové povodně jsou (Pender a Faulkner, 2011):

- Konfigurace terénu s velkou svažitostí a úzkými říčními údolími
- Vysoká intenzita deště v bouřkovém oblaku (cumulonimbus)
- Případně kumulace bouřkových oblaků nad určitým povodím (řetězový efekt přechodu relativně méně intenzivních bouřkových oblaků)
- Rychlost pohybu bouřkového oblaku

- Předchozí nasycení povodí vodou

3.2. Povodně způsobené táním sněhu a povodně smíšené

V České republice nebývají povodně způsobené jen táním sněhové pokrývky časté (Němec a Hladný, 2006). Zrychlené tání sněhu, které bývá příčinou větších povodní u nás, bývá často doprovázeno dešťovými srážkami, tudíž se jedná spíše o povodně smíšeného charakteru.

Smíšené povodně jsou způsobené oblevou, při které jsou až tři dny po sobě jdoucí kladné teploty a táním sněhové pokrývky o vysoké vodní hodnotě. Tomuto jevu může přispět proudění čerstvého teplého vzduchu a dešťové přeháňky. V ČR dochází k těmto jevům v období prosinec až první polovina dubna (pro některé toky ve vyšších nadmořských výškách do konce dubna), Němec a Hladný (2006).

4. Protipovodňová ochrana

Povodně jsou součástí přírody a nelze je zásadně ovlivňovat (Hickey a Salas, 1995), součástí protipovodňové strategie člověka zůstávají činnosti působící na snižování povodňových rizik formou jednak technických opatření na tocích, jednak environmentálních v rámci snižování objemu povrchového odtoku a eroze půdy v povodí (Pender a Faulkner, 2011).

Protipovodňová ochrana slouží především k předcházení a redukci škod na životech, majetku a životním prostředí. Řízení této činnosti je prováděno podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů (vodní zákon), povodňových plánů a při vyhlášení krizové situace podle krizového plánu (Martinek et al., 2003).

4.1. Povodňové orgány

Organizaci povodňové ochrany řídí povodňové orgány, které se dělí podle stavu povodí na orgány mimo povodeň a na orgány při povodni. Orgány, které se starají o funkčnost protipovodňové ochrany na svém území a spadají do časové úrovně mimo povodeň, jsou: orgány obcí, orgány krajů a ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s ministerstvem vnitra. V okamžiku vzniku povodní se o ochranu před ní zabývají komise obcí, obcí s rozšířenou působností a magistrátů měst, komise uceleného povodí a v neposlední řadě Ústřední povodňová komise.

Ucelené povodí je určeno ministerstvem životního prostředí a ministerstvem vnitra a je vymezeno hlavním tokem řeky a územní působností. Předsedou komise uceleného povodí je zpravidla hejtman daného kraje.

Ústřední povodňovou komisi zřizuje vláda a předsedou je automaticky ministr životního prostředí, jehož zástupcem (místopředsedou) je ministr vnitra (Martínek et al., 2003).

4.2. Stupně povodňové aktivity

Existují tři stupně povodňové aktivity, které se vyhláší v souladu s předem stanovenými limity. Pokud je dosaženo těchto limitů, je vyhlášen vyšší povodňový stupeň. Jedná se především o limity vodních stavů nebo průtoků v hlásných bodech na jednotlivých vodních tocích. Obecně se těmito stupni měří nebezpečí povodně.

- První stupeň povodňové aktivity neboli stav bdělosti nastává v případě nebezpečí přirozené povodně a zaniká se zánikem příčiny této povodně (např. srážková činnost, tání sněhu, nebo ledová zácpa). Tento stupeň nastává, když vodní tok v hlásném profilu vystoupá k zelené měrné značce.
- Druhý stupeň – stupeň pohotovosti se vyhláší v okamžiku zhoršení situace na vodních tocích (např. intenzivní srážky, nebo intenzivní tání sněhu v doprovodu dešťových srážek). Při tomto stupni voda v hlásném bodě vystoupá ke žluté značce, začíná aktivní snaha o zmírnění průběhu povodně (aktivace povodňových orgánů a dalších účastníků protipovodňové ochrany).
- Třetí, nejvyšší stupeň povodňové aktivity – stav ohrožení se vyhláší při hrozbě vzniku velkých škod na majetku a ohrožení na životě. Dochází k nekontrolovatelnému vybřežování řek a vodní hladina v hlásném bodě dosahuje červené značky (ČHMÚ, 2021).

4.3. Protipovodňová opatření

Protipovodňová opatření se nejčastěji dělí na technická a netechnická, v poslední době je kladen důraz zejména na opatření přírodě blízká, která jsou stále častěji požadována a využívána (Pender a Faulkner, 2011). Obecně o všech typech protipovodňových aktivit platí, že musí být navrženy tak, aby nezapříčinily zvýšení povodňových rizik a škod.

4.3.1. Netechnická řešení protipovodňové ochrany

Netechnické povahy jsou zejména opatření přípravná a činnosti při nebezpečí povodně: stanovení záplavových území a jejich právního zajištění, předpovědní a hlásné systémy, povodňové plány, ale i osvěta a výchova veřejnosti.

- Definování záplavového území a jeho právní zajištění musí být stanovené vodo-právním úřadem (Obec s rozšířenou působností, Krajský úřad), který byl vyzván správcem vodního toku. Tímto územím se rozumí území, které může být při výskytu povodně zaplavené. Na takto určeném území se dle nebezpečnosti povodňových průtoků zpravidla určuje aktivní zóna, na které je po tomto stanovení zásadní omezení v následné výstavbě. Budovy a jiné objekty v záplavovém území, které mohou být při povodni odplaveny, mohou způsobit problémy (např. ucpání průtočného profilu toku) na nižších částech toku. Definované záplavové území musí být součástí územního plánu (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2021)
- Předpovědní a hlásné systémy zajišťuje metodický pokyn ministerstva životního prostředí, který musí definovat hlavní informační tok, stupně povodňové aktivity a hlásné profily. Hlásný profil je jasně dané místo na toku, které slouží ke sledování stavu vodního toku a průběhu povodně. Rozděluje se do tří kategorií – A- základní (ČHMÚ), B- doplňkový (kraje), C- pomocné (majitel ohrožené nemovitosti, obec atd.)

Mezi dva základní informační toky patří Předpovědní povodňová služba, kterou zabezpečuje ČHMÚ ve spolupráci s jednotlivými podniky povodí a poskytuje povodňovým orgánům informace, předpovědi o povodni a jejím dalším průběhu a hydrometeorologické údaje (např. srážky, vodní stav toků a průtoky). Druhým velmi důležitým informačním tokem je hlásná povodňová služba, která informuje povodňové orgány ohledně jejich úkolů, tato služba získává informace přímo z terénu (např. stav na hlásných profilech, průtočnost koryt a stav nádrží), Němec a Hladný (2006).

- Povodňové plány, dle kterých se při povodni řídí všechny zainteresované orgány, služby a osoby, musí obsahovat údaje potřebné pro zabezpečení ochrany objektů, obcí, či celého uceleného povodí. Povodňový plán má tři základní části, část věcnou (údaje o zdrojích povodní a o opatření proti nim), část operativní (kontakt na složky povodňové ochrany) a část grafickou. Každoročně musí být povodňové plány přezkoumány zpracovateli a grafická a věcná část musí být schválena vyšším stupněm povodňového orgánu. Mimo povodňové plány jednotlivých obcí a krajů je zpracován i celostátní Povodňový plán České republiky (Povodňový informační systém, 2021).

- Osvěta a zapojení veřejnosti. Vlivem výstavby přehrad a rozvojem vodohospodářských soustav se podařilo zmírnit negativní dopady zejména menších povodní, tím ovšem došlo i ke snížení vnímání povodňového rizika a „povodňové paměti“ (Státníková, 2017). Důsledkem jsou potom časté případy nové zástavby v inundačních územích vodních toků, proto je připomínání historických povodňových jevů a možných povodňových škod důležitou součástí této činnosti.
- Rozhodovací účast místních občanů. V některých oblastech s nedostatkem vody, v Austrálii a na západním pobřeží USA, se na konci 20. století řeší zájmy usedlíků v povodí pomocí právního nástroje „watershed council“ (Ewing et al, 2000). Například „Los Angeles & San Gabriel Rivers Watershed Council“ založený v roce 1996 (Council for Watershed Health, 2011). Podobně ve Velké Británii byl v roce 2019 založen projekt „Farm the flow“, který má za cíl zapojení místních obyvatel do protipovodňové ochrany a zmírnění rizika záplav pomocí přírodě blízkých opatření (Fullen, 2021). Jedním z aspektů je snaha o využití pozemků místních obyvatel k vytvoření řízeného inundačního území a snížení povodňových škod.

4.3.2. Technická řešení protipovodňové ochrany

K čistě technickým (stavebním) opatřením proti povodním patří opatření přímo na vodních tocích: realizace retenčního prostoru v údolních nádržích či poldrech, zkapacitnění koryta toku, ochranné hráze a mobilní protipovodňová opatření.

- Údolní nádrže jsou většinou navrhovány jako víceúčelové, kde kromě retenční jsou naplňovány funkce vodárenské (nadlepšování průtoku v době sucha, zásobování pitnou vodou), energetické (provoz vodní elektrárny) atd. Retenční funkce spočívá v transformaci povodňové vlny a snižování kulminačních průtoků retenčním prostorem nádrže. Retenční prostor v nádrži snižuje zároveň i nároky na povodňovou ochranu na nižších částech toku. Projekty údolních nádrží s sebou nesou mnoho aspektů, pozitivních i negativních, a vždy je nutné je důkladně prozkoumat v rámci dopadů na životní prostředí (proces EIA, Ministerstvo zemědělství ČR, 2021)
- Poldry jsou označovány též jako suché retenční nádrže, neboť po většinu své životnosti v nich není voda. Ta se tam dostává v okamžiku, kdy se přilehlý vodní tok začne vybřežovat. Tak jako údolní nádrž i poldr disponuje výpustí, která je schopna regulovat průtok a vypouštět jen neškodný odtok, pokud ovšem dojde k naplnění kapacity poldru, začíná voda přepadat přes bezpečnostní přeliv a povodni již nelze zabránit. Plocha suché nádrže je nejčastěji zatravněná, díky čemuž se voda může vsakovat do půdy a tím tvořit další možnost zmenšení

odtoku, neslouží však k žádnému jinému účelu. Tento typ opatření se primárně řadí do technických řešení ochrany proti povodni, ale zároveň dochází k ekologickému zlepšení stavu vody, čímž zasahuje i do opatření blízkému přírodě (Státní pozemkový úřad, 2021).

- Zvýšení kapacity koryta - k tomuto opatření se nejčastěji přistupuje v zastavěných oblastech. Pro zkapacitnění koryta je nutná jeho úprava, a to především zvětšení průtočného profilu. Nejčastěji se provede v daném místě prohrábka, kterou se docílí prohloubení dna a následně, pokud to místo dovoluje, se koryto ještě rozšíří a břehy se opevní.
- Ochranné hráze mohou být přímo u vodního toku, nebo mohou být odsazeny, ty umožňují rozliv vody do daného nezastavěného území. Ochranné hráze musí být z materiálů, které jsou odolné vůči větším průsakům. Často jsou sypané hráze doplněny o těsnění, buď na návodní straně, nebo vně hráze (vertikální těsnění). K tomuto druhu opatření se řadí i povodňové zdi, které jsou nejčastěji železobetonové, nebo mají na návodním líci těsnění např. štětové stěny (Jelínková, 2012)
- Mobilní protipovodňové stěny - k tomuto opatření se přistupuje převážně v historických centrech větších měst, kde není možné z mnoha důvodů vystavět stálou protipovodňovou ochranu. K tomuto druhu opatření patří jak mobilní stěny (např. hliníkové lamely s vkládanými hradidly, betonové dílce), tak i pytle s pískem. U mobilního opatření je velmi významná hlásná a předpovědní služba, z důvodu časové náročnosti výstavby např. mobilní opatření z hliníkových lamel s vkládanými hradidly. Ke kladným vlastnostem pak patří výška, do které je možné stěny vystavět (Němec a Hladný, 2006).



Obr. 2 – Mobilní protipovodňové opatření v Praze (Portál životního prostředí, 2021).

4.3.3. Přírodě blízká protipovodňová opatření

Myšlenka, kterou tato opatření zastupují, je nejen ochrana obyvatelstva a majetku před přírodní katastrofou, ale i možnost zlepšit ekologický stav krajiny. Toto opatření se netýká jen vodního toku, ale i celé plochy povodí včetně okolní nivy. V celé ploše povodí a v okolních nivách je největší snaha o snížení možnosti eroze a snížení rychlosti odtoku. V přímé blízkosti vodního toku pak stejně jako u stavebně-technických opatření se naskytuje možnost zkapacitnění koryta, budování poldrů a využívání nezastavěných území, jako území pro možné zaplavení.

- Možnosti opatření na celé ploše povodí - jedná se převážně o protierozní opatření. K těmto opatřením se řadí například:
 - *Agrotechnické protierozní opatření*, do tohoto spadá vhodná volba provádění orby a na svažitéch půdách vyloučení pěstování širokořádkových plodin.
 - *Biotechnické protierozní opatření*, takovým opatřením je výstavba protierozních nádrží, průlehů (přejezdný široký a mělký příkop) a zřizování zasakovacích pásů.
 - *Organizační protierozní opatření*, mezi které se řadí organizace pěstovaných plodin, pásové pěstování plodin a zatravnění svažité orné půdy.
- Možnosti opatření v přímé blízkosti vodního toku - do těchto možností spadá základní typ přírodě blízkého protipovodňového opatření. Celková revitalizace koryta na nezastavěných plochách (nivách) a navrácení přirozených hydrologických funkcí potoční a říční nivy. Na těchto plochách v případě výskytu povodně dojde k bezpečnému rozlité toku do volné inundace a dále dojde ke zpomalení odtoku, kterému pomůže vsakování vody do půdy (Just, 2021).



Obr. 3 - Přírodě blízké protipovodňové opatření (ochranná hráz posunuta od toku a území zanecháno jako přírodní poldr), (Střední Čechy – ochrana přírody, 2021).

5. Charakteristika Jizerských hor

Jizerské hory jsou nejsevernějším pohorím v České republice s nejvyššími vrcholy 1124 (Smrk) a 1122 (Jizera) m n.m., západní část navazuje na Lužické hory, východní zasahuje na polské území, a dále se napojuje na Krkonoše (Balatka a Kalvoda, 2006). Rozloha této oblasti je 417 km², z čehož území o rozloze 368 km² bylo v roce 1967 vyhlášeno chráněnou krajinnou oblastí (CHKO Jizerské hory), Demek a Mackovčín (2006), a v roce 1978 chráněnou oblastí přirozené akumulace vody (CHOPAV Jizerské hory) vládním dekretem 40/1978 podle Zákona o vodách 138/1973 Sb. (Tureček, 2003). Na území CHOPAV jsou regulovány činnosti narušující vodní režim (odlesňování, odvodňování, povrchová těžba a další). Přesto zde došlo v osmdesátých letech 20. století k postupné devastaci lesů vlivem průmyslových exhalací, epidemií lesních škůdců a komerční lesní těžby, k obnově lesních porostů dochází až po roce 1990.

5.1. Geologie

Jizerské hory se řadí svým vznikem do dob prvohor a jsou charakterizované plochými kupy, plošinami, zaoblenými hřbety a širokými údolími. K výraznému vyzdvižení Jizerský hor došlo v období třetihor, konkrétně při saxonských tektonických pohybech, kdy došlo ke vzniku strmých severních svahů. Složení půdy, charakter vegetace a geomorfologii z velké části ovlivňuje krkonošsko-jizerský žulový pluton (Balatka a Kalvoda, 2006). Masiv Smrku je tvořen starými žulami a krystalickými břidlicemi, ojedinelou výjimkou je Vápenný vrch u Raspenavy, kde se vyskytuje krystalický vápenec. (Resort životního prostředí, 2021).

5.2. Flóra a fauna

Flóra Jizerských hor je oproti Krkonošům dosti chudá, důvodem je značně převažující žulové podloží, vysoké množství srážek a chladné podnebí. Převažujícím vegetačním typem je les, přirozená bezlesí se nacházejí pouze na extrémních místech (např. na nejvyšších vrcholech, na živých rašeliništích atd.). Výjimkou je vrch Bukovec, který čedičovým podkladem (bohatý na živiny) a specifickými klimatickými podmínkami umožňuje růst jak horským rostlinám, tak i rostlinám typickým pro teplejší pahorkatiny (Resort životního prostředí, 2021).

Fauna je relativně bohatá na živočišné druhy vyskytující se v lesním a horském prostředí. Vysokým výskytem zvěře často dochází k narušování lesního ekosystému. Kalamitním škůdcem u zakládání nových lesních porostů je hraboš mokřadní, pro kterého se na náhorní plošině vytvořily ideální podmínky pro množení. Za zmínku stojí i výskyt dvanácti druhů netopýrů, či vzácné druhy ptáku, pro které byla v Jizerských horách

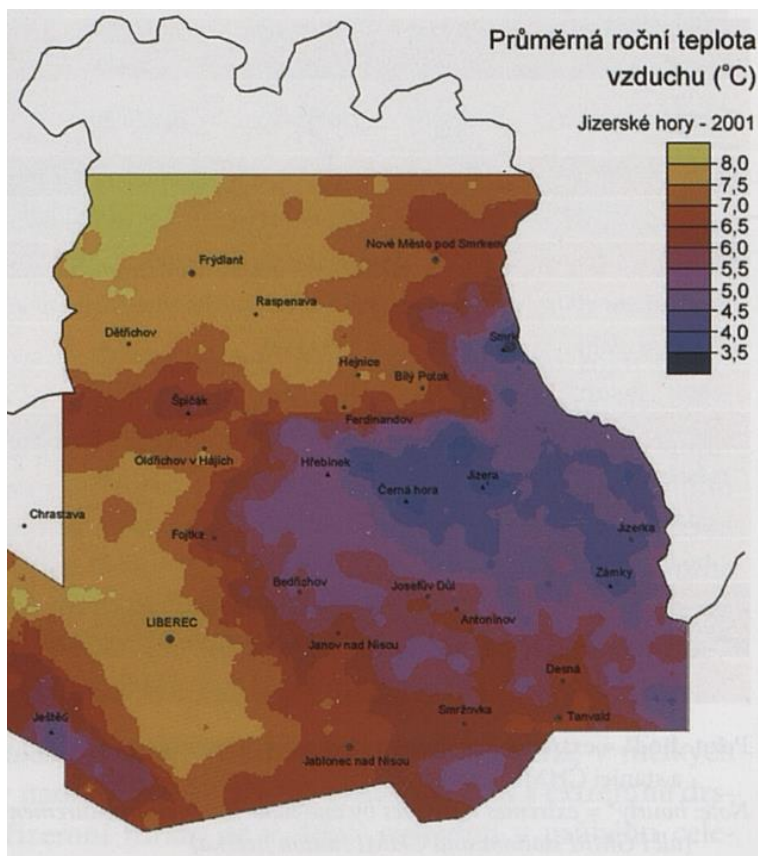
vyhlášena ptačí oblast v rámci Natura 2000. Kvůli přirozené kyselosti vody v jizerských potocích je život v nich značně chudý (CHKO Jizerské hory, 2021).

5.3. Klima

Jizerské hory výrazně ovlivňují podnebí (hlavně srážky a teplotní poměry) v širším okolí, neboť jsou prvním celistvým útvarem vyšších nadmořských výšek na severozápadní straně krkonoško-jesenické soustavy. Proměnlivost klimatu v zájmovém území způsobuje velká členitost reliéfu, sklony svahů, skalní útvary atd. Celkově se Jizerské hory řadí do chladné klimatické oblasti.

Průměrná roční teplota se pohybuje od 4 do 7 °C, průměrné zimní teploty (v lednu) se pohybují okolo -5 °C a v létě okolo 16 °C. Nejnižší extrémní teplota -42 °C byla naměřena v roce 1940. V mělkých údolích Jizery a Jizerky dochází často k inverzím, v těchto nížinách (cca 850 m. n. m.) je zpravidla naměřena teplota nižší než na vrcholech přilehlých hor a po celý rok se zde vyskytují přízemní mrazy (Slodičák, 2005).

Roční úhrn srážek se pohybuje v rozmezí 800 -1700 mm, čímž jsou Jizerské hory jednou z nejdeštivějších oblastí v ČR. Jizerské hory jsou obecně postihovány vysokými srážkovými úhrny, někdy až výjimečnými, důvodem je, že jako první pohoří čelí vlhkému severozápadnímu větrnému proudění. V roce 1897 bylo naměřeno na Nové Louce u Bedřichova 345 mm srážek za 24 hodin (evropský rekord) a v roce 1926 byl roční srážkový úhrn změřen na 2201 mm. Úhrn srážek sněhových se také řadí k rekordním. Za zimní období je průměr sněhových srážek okolo 800 mm, sněhová pokrývka zůstává až 160 dní, přičemž její mocnost na konci zimy je až 150 cm, ve vyšších nadmořských výškách až 300 cm (Resort životního prostředí, 2021).



Obr. 4 - Průměrná roční teplota vzduchu v JH v r. 2001 (Slodičák et al., 2005)

5.4. Vodní poměry

Voda je základní složkou formující reliéf Jizerských hor a tato oblast má vysoký potenciál pro tvorbu vodních zdrojů (CHOPAV Jizerské hory). Zájmovým územím prochází evropské rozvodí Severního a Baltského moře. Severní a západní část pohoří spadá do povodí Odry a je odvodňována do Baltského moře, jižní a východní část náleží povodí Labe a je odvodňována do Severního moře.

Do povodí Odry spadají dvě významné řeky Jizerských hor – Lužická Nisa a Smědá. Lužická Nisa tvoří státní hranici mezi Polskem a Německem a odvodňuje západ pohoří, jejími hlavními přítoky jsou Jeřice, Bílá a Černá Nisa. Smědá má přítoky Lomnice, Černý a Bílý potok.

Do povodí Labe spadá nejvýznamnější řeka, podle které se Jizerské hory jmenují, Jizera. Jizera tvoří v dlouhém úseku státní hranici mezi ČR a Polskem a odvodňuje většinu východní části pohoří. Vzniká spojením menších potoků v rašelinné oblasti těsně pod Smrkem, dále do ní přitéká Mumlava, Jizerka a nedaleko Železného Brodu se z levé strany napojuje Kamenice. Kamenice odvodňuje většinu jižní části pohoří a ústí do ní Desná, spojená z Bílé a Černé Desné (CHKO Jizerské hory, 2021).

Malý spád, který řeky na horním toku mají, je způsoben rovnými náhorními plošinami s rašeliništi, do dolních poloh přitékají v balvanitých korytech jako bystřiny s peřejemi a strmé spády překonávají v kaskádách vodopádů. Vodopádů je v Jizerských horách mnoho, převážně na severním svahu, např. Velký Štolpich – nachází se na Sloupském potoce a v několika kaskádách a vodopádech překonává spád 30 metrů. Další významný vodopád je na Černém potoce, tento je nejstrmější a nejvodnatější (Vodopády ČR, 2021).

Přirozených vodních ploch je v zájmovém území málo. Na náhorních plošinách se vyskytují pouze málo významná rašelinná jezírka a slepá ramena meandrujících řek. V minulosti vznikaly menší vodní nádrže, za účelem využití technologické vody na průmyslovou výrobu, z těch se dodnes zachoval pouze Blatný rybník.

Začátkem 20. století bylo v Jizerských horách vybudováno 7 retenčních přehrad za účelem ochrany proti povodním a v 80. letech 20. století víceúčelová nádrž Josefův důl na Kamenici s prioritní vodárenskou funkcí.

6. Historické povodně

Historická hydrologie vychází především z psaných záznamů, jejichž délka se geograficky liší s rozvojem místních civilizací. Historické informace slouží zejména k doplňování trendů řad pozorovaných povodňových průtoků a určení vlivu dlouhodobých změn klimatu na periodicitu povodní (Acot, 2005). Historické povodně vznikající odtočnými poměry Jizerských hor jsou součástí povodní popsanych pro povodí Labe Christianem Gottliebem Pötzschem (Kynčil, 1982). Významné povodňové jevy na řece Jizeře během 19. století jsou zaznamenány v pamětech Josefa Dlaska (Kutnar, 1941) společně s popisem meteorologických situací.

Z dosavadních záznamů je patrné, že v druhé polovině 19. století dochází k četnějším případům ničivých povodní, konkrétně v letech 1846, 1850, 1858, 1860, 1875, 1888, 1890, 1897 a 1899. Povodeň v roce 1897 se zapisuje do historie jako nejničivější. V půlce července (17. 7. 1897) začalo ve vyšších polohách Jizerských hor vydatně pršet a dešťové přeháňky neustávaly po dalších 12 dní. Dne 29. července byl naměřen na stanici Jizerka denní srážkový úhrn 300 mm a na stanici Nová Louka rekordních 345 mm srážek za 24 hodin (dodnes nejvíce v Evropě). Vlivem zmíněných dešťových srážek došlo na řece Kamenici k průtoku stoleté vody a na řece Jizeře padesátileté vody. V povodí Jizery a Nisy došlo ke ztrátám na lidských životech (udává se až 120 osob) a velkým škodám na majetku, část Liberce byla zcela zaplavena. Právě tato povodeň roku 1897 byla impulsem pro vybudování soustavy přehrad, za účelem retence vody a ochrany přilehlých měst a osad před povodněmi (Tržický, 2007).

6.1. Výstavba retenčních přehrad

V roce 1899 bylo v Liberci založeno Vodní družstvo pro regulaci toků a výstavbu údolních nádrží a na začátku roku 1901 profesor University v Cáchách Otto Intze předložil projekt na výstavbu 6 přehrad, z čehož pět bylo později dokončeno. Jednalo se o přehrady:

- Harcov – postavená v letech 1902-1904, byla první údolní nádrží na území tehdejšího Československa a objem je 651 tis. m³
- Bedřichov – postavená v letech 1902-1906, objem 2,131 mil. m³
- Fojtka – postavená v letech 1904-1906, objem 323 tis. m³
- MLýnice – postavená v letech 1904-1906, objem 271 tis. m³
- Mšeno – postavená v letech 1906-1910, objem 2,786 mil. m³

Koncem září roku 1904 rozšířil Otto Intze projekt o další dvě přehrady v povodí Kamenice na tocích Bílá a Černá Desná, obě vodní díla byla zkolaudována 18. listopadu 1915. Součástí Intzova projektu byla součinnost podpory retence v povodí (revitalizace po intenzivní těžbě dřeva) a retenčního prostoru přehradních nádrží (Tržický, 2007).

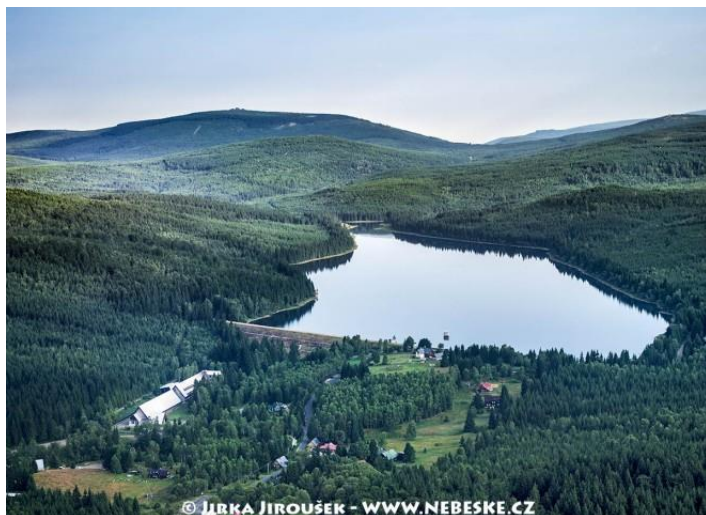
6.1.1. Protržení přehrady na Bílé Desné

Deset měsíců po dokončení výstavby sypané hráze na Bílé Desné došlo k protržení hráze a zaplavení sousední obce Desná a škodám v dalších obcích na dolním toku. Hlavní příčinou protržení hráze bylo zřejmě nerovnoměrné sedání tělesa hráze a výpustní štoly. Protržení hráze na dlouhou dobu ovlivnila výstavbu sypaných hrází v Evropě. Maximální objem přehrady na Bílé Desné byl 400 tis. m³ vody, v době protržení činil objem 230 tis. m³. Při katastrofě přišlo o život 62 lidí, 11 brusíren skla bylo zcela zaplaveno a několik desítek obytných domů bylo zničeno nebo alespoň značně poničeno. Vzhledem k poválečné finanční situaci vodního družstva už nikdy nedošlo k obnově přehrady a v roce 1996 bylo místo původní hráze prohlášeno za kulturní památku (Tržický, 2006).

6.1.2. Vodní nádrž Souš

Přehrada na Černé Desné v povodí Kamenice byla vystavena paralelně s přehradou na Bílé Desné, obě byly dokončeny v roce 1915 a obě byly postaveny jako sypané zemní hráze. Po protržení přehrady na Bílé Desné došlo na přehradě Souš v letech 1924-1927 k rozsáhlé rekonstrukci, vzhledem k obdobné konstrukci hrozila stejná katastrofa. Rekonstrukcí bylo zesíleno těleso hráze, které umožnilo zvýšit hráz o 1 metr a tím zvětšit retenční objem, který umožňuje zachytit celou stoletou vodu o objemu 2,5 mil. m³ vody. Dále se zlepšilo utěsnění návodního líce a paty. Dnešní podoba vodního díla Souš je právě z této doby.

Původní účel přehrady bylo zachycení povodňové vlny a nadlepšování průtoků v suchých obdobích. V současnosti je hlavním účelem zdroj pitné vody pro značnou část Jablonecka. V roce 1969-1974 byla provedena úprava pro odběr pitné vody a pod přehradou byla vybudována úpravna vody (Horský, 2000).



Obr. 5 - Vodní nádrž Souš (Jiroušek, 2021).

6.1.3. Vodní nádrž Josefův důl

Dosud největší přehrada Jizerských hor byla postavena v letech 1977-1982 s cílem zajistit zásobování rostoucí aglomerace Liberce pitnou vodou. Přehrada o zásobním objemu 23 mil. m³ má za úkol chránit před povodněmi, je zdrojem pitné vody pro Liberecko a část Jablonecka a vyrábí elektrickou energii v malé vodní elektrárně. Vodní dílo bylo vystaveno, v rámci projektu, společně s úpravnou pitné vody v Bedřichově a přívodem do Liberce. Voda se z nádrže odvádí štolou (délka štoly 2,5 km) do úpravny pitné vody v Bedřichově (Horský, 2000).

7. Vliv změn stavu povodí a klimatu

Povodí náhorní části Jizerských hor jsou plně zalesněná, klimaxem jsou smíšené porosty smrku (*Picea abies*), jedle (*Abies alba*) a buku (*Fagus sylvatica*), (Rabštejnek, 1969).

Koncem 19. století zde došlo ke smýcení lesů v důsledku rozvoje sklářské výroby a s tímto stavem je spojován také čtenější výskyt extrémních povodní (Dvořák a Novák, 1994). Při obnově lesa byly použity smrkové monokultury různé provenience s relativně nízkou ekologickou stabilitou (Míchal, 1994).

Na konci 20. století došlo v Jizerských horách vlivem atmosférických imisí síry a dusíku k ekologické katastrofě, která způsobila poškozování smrkových porostů a mýcení lesů na náhorní plošině. Tato situace byla zapříčiněna kromě kyselého atmosférického spadu také hmyzími škůdci, nevhodnou technologií lesní těžby a projevy globálního oteplování (Křeček a Hořická, 2006).

Vzhledem k této situaci došlo v Jizerských horách k zahuštění a zkvalitnění observace meteorologických a hydrologických prvků (Křeček a Punčochář, 2012) a založení několika experimentálních povodí s cílem zkoumání vlivu lesa na hydrologický režim (ČHMÚ, 2021).

7.1. Vývoj lesních porostů

Ve středověku byla hlavní funkcí lesů v Jizerských horách ochrana hranice státu a zachování podmínek pro lov zvěře (Rabštejnek, 1969). S rozvojem sklářských manufaktur došlo během 19. století k odtěžení stávajících klimaxových lesů a jejich náhradě stejnověkými porosty smrku (*Picea abies*). Takto vzniklé porosty byly často postihovány větrem a kalamitními těžbami (Lesy ČR, 2021).

V druhé polovině 20. století byly tyto smrkové monokultury postihovány dopady průmyslových emisí síry z tepelných elektráren v Polsku a Německu, spalujícími hnědé uhlí s relativně vysokým obsahem síry. Působení atmosférických imisí v součinnosti zejména s přemnožením kůrovce (*Ips typographus*), teplotními zvraty vedlo k poškozování a odumírání smrkových porostů a jejich těžbě. V osmdesátých a devadesátých letech 20. století tak došlo ke smýcení lesa na cca 12 tis. ha náhorní části hor.

Po dosažení mezinárodní dohody (Helsinký protokol o snížení emisí síry na 40 % stavu roku 1987, Křeček a Hořická, 2006) došlo v Jizerských horách ke snížení imisní zátěže a návratu k lesům skladby blízké přírodnímu zastoupení dřevin a revitalizaci lesa.

7.2. Vliv lesa na odtok z povodí

Vliv lesa na genezi odtoku z povodí je zkoumán po více než 100 let a dosud není jednoznačně interpretován (Chang, 2012).

Srovnávacích studie „les – bezlesí“ dokládají vliv lesa na snižování kulminačních povodňových průtoků, ale zároveň snižování dlouhodobého ročního průtoku (vodnosti povodí) a potenciálu doplňování vodních zdrojů. Lesní půda, oproti zemědělské, má až několikanásobně vyšší infiltrační kapacitu vlivem většího objemu gravitačních pórů, ve kterých je pohyb vody řízen gravitací (Švihla, 2003). Důsledkem je preferenční hypodermický (podpovrchový) odtok a redukce odtoku povrchového. Obecně existence lesa je považována za záruku kvalitní vody s minimálními nároky na vodárenskou úpravu

(Chang, 2012), ale vlivem kyselých atmosférických depozic v Jizerských horách došlo v minulých letech k opačnému vlivu: pod korunami smrkových porostů byl evidován desetinásobně až dvacetinásobně vyšší spád síry a dusíku a vyšší kyselost v odtoku z povodí (Křeček a Hořická, 2006).

7.3. Klimatická změna

Informaci o změnách klimatu poskytují i analýzy vývoje letokruhů stromů. Křeček a Vrtiška (2013) uvádějí klimatickou změnu v Jizerských horách ve třech časových úsecích: až do roku 1978 nebyla patrná změna, v období 1979 – 1992 byl detekován výrazně redukováný přírůst (vlivem „kyselého deště“) a v období 1993-2010 se projevil naopak zvýšený přírůst oproti období před rokem 1978 ovlivněný současným globálním oteplováním.

Vzhledem k této situaci došlo v Jizerských horách k zahuštění a zkvalitnění observace meteorologických a hydrologických prvků (Křeček a Punčochář, 2012) a založení několika experimentálních povodí s cílem zkoumání vlivu lesa na hydrologický režim (ČHMÚ, 2021).

8. Analýza povodňových situací v povodích Jizerských hor

Kritéria pro plochu „hydrologicky malého povodí“ se značně liší, za horní hranici jsou uváděny plochy 10 km² (FAO-UN), 25 km² (Institute of Hydrology ve Wallingfordu, UK) nebo 100 km² (International Association of Geomorphologists), Shaw (2011).

V rámci zadané studie jsem analyzovala povodňové jevy pozorované na povodí relativně malém (Sklářský potok, profil Jizerka, plocha povodí 1 km²) a velkém (Jizera, profil Železný Brod, povodí 791 km²).

Klimatická změna byla charakterizována posouzením trendu v časových řadách průměrných ročních teplot, ročních srážkových úhrnů a maximálních denních srážkových úhrnů.

8.1. Povodňové situace na experimentálním povodí Sklářského potoka

Použila jsem časovou řadu průtoků pozorovaných na experimentálním povodí Sklářského potoka (profil Jizerka) za období 1.1.2002 – 31.12.2018. Pro toto období lze uvažovat o relativně homogenním stavu půdně-vegetačního pokryvu povodí. Pro určení typologie povodní bylo použito meteorologických dat (srážkové úhrny a výška sněhové pokrývky) pozorovaných v rámci doplňkové meteorologické stanice v tomto povodí.

8.1.1. Popis povodí

Experimentální povodí Sklářského potoka (hydrologické pořadí: 1-10-78-000, povodí Labe a úmoří Severního moře) s uzavěrovým profilem Jizerka se nachází ve východní části Jizerských hor (50°49' N, 15°20' E) v nadmořské výšce 862–994 m, morfologické charakteristiky jsou uvedeny v Tab. 1. (Křeček et al., 2019).

Tab. 1 - Geomorfologické charakteristiky povodí Sklářského potoka (Jizerka)

Plocha	(km ²)	1,03
Nadmořská výška	(m)	927 (862-994)
Sklon	(%)	7,52 (0,02-24,33)
Index tvaru	(-)	0,69
Délka toku	(m)	1,49
Intenzita odtokové sítě	(km/km ²)	1,45
Délka hlavního toku	(m)	657
Sklon hlavního toku	(%)	5,98
Strahlerovo pořadí	(-)	2
Lesnatost	(%)	100

Průměrná roční teplota vzduchu dosahuje 4 °C a dlouhodobý průměrný roční srážkový úhrn 1400 mm. Pozorování meteorologických a hydrologických prvků na tomto povodí probíhá od roku 1981 (Křeček et al., 2019) s cílem sledování vlivu kyselé atmosférické depozice a lesnických zásahů na srážko-odtokové procesy v horském povodí.

Průtok v uzavěrovém profilu je vyhodnocován nepřímo pomocí hydraulicky dokonalého měrného přelivu trojúhelníkového tvaru (120°) s ostrou hranou. Výška hladiny je registrována po 10 minutách tlakovým čidlem ALA 4020 (systém ALA, Bučovice). Meteorologické prvky jsou registrovány automatickým sběrem dat s dálkovým přenosem do databáze ALA (systém ALA, Bučovice).

Povodí je plně zalesněné, v osmdesátých letech minulého století došlo vlivem „kyselého deště“ k poškození a následnému smýcení stávajících smrkových porostů (1984 – 1990). V devadesátých letech pak byl les obnoven s použitím smíšeného porostu smrku (*Picea abies*) a exotických jehličnanů (*P. pungens*, *P. mariana* atd.), považovaných za odolnější vůči imisní zátěži. Pro analyzované období 2002 – 2018 je možné považovat půdně-vegetační pokryv povodí za stabilizovaný bez výraznějších změn.

8.1.2. Typologie povodní v období 2002-2018

Uvažovala jsem tři základní typy povodní: letní z přívalových dešťů, zimní a jarní z tání sněhu, a podzimní období dlouhotrvajících dešťů.

- Období výskytu intenzivních přívalových dešťů relativně krátkého trvání jsem identifikovala s počátkem května a koncem srpna.
- Období možného výskytu povodní z tání sněhu pro toto povodí vyplývá od konce listopadu do konce dubna.
- Pro období výskytu dlouhotrvajících dešťů je charakteristické období od počátku září do konce listopadu.

Zjišťovala jsem kulminační průtoky a objemy přímého odtoku (grafickou separací hydrogramu pomocí přímky o stálém sklonu, Shaw, 2011) pro detekované povodňové jevy v každém z uvedených období a následně hodnotila dominující typ povodně v rámci ročních intervalů. Současně jsem určovala stupeň předcházejícího nasycení povodí pomocí indexu předchozích srážek API_{30} (Kemel, 1996). Riziko analyzovaných kulminačních průtoků bylo posuzováno ve vztahu k N-letým průtokům, odvozeným regionální metodou (Kemel, 1996). Výsledky jsou uvedeny v Tab. 2.

Tab. 2 - Typologie povodňových jevů, pozorovaných na povodí Sklářského potoka (Jizerka) v letech 2002-2018, (Index nasycení $API_{30} = \sum_{n=30} C_i \times P_i$ (mm); C-evapotranspirační konstanta, pro tuto oblast cca 0.93, P_i - denní úhrny srážek (mm) v i-tém dni po 30 dnů.

Typ povodně	Datum	Kulminace Q_{max} [m ³ /s]	Objem povodňové vlny V [10 ⁶ m ³]	Index nasycení API_{30}	Poměr API_{30} k normálu	Doba opakování N
Blesková povodeň	13.08.2002	2,15	0,1858	61,11	1,013	7,5
Tání sněhu	21.03.2004	0,50	0,0429	-	-	<1
Tání sněhu	19.03.2005	0,58	0,0499	-	-	<1
Tání sněhu	17.04.2006	0,44	0,0380	-	-	<1
Tání sněhu	07.12.2007	0,39	0,0337	-	-	<1
Tání sněhu	01.03.2008	0,48	0,0415	-	-	<1
Blesková povodeň	13.08.2009	0,31	0,0268	60,30	1,000	<1
Blesková povodeň	07.08.2010	1,74	0,1503	75,60	1,254	5
Blesková povodeň	21.07.2011	1,52	0,1313	101,01	1,675	4
Tání sněhu	25.02.2012	0,46	0,0401	-	-	<1
Tání sněhu	05.01.2013	0,68	0,0586	-	-	<1
Tání sněhu	16.03.2014	0,34	0,0293	-	-	<1
Tání sněhu	16.11.2015	0,62	0,0538	-	-	<1
Blesková povodeň	14.07.2016	0,81	0,0700	61,33	1,017	1
Dlouhodobý déšť	29.10.2017	0,57	0,0496	74,26	1,232	<1

Tab. 3 - N-leté průtoky Q_N [m³/s] pro povodí Sklářského potoka (Jizerka).

Q_1	Q_5	Q_{10}	Q_{50}	Q_{100}
0,782	1,819	2,382	3,695	4,768

8.2. Povodňové situace v povodí Jizery (Železný Brod)

Povodí Jizery (profil Železný Brod, zeměpisné souřadnice: 50,6399 s.z.š. a 15,2744 v.z.d., číslo hydrologického pořadí: 1-05-02-001) má rozlohu 791 km². Údaje o kulminacích průtoku pozorovaných Českým hydrometeorologickým ústavem jsou uváděny od roku 1941 (ČHMÚ, 2021), Tab. 4 a 5.

Pro prodloužení této řady jsem použila údaje o historických povodních na Jizeře, zaznamenaných v průběhu 19. století. Významné povodňové jevy zde jsou popisovány v pamětech Josefa Dlaska (Kutnar, 1941) společně s popisem meteorologických situací. Z těchto záznamů o výšce dosažených vod a periodicitě jsem se pokusila rekonstruovat průtoky a dobu opakování pro profil v Železném Brodě, Tab. 6. Příklad záznamu povodně z roku 1827: „rok 1827 byl velmi mrazivý s velkým množstvím sněhových srážek, na vrcholech Jizerských hor sahala sněhová pokrývka až ke 4 metrům, sníh začal tát až na přelomu května a června, kdy došlo k několikadennímu vyběžení řeky Jizery z kořyta s kulminací průtoku 22. června a výška hladiny dosáhla cca 238 cm“ (Kutnar, 1941).

Tab. 4 - Typologie povodní, pozorovaných na Jizeře (profil Železný Brod) z dat CHMÚ

Typ povodně	Datum	Kulminace Q_{max} [m ³ /s]	Objem povodňové vlny V [10 ⁶ m ³]	Doba opakování N
Tání sněhu	květen 1941	435	37,5840	17
Blesková povodeň	14.08.1948	504	43,5456	32
Blesková povodeň	09.08.1978	702	60,6528	112
Tání sněhu	12.03.1981	465	40,1760	24
Tání sněhu	březen 2000	551	47,6064	42
Blesková povodeň	14.08.2002	504	43,5456	32
Tání sněhu	18.03.2006	261	22,5504	3

Tab. 5 - Historické povodně na Jizeře (Železný Brod)

Typ povodně	Datum	Odhad kulminace Q_{\max} [m ³ /s]	Odhad doby opakování N
Dlouhodobý déšť	8.9.1801	590	50
Blesková povodeň	10.8.1819	520	35
Tání sněhu	prosinec 1821	500	30
Dlouhodobý déšť	17.7.1824	520	35
Tání sněhu + přívalový déšť	jaro 1826	520	35
Tání sněhu	22.6.1827	590	50
Tání sněhu + déšť	prosinec 1829	500	30
Ledová povodeň	19.3.1830	600	53
Tání sněhu + déšť	25.1.1834	670	93
Tání sněhu	8.3.1836	550	40
Tání sněhu	27.-29.3.1845	520	35
Blesková povodeň	8.7.1850	550	40
Dlouhodobý déšť	2.8.1858	670	93

Tab. 6 - N-leté průtoky Q_N [m³/s] na Jizeře (Železný Brod), ČHMÚ (2021)

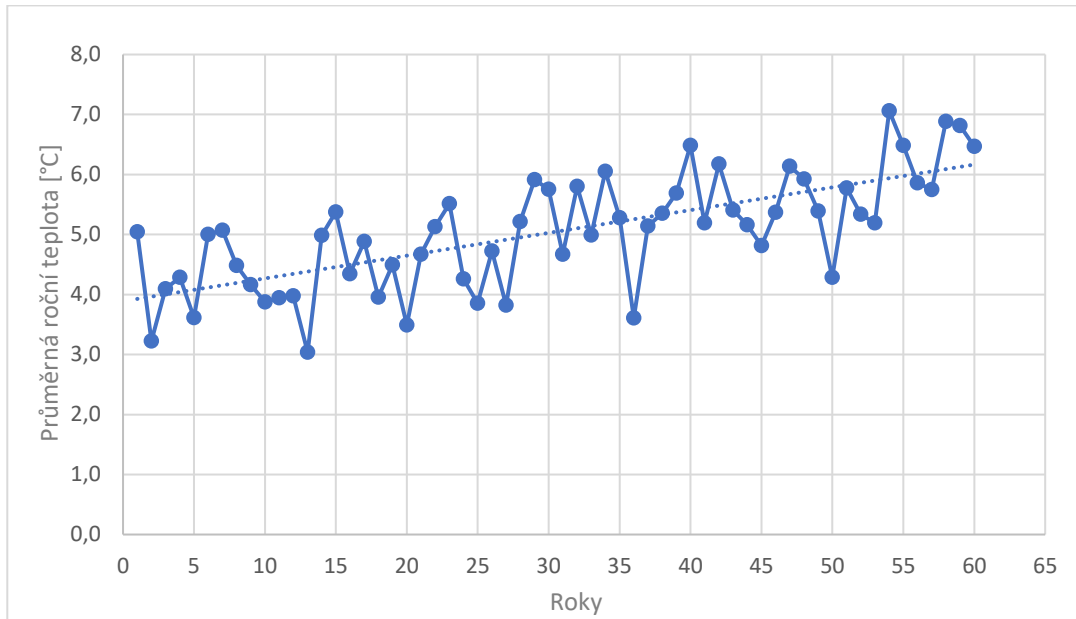
Q_1	Q_5	Q_{10}	Q_{50}	Q_{100}
170	325	400	590	680

9. Možné ovlivnění průtoků klimatickou změnou

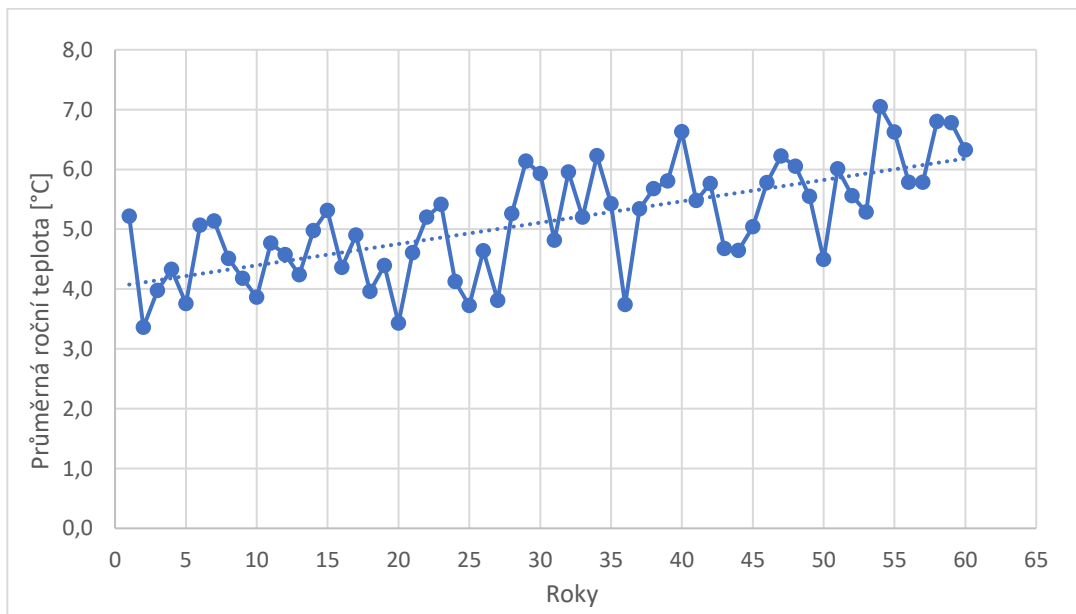
Zvyšovaný důraz na pozorování menších povodí v horských oblastech je, s ohledem na klimatické změny v dnešní době, velmi důležitý. S postupným globálním oteplováním, které již probíhá, bude docházet k častějším extrémním hydrologickým jevům: povodňovým situacím a výskytu sucha (IPCC, 2013). Zvyšující se frekvence intenzivních přívalových dešťů může přinášet častější výskyt „bleskových povodní“.

9.1. Analýza ročních srážkových úhrnů a průměrných ročních teplot

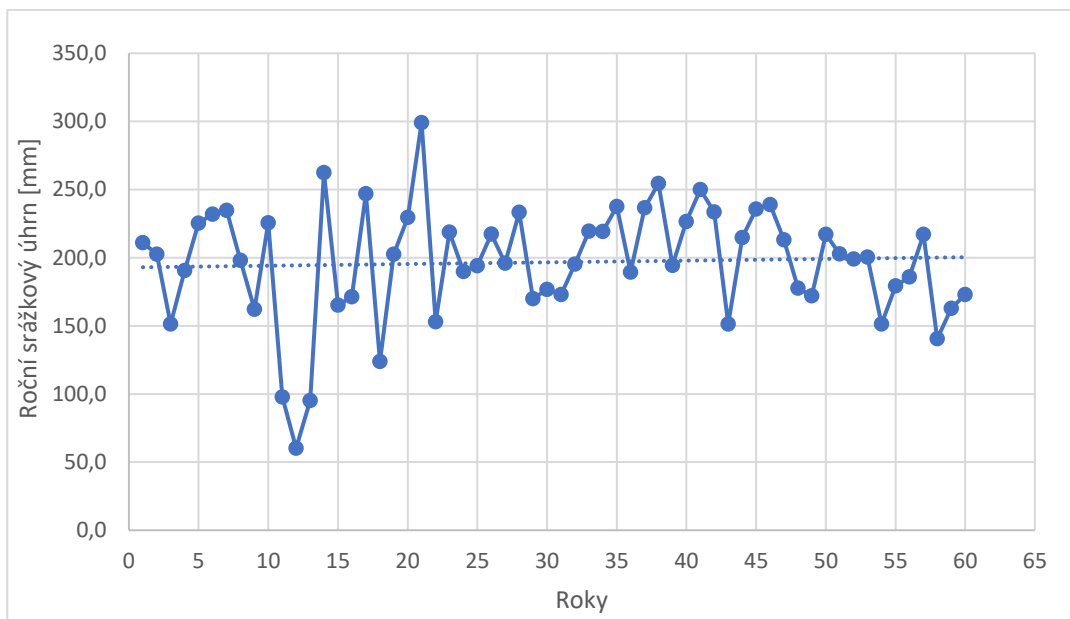
Z analýzy časových řad průměrných ročních teplot vzduchu a ročních srážkových úhrnů, pozorovaných na klimatických stanicích ČHMÚ Bedřichov a Desná – Souš, vyplývá pro období 1961-2020 statisticky významný rostoucí trend teploty vzduchu (hodnoty Spearmanova součinitele korelace $R_s = 0,7$ a $0,71$ převyšují kritickou hodnotu $R_{s,krit} = 0,36$ na hladině významnosti $p=0,05$), zatímco pro srážkové úhrny statisticky významný trend potvrzen nebyl. Průměrná roční teplota vzduchu v období posledních 60 - ti let tudíž vzrostla o cca 2 °C.



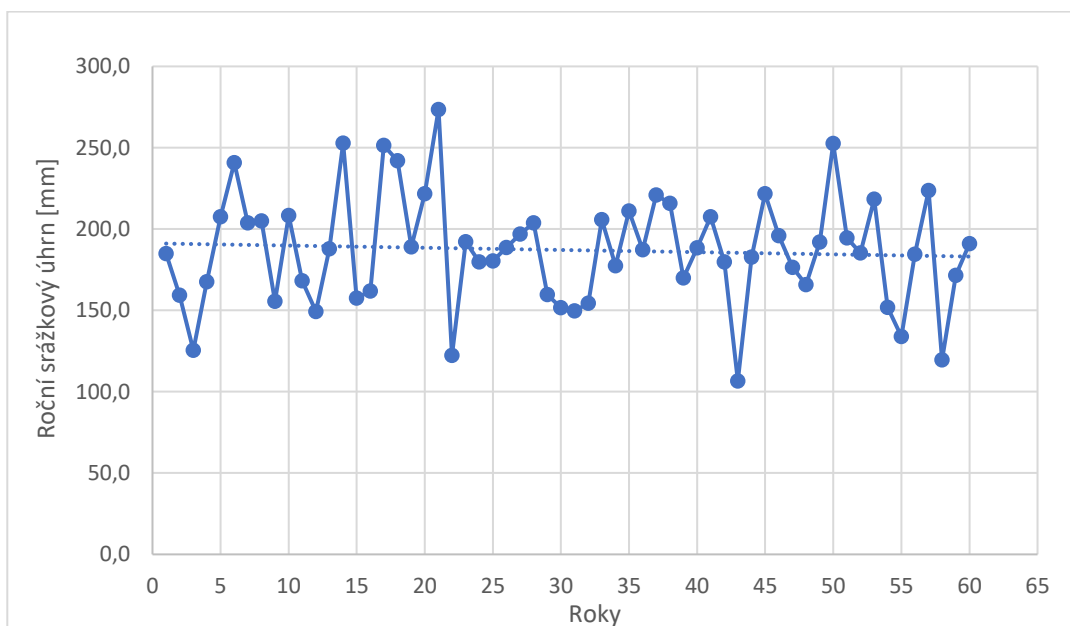
Obr. 6 - Průměrné roční teploty vzduchu na stanici Desná-Souš v letech 1961-2020 (data-ČHMÚ).



Obr. 7 - Průměrné roční teploty vzduchu na stanici Bedřichov v letech 1961-2020 (data-ČHMÚ).



Obr. 8 - Roční srážkové úhrny na stanici Desná-Souš v letech 1961-2020 (data-ČHMÚ).

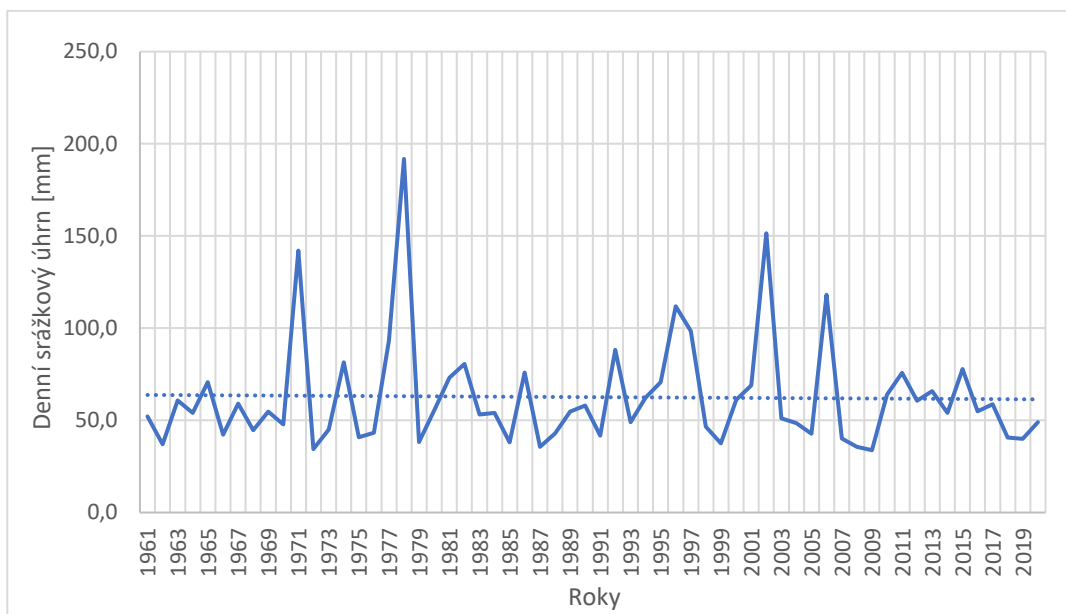


Obr. 9 - Roční srážkové úhrny na stanici Bedřichov v letech 1961-2020 (data-ČHMÚ).

9.2. Analýza denních srážkových úhrnů

Pro jednotlivé roky pozorování byly identifikovány roční maximální hodnoty denních srážkových úhrnů. Analýzou ročních maxim denních srážkových úhrnů v letech 1961-2020 na stanici Desná-Souš (Obr. 10) nebyl prokázán statisticky významný

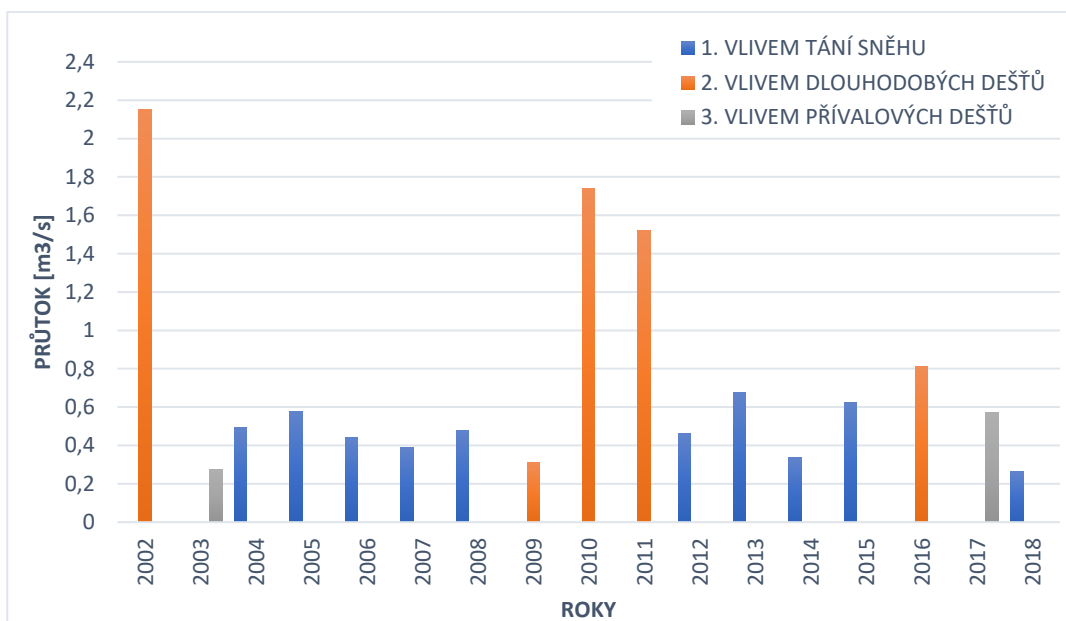
rostoucí trend (Spearmanův koeficient $R_s = 0.023$ je nižší než kritická hodnota $R_{s,krit} = 0,36$ na hladině významnosti $p=0,05$).



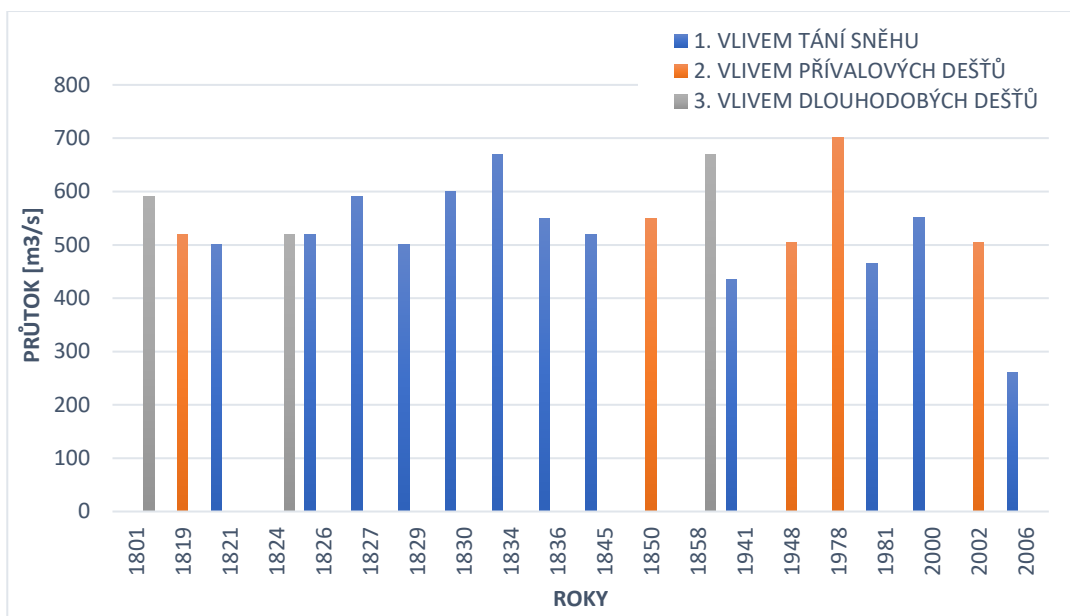
Obr. 10 - Roční maxima denních srážkových úhrnů na stanici Desná, Souš v letech 1961-2020 (data-ČHMÚ).

10. Výsledky a diskuze

Získané výsledky jsou demonstrovány v obr. 11 a 12, kde jsou uvedeny jednotlivé kulminace průtoku podle zvolených kategorií jejich genetické příčiny, typologie povodně.



Obr. 11 - Typologie povodní na Sklářském potoce (Jizerka).



Obr. 12 - Typologie povodní na Jizeře (Železný Brod).

Pro hydrologicky malé povodí Sklářského potoka na náhorní části Jizerských hor je typické, že častěji dochází ke zvyšování průtoku vlivem tání sněhu, ale významnější kulminace průtoku nastávají především vlivem krátkých a intenzivních letních přívalových dešťů, které způsobují bleskové povodně. Tato skutečnost odpovídá poznatkům regionální hydrologie (Kemel, 1996).

Naopak pro relativně velké povodí Jizery po doplnění průtokové řady o analýzu historických povodní je typické, že více povodní s většími kulminačními průtoky jsou vlivem tání sněhu v kombinaci s dešťovými srážkami v zimním a jarním období. Intenzivní přívalové srážky, které mají zpravidla krátkou dobu trvání, zde nejsou vzhledem k velké ploše povodí kritická. Přesto údaje z období konce 20. století (data ČHMÚ) potvrzují i zde rostoucí význam vlivu přívalových dešťů, naopak historické údaje z 19. století evidentně korespondují s významnější rolí akumulace a tání sněhu (IPCC, 2013).

Historické údaje rovněž konstatují vliv smýcení lesů v Jizerských horách na čtenější výskyt extrémních povodní v níže ležících aglomeracích koncem 19. století (Dvořák a Novák, 1994, Míchal, 1994). Z provedené analýzy v povodí Sklářského potoka na náhorní části hor však vyplývá poměrně vysoké nasycení povodí (hodnoty indexu API_{30} , Tab. 2) a tudíž i omezený vliv půdně-vegetačního komplexu na retenci povodí.

Z hlediska dosavadního průběhu globální klimatické změny (1961 – 2020, obr. 8, 9 a 10) nebyly pro analyzované klimatické stanice potvrzeny statisticky významné trendy pro časové řady ročních srážkových úhrnů ani ročních maxim denních srážkových úhrnů (průkazné v různých částech světa, IPCC, 2013). Statisticky významný je rostoucí trend průměrných ročních teplot vzduchu (oteplení o cca 2 °C za posledních 60 let), obr. 6 a 7.

12. Závěr

Výsledky této studie potvrzují odlišnou typologii povodňových jevů pro hydrologicky malé a velké povodí se zřetelem vývoje srážko-odtokového vztahu v oblasti Jizerských hor. Pro povodí náhorní části hor jsou kritické kulminace průtoku vlivem letních přívalových dešťů, zatímco pro níže ležící říční profily je dominantní tání sněhu v kombinaci s dešťovými srážkami.

Pro náhorní část Jizerských hor jsou charakteristické mělké půdy a poměrně vysoké nasycení povodí (hodnoty indexu API_{30}) v případech výskytu příčinného deště, tudíž i omezený vliv vegetačního pokryvu na retenci. Přesto z historických údajů je patrný vliv smýcení lesa koncem 19. století na četnější povodně vlivem snížené retardace odtokového procesu.

Pro období 1961 – 2020 nebyly potvrzeny statisticky významné trendy pro časové řady ročních srážkových úhrnů ani ročních maxim denních srážkových úhrnů, ale statisticky významný je rostoucí trend průměrných ročních teplot vzduchu (oteplení o cca 2 °C za posledních 60 let). S rostoucí teplotou lze uvažovat o zvyšování potenciální evapotranspirace a tudíž i nárůstu intercepční ztráty v lesích při dešťových srážkách (a mírného nárůstu retence povodí). Přesto je třeba vzhledem k současným klimatickým studiím v blízké budoucnosti akceptovat riziko zvyšování četnosti povodňových jevů pro aglomerace v podhůří Jizerských hor.

Protipovodňová ochrana není nikdy absolutní, a tudíž i v této oblasti je třeba protipovodňová opatření aktualizovat a zlepšovat (jak hlásnou a předpovědní službu, tak i technická a netechnická opatření). Současná protipovodňová ochrana oblasti Jizerských hor a podhůří, vybudovaná ve 20. století, umožňuje transformaci povodňové vlny o objemu vody stoleté. Z analýzy povodňových jevů na povodí řeky Jizery vyplývá, že současná ochrana je dostačující, ovšem pro očekávané změny globálního klimatu bude nutné tuto strategii revidovat.

Z hlediska protipovodňové ochrany přímo v oblasti hor je zásadní dodržování regulace CHOPAV, které bylo dosud často pouze formální s udělováním výjimek (vzhledem k imisní situaci atd.). Důležité je dosažení optimalizace retenčního účinku povodí (obnova smíšených lesních porostů blízkých klimaxové skladbě) a existujících nádrží (manipulační řády). Protipovodňová ochrana v níže ležících aglomeracích by měla zahrnout i účast místních obyvatel a zájmových skupin, i s ohledem na využití pozemků místních obyvatel k rozšíření řízeného inundačního území.

13. Seznam použité literatury

Odborná literatura

- [1] Acot, P. (2005). *Historie a změny klimatu*. Nakladatelství Karolinum, Praha, 237 s.
- [2] Balatka, B. a Kalvoda J. (2006), *Geomorfologické členění reliéfu Čech*. Kartografie, Praha, 79 s.
- [3] Davis DW. (2007), *Is the current approach to managing flood threats in the United States sustainable?* In: Water Resources Engineering (EWRI Conference Proceedings), American Society of Civil Engineers, Tampa (FL): 638 pp.
- [4] Demek, J. a Mackovčín. (2006), *Hory a nížiny-zeměpisný lexikon ČR*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 582 s.
- [5] Dvořák, J., Novák L. (1994), *Soil conservation and silviculture*. Elsevier, Amsterdam, 399 s.
- [6] Ducháček L., Jiráček J. (2010), *Hydrologické dny 2010: voda v měnícím se prostředí: hydrologie v České republice a ve Slovenské republice na počátku 21. století: sborník příspěvků a posterových abstraktů: 7. národní konference českých a slovenských hydrologů a vodohospodářů: 25.-27. října 2010, Hradec Králové. Český hydrometeorologický ústav. s. 228-229*
- [7] Ewing, S.A., Grayson, R.B. and Argent, R.M. (2000), *Science, citizens, and catchments: decision support for catchment planning in Australia*. Society and Natural Resources, 13(5): 443-459.
- [8] Hickey JT, Salas JD. (1995), *Environmental effects of extreme floods. Hydrometeorology, Impacts, and Management of Extreme Floods, Proceedings of U.S. - Italy Research Workshop*, p. 1-22, WARREDOC, Perugia (Italy).
- [9] Chang, M. (2012), *Forest hydrology: an introduction to water and forests*. 3rd edition, CRC Press, Boca Raton, 598 s.
- [10] IPCC (2013). *Climate change 2013: The physical science basis*. The 5th assessment report, WMO, Genéva, 427 s.
- [11] Karpaš, R. (2009), *Jizerské hory, 1: O mapách, kamení a vodě*. Liberec: RK, s. 378-379.
- [12] Kemel, M. (1996), *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Praha: ČVUT
- [13] Křeček, J., Hořická, Z. (2006), *Forests, air pollution and water quality: influencing health in the headwaters of Central Europe's „Black Triangle”*. Unasylva 57, 46-49.

- [14] Křeček, J., Palán, L., Pažourková, E., Stuchlík, E. (2019), *Water-quality genesis in a mountain catchment affected by acidification and forestry practices*. *Freshwater Science*, 38(2): 257-269.
- [15] Křeček, J., Punčochář, P. (2012), *Design of climate station network in mountain catchments*. *Hungarian Geographical Bulletin* 61, 19-29.
- [16] Kutnar, F. (1941), *Paměti sedláka Josefa Dlaska*. Melantrich, Praha, 131s.
- [17] Kynčil, J. (1982), *Excerpta z díla Christiana Gottliba Pötzsche: Chronologické dějiny velkých povodní labského proudu za tisíc a více let. Dodatek a pokračování jeho Chronologických dějin velkých povodní labského proudu za tisíc a více let*. Povodí Ohře, Chomutov
- [18] Lesy a povodně (2003), Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zemědělství a Česká lesnická společnost. *Lesy a povodně: celostátní seminář: 25. června 2003* Dům ČSVTS, Novotného lávka 5, Praha 1. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2003. s. 48-49.
- [19] Martínek, B., Linhart, P. et al. (2003), *Ochrana člověka za mimořádných situací*. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR.
- [20] Míchal, I. (1994), *Ekologická stabilita*. Veronica
- [21] NĚMEC, J., HLADNÝ, J., BLAŽEK, V. a Ministerstvo zemědělství. (2006), *Voda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult, s. 82-87.
- [22] Pender, G., Faulkner, H. (2011), *Flood risk science and management*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 544 s.
- [23] Rabštejnek, O. (1969), *Lesy Jizerských hor*. *Ochrana Přírody*, 24: 40-42.
- [24] Shaw, E.M. (2011), *Hydrology in practice*. 4th edition, Span Press, London, 560 s.
- [25] Slodičák, M. (2005), *Lesnické hospodaření v Jizerských horách: Forestry management in the Jizerské hory Mts*. Hradec Králové: Lesy České republiky, Edice Grantové, služby LČR.
- [26] Státníková, P. (2017), *Povodně v Praze a historická paměť*. *Vesmír*, 96: 278-280
- [27] Tureček, K. (2003), *Zákon o vodách*. Sondy, Praha, 611 s.

Internetové zdroje

- [28] *Bílá Desná*, Tržický, M. (2006), [online], [cit. 2.4.2021], Dostupné z: http://www.jizerky.eu/bila_tech.php
- [29] *Council for Watershed Health* (2011), [online], [cit. 2.4.2021], Announcing the council for watershed health. Dostupné z: <http://watershedhealth.org/>
- [30] *Experimentální povodí CHMÚ v Jizerských horách*, CHMÚ, [online], [cit. 9.4.2021], Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/hydro/ohv/zakladni_informace/Experimentalni_povodi_CHMU_v_Jizerskych_horach.pdf
- [31] *Farm the flow*, Fullen, M. (2021), University of Wolverhampton, UK, [online], [cit. 16.4.2021], Dostupné z: <http://www.severngorge.org.uk/farm-the-flow/>
- [32] *Flóra*, Resort životního prostředí, [online], [cit. 31.3.2021], Dostupné z: <https://jizerskehory.ochranaprirody.cz/zakladni-udaje-o-chko/flora/>
- [33] *Flóra a fauna*, CHKO Jizerské hory, [online], [cit. 31.3.2021], Dostupné z: http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=Flora_fauna&site=CHKO_jizerske_hory_cz
- [34] *Geologie*, Resort životního prostředí, [online], [cit. 29.3.2021], Dostupné z: <https://jizerskehory.ochranaprirody.cz/zakladni-udaje-o-chko/geologie/>
- [35] *Historie povodní na JM a povodňové škody*, Jelínková I. (2012), [online], [cit. 21.3.2021], Dostupné z: https://is.muni.cz/el/sci/podzim2014/Z0059/um/protipovodnova_opatreni-1__1_.pdf?lang=en
- [36] *Hydrologie*, CHKO Jizerské hory, [online], [cit. 29.3.2021], Dostupné z: http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=Hydrologie&site=CHKO_jizerske_hory_cz
- [37] *Chronologický přehled událostí*, Tržický, M. (2007), [online], [cit. 5.4.2021], Dostupné z: http://www.jizerky.eu/bila_chron.php
- [38] *Klimatické poměry*, Resort životního prostředí, [online], [cit. 2.4.2021], Dostupné z: <https://jizerskehory.ochranaprirody.cz/zakladni-udaje-o-chko/klimaticke-pomery/>
- [39] *Povodně v Praze*, Portál životního prostředí, [online], [cit. 25.3.2021], Dostupné z: http://portalzp.praha.eu/jnp/cz/voda/povodne_v_praze.html
- [40] *Program spoločného vedeckého podujatia s medzinárodnou účasťou, pod záštitou Ministerstva životného prostredia SR, za podpory medzinárodného Vyšehradského fondu*, Jiráček, J. (2015), [online], [cit. 16.4.2021], Dostupné z: <http://www.vuvh.sk/zbornik2015/docs/z37.pdf>
- [41] *Přehrada Josefův Důl*, Horský, M. (2000), [online], [cit. 5.4.2021], Dostupné z: <http://bimbo.fjfi.cvut.cz/~horsky/prehrady/josefd/uv.html>

- [42] *Přehrada Souš*, Horský, M. (2000), [online], [cit. 5.4.2021], Dostupné z: <http://bimbo.fjfi.cvut.cz/~horsky/prehrady/sous/uv.html>
- [43] *Přírodě blízká protipovodňová ochrana*, Just, T., [online], [cit. 26.3.2021], Dostupné z: <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/prirode-blizka-protipovodnova-ochrana-pbppo/>
- [44] *Stupně povodňové aktivity*, Povodňový portál, [online], [cit. 22.3.2021], Dostupné z: <https://www.povodnovyportal.cz/povodnovy-plan/dobra-134/stupne-povodnove-aktivity>
- [45] *Suchým poldrem proti vodě*, Státní pozemkový úřad, [online], [cit. 25.3.2021], Dostupné z: <http://zitkrajinou.cz/voda-a-sucho/suchym-poldrem-vode/>
- [46] *Údolní přehrada Souš na Černé Desné*, Tržický, M. (2014), [online], [cit. 5.4.2021], Dostupné z: <http://www.jizerky.eu/sous.php>
- [47] *Víceúčelové vodní nádrže*, Ministerstvo zemědělství (2005), [online], [cit. 25.3.2021], Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/37059/_34_viceuce-love_madrze.pdf
- [48] *Vodní nádrž Souš*, Jiroušek J., [online], [cit. 25.3.2021], Dostupné z: <https://www.nebeske.cz/tag/vodni-nadrz-sous/>
- [49] *Vodopády Jizerských hor*, Vodopády ČR, [online], [cit. 3.4.2021], Dostupné z: <http://www.vodopady.info/cz/jizerky/Jizerky.php?page=cerny>
- [50] *Vývoj lesů v Jizerských horách*, Lesy ČR (2013), [online], [cit. 9.4.2021], Dostupné z: <https://jizerskehory.ochranaprirody.cz/res/archive/407/067184.pdf?seek=1541597410>

Seznam obrázků

Obr. 1-Charakteristika povodňové vlny.....	10
Obr. 2 – Mobilní protipovodňové opatření v Praze.	16
Obr. 3 - Přírodě blízké protipovodňové opatření (ochranná hráz posunuta od toku a území zanecháno jako přírodní poldr)	17
Obr. 4 - Průměrná roční teplota vzduchu v JH v r. 2001	20
Obr. 5 - Vodní nádrž Souš	23
Obr. 6 - Průměrné roční teploty vzduchu na stanici Desná-Souš v letech 1961-2020 ...	30
Obr. 7 - Průměrné roční teploty vzduchu na stanici Bedřichov v letech 1961-2020.....	30
Obr. 8 - Roční srážkové úhrny na stanici Desná-Souš v letech 1961-2020.....	31
Obr. 9 - Roční srážkové úhrny na stanici Bedřichov v letech 1961-2020	31
Obr. 10 - Roční maxima denních srážkových úhrnů na stanici Desná, Souš v letech 1961-2020.	32
Obr. 11 - Typologie povodní na Sklářském potoce (Jizerka).	33
Obr. 12 - Typologie povodní na Jizeře (Železný Brod).....	33

Seznam tabulek

Tab. 1 - Geomorfologické charakteristiky povodí Sklářského potoka (Jizerka)	26
Tab. 2 - Typologie povodňových jevů, pozorovaných na povodí Sklářského potoka (Jizerka) v letech 2002-2018.....	27
Tab. 3 - N-leté průtoky Q_N [m^3/s] pro povodí Sklářského potoka (Jizerka).	27
Tab. 4 - Typologie povodní, pozorovaných na Jizeře (profil Železný Brod)	28
Tab. 5 - Historické povodně na Jizeře (Železný Brod).....	29
Tab. 6 - N-leté průtoky Q_N [m^3/s] na Jizeře (Železný Brod)	29