

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a biometeorologie



**Dopady monzunového deště na zemědělskou produkci
v jihovýchodní Asii**

Bakalářská práce

Autor práce: Veronika Kubičková

Vedoucí práce: doc. Dr. Vera Potopová

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Dopady monzunového deště na zemědělskou produkci v jihovýchodní Asii" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 11. dubna 2018

Veronika Kubíčková

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Dr. Mgr. Veře Potopové, za cenné rady věcné připomínky a čas, který mi věnovala při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

Dopady monzunového deště na zemědělskou produkci v jihovýchodní Asii

Souhrn

Bakalářská práce na téma Dopady monzunových dešťů na zemědělskou produkci v jihovýchodní Asii, shrnuje převážně obecné poznatky o monzunech a extrémních srážkách ovlivňujících zemědělství v Indii. Monzuny představují celoroční stálé proudění vzduchu sezónního charakteru, vznik je podmíněn různorodým zahříváním aktivního povrchu. Zaměříme-li se však detailněji na příčiny a průběh vzniku tropických monzunů v Asii, zjistíme, že nelze podmínky vzniku tohoto proudění zobecňovat na pouhé rozdělení tlakových oblastí. Ačkoli se v průběhu let snižuje závislost indické ekonomiky na monzunech a to kvůli nedostatku vhodných zavlažovacích zařízení ve všech regionech, každoročně je předpověď monzunu pozorně sledovanou událostí. Indie získává téměř 53 % své zemědělské produkce z období kharifu (červen - září) ve srovnání se sezonou rabi (listopad - únor), kde produkce činí zhruba 47 %. Monzun je také důležitý pro plodiny a má dopad na podzemní vodu a nádrže, které jsou rozhodující pro zavlažování plodin. Neboť bohatství mnoha indických společností závisí na prognóze obvyklých monzunech. Zemědělci v monzunových oblastech se spoléhají na pěstování plodin v deštivých letních měsících. Nicméně letní monzun nepřináší vždy stejné množství srážek a změny v dešti mají důsledky pro zemědělství a hospodářství. Období monzunu, sebou ale přináší nebezpečí pro zdraví člověka. V letní monzunové sezóně jsou velmi častá onemocnění, jako je cholera, dengue, chikungunya a malárie, stejně jako infekce žaludku a očí. Dalším problémem a to velmi zásadním, je pitná voda. Indie má 63,4 milionů žijících obyvatel na venkově bez přístupu k čisté vodě. Ve srovnání celosvětově je to tolik populace, kolik žije celkově v Austrálii, Švédsku, na Srí Lance a v Bulharsku. Dostupnost vody na obyvatele v Indii klesá kvůli nárůstu počtu obyvatel, přičteme-li k tomu období sucha, je jakákoliv voda vzácností.

Klíčová slova: extrémní srážky, suchá období, vlhká období, monzun, zemědělství

Impacts of monsoon rains on agricultural production in Southeast Asia

Summary

Bachelor thesis on The impact of monsoon rains on agricultural production in Southeast Asia, summarizes predominantly general knowledge of monsoons and extreme rainfall affecting agriculture in India. Monsoons represent a year-round constant air flow of seasonal character, the emergence is conditioned by varied warming of the active surface. However, if we focus more closely on the causes and the evolution of tropical monsoons in Asia, we can see that the conditions of this flow can not be generalized to mere distribution of pressure areas. Although the dependence of the Indian economy on monsoon is decreasing over the years, due to the lack of suitable irrigation facilities in all regions, the monsoon forecast is a carefully monitored event every year. India receives almost 53% of its agricultural production from the kharif period (June - September) compared to the rabi season (November - February), where production is about 47%. Monsoon is also important for crops and has an impact on groundwater and tanks that are critical to crop irrigation. For the wealth of many Indian companies depends on the forecast of the usual monsoons. Farmers in monsoon areas rely on growing crops in rainy summer months. However, the summer monsoon does not always produce the same amount of precipitation, and changes in rainfall have implications for agriculture and the economy.

However, the monsoon period presents a danger to human health. In the summer monsoon season there are very common diseases such as cholera, dengue, chikungunya and malaria, as well as stomach and eye infections. Another problem, and very crucial, is drinking water. India has 63.4 million live people in the country without access to clean water. By comparison, there are as many as a whole population in Australia, Sweden, Sri Lanka and Bulgaria. The availability of water per capita in India is declining due to the increase in population, if we add drought to that, every water is scarce.

Keywords: extreme rainfall, drought period, wet period, monsoon, agriculture

Obsah

1 Úvod	7
1.1 Cíl práce.....	8
2 Monzun, monzunové deště	8
Monzunové země.....	8
2.1 Vznik monzunu.....	9
Monzuny vs. pasáty.....	10
2.2 Rozdělení monzunu.....	13
2.3 Význam monzunu.....	16
3 Extrémně vysoké srážky, extrémně nízké srážky	17
4 Dopad monzunu na zemědělskou produkci	21
5 Dopad monzunu ve světě v souvislosti se změnou klimatu	25
Extrémní výkyvy počasí.....	25
6 Jak bojovat proti monzunovým deštům ve světě	26
6.1 Rozšířit zavlažování.....	26
6.2 Pěstování odolných plodin, hybridů.....	27
6.3 Velké množství vody.....	29
7 Následky	30
7.1 Monzuny a zdraví.....	30
7.2 Opak velká úroda.....	32
7.3 Sesuvy půdy.....	34
7.4 Dopad na turismus.....	35
7.5 Boj o pitnou vodu.....	35
8 Závěr	37

1 Úvod

V bakalářské práci se podrobněji věnuji extrémním srážkám a to v oblasti jihovýchodní Asie, především Indie dále se zaměřím na zemědělskou produkci v Indii.

V dnešní době představuje zemědělství ve světě stále významné poslání. Je to sektor obstarávající potravinovou základnu pro všechny obyvatele Země. Protože velká část obyvatel rozvojových zemí je závislá pouze na příjmech ze zemědělství. Ačkoli se Indie řadí na přední příčky v exportu zemědělských výrobků, žije zde nejvyšší počet lidí na světě s denními příjmy na osobu pod 1 USD, bez patřičného vzdělání a trpících podvýživou. Indie je země plná paradoxů a mající nemalé problémy, ke kterým se však staví čelem. Na jednu stranu je neuvěřitelně bohatá a na druhou katastrofálně chudá.

Neméně důležité je v zemědělství počasí. V Indii se rozlišuje šest ročních období: jaro, léto, období dešťů, raný a pozdní podzim a zima. Ve skutečnosti jsou ale v podstatě jenom tři, léto - období horka, zima - chladné období a období monzunů.

A právě v době monzunů, je většina země promočená. Jejich výskyt, je ale ovlivněn zeměpisnou polohou regionu. Říká se, že některé oblasti jsou během monzunů nejkrásnější, vše se zazelená a bujně roste. Bohužel vše má, ale i své stinné stránky. Po několika měsíčním sužování vedrem, které zabíjí až několik tisíc lidí ročně, přichází monzunové deště. Je to životadárná voda, která v monzunovém období dokáže ničit úrodu, lidská obydlí, způsobuje ztráty na životech, záplavy, sesuvy půdy a jiné přírodní katastrofy.

1.1 Cíl práce

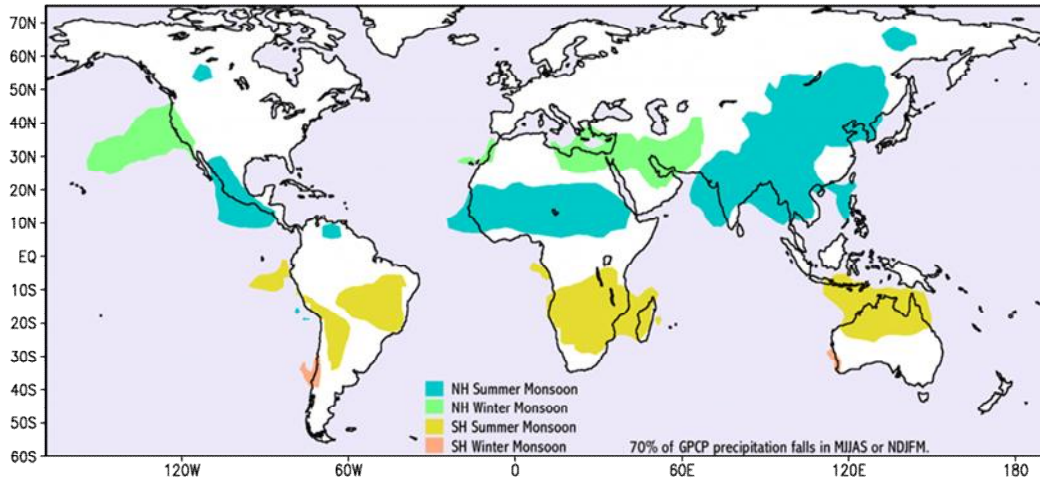
Cílem této bakalářské práce je hodnocení výskytu extrémně nízkých a extrémně vysokých srážek a jejich vliv na produkci zemědělských plodin v Indii.

2 Monzun, monzunové deště

Monzun (z arabského slova mausim – sezóna, roční období) je souhrnné označení pro větry, které jsou součástí všeobecné cirkulace atmosféry. Monzun mění směr se změnou ročního období. Ovlivňuje velkou část oblasti na obratnících, avšak nejdůležitější roli hraje na Indickém subkontinentu. Z hlediska současného stavu poznání a v globálním pohledu představují monzuny složitý a komplexní cirkulační systém a hraje významnou roli při kompenzaci nerovnovážných stavů v atmosféře (Sobíšek, 1993; Trizna, 2004; Bednář, 2003).

Monzunové země

Monzunové proudění v jistém ohledu představuje logické schéma, které je možné uskutečnit kdekoli na Zemi, kde nastanou podobné podmínky. Jak vidíme z obrázků č. 4 a 5, monzuny nejsou výhradně doménou jižní, jihovýchodní a východní Asie, ačkoliv je zde jejich chod nejčastěji popisován. Můžeme se tak s nimi setkat, také v severní a jižní Austrálii, v rovníkové a jižní Africe, západní části severní Ameriky a v jisté obměně i v Evropě a jinde. Monzun má svůj typický "harmonogram" a dá se říct, že jej s "železnou" přesností dodržuje.



Obr. č. 1. Oblasti, kde se vyskytuje nejméně 70% ročních srážek. Modrá znázorňuje letní monzun, zelená zimní monzun na severní polokouli. Žlutá představuje letní monzun a červená zimní monzun na jižní polokouli. P. Dirmeyer. (Zdroj : <http://www.clivar.org/clivar-panels/monsoons>)

2.1 Vznik monzunu

Pevnina se zahřívá rychleji než oceán, a proto je pevninská masa Asie často až o několik °C teplejší než Indický oceán. A tento ohřátý vzduch stoupá nad pevninou a rozpíná se. A tím vytváří oblast tlakové níže a ta uvádí monzun do pohybu. Aby se tlak vyrovnal, začne proudit na pevninu chladný těžší vzduch, který je nad oceánem. Vzduch proudí z oceánu nad pevninu letní monzun je proto vlhký a přináší mohutné srážky (Holton and Hakim, 2012).

Při vzniku monzunu je důležitá Coriolisova síla (odstředivá síla, která vzniká rotací Země) odchyluje větry na severní polokouli směrem doprava a na jižní polokouli směrem doleva (Reichl a Všetická, 2012). Monzuny jsou stálé větry, které mění svůj směr jednou za půl roku a vyskytují se zhruba mezi 30° severní šířky a 30° jižní šířky. Čím je plocha pevniny větší, tím silněji monzuny působí (Reichel a Všetická, 2012). Nejsilnější monzuny se proto vyskytují v jižní a jihovýchodní Asii. Na severní polokouli vanou v zimě větry suché ze střední a severní Asie a to směrem na jih. Vzduch se nad indickým subkontinentem ohřívá a tím tak způsobuje několikaměsíční období sucha (Dvořák, 2003; Sobíšek, 1993).

Cyklony mohou také nastat, na východním pobřeží během pre-monzunových (duben-květen) a postmonzunových (říjen-listopad) sezónách. Některé z nich jsou většinou velmi intenzivní a způsobují vážné katastrofy. Kdy během několika měsíců spadne drtivá většina ročních srážek (Bednář, 1993; Bednář a Kopáček, 2005; Sobišek, 1993).

Termín monzun se běžně používá v poněkud obecném smyslu pro označení jakékoliv sezónního cirkulačního systému. Základní pohon pro cirkulaci monzunu je poskytován pozemními tepelnými vlastnostmi a vodními povrchy. Vzhledem k tomu je tenká vrstva půdy, která reaguje na sezónní změny teploty povrchu, má malou tepelnou kapacitu ve srovnání s tepelnou kapacitou horní vrstvy oceánu, který reaguje v podobném časovém měřítku. A absorpce slunečního záření zvyšuje povrchovou teplotu nad zemí mnohem rychleji než nad oceánem. Oteplování půdy vzhledem k oceánu vede ke zvýšení cumulových konvekci, a to vede k latentnímu uvolňování tepla, které produkuje vysoké teploty v celé troposféře (Holton and Hakim, 2012).

Monzuny vs. Pasáty

Do jisté míry souvisí monzuny s tropickým obdobím dešťů, a tak si je lidé často zaměňují s pasáty. Pasáty na rozdíl od monzunů vanou v podstatě jedním stálým směrem. Příčinou pasátů je tlaková deprese. Oproti tomu monzun závisí na střídání polohy tlakové výše a níže a na širší synoptické situaci. Monzuny je tedy možné nalézt všude po světě, včetně polárních oblastí. Pasáty se týkají rovníkových a jím blízkých oblastí (Seifert, 1987).

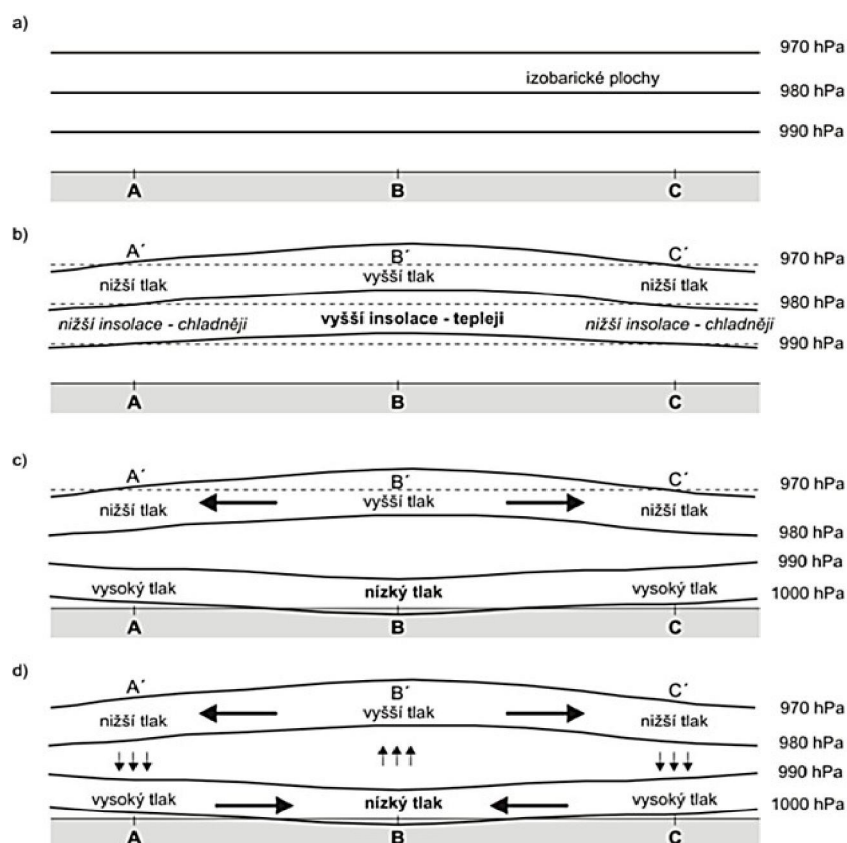
Pasáty

Stálý vítr, který vane v tropech směrem k rovníku a na severní polokouli od severovýchodu, na jižní polokouli vane od jihovýchodu. Tento vítr, byl využíván obchodními námořníky, proto je v angličtině nazýván jako obchodní vítr (anglicky trade-wind). Pasáty vanou s větší pravidelností a silou nad mořem než nad pevninami. Bývají zde často přerušovány nerovnostmi půdy a jejím nestejným oteplováním.

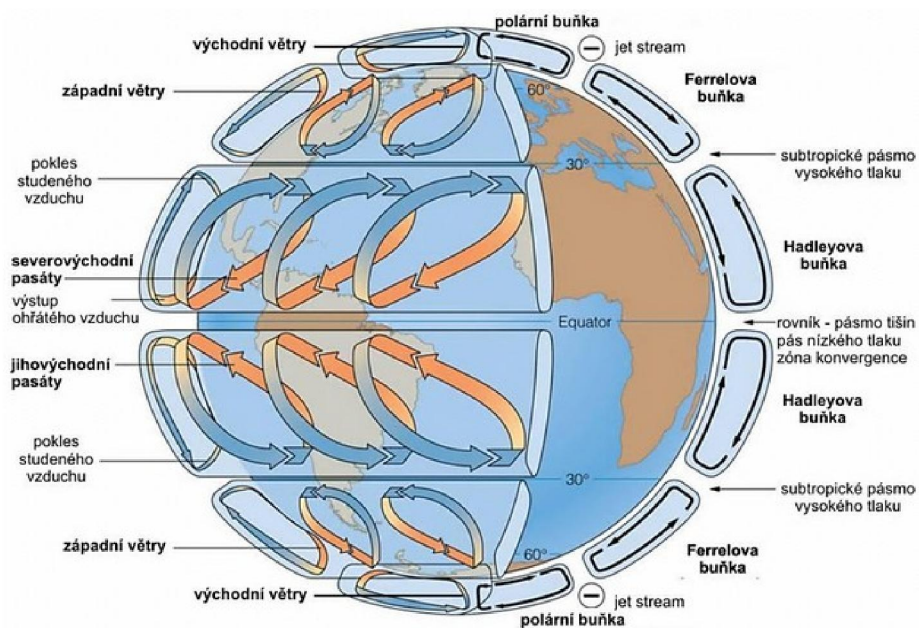
Z těchto důvodů jsou pasáty stálejší v zimě než v létě. Jihovýchodní pasát, který vane na jižní polokouli, má větší sílu než pasát severovýchodní.

Je třeba poznamenat, že směr větrů se může značně lišit v závislosti na umístění a tvaru subtropického vysokého tlaku. Větry nad severním Indickým oceánem ovládá monzun. Během zimy je nad asijským kontinentem velký tlak a rozsáhlý průtok přes oblast je od severovýchodu. Během letního monzunu se na asijském kontinentu vytváří velký nízký tlak a směr větru je obrácen a dominantní směr větru je od jihozápadu. Zemská atmosféra reaguje na nerovnoměrný ohřev slunce tím, že proudí v obrovských cirkulačních pásech, které vytvářejí stabilní větrné vzory. Rovníková oblast získává více přímého slunečního světla a vytváří přebytek sálavé tepelné energie, která pohání konvekce vzdušných hmot, nazývaných atmosférické cirkulační buňky.

Existují tři typy atmosférických buněk, ale pouze jedna je zodpovědná za vznik pasátů a to Hadleyova buňka. Rozšiřuje se na rovník, kde cyklují horký tropický vzduch na sever, kde se srazí s Ferrellovými buňkami mírných zeměpisných šířek. Toto proudění je poháněno přebytečným teplem tropů, kde infračervené tepelné záření převyšuje příchozí ultrafialové světlo. Původně horký, vysokotlaký vzduch uvnitř Hadleyových článků se zvedá do horní atmosféry, vysráží téměř veškerou svou vlhkost a odkloní se od rovníku, jak je patrné z obrázku č. 2 (ČMeS, 1993). Protože rotace Země stáčí všechny vzduchové proudy od přímého směru na severní polokouli vpravo a na jižní vlevo, stáčí se pasáty na severní polokouli na severovýchodní směr. A na jižní polokouli mají směr jihovýchodní. Tzv. horní pasáty neboli antipasáty, vanoucí od rovníku na sever nebo na jih, mají směr jihozápadní na severní polokouli a na jižní polokouli směr severozápadní, znázorněné na obrázku č. 3. Výše uvedené stáčení pasátů i antipasátů je způsobeno tzv. Coriolisovou silou.



Obr. č. 2. Schéma vzniku konvekčního proudění vzduchu v tropické Hadleyově buňce (upraveno podle Strahler, 2006)

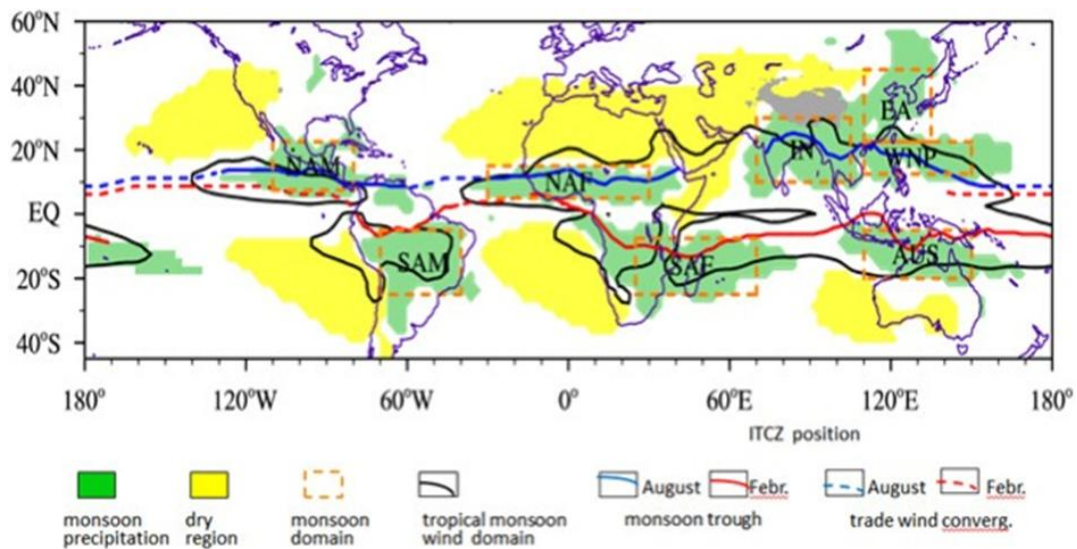


Obr. č. 3, Schéma všeobecné cirkulace atmosféry,

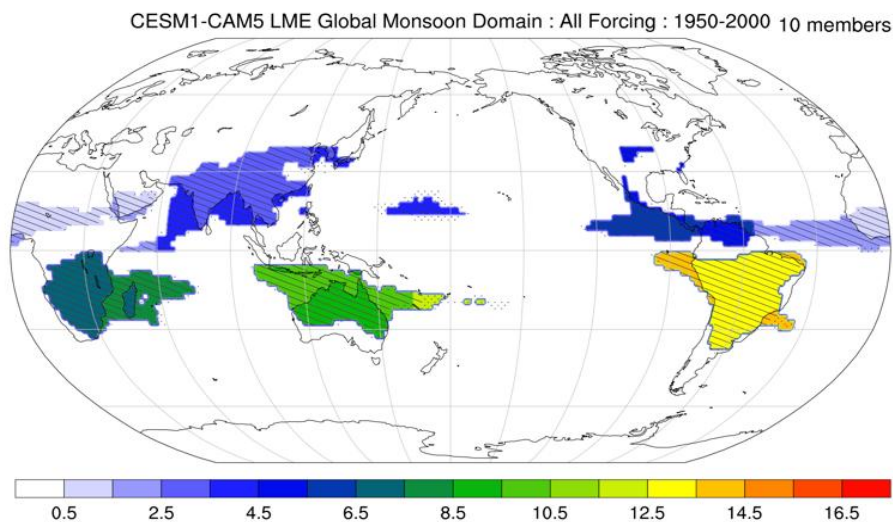
(Zdroj: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/04-cirkulace.html)

2.2 Rozdělení monzunu

Doba nástupu letního monzunu nemusí být stejná ve všech oblastech. Nicméně začátek se každoročně zaznamenává na jihozápadním okraji Indie — Kérale a bývá to právě kolem 1. června. Monzun je ve spodní vrstvě troposféry podmíněn rozdílem (gradientem) tlaku vzduchu. Z toho plyne, že v letním období, kdy se ohřívá pevnina a buduje se nad ní oblast nízkého tlaku vzduchu, proudění směřuje jednoznačně z oceánu nad pevninu, jak je vidět z obrázku Rozdíl mezi letním a zimním monzunem. Vysoké úhrny srážek pak souvisí s významným přenosem vlhkosti z moře nad pevninu. Značná je i vertikální mohutnost monzunu. Typický letní jihozápadní monzun sahá obvykle až do výšky 5 kilometrů, v takové vrstvě probíhá výměna vzduchu (přenos vlhkosti). To jednoznačně vysvětluje výskyt rekordních srážkových úhrnů na návětrí svahů Himálaje a následné rozsáhlé záplavy především v podhorských oblastech (Tobolová, 2010). Zimní monzun vane z chladnější pevniny (tlaková výše) na teplejší oceán (tlaková níže). Je suchý a chladný, proudí-li přes moře, může přijmout vlhkost a přinést srážky na návětrnou stranu pohoří, např. v Japonsku nebo na Cejlonu. Zimní a letní monzuny na obou polokouli, nám ukazuje obrázek č. 1. Proudění chladného mořského vzduchu zpravidla od západu nebo severozápadu nad přehřátou evropskou pevninu v letním období je nesprávně nazýváno monzunem evropským, neboť postrádá zimní složku proudění opačného směru. Tzv. evropský monzun je prouděním po okraji azorské anticyklony vysunuté k severu. Někteří autoři řadí k situacím evropského monzunu kromě západní a severozápadní situací i severní situace a situace centrálních cyklon. Projevuje se ochlazením, které přerušuje trvalý vzestup průměrné denní teploty vzduchu od zimy do léta, nárůstem srážek a četnými bouřkami, čímž určuje ráz tzv. medardovského počasí. Můžeme se také setkat s mylným označením monzun stratosférický. Je to nevhodné označení pro sezonní změnu směru proudění ve stratosféře, což je ve výškách nad 20 km. V zimě ve všech zeměpisných šířkách vanou západní větry kolem chladné polární cyklony, zatímco v létě, kdy teplota a tlak vzduchu klesá směrem od pólu k rovníku, vznikají východní větry kolem teplé polární anticyklony. Příčinou tohoto jevu jsou solární klima a radiační vlastnosti ozonu, nesouvisí tedy nijak s monzunovou cirkulací (Kshudiram, 2009).



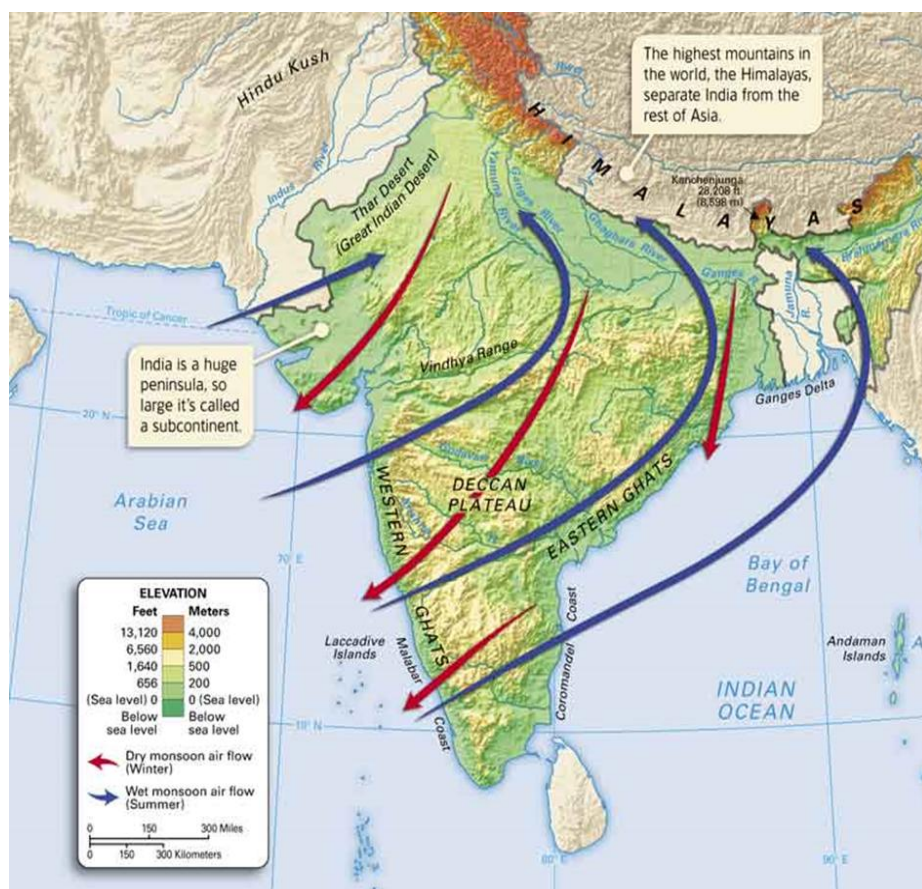
Obr. č. 4. Globální monzun v časovém měřítku *Earth-ScienceReviews*, November 2017.



Obr. č. 5. Globální monzun v posledním tisíciletí, J. T., B. Otto-Bliesner, and S. Stevenson, 2015.
(Zdroj:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825216302070?via%3Dihub>)

Z geografického hlediska se monzun dělí na mimotropický a tropický. První je projev monzunové cirkulace ve vyšších zeměpisných šířkách. Je charakteristický pro východní části pevnin, přičemž nejlépe je vyvinut ve východní Asii, kde se zimní monzun na

východní straně sibiřské anticyklony střídá s letním monzunem v týlu havajské anticyklony. Viz též monzun tropický. Druhý, monzun v tropických oblastech s monzunovým klimatem, kde je proudění vzduchu ovlivňováno nejen monzunovou cirkulací mezi oceánem a pevninou, nýbrž i sezonním pohybem intertropické zóny konvergence, a tím i změnou směru pasátů, s nimiž v některých oblastech tropické monzunu splývají. I z těchto důvodů přináší letní tropický monzun obecně větší monzunové srážky než mimotropický monzun. Tropické monzunu jsou nejsilněji vyvinuty v oblasti Indického oceánu (Sobíšek, 1993; Bednář a Kopáček, 2005).



Obr. č. 6, Rozdíl mezi letním a zimním monzunem. Zimní monzun červené šipky (vane z pevniny na oceán). Letní monzun modré šipky (vane z oceánu na pevninu).

2.3 Význam monzunu

Monzuny velmi ovlivňují život obyvatelů žijících v monzunových oblastech a s ním i chod hospodářství, dalo by se říct, že obyvatelé jsou na nich takřka závislí. Před příchodem deště panují obrovská vedra a dusna, dobytek hyne, jsou velké ztráty na úrodě. V některých oblastech lidé dokonce oslavují jeho příchod a pořádají společenské večírky a průvody. Monzun má životodárnou funkci pro zemědělské plodiny, především na rýži, která je v Indii považována za nejdůležitější potravinu. Taktéž v Thajsku, které je jejím největším vývozcem, a tak díky monzunu přežívá zhruba jedna desetina světové populace. Během času dešťů je obloha po několik týdnů ocelově šedivá a skoro každý den se očekávají bouřky. V průběhu monzunu často dochází k rozsáhlým povodním, což je jeho odvrácená tvář. Jsou velké ztráty na životech mnoha obyvatel a dobytek, který se většinou utopí. Po odeznění monzunu nastane dlouhé, chladné a suché období, obloha se vyjasní a až do další sezóny nemusí spadnout ani kapka deště.

Schopnost monzunů přinášet nezbytnou vláhu v posledních letech však slábne. Podle amerických vědců na příčině mohou být mimo jiné aerosoly, tvořící se při spalování fosilních paliv. Pozorování ukazuje, že jižní Asie prošla v průběhu let rozsáhlým náporům sucha během léta ve druhé polovině 20. století. Ale není jasné, zda tato tendence byla způsobena přirozenými změnami nebo lidskou činností. K vyšetřování byla použita řada experimentů s klimatickým modelem jižní asijské monzunové reakce na přírodní a antropogenní zásahy. Byl zjištěn pozorovaný pokles srážek, který může být způsoben hlavně aerosolem, vzniklým při spalování fosilních paliv. Tyto výsledky jsou přesvědčivé důkazy o významné roli aerosolů při formování změny klimatu na jihu Asie. Ve sledovaném období v letech 1950-1999 došlo k lehkému propadu počtu srážek. Rozdíl byl největší v oblasti centrální a severní Indie, kde šlo o změnu o 10 %. V ostatních částech Indie, byl pokles srážek o 5 %. Naopak v jižní Asii mají aerosoly na svědomí ochlazování. Bylo prokázáno, že malé částičky pevných či kapalných látek, které jsou obsažené ve vzduchu a odrážejí či pohlcují část slunečního záření a tím tak přispívají k ochlazování. Toto ochlazování má pak za následek změnu proudění vzduchu a způsobuje lehké vysychání (Bollasina et al, 2011).

Série dešťových srážek všech jihozápadních monzunů neukazuje za posledních 100 let žádný zřetelný trend, ale od desetiletí do desetiletí došlo k výrazným změnám ve

variabilitě. Monzun byl před rokem 1920 méně spolehlivý a variabilita se zdála být menší mezi dvacátými a šedesátými léty. Ta může být spojena s chováním ENSA, které bylo v tomto období také méně proměnlivé. Od poloviny sedmdesátých let se monzun a ENSO stávají mnohem variabilnějšími, i když spojení s událostmi El Nino v devadesátých letech nebyla tak jasná, jako dříve (Burroughs, 2003).

3 Extrémně vysoké srážky, extrémně nízké srážky

Vznik dlouhotrvajících dešťů je podmíněn cirkulačními procesy v atmosféře, respektive jsou tyto srážky vázány na typické útvary, mezi které se řadí tlakové níže, brázdy nízkého tlaku vzduchu a jejich frontální systémy. Rozměry těchto útvarů mohou být značné, a proto i srážky z nich vypadávající postihují rozsáhlá území.

Slovo extrém je v klimatologii nejvyšší hodnota (maximum) nebo naopak nejnižší hodnota (minimum) meteorologického prvku, která je zaznamenána během určitého období. Rozdíl mezi maximem a minimem se nazývá amplituda. Lze hovořit o extrémech v denním nebo ročním chodu meteorologických prvků podobně jako o extrémech zjištěných v jednotlivých dnech, měsících, sezónách, letech nebo delších obdobích. Nejvyšší a nejnižší hodnoty meteorologických prvků zaznamenané za celou dobu měření se označují jako absolutní extrémy, tj. absolutní maximum a absolutní minimum.

Z extrémů jednotlivých dní, měsíců atd. je možné vypočítat průměrné extrémy, tj. průměrné denní, měsíční a roční maximum a minimum.

Extrémy srážek ukazují absolutní maxima úhrnů srážek v závislosti na době jejich akumulace. Například nejvyšší roční úhrn srážek na Zemi o hodnotě 26 470 mm byl zaznamenán od srpna 1860 do července 1861 na stanici Cherrapunji (Indie), označované také jako jeden z pólů dešťů. Pokud uvažujeme kalendářní roky, je absolutním maximem rok 1861 s 22 990 mm srážek na téže stanici. Nejvyšší úhrn srážek během 24 hodin byl naměřen na stanici Foc-Foc na ostrově Réunion s úhrnem 1 825 mm, dosažený 7. – 8. 1. 1966. V případě hodinové intenzity srážek je absolutním maximem na Zemi prohlášena hodnota 305 mm, naměřená dne 22. 6. 1947 na stanici Holt ve státě Missouri (USA).

Na území ČR je za nejvyšší roční úhrn srážek považována hodnota 2254,7 mm, která byla dosažena v roce 1913 na stanici Lysá hora. Dosud nepřekonaný denní úhrn srážek

345,1 mm pochází z 29. 7. 1897, který byl dosažen v Jizerských horách a to na stanici Nová Louka. Oficiálně uznávané absolutní maximum hodinové intenzity srážek na území ČR je hodnota 116,6 mm, změřené 3. 9. 1956 na ombrografické stanici Hamry, nacházející se poblíž Chrudimi. Podstatně větší intenzita srážek však byla zjištěna v otevřených nádobách dne 25. 5. 1872 (ještě před vznikem husté sítě srážkoměrných stanic), kdy v obci Mladotice na Plzeňsku mělo během cca jedné hodiny spadnout přibližně 234 mm srážek (ČMeS, 2014).

Pokud se zmiňujeme o extrémních srážkách, nesmíme zapomenout na Cherrapunjee, indické město ležící ve státě Méghálaja. Rekord je zapsán v tabulce č. 1 spolu s ostatními maximálními srážkami. Cherrapunjee a okolí Mawsynram (nacházející se od sebe ve vzdálenosti 15 km) je zasaženo nejvyššími ročními srážkami na světě. Na základě roční, měsíční a denní úhrn srážek za období v letech 1980-2004, byl učiněn pokus, který ukázal podobnosti a rozdíly mezi těmito dvěma lokalitami.

Cherrapunjee, místně známé jako Sohra, se nachází v severovýchodní Indii. Po světě známé jako místo s nejvyššími hodnotami ročních srážek na celém světě. Toto tvrzení bylo součástí odborné literatury po celá desetiletí. Cherrapunjee se nachází v oblasti každoročně postižené monzuny. Výzkum na začátku roku 1980 ukázal, že sousední blízké místo Mawsynram, může být ve skutečnosti ještě více obdařené na dešťové srážky než je Cherrapunjee. I s ohledem na ekonomické přínosy cestovního ruchu, obě města nyní tvrdí, že jsou nejdeštivějším místem na Zemi.

Analýza ukázala, že průměrné roční srážky v období 1980-2004 byly 12,770 mm pro Mawsynram a 11,851 mm pro Cherrapunjee. Nejvyšší roční úhrn srážek v Mawsynram v průběhu sledovaného období 25 ti let byl zaznamenán v roce 1984 a činil 25,446 mm. K vrcholu celé studie došlo v roce 1998, roční úhrn srážek činil 17,953 mm v Cherrapunjee. Ale v Mawsynramu bylo téměř o 7500 mm ročního úhrnu srážek více než u Cherrapunjee. Součty ročních úhrnů srážek u Cherrapunjee byly vyšší než v Mawsynram pouze ve třech případech v období studie za 25 let. Ale ve většině případů, byly rozdíly velice malé - méně než 5% ročního úhrnu srážek. Přes těsnou blízkost obou měst, mohou rozdíly v ročním úhrnu srážek dosahovat několik tisíc milimetrů. Výsledky tedy ukázaly, že průměrné roční srážky jsou vyšší u Mawsynram, ale přičemž průměrné denní srážky jsou zase vyšší u Cherrapunjee. Kromě toho počet dní s deštěm do 50 mm je vyšší u Cherrapunjee, zatímco počet dnů se srážkami vyššími než 100 mm je

zaznamenán u Mawsynram. Nicméně rekordní maximum v roce 1861, kdy napršelo 22 990 mm srážek, patří stále Cherrapunje (Singh and Prokop, 2015).

Stejně jako u záznamů o vysokém průměru srážek, tak minimální průměrné srážky se liší podle let. A proto mají tendenci být spolehlivější po delší dobu. V některých velmi suchých oblastech, například v Chile a Súdánu, není neobvyklé, že za několik let nejsou zaznamenány žádné srážky. Tabulka č. 2 nám ukazuje rekordní délky záznamů minimálních dešťových srážek. Přístavní město Arica v severním Chile činí průměrně jen 0,7 milimetrů srážek za rok a to při krátké přehánce jednou za osm až deset let. Nepršelo zde za období od 1911 do roku 1949. V Chile bylo vystavěno i město Iquique, které leží západně od pouště Atacama, podle tamních pověstí zde nezapršelo téměř 400 let. Dalším nejsušším místem na světě je právě poušť Atacama v Chile. Atacama svým vzhledem připomíná povrch Marsu. Poušť je zcela vyprahlá a dosahuje rozlohy 100 tisíc kilometrů čtverečních. Rozléhá se okolo Pacifiku od jižní hranice Peru až do centrálních oblastí Chile. Dosahuje nadmořské výšky 5 tisíc metrů a kvůli tomu, že ji chrání vysokohorské štíty, zde skoro vůbec neprší. Vědci se domnívají, že poušť Atacama si udržela své extrémně suché prostředí nejméně 3 miliony let, což je jedno z nejstarších a nejsušších oblastí na planetě. V Austrálii a Oceánii v místě Troudaninna, v nadmořské výšce 14 m n. m byla časová řada měření 42 let dlouhá. Nejnižší srážky v Oceánii mimo samotný australský kontinent a to 188 mm bylo naměřeno v Mauna Kea Observatory na Havaii v nadmořské výšce 4200 m n. m., časová řada je však dlouhá jen 12 let. Výkyvy srážek na Havajských ostrovech jsou opravdu pozoruhodné. Čím je časová řada kratší, tím je údaj méně věrohodný. Dlouhodobých časových řad je ovšem ve světě zjevný nedostatek, protože v extrémních klimatických podmínkách donedávna nebyly a často nejsou dodnes meteorologické stanice. Obecně platí, že oblasti s nízkými srážkami se vyskytují v kontinentálních místech, na březích řek, ve vysokých horách, na pobřeží poblíž chladných proudů, v zónách s vyšším atmosférickým tlakem a ve vysokých zeměpisných šířkách. Nejrozsáhlejší oblasti s minimem srážek, se ale nacházejí v polárních oblastech u obou zemských pólů, kde v průměru spadne za rok většinou jen několik desítek mm. V těchto oblastech má lidstvo největší zásobárnu vody, ale ve formě ledu (ČMeS, 2014).

Tabulka č. 1, WMO archiv globálního počasí a klimatických extrémů

		Hodnota (mm)	Datum D/M/R	Lokalita	Nadmořská výška (m n. m.)
Srážky	Největší dešťové srážky za 1 min	31.2mm (1.23")	4/7/1956	Unionville, Maryland, USA	152m n. m.
	Největší dešťové srážky za 60 min	305mm (12.0")	22/6/1947	Holt, Missouri, USA	263m n. m.
	Dešťové srážky za 12 hod	1.144 m (45.0")	7-8/1/1966	Foc-Foc, La Réunion	2290m n. m.
	Dešťové srážky za 24 hod	1.825m (71.8")	7-8/1/1966	Foc-Foc, La Réunion	2290m n. m.
	Dešťové srážky za 48 hod	2.493m (98.15")	15-16/6/1995	Cherrapunji, Indie	1313m n. m.
	Dešťové srážky za 72 hod	3.930m (154.72")	24-26/2/2007	Cratère Commerson, La Réunion	2310m n. m.
	Dešťové srážky za 96 hod	4.936m (194.33")	24-27/2/2007	Cratère Commerson, La Réunion	2310m n. m.
	Dešťové srážky za 12 měs.	26.47m (1042")	8/7/1860- 1861	Cherrapunji, Indie	1313m n. m.

Tabulka č. 2, WMO archiv globálního počasí a klimatických extrémů

Minimální srážky				
Region WMO	Naměřená hodnota srážek (mm)	Délka záznamu	Lokace	Nadmořská výška (m n. m.)
WMO Region Afrika	< 2.54mm (<0.1")	39 let	Vádí Halfa, Súdán	180 m n. m.
WMO Region Asie	45.7mm (1.8")	50 let	Aden, Jemen	19 m n. m.
WMO Region Jižní Amerika	0.76mm (0.03")	59 let	Arica, Chile	65 m n. m.
WMO Region Severní Amerika	30.5 mm (1.2")	14 let	Bataques, Mexiko	21 m n. m.
WMO Region Jižní Austrálie	102.9mm (4.05")	42 let	Troudianina, Jižní Austrálie	14 m n. m.
WMO Region Evropa	162.6mm (6.4")	25 let	Astrakhan, Rusko	20 m n. m.
WMO Region Antarktida	2 mm (0.08")	10 let	Polární stanice Amundsen-Scott, jižní pól	2,835 m n. m.

4 Dopad monzunu na zemědělskou produkci

Zemědělství je hlavní přispěvatel do Indie s HDP a také zaměstnává velké množství lidí, zejména venkovských komunit, které jsou na zemědělství zcela závislé. Zaměstnává 58 % obyvatelstva, které je na toto odvětví absolutně závislé a to převážně obyvatelstvo na venkově. Velká část zemědělské produkce v Indii vzniká z malých farem. Na Indickém subkontinentu se odehrávají dvě sklizně během roku. První se nazývá Kharif nebo-li sklizeň monzunová, uskutečňuje se na podzim od dubna do září po silných deštích. Tato sklizeň zahrnuje plodiny jako rýži, proso, čirok, kukuřici, fazole, podzemnici olejnou, sóju, cukrovou třtinu, kurkumu a bavlnu. Druhá sklizeň Rabi probíhá na jaře, přesněji řečeno od dubna do června. V této době se Indie potýká s největšími suchy.

A převládajícími plodinami jsou pšenice, ječmen, hořčice, hrách a sezam (Asthana and Shukla 2014; Agricultural Statistics at a Glance, 2016, Department of agriculture, cooperation & farmers welfare, Annual report 2016/2017). Indie o rozloze 2,97 miliónů km² je sedmou největší zemí světa, rozprostírá se mezi 8° až 37° severní šířky a 68° až 97° východní délky. Zemědělsky se využívá téměř 179721 ha z celkové rozlohy Indie (FAO, 2016). Zemědělství Indie se skládá z mnoha plodin, přičemž nejdůležitějšími potravinami jsou rýže a pšenice. Indiští zemědělci taktéž pěstují luštěniny, brambory, cukrovou třtinu, olejnatá semena a také nepotravinářské zboží jako bavlna, čaj, káva, pryž a juta, což je lesklé vlákno používané k vytváření pytlů a motouzů (Basu and Kashyap, 1996).

Navzdory obrovské velikosti zemědělského odvětví jsou však výnosy na hektar plodin v Indii obecně nízké ve srovnání s mezinárodními standardy. Nesprávné hospodaření s vodou je dalším problémem, který ovlivňuje indické zemědělství. V době rostoucího nedostatku vody a ekologických krizí je např. v Indii přiděleno nepřiměřeně vysoké množství vody. Jedním z důsledků neúčinného využívání vody je skutečnost, že vodní spotřeba v oblastech pěstování rýže, jako je Punjab roste, zatímco úrodnost půdy klesá. Zhoršení zemědělské situace je pokračující asijské suché a špatné počasí. Ačkoli se v průběhu let 2000-2001 očekával monzun s průměrnými dešťovými srážkami, zemědělská produkce během tohoto období to však nepotvrdila. To je částečně způsobeno poměrně nepříznivým rozložením srážek, což vede k povodním v některých částech země a suchu v některých dalších částech (Ji and Bakhri, 2015).

U živočišné výroby se Indie řadí k největší koncentraci dobytka na světě. Přebytek skotu však neřeší otázku hladomoru. Kráva je v hinduistickém náboženství považována za posvátné zvíře a konzumace jejího masa je přísně zakázána. Téměř po celé zemi jsou chována prasata, drůbež a na severu zejména buvoli a kozy. Pro oblast Kašmíru jsou typické chovy ovcí (FAO, 2005). Indie se taktéž řadí k rybářským gigantům. Celkově kolem 3 milionů tun ryb ročně a tím se Indie dostává mezi 10 největších světových rybářských zemí. Řeky zde hrají důležitou roli v každodenním životě tamních obyvatel. Jsou důležité také pro hospodářské účely a to zejména v zemědělství, kde se užívají především na zavlažování nebo při výrobě vodní energie (Heitzman and Worden, 1995; ADB, 2009). Jedna z nejdůležitějších řek v Indii je řeka Ganga. Má nejen velký ekonomický význam, slouží jak v zemědělství, tak i v průmyslu. Zároveň je pro obyvatele řekou posvátnou, patří mezi takzvaná védská božstva (Pons and Tossas, 2008).

Hlavním zaměřením zemědělství bylo a stále je zabezpečení výživy rychle rostoucího počtu obyvatel. Indie je od poloviny sedmdesátých let samostatná ve výrobě potravin, i když hektarové výnosy jsou ve srovnání s mezinárodními standardy nízké (Heitzman and Worden, 1995). V devadesátých letech poklesl průměrný roční nárůst přidané hodnoty ze 4,7 % na 2,1 % v prvních letech nového tisíciletí. Roku 2002-2003 dokonce došlo k úbytku zemědělské produkce o 7 %, což zapříčinilo vážné sucho a nedostatek monzunu, které bylo vystřídáno vysokým růstem 10 % po vydatném monzunu v roce 2003-2004. V následujícím roce, ale došlo k důležitému poklesu vzhledem k špatným klimatickým podmínkám a zemědělství zaostalo. V roce 2007-2008 projevil růst zemědělské výroby nárůst o 4,5 % což je téměř o jedno procento více než v roce minulém. V letech 2008 až 2009 se zvýšila zemědělská produkce Indie přibližně o dvě procenta. Je zcela zřejmé, že hospodářský výsledek indického zemědělství je zcela závislý na účinku počasí. Složkou všech ekonomických analýz v agrárním sektoru jsou proto vždy údaje příchodu monzunu a jeho pohyb po území Indie. Například pozdní příchod monzunu v roce 2009 výrazně poznamenal indické zemědělství, když došlo k úbytku zemědělské produkce ve stejném roce o 10,8 %, na obrázku č. 7 je vidět vyprahlá zem a zničená úroda (Prasada, 2010).



Obr. č. 7. Sucho v Indii ničí pole s úrodou. Úroda zasychá, na fotografii je vyprahlé pole s rýží. (Zdroj: <https://countercurrents.org/2016/08/27/indian-drought-2015-16-lessons-to-be-learnt/>)

Odhaduje se, že zhruba jedna pětina celkové zemědělské produkce je ztracena kvůli neefektivitě při sklizni, přepravě a skladování subvencovaných plodin. Zemědělsky naprosto nejvíce využívanou oblastí je Indoganžská nížina. Velká část její oblasti má značné srážkové úhrny díky jihozápadním monzunům. Nicméně státy Harijána a

Gudžarát v oblasti Velké indické pouště strádají stálým srážkovým deficitem. Kromě nejdůležitější plodiny, pšenice a rýže, se ve vlhkých částech území pěstují pomeranče a citróny, dále pak švestky, manga, čirok. Naopak v suchých oblastech se zemědělci soustředí především na produkci prosa a podzemnice olejná (Heitzman and Worden, 1995; Basu and Kashyap, 1996). Zemědělství poloostrova Přední Indie je umístěno v deltách velkých řek a při pobřeží. Dále ve vlhkých oblastech východního pobřeží a centrální vrchoviny se pěstuje nejdůležitější potravina rýže, za další hrách, proso, len, hořčice, bavlna a tabák, ale pěstování čiroku je časté pro suché oblasti zejména ve státě Madhjadpradéš. Na území plošiny Dekan díky bohaté černozemi je zabráno přes 75 % orné půdy k pěstování plodin a to hlavně prosa, rýže, pšenice, čiroku a podzemnice olejná. Nejúrodnější oblastí plošina Karnakata, nacházející se v západní části Indického Subkontinentu. Pěstuje se zde převážně proso, bavlna, rýže, olejniny, čirok a cukrová třtina (Heitzman and Worden, 1995). V pěstování cukrové třtiny se Indie řadí na druhé místo, hned za Brazílií (Ganarajya, 2007). V Západním Ghátu a v horách Nilgiri jsou na plantážích pěstovány kokosy, pepř, kaučuk, káva, oříšek kešů a kardamon (Heitzman and Worden, 1995).

Nejdůležitější regiony v Indii jsou tři: Himaláje, Indoganžská nížina a oblasti poloostrova Přední Indie (Heitzman and Worden, 1995). Všechny se pak ještě dělí na dalších 20 agroekologických regionů (Misri, 1999). I přes velký úhrn srážek po celý rok v horských oblastech, je půda Himalájí využívána jen z 10 %. Údolí Kašmíru jsou často zaplavována a pro tuto část území je charakteristická hlinitá a písčité půda. Pěstuje se zde rýže, pšenice, ječmen, kukuřice, proso a brambory. Toto území můžeme nazvat jako ovocnářskou oblast mírného pásu celé Indie, pěstují se zde hlavně jablka, hrušky a třešně. Kyselou půdu velmi bohatou na živiny nalezneme na východě Himalájí. Jsou zde vybudována terasovitá políčka a je používáno rotační zemědělství (Kumar, 2003; Palanisami et al., 2014).



Obr. č. 8. Město Gangtok ve státě Sikkim v Indii je postaveno na strmém svahu. Proto jsou zde budována terasovitá rýžová pole.

5 Dopad monzunu ve světě v souvislosti se změnou klimatu

Extrémní výkyvy počasí

Studie IPCC (2013) upozorňují na narůstající extrémní projevy počasí od 70. let 20. století. Dochází k vyššímu výskytu horkých dnů a nocí, častějších vydatných srážek, intenzivnějšímu a delšímu období sucha, vyššímu výskytu hurikánů, povodní, vichřic atd. Je známo, že teplejší atmosféra celkově zesiluje frekvenci mimořádných výkyvů počasí. A jejich účinek je přibývání vydatných povodňových dešťů, vln nadprůměrného sucha nebo naopak horka a propočty to prokazují (Knutson, 2004). Když je ve vzduchu vyšší koncentrace oxidu uhličitého, zvětší se síla (intenzita deště, rychlost větru) tropických cyklónů, tedy hurikánů a tajfunů. Úplný počet se evidentně zmenší tím, že zároveň poklesne frekvence slabších bouří. Celkově stejná tendence, se očekává pro bouře mimo tropické pásmo (Braniš a Hůnová, 2009). Taktéž se zvýší množství prudkých srážek, které způsobují povodně. Klimatologové spočetli, že to dokonce hrozí i pro ty části světa, které se budou potýkat se suchem, a hrozí tak jejich vysychání. Déšť se soustřeďuje do menšího počtu intenzivních srážek, které jsou střídány prodlouženým časem sucha (IPCC, 2013).

Při větší koncentraci skleníkových plynů ve vzduchu budou asijské monzuny přinášet silnější deště, než tomu bylo do teď (Palmer and Raisanen, 2002). V globálním průměru by srážek přibylo. Kromě toho tak celkové množství vody na jednoho obyvatele patrně

naroste, a to i přes populační růst. Důvodem je ale velké zvětšení průtoků v řekách jižní a východní Asie, který se koncentrují do jediné části roku, tedy do beztak velmi vlhké monzunové sezóny (IPCC, 2013). Jak již bylo uvedeno, přední mezinárodní organizací zabývající se změnou klimatu je Mezivládní panel pro změny klimatu (IPCC). Tato organizace, která byla založena za účelem předvést světu vědecký pohled na současný stav poznání v oblasti klimatických změn a jejich možných environmentálních a socioekonomických dopadů. IPCC je mezivládní orgán, a to znamená, že je přístupný pro všechny členské země OSN a WMO. V současné době sdružuje 195 členských zemí. Své závěry výzkumů uveřejňuje v hodnotících zprávách.

6 Jak bojovat proti monzunovým deštům (v zemědělství)

Indická vláda provádí ročně několik opatření a zároveň financuje nové projekty, které napomáhají usnadnit nejen práci v zemědělství v monzunových oblastech.

Například v roce 2016 indická vláda utratila 60 milionů dolarů v přepočtu 1,5 miliardy Kč, za stavbu superpočítače, jehož úkolem je předpovídat monzuny. Tento počítač dovede modelovat chování vzdušných mas a z toho předvídat, jak se v konkrétním roce budou vyvíjet sezónní srážky (Mihulka, 2016). Pokud by se podařilo zpřesnit předpověď monzunů, významně by to pomohlo indické ekonomice.

6.1 Rozšířit zavlažování

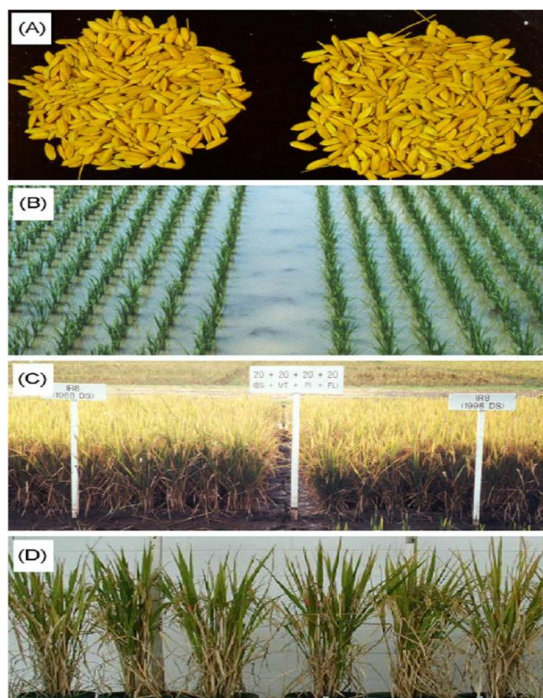
V Indii špatná zavlažovací ochrana vystavuje zemědělství nárazům z nerovných srážek. Zavlažovací pokrývka, která pokrývala na počátku padesátých let okolo 18% plochy, na úrovni celé Indie, se nyní zvýšila na více než 50% (Vishwanath Kulkarni, 2017). Navzdory tomu je závislost indického zemědělství na jihozápadním monzunu stále vysoká a produkce je stále ohrožena jakýmikoli významnými výkyvy v ročním srážkovém vzorku. Velká část zavlažovacích systémů v Indii byla zastaralá a nedovolovala pěstování nových a odolnějších odrůd. Proto se stále buduje po celé zemi efektivnější zavlažování. V povodí řeky Indus, ve státě Paňdžáb, existuje několik hlavních

zavlažovacích kanálů. Indie patří v dnešní době na druhé místo, s nejrozšířenějším zavlažováním na světě (Department of Water Resources, 2000; Online Resource Centre, 2003). Výdaje států na zavlažování představovaly pouhá 2% jejich celkových výdajů za posledních pět let (Mujumdar and Kapila, 2006).

6.2 Pěstování odolnějších plodin, hybridů

Je třeba prosadit, aby se obnovily vzory obdělávání půdy podle agro-klimatických oblastí, jak je prosazuje Národní mise pro bezpečnost potravin, pomáhat při efektivním využívání přírodních zdrojů a také snižovat dopad nedostatku monzunů na rostlinnou výrobu. Zatímco produkce obilovin se může pohybovat na vodou bohaté regiony ve východní Indii, naopak pěstování plodin, které jsou méně náročné na vodu lze pěstovat v oblastech ohrožovaných suchem (World Bank, 2005). Hybridy pro rýži, perleťové proso, hořčici a kukuřici, které jsou mimořádně odolné vůči velkým srážkám. Taktéž jsou odolné vůči stresu a napomáhají zvyšovat produktivitu, a tím zlepšují celkový zemědělský ekosystém. Hlavní plodinou v indickém zemědělství je bezesporu rýže. Její odrůdy se daří šlechtit a vylepšovat. Šlechtění odrůd rýže probíhalo už po druhé světové válce (Saito, 1971). A od roku 1960 byla založena společnost Mezinárodního institutu pro výzkum rýže (IRRI). Institut má pobočky v 17 zemích světa, které se zabývají rýží v Asii a v Africe (IRRI). Tento institut dosáhl velkého úspěchu v roce 1966, kdy byla vyšlechtěna odrůda rýže IR8, která je vyfotografovaná na obrázku č. 9. Odrůda splňuje vysokou výnosnost a je vhodná do míst postižených monzuny nebo do lokalit s vydatnými záplavami. Roku 1946 byl v Indii v městě Cuttack ve státě Urísa založen Centrální institut pro výzkum rýže (CRRI). Pod tento institut spadají dvě výzkumné stanice, zabývající se rýží v horských oblastech s vysokými srážkovými úhrny a výzkumem rýže v nížinných oblastech s vysokými srážkovými úhrny. Institut se zaměřuje na výzkum nových odrůd rýže, na poskytování lepší zemědělské technologie (CRRI, 2008; World Bank, 2005). Autoři Lobell a Burke (2010) ve své knize o potravinové bezpečnosti uvádějí, že proti nestálému klimatu, pomáhá velmi užitečné adaptační opatření a to diverzifikace pěstovaných plodin. Na světě existuje mnoho druhů rostlin, z nichž některé se umí velmi dobře vypořádat s projevy klimatických změn. Proto je dobré rozšířit škálu pěstovaných plodin, převážně hybridů, které

dokážou snáze čelit extrémním klimatickým podmínkám, jako jsou vysoké teploty, sucho a jiné. Také se v posledních letech objevuje nový zájem o ekologické zemědělství. Mimo to se obnovuje pěstování dávno zapomenuté plodiny, jako je proso. Je považováno za potravinu bohatou na výživu, která vyžaduje méně vody k růstu. Indie je největším producentem perlového prosa na světě. Je to plodina pěstovaná v drsných, suchých lokalitách s nízkými vstupními náklady. V Indii byla proto vyšlechtěna vědci odolná odrůda tolerující těžké sucho, nízké nebo zanedbatelné srážky a špatné podmínky zavlažování (Niir, 2001). Jedny z hlavních úkolů pro vládu jsou zajištění zavlažování rozsáhlých ploch, zajištění skladování vody v období mezi monzuny a především úsporné zacházení s vodou. Vláda se zabývá různými programy podpory farmářů, které zařazují i otázky pojištění proti ztrátě či poničení úrody při přírodních katastrofách (Odbor zemědělství, spolupráce a péče o zemědělce, Výroční zpráva 2016-2017, Mujumdar and Kapila, 2006). Stoupá i produkce umělých hnojiv a vláda stanovuje tržní ceny farmářům tak, aby jim byly dostupné (v poslední době se například močovina kupuje za nižší než výrobní cenu a rozdíl je hrazen státem). Více se také používá mechanizace, především traktory a další stroje využívané při sklizni.



Obr. č. 9. Vyšlechtěná odrůda rýže IR8, která je vysoce výnosná a vhodná do míst postižených monzuny. (A) Semena, (B) sazenice (C, D), vzrostlé rostliny. (Zdroj : https://www.researchgate.net/figure/A-Seeds-B-seedlings-and-C-matured-plants-of-IR8-stored-in-a-gene-bank-for-30_fig1_248423440)

6.3 Velké množství vody

Účelem zemědělského odvodnění je odstranit přebytečnou vodu z půdy, aby se zvýšila produkce plodin. V některých půdách jsou procesy přírodního odvodnění dostačující pro růst a produkci zemědělských plodin, avšak v mnoha půdách je nutná umělá drenáž pro větší efektivitu.

Zemědělci využívají techniky povrchového odvodnění, jako jsou vyrovnávání půdy, konstrukce povrchových přítoků k podpovrchovým kanalizacím a konstrukce mělkých příkopů nebo vodních toků. V průměru přibližně dvě třetiny ročních srážek využívají plodiny ve východním kukuřičném pásu. Zbytek spadá do doby, kdy nesplňuje potřeby plodin. Měsíční srážky zůstávají po celý rok poměrně konstantní, zatímco evapotranspirace (kombinace odpařování půdy a transpirace z plodiny) je od června do září mnohem vyšší. Od ledna do května a od října do prosince jsou srážky větší než evapotranspirace, což vytváří přebytek vody (Ray, 2008; Prasada et al., 2010).

Navrhování a instalace odvodňovacího systému je složitý proces. Odvodnění závisí na topografii, typu půdy a plodinách, které budou pěstovány na poli. Každý typ půdy má různé vlastnosti, které ovlivňují její odvodnění. Agronomové vypracovali doporučení pro hloubku odtoku a rozestupy v konkrétních typech půdy na základě dlouholetých zkušeností a znalostí půdních vlastností. Drapákové pluhy, které lze táhnout zemědělskými traktory, se stávají stále oblíbenějšími. Většina zemědělců, si ale nechává instalovat kanalizační odvodňovací systémy (Gupta, 2015). Spousta vody z monzunových dešťů, se dá využít i jako velmi cenný zdroj vodní energie. Vodní elektrárny dnes představují 25 % z indické elektrické energie (Kumar and Bassi, 2014). Nádrže se plní během letních monzunových dešťů a voda se postupně uvolňuje přes přehradu. Otáčení turbín vytváří elektrickou energii po celý rok. Ale v letech, kdy dochází k malým srážkám, nejsou nádrže doplňovány, což omezuje množství vyrobené elektřiny v průběhu roku.

7 Následky

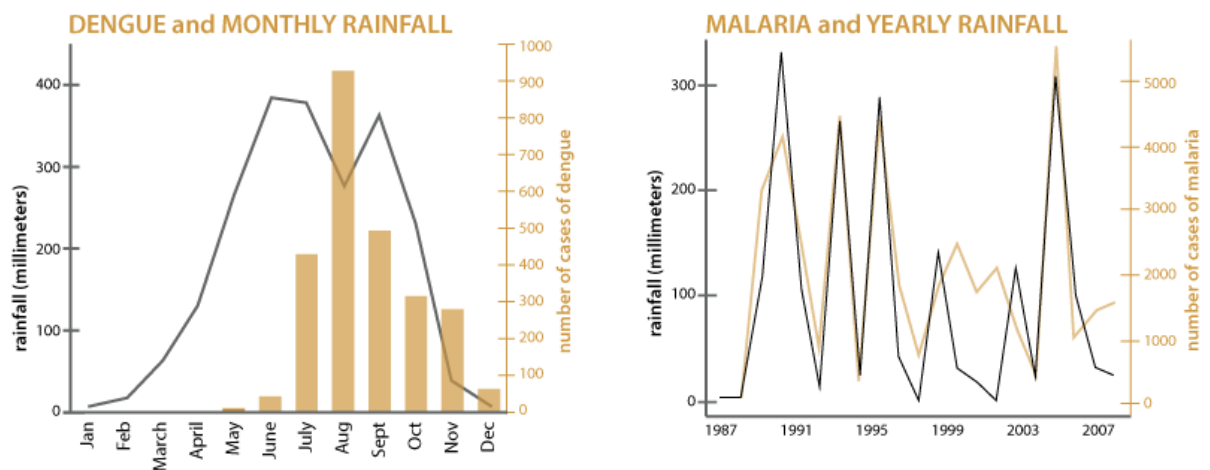
V Jihovýchodní Asii můžeme pozorovat klimatické změny, které se dějí na celé planetě. Například dochází ke zvyšování průměrné teploty, zvyšuje se frekvence a intenzita extrémních meteorologických jevů jako jsou vlny veder, extrémní sucha a záplavy. Taktéž dochází k častějšímu výskytu tropických cyklónů a ke zvyšování mořské hladiny.

7.1 Monzuny a zdraví

Vzhledem k tomu, že regiony s monzunovým klimatem mají výrazně mokré a suché období, jsou náchylné k záplavám a suchům, které jsou nebezpečné pro lidské zdraví.

Během letních monzunů mohou silné srážky způsobit záplavy. V silných povodňových vodách přijde ročně o život až několik stovek lidí. Mohou poškodit nebo zničit budovy. Při letním monzunu v roce 2014 v Pákistánu a Indii přišlo o život téměř 300 lidí následkem sesuvu půdy. Když povodně ohrozí systémy pro čištění vody, choroby jako je cholera, se mohou šířit i pitnou vodou. Po deštích je spousta ideálních míst k líhnutí komárů, kteří mohou přenášet různá onemocnění, ať už virové nebo parazitární. Jedna z nejznámějších nemocí přenášená komáry je malárie. Po bodnutí infikovaným komárem propukne onemocnění. Horečka v pravidelných intervalech, záchvěvy třesu, bolesti svalů a slabost jsou příznaky, kterými pacient trpí. Jedná se o nejnebezpečnější chorobu v Indii, k níž byl připsán nejvyšší počet úmrtí. Každý rok, jak se letní monzunová sezóna blíží, se indické nemocnice připravují na vysoký počet pacientů trpících tímto onemocněním. Nejdůležitější prevencí je zabránění šíření komárů, hlavně ve stojatých vodách, které vytváří příznivé podmínky pro larvy komárů a využívat odpuzovače, sítě proti komárům a antimalarická léčiva. Používají se i repelenty a insekticidy na obrázku č. 10. Další hrozbou pro lidské zdraví jsou velké vlny veder. Nejméně 2500 lidí zemřelo během neúnavných veder, která se v roce 2015 sunula po celé Indii. A asi o měsíc později zemřelo dalších 1000 lidí z horka v Pákistánu. Teploty v Dillí byly téměř 120 ° F (téměř 50 ° C). V tomto ročním období je velmi vzácná pitná, ale i užitková voda, což způsobuje, že vodní choroby se stanou skoro na denním pořádku. Tato onemocnění se šíří všude tam kde je pro správnou hygienu příliš málo čisté vody (Aktar and

Leanmorth,1985; Nambiar and Muralidharan, 2017). Následkem pak může být tyfus. Velmi častá choroba během monzunových období. Je způsobena bakteriemi, které se přenášejí prostřednictvím kontaminované vody a potravin. Nejběžnější příznakem je prodloužená horečka, silná bolest v břiše a bolesti hlavy. Žaludeční infekce, je další nepříjemné onemocnění během monzunu. Například gastroenteritida, která způsobuje silné zvracení a průjem. Při gastroenteritidě jsou žaludek a střeva podrážděna a zanícena. Příčinou je obvykle virová nebo bakteriální infekce. Graf znázorňuje zvýšený výskyt horečky dengue a chikunguny, během monzunových měsíců. Obě onemocnění jsou přenášena komářími bodnutími. Proti uvedeným onemocněním neexistuje žádná vakcína, a proto jsou vhodná preventivní opatření. Jako jsou sítě a odpuzovače proti komárům (Aggarwal, 2015).



Graf č. 1 (Vlevo) Během měsíců s menšími srážky je v Bangladéši méně výskytu horečky Dengue. (Karima a kol., 2012). (Vpravo) Roky s těžkým deštěm v Indii mají tendenci většího výskytu případů malárie. (Magori a Drake, 2013)



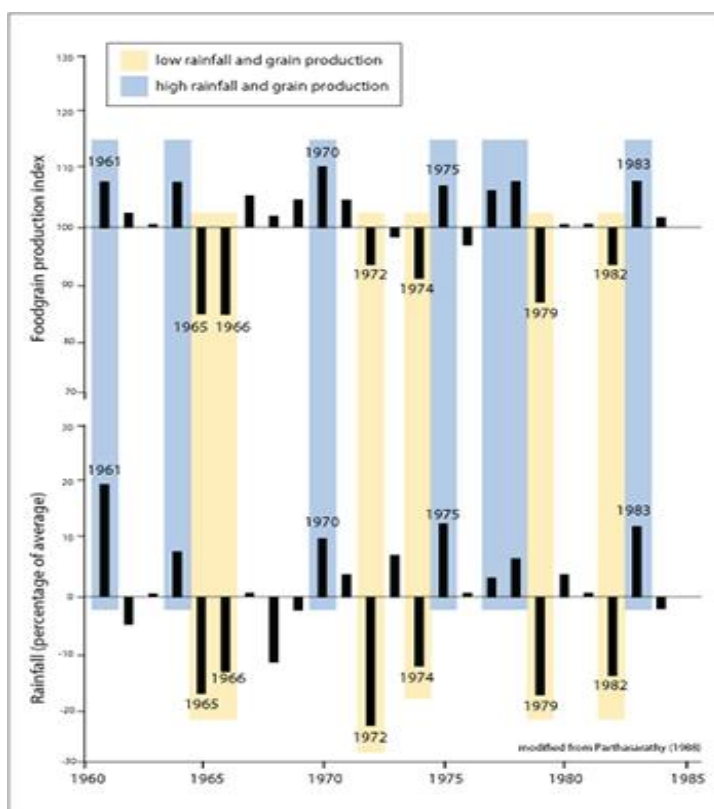
Obr. č. 10. Největší počet úmrtí na malárii ve světě je v Indii. Proti vyhubení komárů se používají účinné repelenty a insekticidy. (Zdroj :<http://indianexpress.com/article/india/world-malaria-report-surveillance-india-cases-deaths-4959610/>)

7.2 Opak velká úroda

Graf č. 2 znázorňuje větší výnosy plodin po vydatných srážkách. Od roku 2010 výrazně vzrostla produkce i výnos obou hlavních plodin - rýže a pšenice. V 1. pololetí činila výroba rýže 103,61 milionu tun, zatímco produkce pšenice činila 93,82 milionů tun. Podle 3. předběžných odhadů se však produkce pšenice v letech 2016-17 pohybovala na 97,44 milionu tun a rýže byla 109,15 milionu tun (Ministry of Agriculture and farmers welfare, 2017). Podle prvních předběžných odhadů, celková produkce plodin během období Kharif 2016-17 se odhaduje na rekordních 135,03 milionu, což je vyšší o 11,02 milionu tun ve srovnání s úrodou z minulého roku, která dosahovala 124,01 milionu tun. Celkový výnos rýže v období Kharif se odhaduje na rekordní úroveň 93,88 milionů tun, která je vyšší o 2,57 milionů tun. Více než v loňském roce kdy činila 91,31 milionů tun. Celková produkce hrubých obilovin v zemi se zvýšila na 32,45 milionů tun ve srovnání s 27,17 miliony tun v letech 2015-16 (Annual Report 2016/2017).

Tabulka č. 3, Rozloha, produkce a výnos hlavních plodin (Výroční zpráva 2016-2017, Odbor zemědělství, spolupráce a péče o zemědělce).

Plodina	Plocha (Lakh hektar)				Produkce (Milion tun)				Výnos (kg/hektar)			
	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Rýže	441,36	441,10	433,88	431,94	106,65	105,48	104,32	110,15	2416	2391	2404	2550
Pšenice	304,73	314,65	302,27	305,97	95,85	86,52	93,50	98,38	3145	2750	3093	3216
Ostatní obiloviny	252,19	251,70	237,75	247,71	43,29	42,86	37,93	44,19	1717	1703	1596	1784
Luštěniny	252,12	235,54	252,59	294,65	19,25	17,15	16,47	22,95	764	728	652	779
Potraviny	1250,41	1243,00	1226,50	1280,26	265,04	252,02	252,22	275,68	2120	2028	2056	2153
Olejniny	280,50	255,96	261,34	262,06	32,74	27,51	25,30	32,10	1168	1075	968	1225
Cukrová třtina	49,93	50,66	49,53	43,89	352,14	362,33	352,16	306,72	70522	71512	71095	69886
Bavlna	119,60	128,19	118,72	108,45	35,90	34,80	30,15	33,09	510	462	432	519
Juta	8,38	8,09	7,85	7,66	11,69	11,12	10,47	10,60	2512	2473	2399	2490



Graf č. 2 Obecně se v Indii vypěstuje více zrna v letech, kdy se vyskytuje více dešťů (modrá), zatímco méně zrn se vypěstuje v letech, kdy je méně srážek (žlutá).

7.3 Sesuvy půdy

Nesprávné způsoby využívání půdy, jako je těžké zpracování, zemědělské postupy, přispívají v mnoha případech k sesuvům půdy. Další společný faktor zaznamenaný ve většině těchto zranitelných svahů je odlesňování, pěstování sezónních plodin a nárůst sídel (Sud, 2009). Ale hlavním spouštěcím mechanismem je nadměrné nasycení nadloží způsobené silnými dešti. Na všech zranitelných svazích se buduje terasování především proto, aby se zabránilo erozi půdy a aby se zvýšila perkolace během suché sezóny pro pěstování sezónních plodin. Ve všech těchto případech jsou přírodní odtokové potrubí na svazích blokovány nebo upraveny bez dostatečného zajištění pro povrchové odvodnění přebytečné dešťové vody během dešťů s vysokou intenzitou (Kale, 2014). V některých oblastech, kde probíhá výstavba budov, silnic a naspů, způsobuje změnu přírodních svahů, blokuje povrchovou drenáž a způsobuje erozi půdy na kritických místech, jak je očividné z obrázku č. 11. Studie ukazují, že více než 12% půdní plochy v zemi je citlivé na sesuvy půdy a více než 300 lidí zemře každý rok na celém světě kvůli jejím následkům (Ministerstvo pro vědu a technologii a vědu o Zemi, 2014). Hromadné pohyby, jako jsou sesuvy půdy v horských terénech, jsou přirozenými degradačními procesy a jedním z nejdůležitějších faktorů budování krajiny. Hlavní oblasti náchylné k půdním sesuvům v Indii zahrnují západní Gháty a konkanské vrchy (Tamil Nadu, Kerala, Karnataka, Goa a Maharashtra), východní Gháty (oblast Araku v Andhra Pradesh), severovýchodní Himaláje (Darjeeling a Sikkim) a severozápadní Himálaje (Uttarakhand, Himachal Pradesh, Džammú a Kašmír). Přirozené sesuvy jsou třetími nejvážnějšími přírodními katastrofami na Zemi, které každoročně vynakládají stovky miliard dolarů na řízení katastrof. V některých náchylných oblastech na sesuvy půdy bylo zavedeno první bezdrátové síťové zařízení pro detekci a včasné varování před sesuvy. A to v Munnaru, Kerale, Maneesha Sudheer a v Sikkimu (Sud, 2009). Odborníci zabývající se sesuvy půdy v Indii, plánují vyvinout komplexní systém zahrnující mapování nebezpečnosti sesuvů, dálkové snímání, rozsáhlé analýzy dat a modely rozhodování pro snížení rizika katastrof. Univerzita Amrita v roce 2008 dokonce založila lavinovou laboratoř. Tato laboratoř má sloužit jako zkušební loď pro vývoj a ověřování systémů nasazených v oblastech s náchylností k sesuvu půdy (Kale, 2014; Sud, 2009).



Obr. č. 11. Po povodních často následují sesuvy půd. Na obrázku je poničená silnice důsledkem sesuvu v severním indickém státě Uttarakhand. (Zdroj : <https://www.commondreams.org/news/2013/06/21/5000-missing-india-floods-scientists-say-global-warming-blame>)

7.4 Dopad na turismus

Monzunové sprchy jsou vnímány jako požehnání pro zemědělskou produkci a ekonomiku Indie. Pro cestovní ruch v zemi se však monzuny často stanou škodlivými. Cestování během monzunů může být nejisté na některých místech i životu nebezpečné. Počet domácích i zahraničních turistů během období dešťů klesá. Kvůli silným dešťům hrozí eroze, proto oblasti náchylné na sesuvy jsou v tomto období pro turisty riskantní. Pohyb návštěvníků na tato místa pochopitelně klesá. Hotely, se ale snaží o nové marketingové strategie, aby získaly příjmy během této i mimo sezóny. Pobyt v regionech v době monzunů proto vyjde mnohem levněji. Tento čas láká hlavně turisty, kterým nevadí drsnější podmínky (Halder, 2016).

7.5 Boj o pitnou vodu

S rostoucí průměrnou roční teplotou, která byla pozorovaná v posledních desetiletích, tak dochází k vysoké evaporaci vody z říčních toků. To má velký vliv na množství a kvalitu vody. Nerovnoměrné rozložení srážek způsobuje nepravidelný říční průtok. Vzhledem ke klesajícím srážkám a zvyšující se teplotě dochází k nárůstu nedostatku nejen pitné vody (ADB, 2009). Využívání kvalitní pitné vody je jedním ze základních

předpokladů pro dobré zdraví člověka. Bez možnosti vylepšených vodních zdrojů, nemá člověk prakticky jinou možnost než konzumovat kontaminovanou vodu, což je spolu s nedostatečnou hygienou spojeno se šířením řady nemocí. Jen následkem průjmových onemocnění zemře ročně podle odhadů Světové zdravotnické organizace přes 800 000 lidí. Většinu těchto případů by se přitom dalo předejít právě využíváním kvalitní pitné vody, bezpečných sanitačních zařízení a správnými hygienickými návyky (WHO 2015). Navzdory požadavkům na zajištění pitné vody v komunálních oblastech, je v praxi voda, která je dodávána kontaminována. A následné postupy skladování v domácnostech, zvyšují úroveň kontaminace nejméně u dvou třetin domácností. Zavedení přiměřené dezinfekce a bezpečné skladování v domácnostech v rozvojových zemích, je naléhavou potřebou. A tím zajistit nezávadné a spolehlivé celoroční dodávky v oblastech, kde není k dispozici čistá voda (Ray, 2008). Bohatí lidé si mohou koupit vodu z cisteren, ale chudí jsou závislí na dešťové vodě z kaluží a struh a tím trpí jejich zdraví. Převážně se jedná o oblasti, které trpí akutním nedostatkem pitné vody.



Obr. č. 12. Pro pitnou vodu v Indických vesnicích se někdy musí chodit i několik kilometrů daleko. Dostat se k ní, je někdy velmi složité. (Zdroj:<http://blogs.dw.com/womentalkonline/2016/06/29/women-battle-tough-times-in-drought-hit-india/>)

8 Závěr

V literární rešerši je detailní náhled na výskyt extrémně nízkých a vysokých srážek, především na jejich působení na zemědělskou produkci v Indii.

První kapitola se zabývá samotnými monzuny a monzunovými dešti. Jejich vznikem, rozdílem mezi monzuny a pasáty, významem a rozdělením monzunů.

V následující kapitole jsou popsány extrémně vysoké a nízké srážky. A to především nejdeštivější místa na světě, například Cherrapunje. A naopak nejsušší místa na planetě s minimálními srážkami jako Arica nebo poušť Atacama. Rekordy těchto extrémních srážek jsou zaznamenány ve dvou tabulkách.

Ve třetí kapitole se rešerše věnuje dopadu monzunu na zemědělskou produkci a to hlavně v Indii. Zemědělství je pravděpodobně páteří indické ekonomiky a je velmi závislé na prostorovém a časovém rozložení monzunových dešťových srážek. Kharif a rabi jsou dvě hlavní sezóny v Indii, které vyžadují velkou část těchto srážek. V posledních letech se zdá být období dešťů velmi silné a škody sahají až do neuvěřitelných čísel. Na tuto kapitolu navazuje kapitola popisující dopad monzunu ve světě v souvislosti se změnou klimatu. Hospodářské škody a pokles výnosů, mohou ovlivnit ekonomiku všech monzunových zemí. Tímto problémem se zabýváme detailněji v šesté kapitole, kde jsou dopodrobna popsána některá opatření proti silným dešťům nebo naopak velkým suchům. Kupříkladu se daří v zemědělství uplatnit efektivnější zavlažování, lepší a účinnější mechanizace, pěstují se odolnější plodiny. Nebo se nadměrné množství vody dá využívat jako vodní energie.

V závěrečné kapitole jsou popisovány následky, ať už pozitivního charakteru a to třeba větší výnosy na úrodě, nebo následek negativní na tom nejcennějším co člověk má, tedy na lidských životech a zdraví. Ročně během monzunů v Indii umírá až tisíce lidí. Velkým problémem je zde kvalita zdravotní péče, kterou si nemůže každý z finančních důvodů dovolit. Dále pak zdravotně nezávadná pitná voda, která je pro život nepostradatelná a je během i po monzunech pro některé obyvatele z chudých vesnic špatně dostupná. Světová banka odhaduje, že 21 procent přenosných nemocí v Indii je spojeno právě s nebezpečnou zdravotně závadnou vodou a nedostatkem hygienických návyků.

Ale i tento problém se Indie snaží řešit. Čím dál více populace v nejchudších místech Indie, má přístup k bezpečné pitné vodě a lepší kanalizaci. Očekává se, že změna klimatu posílí monzunové srážky, ale přinese také více extrémních událostí, které mohou zhoršit

záplavy a sucha. Vzhledem k rostoucí populaci a potřebě potravinové bezpečnosti je nejdůležitější zlepšení vědeckého porozumění v monzunových oblastech.

Seznam použitých zdrojů

1. ASIAN DEVELOPMENT BANK. 2009. The economics of climate change in Southeast Asia: a regional review. Mandaluyong City, Metro Manila, Philippines. p. 226. ISBN 978-971-5617-871. Dostupný také z : <<https://www.adb.org/sites/default/files/publication/29657/economics-climate-change-se-asia.pdf> >.
2. AGGARWAL PANKAJ. Monsoon Diseases: Prevention is better than Cure. [online]. India Infoline News Service, Mumbai. 2015 [cit. 2017-11-20]. Dostupné z: <http://www.indiainfoline.com/article/lifestyle-fitness-mantra/monsoon-diseases-prevention-is-better-than-cure-114072804754_1.html>.
3. AKTAR AND LEANMORTH. 1985. Geographical Aspects of Health and Disease in India. Concept Publishing Company. New Delhi. India. p. 466. ISBN: 978-8170220534.
4. ASTHANA,V.,SHUKLA, A. C. 2014. Water Security in India: Hope, Despair, and the Challenges of Human Development. Bloomsbury Publishing USA. p. 368. ISBN: 1441118225.
5. BASU, D. N. AND KASHYAP, S. P. 1996. Agro-climatic Regional Planning in India: Themes and case studies. Concept Publishing Company. New Delhi. p. 670. ISBN: 8170225833.
6. BEDNÁŘ, J., 1993. Meteorologický slovník výkladový & terminologický. Academia a Ministerstvo životního prostředí ČR. Praha. s. 594. ISBN: 80-85368-45-5.
7. Bednář, J. 2003. Meteorologie. Portál. Praha. s. 223. ISBN: 80-7178-653-5.
8. BEDNÁŘ, J., KOPÁČEK, J. 2005. Jak vzniká počasí. Karolinum. Praha. s. 268. ISBN: 80-246-1002-7.
9. BOLLASINA, M. A. MING, Y. RAMASWAMY, V. Anthropogenic Aerosols and the Weakening of the South Asian Summer Monsoon [online]. Science. 28. říjen 2011 [cit. 2017-07-11]. Dostupné z <<https://pdfs.semanticscholar.org/bf84/ef0f56eb08a0955e1a4817c219f6db4bb624.pdf>>.
10. BRANIŠ, M., HŮNOVÁ, I. (eds.). 2009. Atmosféra a klima. Aktuální otázky znečištění ovzduší. Karolinum. Univerzita Karlova v Praze. s. 352. ISBN: 8024615983.

11. BURROUGHS, W. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 2003. Climate: Into the 21st Century. Cambridge University Press. p. 240. ISBN: 0521792029. Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=IppQNvzj4iMC&hl=cs&source=gbs_navlinks_s>.
12. CRRI. Background and location [online]. c2008 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <<http://crri.nic.in/>>.
13. ČMES. Elektronický meteorologický slovník [online]. 1993 [cit. 2016-01-15]. Dostupný z: <<http://slovník.cmes.cz>>.
14. DEPARTMENT OF WATER RESOURCES. Indira Gandhi Nahar Project [online]. 2000 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <<http://www.rajirrigation.gov.in/4ignp.htm>>.
15. DVOŘÁK, P. Atlas počasí. 2003. Svět křídél. Cheb. s. 138. ISBN: 80-86808-02-5.
16. FAO. Livestock sector brief – India [online]. c2005b [cit. 2017-01-25]. Dostupné z: <http://www.fao.org/ag/againfo/resources/en/publications/sector_briefs/lsb_IND.pdf>.
17. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Countries [online]. 2012 [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <<http://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?iso3=MYS>>.
18. FAO. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. p. 190. ISBN: 9789251091852. Dostupné z: <<http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>>.
19. GANARAJYA, B. India – Agriculture [online]. c2007, [cit. 2008-03-10]. Dostupné z: <<http://www.nationsencyclopedia.com/Asia-and-Oceania/India-AGRICULTURE.html>>.
20. Government of India Ministry of Agriculture & Farmers Welfare Department of Agriculture, Cooperation & Farmers Welfare Directorate of Economics and Statistics. 2016. AGRICULTURAL STATISTICS AT A GLANCE. Government of India. Delhi. p. 489. ISBN-10:0-19-945965-7.
21. GUPTA, S. How can we prevent crops from getting ruined with unseasoned rain in India? [online]. Quora. 10. červen 2015 [cit. 2016-02-18]. Dostupné z: <<http://www.quora.com/How-can-we-prevent-crops-from-getting-ruined-with-unseasoned-rain-in-India>>.

22. HALDER, A. Impact of monsoon on Indian tourism. [online]. Business economics. 16. červenec 2016 [cit. 2016-11-10]. Dostupné z: <<http://businesseconomics.in/impact-monsoon-indian-tourism>>.
23. HEITZMAN, J., WORDEN, R. L. India – agriculture [online]. c1995 [cit. 2008-01-25]. Dostupné z: <<http://countrystudies.us/india/102.htm>>.
24. HOLTON, J. R., HAKIM, G. J. 2012 An Introduction to Dynamic Meteorology. Academic Press USA. p. 552. ISBN: 0123848679. Dostupný také z : <https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=hcxcqQp7XOsC&oi=fnd&pg=P1&dq=meteorology&ots=thkx_LGqLL&sig=BOfoTXSf9GGg2Kgb68LNxMNgFRQ&redir_esc=y#v=onepage&q=monsoon&f=false>.
25. IPCC. STOCKER, T. F., QIN, D., PLATTNER, G., TIGNOR, M. M. B., ALLEN, S. K., BOSCHUNG, J., NAUELS, A., XIA, Y., BEX, V., MIDGLEY, P. M. 2013. Climate Change 2013 The Physical Science Basis Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. New York. p. 1535. ISBN: 9781107661820.
26. JI, G., BAKHRI, S., BAKHRI, A. 2015. Indian Economy: Performance & Policies (For University of Delhi). Vikas Publishing House. New Delhi. p. 473. ISBN: 9325986671.
27. KALE, V. S. 2014. Landscapes and Landforms of India. Springer. Dordrecht, Netherlands. p. 271. ISBN: 9401780293.
28. KNUTSON, T. R., Tuleya, R. E. Impact of CO₂-induced warming on simulated hurricane intensity and precipitation: sensitivity to the choice of climate model and convective parametrization. [online]. Journal of Climate. 2004 [cit. 2017-15-02]. Dostupné z: <<https://journals.amet soc.org/doi/pdf/10.1175/15200442%282004%29017%3C3477%3AIOCWOS%3E2.0.CO%3B2>>.
29. KHUDIRAM, S. 2009. Tropical Circulation Systems and Monsoons. Springer-Verlag Berlin and Heidelberg. Berlin. p. 324. ISBN: 9783642033728.
30. KULKARNI, V. Agriculture: On the cusp of self-sufficiency [online]. Bussines Line. 14. srpen 2017 [cit. 2017-10-11]. Dostupné z <<http://www.thehindubusinessline.com/economy/agri-business/agriculture-on-the-cusp-of-selfsufficiency/article9818217.ece?theme=true>>.

31. KUMAR, M. D. 2003. Food security and sustainable agriculture in India: The water management challenge . International Water Management Institute. Vallabh Vidyanagar. India. p. 36. ISBN: 9290905212.
32. KUMAR, M. D. BASSI, N. M. NARAYANAMOORTH, A. SIVAMOCHAN, M. V. K. 2014. The Water, Energy and Food Security Nexus Lessons from India for development. Routledge. London. p. 246. ISBN: 1317907612.
33. LOBELL, D. a BURKE, Marshall. Climate Change and Food Security: Adapting Agriculture to a Warmer World. New York: Springer, 2010. ISBN 9789048129515.
34. MIHULKA, S., Potíže s monzuny: Indie staví superpočítač na předpověď dešťů [online]. 100+1 Zahraniční zajímavost. 16. červen 2016 [cit. 2017-06-08]. Dostupné z <<http://www.stoplusjednicka.cz/potize-s-monzuny-indie-stavi-superpocitac-na-predpoved-destu>>.
35. Ministry of Agriculture & Farmers Welfare Government of India. 2016-2017. Department of agricultural, cooperation & farmers welfare. Annual report. Krishi Bhawan. New Delhi. p. 188. Dostupné také z: <http://agricoop.nic.in/sites/default/files/Annual_rpt_201617_E_0_0.pdf>.
36. MISRI, B. K. Pasture/forage resource profiles for India. [online]. 1999 [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/India.htm>>
37. MUJUMDAR, N.A. AND KAPILA U. 2006. Indian Agriculture in the New Millennium: Changing Perceptions and Development Policy. Svazek 2. Academic Foundation. New Delhi. India. p. 398. ISBN: 8171885144.
38. NAMBIAR, D. AND MURALIDHARAN, A. 2017. The Social Determinants of Health in India: Concepts, Processes, and Indicators. Springer. New Delhi. India. p. 226. ISBN: 9811059993.
39. NIIR, B. 2000. Modern Technology of Agro Processing and Agricultural Waste Products. National Institute Of Industrial Re. Delhi. India. p. 504. ISBN: 8186623493.
40. ONLINE RESOURCE CENTRE. Irrigation and water management [online]. 2003, [cit. 2016-04-22]. Dostupné z<<http://nposonline.net/ard.shtml#iwm>>.

41. PALANISAMI,K.,RANGANATHAN,R.C.,NAGOTHU,U.S.,KAKUMANU,K.R. 2014. Climate Change and Agriculture in India: Studies from Selected River Basins. Routledge. p. 344. ISBN: 1317559916.
42. PALMER, T.N., RÄISÄNEN, J. Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate, [online]. Nature . 31. leden 2002 [cit.2016-03-18]. Dostupné z <<http://www.environmentportal.in/files/Quantifying%20the%20risk%20of%20extreme%20seasonal%20precipitation%20events%20in%20a.pdf>>.
43. PRASADA, G. S. L. H. V., RAO, V. U. M.,RAO, G. G. S. N. 2010. Climate change and agriculture over India. PHI Learning Private Limited New Delhi. p. 352. ISBN:812033941.
44. PONS, J. and TOSSAS, E. 2008. Actual Atlas de geografía universal. Barcelona: Larousse. p. 208. ISBN: 9788471535252.
45. RAY, B. 2008. Water: The Looming Crisis in India. Lexington Books. Lanham. p. 276. ISBN: 0739130277.
46. REICHEL, J. VŠETIČKA, M. Coriolisova síla [online]. Encyklopedie fyziky. 2006 [cit.2016-03-10].Dostupné z<<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/43-coriolisova-sila>>.
47. SAITO, K. 1971. On the Green Revolution. The Developing Economies. New York. p. 15. Dostupné z: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1746-1049.1971.tb00459.x>>.
48. SEIFERT, V. 1987. Rozumíte počasí?. Artia. Praha. s. 192. ISBN: 3201987.
49. SINGH, R.B.,PROKOP, P. 2015. Environmental Geography of South Asia: Contributions Toward a Future Earth Initiative. Springer Japan. p. 351. ISBN: 4431557415.
50. SOBÍŠEK, B. 1993. Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Ministerstvo životního prostředí České republik. Praha. s. 594. ISBN: 80-85368-45-5.
51. SUD, S. 2009. The Changing Profile of Indian Agriculture. Business Standard Books. p. 241. ISBN: 8190573551.
52. TOBOLOVÁ, B. Monzun vs. Medard [online]. Infomet . 31. května 2010 [cit. 2016-07-18]. Dostupné z <<http://infomet.cz/index.php?id=read&idd=1275334352>>.

53. TRIZNA, M. 2004. Klimageografia a hydrogeografia, 1. vydání. Geo-grafika. Bratislava. s. 154. ISBN: 8096814672.
54. VARDHAM, H. Forecasting of Natural Calamities [online]. Press Information Bureau Government of India Ministry of Earth Science. 3. prosinec 2004 [cit. 2017-9-08]. Dostupné z<<http://pib.nic.in/newsite/PrintRelease.aspx?relid=112453>>.
55. WHO a UNICEF. 2015. Progress on sanitation and drinking water – 2015 update and MDG assessment. UNICEF and World Health Organization. New York. p. 90. ISBN: 9 789241 509145. Dostupný z: <https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2015/12/Progress-on-Sanitation-and-Drinking-Water_234.pdf>.
56. WORLD BANK. 2005. Agriculture Investment Sourcebook. World Bank Publications. p. 532. ISBN: 0821383523. Dostupný z: <<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/7308/343920PAPER0Ag101OFFICIAL0USE0ONLY1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

Seznam použitých zkratk

CRRI Výzkumný ústav v Novém Dillí, Indie
Central Road Research Institute

FAO Food and Agriculture Organisation of United Nations

HDP Hrubý domácí produkt

IPPC Mezivládní panel pro změny klimatu
Intergovernmental Panel on Climate Change

IRRI Mezinárodní institut pro výzkum rýže
International Rice Research Institute

OSN Organizace spojených národů

WMO Světová Meteorologická Organizace
World Meteorological Organization