

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie

Bc. Pavla Dittmarová

KLIMA A KLIMATICKÉ ZMĚNY V ÚDOLÍ ARAVA V IZRAELI

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Martin Jurek, Ph.D.

Olomouc 2024

Bibliografický záznam

Autor (osobní číslo): Bc. Pavla Dittmarová (R220003)

Studijní obor: Učitelství geografie pro střední školy (kombinace Z-Bi)

Název práce: Klima a klimatické změny v údolí Arava v Izraeli

Title of thesis: Climate and climate change in the Arava valley, Israel

Vedoucí práce: RNDr. Martin Jurek, Ph.D.

Rozsah práce: 101 stran, 17 vázaných příloh

Abstrakt: Diplomová práce se zabývá klimatem a jeho změnami v údolí Arava v Izraeli, které mají velký vliv na zdejší zemědělství. Klima v údolí je popsáno a srovnáno se zbytkem Izraele pomocí staničních dat. Díky tomu lze sledovat velké rozdíly v klimatu severního Izraele, který je pod vlivem Středoziemního moře a aridního údolí Arava, které je charakterizováno minimálním úhrnem srážek, velmi vysokou teplotou vzduchu a vysokým výparem, což není pro zemědělskou produkci nijak příznivé. I přes to se však díky inovativním technologiím daří v údolí vypěstovat více než polovinu veškeré čerstvé zeleniny, která se následně vyváží do Evropy. V posledních desetiletích ale celý svět zažívá klimatickou změnu, která se projevuje zvyšováním teploty vzduchu, snižováním úhrnu srážek a častějším výskytem extrémních klimatických jevů (sucha, povodně, horké vlny). Tomu se musí izraelské zemědělství i společnost přizpůsobit. Izrael, který má odjakživa nedostatek vodních zdrojů, sice prozatím dokáže zajistit dostatek vody pro stále rostoucí populaci i zemědělství, nikdo však neví, jak dlouho budou alternativní zdroje vody dostačující, pokud se srážkový úhrn bude pořád zmenšovat a výpar zvětšovat. Důležitým krokem ke zdárné budoucnosti je tedy monitorování a hodnocení změn klimatu, ale také snaha o predikci

dalšího vývoje klimatické změny, což může poskytnout cenné informace pro přípravu a přizpůsobení se měnícím se klimatickým podmínkám.

Klíčová slova: klima v údolí Arava, zemědělství, nedostatek vody a orné půdy, klimatická změna, zvyšování teploty, úbytek úhrnu srážek

Abstract: This thesis focuses on the description of climate of the Arava valley and its changes due to climate change, that has a big effect on local agriculture. Climate of the Arava valley is described by station data from selected stations. Stations of the Arava valley are also compared to other stations in Israel, so the differences between Mediterranean climate in the north of Israel and the arid climate in the south can be seen. The Arava valley is characterized by minimum rainfall, very high air temperature and high evaporation rate. Despite the harsh conditions that are not very favourable for agriculture, the valley is capable of cultivating more than half of state's fresh vegetable production that is exported to Europe. In the last decades the whole world is experiencing climate change which causes increasing air temperature, decreasing rainfall and more frequent occurrence of extreme weather events (droughts, floods, heat waves). Israeli agriculture, as well as its population, have to adapt to these changing conditions. Israel deals with the lack of water sources by using alternative sources of water that provide water for household use and irrigation. It is not certain, however, that the alternative sources of water will be sufficient in the future due to the decrease in rainfall and increase in evaporation. Therefore, it is important to monitor and evaluate the changes of climate and try to predict the next development, so that Israel can better adapt to changing conditions.

Keywords: climate in the Arava valley, agriculture, lack of water and arable land, climate change, increasing air temperature, decreasing rainfall

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem **Klima a klimatické změny v údolí Arava v Izraeli** vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Martina Jurka, Ph.D. a veškerou použitou literaturu a zdroje jsem řádně uvedla a ocitovala.

V Olomouci dne 18. 4. 2024

.....
Pavla Dittmarová

Děkuji panu RNDr. Martinovi Jurkovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce, cenné rady, ale především ochotu a trpělivost při konzultacích. Poděkování patří také mé rodině a přátelům, kteří mě při zpracování diplomové práce podporovali.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavla DITTMAROVÁ**
Osobní číslo: **R220003**
Studijní program: **N0114A330001 Učitelství geografie pro střední školy**
Téma práce: **Klima a klimatické změny v údolí Arava v Izraeli**
Zadávající katedra: **Katedra geografie**

Zásady pro vypracování

Tektonické údolí Arava se nachází v pouštním klimatu jižního Izraele, přesto je místem s trvalým osídlením a zemědělskou produkcí v zavlažovaných sadech a farmách. Současné klimatické změny ovlivňují budoucí výhled udržitelnosti produkce jak zeleniny, tak i datlových palem a dalších plodin v oblasti. V rámci širšího výzkumného záměru je potřeba uceleně popsat charakter klimatu a jeho aktuální proměny na podkladu dostupných klimatických staničních dat v oblasti a také klimatických projekcí pro oblast Izraele.

Rozsah pracovní zprávy: **20 000 – 24 000 slov**
Rozsah grafických prací: **Podle potřeb zadání**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Ackermann, O., Zhevelev, H.M., Svoray, T. (2019): Agricultural systems and terrace pattern distribution and preservation along climatic gradient: From sub-humid mediterranean to arid conditions. *Quaternary International* 502, 319-326. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.09.032>
AlSarmi, S., Washington, R. (2011): Recent observed climate change over the Arabian Peninsula. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 116, D11. <https://doi.org/10.1029/2010JD015459>
Argaman, E., Barth, R., Moshe, Y., Ben-Hur, M. (2020): Long-term effects of climatic and hydrological variation on natural vegetation production and characteristics in a semiarid watershed: The northern Negev, Israel. *Science of the Total Environment* 747, 141146. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141146>
Ashkenazi, E., Avni, Y., Chen, Y. (2020): The vitality of fruit trees in ancient Bedouin orchards in the Arid Negev Highlands (Israel): Implications of climatic change and environmental stability. *Quaternary International* 545, 73-86. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.09.039>
Bruins, H.J. (2012): Ancient desert agriculture in the Negev and climate-zone boundary changes during average, wet and drought years. *Journal of Arid Environment* 86, 28-42. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.01.015>
Potcher, O., Goldman, D., Kadish, D., Iluz, D. (2008): The oasis effect in an extremely hot and arid climate: The case of southern Israel. *Journal of Arid Environments* 72, 9, 1721-1733. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.03.004>
Turco, M., Levin, N., Tessler, N., Saaroni, H. (2017): Recent changes and relations among drought, vegetation and wildfires in the Eastern Mediterranean: The case of Israel. *Global and Planetary Change* 151, 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.09.002>

Vedoucí diplomové práce: **RNDr. Martin Jurek, Ph.D.**
Katedra geografie

Datum zadání diplomové práce: 15. listopadu 2022
Termín odevzdání diplomové práce: 10. dubna 2024

L.S.

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan

doc. Mgr. Pavel Klapka, Ph.D.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 15. listopadu 2022

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM TABULEK	11
1 ÚVOD	12
2 CÍLE PRÁCE.....	13
3 REŠERŠE	14
4 POUŽITÉ METODY ZPRACOVÁNÍ	19
5 IZRAEL	21
5.1 Fyzickogeografická charakteristika Izraele	21
5.1.1 Reliéf.....	21
5.1.2 Klima	23
5.1.3 Hydrologie	27
5.1.4 Řešení nedostatku vodních zdrojů	34
5.2 Izraelské zemědělství.....	39
5.2.1 Obecná charakteristika zemědělství	40
5.2.2 Podmínky pro pěstování plodin	42
5.2.3 Pěstované plodiny	44
6 ÚDOLÍ ARAVA	46
6.1 Fyzickogeografická charakteristika údolí Arava	46
6.1.1 Reliéf.....	46
6.1.2 Klima	47
6.2 Obyvatelstvo údolí Arava	53
6.2.1 Zemědělské komunity v údolí Arava	55
6.3 Zemědělství údolí Arava	56
6.3.1 Vývoj zemědělství.....	56

6.3.2	Zdroje vody k zavlažování.....	58
6.3.3	Pěstované plodiny	60
6.3.4	Výzkumná činnost v údolí Arava	62
7	PROJEVY KLIMATICKÉ ZMĚNY V IZRAELI	64
7.1	Zvyšování teploty vzduchu a snižování úhrnu srážek.....	64
7.2	Důsledky klimatické změny na přírodní systémy	69
7.2.1	Efekt na vegetaci	69
7.2.2	Efekt na vodní zdroje.....	71
7.3	Důsledky klimatické změny na obyvatele Izraele.....	72
7.4	Vládní opatření boje proti klimatické změně	73
8	PREDIKCE KLIMATICKÉ ZMĚNY V IZRAELI	75
8.1	Scénáře predikce klimatické změny	75
8.2	Možné budoucí následky klimatické změny.....	76
9	DISKUZE	81
10	ZÁVĚR	82
11	SUMMARY	84
12	SEZNAM CITOVANÉ LITERATURY	85
	PŘÍLOHY.....	90
	Seznam příloh.....	90
	Příloha A	91
	Příloha B	93
	Příloha C	98

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Výškopisná mapa Izraele s vyznačenými 85 meteorologickými stanicemi.....	19
Obr. 2: Všeobecně zeměpisná mapa Izraele.....	22
Obr. 3: Využití půdy v Izraeli v roce 2013.....	23
Obr. 4: Srovnání průměrné měsíční teploty vzduchu ve vybraných stanicích v Izraeli v období 1995–2009.....	24
Obr. 5: Znázornění průměrné teploty vzduchu v Izraeli v období 2004–2016 za denní interval 10:00–14:00 hodin a noční interval 21:00–2:00 hodin.....	25
Obr. 6: Průměrný roční úhrn srážek v jednotlivých stanicích Izraele v letech 1991–2020.....	26
Obr. 7: Znázornění vertikálního uložení výskytu artéských vod v podloží v oblasti Chacevy..	29
Obr. 8: Klesání hladiny Mrtvého moře v letech 1900–2012.....	32
Obr. 9: Ubývání rozlohy Mrtvého moře od roku 1931 po rok 2010 a predikce dalšího vývoje do roku 2070.....	32
Obr. 10: Vývoj plochy orné půdy v Izraeli v letech 1961–2021.....	43
Obr. 13: Zelenina s největším objemem produkce v Izraeli v letech 1961–2022.....	45
Obr. 14: Satelitní snímek údolí Arava ze dne 4. 4. 2024.....	46
Obr. 15: Srovnání průměrných měsíčních teplot vzduchu ve stanicích Sodoma, Paran a Ejlat v období 1995–2009.....	48
Obr. 16: Průměrné měsíční úhrny srážek ve stanici Jotvata v letech 1991–2020.....	50
Obr. 17: Průměrné měsíční úhrny srážek ve stanici Elon v letech 1991–2020.....	50
Obr. 18: Srovnání průměrného ročního úhrnu srážek ve vybraných stanicích Izraele v letech 1991–2020.....	52
Obr. 19: Vesnice založené ve 20. století v údolí Arava (Izraelská strana).....	54
Obr. 21: Rozmístění studen čerpajících podzemní vodu v údolí Arava.....	59
Obr. 22: Fóliovník v údolí Arava.....	60
Obr. 23: Vnitřní prostory fóliovníku v údolí Arava volně přístupného pro veřejnost.....	61
Obr. 24: Síťky obalující datle na vrcholku palmy datlové, chránící plody proti hmyzu a ptactvu (údolí Arava, mošav Chaceva).....	62
Obr. 25: Srovnání minimální, maximální a průměrné měsíční teploty vzduchu a průměrných měsíčních srážkových úhrnů za období 1901–1930 a 1991–2020 v Izraeli.....	65

Obr. 26: Rozdíly minimální, maximální a průměrné měsíční teploty vzduchu, průměrného měsíčního srážkového úhrnu mezi obdobími 1901–1930 a 1991–2020 v Izraeli.....	66
Obr. 27: Znárodnění jednotlivých scénářů podle CMIP6 charakterizovaných produkcí CO ₂ za rok	75
Obr. 28: Zaznamenaný průměrný výskyt horkých dnů v období 1995–2014 v Izraeli	77
Obr. 29: Predikovaný průměrný výskyt horkých dnů v období 2080–2099 v Izraeli.....	77
Obr. 30: Projektovaný vývoj průměrné měsíční teploty vzduchu pro období 2080–2099 (scénář SSP1-2.6 a SSP5-8.5) vyobrazený spolu s průměrem za období 1995–2014	78
Obr. 31: Projektovaný vývoj průměrného měsíčního srážkového úhrnu pro období 2080–2099 (scénář SSP1-2.6 a SSP5-8.5) vyobrazený spolu s průměrem za období 1995–2014	79

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Průměrné měsíční úhrny srážek ve stanici Ejlat v letech 1961–1990.....	69
Tab. 2: Průměrné měsíční úhrny srážek ve stanici Ejlat v letech 1991–2020.....	69
Tab. 3: Roční spotřeba pesticidů v Izraeli (v tunách) v letech 2000–2021.....	71

1 ÚVOD

Údolí Arava se nachází na hranici Izraele a Jordánska, mezi Akabským zálivem Rudého moře na jihu a Mrtvým mořem na severu. Leží na části Velké příkopové propadliny a bylo zformováno pohyby arabské a africké litosférické desky. Zdejší klima je klasifikováno jako hyperaridní, tzn. jako oblast s intenzivním slunečním zářením, vysokou teplotou vzduchu (roční průměr přesahuje 23 °C), velmi malými srážkovými úhrny (23 - 50 mm/rok) a vysokým výparem (přes 3 000 mm/rok). I přes tyto nepříznivé podmínky je však oblast zemědělsky aktivní. Lidé si zde založili zemědělské komunity a pěstují zde různé plodiny (ovoce, zelenina, květiny), které se exportují především do Evropy. Nedostatek povrchové vody překonávají čerpáním podzemních vod a využíváním odsolené brakické vody a recyklovaných odpadních vod, což i přes rostoucí populaci zajišťuje dostatek vody pro zavlažování polí.

Již několik desetiletí však celý svět ovlivňuje klimatická změna, kterou lze sledovat i v údolí Arava. Díky globálnímu oteplování se zvyšuje teplota vzduchu a mění se roční srážkový režim, což ovlivňuje ekosystémy po celém světě. V extrémně aridních podmínkách s minimálním úhrnem srážek je přetrvání ekosystémů založeno na střídání náročného období bez srážek a období růstu v přívētějších podmínkách. Změny v množství, intenzitě nebo rozložení srážek v průběhu roku by mohly mít negativní dopady na zachování stávajících ekosystémů. Aridní oblasti s nízkým úhrnem srážek by se tak mohly stát ještě sušší, což by mohlo vést k vymření zdejších druhů, kterých je již teď málo.

Tyto změny klimatu ovlivňují také zemědělství, které je částečně závislé na podnebných podmínkách. V Izraeli však řeší problém nedostatku vody a orné půdy již mnoho staletí, a díky tomu jsou na oteplování do jisté míry připraveni. Pokud se však bude teplota vzduchu drasticky zvyšovat a srážek bude ubývat, není vyloučené, že aridní oblasti Izraele již nebudou mít dostatečnou kapacitu vody pro lidskou spotřebu a zároveň i zavlažování polí.

To by mohlo mít obrovský dopad na export zemědělských plodin ze země do Evropy a tím i příjem zdejších obyvatel. Je tedy na místě monitorovat klimatické změny v údolí, ale i celém Izraeli a vyhodnocovat současnou situaci. Sestavení predikcí pokračujících změn klimatu pak může pomoci jak vládě, tak přímo zdejším farmářům, v přípravě a přizpůsobení se na stále se ztěžující podmínky pro zemědělství v této oblasti.

2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem této práce je představit komplexní pohled na klima a zemědělství v údolí Arava v Izraeli, které je ovlivněno probíhající klimatickou změnou. Mnohá opatření týkající se změny klimatu však netíží pouze údolí Arava, ale i celý stát Izrael. Proto je vhodné do práce zahrnout také popis prováděných opatření v celém Izraeli, díky čemuž jsou poměry v údolí zasazeny do širšího kontextu.

Prvním úkolem této práce je popsat aridní klima v údolí Arava v Izraeli, které je charakteristické vysokou teplotou vzduchu a nízkým ročním úhrnem srážek. Díky srovnání s klimatem ve zbytku Izraele pak údolí vyniká neobyčejně nepříznivými podmínkami pro zemědělství. I přes to se však v zemědělských komunitách vyvinulo vysoce inovativní zemědělství, které zajišťuje zdejším obyvatelům zdroj obživy i obchodu. Díky měnícím se klimatickým podmínkám se však pěstování plodin stále ztěžuje a obyvatelé se tomu musí přizpůsobit.

Druhým úkolem je tedy popsat a zhodnotit důsledky probíhající klimatické změny v Izraeli (se zaměřením na aridní oblast údolí Arava), které mají velký vliv na ekosystémy a udržitelnost zdejšího zemědělství.

Dle dosavadních úspěchů lze konstatovat, že se Izraeli prozatím daří adaptovat na změny klimatu. V textu jsou popsány různé metody získávání vody v zemi, která trpí jejím nedostatkem (čerpání podzemních vod, odsolování slané a brakické vody, recyklace odpadních vod). Dále také moderní technologie využívané v zemědělství, díky kterým se dá i v tak náročném a suchém prostředí pěstovat obrovské množství ovoce a zeleniny.

Na konci práce jsou představeny výhledy na další vývoj klimatické změny v Izraeli, projekce měnícího se klimatu a další možné důsledky, které by se do konce století mohly objevit.

Posledním cílem práce je také zasadit téma izraelského zemědělství v kontextu klimatické změny do české literatury, neboť všechny dostupné informace jsou napsány převážně v angličtině a hebrejštině, ale v češtině žádné dílo o této problematice ještě nebylo sepsáno.

3 REŠERŠE

První část diplomové práce se věnuje obecné charakteristice Izraele. Reliéf Izraele byl pospán pomocí popisu Elatha et al. (2024) a atlasu světa. Klimatem Izraele se nejvíce zabýval Goldreich, který ve své knize *Climate of Israel* (2003) popsal detailně klima celého Izraele. Se svými kolegy (Goldreich et al., 2004) se potom více zaměřil na radarovou analýzu různých druhů oblačných systémů, které přinášejí Izraeli srážky. Také Saaroni et al. (2010) se zabýval srážkovým režimem nad Izraelem.

Hydrologie Izraele a jeho nedostatek vody je v geografii nejvíce studovanou a řešenou oblastí. Největší sladkovodní zásobárnu vody, tedy Galilejské jezero, a jeho udržitelnost popisuje Parparov a Gal (2012), přičemž způsobem dodávání odsolené vody do jezera, aby se doplnil jeho stav, se zabývali Staff a Surkes (2022).

Podzemní zdroje vod čerpané na povrch jsou také významné. Největší zvedeň Izraele je pospána v článku Weinbergra et al. (1994), zdroje artéské vody pak popisuje Mazor et al. (1995). Další velké podzemní zdroje pak řeší Shirav-Schwartz et al. (2006). Největší zdroj slané vody, Mrtvé moře, je již dlouhá léta studován díky rychle klesající hladině vody, což je spojené s klimatickou změnou (zvyšujícím se výparem a snižujícími se srážkovými úhrny), ale také odebíráním vody z jeho hlavního zdroje, řeky Jordán. V práci je využito poznatků Aloniho et al. (2015), Hassana a Kleina (2002), Clossona et al. (2013) a Filina et al. (2014). Návrhem na doplňování hladiny Mrtvého moře slanou vodou z Rudého moře pomocí kanálu se pak zabývaly především národní instituce a např. Markel et al. (2013), Aloni et al. (2015) nebo Yosef et al. (2006), kteří hodnotí důsledky a vhodnost výstavby takového kanálu.

Nedostatek vody je v Izraeli řešen odsolováním slané a brakické vody a recyklací odpadních vod. Odsolování vody popsal Lew et al. (2020) a Ben-Gal et al. (2009) pak nastínil klady a zápory zavlažování odsolenou vodou v zemědělství. Historický vývoj a kapacitu odsolovacích zařízení pak popsalo izraelské ministerstvo financí (Israel's Ministry of Finance, 2021). Procesem recyklace odpadních vod a jejího využití v zemědělství se zabývali Assouline et al. (2015), Raveh a Ben-Gal (2015), Achilea (2011) a Tal (2016). Díky velkému podílu recyklované vody využití v zemědělství, jsou Izraelci i v aridních oblastech s nedostatkem vody schopni pěstovat obrovské množství plodin.

Další kapitolou této práce je tedy izraelské zemědělství. Jeho výjimečnost popisuje Achilea (2011). V dnešní době se v Izraeli uplatňuje precizní zemědělství, které využívá IT (GPS, GIS) k ideálnímu zavlažování i hnojení. Využíván je především kapkový systém závlahy, který vodu dostává přímo ke kořenům rostlin a zabraňuje tak nadměrnému odtoku a vypařování, což je izraelským hlavním cílem. Možnosti zavlažování jako je kapková závlaha a její alternativy popsal Tal (2016). Nejvíce pěstovanými a exportními plodinami se zabýval Shachar (2011) a Fleischer et al. (2007).

Na samotné údolí Arava se pak zaměřuje opět Goldreich s kolegy (2004), také ve spolupráci s Karnim (2001) a dopodrobna popisují všechny klimatické faktory údolí.

Zajímavým jevem v údolí je pak oázový efekt, který studoval Potcher et al. (2008, 2012). Efekt zaručují v údolních oázách datlové palmy a ostatní stromy a keře, které přispívají k lepším podmínkách pro pěstování plodin i celkovému komfortu lidí. Pomocí tříletého experimentu zjišťoval, jaké faktory mají vliv na ochlazení vzduchu nejvíce a ve kterou denní dobu se oázový efekt projevuje nejsilněji. I tyto informace mohou zlepšit zdejší zemědělství.

Vývoj zemědělství v údolích pouště Negev studoval Askhenazi et al. (2020), Bruins (2012), Stavi et al. (2018) a Ackerman et al. (2019). Zemědělství je zde velmi obtížné kvůli vysoké teplotě vzduchu a málo srážkám. Půdy jsou neúrodné, mají málo živin, hodně soli a jsou náchylné k erozi. Systém zavlažování pomocí odtokové vody zadržované terasami se zachoval dodnes. Terasovitá pole, budovaná v takto nepříznivých podmínkách, totiž poskytují alespoň částečné výhody pro pěstování (zadržování vody, zmírnění půdní eroze). I přes to jsou některá z nich v současné době opouštěna a nechána napospas přírodě.

Bruins et al. (2012) také popsal začátky čerpání podzemních vod a výstavbu prvních vesnic v údolí. Zemědělskými komunitami typickými pro Izrael a jejich charakteristikou se pak blíže zabývali Pines (1948), Ben-David (1964) a Galor (2014).

K tomu, aby se zemědělství v údolí tak dařilo, bylo zapotřebí mnoha výzkumů a pokusů. Vědci a výzkumníci se snaží přijít na další inovativní způsoby vylepšení zdejšího pěstování plodin (Arava institute, 2024). V údolí bylo vystavěno také návštěvnické centrum, které má za úkol představit život v údolí. Izrael své úspěchy a know-how předává dál, a to především do chudých zemí v Africe. Více o tomto procesu píše Golan (2023).

Posledním tématem práce je klimatická změna a její projevy v celém Izraeli, a zároveň i v lokálním měřítku údolí Arava, které by mohly ve velké míře ovlivnit zdejší ekosystémy a zemědělství. Mnoho údajů o klimatické změně (především těch statistických) spolu s plány do budoucna bylo čerpáno ze státem vydaných ročenek. Úspěchy Izraele v boji proti klimatické změně byly popsány v mezinárodním programu OECD (2022), který řadí Izrael na 1. místo ve využití recyklované vody na světě, zároveň ale sdílí obavy o budoucí prudké zmenšování zásob sladké vody.

Projevy klimatické změny pak byly sledovány především ve zvyšování teploty vzduchu a úbytku srážek. Kafle a Bruins (2009) sledovali v letech 1970 - 2022 za pomoci 12 meteorologických stanic teplotu vzduchu, srážky a ariditu v průběhu roku. Jejich výsledky ukazují, že se vnitrozemské suché oblasti stávají ještě sušší, zatímco rovina u pobřeží Středozemního moře a severovýchodní část Negevské pouště zažívá mírné zvyšování srážek a snižování aridity, což ale nemusí platit do budoucna. Ziv et al. (2014) zase přišel s tím, že srážek ubývá především v na jaře a na podzim, čímž se zkracuje zimní období dešťů. Prodlužují se také období sucha v zimě, což by mohlo do budoucna zvýšit pravděpodobnost, že farmáři budou muset zavlažovat plodiny i v zimě.

Studiem reakce vegetace na klimatickou změnu se zabýval Golodets et al. (2013), který tvrdí, že při 20 % poklesu ročního úhrnu srážek se produktivita bylin sníží o 40 % v aridních oblastech, o 16 - 34 % v semiaridních oblastech a o 12 % na pobřeží Středozemního moře. To by mohlo mít negativní dopad především na pastviny vlhčích oblastí Izraele, také ale na aridní oblasti, kde je už tak málo vegetace. Argaman et al. (2020) zase zkoumal různou míru přizpůsobení rostlin jednoletých a trvalek. Došel k názoru, že trvalky se změnám dokážou lépe přizpůsobit, díky schopnosti využívání odtokové vody, která se nevsákne při dešti do půdy. Ve svém třináctiletém experimentu tedy ukazuje, jak by se mohla dlouhodobě projevit klimatická změna na vegetaci.

Turco et al. (2017) popisuje, že vysoká teplota vzduchu a dostupnost rostlinného porostu v Izraeli způsobují velké požáry, což přispívá k dalšímu úbytku vegetace. Na to navazuje Dale (1997) ve svém článku, který řeší důsledky změny krajinného pokryvu.

Podle Tobina (2014) a jeho experimentu by však jednoleté rostliny v Izraeli mohly být odolnější, než bylo doposud předpokládáno. Tobin v experimentálních stanicích snížil objem

srážek o 30 % a 9 let sledoval, jak na to rostliny zareagují. Výsledky byly šokující, protože snížení srážek nemělo na růst rostlin skoro žádný vliv, což by mohlo značit alespoň částečnou výhodu pro izraelskou vegetaci.

Snížení úhrnu srážek má vliv také na snížení hladiny řeky Jordán, což popisuje Givati et al. (2019). To přispívá také ke snížení hladiny Galilejského jezera, které kromě zvyšování salinity trpí i dalším problémem. Regev et al. (2024) uvádí, jak rostoucí teplota vody Galilejského jezera zvyšuje produkci sinic a tím vede ke zhoršení kvality vody.

Klimatická změna byla zkoumána také přímo v údolí Arava, které je typické svým hyperaridním klimatem. Bruins et al. (2012) sledoval změny na pramenech v údolí Arava. Z původních 31 pramenů už je aktivních pouze 13, zbylých 18 je již vyschlých. Je důležité si však uvědomit, že prameny nevyschly jen díky zvyšující se teplotě vzduchu a úbytku srážek. V minulosti byly ovlivněny hlavně antropogenně, protože už od roku 1936 začaly být využívány k lidské potřebě. Trend snižování ročních úhrnů srážek v údolí sledoval v letech 1949 – 2009 H. Ginat (2011), stejně tak Ziv et al. (2014), který potvrzuje signifikantní úbytek srážek v údolí Arava, především v jeho nejjihnějších částech.

Klimatická změna však nepůsobí změny jen v přírodních ekosystémech, má ale dopady také na obyvatele Izraele. Horkými vlnami a zdravotními problémy s tím spojenými se zabývali Zhou et al. (2020), Green et al. (2013) a Linares et al. (2020).

Poslední kapitola, predikce klimatické změny, se snaží nastínit, jak by se situace do budoucna mohla vyvíjet. Izraelská meteorologická služba předpovídá, že do roku 2100 se průměrná zimní teplota vzduchu v Izraeli zvýší o 1,5–3,0 °C a letní o 1,5–4,0 °C. Během roku také bude docházet k častějšímu výskytu extrémních jevů jako jsou povodně, extrémní sucha a horké vlny. Dojde také ke snížení celkového ročního úhrnu srážek. Naopak přibude na počtu a síle nárazových lijáků. Díky tomu může být půda více ohrožena erozí.

Možné dopady klimatické změny podle jednotlivých scénářů byly čerpány z portálu Climate change knowledge portal (2024). E. Black (2009) a Givati a Rosenfeld (2013) pak předpovídají až 10 - 20 % úbytek srážek do roku 2050 a vysvětlují jeho příčiny. Shachar (2011) popisuje možné důsledky dalšího úbytku srážek na zemědělství, které bude potřebovat ještě více závlahy. Fleischer et al. (2007) vidí situaci podobně, s tím, že do roku 2030 by teplejší klima

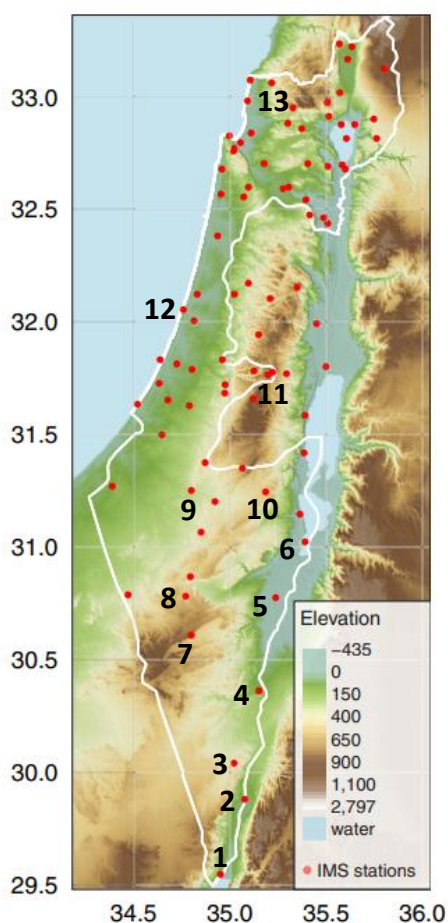
mohlo rostlinám v některých ohledech prospět, při dalším zvyšování teploty vzduchu by ale mohl nastat velký problém s nedostatkem závlahy a nadměrným horkem.

4 POUŽITÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

Nejdůležitější metodou použitou v této práci byla důkladná rešerše anglicky psaných zdrojů a studií, která umožnila celkový vhled do problematiky fyzickogeografické charakteristiky Izraele, jeho zemědělství i projevů klimatické změny, které mají důsledky jak na izraelské ekosystémy, tak na stále rozrůstající se populaci.

Data použitá v grafech týkajících se zemědělství byla převzata ze stránek FAOSTAT (Food and Agriculture Organization), kde lze dohledat informace o celkové zemědělské produkci, importu, exportu, orné půdě atd.

Grafy a tabulky zobrazující klimatické podmínky v údolí Arava a jejich srovnání se zbytkem Izraele byly zhotoveny na základě staničních dat Izraelské meteorologické služby (IMS). Stanice, jejichž data byla využita při znázornění klimatických podmínek v této práci jsou vyznačeny na výškopisné mapě Izraele (obr. 1).



STANICE ZKOUMANÉ V TÉTO PRÁCI

- 1 – stanice Ejlat
- 2 – stanice Jotvata
- 3 – stanice Neot Smadar
- 4 – stanice Paran
- 5 – stanice Chaceva
- 6 – stanice Sodoma
- 7 – stanice Micpe Ramon
- 8 – stanice Sde Boker
- 9 – stanice Beerševa
- 10 – stanice Arad
- 11 – stanice Jeruzalém
- 12 – stanice Tel Aviv
- 13 – stanice Elon

Obr. 1: Výškopisná mapa Izraele s vyznačenými 85 meteorologickými stanicemi, zkoumané stanice pojmenovány
Převzato z: Zhou et al. (2020), upraveno

Izraelská meteorologická služba na svých internetových stránkách poskytuje široké spektrum informací týkajících se klimatu v Izraeli. Díky online klimatickému atlasu, si zde zájemci mohou prostudovat témata teploty vzduchu, průměrné relativní vlhkosti, míry výparu, denní sluneční energie a úhrnu srážek v jednotlivých meteorologických stanicích, a to jak na vyobrazené mapě s vyznačenými údaji, tak v přehledných tabulkách.

Co se týká teploty vzduchu, jsou zde informace o měsíční maximální, průměrné a minimální teplotě vzduchu za období 1995–2009. U maximálních a minimálních hodnot jsou zde také uvedena data, kdy byly hodnoty naměřeny. Dále je zde možné prohlížet hodinové průměry teploty vzduchu v jednotlivých měsících.

Údaje o úhrnu srážek jsou zaznamenány za období 1991–2020. V tabulce jsou uvedeny opět průměrné, minimální a maximální měsíční hodnoty v jednotlivých stanicích. Navíc je zde k prohlížení statistika počtu dnů s výskytem srážek, a to s různým objemem srážek (např. počet dnů, kdy úhrn srážek překročil 1 mm/10 mm/50 mm). K dohledání je i meteorologická databáze, ve které jsou zaznamenány veškeré údaje o srážkách ve všech stanicích. Navíc jsou zde údaje o průměrném měsíčním výparu v jednotlivých stanicích.

IMS vydává také zprávy o klimatu Izraele. A to především měsíční shrnutí, ale také zprávy o neobvyklých klimatických událostech.

Grafy predikcí jednotlivých scénářů intenzity klimatické změny pak byly čerpány z portálu Climate change knowledge portal (2024), ze kterého byla použita i některá data pro zhotovení vlastních grafů. Na tomto portálu je mnoho užitečných dat týkajících se klimatické změny v Izraeli. Člověk zde najde jak popis, tak i přesná data a interaktivní grafy týkající se probíhající klimatické změny v Izraeli, i projekce scénářů klimatické změny do konce století. Na stránkách je také věnována pozornost extrémním jevům jako jsou horké vlny nebo prudké lijáky, které se objevují čím dál častěji.

5 IZRAEL

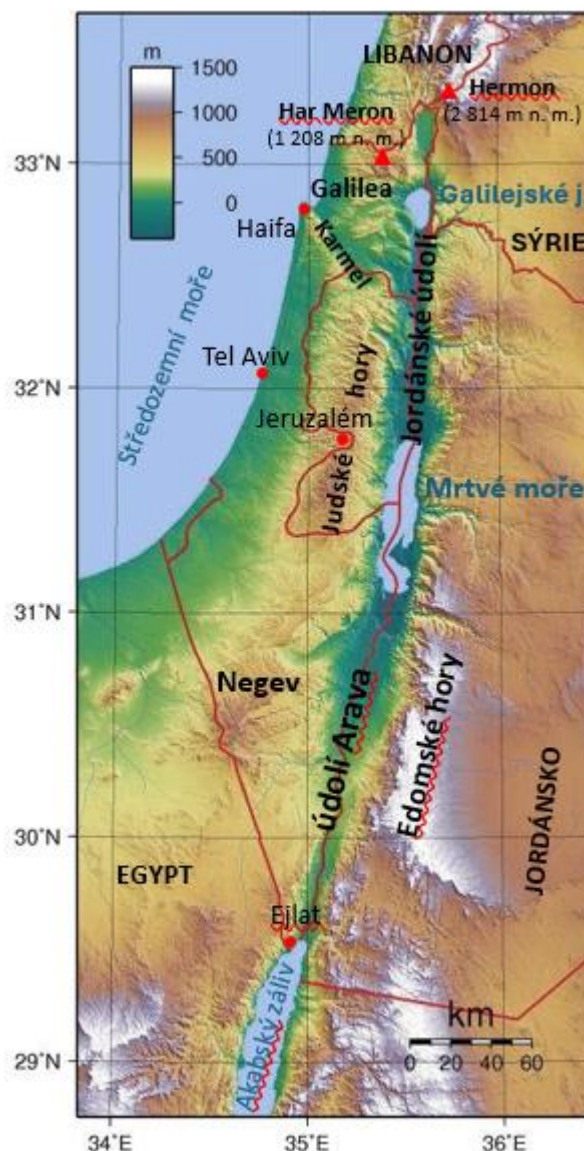
5.1 Fyzickogeografická charakteristika Izraele

5.1.1 Reliéf

Izrael je stát v jihozápadní Asii, který leží u východního pobřeží Středozemního moře. Na severu sousedí s Libanonem, na severovýchodě se Sýrií, na východě s Jordánskem a na jihozápadě s Egyptem. Je zhruba 470 km dlouhý od severu na jih a v nejširším místě má 135 km. Izrael je poměrně malým státem s rozlohou kolem 22 072 km², k tomu si také nárokuje tři další území: Západní břeh Jordánu, Východní Jeruzalém a Golanské výšiny.

I přes malou rozlohu a protáhlý tvar, má Izrael velkou výškovou členitost. Východní hranice Izraele leží na Velké příkopové propadlině, kde se nachází i nejnižší položené místo na Zemi – Mrtvé moře (- 430 m n. m.). Naopak nejvyšším bodem Izraele je hora Hermon v Golanských výšinách (2 814 m n. m.). Pokud bychom se však bavili o nejvyšší hoře na mezinárodně uznávaném území Izraele, byla by to hora Har Meron (1 208 m n. m.) poblíž severních hranic státu. Na sever od Mrtvého moře se táhne Jordánské údolí, kterým protéká řeka Jordán. Na jih od Mrtvého moře až k Akabskému zálivu se rozprostírá údolí Arava, jedno z nejsušších míst na světě. Pro Izrael jsou typické kráterovité útvary zvané macheš, které lze najít především v Negevské poušti na jihozápadě země, která zaujímá téměř polovinu rozlohy země.

Od severní hranice s Libanonem po Pásmo Gazy se na pobřeží Středozemního moře nachází rovina, kde jsou nevhodnější podmínky pro život, proto je zde akumulována více než polovina obyvatelstva Izraele. Nachází se zde také mezinárodně uznávané hlavní město Izraele – Tel Aviv a 3. největší město v Izraeli – Haifa. Směrem do vnitrozemí na severu země vystupuje hornatá oblast Galilea. Je rozdělena Betkeremským údolím na Horní a Dolní Galileu a její průměrná výška se pohybuje od 500 do 700 m n. m., ovšem dosahuje výšky až 1 208 m n. m. (Har Meron). Jižně od Galiley se nachází pohoří Karmel. V centrální části Izraele se pak táhnou Judské hory (obr. 2).



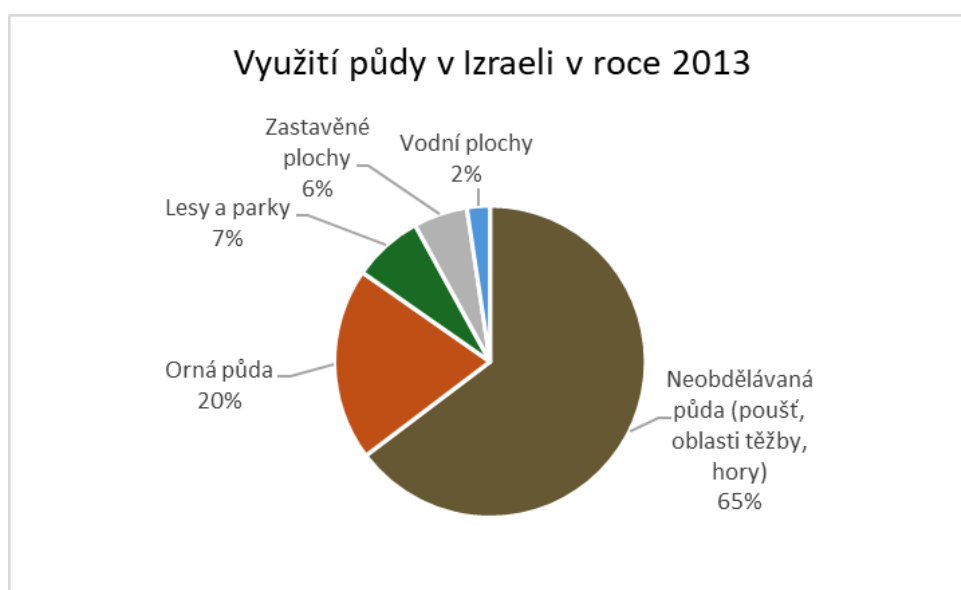
Obr. 2: Všeobecně zeměpisná mapa Izraele
Převzato z: www.maps-israel.com, upraveno

Izrael je z fyzickogeografického hlediska rozdělen do 4 oblastí: pobřežní rovina Středozemského moře, Centrální pohoří, Jordánské údolí a Negevská poušť. Aridní oblasti pokrývají 45 % rozlohy státu (poušť Negev), zbytek je rozdělen mezi roviny a údolí (34 %), horské systémy (16 %) a pobřežní oblasti (5 %) (Ministry of Environmental Protection, 2018).

Z pedologického hlediska jsou pobřežní roviny tvořeny hlavně aluviálními půdami. Severní části aridní Negevské pouště, kde se vývoj půd ani neočekává, pokrývají díky blízkosti pobřeží naváté sprašové půdy. Jižní Negev je pak tvořen převážně pískovcovými skálami s výskytem žuly. Půdy v Galileji se střídají z vápnitých hornin v pobřežní nížině na vápenec, uložený

v podloží Horní Galileji asi před 99 – 89 mil. let a v dolní části regionu pak asi před 55 – 35 mil. let. Na území Velké příkopové propadliny se hojně vyskytuje kamenná sůl a sádrovec (Elath et al., 2024).

Využití půdy pak znázorňuje obr. 3, kde lze vidět, že více než 60 % půdy zaujímá neobdělávaná půda (především poušť), zemědělství je praktikováno na 20 % celkové rozlohy a zastavěné plochy jsou na pouhých 6 % plochy. I přes nedostatek orné půdy je však zemědělství významným sektorem Izraele.



Obr. 3: Využití půdy v Izraeli v roce 2013

Zdroj dat: Central Bureau of Statistics, Izrael (2022), vlastní zpracování

5.1.2 Klima

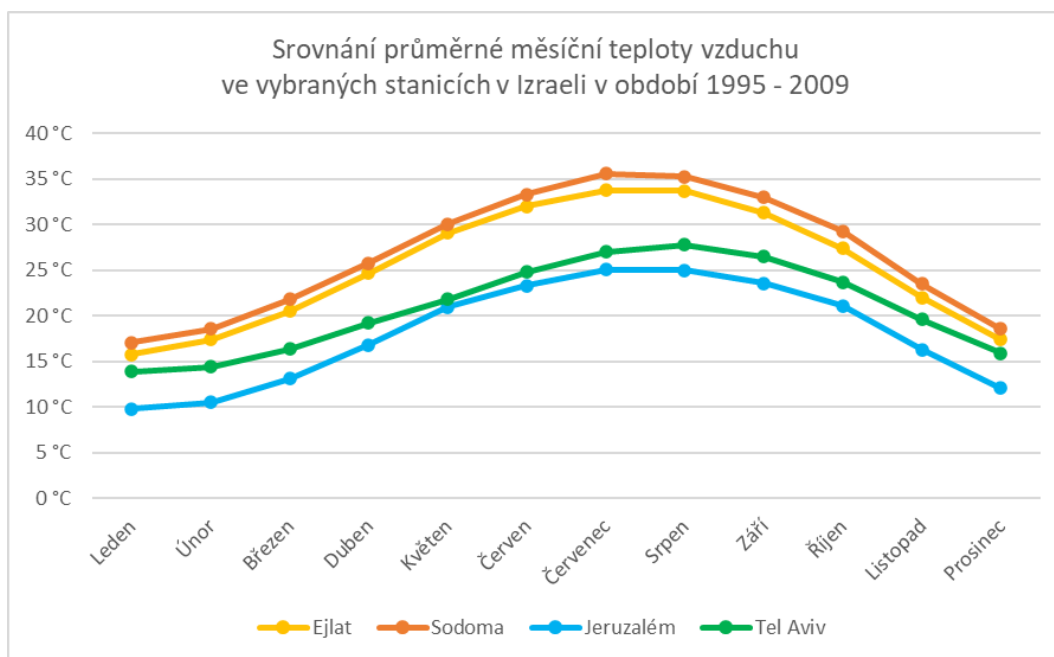
Teplota vzduchu

V jednotlivých částech státu jsou klimatické podmínky velmi variabilní a závisí na nadmořské výšce, zeměpisné šířce a vzdálenosti od moře. Izrael se nachází na pomezí dvou klimatických zón. Zatímco na jihu je výrazné aridní klima, charakteristické vysokou teplotou vzduchu s minimálním ročním úhrnem srážek, na severozápadě lze pozorovat vliv Středozemního moře. Klima je zde mírnější s větším množstvím srážek.

Rok je rozdělen do dvou ročních období. Od října do dubna trvají mírné a deštivé zimy, které zajišťují většinu ročních srážek. Od května do září pak suchá a horká léta s minimálním výskytem srážek ve formě rychlých přeháněk, kdy spadne pouze několik mm vody.

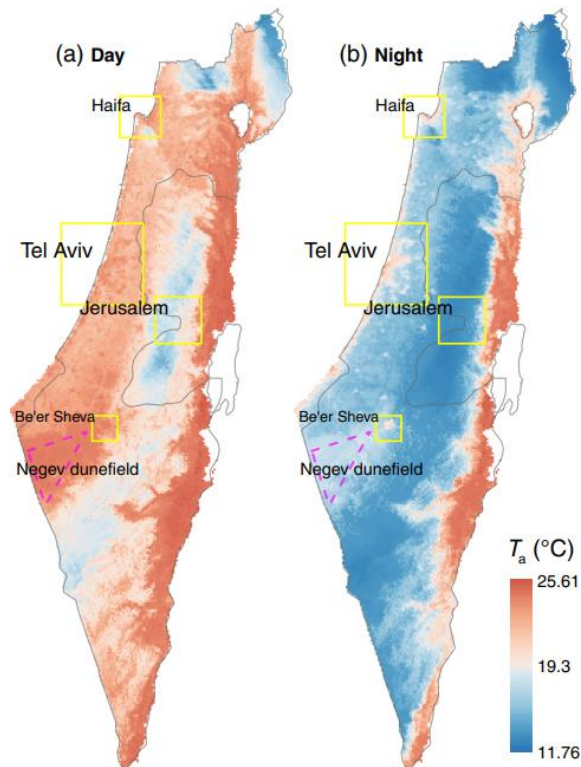
Průměrná teplota vzduchu se liší v závislosti na oblasti. Na pobřeží je klima mírnější a vlhčí, díky větrům vanoucím ze Středoziemního moře. Rozdíl lze vidět při srovnání průměrné roční teploty vzduchu (Tel Aviv – 20,9 °C, Ejlat – 25,4 °C). Průměrná denní teplota na pobřeží v lednu se pohybuje kolem 14 °C, v srpnu pak kolem 28 °C. Naopak na jihu, ve městě Ejlat, je klima mnohem sušší a teplejší. V lednu se denní teplota vzduchu pohybuje kolem 16 °C a v srpnu může dosahovat až 34 °C (maximální teplota vzduchu se pak může vyšplhat až na 48 °C) (Israel meteorological Service, 2024). V Jordánském údolí a údolí Arava i v zimě denní teplota vzduchu přesahuje 25 °C, kdežto v noci může spadnout až pod 7 °C. Ve vyšších nadmořských výškách na severu bývají i v létě velmi chladné noci a v zimě se mohou vyskytnout i sněhové srážky (Elath et al., 2024).

Na obr. 4 lze vidět srovnání průměrné měsíční teploty vzduchu ve vybraných stanicích v Izraeli v období 1995–2009. Stanice byly vybrány na základě jejich lokace. Město Ejlat na jihu je považováno za nejteplejší místo v Izraeli, ještě teplejší je však stanice Sodoma, jejíž teplota je ovlivněna blízkostí Mrtvého moře. Naopak nejchladnější stanicí je Jeruzalém, který i přes to, že není zas tak daleko od Mrtvého moře, leží ve středu Izraele a ve větší nadmořské výšce, tím pádem zde teploty nedosahují takových hodnot. Tel Aviv na pobřeží je oproti Jeruzalému teplejší díky vlivu Středoziemního moře.



Obr. 4: Srovnání průměrné měsíční teploty vzduchu ve vybraných stanicích v Izraeli v období 1995-2009
Zdroj dat: Israel meteorological Service (2024), vlastní zpracování

Na obr. 5 je vidět průměrná roční teplota vzduchu v Izraeli za denní interval 10:00–14:00 hodin a za noční interval 21:00–2:00 hodin. Nejvyšších hodnot dosahuje území Velké příkopové propadliny, tedy údolí, ve kterém ani průměrná noční teplota neklesá o moc níž než ve dne. Vysoká teplota vzduchu je také v severozápadní části pouště Negev, kde ale teplota v noci znatelně klesá, díky vyšší nadmořské výšce. Nejchladnějšími oblastmi jsou pak horské systémy. Žlutě vyznačena jsou velká města, která bývají obecně teplejší. Největší rozdíl je vidět v noci.



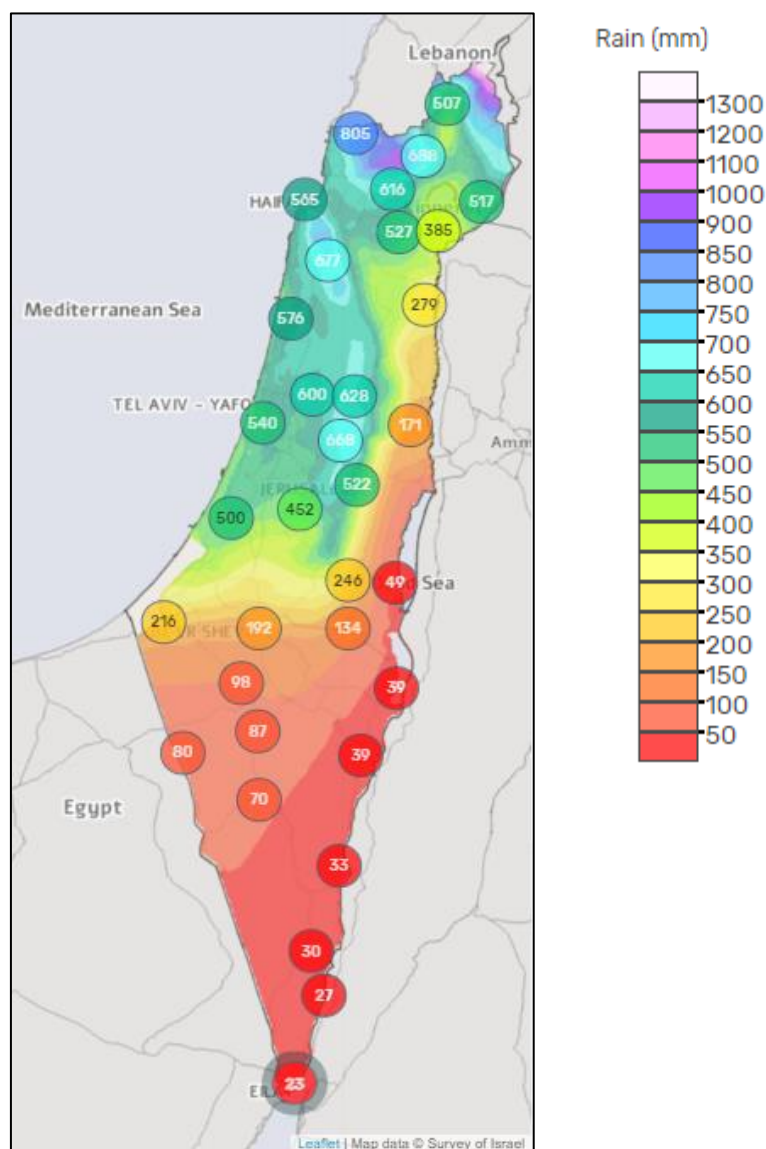
Obr. 5: Znáznornění průměrné teploty vzduchu v Izraeli v období 2004–2016 za denní interval 10:00–14:00 hodin a noční interval 21:00–2:00 hodin
Převzato z: Zhou et al. (2020)

Srážky

Stejně jako teplota vzduchu se i úhrny srážek odvíjí od dané oblasti. Rozložení srážek v Izraeli je dána třemi faktory:

1. od severu na jih srážek ubývá díky přechodu Středomořského klimatu na aridní
2. srážek ubývá od západu na východ, kvůli zvětšující se vzdálenosti od moře
3. srážky se zvyšují s větší nadmořskou výškou, v rozmezí pár kilometrů můžou izohyety spadnout z 500 mm v centrální pobřežní části až na 200 mm jižním i východním směrem

Podle Goldreicha (2003) v nejvyšších oblastech hor na severu ročně spadne až 1 120 mm srážek, ve zbytku severního cípu Izraele pak kolem 800 mm, v největších městech na pobřeží Středozemního moře kolem 508 mm a v jižní části údolí Arava pouhých 25 mm. Detailnější popis průměrného ročního úhrnu srážek v jednotlivých stanicích Izraele je pak vyobrazen na obr. 6, sestaveném Izraelskou meteorologickou službou.



Obr. 6: Průměrný roční úhrn srážek v jednotlivých stanicích Izraele v letech 1991–2020
Převzato z: Israel Meteorological Service (2024)

Průměr srážkových dnů za rok se pohybuje kolem 50 – 70 dní na severu Izraele, na jihu je to pak méně než 30 dní, přičemž v nejižnějším městě Izraele prší průměrně pouhých 9 dní v roce. Prší převážně v zimním období, a to díky relativně chladným vzduchovým masám přicházejících od Středozemního moře. Kyperská cyklona přináší nad pobřežní části Izraele až

77 % celoročních srážek a nad vnitrozemní pak až 85 % srážek. Zbytek srážek je způsoben brázdou nízkého tlaku Rudého moře, která je aktivní především na podzim a na jaře. V tomto období jsou deště krátké a velmi intenzivní, což může způsobit povodně, půdní erozi a škody v zemědělství (Saaroni et al., 2010; Goldreich et al., 2004; Goldreich, 2003).

5.1.3 Hydrologie

97 % území Izraele tvoří pevnina, pouze necelá 3 % zaujímají vodní plochy. Největší vodní plochou Izraele je slané Mrtvé moře. Hned potom je to sladkovodní Galilejské jezero, ze kterého je čerpána voda pro lidskou spotřebu a zavlažování. Největší řekou Izraele je řeka Jordán, která se táhne Velkou příkopovou propadlinou do Galilejského jezera a pak dál až do Mrtvého moře. V celém Izraeli se nachází 10 velkých povodí, z čehož největší je povodí Galilejského jezera, které zajišťuje až 30 % sladkovodních zásob celé země.

Voda je po Izraeli rozváděna pomocí Národního rozvaděče vody, který transportuje vodu z Galilejského jezera na severu země do hustě obydlených oblastí na pobřeží i aridních oblastí Negevské pouště na jihu země. Tím se zvyšuje efektivita využívání vody a regulace vodních zásob v zemi.

Národní rozvaděč vody byl slavnostně zprovozněn v roce 1964. Tehdy byl dlouhý 85 km. Dnes je dlouhý 130 km a za den ním projde až 1,7 mil. m³ vody. Skládá se ze systému potrubí, kanálů, tunelů, rezervoárů vody a velkým počtem čerpacích zařízení (Closson et al., 2013).

Sladkovodní zdroje vody

Přírodní sladkovodní zdroje můžeme rozlišit na povrchové a podzemní zdroje.

Galilejské jezero

Největším přírodním zdrojem sladké vody je v Izraeli Galilejské jezero, které se nachází v nadmořské výšce - 210 m. S rozlohou 167 km², povodím 2 730 km² a objemem 4 300 mil. m³ je největším sladkovodním tělesem na Středním východě. Hlavní zdrojnicí jezera je řeka Jordán, která do něj přivádí až 80 % vody. Zbytek je doplňován spadlými srážkami. Hladina jezera ale klesá asi o 0,54 m/rok, a to díky nízkému úhrnu srážek a lidské spotřebě. Voda z jezera byla ve velkém využívána jako pitná voda a k zavlažování rostlin a přes Národní

rozvaděč vody rozváděna téměř do celé země. Z jezera bylo dříve ročně čerpáno až 12 % vody k lidské spotřebě.

Díky globálnímu oteplování se také zvyšuje teplota vzduchu i vody. Z těchto důvodů se začaly objevovat problémy spojené s vyšším výparem a poklesem hladiny. V jezeře se vyskytuje větší množství sinic, což pitné vodě neprospívá. Také stoupá salinita vody, která už dokonce přesáhla přijatelnou hodnotu soli (245 mgCl/l). Nyní už se ale tlak na vodu z jezera postupně zmenšuje, především díky inovativním technikám získávání sladké vody. Proto by se i vlastnosti vody mohly zlepšit, což by ochránilo i celý zdejší ekosystém, který společnosti poskytuje mnoho služeb (např. zdroj pitné vody a zavlažování, komerční i rekreační rybolov, místa k rekreaci obyvatel) (Parparov a Gal, 2012).

Podzemní zvodně

Největší izraelskou zásobárnou sladké podzemní vody je zvodně Yarkon-Taninim, která se nachází v západní části Izraele. Rozprostírá se mezi pobřežní rovinou na západě, městem Beerševa na jihu, přes Judské hory a Samařsko na východě, až po pohoří Karmel na severu. Zvodně je přírodně doplňována srážkami, které se stékají z rozlohy 1 800 km² zemského povrchu. Voda se dostává na povrch díky dvěma pramenům (Yarkon a Taninim), které byly schopny před 50. lety 20. století ročně vydat zhruba 320 mil. m³ vody na povrch. Od té doby jsou však zdejší zásoby vody ohroženy díky intenzivnímu využívání vody pro potřeby rostoucí izraelské populace. V roce 1971 se pomocí 400 studní čerpalo až 450 mil. m³ vody ročně a tato hodnota se zvětšovala až do roku 1990, kdy objem čerpané vody přerostl průměrnou hodnotu přírodně doplněné vody srážkami. To bohužel způsobilo téměř úplné vyschnutí pramene Yarkon, pramen Taninim sice pořád vede vodu na povrch, nejedná se však o žádné velké objemy (pouhých 30 mil. m³/rok). Po roce 1990 byly zavedeny přísné restriktce pro čerpání vody ze zvodně, díky čemuž byla nastolena znovu rovnováha mezi čerpanou vodou a vodou přírodně dodanou zpět do zvodně (Weinberger et al., 1994). Dalšími významnými izraelskými zvodněmi jsou pak Judská a Kurnubská zvodně nacházející se na východní hranici státu.

Artéská voda

Artéskou vodu lze definovat jako: „*Podzemní voda, která je pod tlakem mezi dvěma sešikmenými nepropustnými vrstvami. Od jiných podzemních vod se neliší ani svým chemickým*

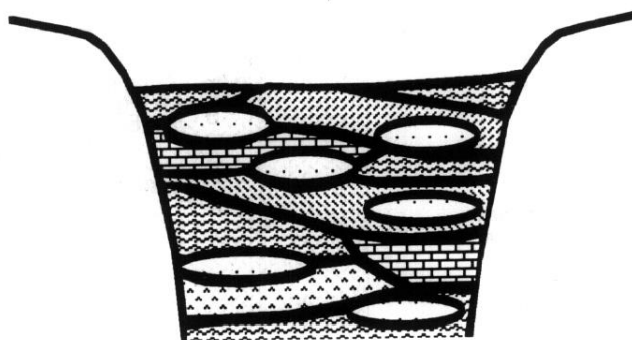
složením, ani barvou nebo chutí, ale výhradně geologickým uložením. Je totiž obsažena ve vrstvě propustné horniny, která je shora uzavřena nepropustnou vrstvou. V mísovitých pánevních oblastech je její podzemní hladina tedy napjatá a zespodu tlačí voda na nepropustnou vrstvu, tj. na tzv. artéský strop.“ (Universum: všeobecná encyklopedie, 2000)

Pokud je artéská voda navrtána ve správném místě, je narušen artéský strop a voda sama vyvěrá na povrch díky velkému hydrostatickému přetlaku. Tato voda se nachází ve velkých hloubkách pod povrchem (50 – několik set metrů). Pokud artéský pramen vyvěrá na povrch v poušti, vzniká zde oáza.

Navrtávání artéského stropu a vytváření artéských studní otevírá další možnosti čerpání podzemních vod, což je právě v Izraeli velmi příhodné. Artéská voda má také jednu skvělou vlastnost - nepřichází do styku s povrchem, tudíž není ničím kontaminovaná a může tak být použita v případech havárií, kdy dochází ke znečištění na zemském povrchu.

Izrael čerpá zásoby artéské vody již několik staletí. Jako příklad lze uvést artéské vody u Chacevy v údolí Arava. V této oblasti bylo identifikováno několik od sebe izolovaných artéských vod, které se liší svými vlastnostmi (stáří, koncentrace hlavních iontů, isotopická kompozice). Stáří jednotlivých vod je odhadováno na základě radiouhlíkové metody na 1 000 – 25 000 let. Artéské vody, které nyní nevystupují na povrch, jsou považovány za fosilní vodu, která byla v minulosti uvězněna pod povrchem díky nánosům nepropustných vrstev. Vytvořený tlak je připisován stlačením nadložních hornin.

Artéské prameny u Chacevy jsou zajímavé díky svému mládí (1 000 – 25 000 let), blízkosti pod povrchem (v hloubce pouhých 50 – 250 m), limitované velikosti (jednotlivé artéské vody mají pouhých 10 – 100 km²), chybějícímu zdroji a prameni na povrchu a chybějícímu proudění vody (obr. 7).



Obr. 7: Znárodnění vertikálního uložení výskytu artéských vod v podloží v oblasti Chacevy
Zdroj: E. Mazor et al. (1995)

V Izraeli se nachází i další artéské vody, které by se daly popsat úplně klasicky. Jejich voda mírně a velmi pomalu proudí mezi dvěma nepropustnými vrstvami a je buď pumpována nebo vytéká sama na povrch. Proto lze v celém Izraeli najít stovky artéských studen, které poskytují vody obyvatelstvu (Mazor et al., 1995).

Díky využívání inovativních technologií jako je odsolování vody a recyklace odpadních vod se v posledních 20 letech daří snižovat tlak na spotřebu přírodní sladké vody, díky čemuž podzemní zásoby vody neubývají tak rychle. A to i přes to, že celková spotřeba vody v Izraeli od roku 2000 vzrostla o 16 % díky rychlému populačnímu růstu (Ministry of Environmental Protection, 2023).

Ročně se v celém Izraeli doplní do různých typů rezervoárů a řek 1,6 – 1,8 mld. m³ vody díky dešti. V posledních desetiletích byl však pozorován signifikantní pokles. Od roku 1993 byl do roku 2012 sledován 13% pokles, který by měl dál pokračovat, a to díky zmenšujícím se srážkovým úhrnům. Právě proto hrozí další snižování hladin podzemních vod (Weinberger et al., 2012).

Zdroj slané vody - Mrtvé moře

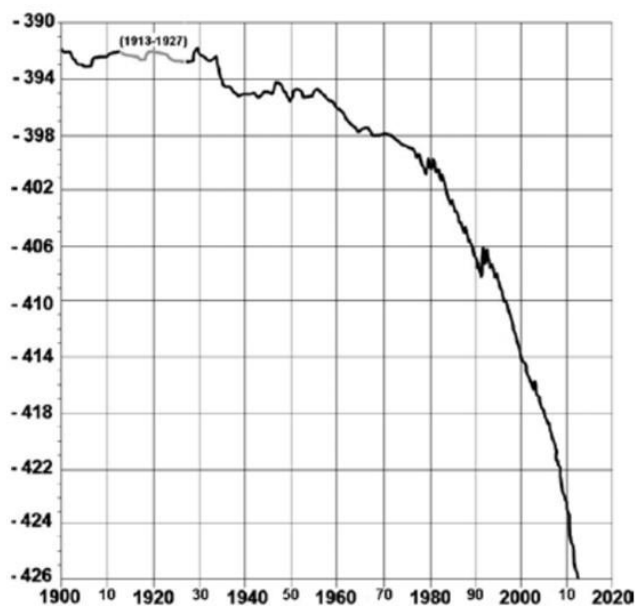
Mrtvé moře, nejnižší položené místo na zemském povrchu, se nachází na hranicích Izraele, Jordánska a Západního břehu. Je to bezodtoké jezero, které je charakteristické svou vysokou salinitou, která překračuje 34 %, čímž se řadí mezi nejslanější jezera světa. Jeho hladina se v posledních letech pohybuje kolem 436 m pod hladinou moře. Dosahuje maximální hloubky 340 m, a díky tomu je nejhlubším hypersalinním jezerem světa. Délka moře, tedy jeho severní části, je 50 km, široké je asi 15 km.

Jeho vysoká salinita je atraktivní pro turisty. Vysoký podíl soli má léčebné účinky na různá onemocnění. Není tak divu, že tady vznikly jedny z prvních přírodních lázní na světě. I přes to, že vrstvy soli vyschlé na březích vytváří zajímavou scenérii, pobřeží je jinak pusté. Najdeme zde pouze několik hotelových komplexů s plážemi pro turisty. V roce 1998 byly v jižní části jezera vytvořeny evaporační rybníky, u kterých byl vystavěn obrovský chemický komplex pro zpracování surovin vytěžených v jezeře (soli draslíku, bromid, hořčík, sodík, vápník, ...).

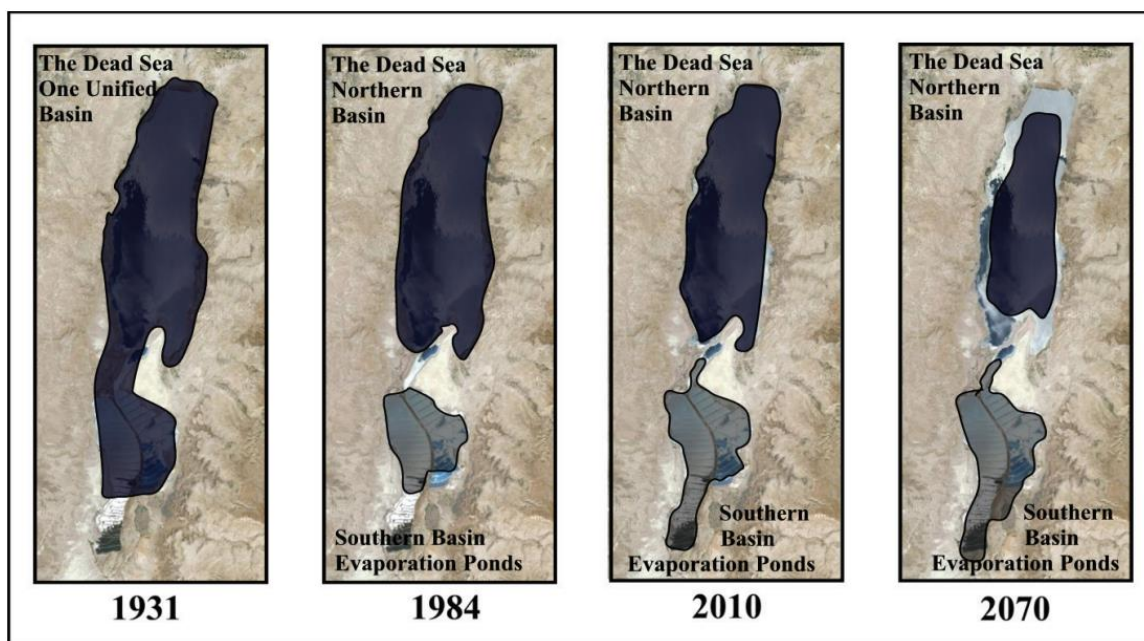
Kromě několika vádí, která za dešťových období přináší do Mrtvého moře vodu, je jediným přítokem dodávajícím vodu do jezera řeka Jordán. Ta pramení na jihozápadních svazích hory Hermon. Její tok pak kopíruje Velkou příkopovou propadlinu, protéká Galilejským jezerem a nakonec se vlévá do Mrtvého moře. Řeka je rozdělena na dva úseky: horní tok, který začíná u pramene a končí Galilejským jezerem, a dolní tok, který vede od Galilejského jezera do Mrtvého moře. Nejvíce srážek řeka dostává z hory Hermon (1 600 mm/rok), u Galilejského jezera už jen zhruba 250 mm/rok a u Mrtvého moře je to už jen 100 mm/rok. To znamená, že nejvíce srážek sice napadne na horním toku, tam je ale také voda nejvíce využívána lidmi, případně se dostane do Galilejského jezera, odkud je také čerpána. Do Mrtvého moře se však voda z horního toku většinou nedostane, proto je příbytek vody v Mrtvém moři odkázaný na srážky, které spadnou na dolním toku Jordánu a jeho přítocích, z nichž největším přítokem je řeka Jarmúk.

V roce 1932 byla na jižním okraji Galilejského jezera vystavěna přehrada Degania, která měla regulovat odtok vody dál do řeky Jordán, což způsobilo zadržení vody v jezeře a zmenšení objemu vody pokračujícího řekou dál. V 70. letech 20. století pak začala být ve velkém využívána i řeka Jarmúk, díky čemuž se přítok vody do Mrtvého moře opět výrazně zmenšil. Jelikož je řeka Jordán jednou z největších v dané oblasti, od 80. let 20. století začala být také masivně využívána k lidské spotřebě a k zavlažování půd. Na řece bylo vystavěno několik přehrad a nádrží, které zadržují vodu pro další účely. To lze vyjádřit i číselnými údaji, kdy před rokem 1960 byl průměrný průtok dolního toku Jordánu zhruba 1 250 mm³/rok, na konci 80. let už to bylo jen 213 mm³/rok a v roce 1998 pouhých 150 mm³/rok. V posledních 21 letech také bylo jen 8 příležitostí k otevření přehrad Deganii, z důvodu nedostatečného místa v Galilejském jezeře (Hassan, Klein, 2002).

Snížení průtoku řeky neovlivňuje pouze řeku a její koryto, ale také Mrtvé moře, do kterého přitéká pořád méně vody a díky tomu se jeho hladina stále snižuje. V roce 1896 se hladina Mrtvého moře pohybovala kolem - 388 m n. m. Za posledních 85 let ale hladina Mrtvého moře klesla o 37 m. Jak lze vidět na obr. 8, do roku 1980 hladina klesala mírně, začátkem 80. let 20. století však díky začátku masivního využívání vody z řeky Jordán začala hladina Mrtvého moře klesat rapidně (téměř 1 m/rok). To dosvědčují i údaje o rozloze. V roce 2019 mělo Mrtvé moře rozlohu 605 km², v roce 1930 však dosahovala až 1050 km² (obr. 9).



Obr. 8: Klesání hladiny Mrtvého moře v letech 1900–2012
Převzato z: Closson et al. (2013)



Obr. 9: Ubývání rozlohy Mrtvého moře od roku 1931 po rok 2010
a predikce dalšího vývoje do roku 2070
Převzato z: Aloni, Lipchin, Willner (2015)

Díky tomu můžeme pozorovat opravdu rychlé vysychání. Jeho hlavní příčinou je tedy převažující výpar nad přítokem vody, což způsobuje hned několik environmentálních problémů. Salinita jezera neustále stoupá. Nově odhalené pobřežní části jsou ohrožovány půdní erozí, půda má tendenci k degradaci a vytváří se zde pseudozávrty různých velikostí,

kteří mají neblahé důsledky na zdejší infrastrukturu. V neposlední řadě to má vliv na hladinu podzemních vod, která se neustále snižuje a jejich čerpání je tak čím dál těžší. To ovlivňuje i okolní oblasti, tedy i zájmové území této práce – údolí Arava (Filin et al., 2014).

Kanál Rudé moře – Mrtvé moře

Otázkou, jak zlepšit tuto situaci se vědci zabývají již od roku 1994. Řešením zvednutí hladiny Mrtvého moře a tím i podzemních vod v okolí by mohl být transport vody buď ze Středozemního nebo z Rudého moře pomocí kanálu. Výhodou takové kanálu by mohlo být i využití transportované vody v průběhu trasy. V některé části kanálu by mohla být voda odsolována a použita pro potřeby stále rostoucí populace. A jelikož je Mrtvé moře níž než hladina moře, voda tekoucí kanálem by mohla produkovat díky hydroelektrárnám i velké množství energie.

Vzniklo již několik návrhů na výstavbu takového kanálu, žádný z nich ale zatím nebyl zrealizován. Ekonomická i environmentální náročnost výstavby takového kanálu by byla enormní, navíc se ekologové bojí, že by nově přiváděná voda mohla změnit chemické složení vody Mrtvého moře, což by mohlo změnit i celý ekosystém tohoto území.

Podle návrhu z roku 2017 by byl kanál Rudé moře – Mrtvé moře veden údolím Arava a měl by mít kolem 310 km na délku. Voda by byla z Rudého moře čerpána na pobřeží města Aqaba na jordánském území. Hned u města by byl také odsolovací závod, který by poskytoval odsolenou vodu pro obyvatele měst Aqaba a Ejlat. Vzniklá solanka by pak byla kanálem vedena až do Mrtvého moře. Z Rudého moře by se ročně mohlo čerpat až 2 350 mil. m³ vody. Množství dodané solanky do Mrtvého moře se odhaduje na 235 mil. m³/rok, časem by se to ale mohlo zvýšit až na 350 mil. m³/rok. Na některých místech kanálu by byly vystavěny také 3 vodní elektrárny, každá s výkonem 11 MW, které by díky spádu vytvářely energii (European Investment Bank, 2017; Markel et al., 2013).

Kanál má však i mnoho rizik. Při výstavbě by mohl být narušen citlivý ekosystém údolí Arava. Dále by mohly být ohroženy podzemní zvodně, které se nachází velmi blízko zemskému povrchu. Údolí je také situováno v nejvíce seismicky aktivní oblasti Středního východu a kanál by byl veden přímo podél zlomu, kde se mohou objevovat zemětřesení, která by teoreticky mohla kanál poškodit (Aloni et al., 2015).

Údolí Arava je také důležitou migrační trasou stěhovavých ptáků, kteří migrují z Afriky do Evropy a po překonání suchých nehostinných pouští (Sahara, Sahel,...) zastavují pro odpočinek a načerpání sil. I proto je nutné údolí chránit a zachovat zdejší ekosystémy (Yosef et al., 2006).

A tak i přes to, že by kanál mohl být v mnohých ohledech prospěšný, vyvstává zde několik hrozeb, které by mohly mít nezvratné následky na zdejší přírodu. Z těchto důvodů byl tedy tento projekt prozatím zamítnut. Problém snižování hladiny Mrtvého moře a tím i podzemních vod v okolí tedy stále nemá řešení.

5.1.4 Řešení nedostatku vodních zdrojů

Izrael má nedostatek vodních zdrojů a čelí mnoha výzvám, jak zajistit dostatek vody jak pro lidské potřeby, tak na zavlažování půdy. Ve výzkumu z roku 2023 je 16. zemí světa, která nejvíce trpí nedostatkem vody. Zdejší situace se však od roku 2000 zlepšila. Díky procesu odsolování slané vody a recyklaci odpadních vod se procenta vyjadřující ohrožení země nedostatkem vody snížila ze 139 % na 110 %. Což je u tak rychle rostoucí populace velký úspěch.

Díky růstu populace stoupla spotřeba vody v Izraeli z 230 mil. m³ v roce 1948 na 1 997 mil. m³ v roce 2002 a na 2 400 mil m³ v roce 2021 (44,5 % využito v domácnostech a průmyslu, 53,8 % v zemědělství a 1,7 % bylo navraceno do přírody). Z celých 2 400 mil m³ je ale pouze 82 % obnovitelných. Voda je získávána z povrchových i podzemních zdrojů, pomocí odsolování brakické a slané vody a recyklace odpadních vod. Dnes se v Izraeli recykluje téměř 90 % veškeré odpadní vody z domácností, která je následně použita především k zavlažování polí. V Izraeli se nachází také jedny z největších desalinizačních závodů (např. závod Sorek), které vytváří jak pitnou vodu, tak závlahu. A zhruba 40 % veškerých vodních zásob země je nyní tvořeno odsolenou vodou. Primárním konzumentem vody v Izraeli je zemědělství, jelikož ročně využije asi 55 % celkové spotřeby (Ministry of Environmental Protection, 2018).

Odsolování vody

Dříve farmáři neměli možnost zavlažovat půdu odsolenou nebo recyklovanou vodou. Výhodou zavlažování slanou nebo brakickou vodou, obsahující poměrně vysoká procenta soli, bylo umožnění intenzivního pěstování v aridních oblastech, což snižovalo tlak v boji o vodu mezi lidmi, průmyslem a zemědělstvím. Vysoký obsah soli ve vodě však může při zavlažování uškodit jednak půdě, ale také rostlinám (fungování rostlin a zdravý růst, ukládání toxických iontů v částech rostlin). Díky novodobým inovacím se tak dnes v zemědělství používá převážně voda recyklovaná, v malém množství také voda odsolená. Do půdy se tak nedostává tolik soli a půdní biodiverzita se zvýšila spolu s celkovou kvalitou půd (Ben-Gal et al., 2009).

Proces odsolování vody

Odsolování slané vody z moří a oceánů je nejvhodnějším a nejspolehlivějším zdrojem vody pro lidskou potřebu hlavně z důvodu jejích obrovských zásob a nezávislosti na klimatických nebo politických faktorech. Odsoluje se buď brakická voda (méně než 10 g soli/litr vody) nebo voda slaná, která může obsahovat až 40 g soli/litr vody).

Existují dvě metody odsolování slané vody. Starší metoda byla založena na vypařování. Modernější a nejrozšířenější metoda je založena na procesech nanofiltrace a reverzní osmózy. Reverzní osmóza je proces, který dovoluje transport rozpouštědla (vody) polopropustnou membránou, zatímco rozpuštěné soli a nízkomolekulární složky zachycuje. Proces je založen na aplikaci vnějšího tlaku ze strany koncentrovanějšího roztoku, což způsobí obrácení přirozeného jevu osmózy. Osmotická membrána má póry velikosti 0,1 nm, které propustí jen čisté a krystalické molekuly vody a případně velmi malé množství některých ostatních prvků, avšak voda je zbavena až 97 – 99 % množství všech kontaminantů (bakterie, viry, kaly, chlór a jiné chemické sloučeniny).

Nanofiltrace je proces podobný, póry v membráně jsou však větší, a tudíž propouští větší ionty. Umožňuje ale oddělit bivalentní a polyvalentní ionty skvělé pro zemědělství (např. hořčík), od nežádoucích monovalentních iontů (např. sodík a chlorid), které jsou následně při reverzní osmóze úplně odstraněny. Voda bez sodíku, obsahující polyvalentní ionty, vytváří ve výsledku vodu s malým obsahem solí, která je ale stále obohacena o některé živiny.

Spojení nanofiltrace a reverzní osmózy se tedy zdá perfektním řešením pro odsolování brakické vody, protože dokáže odstranit organický materiál, patogenní částice a kalnost vody. Zároveň používání odsolené brakické vody v zemědělství zvyšuje celkovou produkci biomasy a umožňuje přesun z některých druhů plodin na jiné, které jsou citlivější na sůl a také často výnosnější (Lew et al., 2020).

Při reverzní osmóze ale mohou být některé esenciální živiny odstraněny, což pak rostlinám chybí a musí se dodat. Příkladem může být vápník, hořčík nebo síra. Tyto živiny většinou není potřeba rostlinám poskytovat, protože bývají obsaženy v půdě a vodě. Díky intenzivnímu zemědělství se ale v půdách aridních oblastí vyskytuje málo živin, které jsou rostlinami rychle využity a pro další sezóny musí být pravidelně doplňovány spolu s hnojivem. Hořčík a vápník hrají v těle rostlin významnou roli při samotném růstu rostlin, ovlivňují kvalitu plodů a také odolnost proti různým nemocem.

Živiny mohou být rostlinám dodány třemi způsoby:

1. mohou být přidány do vody ještě v odsolovacím zařízení při finálních úpravách již odsolené vody
2. farmáři mohou živiny dodat v podobě chemických hnojiv
3. mohou být přidány na základě smíchání odsolené vody s vodou slanou

První možnost je vhodná spíše pro velké odsolovací závody, ze kterých jde voda jak do domácností, tak do zemědělství. Další dvě alternativy se uplatňují hlavně v menších měřítkách, kdy mají přidávání živin do vody na zavlažování na starosti sami farmáři. Používání chemických hnojiv však není zadarmo a míchání odsolené a slané vody dohromady z určitého hlediska postrádá smysl. Zemědělci ale tohoto mixování vod s různým obsahem soli využívají, aby dokázali jednotlivé plodiny zavlažovat vodou s ideálním obsahem soli a živin pro jejich růst, a tak dosáhli maximálního výnosu plodin (Ben-Gal et al., 2009).

Historický vývoj odsolování vody

Odsolování vody ve velkých měřítkách začalo v srpnu roku 2000, kdy bylo rozhodnuto o výstavbě odsolovacího závodu na jižním pobřeží Izraele s produkcí 50 mil. m³ odsolené vody za rok. Proces odsolování vody byl stále populárnější a už v roce 2010 se odsolilo 315 milionů m³ vody. V plánu bylo tento proces dále rozvíjet a zvyšovat objemy odsolené vody na 505 mil. m³ v roce 2013 a 750 mil. m³ v roce 2020. Doposud se daný plán daří naplňovat a vláda tedy

rozhodla o budoucím navýšení odsolovací kapacity na 1 100 mil. m³, která by měla být dosažena do roku 2030. K dosažení těchto plánů bylo v průběhu let v Izraeli vystavěno 6 odsolovacích závodů, s tím že roce 2020 byly navrženy plány výstavby dalšího závodu v oblasti Západní Galiley. Po dokončení této stavby by tedy těchto 7 závodů mělo ročně zajistit až 85 – 90 % izraelské spotřeby vody v domácnostech a průmyslu (Israel's Ministry of Finance, 2021).

Díky technologickým pokrokům se proces odsolování vody stále vylepšuje a také klesá jeho cena, což činí odsolování dostupnější. Díky tomu je schopný Izrael zajistit dostatek vody jak pro lidskou spotřebu, tak na zavlažování polí. Odsolená voda je sice stále dražší než přírodní sladká voda, nicméně v porovnání s degradovanou vysušenou zemědělskou půdou, která není schopná ekonomice nic dát, jsou náklady na odsolování nevýznamné. V aridních oblastech se farmářům pořád finančně vyplácí používat k zavlažování odsolenou brakickou podzemní vodu, jelikož proces odsolení takové vody je téměř o polovinu levnější než odsolení vody mořské. V zemědělství se ale v posledních letech využívá především recyklovaná odpadní voda (Ben-Gal et al., 2009).

Recyklace odpadních vod

Kvůli nedostatku vody pro zavlažování byli v 50. letech minulého století farmáři donuceni používat odpadní vodu k tomu, aby mohli rozšiřovat svá pole a zvýšili svou produkci plodin. Místo toho, aby je od toho izraelská vláda odrazovala, rozhodla se farmáře podpořit a regulovat recyklaci a využívání odpadní vody. V roce 1956 vznikl plán na recyklaci a opětovné využití 150 mil. m³ odpadní vody. I přes některé obavy týkající se zdravotního hlediska zavlažovaných rostlin recyklovanou vodou se v průzkumech ukázalo, že plodiny nejsou nijak závadné a recyklace odpadních vod se rozšířila ve velkém. Dnes se ročně zrecykluje téměř 90 % veškeré odpadní vody (v roce 2021 se zrecyklovalo 554 mil. m³). V porovnání s ostatními zeměmi světa se Izrael řadí mezi top země světa, které odpadní vodu znovu využívají. Například Španělsko, které má v tomto oboru v Evropě vedoucí pozici, ročně zrecykluje pouze 17 % odpadních vod, Austrálie i přes veškerou snahu pouze 19 % (Tal, 2016).

Voda používaná pro zavlažování půdy by měla mít určité vlastnosti, které by zaručily vhodné podmínky k pěstování plodin a omezily shromažďování toxických a patogenních látek v rostlinách a zvyšování podílu soli v půdě. Proto je zásadním krokem zemědělství upravit

nekonvenční zdroje vody (slaná voda, odpadní voda) tak, aby byly zbaveny fyzických, chemických i biologických kontaminantů, které by mohly snížit výnos a kvalitu plodin, omezit výběr pěstovaných plodin, nebo poškodit kvalitu půdy či zavlažovací systém. Živiny, jako je amoniak, fosfát nebo draslík, jsou naopak důležitou součástí vody, protože podporují úspěšný růst plodin, tudíž je žádané, aby při recyklaci odstraněny z vody nebyly (Lew et al., 2020).

Proces recyklace vody tedy není jednoduchý. Musí se dbát na odstranění nebezpečných iontů a toxinů, tak jako při odsolování vody. V odpadních vodách se totiž vyskytuje sodík, chlor, bor, hydrogenuhličitan, těžké kovy a mikroorganismy, které plodinám mohou škodit a bránit v růstu. V průběhu let se však systém recyklace vody natolik zdokonalil, že jsou rizika zanechání škodlivých látek a mikroorganismů ve vodě téměř nulová.

V poslední době se ale zvyšuje riziko obsahu farmaceutických zbytků v odpadních vodách, které se při recyklaci špatně odstraňují. Aktuálně se vědci snaží vymyslet způsob, jak tyto látky z vody bezpečně odstranit.

Někteří odborníci se také obávají následků zavlažování recyklovanou vodou. Protože se nikdy při recyklaci neodstraní úplně všechny škodlivé látky, při dlouhodobém používání této vody by se mohly dostavit i následky v podobě zhoršení půd a jejich úrodnosti. Dalším problémem je také vyšší obsah solí v odpadních vodách, což může mít různé účinky na plodiny. U některých druhů cherry rajčat stres z většího obsahu soli způsobuje větší produkci cukrů a tím vznikají neobyčejně sladké plody. Také olivový olej je za těchto okolností kvalitnější. U většiny plodin má však slanější voda negativní účinky. Vysoký obsah solí snižuje v rostlinách osmotický tlak, což způsobuje sníženou schopnost kořenů nasávat vodu z půdy, což škodí fotosyntéze a transpiraci v rostlinách. Díky tomu mohou být rostliny menšího vzrůstu a plody nemusí být tak chutné a velké.

Výzkumy ukazují, že s rostoucím využíváním recyklované vody v zemědělství se mírně zvyšuje obsah solí v půdách i v rostlinách samotných. To by nebyl až takový problém v oblastech s pravidelnými srážkami, kde se sůl z půd postupně vymývá. V aridních oblastech se však na tento jev spolehnout nelze a sůl se zde hromadí bez šance samovolného odstranění. Hromadění solí v rostlinách také není jen tak. Způsobuje blokaci transpiračního proudu, kvůli čemuž většina rostlin po sezóně odumírá a farmáři musí rostliny vyhodit a zasadit nové. Využívání recyklované vody tedy není tak bezproblémové, jak by se mohlo zdát. A i přes to,

že se izraelská vláda snaží zamezit prvotnímu dostávání solí do odpadních vod, do budoucna se bude muset přehodnotit, zda je zavlažování recyklovanou vodou environmentálně udržitelné (Tal, 2016).

Assouline et al. (2015) se spolu s Ravehem a Ben-Galem (2015) shodují, že pro zvlažování by byla lepší odsolená voda, kde se nenachází tolik soli jako ve vodě recyklované. A i přes to, že cena odsolování vody postupně klesá, nemá Izrael tolik prostředků pro to, aby mohl z odsolované vody čerpat domácnosti i zemědělství. Je tedy otázkou, jak tento problém vyřešit a zda se to podaří dřív, než budou půdy v aridních oblastech natolik poškozené, že nebude možná jejich obnova.

Nyní se v zemědělství využívá až 70 % vyčištěné odpadní vody, což také řeší problém toho, jak se se stále zvětšujícími objemy odpadní vody vypořádat. Je však třeba si uvědomit, že využívat pouze tento druh vody k zavlažování není pro zemědělství ideální. K roku 2010 využívalo přes 60 % farem recyklovanou vodu, ať už v celé míře nebo alespoň částečně. Většina farmářů nemá peníze na to, aby si mohli dovolit zavlažovat pole odsolenou vodou.

Díky poměrně vysokým cenám vody a transportu plodin je pro farmáře těžké soupeřit se světovým trhem a v posledních letech lze proto pozorovat nepatrně snížený objem exportovaných plodin z Izraele do světa, převážně Evropy, a naopak větší spotřebu vypěstovaných plodin přímo v místě produkce (Achilea, 2011).

5.2 Izraelské zemědělství

Zemědělství v Izraeli se díky přírodním podmínkám potýká se dvěma obrovskými překážkami, které produkci plodin velmi ztěžují. Prvním je nedostatek orné půdy, druhým pak nedostatek vody. Proto je ve zdejším zemědělství potřeba velkých investic, které zajistí prostředky k tomu, aby byla půda přetvořena na ornou a aby byly plodiny dostatečně zavlažovány. Konstantní růst izraelského zemědělství je způsobem blízkou spoluprací výzkumníků, zemědělců a zemědělského průmyslu. Společně zkoumají, vyvíjí a aplikují nové metody, které zlepšují proces zemědělství. Výsledkem je moderní intenzivní zemědělství v zemi, kde téměř polovinu rozlohy zaujímá poušť.

5.2.1 Obecná charakteristika zemědělství

Dnes představuje zemědělství zhruba 2 % HDP Izraele a také 3,6 % celkového exportu ze země. I přes to, že v tomto sektoru pracuje pouze 3,7 % obyvatel, je Izrael schopen si vyprodukovat 95 % svých potravinových potřeb. Díky různorodosti podnebí v zemi je zde možné pěstovat velké rozpětí plodin. Ovoce (např. citrusy, avokádo, kiwi, mango) se pěstuje především na pobřeží, zelenina (např. rajčata, okurky, papriky, cukety) pak v celé zemi, stejně jako vinná réva. Melouny jsou pěstovány v zimě v teplých údolích. Subtropické oblasti produkují banány a datle, naopak na kopcích na severu země rostou jabloně, hrušně a třešně. Zbytek potřeby potom doplňuje dovoz obilí, masa, kávy, kaka a cukru (Achilea, 2011).

Teplé zimní období pak zaručuje dozrání ovoce a zeleniny mimo sezónu, což umožňuje export za poměrně vysoké ceny převážně do Evropy (Bruins et al., 2012). Izraelskou top exportní plodinou v posledních letech je paprika, která je pěstována na téměř polovině celkové plochy orné půdy. Největšími plochy s paprikami v Izraeli se pyšní jih údolí Arava.

Od roku 1999 do roku 2009 se zemědělská produkce zvýšila o 26 %. V roce 2010 bylo v zemědělství zaměstnáno kolem 65 tis. lidí (55 % Izraelců, 10 % Palestinců a 35 % zahraničních pracovníků, především z Thajska). Díky automatizaci a preciznímu zemědělství ale není třeba tolik pracovní síly. Země také byla schopna zvýšit produktivitu využívání vody o 47 %, což představuje do budoucna příležitost dalšího růstu tohoto odvětví.

Před rokem 1948 bylo v zemi zaznamenáno kolem 400 zemědělských komunit, nyní číslo vzrostlo na 725. Zemědělská produkce se během těchto 80 let zvýšila 16x, což je opravdu obdivuhodné. Izrael dává světu příklad, že i přes nepříznivé podmínky se při dostatečné snaze a velkým investicím dá mnoho změnit.

Zemědělství Izraele vyniká hned v několika ohledech (Achilea, 2011):

1. produkce mléka je jedna z nejvyšších na světě
2. efektivita kapkového zavlažovacího systému je nejvyšší na světě, díky čemuž se hodně zemí nechalo tímto systémem inspirovat
3. pestrost pěstované zeleniny a ovoce je velká a většina z plodin je dostupná po celý rok, převážně mimo sezónu, což představuje velkou výhodu na evropském trhu
4. podíl citrusů na vývozu je významný, neboť mají v Evropě dobrou pověst pro svou kvalitu a chuť

Inovace v zemědělství

Velkým technologickým pokrokem zemědělství Izraele je systém kapkové závlahy, která dnes zavlažuje necelých 75 % veškerých polí v Izraeli. Pole jsou protkána hadicemi s miniaturními otvory nebo malými tryskami, ze kterých je neustále vylučována voda v malém množství, čímž se půda udržuje stále vlhká. Voda je tak v přesném množství dodávána přímo ke kořenům rostlin, což oproti klasickým způsobům zavlažování šetří vodu a radikálně snižuje vypařování a odtok. Kapková závlaha také ochraňuje rostliny před různými typy chorob díky omezení kontaktu vody se stonkem, listy a plody; zamezuje růstu plevelu kvůli nedostatku vody v řádcích a snižuje podíl lidské práce díky automatizaci. Navíc v dnešní době už je více jak polovina zavlažovacího systému vybudována pod zemí, což vylepšuje estetické i praktické hledisko při péči o rostliny. Do vody jsou přidávány také chemikálie a hnojiva pro podporu růstu a ochraně proti škůdcům.

Systém kapkové závlahy však není dokonalý. I tady totiž dochází k plýtvání vodou a hnojivy díky nedostatečné znalosti potřeb jednotlivých rostlin. Farmáři neví přesný objem vody, který potřebuje každá rostlina ke svému ideálnímu růstu, a proto se stává, že jsou rostliny raději zavlažovány více, než by opravdu potřebovaly. To znamená, že vlaha je potom zbytečně využívána, stejně tak jako použitá hnojiva, která nemají využití a hromadí se v půdě.

Z tohoto důvodu byl zhotoven koncept tzv. zavlažování podle požadavků rostlin, který by měl být schopen lépe určit individuální potřeby jednotlivých rostlin díky senzoru umístěném přímo v zavlažovacím systému. Tento koncept už je na některých místech testován, jeho pořizovací cena je zatím ale poměrně vysoká. Je však možné, že postupem času a při poklesu cen nových technologií by tento koncept mohl zdokonalit kapkový systém závlahy (Tal, 2016).

Izraelské zemědělství také využívá autonomní traktory a jiné zemědělské stroje, které dokážou samy jezdit a obdělávat pole. Přitom sbírají informace o plodinách, které jsou následně vyhodnocovány s mnohem větší přesností než dříve (zdraví rostlin, vlhkost půdy, nedostatek živin atp.). Farmáři tak zlepšují produktivitu, mohou o svá pole pečovat na dálku a zmírňují se tak zdravotní rizika spojená s prací v horkých dnech. Navíc díky přesnějším údajům mohou dělat lepší rozhodnutí týkající se používání závlahy, hnojiv nebo ochrany proti škůdcům, což může ušetřit jak finance, tak vodu.

Díky integraci nových technologií, jako je automatický kapkový zavlažovací systém, precizní zemědělství a pěstování geneticky modifikovaných plodin, se izraelské zemědělství dokázalo dostat na špičku a maximalizovat tak svou produktivitu a efektivnost.

Předávání know-how

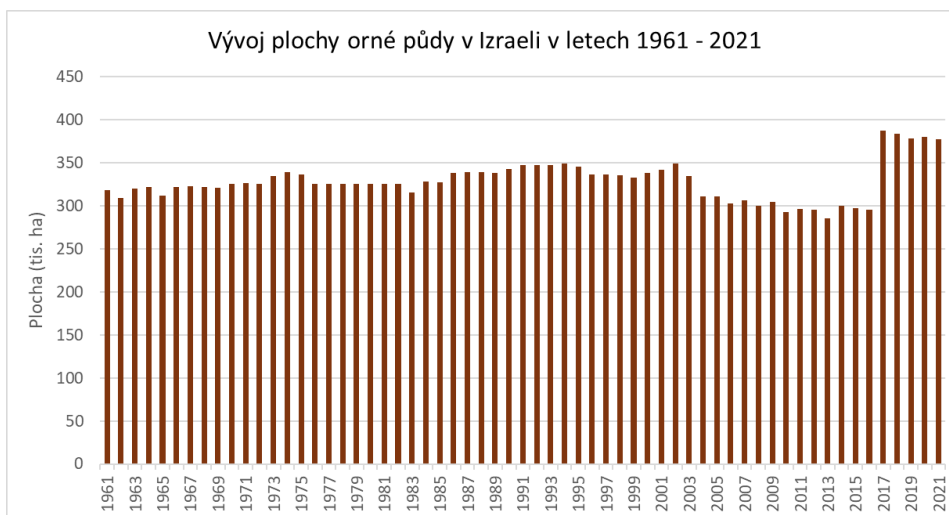
Izrael díky svému know-how v oblasti inovativních technologií a udržitelného zemědělství hraje významnou roli ve světovém dění. Přispívá v světovém boji proti nedostatku vody a zajištění dostatku potravin. Izraelské společnosti jsou aktivně zapojeny do projektů v Africe, Asii i Latinské Americe, kde sdílí své zkušenosti a technologie.

Projekt Oblastní rady Centrální Aravy ve spojení v Arizonskou univerzitou a ŽNF-USA se nyní postupně snaží zavést své inovativní technologie také do Keni. Zdejší farmáři se potýkají s podobnými problémy jako je nedostatek vody, jídla a elektřiny. Know-how nabyté v údolí Arava je tedy sdíleno v domnění, že by se i v Keni mohlo podařit vylepšit zdejší zemědělství a celkový život (Golan, 2023).

5.2.2 Podmínky pro pěstování plodin

Pouze 20 % z celkové rozlohy Izraele představuje ornou půdu vytvořenou přírodou. Od roku 1948, kdy byl stát Izrael založen, však byla plocha obdělávané půdy zvýšena ze 165 000 ha, přes 311 000 ha v roce 2005, až na 377 000 ha v roce 2021 (obr. 10). Velký zlom v ploše orné půdy nastal po roce 2015, kdy se rozmohlo zavlažování recyklovanou vodou a mohly tak být zavlažovány větší plochy půdy.

Zvětšování plochy orné půdy s sebou nese ale i zápornou stránku. Díky intenzivnímu využívání hnojiv zemědělství jsou v půdě ukládány velké objemy oxidů dusíku, které jsou následně uvolňovány do ovzduší, což přispívá stejně jako ostatní skleníkové plyny ke globálnímu oteplování, což opět ztěžuje podmínky k pěstování plodin, se kterými se Izrael musí vypořádat (Dale, 1997).



Obr. 10: Vývoj plochy orné půdy v Izraeli v letech 1961–2021
Zdroj dat: FAOSTAT (2024), vlastní zpracování

Většina plodin se pěstuje především ve vlhčích oblastech Izraele, tedy na pobřeží a severu země. Aridní údolí Arava se však může také pyšnit velmi výkonným zemědělstvím a velkým objemem plodin vyvážených do Evropy. Ostatní aridní oblasti na jihu země nejsou úplně bez jakékoliv zemědělské produkce, většinou ale pěstují pouze pro svou vlastní potřebu. Například Beduíni, obývající údolí v Negevských horách, jsou díky vystavěným terasám a odtokovým systémům zachycujícím vodu při deštích schopni v sadech pěstovat olivy, datle, fíky, mandle, pistácie nebo granátová jablka (obr. 11), a to i přes velmi malý roční úhrn srážek. Některé terasy byly vystavěny ještě za Byzantské říše (někdy před 1 000 - 1 500 lety), a i přes jejich stáří jsou některé pořád funkční. Z toho se dá odvodit, že i v antických časech byly na území Izraele drsné a suché podmínky, které donutily tehdejší obyvatele k výstavbě kvalitních zemědělských systémů, které jim byly schopny zaručit úrodu i bez zavlažovacího systému (Askhenazi et al., 2020).



Obr. 11: Fíkovníky vysazené Beduíny na místě antického zemědělského systému s kamennými ploty
Převzato z: Askhenazi et al. (2020)

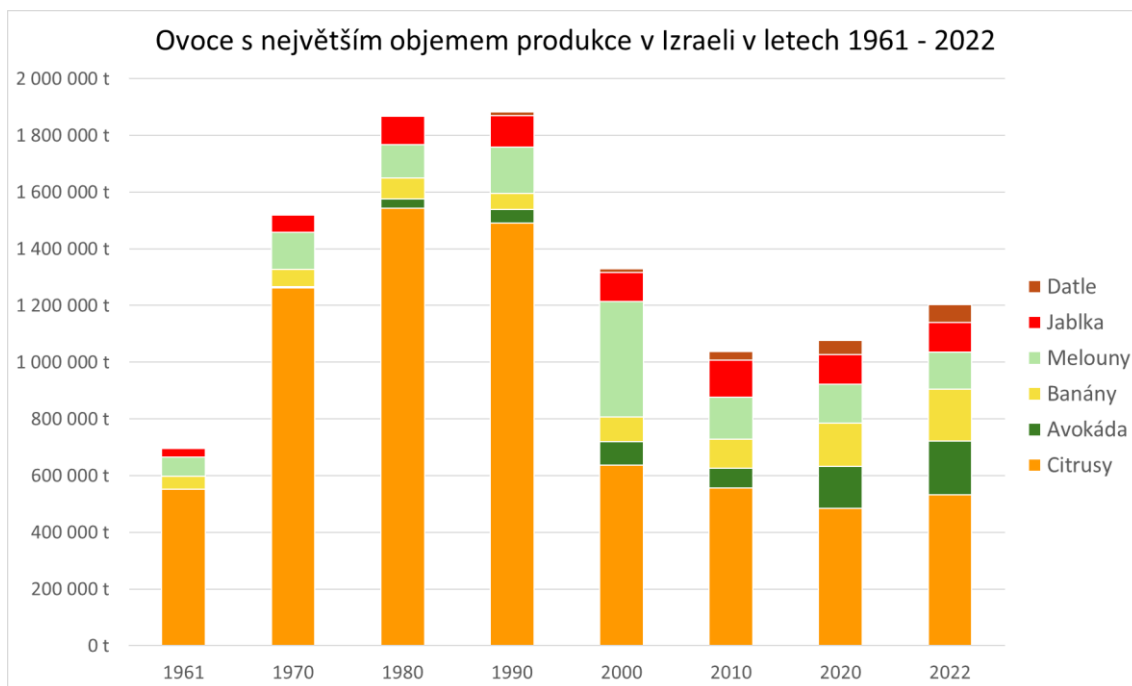
5.2.3 Pěstované plodiny

Polovinu celkové výměry orné půdy zabírá pěstování polních plodin, $\frac{1}{4}$ celkové plochy je pak využívána na pěstování zeleniny, brambor a melounů. Na 16 % plochy se pěstuje ovoce, 7 % zabírá pěstování citrusů a 2 % slouží k pěstování květin. Polní plodiny se většinou pěstují na velkých plochách okrajových polí a nejsou zavlažovány, jsou tedy závislé na srážkách. Ostatní plodiny jsou pravidelně zavlažovány (Fleischer et al., 2007).

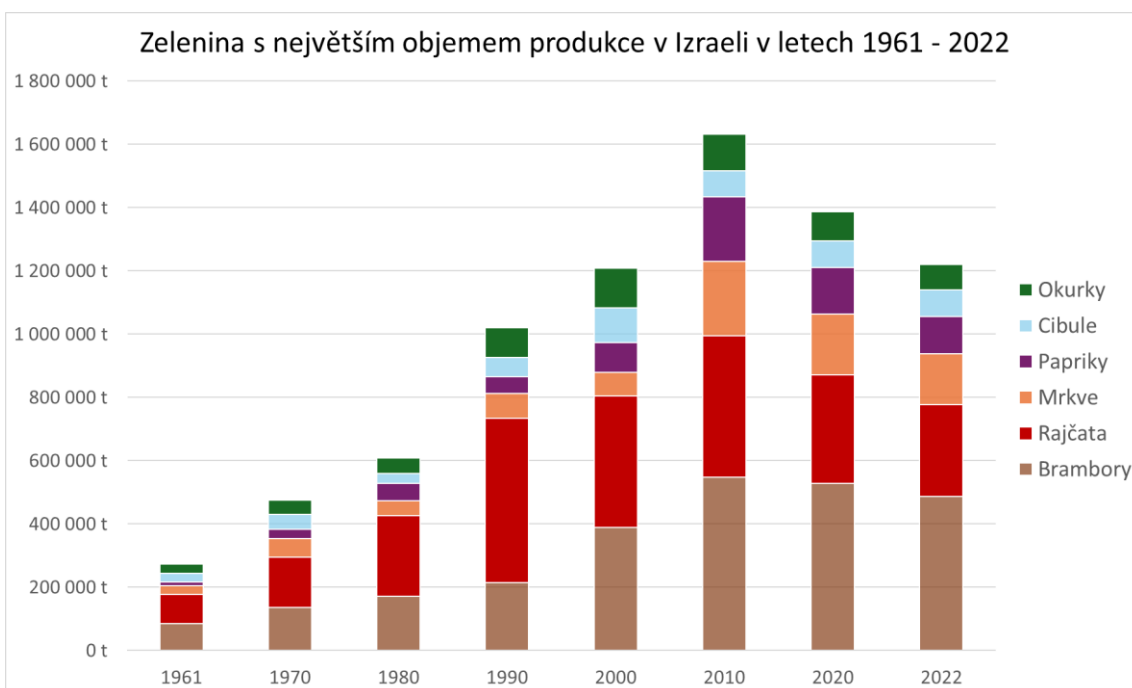
Na obr. 12 a obr. 13 lze vidět vývoj plodin s největším objemem produkce v Izraeli za posledních 70 let. V minulosti měly naprostou převahu v celkové produkci citrusy (pomeranče, grepy, citróny, mandarinky). Po roce 2000 se však začala ve větším objemu pěstovat také zelenina jako jsou brambory, rajčata, mrkev atd. a pěstování citrusů tak pokleslo.

Od roku 2010 se také začínají rozrůstat plantáže datlových palem, jejichž plody se v poslední době ve velkém vyváží. Stejně tak avokádo zažívá v posledních desetiletích rozkvět.

Co se týká exportu, nejvíce se vyváží čerstvá zelenina (40 %), citrusy (13 %), ostatní ovoce (16 %), květiny (9 %), polní plodiny (převážně bavlna a slunečnicová semínka – 6 %), zbytek potom připadá na produkty hospodářských zvířat (Shachar, 2011).



Obr. 12: Ovoce s největším objemem produkce v Izraeli v letech 1961–2022
Zdroj dat: FAOSTAT (2024), vlastní zpracování



Obr. 13: Zelenina s největším objemem produkce v Izraeli v letech 1961–2022
Zdroj dat: FAOSTAT (2024), vlastní zpracování

6 ÚDOLÍ ARAVA

6.1 Fyzickogeografická charakteristika údolí Arava

6.1.1 Reliéf

Údolí Arava je situované na jihovýchodě Izraele. Táhne se mezi Mrtvým mořem na severu (31° s.š.) a Akabským zálivem na jihu (29,5°s.š.), kopírující hranici Izraele s Jordánskem. Na západ od údolí se nachází Negevská poušť s pohořím Har Negev, a dále pohoří Harej Ejlat na samém jižním cípu Izraele. Na východě za hranicemi jsou pak Edomské hory. Východní okraj údolí lemovaný Edomskými horami dosahuje nadmořské výšky až 1 000 m a je tvořen především krystalickými horninami a pískovcem. Západní okraj údolí přecházející ke kopcům v Negevské poušti je pak nižší, nadmořská výška zde dosahuje k 500 m, a obsahuje hlavně vápenec, dolomit a slín (obr. 14). Celková délka údolí se pohybuje okolo 180 km, šířka se pak liší v závislosti na terénu od 10 do 20 km (Shirav-Schwartz et al., 2006).



Obr. 14: Satelitní snímek údolí Arava ze dne 4. 4. 2024
Převzato z: www.browser.dataspace.copernicus.eu

Údolí Arava lze rozdělit do tří částí. Od Akabského zálivu stoupá směrem na sever přibližně 77 km, kde na rozvodí Mrtvého a Rudého moře dosahuje maximální nadmořské výšky (Ar Risha, 203 m n. m.). Následně klesá až k terénnímu zlomu, který se nachází 15 km od jižního okraje Mrtvého moře, od něhož prudce klesá až k samotnému Mrtvému moři, kde dosahuje své minimální nadmořské výšky (- 430 m n.m.) (Goldreich, Karni, 2001).

Co se týká deskové tektoniky, leží na pomezí arabské a africké litosférické desky. Obě desky se pohybují směrem na sever, arabská deska se však posouvá rychleji, proto se na jejich pomezí zformovala Velká příkopová propadlina, která se táhne od asijského Libanonu až do afrického Mosambiku. Údolí Arava se pak nachází v severní části této propadliny, která je nazývána Levantská příkopová propadlina.

Údolím prochází také důležité dopravní cesty. Na izraelské straně údolí spojuje vysokorychlostní silnice č. 90 hranici Izraele s Egyptem na jihu a hranici s Libanonem na severu, táhne se tak kolem celé východní hranici Izraele (od Rudého moře, přes město Ejlat, údolí Arava, kolem Mrtvého moře, Galilejského jezera a města Metula). Na jordánské straně údolí byla vystavěna vysokorychlostní silnice č.65, která opět kopíruje západní hranici Jordánska a spojuje město Aqaba na jihu se severní hranicí země, poblíž Galilejského jezera.

6.1.2 Klima

Teplota vzduchu

Údolí Arava je místem s nejvyšším přísunem slunečního záření v zemi, naopak ale s nejmenší mírou oblačnosti. To je příčinou zdejší vysoké teploty vzduchu. Klima je zde aridní /hyperaridní.

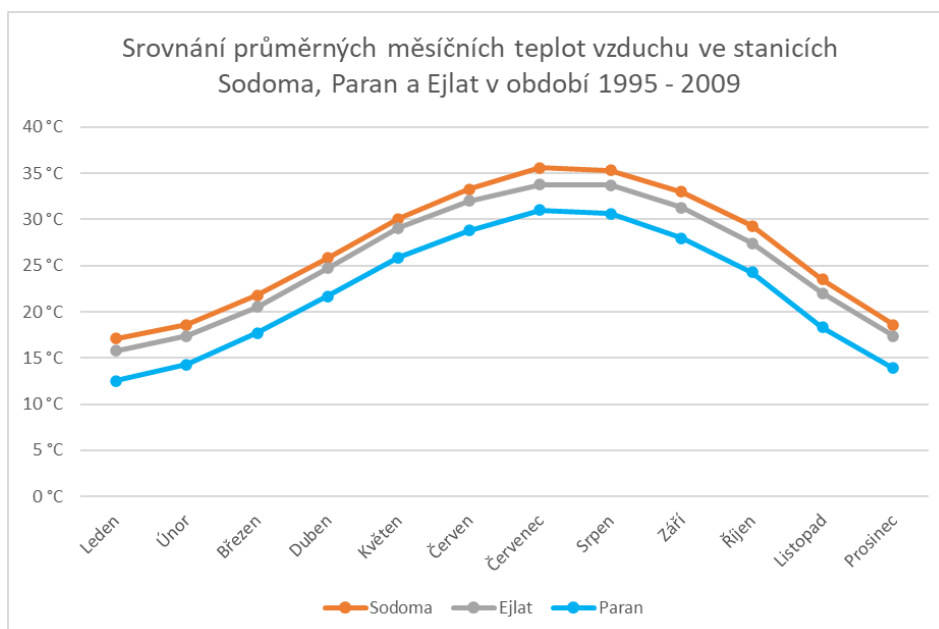
Roční úhrn srážek v posledních letech většinou nepřesahuje 40 mm. Jsou zde horká suchá léta a teplé zimy s malým množstvím srážek. Průměrná denní teplota vzduchu v lednu se pohybuje kolem 16 °C, v letních měsících pak kolem 34 °C, přičemž teplotní maxima dosahují až ke 48 °C.

V mnoha zdrojích se objevuje, že nejteplejším místem v údolí Arava je město Ejlat na jihu. Ve skutečnosti je však ještě teplejší stanice Sodoma u jižní části Mrtvého moře. Průměrná roční

teplota vzduchu ve stanici Sodoma je 26,8 °C, přičemž v Ejlatu pouze 25,4 °C (Israel meteorological Service, 2024).

I přes to, že v Ejlatu dosahuje teplota vzduchu ve dne vyšších hodnot, v noci teplota klesá níž než v Sodomě. Díky vlivu Mrtvého moře je v Sodomě totiž potlačena dlouhovělná radiace v noci a tím i celkové ochlazování. Teplota vzduchu tedy neklesne tak moc jako v Ejlatu, a tím pádem průměrná teplota dosahuje výš. Během zimního období se v některých částech údolí vyskytuje i mráz a noční teplota klesající pod bod mrazu může být zaznamenána až 13 dní v roce (Goldreich, Karni, 2001).

Při porovnávání jednotlivých staničních dat lze v údolí sledovat trend stoupající průměrné teploty vzduchu ze severu na jih (obr. 15). Stanice Paran, která leží v údolí mezi Ejlatem a Sodomou, má po celý rok nižší teplotu vzduchu než stanice Ejlat, která leží jižněji. Logické by tedy bylo, aby všechny stanice dál směrem na sever měly průměrnou teplotu vzduchu ještě nižší. Jak již ale bylo zmíněno, velký vliv na teplotu vzduchu má Mrtvé moře a jeho nízká nadmořská výška, tím pádem jsou stanice v jeho blízkosti teplejší, než by podle předpokladu měly být (př. stanice Sodoma). Stanice Paran je ale chladnější i díky umístění v centrální části údolí, která je ve vyšší nadmořské výšce.



Obr. 15: Srovnání průměrných měsíčních teplot vzduchu ve stanicích Sodoma, Paran a Ejlat v období 1995–2009
Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024), vlastní zpracování

Vítr

Vítr v údolí proudí obvykle od severu na jih, což je způsobeno především Edomskými a Negevskými horami, které tvoří přírodní překážku a větrům tak udávají směr. Výjimkou je letní období, kdy se anticyklonální větry, formující se v jižní části země, stáčí nad údolí Arava a proudí severním směrem. Rychlost větru však není nijak významná (max. rychlost naměřená v Ejlatu během 50 let byla 17,8 m/s), proto zde není vhodné stavět větrné elektrárny a energie tak musí být získávána z jiných zdrojů (Goldreich, Karni, 2001).

Vlhkost

Díky vzdálenosti od Středozemního moře, vysoké teplotě vzduchu a suchým severním větrům je jižní část údolí Arava nejsušším místem v zemi. Relativní vlhkost klesá v údolí od severu k jihu, a naopak aridita tímto směrem roste. Průměrná relativní vlhkost klesá z 30 % u Mrtvého moře na 23 % u moře Rudého (Israel Meteorological Service, 2024). Na severu v Sodomě se nejnižší hodnoty relativní vlhkosti vyskytují v létě během července a srpna, a to 22 % v poledne a v noci šplhají až k 55 %. Na jihu v Ejlatu je to už jen 11 % v poledne a 45 % při úsvitu. V zimním období je relativní vlhkost vyšší, na severu kolem 40 % v poledne a 60 % v noci, na jihu pak 30 % v poledne a 60 % v noci.

Výpar

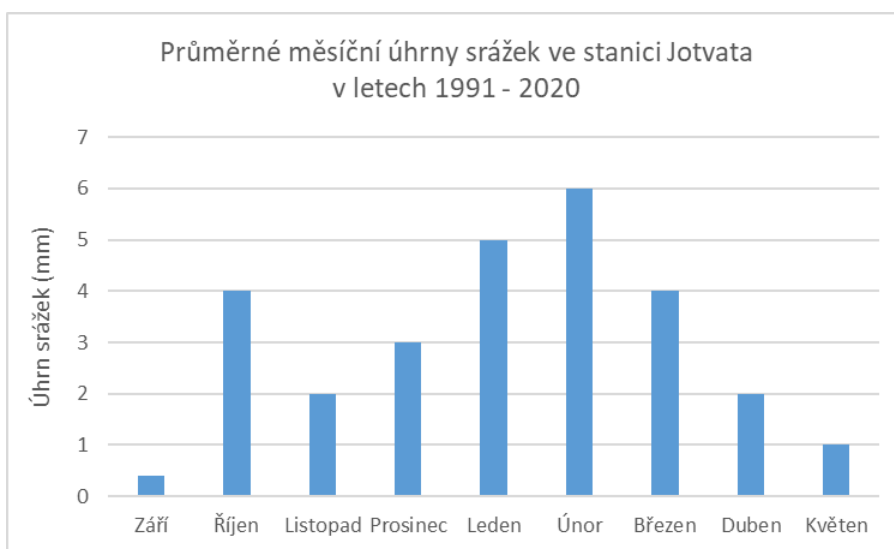
Výpar v údolí dosahuje 60 - 100násobku sezónních srážek a je nejvyšší v celé zemi. Průměrná hodnota výparu v údolí se pohybuje v rozmezí 3 000 – 3 500 mm ročně, v porovnání s pobřežím (1 600 – 1 800 mm/rok) je to tedy téměř dvojnásobek. Maximální hodnoty výparu jsou měřeny v červnu a červenci (13,8 – 14,7 mm/den), minimální hodnoty pak v prosinci a lednu (3,5 – 4,5 mm/den). Větší výpar byl pozorován v severních a jižních částech údolí. V centrální části, která se nachází ve vyšších nadmořských výškách, není teplota vzduchu tak extrémně vysoká, a proto je rychlost vypařování asi o 6 % nižší (Goldreich, Karni, 2001).

Srážky

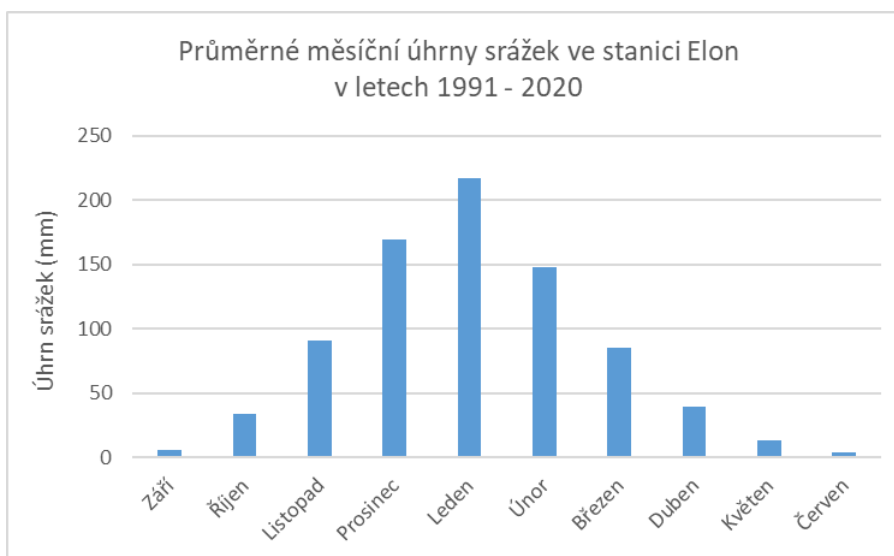
90 % srážek v Izraeli přichází ze studené fronty od kyperské tlakové níže. To se ale údolí Arava týká pouze částečně, protože tam jsou srážky zapříčiněny především brázdou nízkého tlaku Rudého moře. Ta začíná v Súdánské nížině, která je součástí rovníkové níže zvané intertropická konvergentní zóna, a táhne se až k východní části Středozemního moře. Brázda

nízkého tlaku Rudého moře je aktivní hlavně v přechodném ročním období, přináší jihovýchodní větry do Izraele a je částečně zodpovědná za horké vlny a občasně záplavy v údolí Arava. Záplavy totiž mohou nastat velice jednoduše kvůli vysoce nepropustnému podlaží, kdy i spadlých 5 mm srážek v krátkém čase může způsobit neprůjezdnost cest na několik hodin (Goldreich et al, 2004).

Tím, že tato cyklona přináší malý objem srážek hlavně v přechodném období, v údolí Arava jsou srážky více rozloženy v průběhu roku než na severu Izraele (srovnání stanice Jotvata a Elon na obr. 16 + 17). Nejvíce prší v zimních měsících, období dešťů ale trvá od října do května.



Obr. 16: Průměrné měsíční úhrny srážek ve stanici Jotvata v letech 1991–2020
Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024), vlastní zpracování



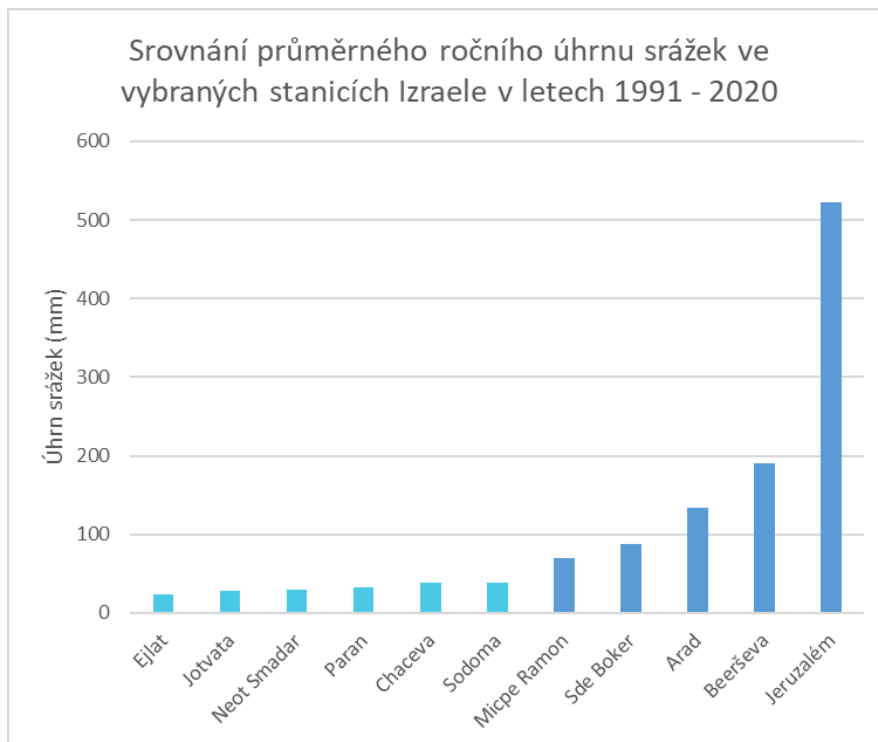
Obr. 17: Průměrné měsíční úhrny srážek ve stanici Elon v letech 1991–2020
Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024), vlastní zpracování

Jak již bylo zmíněno, cyklona Rudého moře přináší srážky v přechodných obdobích tzn. jaro a podzim. Lze je charakterizovat jako déšť lokálního charakteru, většinou krátkého rázu (5 – 15 minut), který může dosahovat velké intenzity (až 100 mm/h). Naopak déšť v zimních měsících je přinášán studenou frontou od kyperské tlakové níže a může být charakterizován delším trváním, větší rozlohou a menší intenzitou (< 10 mm/h).

S růstem aridity směrem k jihu se zmenšuje i roční úhrn srážek. V severní části údolí Arava ročně spadne zhruba 40 mm srážek, zatímco u stanice Ejlat už je to pouze 25 mm srážek ročně. Měsíční úhrn srážek však většinou nepřesáhne 10 mm.

Na rozdíl od teploty vzduchu, u úhrnu srážek platí klasická pravidla a nejsou zde žádné výjimky. Úhrn srážek klesá od severu na jih, od pobřeží do vnitrozemí a s klesající nadmořskou výškou. V Údolí Arava platí díky jeho orientaci především pravidlo od severu k jihu. Nejvíce tedy prší u Mrtvého moře ve stanici Sodoma, naopak nejméně srážek dostává stanice Ejlat u Rudého moře. Přesnější rozdíly jde sledovat na grafech na konci práce (viz příloha B).

Na obr. 18 je vidět porovnání průměrného ročního úhrnu srážek jednotlivých stanic údolí Arava (světle modrá barva) a stanic, které se nachází v blízkém okolí (tmavě modrá barva). I přes to, že na grafu nelze vidět velký rozdíl u stanic v údolí Arava, Sodoma má opravdu téměř dvojnásobný roční úhrn srážek než jižní město Ejlat. V porovnání s blízkými stanicemi jsou však tyto úhrny skoro zanedbatelné. I přes to, že se stanice Micpe Ramon a Sde Boker nachází stále v Negevské poušti, mají o poznání vyšší roční úhrn srážek než údolí Arava, díky umístění blíže k moři. Stanice Arad a Beerševa leží severněji a blíže k moři, proto mají mnohem větší roční úhrny srážek. Město Jeruzalém se nenachází zas tak daleko od Mrtvého moře, i tak tam spadne téměř 4x více srážek ročně než ve stanici Arad. Zase tu působí trend zvyšování srážek směrem na sever, hlavním ukazatelem v tomto případě je ale zvyšující se nadmořská výška, která v Jeruzalému dosahuje kolem 750 m n. m., což je mnohonásobně více než ve všech ostatních stanicích.



Obr. 18: Srovnání průměrného ročního úhrnu srážek ve vybraných stanicích Izraele v letech 1991–2020 (světle modře vyobrazeny stanice v údolí Arava, tmavě modře stanice v blízkém okolí)
Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024), vlastní zpracování

Oázový efekt

V údolní poušti se nachází také mnoho oáz, které můžeme charakterizovat jako izolované místo ve vyprahlé poušti, kde vyvěrá voda z podzemních zdrojů a díky tomu tam roste vegetace. Nejčastějšími rostlinami rostoucími v oázách jsou datlové palmy, které nechybí ani v údolí Arava. Oázy kromě rostlin a pouštních živočichů přitahují také lidi, kteří si v jejich blízkosti staví obydlí. Tak vznikla i většina obydlí v údolí. Díky přístupu k vodě se tak ve velkých oázách mohly pěstovat také jiné plodiny, které zajišťovaly potravu.

Díky rozrůstající se ploše plantáží palmy datlové byl také zkoumán vliv těchto palm na okolní mikroklima. V oázách lze totiž pozorovat tzv. oázový efekt, který přispívá k většímu komfortu lidí a lepším podmínkám pro pěstování v poušti. Vegetace rostoucí v oáze má vliv na zdejší teplotu vzduchu, vlhkost, přímou radiaci i rychlost větru. Zdroj vody obklopený hustou vegetací zajišťuje v místě tzv. chladicí efekt. Teplota vzduchu je mírnější než v okolní poušti, vlhkost je vyšší, díky vegetaci jsou zde také zastíněná místa a vítr je lámán o stromy, takže v oázách nedosahuje takových rychlostí. Záleží ale také na typu vegetace a na denní době. Potcher et al. (2008) ve svém výzkumu prokázal, že stromy v oáze v údolí Arava mají chladicí

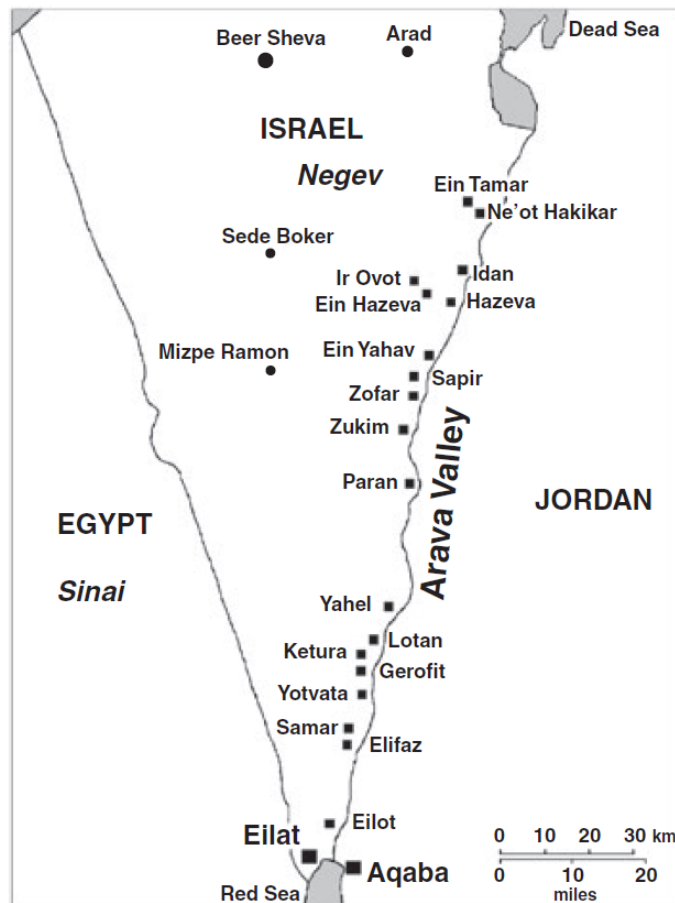
efekt na své okolí ve dne i v noci, zatímco travnaté nízké porosty sice teplotu vzduchu v noci ochlazují, ve dne ji však mírně zvyšují. Rozdíl je samozřejmě i v druhu stromů. Největší ochlazení v noci zajišťují nepůvodní subtropické rostliny (např. *Ficus sp.*, *Jacaranda sp.*). Naopak u palem nebyl pozorován tak signifikantní oázový efekt ani ve dne ani v noci. To by se ale dalo vysvětlit tím, že palmy během dne neposkytují tolik stínu, a v důsledku tedy nemůže dojít k tak velkému ochlazení teploty vzduchu. Palmy ale mají velkou výhodu v tom, že udržují v oáze více vlhkosti než ostatní stromy. Proto je vhodné je v oázách pěstovat. Protože se ale v údolí palmové plantáže rozšiřují čím dál více, bylo by vhodné provést další průzkumy vlivu palem na mikroklima v oázách, protože by to mohlo mít v budoucnu vliv na okolí i z hlediska probíhající klimatické změny.

6.2 Obyvatelstvo údolí Arava

Jelikož se údolí Arava rozprostírá na hranici dvou států, zdejší populaci můžeme rozdělit na Izraelskou a Jordánskou. Izraelská populace čítá okolo 57 tis. obyvatel, z čehož většina žije ve městě Ejlat, pouze 8 tisíc lidí žije ve vesnicích severněji v údolí. Jordánská populace v údolí se pohybuje kolem 103 tis. obyvatel, z čehož celých 95 tis. obyvatel žije ve městě Aqaba.

Ve 2. polovině 20. století bylo v údolí založeno celkem 19 vesnic, kde se v náročných podmínkách pěstují plodiny, které se významně podílejí na exportu ze země (2 vesnice založeny v 50. letech, 4 vesnice v 60. letech, 8 vesnic v 70. letech, 4 v 80. letech a poslední v roce 2001) (obr. 19) (Bruins et al., 2012).

Před rokem 2010 žilo ve vesnicích v údolí Arava pouze asi 2 500 obyvatel v podmínkách, které nebyly ideální. Tato oblast však prošla během posledních 15 let velkou proměnou, a to díky investicím Židovského národního fondu-USA (JNF-USA). Ten se původně zaměřoval na proměnu některých oblastí pouště Negev, svůj plán ale rozšířil i na údolí Arava (Jewish National Fund, 2024). V roce 2014 už zde žilo téměř 4 000 obyvatel. Nyní lidé dokonce čekají na to, aby se mohli do údolí přestěhovat. Nehostinné údolí, přesněji jeho jižní a centrální část, má přes 8 000 trvalých obyvatel, k tomu kolem 1 000 zahraničních studentů. Nachází se zde přes 600 farem, které ročně vyprodukují více než 50 % čerstvé zeleniny, která se z Izraele vyváží do světa. Export doplňuje také velký podíl květin, vyvážený z údolí Arava.



Obr. 19: Vesnice založené ve 20. století v údolí Arava (Izraelská strana)
Převzato z: Bruins et al., 2012

V údolí pochopitelně musely nastat velké změny. Byla vybudována infrastruktura (silnice, budovy), začalo se uplatňovat zemědělství, díky čemuž byla zajištěna pracovní místa pro obyvatele. V komunitách byly zajištěny také zdravotnické a vzdělávací instituce. V Sapíru je jedno z nejlepších zdravotnických center v celém Izraeli a nově je zde postaveno i sportovní centrum s plaveckým bazénem. V údolí tedy nežijí pouze farmářské rodiny, ale také vědci, učitelé, doktoři a mnoho dalších.

6.2.1 Zemědělské komunity v údolí Arava

Zemědělství je v údolí Arava praktikováno ve dvou typech komunit. Prvním typem jsou kibucy (kolektivní komunity), druhým potom mošavy (kooperativní komunity). Tyto formy komunit vznikly na začátku 20. století na základě socialistické ideologie. První kibuc, zvaný Degania, byl v Izraeli postaven roku 1909, první mošav, zvaný Nahalal, potom v roce 1921. Nyní je v celém Izraeli zhruba 270 kibuců a 400 mošavů, které se ale v některých ohledech liší od původních komunit, a to díky měnící se ekonomické a sociální situaci, která vyžaduje určité ústupky v tradičním uspořádání. I přes to jsou však tyto komunity vyhledávány lidmi, kteří chtějí utéct z ruchu měst a žít klidný život v přátelské komunitě, ve které si lidé pomáhají.

Kibuc se dá charakterizovat jako kolektivní komunita, která je založena na společném vlastnictví veškerého majetku a sdílením práce všemi členy. Základních principů kibuců je hned několik. Půda, na které jsou stavěny domy a kde probíhá zemědělství, je státním majetkem. Vesnice a její vybavení je ve společném vlastnictví všech lidí, kteří zde bydlí a pracují. Ve vesnici je zajištěna vlastní společná produkce, spotřeba i služby. O práci a obchodu je rozhodováno centrálně zástupci zvolenými členy komunit. Farmy se zaměřují na rostlinnou i živočišnou produkci. Zatímco první kibucy se zaměřovaly výhradně na zemědělství, později se jejich zájmy rozrostly i do oblasti výroby a služeb. Panuje zde úplná rovnoprávnost žen a mužů, kteří si navzájem pomáhají a snaží se uspokojit zájmy a potřeby všech svých členů v každé životní etapě. Děti jsou společně vzdělávány ve školách, proto se ženy mohou dále účastnit pracovního i společenského života. Zisky z hospodaření jsou společné a jsou využity k zajištění základních potřeb obyvatel (jídlo, oblečení, ubytování, zdravotní péče, ...), přebytky jsou investovány do rozvoje vesnic.

Mošav je založený na podobných principech, avšak liší se v osobním vlastnictví. Každé rodině je přidělen vlastní pozemek, na kterém si zřizuje vlastní farmu. Ekonomický a sociální život je tedy v mošavu založen na vlastní zodpovědnosti. Velikost přiděleného pozemku je rozhodována na základě pracovního potenciálu rodiny. Farmy jsou však dostatečně velké, aby zde mohly pracovat i dorostlé děti v budoucnu (většinou v rozmezí 2 – 5 ha). Záleží ale také na typu půdy. Pokud je půda zavlažovaná, rodina dostává zhruba 2 ha půdy, pokud není, rodina může dostat až 14 ha velký pozemek. Pozemek a farma je tedy v osobním vlastnictví, zemědělské stroje a prostory k uschování plodin jsou však společné. Zisky náleží každé rodině podle její práce. Proto může v mošavu dojít k velkým rozdílům v bohatství jednotlivých rodin,

což způsobuje menší sociální soudržnost komunity oproti situaci v kibucech (Pines, 1948; Ben-David, 1964). Během posledních 25 let se některé mošavy v mnohém změnili. Díky ekonomické rozdílnosti jednotlivých rodin se pomalu vytrácí smysl pro spolupráci, pomoc a společný život. Rodiny si navzájem nepomáhají a žijí si každá sama za sebe. Ne všichni členové rodin se také chtějí zaměřovat pouze na zemědělství. Někteří tedy hledají práci v jiném odvětví, a to jak přímo v jejich mošavu, tak i jinde (Galor, 2014).

6.3 Zemědělství údolí Arava

I přes extrémně těžké podmínky se lidé žijící v údolí nenechali odradit a dokázali proměnit část pouště v jednu z vedoucích oblastí Izraele v pěstování a transportu některých plodin. V minulosti využívali k zemědělství a závlaze terasovitá pole, dnes je využíváno precizního zemědělství a umělého zavlažování odsolenou a recyklovanou vodou. Podmínky k pěstování plodin se však stále mění, a to díky klimatické změně, které se musí lidstvo i zemědělství postupně přizpůsobovat. Největší roli v aridních oblastech hraje především změna typu srážkových událostí a jejich objemu, ale také rostoucí teplota vzduchu, která zvyšuje míru vypařování.

6.3.1 Vývoj zemědělství

Do poloviny 20. století v centrální části údolí Arava Beduíni pěstovali především ječmen, v menší míře potom pšenici. Do dnešní doby můžeme v některých místech údolí nalézt pozůstatky kamenných teras, díky kterým byli obyvatelé schopni zadržovat dešťovou vodu a zavlažovat pomocí ní plodiny. Terasy byly situovány na dnech vádí v údolích tak, aby byly schopny při dešti zachytit tekoucí vodu (obr. 20). Voda pak mohla sloužit nejen přímo na místě, kde byla zadržena, ale mohla být pomocí potrubí vedena i na jiná místa potřeby. Obyvatelé tedy byli striktně odkázáni na déšť a jeho rozložení v průběhu roku, čemuž se museli podřídit. Pokud byly roční srážky jakkoliv neobvyklé, mohlo to vést k úplnému zničení úrody a nedostatku potravy jak pro lidi, tak pro chovaný dobytek. Podle historických záznamů však byly v minulosti srážky vydatnější než dnes, což bylo malou výhodou pro někdejší zemědělství. Bylo však vypočítáno, že k tomu, aby terasovitá pole v aridních podmínkách měla dost vláhy

pro pěstování plodin musí být plocha, která svádí vodu 30x větší než plocha pole. Terasy tedy byly stavěny pouze v místech, kde byl předpoklad dostatečného příjmu vody (Stavi et al., 2018).



Obr. 20: Vádí v údolí s viditelnými pozůstatky terasovitých polí
Převzato z: Stavi et al. (2018)

Terasovitá pole mají hned několik výhod. Tou hlavní je tvorba polí na nakloněných plochách, které automaticky vedou vodu ze svahů dolů a dále korytem vádí, kde jsou vybudovány terasy. Další výhodou je zmírnění procesu půdní eroze, která je na nakloněných rovinách výrazná.

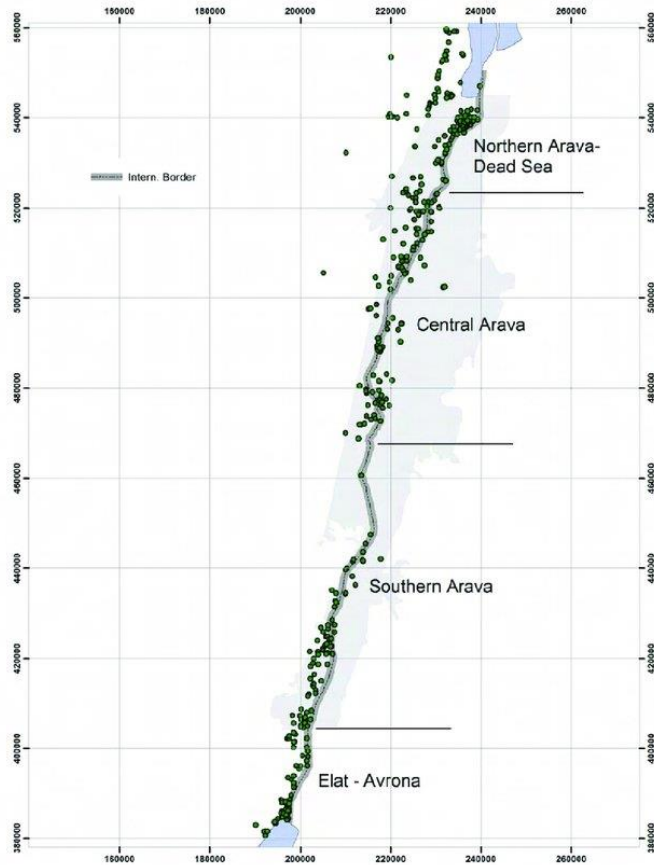
V posledních dekádách se ale zemědělství podstatně mění a terasovitá pole jsou opouštěna a zanechána na pospas přírodě. V takovém případě mohou nastat dva scénáře. Buď se bez pravidelné údržby stěny teras sesypou, a tím se opět zvýší půdní eroze. Nebo zde vyrostou nová vegetace, která terasy stabilizuje. Většinou ale dochází k první variantě a terasovitá pole se postupem času rozpadají (Ackermann et al., 2019).

6.3.2 Zdroje vody k zavlažování

Údolí Arava tvoří regionální povodí, do kterého se stéká jak povrchová voda, tak voda podpovrchová. Zhruba uprostřed údolí je pak u vesnice Beer Menuha rozvodí Mrtvého a Rudého moře, a to díky klesající nadmořské výšce severně i jižně od vesnice. Srážky pronikají přímo do podpovrchových zvodní, ze kterých jsou následně čerpány. Pod údolím se nachází 4 zvodně, dvě jsou tvořeny křídovými horninami (Kurnubská a Judská zvodně), další dvě pak neogenními a kvartérními vrstvami. Spodní křídová zvodně obsahuje hlavně fosilní vodu, která nebyla ovlivněna novodobým hydrologickým režimem. Vysoký tlak artéské vody v Kurnubské zvodni způsobuje pronikání vody do vyšších vrstev překrývající se Judské zvodně a následně do propustných neogenních a kvartérních vrstev, ze kterých je pak voda čerpána. Voda v Judské a Kurnubské zvodni je brakická s vysokým obsahem síranů. Na druhé straně, voda z povrchových zvodní má nízký podíl solí a je proto hlavním zdrojem pro zavlažování. Po úpravě vody se také používá v domácnostech. Brakická voda čerpaná v jižní části údolí se odsoluje a tvoří zásobu vody pro město Ejlat (Shirav-Schwartz et al., 2006).

Údolí Arava musí čerpat vodu z podzemních brakických zdrojů, a to kvůli skutečnosti, že není napojeno na Národní rozvaděč vody v Izraeli. Začátek čerpání vody z podzemních zdrojů v údolí Arava je datován k roku 1936, kdy byla čerpaná voda využívána v průmyslu. Zasloužila se o to společnost Palestine Potash Company (roku 1953 přejmenována na Dead Sea Works), která se zaměřovala na těžbu potaše a dalších solí v Mrtvém moři, a pro svoji činnost potřebovala odněkud vodu brát.

Od roku 1949 se však voda používá také k zavlažování půdy v zemědělství a ke spotřebě v domácnostech, což bylo zapříčiněno především výstavbou města Ejlat na jihu údolí. Díky tomu může být takto hyperaridní oblast vůbec obydlena. Nyní jsou v údolí čerpány jak podzemní prameny a rezervoáry, tak voda artéská s pomocí více než 100 studen (obr. 21). V severní části údolí se ročně využije až 40 mil. m³ a v jižní části kolem 10–15 mil. m³ podzemní vody. Podzemní zdroje vody v údolí jsou ale značně limitované a jejich hladina pomalu klesá.



Obr. 21: Rozmístění studen čerpajících podzemní vodu v údolí Arava
Převzato z: Shirav-Schwartz et al. (2006)

Čerpaná voda je brakická, k lidské spotřebě tedy musí být odsolována. První odsolovací závod byl vystavěn v roce 1968 ve vesnici Jotvata. Pomocí reverzní osmózy zde bylo odsoleno 100 m³ vody za den. Největší spotřebu vody mělo pochopitelně rostoucí město Ejlat, proto zde bylo vystavěno mnoho dalších odsolovacích závodů. V celém údolí se tak denně vyprodukuje až 40 000 m³ odsolené vody. Samotné město Ejlat v dnešní době spotřebuje asi 14 mil. m³ odsolené vody za rok a vyprodukuje asi 7 mil. m³ odpadní vody, která je následně upravena a využita v zemědělství.

V údolí je tedy používána jak odsolená brakická nebo slaná voda, tak i recyklovaná odpadní voda. Dnes má také každá vesnice vybudované své odsolovací zařízení. Ve vesnicích funguje tzv. systém duálního potrubí, který do domácností vede jak odsolenou pitnou vodu, používanou při vaření, tak lehce brakickou vodu, používanou při všech ostatních činnostech (sprchování, splachování záchodu, uklízení atd.). Recyklovaná voda pak slouží k závlaze. Hladina podzemních vod tedy už díky využití alternativních zdrojů vody neklesá tak rychle, nynější pokles je ale zapříčiněn klimatickou změnou (Bruins et al., 2012).

6.3.3 Pěstované plodiny

Zemědělství v údolí lze charakterizovat jako intenzivní, jelikož malé plochy půdy produkují velké množství plodin. Plodiny se pěstují na poli bez nebo s treláží (vertikální podpora růstu plodin), v fóliovnících (obr. 22), kryté plastovými průhlednými plachtami vytvářející tzv. tunely nad řadou rostlin nebo kryté plachtami vysoko nad rostlinami jako ochrana proti ptactvu. K zavlažování se používá hlavně recyklovaná odpadní voda, jejíž množství se kvůli stále rostoucí populaci pořád zvětšuje. V malé míře se využívá také odsolená voda pocházející z moře nebo brakických vod (Achilea, 2011).



Obr. 22: Fóliovník v údolí Arava
Autor: Martin Jurek (pořízeno 28. 10. 2022)

Na obr. 23 lze vidět vnitřní prostory fóliovníku volně přístupného pro veřejnost. Na fotce je v zadní části vybudované zázemí kavárny, kde si návštěvníci mohou koupit nápoje a drobné občerstvení, které si mohou vychutnat buď u prodeje nebo u stolečků přímo mezi řádky pěstované zeleniny. Většina fóliovníků v údolí však není veřejnosti zpřístupněna a nemá uvnitř nic jiného než řádky pěstované zeleniny.



Obr. 23: Vnitřní prostory fóliovníku v údolí Arava volně přístupného pro veřejnost
Autor: Martin Jurek (pořízeno 28. 10. 2022)

Jak již bylo zmíněno výše, některým plodinám slaná voda prospívá. Jako příklad lze uvést datlové palmy, vodní melouny (90 % vypěstovaných melounů v Izraeli pochází z údolí Arava), hroznové víno, rajčata nebo papriky. Tyto plodiny se tedy v údolí hojně pěstují a následně i vyváží.

Paprika, nejvíce pěstovaná plodina v údolí, se pěstuje především ve zmíněných fóliovnících, které mohou mít až 4x větší výnosy než pěstování na otevřeném poli a zvyšují kvalitu plodů. Papriky se ve fóliovnících pěstují na médiích bez půdy nebo na dovezené zemině, která neobsahuje moc živin, což indikuje potřebu pravidelné závlahy s kompletním spektrem přidaných živin. Stejně tak se ve fóliovnících s umělým zavlažováním pěstuje i většina zeleniny, díky čemuž je zajištěna ochrana proti ptactvu a nadměrnému slunečnímu svitu.

Na rozdíl od plodin pěstovaných ve fóliovnících, rozrůstající se plantáže palmy datlové lze vidět už na dálku. Jak již bylo řečeno, palma datlová (*Phoenix sp.*) je v údolí kromě zeleniny a jiného ovoce také významnou plodinou. Už v roce 2008 v údolí byla pokryta plocha 10 km² datlovými palmami. Od té doby se rozrůstá počet plantáží a většina plodů se vyváží do celého světa. Datle jsou na plantážích obaleny do sítěk, které je chrání proti hmyzu a ptactvu (obr. 24).



Obr. 24: Sítky obalující datle na vrcholku palmy datlové, chránící plody proti hmyzu a ptactvu (údolí Arava, mošav Chaceva)
Autor: Martin Jurek (pořízeno 27. 10. 2022)

Kromě již zmíněných plodin se v údolí hojně pěstuje také brokolice, lilek, okurka, špenát, cuketa, chřest, mango, jahody, mochně, kiwano nebo nezvyklý hybrid zvaný mexická okurka. Hlavní sezóna izraelského zemědělství je v zimním období (od září do května), kdy spadne většina srážek v roce. To taky podporuje vývoz do Evropy, protože v zimním období je po takových plodinách poptávka. Většina plodin z údolí tedy putuje do Evropy, zdejší datle se však mohou pyšnit vysláním na světový trh (Golan, 2023).

6.3.4 Výzkumná činnost v údolí Arava

V údolí by se však dalo pěstovat téměř cokoliv. Pokud by rostliny byly schopné zvyknout si horké suché klima a byly by při jejich růstu splněny jejich základní potřeby, údolí by mohlo svou produkci rozšířit ještě víc. Těmito výzvami a výzkumem možností se zabývá Centrum výzkumu a vývoje v údolí Arava (The Research and Development in the Arava Valley). Centrum bylo založeno v roce 1986 izraelskou vládou a jeho cílem je vyvíjet nové technologie, zvyšovat kvalitu plodin, stanovit vhodná hnojiva a podmínky k pěstování jednotlivých plodin (kolik stínu

a závlahy která rostlina potřebuje). Centrum také vlastní experimentální skleníky, ve kterých testují, které plodiny by se v budoucnu mohly v údolí také pěstovat. K tomu se zdejší vědci zaměřují i na biotechnologie, akvakulturu a ekologii. Pozornost věnují také vývoji medicíny a farmaceutických produktů (Golan, 2023).

Pro turisty je v Chacevě od roku 2014 vystavěno Návštěvnické centrum Vidor a Centrum výzkumu a vývoje, kde jsou interaktivní exhibice a možnost zakoupení plodů vypěstovaných v údolí. Všechny výstavy jsou kromě hebrejštiny také v angličtině a návštěvníci se tak mohou dozvědět plno zajímavých informací o nových technologiích, inovacích a zemědělství, ale také o životě lidí, kteří v údolí žijí.

Přímo v údolí Arava se v kibucu Ketura nachází Aravský institut environmentálních studií, který se zaměřuje na vzdělávání v oblasti řešení environmentálních problémů Středního východu. Studenti z celého světa se tam sjíždí, aby se naučili řešit problémy týkající se udržitelného rozvoje, vodního hospodářství, environmentálních práv, ekonomické politiky apod. Vede se zde také mnoho různých výzkumů na tyto témata. Institut pořádá také krátkodobé poznávací programy, díky kterým lze vidět život v údolí Arava, ale také v ostatních částech Izraele (Arava institute, 2024).

7 PROJEVY KLIMATICKÉ ZMĚNY V IZRAELI

V posledních letech lze sledovat po celém světě projevy klimatické změny. Planeta zažívá zvyšování teploty vzduchu, větší výskyt extrémních přírodních jevů (jako jsou horké vlny, povodně, ničivé bouře a sucha), zvyšování hladiny světového oceánu, tání ledovců a menší míru sněhové pokrývky v zimě. Mořská hladina se u pobřeží Středomořího moře zvyšuje o 10 mm za rok, což by v budoucnu mohlo ovlivnit infrastrukturu na pobřeží, která by mohla být narušena. Slaná voda by mohla infiltrovat do podzemních zdrojů sladké vody, které jsou čerpány a mohly by tak být ohroženy. Díky rostoucí teplotě moří a oceánů by mohlo dojít ke změně ekologické balance mořských ekosystémů, což by mohlo způsobit vymírání některých druhů nebo menší míru reprodukce. V Akabském zálivu se nachází významný korálový útes, u kterého se díky zvyšující teplotě vody projevuje bělení korálů. Klimatické projekce také ukazují, že východní oblast Středomoří je nejvíce citlivou a zranitelnou částí světa na projevy klimatické změny (Ministry of Environmental Protection, 2023).

Dnes víme, že se v minulosti teplota vzduchu na Zemi měnila a v dlouhodobém horizontu tedy nebylo nic zvláštního, že by teplota vzduchu stoupala nebo naopak klesala. Klima Země se však teď mění mnohem rychleji než kdykoliv dříve v historii, a to převážně jako výsledek lidských aktivit.

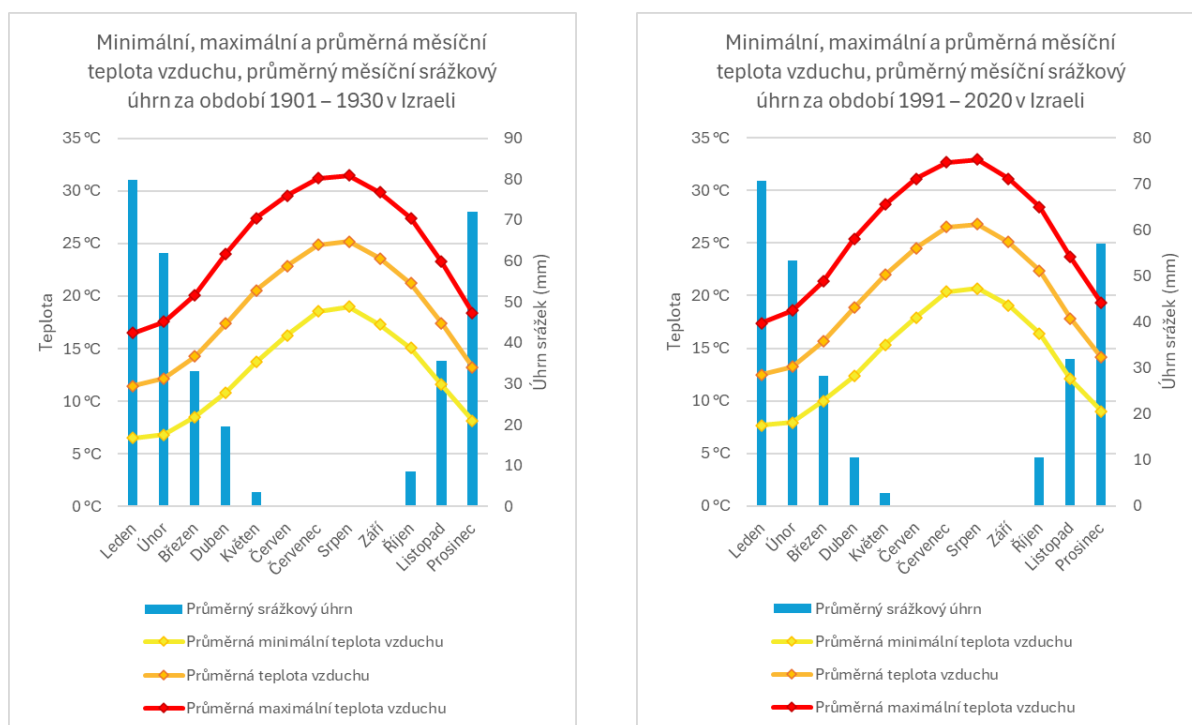
7.1 Zvyšování teploty vzduchu a snižování úhrnu srážek

Projevy klimatické změny lze sledovat již několik desetiletí na zvyšování teploty vzduchu a zmenšování úhrnu srážek. Byly však i období, kdy se teplota vzduchu nenavyšovala pořád. Ve 2. polovině 20. století bylo pozorováno ochlazení v zimních měsících. Ben-Gai et al. (1999) sledoval v letech 1964–1994 teplotní trendy 40 stanic v Izraeli a zjistil, že maximální i minimální teplota vzduchu v zimě se v Izraeli snižovala, kdežto maximální i minimální teplota vzduchu v létě se zvyšovala. Přičemž zvýšení minimální teploty vzduchu v létě bylo výraznější než zvýšení maximální teploty, zatímco snížení maximální zimní teploty bylo výraznější než snížení minimální teploty. Zimy se tedy stávaly chladnější a léta teplejší, s tím že docházelo ke zmenšení denní amplitudy teploty vzduchu v obou ročních obdobích. Díky těmto opačným trendům se během těchto 30 let průměrná roční teplota vzduchu téměř nezměnila.

V následujících letech však klimatická změna nabrala na síle a zvyšování teploty vzduchu je znatelné po celý rok (viz dále).

Průměrná teplota vzduchu se v Izraeli od roku 1950 do roku 2017 zvýšila o 1,4 °C. Kafle a Bruins (2009) potvrzují, že teplota vzduchu v letech 1970–2002 v celém Izraeli postupně stoupala, v některých letech na některých stanicích až o 1 °C (ve stanicích Tel Aviv a Ejlat). Nejvýznamnější trend ve zvyšování teploty vzduchu lze pozorovat v údolí Arava (stanice Ejlat a Sodoma), tedy v hyperaridní oblasti Izraele, která se stává ještě sušší.

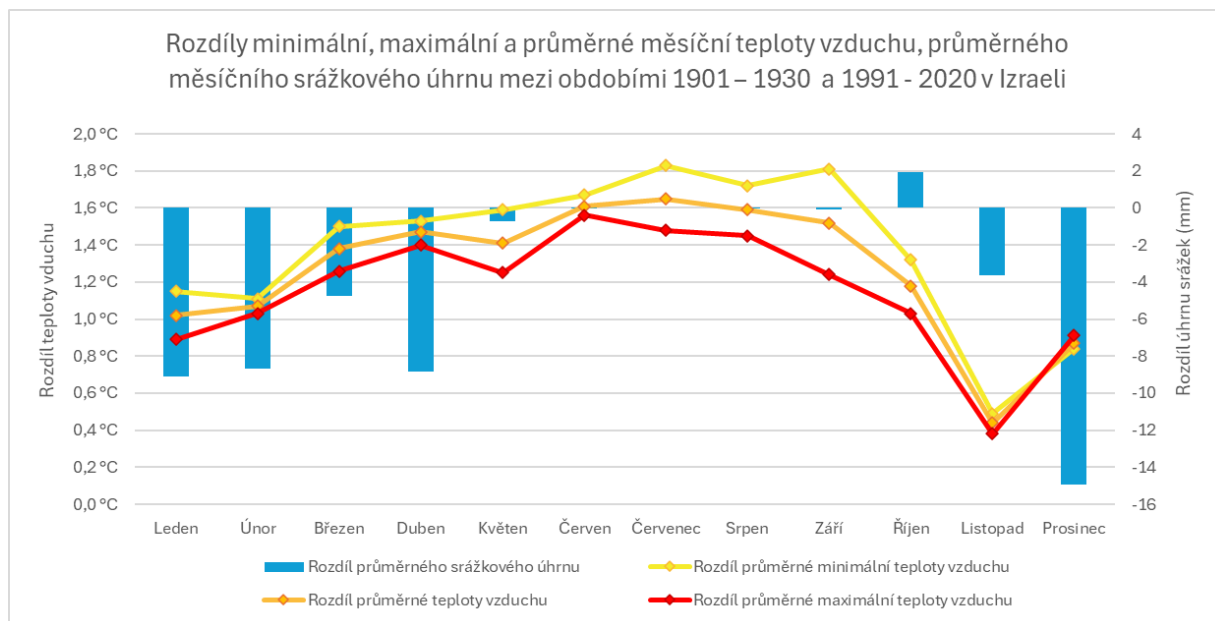
Na následujících dvou grafech (obr. 25) lze vidět srovnání průměrné měsíční teploty vzduchu a srážkového úhrnu za období 1901–1930 a 1991–2020 v Izraeli.



Obr. 25: Srovnání minimální, maximální a průměrné měsíční teploty vzduchu a průměrných měsíčních srážkových úhrnů za období 1901–1930 a 1991–2020 v Izraeli
Zdroj dat: www.climateknowledgeportal.worldbank.org, vlastní zpracování

Pro větší přehlednost byl zhotoven graf rozdílů teploty vzduchu i úhrnu srážek z předchozích grafů (obr. 26). Maximální, minimální i průměrná teplota vzduchu se nekompromisně zvýšila ve všech měsících za posledních 100 let. Největší rozdíl je vidět ve zvýšení minimální průměrné měsíční teploty, kdy rozdíl přesahuje 1,8 °C v letních měsících. Celkově se nejvíce oteplují letní měsíce, kdežto teplota v listopadu zůstává téměř stejná. To potvrzuje výrok Ben-Gaie et al. (1999), že se zmenšuje denní amplituda teploty vzduchu a otepluje se více léto než zima.

Srážkové úhrny se naopak zmenšují, což přispívá ke zvyšování aridity. Největší úbytek srážek lze sledovat v prosinci, následují další zimní měsíce. K velkému úbytku srážek došlo také v dubnu, čímž dochází ke zkracování období dešťů. To izraelskému zemědělství vůbec neprospívá. V říjnu ale srážek mírně přibylo, což by mohlo znamenat dřívější začátek hlavní sezóny zemědělství.



Obr. 26: Rozdíly minimální, maximální a průměrné měsíční teploty vzduchu, průměrného měsíčního srážkového úhrnu mezi obdobími 1901–1930 a 1991–2020 v Izraeli
Zdroj dat: www.climateknowledgeportal.worldbank.org, vlastní zpracování

Ne ve všech oblastech Izraele se však srážkový úhrn zmenšuje. Vývoj průměrného ročního úhrnu srážek se liší podle geografické polohy. Na pobřeží Středozemního moře úhrn srážek zůstává více méně stejný nebo se velmi mírně zvyšuje, což lze vysvětlit blízkostí moře. Ve zbytku země se pak snižuje, nejvíce v aridních a hyperaridních oblastech na jihu země, a to především v jarním období. V průběhu sledovaných 3 dekadách se také projevil trend odlišnosti v úhrnu srážek v jednotlivých letech. Například ve stanici Ejlat, charakteristické aridním klimatem, napršelo v roce 1995–1996 pouhých 0,8 mm, kdežto v roce 1974–1975 celých 76 mm. Ve stanici Sodoma v období dešťů v letech 1983/84 byl naměřen historický rekord nejmenšího úhrnu srážek na této stanici, a to pouze 8 mm. Naopak na přelomu let

1964/65 zde spadlo historicky nejvíce srážek (113 mm) (Goldreich, Karni, 2001). Ve stanici Har Kena'an na severu Izraele v roce 1972–1973 zde spadlo 385 mm srážek, kdežto v roce 1991–1992 celých 1 107 mm. Tento trend by se měl v budoucnu ještě prohlubovat a v jednotlivých letech bychom měli sledovat častější extrémní výkyvy.

Díky meziročním rozdílům v ročním úhrnu srážek je těžké sledovat jakýsi dlouhodobý trend. Důkladným vyhodnocováním staničních dat však můžeme určit zmenšující se roční úhrn srážek na většině území Izraele, kromě pobřežní části, kde se srážky mírně zvyšují (Kafle a Bruins, 2009). Meziroční výkyvy se netýkají jen srážek, ale také teploty vzduchu. Průměrná roční teplota vzduchu se pomalu stále zvyšuje, některé roky jsou však velice teplé, některé méně. Od roku 2000 tak šlo pozorovat 2 extrémně teplé roky, a to rok 2010 a 2017 (FAOSTAT, 2023).

E. Black (2009) potvrzuje, že klimatická změna má vliv na srážkový režim nad Izraelem a Jordánskem. Bylo pozorováno, že se v průběhu let snižuje počet dní se srážkami během zimního období, ale také délka dešťů. Do roku 2050 by se měl pravděpodobně roční srážkový úhrn snížit o 20 %. V zemích, kde jsou vodní zdroje omezené, především v aridních oblastech, tedy změny srážkového úhrnu znamenají velkou hrozbu.

Zvyšování aridity je vysvětlováno pomocí změny dominantního srážkového mechanismu, který je nyní řízen dráhami postupu bouřek, což se pomalu mění a vzniká závislost na vzestupném proudění vlhkých vzdušných mas. Dráhy postupu bouřek severní polokoule se posouvají více k pólu, a to způsobuje zeslábnutí bouřek a menší výskyt cyklon ve Středozeří. V posledních letech se tedy rozšiřují aridní oblasti severněji díky zvyšující se teplotě vzduchu a menšímu úhrnu srážek. Tím se mění také hranice jednotlivých klimatických regionů rozdělených izohyetami, které se s úbytkem srážek posouvají.

Snížení úhrnu srážek až o 10 % do roku 2050 potvrzují také Givati a Rosenfeld (2013), kteří se snaží vysvětlit úbytek srážek díky klimatické změně a arktické oscilaci. Kvůli zvýšenému obsahu skleníkových plynů v atmosféře se čím dál více projevují důsledky klimatické změny, díky čemuž je podporována pozitivní arktická oscilace. Při ní vysoký tlak ze subtropů pohání dráhy postupu bouřek směrem na sever, což způsobuje menší srážky nad Středozeří, jak už bylo zmíněno výše. Velkou roli hraje ale také fakt, že se Izrael nachází v přechodné zóně mezi pozitivním a negativním stádiem arktické oscilace. Projevy pozitivního stádia arktické oscilace lze sledovat hlavně v severní části země, kde je většina ročního úhrnu srážek zapříčiněna právě

bouřkami přicházejícími ze severu. Jižní části Izraele se důsledky pozitivní arktické oscilace týkají jen částečně, protože srážky sem přináší především brázda nízkého tlaku Rudého moře.

Ginat et al. (2011) sledoval vývoj úhrnu srážek přímo nad údolím Arava v letech 1949–2009 pomocí dat ze 6 stanic (Ejlat, Aqaba, Sodoma, Jotvata, Paran a Chaceva). Všechny stanice vykazují v posledních 20 letech zmenšující se úhrn srážek za rok. Fyzickogeografické podmínky jednotlivých oblastí také ovlivňují míru úbytku srážek. Na jihu údolí Arava se úbytek srážek projevuje intenzivněji než v jeho severní části. Například ve městě Ejlat je dlouhodobý trend zmenšujícího se úhrnu srážek kalkulován na 0,29 mm/rok. Úbytek srážek je doprovázený také změnou ve srážkovém módu. Srážkové události se stávají čím dál více nárazové, s kratší dobou trvání zato větší intenzitou. To je způsobeno díky většímu výparu zapříčiněnému vyšší teplotou vzduchu. Vyšší výpar znamená vyšší míru vlhkosti atmosféry, která pokud se dostane nad vyschlou poušť, může způsobit krátké a intenzivní lijáky. Ve výsledku to znamená, že klesá počet dní, kdy prší, ale roste intenzita těchto dešťů. I Ziv et al. (2014) potvrzují signifikantní úbytek srážek v období 1975–2010, a to až 25 % v nejjihnějších oblastech údolí Arava v okolí města Ejlat.

Dosvědčují to i údaje Izraelské meteorologické služby, díky kterým bylo zhotoveno srovnání průměrných měsíčních úhrnů srážek ve stanici Ejlat v období 1961–1990 a 1991–2020 (tab. 1 a 2). Rozdíl úhrnu srážek mezi jednotlivými obdobími činí opravdu 25 %, což je razantní změna.

Srážek ubývá především v jarním a podzimním období (kromě říjnu), což značí, že se zkracuje zimní období dešťů. Navíc se i v zimním období začínají prodlužovat období sucha, rozdělující jednotlivé dešťové události. Čím delší budou období sucha v zimě bývát, tím větší je pravděpodobnost, že i v období dešťů budou muset farmáři zavlažovat plodiny (Ziv et al., 2014).

Tab. 1: Průměrné měsíční úhrny srážek ve stanici Ejlat v letech 1961–1990

	Říjen	Listopad	Prosinec	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Ročně
Ejlat	3	4	6	5	5	4	4	1,4	32

Zdroj dat: Israel Meteorological Service (1990), vlastní zpracování

Tab. 2: Průměrné měsíční úhrny srážek ve stanici Ejlat v letech 1991–2020

	Říjen	Listopad	Prosinec	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Ročně
Ejlat	4	2	3	4	5	3	2	1	24

Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024), vlastní zpracování

7.2 Důsledky klimatické změny na přírodní systémy

7.2.1 Efekt na vegetaci

Projevy klimatické změny lze sledovat také na bylinných porostech, které reagují na měnící se teplotu vzduchu a srážky. Golodets et al. (2013) při svém výzkumu bylinných porostů v Izraeli odhadl, že při 20 % poklesu ročního úhrnu srážek se produktivita bylin sníží o 40 % v aridních oblastech, o 16 – 34 % v semiaridních oblastech a o 12 % na pobřeží Středozemního moře. Tyto změny by mohly mít důsledky na fungování celých ekosystémů, především na primární produkci a vegetační rozmanitost. To především v aridních oblastech závislých na dešti představuje velkou změnu.

Stromy, keře a byliny závislé na srážkách by nemusely mít dostatek vody k přežití. To by znamenalo změnu v krajinném pokryvu, která má přímý vliv na toky energie a hmoty. Například při poškození velkých ploch lesa se zmenšuje transpirace a tím i formace mraků, které by mohly poskytovat další srážky. Takové plochy navíc trpí erozí půdy a vyplavováním živin. Pro udržení rostlinných porostů je však zapotřebí dostatek vláhy, které by mohl být v budoucnu ještě větší nedostatek (Dale, 1997).

Díky rozdílnému meziročnímu úhrnu srážek by ale mohly být ohroženy i pastviny vlhčích oblastí, které by nemusely mít do budoucna takovou produktivitu, což by ovlivnilo především býložravý dobytek, a tím i lidstvo. Nadměrně mokré roky by sice mohly částečně zmírnit úpadek bylinných porostů, to však nezaručuje obnovení primární produkce bylin v dalších

letech, což je způsobeno nízkým výskytem víceletých druhů bylin a omezené akumulaci semen v půdě kvůli nízké dormanci semen.

Argaman et al. (2020) zkoumal porosty v severní části pouště Negev a potvrdil, že úbytkem srážek trpí více jednoleté rostliny než trvalky. Je to dáno tím, že trvalky umí využívat i vodu, kterou při velkých lijácích už není půda schopná vsáknout do sebe. Trvalky také dokážou využít živiny, organický materiál a úrodnou půdu, která se plaví se stékající vodou, díky čemuž se jim daří lépe.

Velké rozdíly také sledoval mezi rostlinami rostoucími na místech, odkud voda rychle po povrchu odtéká a mezi místy, kam voda přitéká a vsakuje se postupně do půdy. Jelikož se zvyšuje počet prudkých lijáků v průběhu roku, které mohou způsobit rychlé povodně, rostliny, které rostou na místech, kam se voda sbíhá, z toho budou profitovat. Naopak rostliny, které rostou na místech odkud voda odtéká, budou strádat a na takových místech časem úplně vymizí.

V letech 2001–2010 byl v Izraeli prováděn výzkum vlivu snížení srážek na jednoleté rostliny, které v Izraeli tvoří 70 – 90 % druhů. Výzkumníci založili stanice poblíž Jeruzaléma, tedy ve Středomořském klimatu, a poblíž Beerševy v severní části pouště Negev, tedy v semi-aridním klimatu. V těchto stanicích napodobili snížení srážkového úhrnu o 30 % a sledovali, co se bude dít s rostlinami. Po devíti letech vyhodnotili svůj výzkum a zjistili, že biomasa rostlin, jejich druhová diverzita a kompozice zůstaly víceméně stejné. V porovnání s kontrolním vzorkem rostlin s normálními srážkami se diverzita a počet rostlin téměř vůbec nezměnily. Závěrem tohoto výzkumu tedy bylo, že rostliny v Izraeli a sousedních státech by mohly být odolnější vůči klimatické změně, než si vědci mysleli. Díky tomu, že jsou rostliny v této oblasti vystaveny suchům již tisíce let, dokážou se asi přizpůsobit daleko lépe, než bylo očekáváno. Je ale těžké předpovídat důsledky klimatické změny, když nevíme, jak silně se bude projevovat. Dává to ale Izraeli určitou naději (Tobin, 2014).

Klimatická změna působí samozřejmě i na zemědělské plodiny závislé alespoň částečně na přírodním zavlažování. Díky menšímu úhrnu srážek a zvýšené teplotě vzduchu je pravděpodobné, že rostliny budou potřebovat více umělé závlahy, které by nemusel být dostatek.

Kvůli rostoucí teplotě vzduchu se navyšuje počet rostlinných škůdců. Díky tomu se používání pesticidů od roku 2000 navýšilo až na dvojnásobek v roce 2018 (tab. 3). Od roku 2019 však spotřeba dál neroste, protože byly vysloveny obavy hromadění zbytků pesticidů v půdě, což by mohlo způsobit další degradaci půdy a škodu při dalším pěstování.

Tab. 3: Roční spotřeba pesticidů v Izraeli (v tunách) v letech 2000-2021

	2000	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
Izrael	3 459	5 879	6 753	6 367	6 881	7 322	6 983	6 983	6 983

Zdroj dat: FAOSTAT (2023), vlastní zpracování

7.2.2 Efekt na vodní zdroje

Podle Bruinse et al. (2012) lze klimatickou změnu pozorovat také na podzemních pramenech. V letech 2008–2010 zkoumal 31 vodních pramenů v údolí Arava a zjišťoval jejich nynější stav. Výsledky ukázaly, že pouze 13 pramenů stále vyvěrá vodu na povrch, ostatních 18 pramenů vyschlo. I pod těmito vyschlými prameny však stále nějaká podzemní voda je, pouze se již není schopna dostat na povrch. Tuto skutečnost indikují hydrofytní (např. rákosí) a halofytní rostliny, které u vyschlých pramenů rostou a k vodě tedy musí mít přístup.

Příčiny vysychání pramenů jsou dvě: tou hlavním je čerpání podzemních vod k využití v průmyslu a k lidské spotřebě, které probíhalo ve velké míře od 30. let 20. století. Druhou příčinou jsou ale klimatické faktory. V údolí Arava se díky klimatické změně zvyšuje teplota vzduchu, snižují se úhrny srážek, zmenšuje se vlhkost a tím se zvyšuje aridita území. Podzemní prameny vody vysychají, což dokazuje i úbytek vegetace rostoucí na místech s přístupem k vodě (např. *Ochradenus baccatus* nebo *Acacia raddiana*) (Bruins et al., 2012). Klesání hladiny podzemních vod značí pro obyvatele údolí zvýšenou potřebu tvorby alternativních zdrojů vody, jejichž kapacity by v budoucnu mohly být nedostatečné.

Větší výpar a menší úhrn srážek má vliv také na horní tok řeky Jordán, hlavní zdroj vody v Izraeli, které se neustále snižuje proud vody. Do blízké budoucnosti se předpokládá, že při 11% poklesu ročního úhrnu srážek se roční objem vody transportované řekou sníží až o 16 %, což bude mít neblahé následky pro obyvatelstvo Izraele (Givati et al., 2019).

To přispěje k dalšímu snížení hladiny Galilejského jezera, díky čemuž se zvýší salinita jezera. Kromě většího výparu na jezero působí vysoká teplota vzduchu i v jiném ohledu. Díky zvýšené teplotě vody totiž mohou nastat v jezeře změny biogeochemických procesů. Zvýšení teploty snižuje obsah rozpuštěného kyslíku v epilimnionu. Díky tomu je produkováno více fosfátu, a naopak méně amonia. Z toho důvodu by se mohly změnit celé populace fytoplanktonu v jezeře. Produkce sinic by neuvěřitelně stoupla na úkor zelených řas a obrněnek. To by způsobilo celkovou redukci v primární produkci jezera. Vysoký počet sinic a malý obsah dusíku by pak způsobil výrazné zhoršení vody a celkového ekosystému jezera (Regev et al., 2024).

7.3 Důsledky klimatické změny na obyvatele Izraele

Klimatická změna však nemá dopady jen na přírodu, ale také na zdraví lidí. I přes snahu snížení produkce skleníkových plynů ve světě je klimatická změna již v procesu a nelze se jí vyhnout. Je tedy důležité plánovat, jak se alespoň trochu těmto změnám přizpůsobit, aby lidstvo mohlo dále fungovat a následky těchto změn nebyly tak výrazné. To se týká i možností výstavby domů a budov s prvky zeleně, využití obnovitelných zdrojů energie k pasivnímu chlazení a ohřívání budov a vytvoření otevřených prostorů a parků, které by zajistily dostatek místa pro rekreaci lidí a zároveň i částečný stín (Green et al., 2013).

Od 60. let minulého století se podnebí Izraele stalo znatelně teplejší a letní horké vlny nabyly na intenzitě i frekvenci. Izraelské ministerstvo zdravotnictví horké vlny definuje jako: *„Tři a více dnů po sobě jdoucích s převyšující teplotou vzduchu 32,2 °C a vlhkostí vyšší než 70 %.“*

Při přímém vystavení vysoké teplotě vzduchu se u populace vyskytují nemalé zdravotní problémy, které mohou vyústit ve smrt. Se sílícími horkými vlnami celosvětově přibývá počet úmrtí zapříčiněných neúprosnými vedry.

Kardiovaskulární nemoci jsou obvyklým projevem těla na neschopnost odolat horkému okolí. Často se vyskytuje přehřátí organismu, dehydratace, infarkt a další kardiovaskulární nemoci spolu s dýchacími problémy. Horké vlny také v mnohých případech přichází v oblastech s velkým znečištěním ovzduší, což může působit další komplikace jako zvýšený výskyt

astmatických záchvatů a jiných dýchacích onemocnění. Nejohroženější skupiny populace jsou senioři, děti, lidé chronicky nemocní a lidé žijící osaměle (Zhou et al., 2020; Green et al., 2013).

Rozhodující je ale také místo, kde se lidé nachází. Velká města mohou být až o 10 °C teplejší díky vysoké hustotě obyvatel a obrovskému množství ekonomických aktivit. Rozdíl ale dělá i přesná poloha místnosti, ve které člověk pobývá (podkroví/přízemí, nedostatečná izolace, ...) (Linares et al., 2020). K tomu, aby lidé žili v příjemných podmínkách, roste poptávka po klimatizacích. Většina klimatizací však spotřebovává elektřinu, která pochází ze zdrojů způsobujících znečištění ovzduší, což opět pohání klimatickou změnu.

Do budoucna se předpokládá, že se horké vlny a jiné extrémní jevy budou objevovat čím dál častěji, a je tedy důležité tyto situace pořádně sledovat, vyhodnocovat a navrhnout řešení, jak udržet co největší komfort lidí i v tak náročných podmínkách.

7.4 Vládní opatření boje proti klimatické změně

Vysoká teplota vzduchu a velká sucha značí větší hrozbu požárů křovin a lesů. V posledních 2 dekádách ale byl i přes zvyšující se sucho pozorován v Izraeli zmírňující se trend výskytu požárů. Vysvětlením jsou opatření, která byla sestavena na základě ponaučení z dřívějších velkých požárů. Lesní management začal využívat nové metody k zabránění vzniku požárů, např. prořezávání stromů, zvyšování různorodosti stromů, redukce počtu vysazovaných borovic, zlepšování příjezdových cest a zvětšení hasičského sboru a jeho vodních zásob (Turco et al., 2017).

V roce 2012 vznikl Národní dlouhodobý plán pro vodní hospodářství do roku 2050, který definuje izraelskou vizi a cíle národního vodního hospodářství spolu se zásadami využívání vody. Tento plán poskytuje dlouhodobou předpověď zacházení s vodními zdroji v zemi a pohled na předpokládané budoucí výzvy týkající se zmenšování vodních zásob.

Vláda se snaží o snížení spotřeby vody hned v několika oblastech: Zvýšení povědomí obyvatel o zabránění plýtvání vody v domácnostech, využívání odpadní vody pro zahradničení a zemědělství, propagace zařízení šetřících vodu, prevence znečištění vod a vyčištění kontaminovaných studen, opětovné použití šedé vody atd. (Ministry of Environmental Protection, 2018).

V roce 2018 vláda představila plán na vypořádání se suchem v letech 2018–2030. Uvedená opatření zahrnují navýšení produkce odsolené vody, snížení poptávky vody, podporu šetření vodou a prosazování ochrany Galilejského jezera (Ministry of Environmental Protection, 2023).

Izrael už dlouho trápí projevy klimatické změny v ekosystému Galilejského jezera. Do budoucna však mnohé studie předpokládají ještě silnější projevy důsledků této změny, což by mohlo mít nevratné negativní dopady na vodu. Díky těmto predikcím však může vláda plánovat opatření zmírňující tyto projevy. Na konci roku 2022 byl uveden do provozu nový projekt, doplňující vodu do jezera pomocí Národního rozvaděče vody, který do jezera vede odsolenou vodu z pobřeží Středozemního moře. Osud jezera tak nezávisí pouze na klimatických podmínkách a Izrael je zase o něco méně závislý na měnícím se klimatu. Voda prozatím nebude do jezera proudit pořád, ale pouze tehdy, pokud klesne hladina v jezeře pod kritickou mez. Tak bude zajištěna udržitelnost největšího sladkovodního zdroje v Izraeli. Navíc díky tomu mohl Izrael v roce 2021 zdvojnásobit objem vody poskytované Jordánsku, které také trpí nedostatkem vody, nemá však takové prostředky jako Izrael na boj proti tomuto problému (Staff a Surkes, 2022).

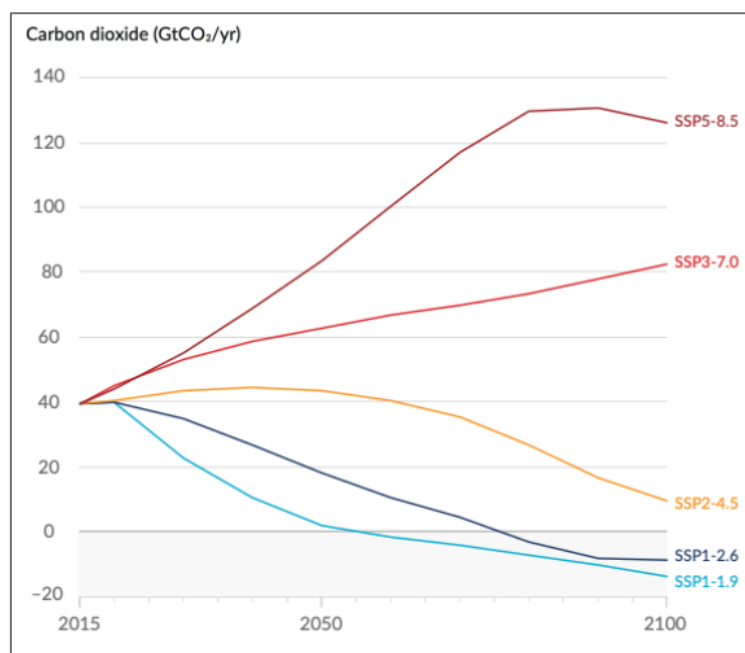
Vodohospodářský úřad také provedl škrty v kvótách využívání vody v zemědělství až do výše 41 %. To ale znamená možný nedostatek vody pro zavlažování plodin. Navíc byl v roce 2013 vytvořen Plán pro dodávání vody do přírody, kde jsou k nalezení i plány pro nápravu vybraných říčních ekosystémů (Ministry of Environmental Protection, 2023).

Výsledky těchto opatření jsou viditelné. Izrael má v rámci členských zemí OECD nejmenší spotřebu vody na osobu (138 m³/rok) a je také největším uživatelem recyklované odpadní vody mezi OECD členy (až 87 % recyklované odpadní vody je znovu použito v zemědělství). To je také důvodem, proč v letech 2000–2018 klesla spotřeba sladké vody k zavlažování z 64 % na pouhých 35 %, což poskytuje velkou příležitost k zachování sladkovodních přírodních zdrojů vody. Díky vyspělému inženýrství a velkým inovacím se může Izrael pyšnit nejefektivnějšími odsolovacími závody na světě, které jsou schopny vytvořit přes 80 % vody využívané v domácnostech (OECD, 2022).

8 PREDIKCE KLIMATICKÉ ZMĚNY V IZRAELI

8.1 Scénáře predikce klimatické změny

Rozměr klimatické změny bude do budoucna udávat primárně množství skleníkových plynů vypuštěných do atmosféry a míra citlivosti zemského klimatu na tyto emise. Čím více vyprodukovaných emisí, tím větší bude klimatická změna i její následky. Predikce budoucího vývoje klimatu jsou podle CMIP6 rozděleny do 5 různých scénářů, které jsou dány množstvím skleníkových plynů vypuštěných do ovzduší (obr. 27). Scénář SSP1-1.9 je nejlepší variantou budoucnosti, charakterizovaný úplnou redukcí produkce CO₂ do roku 2050. Projevy klimatické změny by tedy byly minimální. Naopak scénář SSP5-8.5 je nejméně příznivý pro naši planetu. V roce 2050 by emise CO₂ byly téměř dvojnásobně, než je tomu teď. Teplota vzduchu by mohla stoupnout až o 4,4 °C, což by znamenalo velkou změnu a nutnost obrovských adaptací na takové klima.



Obr. 27: Znázornění jednotlivých scénářů podle CMIP6 charakterizovaných produkcí CO₂ za rok
Převzato z: www.climateknowledgeportal.worldbank.org

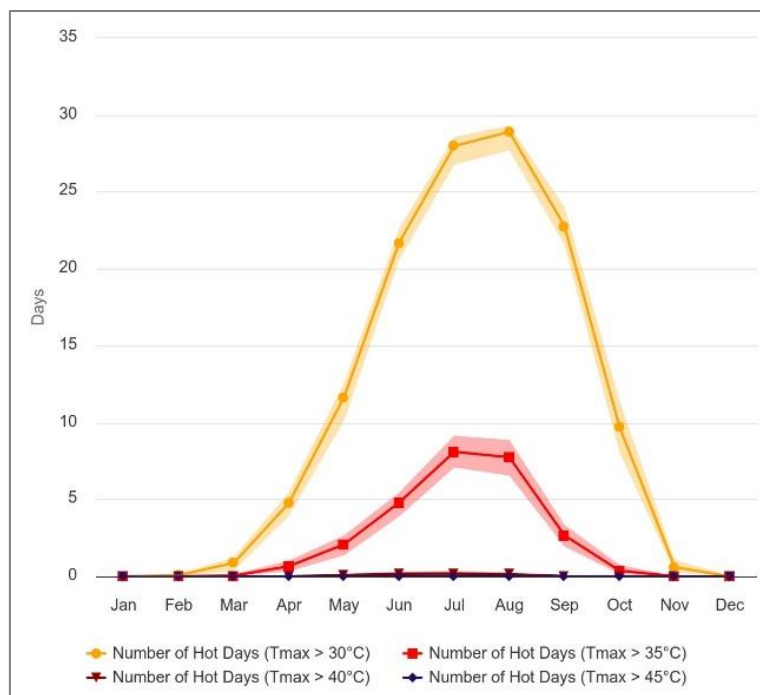
Svět se už několik desetiletí snaží redukovat množství produkovaných skleníkových plynů, proto by se teplota vzduchu nemusela do konce století zvednout o tolik. Zvýšení by mohlo být do 2 °C. Některé státy však na zdraví planety nehledí tak, jak by měly, a scénář SSP5-8.5 by se tak mohl stát skutečností (Climate change knowledge portal, 2024).

Izrael je hodně zranitelný a citlivý na důsledky klimatické změny především proto, že už tak má nedostatek vodních zdrojů, které se díky zvyšování teploty vzduchu a snižování úhrnů srážek ještě více zmenšují. Stát se tedy musí těmto změnám přizpůsobit a zajistit stále rostoucí populaci dostatek vody pro různé druhy využití. Díky reformám a investicím do infrastruktury se tak pomocí recyklace odpadních vod a odsolování slané vody daří redukovat nadměrné využívání sladké vody a zvýšit odolnost státu k měnícím se přírodním podmínkám. Nikdo však neví, jak dlouho budou tato opatření dostačující.

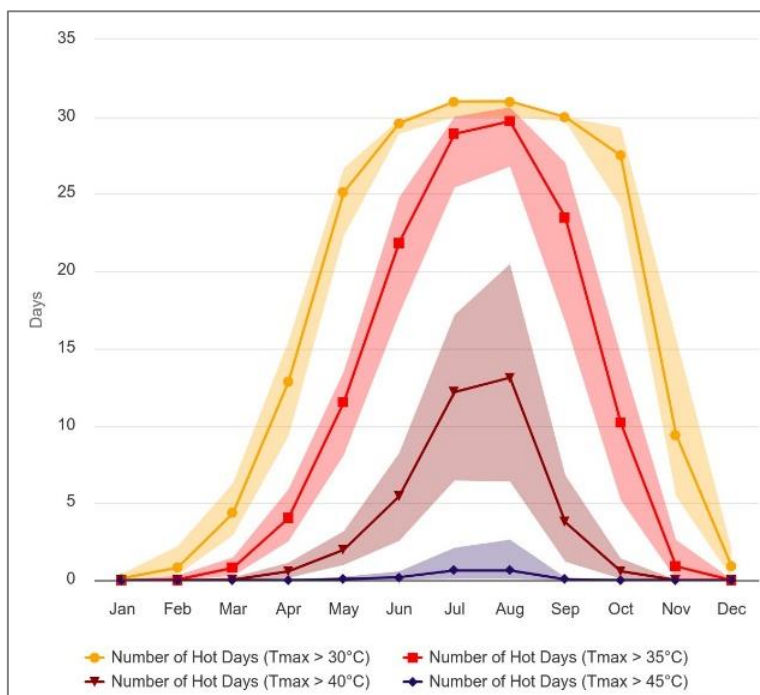
8.2 Možné budoucí následky klimatické změny

Izraelská meteorologická služba předpovídá, že do roku 2100 se průměrná zimní teplota vzduchu v Izraeli zvýší o 1,5– 3,0 °C a letní o 1,5 – 4,0 °C. Během roku bude docházet k častějšímu výskytu extrémních jevů jako jsou povodně, extrémní sucha a horké vlny. Dojde ke snížení celkového ročního úhrnu srážek, naopak přibude na počtu a síle nárazových lijáků. Díky tomu může být půda více ohrožena erozí (Ministry of Environmental Protection, 2018).

Podle nejhoršího scénáře predikce klimatické změny by se průměrná roční teplota vzduchu mohla zvýšit až o 4,4 °C do konce století a 60 % dnů by v Izraeli mohlo být označeno jako horké dny. Na obr. 29 lze vidět předpověď výskytu horkých dnů v Izraeli na konci století (2080–2099) podle scénáře SSP5-8.5 v Izraeli ve srovnání s obdobím nedávným (1995–2014) (obr. 28). Je jasné, že se počet horkých dnů bude zvyšovat, což ovlivní jak obyvatele, tak především přírodní ekosystémy. Hrozí, že horké dny v letních měsících budou neustále a v kombinaci s menším úhrnem srážek by to mohlo znamenat, že izraelská vegetace by se nemusela zvládnout přizpůsobit takovým změnám a primární produkce by se tak mohla znatelně snížit.



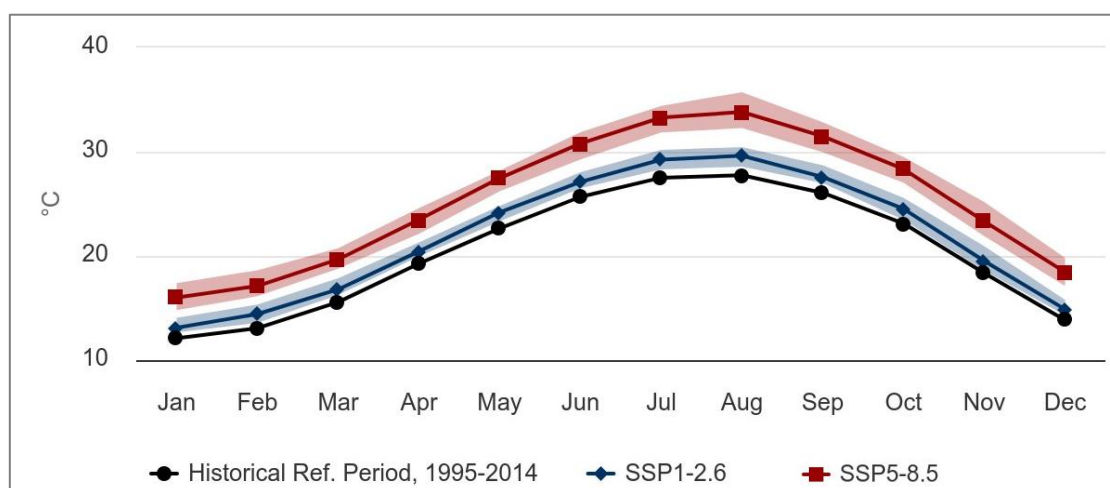
Obr. 28: Zaznamenaný průměrný výskyt horkých dnů v období 1995–2014 v Izraeli
Převzato z: www.climateknowledgeportal.worldbank.org



Obr. 29: Predikovaný průměrný výskyt horkých dnů v období 2080–2099 v Izraeli
Převzato z: www.climateknowledgeportal.worldbank.org

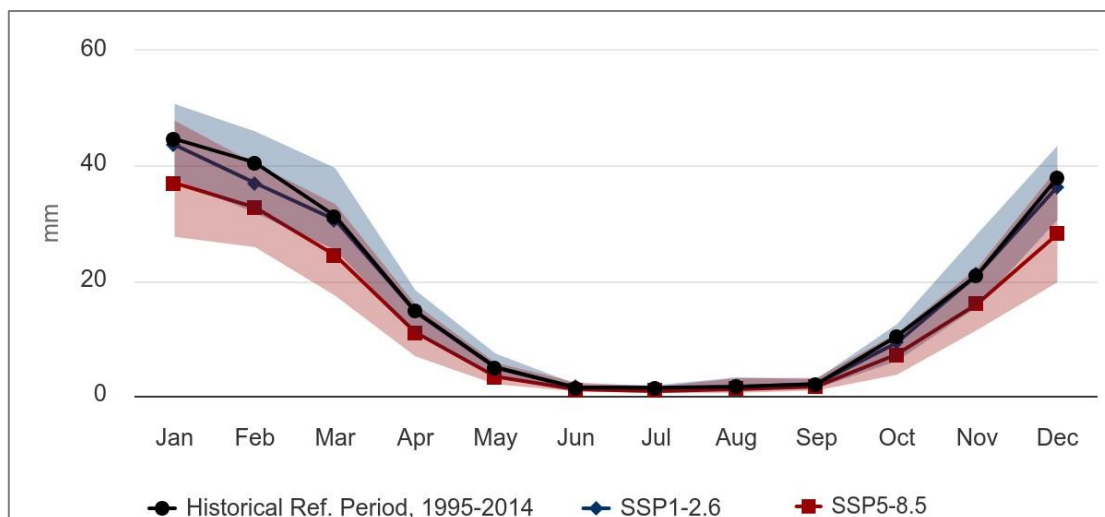
Naopak roční úhrn srážek by se mohl snížit až o 25 %. S tím by se mohly pojit rostoucí meziroční výkyvy mezi suchými a mokřými roky, které stabilnímu životu také neprospívají. V důsledku by mohlo nastat další snížení hladin podzemních vod, negativní dopady na vodní ekosystémy, snížení hladiny Galilejského jezera a zvýšení jeho salinity a rozšiřování pouště na jihu země. Celkové zásoby sladké vody v zemi by se mohly snížit až o 60 % vzhledem k dnešní situaci, především díky nedostatečnému přírodnímu doplňování, zvyšování výparu a také salinity vodních rezervoárů (OECD, 2022).

Podle Climate change knowledge portal (2024) jsou představeny 4 různé scénáře změny klimatu do konce století. Scénář SSP1-2.6 představuje nejmenší (nejlepší) predikovanou změnu, která by znamenala zvýšení průměrné roční teploty vzduchu o zhruba 1,8 °C. Naopak scénář SSP5-8.5 představuje nejdrastičtější změnu, která by se dala očekávat, a znamenalo by to zvýšení průměrné roční teploty vzduchu do konce století až o 4,4 °C. Nejvíce ohroženy jsou letní měsíce, kdy se očekává největší nárůst teploty vzduchu (až 6 °C) (obr. 30).



Obr. 30: Projektovaný vývoj průměrné měsíční teploty vzduchu pro období 2080–2099 (scénář SSP1-2.6 a SSP5-8.5) vyobrazený spolu s průměrem za období 1995–2014
Převzato z: www.climateknowledgeportal.worldbank.org

Na obr. 31 lze vidět, že při predikovaném nárůstu teploty vzduchu by se i úbytek měsíčních srážek opravdu v některých měsících mohl snížit téměř až o 30 % (při scénáři SSP5-8.5). Největší změny v ročním úhrnu srážek jsou předpokládány v zimních měsících (prosinec, leden, únor), kdy prší nejvíce. Zajímavý je na grafu měsíc únor, u kterého scénář SSP1-2.6 předpovídá výrazný úbytek srážek. Tím pádem je větší pravděpodobnost, že srážek v únoru v budoucnu opravdu ubude.



Obr. 31: Projektovaný vývoj průměrného měsíčního srážkového úhrnu pro období 2080–2099 (scénář SSP1-2.6 a SSP5-8.5) vyobrazený spolu s průměrem za období 1995–2014
Převzato z: www.climateknowledgeportal.worldbank.org

Klimatická změna má obrovské důsledky na zemědělství. Díky krátkým se zásobám vody v zemi se pro zavlažování musí používat více recyklované a odsolené vody. S tím sice Izrael zatím nemá problém, do budoucna by se však mohly projevit nedostatečné kapacity na produkci této vody. Změny mohou nastat také v jednotlivých sezónách pěstování. Díky extrémním jevům a nedostatku vody by mohl být narušen proces růstu rostlin, plody rostlin by nemusely být tak kvalitní a mohl by se zmenšit i jejich počet. Při extrémních jevech jsou také rostliny často poškozeny. Díky tomu by mohlo dojít také k nedostatku krmiva a pastvy pro dobytek, což má za následek menší produkci dobytka čili masa, mléka a dalších živočišných produktů. Změny mají důsledky také na půdu, která se díky nedostatku vody stává slanější a zvyšuje se riziko eroze půdy.

Při zvýšení teploty vzduchu o 1–2 °C by mohlo dojít ke snížení úhrnu srážek až o 10 %, což by mohlo zapříčinit až 40 % úbytek toků řek a snížení podzemních hladin. To ovlivní zemědělství i obyvatele země. Zimní období dešťů se pravděpodobně zkrátí. Na podzim i na jaře se budou se muset začít dříve zavlažovat plodiny. Prodlužující se období sucha v zimních měsících způsobí větší nutnost zavlažování i v zimě.

Problém se zvyšující se teplotou vzduchu izraelské zemědělství zatím nemá. Plodinám, které rostou v zimě a jsou exportovány do Evropy, teplejší klima neuškodí. Navíc by se mohly změnit také období vysazování a kvetení rostlin, což by mohlo dokonce prodloužit sezóny růstu jednotlivých plodin. Ovšem pouze za předpokladu dostatečných zdrojů závlahy (Shachar,

2011). S tím souhlasí i Fleischer et al. (2007), který ve svém výzkumu z roku 2007 predikuje, že během následujících 20 let mírné zvyšování teploty vzduchu izraelskému zemědělství prospěje, díky dřívějšímu a objemnějšímu exportu plodin do Evropy, a tím vyššímu zisku.

Problémem ale zůstává nedostatek vody v aridních oblastech, jejichž aridita se stále zvyšuje. Ten se musí vynahrazovat větším objemem vody na zavlažování. S tím se doposud Izrael zvládl vypořádat. S rostoucí populací by to ale do budoucna mohl být další problém, jelikož kapacity pro odsolování vody a recyklaci odpadních vod nejsou nekonečné. I přes to, že je izraelské zemědělství vyspělé a využívá mnoho moderních technologií, bude se v následujících letech potýkat s výzvami spojenými s klimatickou změnou, tak jako zbytek planety.

9 DISKUZE

Projevy klimatické změny a její důsledky v Izraeli i přímo v údolí Arava, je možné sledovat již několik desetiletí. Touto problematikou se zabývalo mnoho vědců, kteří potvrzují jak zvyšování teploty vzduchu, tak i úbytek úhrnu srážek.

Díky srovnání klimatických dat z dostupné literatury a staničních dat získaných z Izraelské meteorologické služby lze sledovat, jakých rozměrů klimatická změna v údolí doposud dosáhla.

Goldreich a Karni (2001) uvádí průměrnou roční teplotu vzduchu ve stanici Sodoma 25,4 °C a ve stanici Ejlat 24,5 °C. Podle novějších dat byl průměr za roky 1995–2009 vypočítán na 26,8 °C v Sodomě a 25,4 °C v Ejlatu. To značí, že klimatická změna v údolí Arava zvýšila teplotu vzduchu v některých stanicích až o 1 °C, což potvrzuje také Kafle a Bruins (2009).

Co se týká průměrného ročního úhrnu srážek, Goldreich a Karni (2001) uvádí průměrný roční úhrn srážek ve stanici Ejlat 32 mm v letech 1961–1990, kdežto vypočítaná hodnota ze staničních dat v letech 1991–2020 je 24 mm. To znamená 25% úbytek průměrného srážkového úhrnu. To potvrzují i další autoři jako Ziv et al. (2014) a Ginat et al. (2011). Díky změnám klimatu se tak stále zvyšuje aridita údolí, což neprospívá zdejšímu zemědělství.

Samotné zvyšování teploty vzduchu by nebyl až takový problém. Někteří autoři dokonce poukazují na fakt, že lehce vyšší teploty mohou prodloužit sezónu růstu některých plodin (Shachar, 2011; Fleischer et al. 2007). S vyšší teplotou se ale pojí i vyšší výpar, která spolu se zmenšujícím se úhrnem srážek způsobuje úbytek vodních zdrojů a pokles hladin podzemních vod. To ve velkém měřítku ovlivňuje jak obyvatelstvo, tak zemědělství, protože je třeba stále větších objemů alternativních zdrojů vody (odsolená a recyklovaná voda), jejichž kapacity také nejsou nekonečné.

Zemědělství v údolí tedy doposud důsledky klimatické změny zvládá řešit, jaká bude situace na konci století však nikdo neví. A jelikož lze podle odborných predikcí vývoje klimatické změny očekávat při nejhorším scénáři zvýšení průměrné roční teploty vzduchu až o 4,4 °C a snížení úhrnu srážek v zimních měsících až o 30 % do konce století, mohlo by to pro zemědělskou produkci v údolí znamenat, že by zavlažování plodin bylo natolik finančně náročné, že by se už nevyplatilo.

10 ZÁVĚR

Na základě důkladné rešerše literatury a vytvoření grafů z dostupných staničních dat bylo představeno aridní klima údolí Arava v Izraeli, které se v posledních desetiletích mění v důsledku klimatické změny, což má důsledky pro zdejší zemědělství.

Klimatická změna má z celého Izraele největší vliv právě na aridní oblast údolí Arava. Průměrný roční úhrn srážek se na jihu údolí za posledních 60 let snížil o 25 %. Průměrná roční teplota vzduchu se pak zvýšila na jihu údolí o 0,9 °C, na severu údolí v blízkosti Mrtvého moře pak o 1,4 °C.

Obyvatelé zemědělských komunit v údolí si dokázali poradit s nepříznivými podmínkami pro zemědělství a části aridní oblasti s nedostatkem orné půdy a vody, vysokou teplotou vzduchu a vysokým výparem přeměnili na úrodné plochy, které produkují ovoce a zeleninu a významně se podílí na exportu těchto plodin do Evropy především v zimních měsících. Většina plodin (především zelenina) se pěstuje ve velkých fóliovnících stíněných hustými sítěmi, které zajišťují ochranu před ptactvem, hmyzem a intenzivním slunečním zářením. Nejpěstovanější plodinou v údolí je paprika. Velkého růstu v poslední době ale dosahují plantáže palmy datlové, jejíž plody se vyváží do celého světa. Rostliny jsou zavlažovány pomocí systému kapkové závlahy, který zaručuje minimální vypařování a odtok vody.

Díky projevům klimatické změny se však podmínky zemědělské produkce stále ztěžují, a to především díky snižujícímu se úhrnu srážek, změně srážkového režimu a zvyšujícímu se výparu. V textu jsou popsány důsledky klimatické změny na přírodní systémy Izraele. Díky menšímu úhrnu srážek je ohrožena hlavně vegetace závislá na dešti a mohlo by se tak stát, že v aridních oblastech ubude až 40 % vegetace, pokud se srážkový úhrn zmenší o dalších 20 %.

Významné změny probíhají také v úbytku vodních zdrojů jak povrchových, tak podzemních vod. V údolí Arava se sice nenachází žádné vodní nádrže ani velké řeky, ze kterých by se voda vypařovala ve velkých objemech. Údolí ale čerpá podzemní vody, které jsou ovlivněny klesáním hladiny blízkého Mrtvého moře. Díky stále se snižujícím úhrnům srážek také nejsou podzemní zdroje doplňovány tak, jak by bylo potřeba a jejich hladina postupně klesá, což způsobuje větší potřebu využívání alternativních zdrojů vody.

Zemědělství v údolí zatím klimatická změna ovlivňuje jen částečně. Mírně zvýšená teplota vzduchu by rostlinám uškodit nemusela, a dokonce by mohla způsobit dřívější začátek hlavní sezóny pěstování, která by se tím prodloužila (za předpokladu dostatečných zdrojů vody pro závlahu). K zavlažování se používá z velké části recyklovaná voda, které je prozatím dostatek. Se zvyšující se teplotou vzduchu a snižujícím se úhrnem srážek však bude i k zavlažování potřeba stále více vody. Záleží tedy, jak silné projevy klimatické změny nastanou. Pokud by už nestačily kapacity recyklované vody a musela by se pro zavlažování používat ve velké míře i odsolená voda, mohlo by se stát, že už zemědělství nebude výdělečné, jelikož odsolená voda je stále poměrně drahá. Navíc je jasné, že ani kapacita těchto alternativních zdrojů není nekonečná a v budoucnu by nemusela stačit.

Prozatím je ale třeba sledovat a vyhodnocovat dosavadní průběh klimatické změny, což může jak vládě, tak samotným farmářům poskytnout cenné informace pro lepší přizpůsobení se měnícím se podmínkám a přípravě plánů do budoucna.

11 SUMMARY

The aim of this thesis is to describe the climate of the Arava valley in Israel and its changes due to climate change that has an impact on local agriculture.

Local climate is arid with minimum rainfall (23 – 50 mm/year), high air temperature (average annual air temperature higher than 23 °C) and high evaporation rate (more than 3 000 mm/year). Despite the harsh conditions, farmers are able to overcome the lack of arable land and scarcity of water. Arava valley now produces half of the fresh vegetables exported to Europe.

The description of growing conditions in Arava valley is included in one chapter. Intensive and innovative agriculture takes place in agricultural communities called moshav and kibbutz. Most of the vegetables grow in net houses, that provide protection from birds, insects and sun. Irrigation is installed in the form of drip systems that use recycled wastewater.

Changing climate conditions make agriculture even harder. Climate change in the Arava valley causes increasing air temperature, decreasing rainfall and increasing evaporation rate. The decrease in rainfall in the south of the valley reached 25 % in the last 60 years, and the air temperature increased by 1,4 °C in the north of the valley. It has significant impacts on the nature that are explained in another chapter.

The final chapter focuses on the prediction of climate change by the end of 21st century. It is obvious that the changes will continue. Humanity will affect how strong the influence will be. The worst scenario predicts an increase in average annual air temperature by 4,4 °C and decrease in average rainfall up to 30 % in winter months.

For now, it is important to monitor and evaluate the continuing changes so that Israel can better adapt and prepare suitable measurements. It is a question for the future, whether the agriculture in Arava valley will be still sustainable at the end of this century, because the increasing need of water for irrigation can be too hard to provide for one day.

12 SEZNAM CITOVANÉ LITERATURY

Ackermann, O., Zhevelev, H. M., Svoray, T. (2019): Agricultural systems and terrace pattern distribution and preservation along climatic gradient: From sub-humid mediterranean to arid conditions. *Quaternary International* 502, 319-326.

<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.09.032>

Achilea, O. (2011): Hi-Tech agriculture in Israel. *New AG International* 11, 62-66.

Aloni, Z., Lipchin, C., Willner, S. E. (2015): Salt storms, sinkholes and major economic losses: Can the deteriorating Dead Sea be saved from the looming eco crisis? *Negev, Dead Sea and Arava Studies* 7 (2), 1–11.

Arava institute [online, cit. 2024-03-11]. Dostupné z: <https://arava.org/>

Argaman, E., Barth, R., Moshe, Y., Ben-Hur, M. (2020): Long-term effects of climatic and hydrological variation on natural vegetation production and characteristics in a semiarid watershed: The northern Negev, Israel. *Science of the Total Environment* 747, 141-146.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv>

Askhenazi, E., Avni, Y., Chen, Y. (2020): The vitality of fruit trees in ancient Bedouin orchards in the Arid Negev Highlands (Israel): Implications of climatic change and environmental stability. *Quaternary International* 545, 73–86. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.09.039>

Assouline, S., Russo, D., Silber, A., Or, D. (2015): Balancing water scarcity and quality for sustainable irrigated agriculture. *Water Resources Research* 51 (5), 3419-3436.

<https://doi.org/10.1002/2015WR017071>

Ben-David, J. (1964): The kibbutz and the moshav. *Agricultural planning and village community in Israel*, 45-57.

Ben-Gai, T., Manes, A., Alpert, P., Rubin, S. (1999): Temporal and Spatial Trends of Temperature Patterns in Israel. *Theoretical and Applied Climatology* 64(3), 163-177.

<https://doi.org/10.1007/s007040050120>

Ben-Gal, A., Yermiyahu, U., Cohen, S. (2009): Fertilization and Blending Alternatives for Irrigation with Desalinated Water. *Journal of Environmental Quality* 38(2), 529-36.

<https://doi.org/10.2134/jeq2008.0199>

Black E. (2009): The impact of climate change on daily precipitation statistics in Jordan and Israel. *Atmospheric Scientific Letters* 10,192–200. <https://doi.org/10.1002/asl.233>

Bruins, H. J., Sherzer, Z., Ginat, H., Batarseh, S. (2012): Degradation of springs in the Arava Valley: Anthropogenic and climatic factors. *Land degradation and development* 23, 365-383.

<https://doi.org/10.1002/ldr.2149>

Bruins, H. J. (2012): Ancient desert agriculture in the Negev and climate-zone boundary changes during average, wet and drought years. *Journal of Arid Environment* 86, 28-42. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.01.015>

Israel. Climate change knowledge portal [online, cit. 2024-03-21]. Dostupné z: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/israel/climate-data-historical>

Closson, D., Pasquali, P., Riccardi, P., Milisavljevic, N., Karaki, N., A. (2013): The water deficit in the Middle East and the disappearance of the Dead Sea. *Desertification and land degradation processes and mitigation*, 16-24.

Community building. Jewish National Fund [online, cit. 2024-03-04]. Dostupné z: <https://www.jnf.org/our-work/community-building>

Dale, V., H. (1997): The relationship between land-use change and climate change. *Ecological Applications* 7(3), 753–769.

Elath, E., Stone, R. A., Ochsenwald, W. L., Sicherman, H. (2024): Israel. In: *Encyclopedia Britannica* [online, cit. 2024-02-06] Dostupné z: <https://www.britannica.com/place/Israel>

European Investment Bank (2017): Red Sea Dead Sea Water Conveyance Study, 264s. <https://www.eib.org/attachments/registers/82425040.pdf>

Filin, S., Avni, Y., Baruch, A., Morik, S., Arav, R., Marco, S. (2014): Characterization of land degradation along the receding Dead Sea coastal zone using airborne laser scanning. *Geomorphology* 206, 403-420.

Fleischer, A., Lichtman, I., Mendelsohn, R. (2007): Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: Will warming be harmful? *Ecological economics* 65, 508 – 515. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.07.014>

Galor, Z. (2014): The cooperative components of the Classic Moshav. *Journal of Co-operative Organization and Management* 2, 83–91. [https://doi.org/10.1016/0147-5967\(84\)90021-0](https://doi.org/10.1016/0147-5967(84)90021-0)

Ginat, H., Yanai, S., Batarseh, s., Vogel, J. (2011): Reduction in precipitation levels in the Arava Valley (Southern Israel and Jordan), 1949-2009. *Journal of Dead-Sea and Arava Research* 3, 1-7.

Givati, A., Thirrel, G., Rosenfeld, D., Paz, D. (2019): Climate change impacts on streamflow at the upper Jordan River based on an ensemble of regional climate models. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 21, 92–10. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2018.12.004>

Goldreich, Y. (2003): *The Climate of Israel: Observation, Research and Application*. Springer. 270 s. ISBN 9780306474453.

Goldreich, Y., Karni, O (2001): Climate and Precipitation Regime in the Arava Valley, Israel. *Israel Journal of Earth Sciences* 50, 53-59.

Goldreich, Y., Mozes, H., Rosenfeld, D. (2004): Radar Analysis of Cloud Systems and Their Rainfall Yield in Israel. *Israel Journal of Earth Sciences* 53(2), 63-76.

<https://doi.org/10.1560/G68K-30MN-D5V0-KUHU>

Golan, P. (2023): How did the Arava become the 'Silicon Valley' of Israeli agriculture? The Jerusalem post [online, cit. 2024-03-06] Dostupné z: <https://www.jpost.com/business-and-innovation/energy-and-infrastructure/article-733810>

Golodets, C., Sternberg, M., Kigel, J., Boeken, B., Henkin, Z., Seligman, N.G., Ungar, E. D. (2013): From desert to Mediterranean rangelands: will increasing drought and interannual rainfall variability affect herbaceous annual primary productivity? *Clim. Chang.* 119, 785–798.

Green, M. S., Prior, N. G., Capeluto, G., Epstein, Y., Paz, S. (2013): Climate change and health in Israel: adaptation policies for extreme weather events. *Israel Journal of Health Policy Research* 2(23). 11 s. <http://www.ijhpr.org/content/2/1/23>

Hassan, M. A., Klein, M. (2002): Fluvial adjustment of the Lower Jordan River to a drop in the Dead Sea level. *Geomorphology* 45, 21-23.

[https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(01\)00187-8](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00187-8)

Israel's Ministry of Finance (2021): Background - Seawater Desalination in Israel [online, cit. 2024-03-08] Dostupné z: <https://www.gov.il/en/departments/general/project-water-desalination-background>

Kafle, H., K., Bruins, H., J. (2009): Climatic trends in Israel 1970–2002: warmer and increasing aridity inland. *Climatic Change* 96, 63–77. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9578-2>

Lew, B., Tarnapolski, O., Afigin, Y., Portal, Y., Ignat, T., Yudachev, V., Bisk, A. (2020): Explanatory ranking analysis of brackish groundwater desalination for sustainable agricultural production: A case study of Arava Valley in Israel. *Journal of arid environments* 174. 9 s. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.104078>

Linares, C., Díaz, J., Negev, M., Sánchez Martínez, G., Debono, R., Paz, S. (2020): Impacts of climate change on the public health of the Mediterranean Basin population - Current situation, projections, preparedness and adaptation. *Environmental Research* 182. 14 s. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.109107>

Markel, D., Alster, J., Beyth, M. (2013): The Red Sea–Dead Sea Conveyance Feasibility Study, 2008–2012. In: *Water Policy in Israel: Context, Issues and Options*, Chapter 12, 181-191.

<https://doi.org/10.1007/978-94-007-5911-4>

Maps Israel [online, cit. 2024-04-11]. Dostupné z: <https://maps-israel.com/>

Mazor, E., Gilad, D., Fridman, V. (1995): Stagnant aquifer concept Part 2. Small scale artesian systems - Hazeva, Dead Sea Rift Valley, Israel. *Journal of Hydrology* 173, 241-261.

Ministry of Environmental Protection (2018): Israel's third national communication on climate change. 114 s.

Ministry of Environmental Protection (2023): Israel's Second Biennial Update Report. 86 s.

OECD (2022): Israel's sustainable water management plans. International Programme for Action on Climate. 3 s.

Parparov, A., Gal, G. (2012): Assessment and implementation of a methodological framework for sustainable management: Lake Kinneret as a case study. *Journal of Environmental Management* 101, 111-117. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.01.030>

Pines, D. (1948): Collective Settlements in Palestine. *The Journal of Educational Sociology* 22 (3), 171-182. <https://doi.org/10.2307/2263515>

Potcher, O., Goldman, D., Kadish, D., Iluz, D. (2008): The oasis effect in an extremely hot and arid climate: The case of southern Israel. *Journal of Arid Environments* 72(9), 1721-1733. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.03.004>

Potcher, O., Goldman, D., Kadish, D., Iluz, D. (2012): The climatic effect of manmade oasis during winter season in a hyper arid zone: The case of southern Israel. *Journal of Arid Environments* 87, 231-242.

Regev, S., Carmel, Y., Schlabing, D., Gal, G. (2024): Climate change impact on sub-tropical lakes – Lake Kinneret as a case study. *Science of The Total Environment* 921. 14 s. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171163>

Saaroni, H., Halfon, N., Ziv, B., Alpert, P., Kutiel, H. (2010): Links between the rainfall regime in Israel and location and intensity of Cyprus lows. *International journal of climatology* 30, 1014-1025. <https://doi.org/10.1002/joc.1912>

Shachar, G. (2011): Climate Change in Israel. *Global Agricultural Information Network*. 22 s.

Shirav-Schwartz, M., Calvo, R., Bein, A., Burg, A., Nof, R., Baer, G. (2006): Red Sea - Dead Sea Conduit Geo-Environmental Study Along the Arava Valley. State of Israel. 44 s.

Staff, T., Surkes, S. (2022): Pioneering plan inaugurated to top up Sea of Galilee with desalinated water. In: *The Times of Israel* [online, cit. 2024-03-12] Dostupné z: <https://www.timesofisrael.com/pioneering-plan-inaugurated-to-top-up-sea-of-galilee-with-desalinated-water/>

Stavi, I., Ragolsky, G., Shem-Tov, R., Shlomi, Y., Ackermann, O., Rueff, H., Lekach, J. (2018): Ancient through mid-twentieth century runoff harvesting agriculture in the hyper-arid Arava Valley of Israel. *Catena* 162, 80-87.

Tal, A. (2016): Rethinking the sustainability of Israel's irrigation practices in the Drylands. *Water Research* 90, 387-394.

- Tobin, A. (2014): Israeli ecosystems appear too tough for climate change. Times of Israel. <https://www.timesofisrael.com/israeli-ecosystems-appear-too-tough-for-climate-change/>
- Turco, M., Levin, N., Tessler, N., Saaroni, H. (2017): Recent changes and relations among drought, vegetation and wildfires in the Eastern Mediterranean: The case of Israel. *Global and Planetary Change* 151, 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.09.002>
- Universum: všeobecná encyklopedie. Vyd. 1. Praha: Odeon, 2000. ISBN 80-207-1060-4.
- Weinberger, G., Rosenthal, E., Ben-Zvi, A., Zeitoun, D.G. (1994): The Yarkon-Taninim groundwater basin, Israel hydrogeology: case study and critical review. *Journal of Hydrology* 161, 227-255. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(94\)90130-9](https://doi.org/10.1016/0022-1694(94)90130-9)
- Weinberger, G., Livshitz, Y., Givati, A., Zilberbrand, M., Tal, A., Weiss, M., Zurieli, A. (2012): The Natural Water Resources Between the Mediterranean Sea and the Jordan River. *Hydro Report* 11(1). ISSN-0334-3367
- Yosef, R., Markovets, M., Mitchell, L., Tryjanowski, P. (2006): Body condition as a determinant for stopover in bee-eaters (*Merops apiaster*) on spring migration in the Arava Valley, southern Israel. *Journal of Arid Environments* 64, 401–411. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.06.012>
- Zhou, B., Erell, E., Hough, I., Rosenblatt, J., Just, A. C., Novack, V., Kloog, I. (2020): Estimating near-surface air temperature across Israel using a machine learning based hybrid approach. *International Journal of Climatology* 40. 16 s. <https://doi.org/10.1002/joc.6570>
- Ziv, B., Saaroni, H., Pargament, R., Harpaz, T., Alpert, P. (2014): Trends in rainfall regime over Israel, 1975–2010, and their relationship to large-scale variability. *Regional Environmental Change* 14 (5). 14 s. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0414-x>

PŘÍLOHY

Seznam příloh

- Příloha A** Fotodokumentace z údolí Arava
- Příloha B** Klimadiagramy vybraných stanic v Izraeli
- Příloha C** Tabulky klimatických prvků

Příloha A



Obr. A.1: Vyvýšený terén v údolí Arava
Autor: Martin Jurek (pořízeno 27. 10. 2022)



Obr. A.2: Rovina údolí Arava s výhledem na jeho západní okraj (Negevské hory)
(poblíž stanice Chaceva)
Autor: Martin Jurek (pořízeno 28. 10. 2022)

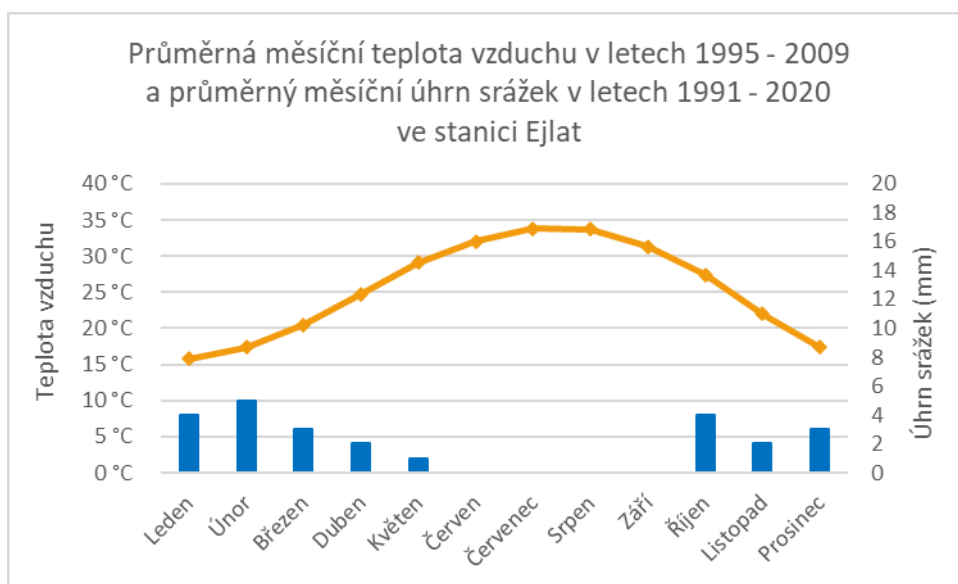


Obr. A.3: Plantáž palmy datlové v údolí Arava (mošav Chaceva)
Autor: Martin Jurek (pořízeno 27. 10. 2022)

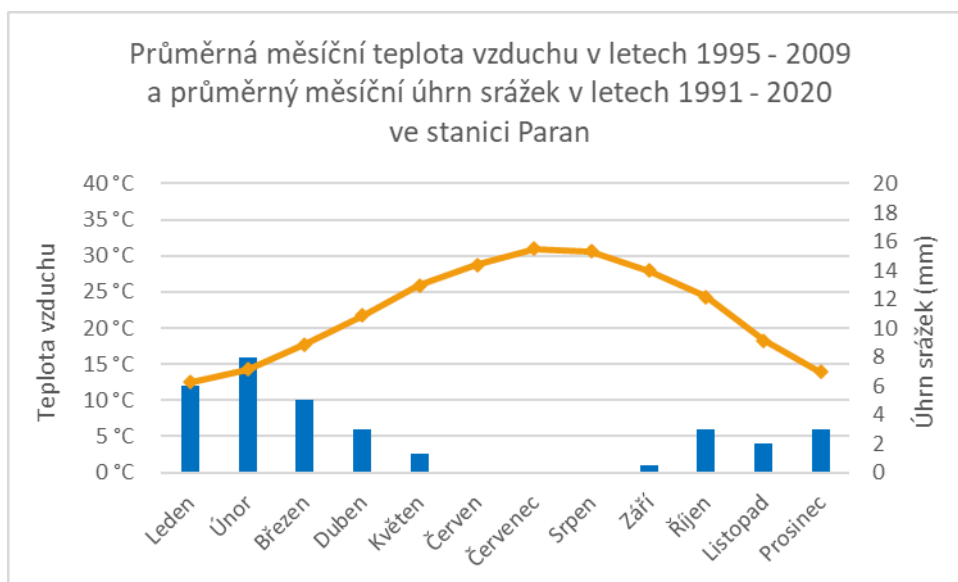


Obr. A.4: Monitorovaná oáza s palmami
Autor: Martin Jurek (pořízeno 27. 10. 2022)

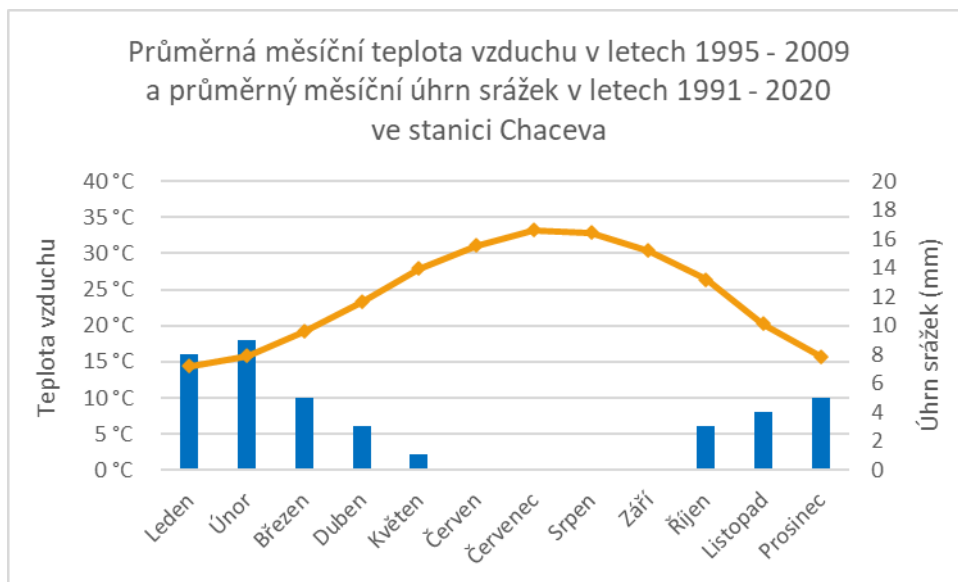
Příloha B



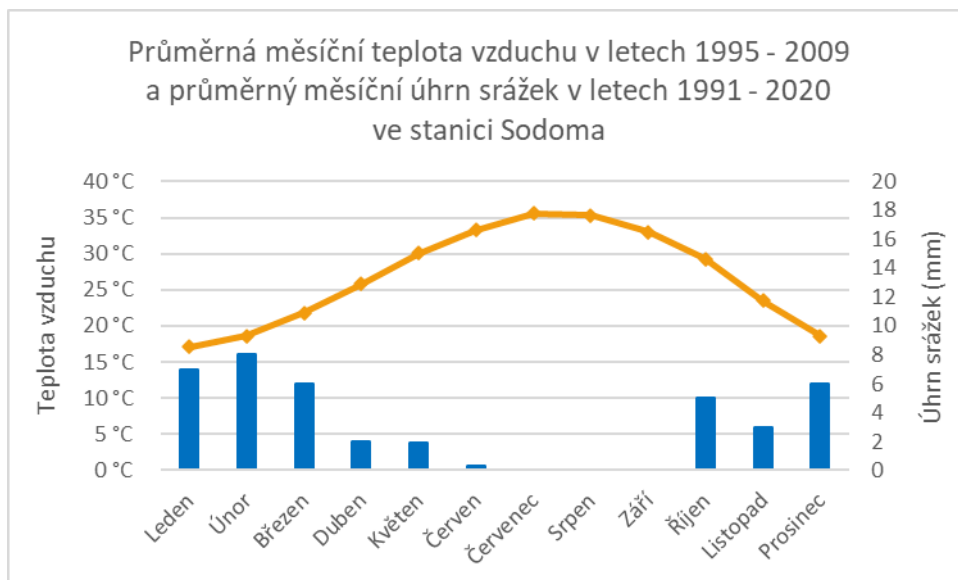
Obr B.1: Průměrná měsíční teplota vzduchu v letech 1995–2009 a průměrný měsíční úhrn srážek v letech 1991–2020 ve stanici Ejlat, vlastní zpracování ¹
Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024)



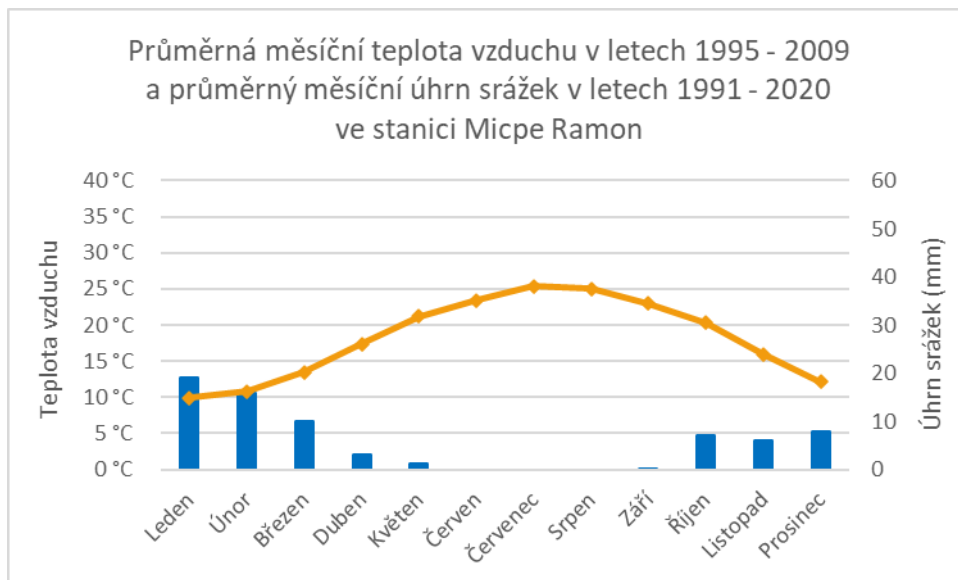
Obr. B.2: Průměrná měsíční teplota vzduchu v letech 1995–2009 a průměrný měsíční úhrn srážek v letech 1991–2020 ve stanici Paran, vlastní zpracování ¹
Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024)



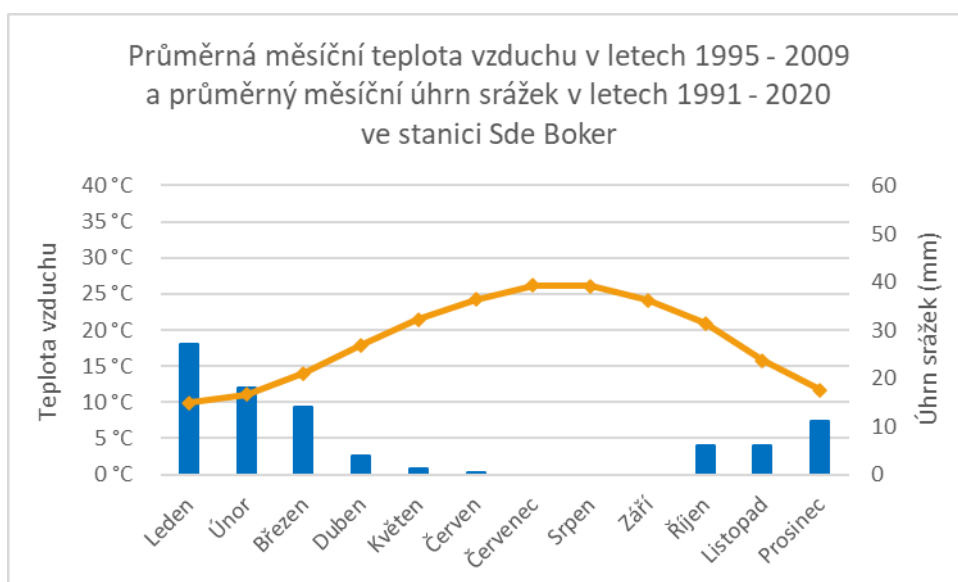
Obr B.3: Průměrná měsíční teplota vzduchu v letech 1995–2009 a průměrný měsíční úhrn srážek v letech 1991–2020 ve stanici Chaceva, vlastní zpracování ¹
 Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024)



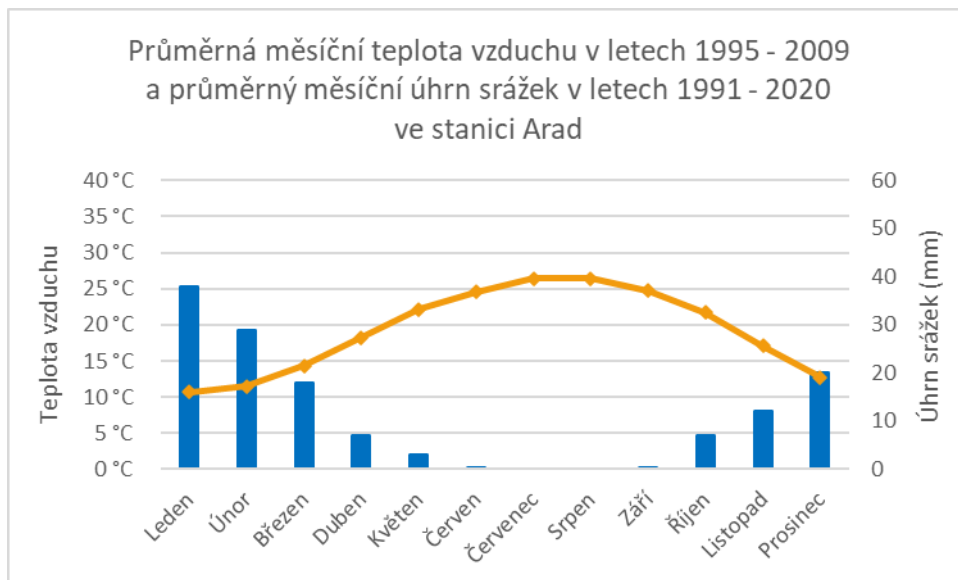
Obr B.4: Průměrná měsíční teplota vzduchu v letech 1995–2009 a průměrný měsíční úhrn srážek v letech 1991–2020 ve stanici Sodoma, vlastní zpracování ¹
 Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024)



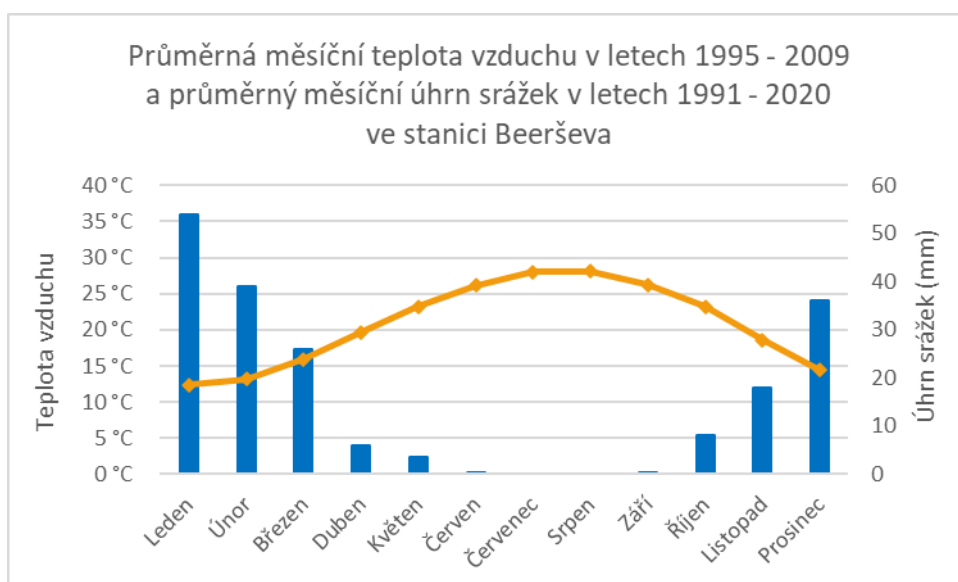
Obr B.5: Průměrná měsíční teplota vzduchu v letech 1995–2009 a průměrný měsíční úhrn srážek v letech 1991–2020 ve stanici Micpe Ramon, vlastní zpracování ¹
Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024)



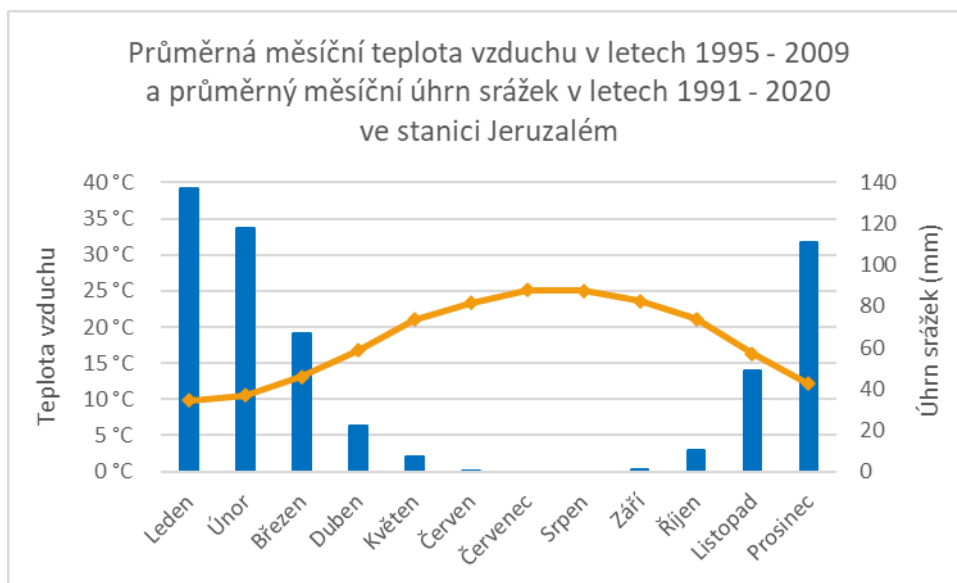
Obr B.6: Průměrná měsíční teplota vzduchu v letech 1995–2009 a průměrný měsíční úhrn srážek v letech 1991–2020 ve stanici Sde Boker, vlastní zpracování ¹
Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024)



Obr B.7: Průměrná měsíční teplota vzduchu v letech 1995–2009 a průměrný měsíční úhrn srážek v letech 1991–2020 ve stanici Arad, vlastní zpracování ¹
Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024)



Obr B.8: Průměrná měsíční teplota vzduchu v letech 1995–2009 a průměrný měsíční úhrn srážek v letech 1991–2020 ve stanici Beerševa, vlastní zpracování ¹
Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024)



Obr B.9: Průměrná měsíční teplota vzduchu v letech 1995–2009 a průměrný měsíční úhrn srážek v letech 1991–2020 ve stanici Jeruzalém, vlastní zpracování ¹
Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024)

¹ Při studování grafů musí být věnována pozornost ose úhrnu srážek, jelikož stanice v údolí Arava mají maximální hodnotu stupnice 20 mm/měsíc, stanice poblíž údolí 60 mm/měsíc a Jeruzalém 140 mm/měsíc.

Příloha C

Tab. C.1: Průměrný měsíční úhrn srážek ve vybraných stanicích v Izraeli za období 1991–2020 (mm)

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Ročně
Ejlat	4,0	5,0	3,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	2,0	3,0	24,0
Jotvata	5,0	6,0	4,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,4	4,0	2,0	3,0	27,4
Neot Smadar	5,0	8,0	5,0	2,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,9	3,0	1,0	4,0	30,2
Paran	6,0	8,0	5,0	3,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,5	3,0	2,0	3,0	31,8
Chaceva	8,0	9,0	5,0	3,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,1	3,0	4,0	5,0	38,2
Sodoma	7,0	8,0	6,0	2,0	1,9	0,3	0,0	0,0	0,0	5,0	3,0	6,0	39,2
Micpe Ramon	19,0	16,0	10,0	3,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,1	7,0	6,0	8,0	70,4
Sde Boker	27,0	18,0	14,0	4,0	1,3	0,4	0,0	0,0	0,0	6,0	6,0	11,0	87,7
Arad	38,0	29,0	18,0	7,0	3,0	0,2	0,0	0,0	0,1	7,0	12,0	20,0	134,3
Beerševa	54,0	39,0	26,0	6,0	3,6	0,1	0,0	0,0	0,2	8,0	18,0	36,0	190,9
Jeruzalém	137,0	118,0	67,0	22,0	7,1	0,3	0,0	0,0	0,7	10,0	49,0	111,0	522,1
Elon	217	148	85	39	13,5	3,4	0,0	0,0	5,5	34	91	169	805,4

Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024)

Tab. C.2: Průměrná měsíční teplota vzduchu ve vybraných stanicích v Izraeli za období 1995–2009 (°C)

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Ročně
Ejlat	15,8	17,4	20,5	24,7	29,1	32,0	33,8	33,7	31,3	27,4	22,0	17,4	25,4
Paran	12,5	14,3	17,7	21,7	25,9	28,8	31,0	30,6	28,0	24,3	18,3	13,9	22,3
Chaceva	14,4	15,8	19,2	23,3	27,9	31,1	33,2	32,9	30,4	26,4	20,3	15,7	24,2
Sodoma	17,1	18,6	21,8	25,8	30,1	33,3	35,6	35,3	33,0	29,3	23,5	18,6	26,8
Micpe Ramon	9,9	10,8	13,5	17,4	21,2	23,4	25,4	25,0	23,0	20,3	16,0	12,1	18,2
Sde Boker	9,9	11,1	14,0	17,9	21,5	24,2	26,2	26,1	24,1	20,9	15,8	11,7	18,6
Arad	10,7	11,5	14,3	18,2	22,1	24,5	26,4	26,4	24,7	21,7	17,1	12,7	19,2
Beerševa	12,4	13,2	15,9	19,7	23,2	26,1	28,0	28,1	26,2	23,2	18,6	14,4	20,8
Jeruzalém	9,8	10,5	13,1	16,8	21,0	23,3	25,1	25,0	23,6	21,1	16,3	12,1	18,1
Tel Aviv	13,9	14,4	16,4	19,2	21,8	24,8	27,0	27,8	26,5	23,7	19,6	15,9	20,9

Zdroj dat: Israel Meteorological Service (2024)

Tab. C.3: Minimální, maximální a průměrná měsíční teplota vzduchu (°C), průměrný měsíční srážkový úhrn (mm) za období 1901–1930 v Izraeli

	Průměrná minimální teplota vzduchu	Průměrná teplota vzduchu	Průměrná maximální teplota vzduchu	Průměrný srážkový úhrn
Leden	6,53	11,48	16,48	79,77
Únor	6,83	12,17	17,56	62,03
Březen	8,50	14,27	20,09	33,01
Duben	10,82	17,40	24,03	19,44
Květen	13,75	20,57	27,42	3,49
Červen	16,25	22,89	29,57	0,10
Červenec	18,56	24,86	31,20	0,05
Srpen	18,97	25,20	31,48	0,05
Září	17,28	23,56	29,88	0,29
Říjen	15,07	21,22	27,43	8,55
Listopad	11,60	17,41	23,27	35,58
Prosinec	8,15	13,26	18,40	72,03

Zdroj dat: www.climateknowledgeportal.worldbank.org

Tab. C.4: Minimální, maximální a průměrná měsíční teplota vzduchu (°C), průměrný měsíční srážkový úhrn (mm) za období 1991–2020 v Izraeli

	Průměrná minimální teplota vzduchu	Průměrná teplota vzduchu	Průměrná maximální teplota vzduchu	Průměrný srážkový úhrn
Leden	7,68	12,50	17,37	70,69
Únor	7,94	13,24	18,59	53,37
Březen	10,00	15,65	21,35	28,26
Duben	12,35	18,87	25,43	10,58
Květen	15,34	21,98	28,67	2,77
Červen	17,92	24,50	31,13	0,05
Červenec	20,39	26,51	32,68	0,05
Srpen	20,69	26,79	32,93	0,01
Září	19,09	25,08	31,12	0,22
Říjen	16,39	22,40	28,46	10,49
Listopad	12,09	17,85	23,65	31,95
Prosinec	8,99	14,13	19,31	57,07

Zdroj dat: www.climateknowledgeportal.worldbank.org