



**Република Северна Македонија**

**Министерство за земјоделство,  
шумарство и водостопанство**

**Управа за хидрометеоролошки работи**

**ИДЕНТИФИКАЦИЈА И АНАЛИЗА НА  
ЕКСТРЕМНИ КЛИМАТСКИ НАСТАНИ  
ВО РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА**

**- ДРАФТ ВЕРЗИЈА -**

**СЕПТЕМВРИ, 2025**

Екстремните климатски настани стануваат сè почести, поинтензивни и пораспространети поради климатските промени предизвикани од човекот. Тие се необични и опасни временски феномени кои значително отстапуваат од историските податоци, тие се статистички ретки, честопати разорни и сè повеќе “обликувани” од човековото влијание. Наједноставно објаснување за тоа како климатските промени влијаат врз појавата на овие екстремни климатски настани е преку стакленичките гасови кои ја заробуваат топлината во атмосферата и ја затоплуваат планетата. Бидејќи потоплиот воздух задржува повеќе влага, доведува до интензивирање на врнежите од дожд и бурите. Од друга страна, затоплувањето на океаните поттикнува посилни урагани и ги нарушува глобалните временски модели. Секако човечките активности како согорувањето на фосилни горива и уништувањето на шумите дополнително придонесуваат за забрзување на климатските промени. И овој циклус динамичен и во постојано движење.

Екстреман климатски настан на одредена локација, е оној што е редок, во рамките на неговата статистичка референтна дистрибуција. Она што е „екстремно“ во еден регион може да биде нормално во друг. Идентификацијата и анализата на екстремните климатски настани во Република Северна Македонија се направени согласно начинот и методологијата објаснети во документот изработен за потребите на Четвртиот национален план за климатски промени. Анализата за екстремните климатски настани е продолжена до 2022 година.

27-те индекси на климатски екстреми дефинирани од Експертскиот тим за откривање и индекси на климатски промени (ETCCDI), соработка помеѓу Светската метеоролошка организација (WMO), Светската програма за истражување на климата (WCRP) и други се стандардизиран сет на метрики што се користат за откривање и следење на промените во екстремните временски и климатски настани на глобално ниво. Овие индекси базирани на температурата на воздухот и врнежите ни помагаат да разбереме како климатските екстреми се менуваат со текот на времето, регионално и глобално. Особено се значајни бидејќи овозможуваат униформна споредба, просторна и временска.

Индексите нудат конзистентни дефиниции за екстреми, со следење на промените во фреквенцијата, интензитетот и времетраењето на настаните можат да се детектираат долгорочни климатски трендови, како за одреден регион, така и за цела држава. Набљудуваните индекси се користат за тестирање и подобрување на климатските модели, кои предвидуваат идни сценарија. Особено се важни за планирање и адаптација. Носејќи правилни одлуки и стратегии за адаптација, со правилна проценка за ризикот, преку системите за рано предупредување се зголемува и отпорноста од катастрофи на целото општество, но и нивната прилагодливост кон овие промени. Овие 27 индекси на климатски екстреми се како дијагностички алатки за здравјето на климата на планетата. Сега кога климатските промени се непобитен факт, можеме да потврдиме дека имаат значајно влијание на фреквенцијата и дистрибуцијата на климатските индекси. Нивните промени ни откриваат како нашата клима се менува преку директните влијанија врз екосистемите, економиите и животите на луѓето.

За потребите на Првиот двогодишен извештај за транспарентност анализирани се индекси преку измерени дневни вредности на метеоролошките елементи во период од 1951 до 2022 година, согласно упатствата и препораките на Светската Метеоролошка Организација, Упатството за дефинирање и следење на екстремните временски и климатски настани и методологијата од Упатството за анализа на екстремите на климатските промени како поддршка во одлуките за адаптација.

## ИНДЕКСИ НА ТЕМПЕРАТУРА НА ВОЗДУХ

Појавата на екстремни температури има значајни влијанија врз животната средина, здравјето, економијата и секојдневниот живот. Како резултат на климатските промени температурни екстреми стануваат сè почести и поинтензивни. Според најновите извештаи на Меѓувладинот панел за климатски промени и проекциите за глобалните климатски промени до крајот на 21 век Северна Македонија се очекува да се соочи со значително зголемување на температурите. Летните температури ќе растат побрзо од зимските, со зголемена фреквенција на топлотни бранови.

Согласно извештајот за проекции на климатските промени и за промени во однос на екстремните климатски настани државата во иднина ќе се соочи со потопла и посушна клима. Амплитудата на оваа промена првенствено ќе биде поврзана со идната концентрација на стакленички гасови. Поврзано со потоплата клима во иднина, се очекува зголемување на топлите екстремни настани и намалување на студените екстремни настани. Најпосле, како резултат на потоплите временски услови, должината на вегетациониот период ќе се зголеми во просек.

При анализата на индексите за екстремите регистрирани во Република Северна Македонија користени се податоците од дневните мерења на температурата на воздухот во климатолошките термини (од кои е пресметувана среднодневната температура), како и дневните мерења на максималната температура и дневните мерења на минималната температура. Направена е климатска статистичка обработка за дневни, месечни, годишни и повеќегодишен период. Податоците се користени за пресметување на индексите на екстреми за повеќе од седумдесет години континуирани мерења од 1951 до 2022 година, на главните метеоролошки станици Битола, Прилеп, Штип, Крива Паланка, Берово, Струмица, Демир Капија, Гевгелија, Охрид и Лазарополе. Во извештајот е дадена анализа на вредностите на индексите, нивниот тренд, а напоменати се некои влијанија кои овие екстреми го имаат на различни сектори.

Табела 1: Индекси за температура на воздухот

Индекс	Дефиниција	Кратенка
Мразни денови	Број на денови со минимална дневна температура на воздухот под 0°C	FD
Летни денови	Број на денови со максимална дневна температура на воздухот над 25°C	SU
Ледени денови	Број на денови со максимална дневна температура на воздухот под 0°C	ID
Тропски ноќи	Број на денови со минимална дневна температура на воздухот над 20°C	TR
Должина на вегетациски период	Број на денови помеѓу првиот период со најмалку 6 дена со средна дневна температура над 5°C и првиот период во втората половина од годината со најмалку 6 дена со средна дневна температура под 5°C	GSL
Месечна максимална вредност на дневна максимална температура на воздух	Месечна максимална вредност на дневна максимална температура на воздух	TXx
Месечна максимална вредност на дневна минимална температура на воздух	Месечна максимална вредност на дневна минимална температура на воздухот	TNx
Месечна минимална вредност на дневна максимална температура на воздух	Месечна минимална вредност на дневна максимална температура на воздух	TXn
Месечна минимална вредност на дневна минимална температура на воздух	Месечна минимална вредност на дневна минимална температура на воздух	TNn
Студени ноќи	Број на денови со минимална дневна температура под 10-ти перцентил	TN10p
Студени денови	Број на денови со максимална дневна температура под 10-ти перцентил	TX10p
Топли ноќи	Број на денови со минимална дневна температура над 90-ти перцентил	TN90p
Топли денови	Број на денови со максимална дневна температура над 90-ти перцентил	TX90p
Индекс на времетраење на тоplotен бран	Број на денови на периоди со најмалку 6 последователни денови каде максималната температура е над 90-ти перцентил	WSDI
Индекс на времетраење на студен бран	Број на денови на периоди со најмалку 6 последователни денови кога минималната температура е под 10-ти перцентил	CSDI
Дневен температурен интервал	Разлика помеѓу максималната и минималната температура на воздухот	DTR

## МРАЗНИ ДЕНОВИ

Температурниот индекс мразни денови е широко применлив во неколку сектори, вклучувајќи земјоделство, инфраструктура и транспорт. Лесно може да се пресмета и протолкува поради неговата едноставна дефиниција и достапноста на потребните влезни податоци. Анализата на овој климатски индекс е од особена важност бидејќи е прв показател на затоплувањето. За мразен ден се смета секој ден во годината каде дневна минимална температура е под 0 °C.

$$FD = TN_{ij} < 0^{\circ}C,$$

нека  $TN_{ij}$  биде минималната дневна температура на ден  $i$  во периодот  $j$ ;  
се одредува бројот на денови кога  $TN_{ij} < 0^{\circ}C$

За анализираниот период 1951-2022 година, просечно најмал број на мразни денови има во Гевгелија 46, а најмногу 125 во Берово (график 1).

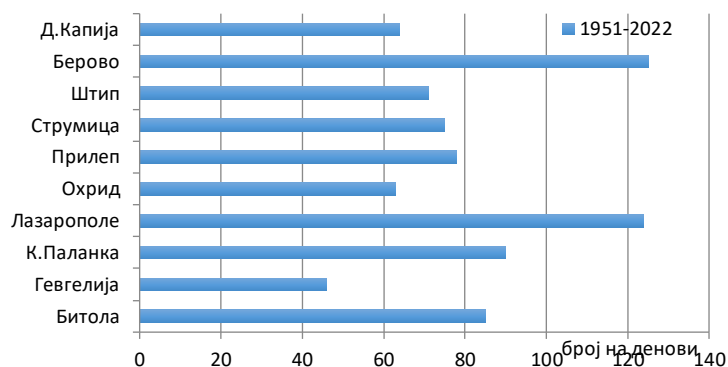


график 1: Просечен број на мразни денови во период 1951-2022 година

Анализата на индексот на мразни денови до 2022 година покажува дека забележан е тренд на намалување. Негативниот тренд особено е изразен на повисоките планински места. Ако ги гледаме по декади, првите две декади (1951-1960 и 1961-1970) од анализираниот период се регистрирани поголем број на мразни денови. Најмногу мразни денови, 157 има регистрирани на метеоролошката станица во Лазарополе во 1953 година. Најмал број на денови се забележани на метеоролошката станица во Гевгелија, 13 денови во 2014 година. Како карактеристична година кога имало најмногу мразни денови се издвојува 1953 година, а најмалку мразни денови 2014 година (график 2).

И покрај тоа што се намалува вкупниот број на деновите со мраз, сепак претставуваат ризик за одредени економски гранки, на пример во земјоделството може да се зголеми ризикот од штети од мраз, бидејќи вегетацијата започнува порано и доцните пролетни мразови можат да ги оштетат посевите, особено овошните дрвја и растенијата.

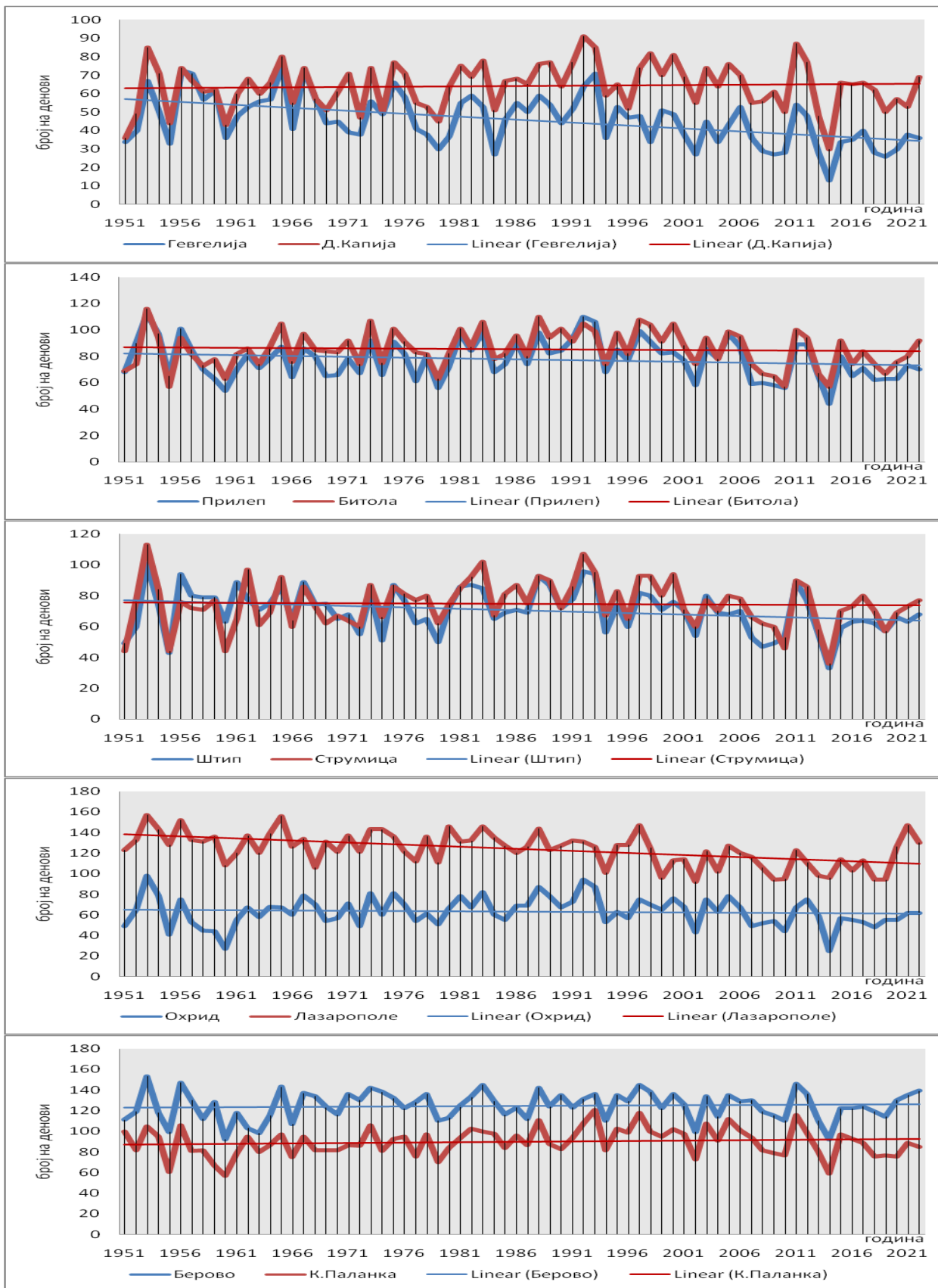


график 2: Годишен број на мразни денови во период 1951-2022 година

## ЛЕДЕНИ ДЕНОВИ

Температурниот индекс ледени денови е индикатор за следење на долгорочните промени во температурните модели. Во анализата е вклучен секој ден во годината кога максималната дневна температура е негативна, односно под 0°C. Бројот на ледени денови значително се намали во последните децении, дури и на повисоките надморски височини. Се очекува овој тренд да продолжи и во текот на 21 век, особено во сценаријата со високи емисии. Помалку ледени денови значат потопли зими, што може да ги наруши традиционалните сезонски циклуси.

$$ID = TX_{ij} < 0^{\circ}C,$$

нека  $TX_{ij}$  биде максималната дневна температура на ден  $i$  во периодот  $j$ ;  
се одредува бројот на денови кога  $TX_{ij} < 0^{\circ}C$

За анализираниот период 1951-2022 година, просечно најмал број на ледени денови има во Гевгелија 2, а најмногу 23 во Лазарополе (график 3). Максималниот број на ледени денови кај сите анализирани метеоролошки станици се јавува во првата половина од анализираниот период.

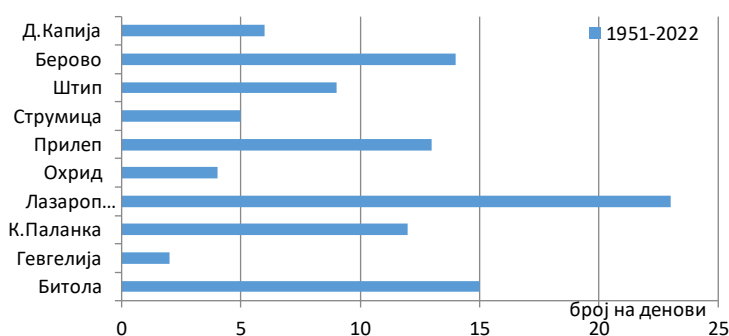


график 3: просечен број на ледени денови во период 1951-2022 година

Анализата на индексот на ледени денови до 2022 година и во Северна Македонија покажува дека забележан е тренд на намалување. Негативниот тренд особено е изразен на повисоките планински места (график 4).

## ЛЕТНИ ДЕНОВИ

Температурниот индекс летни денови е индикатор кој се користи за следење на топли денови во даден период, кога максималната дневна температура надминува 25°C.

$$SU = TX_{ij} > 25^{\circ}C,$$

нека  $TX_{ij}$  биде максималната дневна температура на ден  $i$  во периодот  $j$ ;  
се одредува бројот на денови кога  $TX_{ij} > 25^{\circ}C$

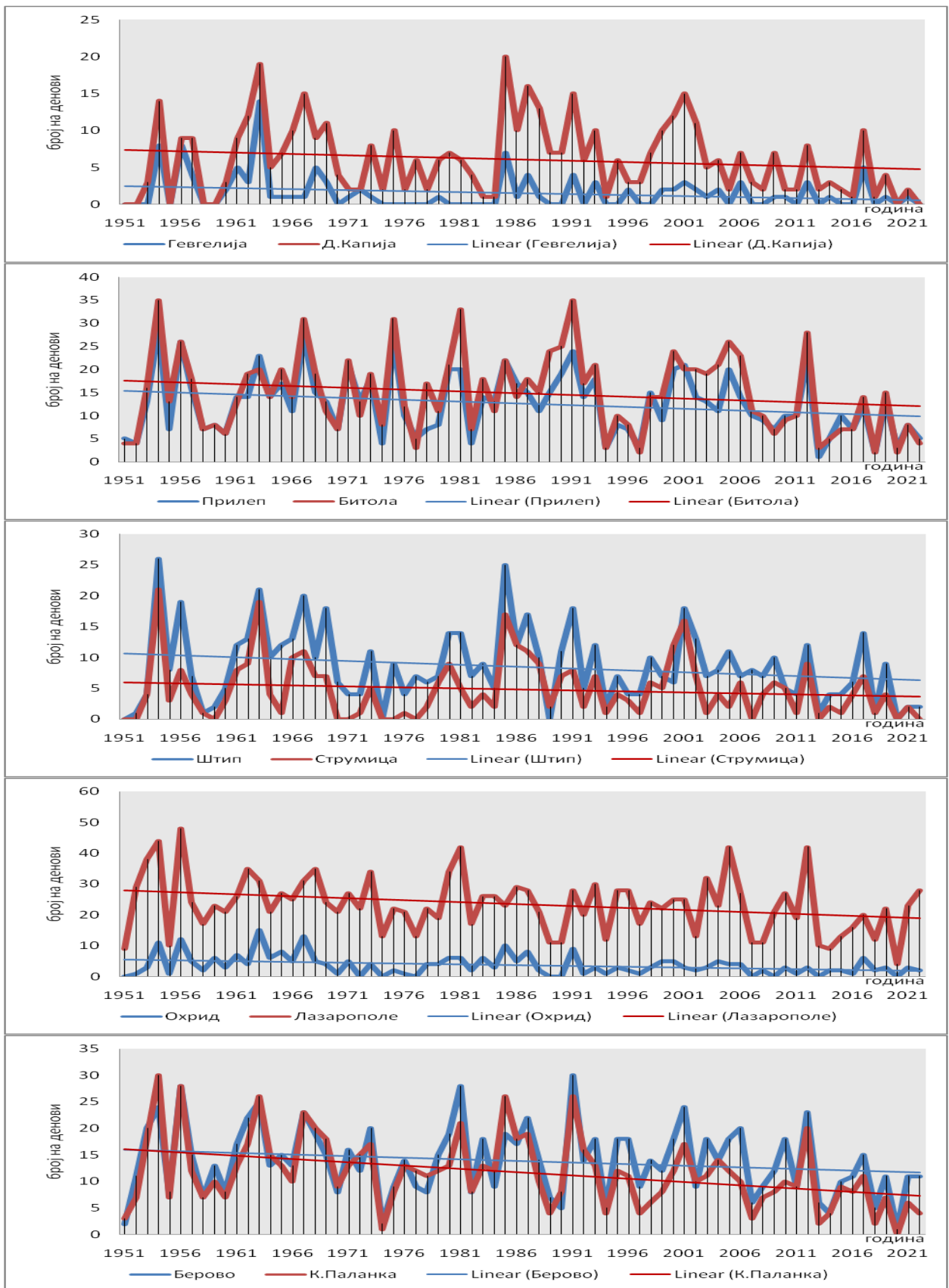


график 4: Годишен број на ледени денови во период 1951-2022 година

Овој индекс помага за идентификување на трендовите на затоплување во одредени региони. Во земјоделство е корисно за проценка на одржливоста на земјоделските култури и топлотниот стрес.

За анализираниот период 1951-2022 година, просечно најмногу летни денови има во Гевгелија 141, а најмалку 26 во Лазарополе (график 5). Максималниот број на летни денови скоро кај сите анализирани метеоролошки станици се јавува во втората половина од анализираниот период.

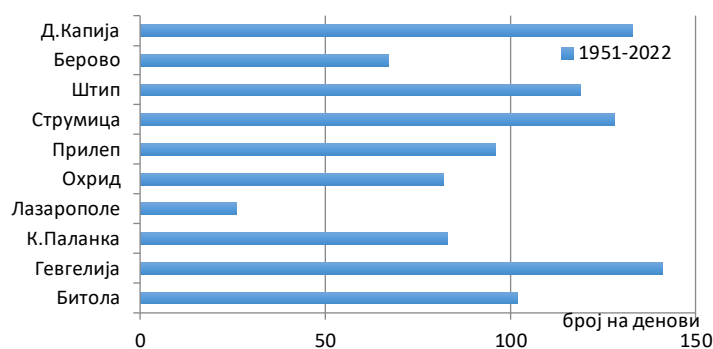


график 5: просечен број на летни денови во период 1951-2022 година

Анализата на индексот на летни денови до 2022 година покажува јасни знаци на позитивна промена. Кај сите метеоролошки станици е забележан позитивен растечки тренд (график 6). Позитивниот тренд претставува континуирано зголемување на вредностите на индексот со текот на времето. Овој тренд е директен показател за затоплување на климата и има сериозни импликации врз животната средина, земјоделството и здравјето.

## ТРОПСКИ НОЌИ

Температурниот индекс тропски ноќи е индикатор кој го следи бројот на ноќи кога минималната температура е повисока од 20°C. Зголемениот број на тропски ноќи е јасен сигнал за глобалното затоплување. Тропските ноќи најчесто се јавуваат во летната сезона, кога во текот на денот се постигнуваат високи максимални вредности на температурата на воздухот, а во текот на ноќта изостанува очекуваното ладење. Тие се повеќе од само непријатни и носат сериозни импликации врз здравјето на луѓето. Овој индекс е особено релевантен за проценка на ризиците по здравјето на луѓето за време на топлотни бранови, бидејќи во вакви услови се зголемува физиолошкиот стрес, спречувајќи го телото да се олади. Во урбаните области овие ноќи се поинтензивни и почести поради многу бетон и асфалт, поради ограничена вегетација и густо изградена инфраструктура.

$$TR = TN_{ij} > 20^{\circ}\text{C},$$

нека  $TN_{ij}$  биде минималната дневна температура на ден  $i$  во периодот  $j$ ;  
се одредува бројот на денови кога  $TN_{ij} > 20^{\circ}\text{C}$ .

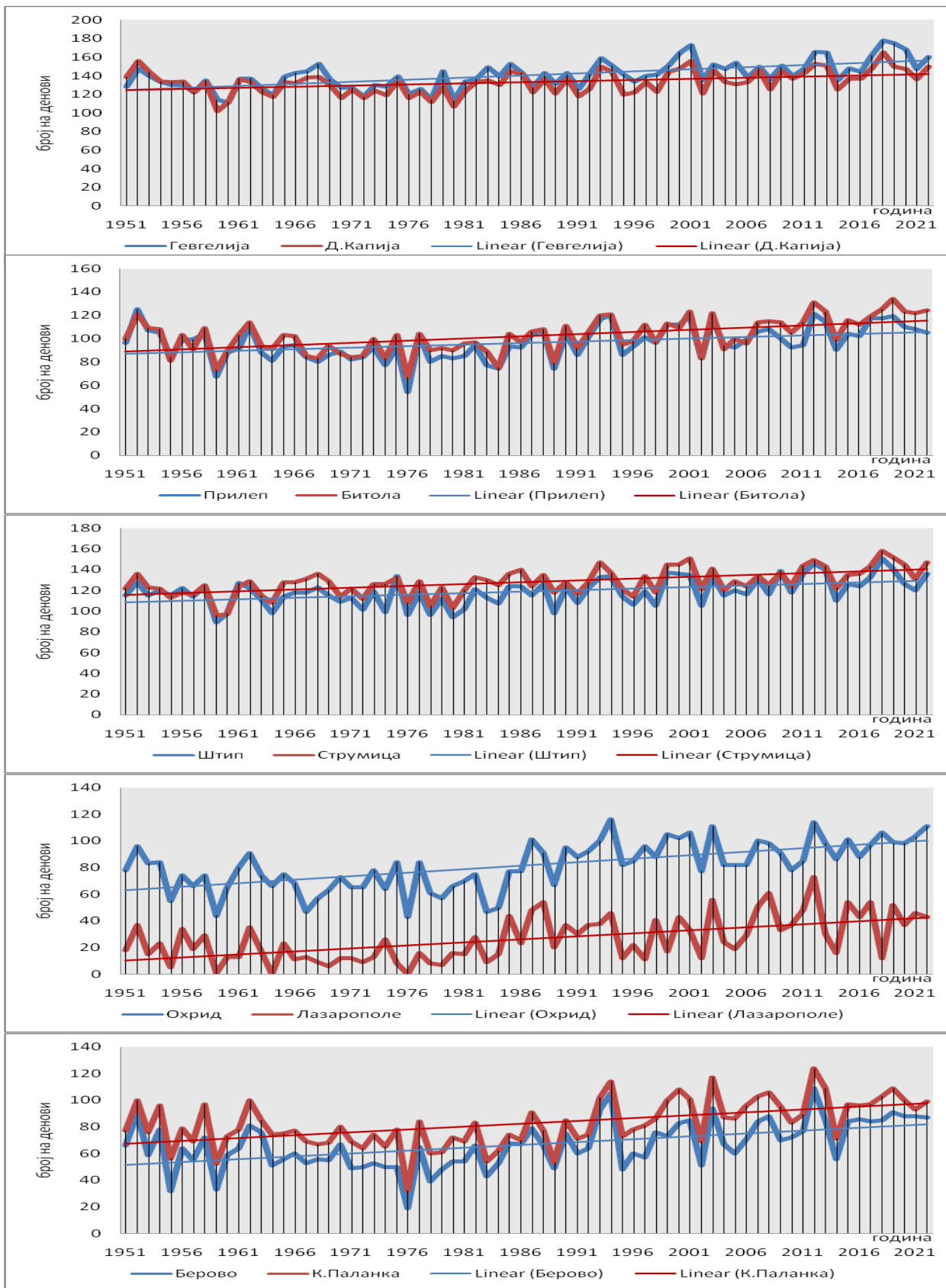


график 6: Годишен број на летни денови во период 1951-2022година

За анализираниот период 1951-2022 година, просечно најмногу тропски ноќи има во Гевгелија 16, а најмалку на местата со повисока надморска височина во Охрид, Лазарополе, Битола, Берово, Крива Паланка (график 7). Максималниот број на тропски ноќи, 49 е забележан во Гевгелија во 2021 година.

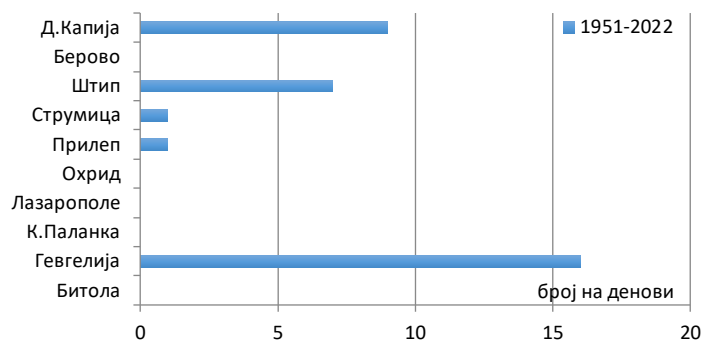


график 7: Просечен број на тропски ноќи во период 1951-2022 година

Во текот на последните 70 години генерално е забележана промена и тренд на зголемување на бројот. Карактеристично е тоа што во втората половина на анализираниот период има зачестена појава на тропски ноќи, особено на местата со пониска надморска височина (график 8).

#### ДОЛЖИНА НА ВЕГЕТАЦИСКИ ПЕРИОД

Индексот на должина на вегетацискиот период покажува како климатските услови влијаат врз циклусите на раст на растенијата. Должината на вегетацискиот период претставува климатски индикатор кој го прикажува бројот на денови во годината кога климатските услови овозможуваат раст и развој на растенијата. Тоа е еден од најважните агрометеоролошки индикатори.

Должина на вегетациски период се дефинира со бројот на денови помеѓу почетокот на првиот период со најмалку 6 дена со средна дневна температура поголема од 5°C и почетокот на првиот период во втората половина од годината со средна дневна температура помала од 5°C. Нека  $TG_{ij}$  биде средната дневна температура на ден  $i$  во периодот  $j$ . Се брои годишниот (1 јануари до 31 декември на Северната хемисфера) број на денови помеѓу првата појава на најмалку 6 последователни денови кога  $TG_{ij} > 5^{\circ}\text{C}$  и првата појава после 1 јули од најмалку 6 последователни дена кога  $TG_{ij} < 5^{\circ}\text{C}$ .

Во последните децении, анализите покажуваат дека вегетацискиот период значително се продолжува, особено во умерените зони. Тоа е директен сигнал за трендовите на затоплување, подолгите сезони на растење се еден од најјасните отпечатоци од климатските промени. Следењето на овој индекс им помага на научниците да ги разберат регионалните климатски промени и реакциите на екосистемот.

Подолгиот вегетациски период може да овозможи порано садење, подоцнежна берба, па дури и повеќекратни циклуси на култури, но, од друга страна има зголемени ризици од суши и топлотни бранови што може да ги загрози приносите.

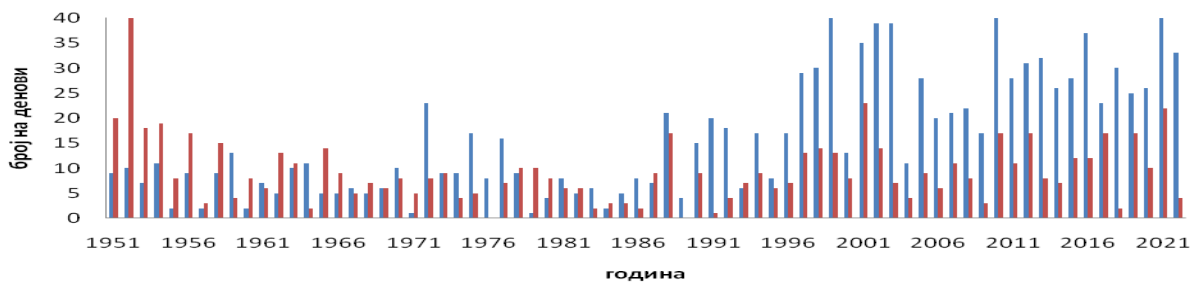
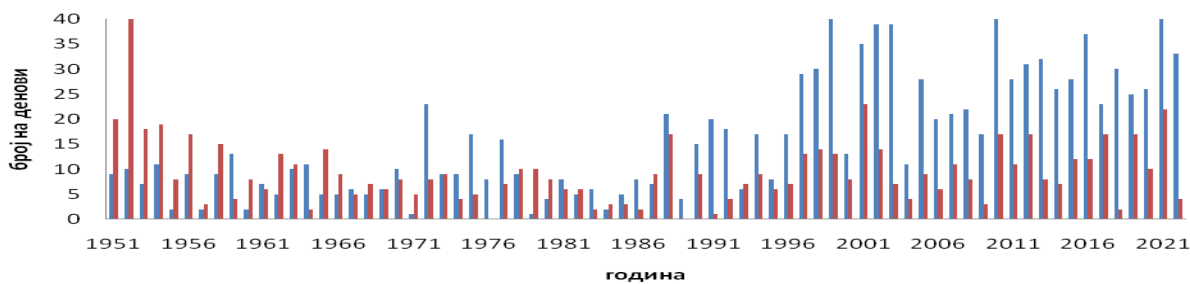
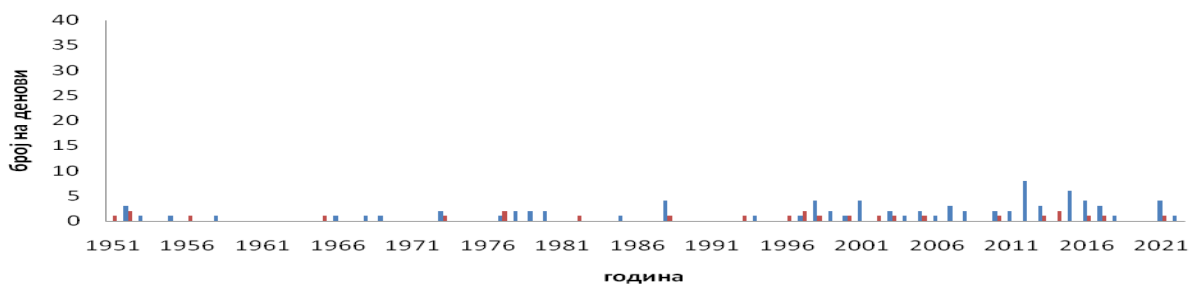


график 8: Годишен број на тропски ноќи во период 1951-2022година

Во анализираниот период просечно најкраток вегетациски период е забележан на метеоролошките станици на поголема надморска височина, од 217 дена во Лазарополе и 241 ден во Берово до просечно најдолг период од 326 дена во Гевгелија и 303 дена во Демир Капија.

Најкратко траење на вегетацискиот период е регистрирано во 1965 година во Лазарополе каде вегетацискиот период траел само 161 ден. Максимална должина на вегетациски период од 365 денови е забележана во Гевгелија во 1974, 2006 и 2022 година и во Охрид 2022 година. што значи дека во овие години вегетацискиот период траел цела година (табела 2).

Табела 2: Должина на вегетациски период (1951-2022 )

	Лазарополе	Берово	Битола	Д.Капија	Гевгелија	К.Паланка	Охрид	Прилеп	Штип	Струмица
просек 1951-2022	216	242	276	303	326	264	290	280	294	292
min	161	173	194	247	255	190	239	225	245	250
година	1965	1997	1997	2011	1982	1997	1983	1982	1993	1997
max	270	296	339	355	365	314	365	353	346	344
година	2019	1977	2003	1987	1974/2006 /2022	2021	2022	2022	2009	2021

#### МАКСИМАЛНИ И МИНИМАЛНИ ВРЕДНОСТИ НА ДНЕВНАТА МАКСИМАЛНА И ДНЕВНАТА МИНИМАЛНА ТЕМПЕРАТУРА НА ВОЗДУХОТ

Индексите на максимални и минимални вредности на дневната максимална температура на воздухот се користат за следење на екстремни топли и студени настани врз основа на измерени екстремни на дневната температура на воздухот. Индексот  $T_{Xx}$  го покажува апсолутниот максимум односно ја покажува највисоката измерена температура на воздухот во текот на денот.

$$T_{Xx} = \max (T_{Xik}) \quad T_{Xn} = \min (T_{Xik})$$

нека  $T_{Xik}$  биде максимална дневна температура на ден  $i$  во месецот  $k$ .

Индексот на максимални и минимални вредности на дневната максимална температура на воздухот е важен бидејќи ни помага да ги разбереме и да реагираме на климатските екстремни - најжешките и најстудените дневни услови што можат да имаат сериозни последици за луѓето, екосистемите и инфраструктурата.

Максималните и минималните вредности на дневната максимална ( $T_{Xx}$ ) и дневната минимална ( $T_{Xn}$ ) температура на воздухот спаѓаат во групата на апсолутни индекси. Максималните вредности на дневната максимална температура на воздухот ( $T_{Xx}$ ) се забележани на 24 јули 2007 година за метеоролошките станици Берово, Крива Паланка, Демир Капија, Гевгелија, Охрид и Штип и на 7 јули 1988 година за Битола, Прилеп, Струмица и Лазарополе. Највисока максималната температура на воздухот за периодот 1951-2022 година на територијата на Република Северна Македонија е  $45,7^{\circ}\text{C}$  измерена на 24 јули 2007 година во Демир Капија. Најниската максимална температура на воздухот,  $-16,7^{\circ}\text{C}$  е измерена на 9 јануари 1979 година во Битола.

Индексите на максималните и минималните вредности на дневната минимална температура на воздухот се користат за следење на екстремно студени и топли ноќи. Индексот TNn ја покажува апсолутно минималната температура на воздухот. Индексот TNn ја регистрира најстудената ноќ и укажува на ризик од мраз и потенцијална штета на посевите и инфраструктурата, а особено е важен при анализи во енергетиката. Од друга страна индексот TNx ја регистрира најтоплата ноќ и укажува на појавата на топлински стрес, дури и во текот на ноќта. Влијае на ефектите на урбаните топлински острови.

$$TNx = \max(TNik) \quad TNn = \min(TNik)$$

нека TNik биде минимална дневна температура на ден i во месецот k.

Минималните вредности на минималната температура на воздухот се забележани во различни години, а апсолутна минимална температура на воздухот -31,5°C измерена е на 27 јануари 1954 на метеоролошката станица Берово. Највисока минимална температура на воздухот 26,8°C измерена е на 13 август 1994 на метеоролошката станица Гевгелија.

Во однос на претходната анализа за периодот 1951-2019 година, најмногу промени има кај максималните вредности на максималната температура.

Табела 3: Месечна и годишна максимална вредност на дневната максимална температура на воздухот TXx

	01		02		03		04		05		06		07		08		09		10		11		12		Год.		
	TXx	дата	TXx	дата	TXx	дата	TXx	дата	TXx	дата	TXx	дата	TXx	дата	TXx	дата	TXx	дата	TXx	дата	TXx	дата	TXx	дата	TXx	ден	месец
Лазарополе	16.8	18	17.3	17	22.4	30	25.7	10	28.3	29	30.7	27	34.1	7	34.1	25	31.4	18	27.4	1	25.3	1	17.4	22	34.1	7	07
		1993		2016		1952		1985		2008		1982		1988		2007		2015		2012		2004		1989			1988
Берово	17.7	21	21.7	23	27.2	30	27.6	21	32.4	15	35.2	26	39	24	39.2	2	33.5	18	31.5	15	26.6	2	20.2	4	39	24	07
		2007		2016		1952		1950		2020		2007		2007		1949		2015		1993		2004		1985			2007
Битола	19.2	1	23.8	19	31.2	30	31.3	18	35	15	38.6	25	41.2	6	39.4	1	36	1	32.6	5	27.6	1	23.1	31	41.2	6	07
		1995		2014		1952		2016		2020		2007		1988		2021		1952		2020		1990		2009			1988
Д.Капија	21	19	23.6	18	31	31	35.3	10	37	28	43.1	26	45.7	24	44.5	22	39.7	5	34.6	1	27.1	2	23.6	18	45.7	24	07
		2007		1955		1952		1985		2008		2007		2007		1952		2015		2012		2018		1955			2007
Гевгелија	20.7	1	26.2	13	30	31	32.7	30	37.5	28	42.6	26	45.3	24	44.1	2	39.2	7	35.4	1	29.9	2	22.2	3	45.3	24	07
		2022		2002		1952		2013		2008		2007		2007		2021		2008		2012		2022		2010			2007
К.Паланка	19.2	21	22	17	29.6	30	29.2	10	33.2	28	36	27	40.2	24	38.2	7	35.2	18	31.3	1	27	1	19.9	16	40.2	24	07
		2007		2016		1952		1985		2008		1982		2007		2012		2015		2012		2008		2022			2007
Охрид	17.7	21	20.4	23	26.8	30	27.5	30	31.7	15	36.2	26	37.5	24	36.7	7	33.5	8	28.9	1	23.3	1	19.9	16	37.5	24	07
		2007		1977		1952		2013		2020		2007		2007		2012		2008		1994		1990		2022			2007
Прилеп	19.9	21	21.8	18	31.9	30	29.9	10	33.7	29	38.8	25	41.5	7	39.4	11	36.6	1	32.3	2	26.4	2	21	31	41.5	7	07
		2007		2014		1952		1985		1969		2007		1988		1951		1952		1952		2004		2009			1988
Штип	19.4	19	22.6	19	28.6	26	32.6	10	35.4	27	40.7	23	43.5	24	41.7	21	37.6	5	34.1	1	27.8	2	21.4	2	43.5	24	07
		2007		1960		2001		1985		1950		2007		2007		1999		2015		2012		2018		2010			2007
Струмица	19	28	23.1	27	28.7	27	33	26	35.6	28	41.2	26	43.4	6	41.4	2	37.8	6	32.2	3	27.3	2	23	2	43.4	6	07
		1952		2021		2001		2013		2008		2007		1988		2021		2008		1952		2018		2010			1988

Табела 4: Месечна и годишна минимална вредност на дневната максимална температура на воздухот ТХп

	01		02		03		04		05		06		07		08		09		10		11		12		Год.		
	ТХп	дата	ТХп	дата	ТХп	дата	ТХп	дата	ТХп	дата	ТХп	дата	ТХп	дата	ТХп	дата	ТХп	дата	ТХп	дата	ТХп	дата	ТХп	дата	ТХп	ден	месец
Берово	-13,0	23	-10,5	1	-7,1	6	0,4	8	5,7	25	7,8	7	11,4	1	10,4	27	7,9	23	-1,3	29	-3,0	24	-9,6	1	-13,0	23	01
	1963		1991		1987		1956		1991		1994		1971		1965		1964		1997		1975		1957				1963
Битола	-16,7	9	-10,6	8	-6,5	1	-1,0	7	7,0	3	10,2	6	13,0	1	13,8	31	9,4	18	0,3	29	-4,8	30	-16,0	19	-16,7	9	01
	1979		2006		1963		2003		1970		1975		1971		1995		1971		1997		1955		1988				1979
Д.Капија	-11,6	6	-6,8	7	-4,0	1	5,2	7	9,2	25	13,4	6	15,0	1	14,3	31	10,6	18	3,1	29	-1,1	30	-11,0	20	-11,6	6	01
	1993		1956		1963		2003		1991		1975		1971		1995		1971		1997		1988		2001				1993
Гевгелија	-9,0	24	-6,5	4	-3,0	1	6,6	7	10,5	22	16,0	3	16,4	1	16,4	31	11,8	18	4,5	29	0,6	25	-3,0	18	-9,0	24	01
	1963		1956		1963		2003		1952		1966		1971		1995		1971		1997		1988		2001				1963
К.Паланка	-13,4	23	-10,3	6	-6,4	1	0,2	7	5,5	22	9,1	7	12,0	1	10,6	31	6,8	23	0,2	29	-4,9	25	-8,4	27	-13,4	23	01
	1963		1956		1963		2003		1952		1994		1971		1995		1964		1997		1988		1996				1963
Лазарополе	-15,5	7	-12,4	7	-10,2	10	-3,6	7	1,6	3	6,3	6	9,6	1	8,1	31	4,7	18	-2,8	29	-5,4	28	-13,2	1	-15,5	7	01
	2017		1956		1987		2003		1970		1975		1971		1995		1971		1997		1973		1957				2017
Охрид	-10,8	23	-9,6	4	-4,8	10	1,7	7	7,6	3	11,7	3	13,5	1	14,0	27	8,5	18	-0,6	29	-1,2	23	-7,5	1	-10,8	23	01
	1963		1956		1987		2003		1970		1970		1971		1965		1971		1997		1975		1957				1963
Прилеп	-12,6	27	-10,8	4	-6,9	4	-0,8	7	6,6	3	9,5	6	13,0	1	12,7	31	8,0	18	0,0	29	-1,8	25	-14,0	27	-14,0	27	12
	1954		1956		1987		2003		1970		1975		1971		1995		1971		1997		1988		1953				1953
Штип	-12,3	24	-8,9	6	-6,3	1	3,6	7	7,7	1	12,4	17	15,5	1	14,8	31	9,0	18	1,9	29	-3,0	24	-11,3	21	-12,3	24	01
	1963		1956		1963		2003		1976		1983		1971		1995		1971		1997		1988		2001				1963
Струмица	-13,0	26	-7,2	6	-5,0	1	4,6	7	8,7	25	14,1	7	16,5	1	12,7	31	11,5	18	3,4	29	-0,6	25	-12,4	20	-13,0	26	01
	1963		1956		1963		2003		1991		1994		1971		1995		1971		1997		1988		2001				1963

Табела 5: Месечна и годишна максимална вредност на дневната минимална температура на воздухот ТНх

	01		02		03		04		05		06		07		08		09		10		11		12		Год.		
	ТНх	дата	ТНх	дата	ТНх	дата	ТНх	дата	ТНх	дата	ТНх	дата	ТНх	дата	ТНх	дата	ТНх	дата	ТНх	дата	ТНх	дата	ТНх	дата	ТНх	ден	месец
Берово	8,8	22	10,2	18	10,4	27	14,3	6	16,4	26	19,4	26	17,6	14	17,6	7	16,0	12	14,5	22	13,5	7	11,5	4	19,4	26	06
	2009		1955		1970		1989		1990		1996		1978		2016		1952		2003		2009		2008				1996
Битола	10,5	1	12,8	18	16,2	26	17,1	9	18,2	13	23,1	26	21,6	31	21,3	23	21,1	12	17,3	6	14,4	25	13,5	26	23,1	26	06
	2010		1955		2001		1998		1968		2014		2013		1977		1952		1992		1969		1995				2014
Д.Капија	12,3	22	15,6	16	17,2	26	20,0	10	23,0	28	25,3	18	26,2	7	26,3	3	24,5	12	20,2	6	17,4	1	15,2	1	26,3	3	08
	2009		2016		2001		1998		1950		1979		1950		1950		1952		1992		2008		2010				1950
Гевгелија	11,2	22	13,0	13	14,0	23	16,8	21	21,7	25	25,3	18	26,2	7	26,8	13	24,5	1	19,0	4	16,4	7	13,0	4	26,8	13	08
	2009		1998		2001		2000		1973		2002		2000		1994		2003		1976		2009		2008				1994
К.Паланка	10,1	18	12,6	15	11,0	30	16,2	10	17,5	8	19,2	24	19,5	29	25,6	22	20,2	12	16,3	6	16,4	8	15,0	1	25,6	22	08
	1955		2016		1952		1998		1997		1958		1966		1977		1952		1992		2000		2010				1977
Лазарополе	6,0	11	9,7	16	12,5	30	14,2	9	14,5	30	18,3	30	18,6	21	17,5	11	15,2	8	17,0	6	12,7	1	10,6	1	18,6	21	07
	2016		2016		1952		1998		1969		2017		1956		1999		2008		1992		2008		2010				1956
Охрид	9,5	1	13,7	16	13,8	30	15,2	10	16,8	12	22,4	30	22,3	27	22,7	22	20,8	6	19,2	6	15,6	14	14,2	1	22,7	22	08
	1995		2016		1952		1985		1968		2017		1955		1977		2015		1992		1961		2010				1977
Прилеп	10,1	1	10,8	18	18,0	30	16,7	10	18,4	30	22,4	24	25,0	21	24,4	12	21,2	6	17,4	7	14,0	2	13,5	1	25,0	21	07
	1995		1955		1952		1985		1969		2016		2015		1994		2015		1992		1990		2010				2015
Штип	12,6	9	15,3	16	16,0	31	18,5	2	20,5	20	24,4	20	26,0	31	25,0	22	24,0	7	21,4	6	19,0	2	15,3	2	26,0	31	07
	1995		2014		1952		2016		2015		2007		1988		1958		1952		1994		1990		2009				1954
Струмица	12,8	22	11,8	13	12,8	26	15,6	10	18,7	26	22,0	21	23,0	31	22,5	8	20,9	8	16,6	2	17,8	7	14,6	2	23,0	31	07
	2009		1979		1983		1998		1990		1952		1958		2012		1963		1962		2009		2010				1958

Табела 6: Месечна и годишна минимална вредност на дневната минимална температура на воздухот  $T_{Nn}$

	01		02		03		04		05		06		07		08		09		10		11		12		Год.		
	$T_{Nn}$	дата	$T_{Nn}$	дата	$T_{Nn}$	дата	$T_{Nn}$	дата	$T_{Nn}$	дата	$T_{Nn}$	дата	$T_{Nn}$	дата	$T_{Nn}$	дата	$T_{Nn}$	дата	$T_{Nn}$	дата	$T_{Nn}$	дата	$T_{Nn}$	дата	$T_{Nn}$	ден	месец
Берово	-31.5	27	-26.2	4	-23.7	5	-18.0	8	-4.0	19	-1.8	8	1.7	23	0.2	21	-6.0	30	-12.2	28	-19.0	6	-24.6	19	-31.5	27	01
	1954		1950		1955		2003		1952		1962		1968		1949		1977		1988		1995		2001				1954
Битола	-30.4	7	-28.1	8	-19.3	3	-19.4	8	-1.6	10	0.7	8	4.8	2	2.6	21	-2.4	30	-7.4	28	-15.6	6	-26.8	19	-30.4	7	01
	1993		2006		1996		2003		1957		1962		1964		1949		1970		1988		1995		1988				1993
Д.Капија	-23.2	7	-21.0	8	-19.0	8	-6.5	8	1.4	1	4.2	1	7.5	10	6.1	28	0.3	30	-5.7	29	-9.4	28	-21.7	21	-23.2	7	01
	1993		2006		1949		2003		1965		1997		1998		1965		1977		1988		1953		2001				1993
Гевгелија	-19.5	27	-15.0	1	-10.7	8	-4.4	9	0.5	10	7.4	2	8.4	20	6.8	26	0.0	30	-5.7	29	-9.5	29	-10.6	20	-19.5	27	01
	1963		1963		1952		2003		1957		1990		1970		1980		1977		1988		1953		2001				1963
К.Паланка	-23.3	8	-20.6	19	-14.6	1	-9.1	8	-1.0	6	1.3	8	4.8	15	4.2	29	-0.8	30	-5.3	28	-12.4	6	-19.0	19	-23.3	8	01
	2017		1985		2018		2003		2011		1962		1993		1981		1977		1988		1995		2001				2017
Лазарополе	-23.0	26	-23.4	1	-21.6	5	-14.7	8	-5.0	18	-3.4	8	0.4	23	0.0	28	-4.5	30	-10.6	23	-15.5	29	-20.1	30	-23.4	1	02
	1954		1991		1987		2003		1952		1962		1978		1965		1959		1972		1973		2014				1991
Охрид	-17.2	26	-16.1	9	-16.0	13	-10.6	8	-0.2	18	2.3	8	4.7	2	5.0	28	1.0	30	-5.2	23	-9.6	21	-14.9	22	-17.2	26	01
	1954		1956		1971		2003		1952		1962		1971		1965		1977		1972		2005		1967				1954
Прилеп	-23.6	9	-21.9	9	-15.8	5	-11.5	8	-0.2	13	1.9	1	6.1	2	3.8	21	0.1	30	-6.0	30	-13.0	6	-22.7	21	-23.6	9	01
	1979		1956		1955		2003		1978		1997		1964		1949		1977		1978		1995		2001				1979
Штип	-22.7	26	-19.2	8	-15.4	5	-4.5	9	0.7	10	4.0	1	6.3	2	5.9	28	-0.4	30	-6.5	28	-11.5	6	-22.0	22	-22.7	26	01
	1954		2006		1955		2003		1957		1997		1964		1965		1977		1988		1995		2001				1954
Струмица	-27.3	7	-22.5	8	-9.6	5	-10.3	8	-2.0	10	4.0	8	6.1	3	5.0	23	-1.0	28	-8.5	29	-12.7	6	-25.5	20	-27.3	7	01
	1993		2006		1987		2003		1957		1962		1964		1962		2018		1988		1995		2001				1993

## СТУДЕНИ ДЕНОВИ

Температурниот индекс студени денови е индикатор кој го следи бројот на денови со невообичаено ниски дневни температури на воздухот. Овој перцентилен индекс се пресметува на дневна максимална температура со праг под 10тиот перцентил.

$$TX_{ij} < TX_{in10},$$

нека  $TX_{ij}$  биде максимална дневна температура на ден  $i$  во периодот  $j$ ;  
 нека  $TX_{in10}$  биде 10-тиот перцентил за календарскиот ден на максималната дневна температура пресметан за петдневен прозорец центриран на секој календарски ден за референтниот период  $n$  (1961-1990);  
 тогаш се бројат деновите кога  $TX_{ij} < TX_{in10}$ .

Зголемен број на студени денови всушност претставува почест број на денови со постудени услови во однос на референтниот период. Особено е важен за да се детектираат промени на температурните модели со тек на времето. Со споредување на фреквенцијата на студените денови со историските просечни вредности, можат да се квантифицираат влијанијата на климатските промени како на локално, така и на глобално ниво.

Освен во климатологијата, како и другите индекси, и овој индекс има големо влијание и примена во многу сектори. Во земјоделството, студените денови влијаат врз растот на посевите и ризикот од оштетување од мраз на чувствителните култури. Земјоделците ги користат трендовите на студени денови за да ги прилагодат распоредите за садење и да изберат отпорни сорти на култури. Во енергетиката се особено важни за планирање на

трошоците, бидејќи зголемен број на студени денови ја зголемува побарувачката за греење и може да се забави продуктивноста. Во здравството, студените екстреми се поврзани со хипотермија, респираторни и кардиоваскуларни ризици.

За анализираниот период 1951-2022 година, просечно бројот на студени денови е приближно еднаков на сите станици, околу 30 (график 9). Најмалку студени денови 7, се забележани во 2000 година во Гевгелија и 2019 година во Крива Паланка, а најмногу 70 во Струмица во 1956 година. Во Република на Северна Македонија забележан е тренд на намалување на бројот на студени денови на сите метеоролошки станици (график 10).

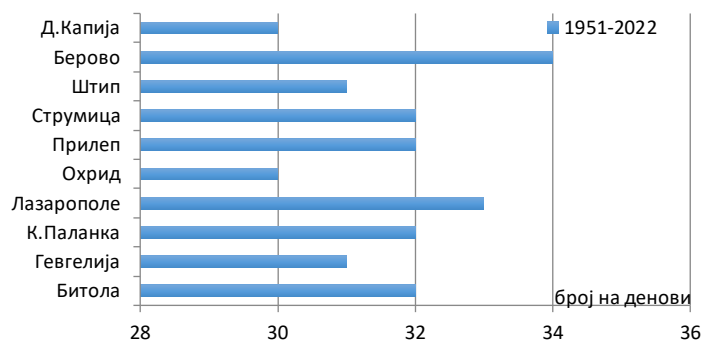


График 9: Просечен број на студени денови во период 1951-2022 година

## СТУДЕНИ НОЌИ

Температурниот индекс студени ноќи е индикатор кој го следи бројот со невообичаено ниски температури на воздухот, кои најчесто се јавуваат во текот на ноќта. Овој перцентилен индекс се пресметува на дневна минимална температура со праг под 10тиот перцентил.

$$TN_{ij} < TN_{in10},$$

нека  $TN_{ij}$  биде минимална дневна температура на ден  $i$  во периодот  $j$ ;  
 нека  $TN_{in10}$  биде 10-тиот перцентил за календарскиот ден на минималната дневна температура пресметан за петдневен прозорец центриран на секој календарски ден за референтниот период  $n$  (1961-1990);  
 тогаш се бројат деновите кога  $TN_{ij} < TN_{in10}$ .

Особено е важен бидејќи на прецизен, стандардизиран начин може да се следи како се менуваат екстремните студени настани со текот на времето. Намалувањето на бројот на овој индекс е јасен показател за затоплување на ноќните температури, што е еден од најдоследните знаци за промени. На одредени станици поголем е падот на линеарниот тренд на студените ноќи во однос на студените денови, што го прави овој индекс чувствителен показател за промените.

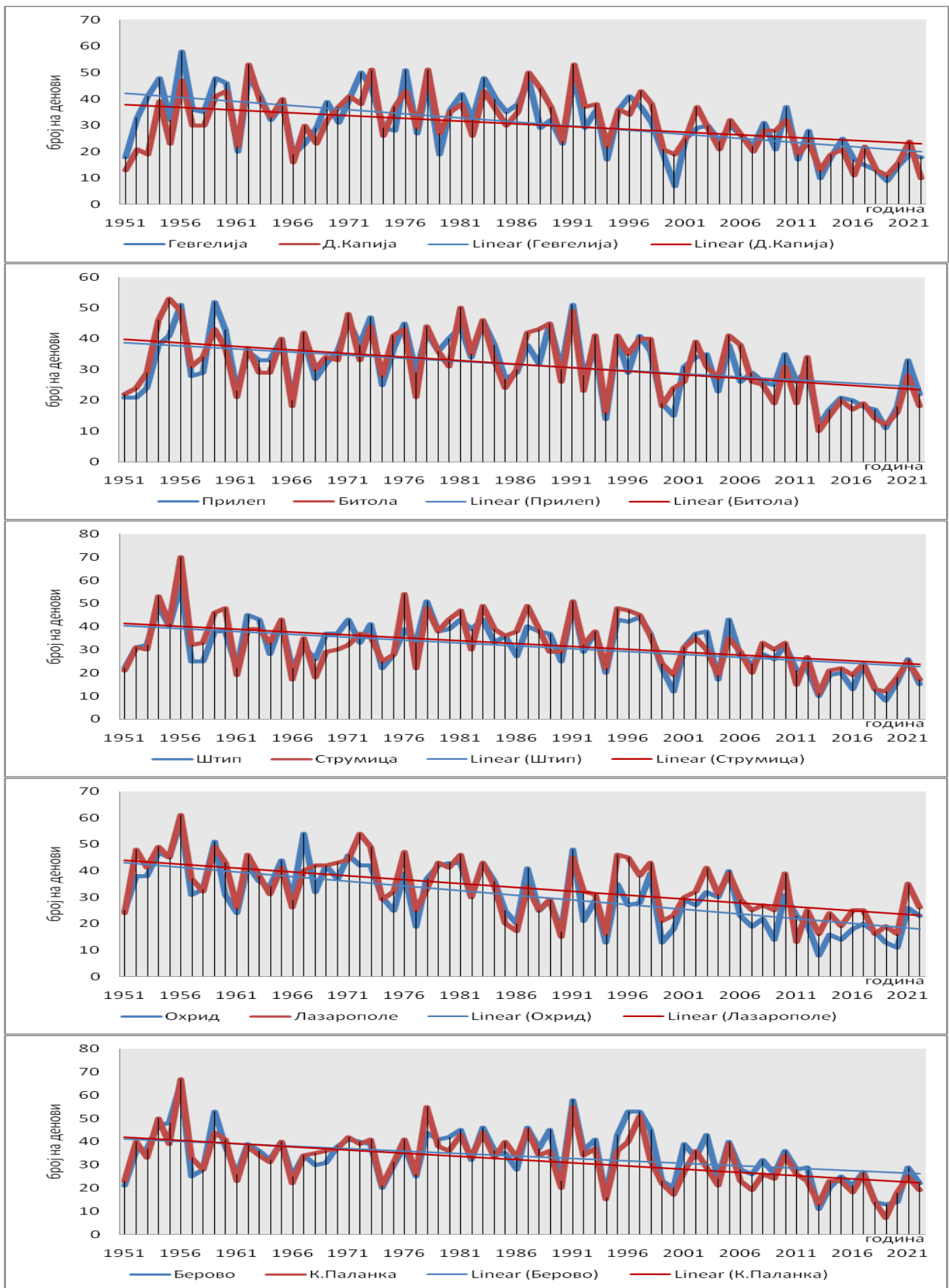


график 10: Годишен број на студени денови во период 1951-2022година

За анализираниот период 1951-2022 година, просечно годишно бројот на студени ноќи се движи од 28 во Гевгелија до 39 во Крива Паланка (график 11). Најмалку студени ноќи, три, се забележани во 2014 година во Гевгелија, а најмногу 76 во Крива Паланка во 1997 година.

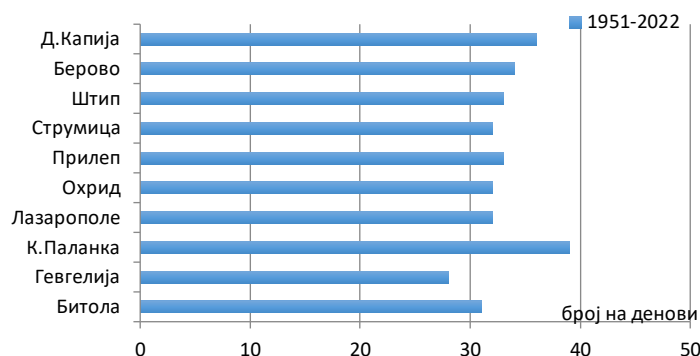


График 11: Просечен број на студени ноќи во период 1951-2022 година

Во Република на Северна Македонија забележан е тренд на намалување на бројот на студени ноќи, освен во Демир Капија и Крива Паланка, каде е забележан позитивен тренд (график 12).

## ТОПЛИ ДЕНОВИ

Температурниот индекс топли денови е индикатор кој го следи бројот денови со невообичаено високи дневни температури на воздухот. Овој перцентилен индекс се пресметува на дневна максимална температура со праг над 90-тиот перцентил.

$$TX_{ij} > TX_{in90},$$

нека  $TX_{ij}$  биде максимална дневна температура на ден  $i$  во периодот  $j$ ;  
 нека  $TX_{in90}$  биде 90-тиот перцентил за календарскиот ден на максимална дневна температура пресметан за петдневен прозорец центриран на секој календарски ден за референтниот период  $n$  (1961-1990);  
 тогаш се бројат деновите кога  $TX_{ij} > TX_{in90}$ .

Зголемен број на топли денови всушност претставува почести број на денови со потопли услови во однос на референтниот период. Особено е важен за да се детектираат промени на температурните модели со тек на времето. Со анализа на трендовите на овој индекс низ различни региони, може да се идентификуваат најранливите области каде што екстремните температури се зголемуваат најбрзо. Овој индекс ги надополнува индексите на топли ноќи и времетраење на топлотен бран, давајќи целосна слика за екстремите на топлината како на локално, така и на глобално ниво.

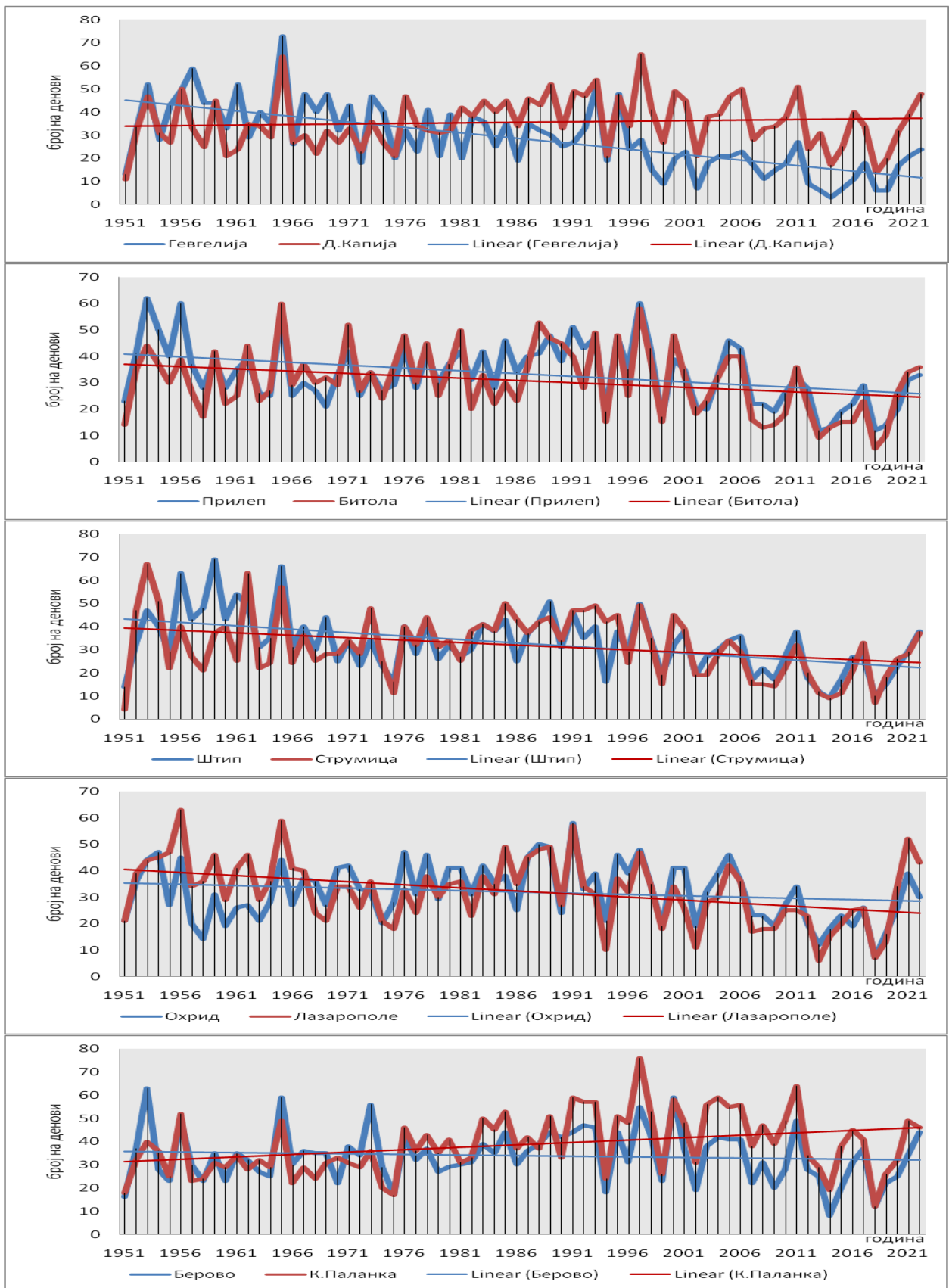


график 12: Годишен број на студени ноќи во период 1951-2022година

Освен во климатологијата, како и другите индекси, и овој индекс има големо влијание и примена во многу сектори. Во здравството, топлите екстреми се поврзани со поголем ризик од топлотен удар, дехидратација и кардиоваскуларни ризици. Во енергетиката поголемата побарувачка за ладење ги оптоварува електричните мрежи и ги зголемува трошоците за енергија. Во земјоделството поради топлинскиот стрес може да се намалат приносите на земјоделските култури, да се оштетат растенијата и да се нарушат сезоните на растење.

За анализираниот период 1951-2022 година, просечниот годишен број на топли денови се движи од 51 во Прилеп до 63 во Гевгелија (график 13). Најмалку топли денови 12 се забележани во 1964 година во Берово и 1980 година во Охрид, а најмногу 155 во Гевгелија во 2019 година.

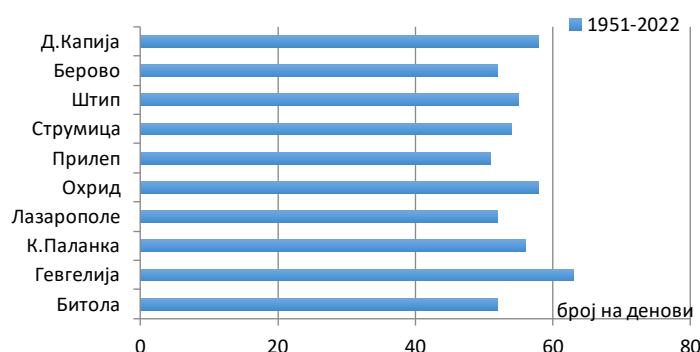


График 13: Просечен број на топли денови во период 1951-2022 година

Во Република на Северна Македонија забележан е тренд на зголемување на бројот на топли денови на сите метеоролошки станици (график 14).

## ТОПЛИ НОЌИ

Температурниот индекс топли ноќи е индикатор кој следи невообичаено високи температури на воздухот во текот на ноќта. Овој перцентилен индекс се пресметува на дневна минимална температура со праг над 90тиот перцентил. Зголемен број на топли ноќи всушност претставува почести број на денови со потопли услови во однос на референтниот период.

$$TN_{ij} > TN_{in90},$$

нека  $TN_{ij}$  биде минимална дневна температура на ден  $i$  во периодот  $j$ ;  
 нека  $TN_{in90}$  биде 90-тиот перцентил за календарскиот ден на минимална дневна температура пресметан за петдневен прозорец центриран на секој календарски ден за референтниот период  $n$  (1961-1990);  
 тогаш се бројат деновите кога  $TN_{ij} > TN_{in90}$ .

Особено е важен бидејќи открива суптилни, но значајни промени во климата, покажувајќи дека и ноќите стануваат потопли и тоа не само во летните сезони. Со негова помош се идентификуваат ефектите на урбаните топлински острови и влијанијата на климатските промени врз ноќните температури бидејќи градовите ја задржуваат топлината подолго поради бетонот и асфалтот, што ги прави топлите ноќи почести и поинтензивни.

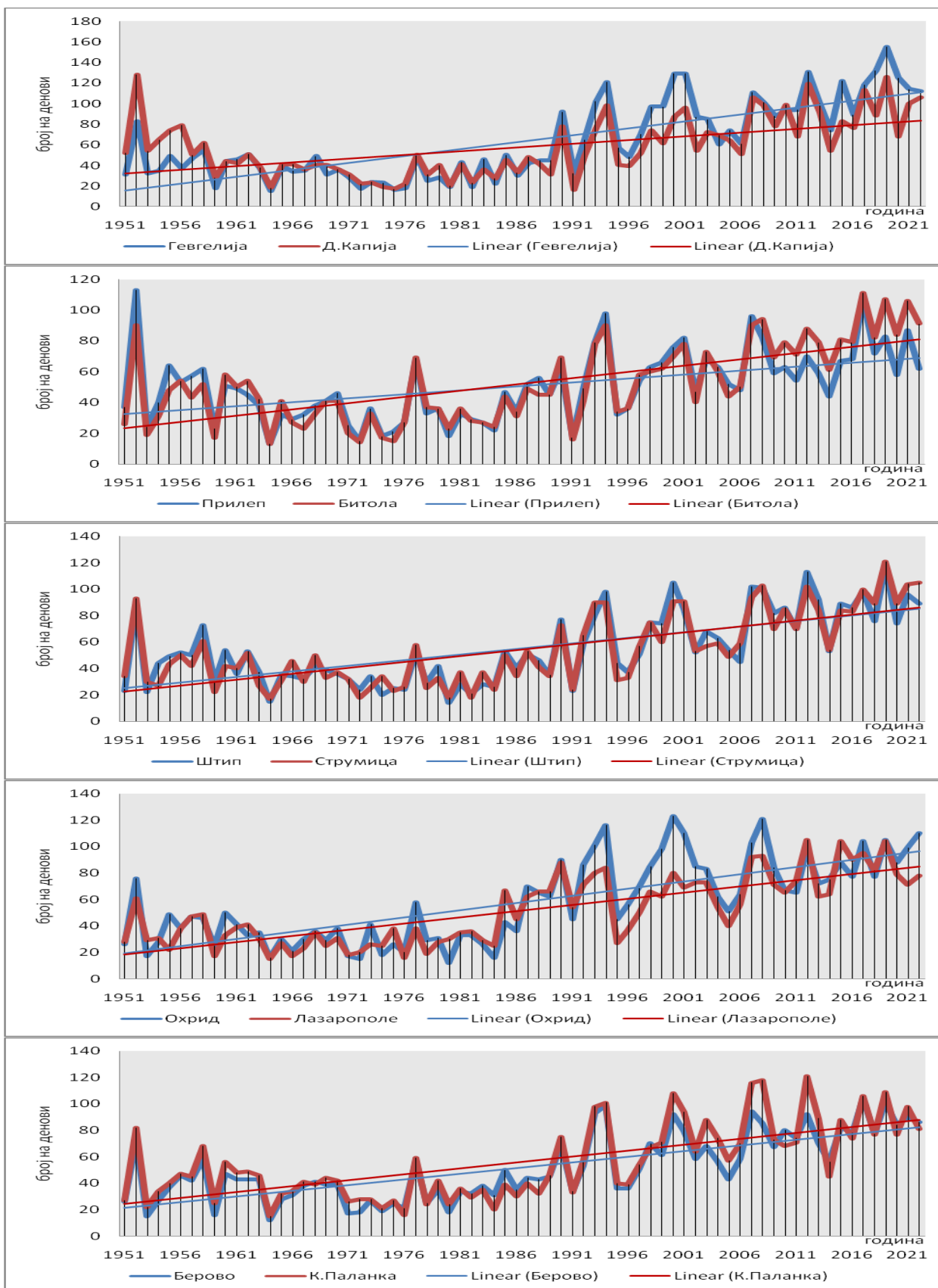


график 14: Годишен број на топли денови во период 1951-2022година

За анализираниот период 1951-2022 година, просечно годишен број на топли ноќи се движи од 39 во Крива Паланка до 54 во Гевгелија (график 15). Најмалку топли ноќи, 8 се забележани во 1953 година во Струмица, а најмногу 115 во Гевгелија во 2010 година.

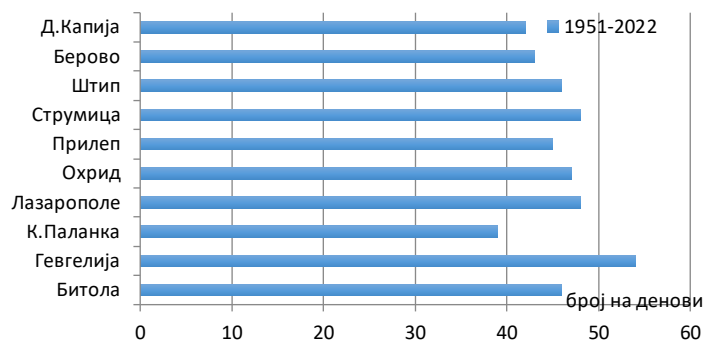


График 15: Просечен број на топли ноќи во период 1951-2022 година

Во Република на Северна Македонија забележан е тренд на зголемување на бројот на топли ноќи, освен во Демир Капија и Крива Паланка, каде е забележан негативен тренд (график 16).

#### ИНДЕКС НА ВРЕМЕТРАЕЊЕ НА ТОПЛОТЕН БРАН

Индексот на времетраење на топлотни бранови WSDI е климатски индикатор што се користи за мерење на фреквенцијата, времетраењето и интензитетот на екстремните топлотни настани. Овој индекс го дефинира периодот на прекумерна, долготрајна топлина во текот на годината. Критериум за одредување на индексот е бројот на денови со најмалку 6 последователни денови кога максималната дневна температура е поголема од 90-тиот перцентил за календарскиот ден пресметан за петдневен прозорец центриран на секој календарски ден за референтниот период 1961-1990 година. Особено е важно да се направи дистинкција помеѓу топлотниот бран како климатски настан и индексот на времетраење на топлотен бран, кој вушност претставува период.

WSDI- најмалку 6 последователни дена кога  $TX_{ij} > TX_{in90}$

нека  $TX_{ij}$  биде максималната дневна температура на ден  $i$  во периодот  $j$ ;  
нека  $TX_{in90}$  биде 90-тиот перцентил за максималната дневна температура за календарскиот ден пресметан за петдневен прозорец центриран на секој календарски ден за референтен период  $n$  (1961-1990).

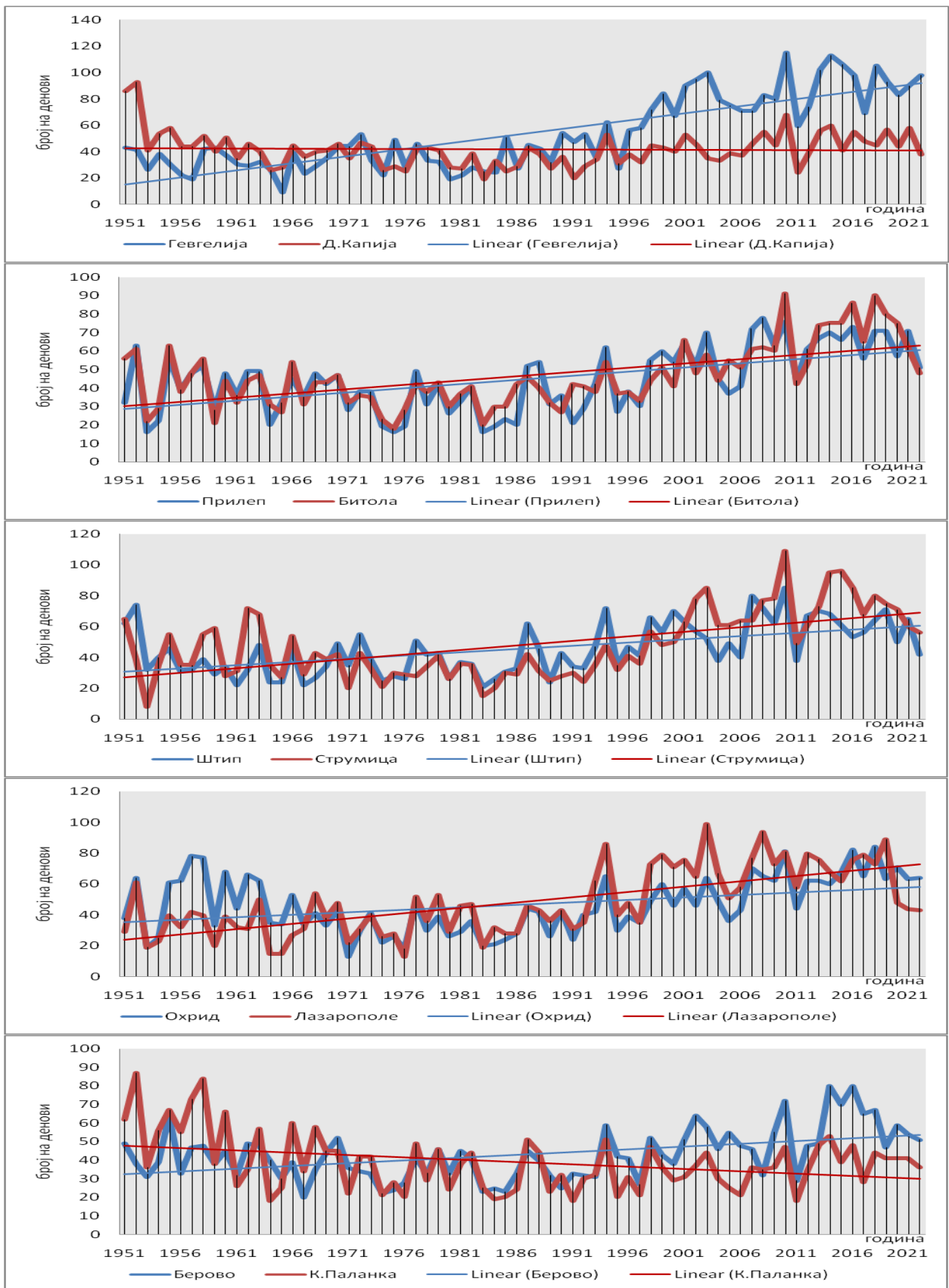


график 16: Годишен број на топли ноќи во период 1951-2022година

Особено е значаен бидејќи помага да се идентификуваат трендовите во екстремните топлотни настани, кои се зголемуваат поради глобалното затоплување. Подолгите топли периоди можат да ги оптоварат јавните здравствени системи и енергетската инфраструктура. Постојаната топлина може да ги оштети посевите и да ги намали приносите на земјоделските култури. Информациите за WSDI се потребни и за стратегиите за адаптација на климата и системите за рано предупредување, но и во климатски модели за проектирање на идните ризици.

Растечките трендови на индексот се јасен показател за глобалното затоплување, а особено се значајни во детектирање на промените во климатските модели кои не се очигледни само од податоците за просечната температура.

Табела 7: Индекс на времетраење на тоplotен бран во период 1951-2022 година

Број на денови	Демир Капија	Гевгелија	Крива Паланка	Охрид	Штип	Струмица	Лазаро-поле	Битола	Берово	Прилеп
6	56	45	60	53	50	47	41	42	45	51
7	36	34	34	30	28	31	32	34	29	22
8	30	25	20	31	19	26	24	25	26	22
9	14	16	11	15	15	10	12	11	18	11
10	13	11	10	13	11	5	8	13	9	6
11	5	11	7	6	8	10	10	3	4	5
12	11	11	7	4	5	5	5	3	4	3
13	4	10	2	4	2	6	2	2	1	
14	1	2	6		3	1	1		1	
15	4	2	1	2	2	1	1		2	2
16			1	2	1	2	3	1		3
17	3	2	2	3		2	1	3		2
18		2	1		2				1	1
19	1	2			1			1		1
20			1					1		
21										
22		1		1						
23		2								
честини	178	176	163	160	147	146	140	139	140	129

Од анализата на годишната честина на појава на топлотните бранови се забележува дека најчести се пократкотрајните топлотни бранови. Во периодот од 1951-2022 најголем број на топлотни бранови 178 се забележани во Демир Капија, а најмал, 129 во Прилеп (табела 7). Најдолготраен тоplotен бран во периодот 1951-2022 е во траење од 23 дена и е забележан на метеоролошката станица Гевгелија во периодот од 2-24 октомври 2001 година и периодот од 27-ми јули до 18-ти август 2021 година. Забележана е поголема појава на топлотни бранови во последните декади од анализираниот период, особено после 2000 година.

#### ИНДЕКС НА ВРЕМЕТРАЕЊЕ НА СТУДЕН БРАН

Индексот на времетраење на студени бранови (CSDI) е климатски индикатор што се користи за мерење на фреквенцијата, времетраењето и интензитетот на екстремните студени настани. Овој индекс го дефинира периодот на долготраен студ во текот на годината. Критериум за одредување на индексот е бројот на денови со најмалку 6 последователни денови кога дневната минимална температура е под од 10-тиот перцентил за календарскиот ден пресметан за петдневен прозорец центриран на секој календарски ден за референтниот

период 1961-1990 година. Особено е важно да се направи дистинкција помеѓу студен бран како климатски настан и индексот на времетраење на студен бран, кој вушност претставува период.

CSDI- најмалку 6 последователни дена кога  $TN_{ij} < TN_{in10}$

нека  $TN_{ij}$  биде минимална дневна температура на ден  $i$  во периодот  $j$ ;  
нека  $TN_{in10}$  биде 10-тиот перцентил за минимална дневна температура за календарскиот ден пресметан за петдневен прозорец центриран на секој календарски ден за референтен период  $n$  (1961-1990).

Особено е значаен бидејќи помага да се идентификуваат трендовите на екстремно студени настани, кои се намалуваат во многу региони. Иако постои генерално затоплување и пораст на температурите, студените екстреми се уште остануваат закана. Во некои региони тие може да станат поинтензивни поради промената на атмосферските модели. CSDI помага во следењето на овие аномалии и откривање на регионалната климатска варијабилност.

Најголема честина на појава во периодот 1951-2022 година имаат најкратките студени бранови, односно брановите со должина на траење од 6 дена. За разлика од топлотните бранови, студените бранови имаат многу помала честина на појава. Во периодот од 1951-2022 најголем број на студени бранови 58 се забележани во Крива Паланка, а најмал, 26 во Гевгелија (табела 8). Најдолготраен студен бран во периодот 1951-2022 е во траење од 22 дена е забележан на метеоролошката станица Крива Паланка во периодот од 30.03 -20.04.1997 година.

Трендот на индексот на времетраење на студениот бран во Северна Македонија покажува значителен пад во последните децении - и се предвидува дека ќе се намали уште повеќе со зголемувањето на глобалните температури. Ова намалување е во согласност со пошироките трендови на затоплување и одразува како минималните температури на воздухот растат побрзо од максималните.

Табела 8: Индекс на времетраење на студен бран во период 1951-2022 година

Број на денови	Демир Капија	Гевгелија	Крива Паланка	Охрид	Штип	Струмица	Лазарополе	Битола	Берово	Прилеп
6	18	11	22	15	21	13	15	14	10	21
7	9	11	12	12	7	9	14	8	13	9
8	3	2	11	4	10	7	2	9	3	6
9	3	1	8	1	4	5	3	3	2	3
10	1					4			2	1
11	2			2	1	3	2	1	1	1
12	1	1	2		1			2	1	2
13			1	1		1				
14			1	1			1			1
15									1	2
16								1		
17										
18										
19										
20										
21										
22			1							
<b>честини</b>	37	26	58	36	44	42	37	38	33	46

## ДНЕВЕН ТЕМПЕРАТУРЕН ИНТЕРВАЛ

Индексот дневен температурен интервал е важен климатски индикатор кој дава информации за флукуациите на температурата на воздухот. Дефиниран е со разликата помеѓу дневната максимална и дневната минимална температура на воздухот.

$$DTR_j = \Sigma(TX_{ij} - TN_{ij}) / I$$

нека  $TX_{ij}$  е максимална температура за ден  $i$  во периодот  $j$ ;  
нека  $TN_{ij}$  е минимална температура за ден  $i$  во периодот  $j$ ;  
ако  $I$  е вкупен број на денови во  $j$ ;  
тогаш средниот дневен опсег во периодот  $j$ .

Годишните вредности на температурниот интервал се во границите од најмалата вредност  $8,8^{\circ}\text{C}$  забележана на метеоролошката станица Охрид до најголемата разлика од  $15,2^{\circ}\text{C}$  забележана во Берово (табела 9). Во однос на претходната анализа има надминување на максималните дневни температурни интервали во Битола, Струмица и Демир Капија во 2022 година.

Табела 9: Дневен температурен интервал во период 1951-2022 година

	Битола	Гевгелија	К.Паланка	Лазарополе	Охрид	Прилеп	Струмица	Штип	Берово	Д.Капија
просек 1951-2022	12.1	12.2	11.4	10.1	10.4	11	12.8	11.4	13.1	11.9
min	10.6	10.1	9.4	8.9	8.8	9.7	10.9	10.1	11	10.3
година	1991	1972	1955	1972	1963	1972	1963	1972	1955	1973
max	13.9	14.2	13.8	11.7	12.2	12.5	14.6	13	15.2	13.9
година	2022	1993	2000	1990	2000	1952	2022	1961	2000	2022

Во последните години разликата помеѓу максималните и минималните температури се зголемува, па како резултат на ова зголемување евидентен е и трендот на зголемување на годишниот температурен интервал на сите метеоролошки станици (график 17).

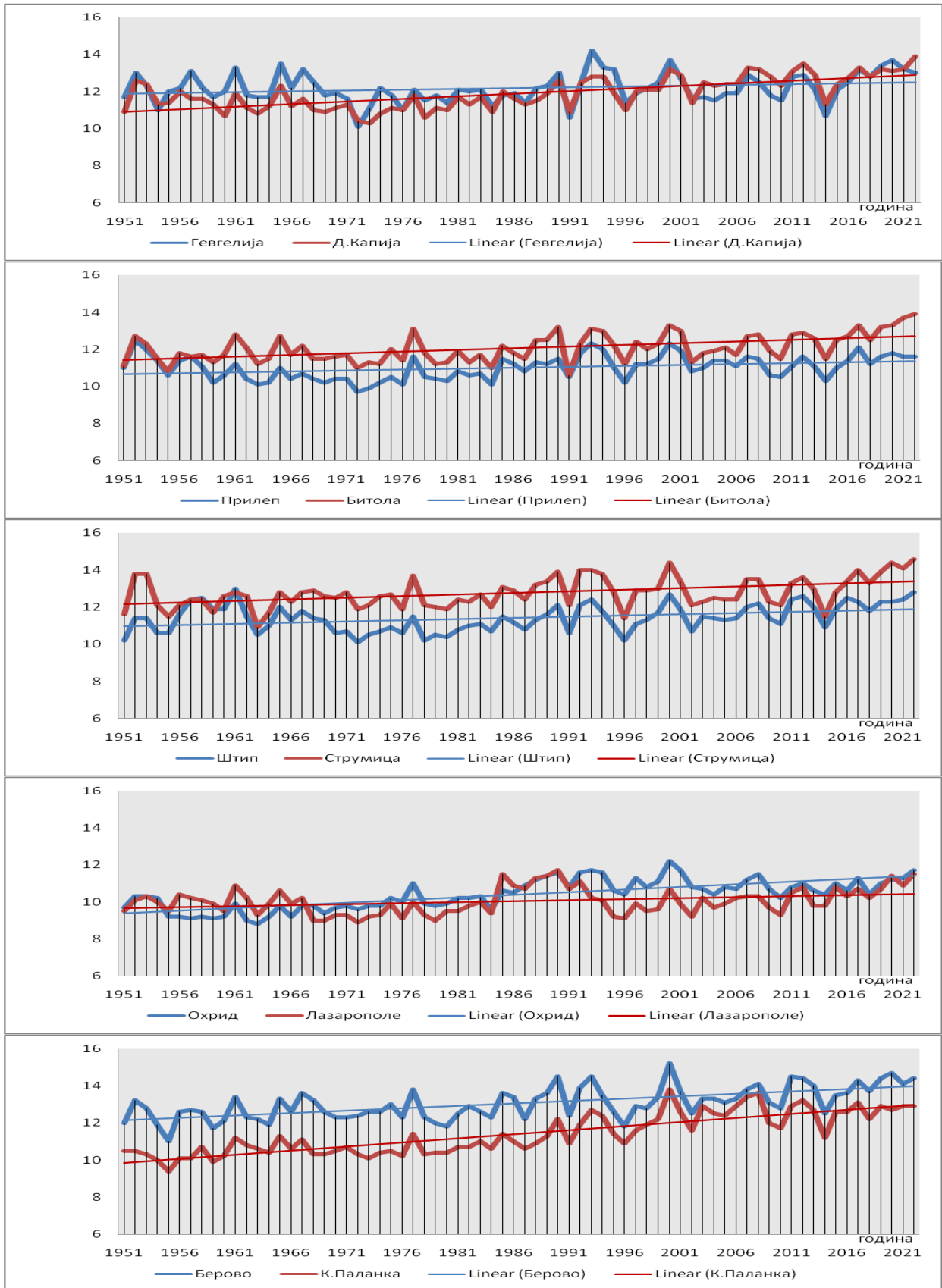


график 17: Годишен температурен интервал во период 1951-2022година

Екстремните врнежи се зголемија по фреквенција и интензитет низ многу региони во светот, од 1950-тите години до сега. Овие настани најчесто се дефинираат како случаи во кои количината на дожд што паѓа на некоја локација значително ја надминува нормалната. Можат да се објаснат преку надминување на одреден фиксен праг или може да се сметаат за екстремни заради тоа што ретко се појавуваат (праг заснован на процент или врз основа на повратниот период).

Појавата на екстремни врнежи може да влијае во сите сфери во општествата и честопати доведува до поплави, лизгање на земјиштето, оштетување на инфраструктурата, големи економски загуби особено во земјоделството, а многу често и губење на човечки животи.

Според најновите извештаи на Меѓувладинот панел за климатски промени и проекциите за глобалните климатски промени до крајот на 21 век, се очекува тренд на почести настани на екстремни врнежи од дожд. Веројатноста за зголемување на екстремните врнежи е зголемена дури и кога се предвидува дека ќе се намалат просечните суми на врнежи. Што се однесува на сезонските анализи, повеќе екстремни настани се очекуваат во пролет и зима.

Согласно извештајот за проекции на климатските промени и за промени во екстремните климатски настани во Република Северна Македонија поради големата просторна и временска варијабилност на екстремните врнежи, нема единствен сигнал за нивни промени во иднина, кај различните сценарија. Од друга страна, и анализирани индекси, и максималните дневни врнежи и бројот денови со врнежи од над 40 mm/ден, генерално покажуваат позитивна промена во иднина, кај сите анализирани периоди и сценарија. Горната граница на промената на бројот врнежливи денови со преку 40 mm на ден е зголемување од 60%, а кај дневна максимална акумулација на врнежи е 20%. Физичка позадина на оваа промена е фактот дека атмосферата е потопла поради што може да задржи повеќе водена пара (7% повеќе водена пара во потопол воздух за 1°C) што укажува на поголеми шанси за поекстремни врнежи од дожд, а со тоа и поголеми шанси за индуцирана буична поплава.

Заради природата на процесите во атмосферата кои се причинители за екстремните врнежи, тие се разликуваат сезонски и од регион до регион. Покрај количината на врнежите, особено е важно и интензитетот-времетраењето на врнежливите периоди.

Светската Метеоролошка Организација ја дефинира екстремната појава на врнежи како значително количество на врнежи кое се појавува за период од една до неколку дена (обично помалку од една недела) со вкупна дневна сума која надминува одреден праг дефиниран за одредена локација (според мерењата на метеоролошката станица). Додека карактеризацијата заснована на фиксен праг на екстремни врнежи е поблиску поврзана со целите на примената, праговите засновани на процент се порамномерно дистрибуирани во просторот и веројатно позначајни и поприменливи доколку постојат доволно податоци на набљудување.

Според упатствата на СМО дефинирани се 11 индекси за врнежи.

Табела 10: Индекси за врнежи

Индекс	Дефиниција	Кратенка
Максимални еднодневни врнежи	Најголема количина на врнежи наврната за еден ден	RX1day
Максимални петдневни врнежи	Најголема количина на врнежи наврната за пет дена	RX5day
Дневен интензитет	Средна количина на врнежи во влажни денови	SDII
Денови со силни врнежи:	Број на денови со дневно количество на врнежи поголемо или еднакво на 10mm	R10mm
Деновико многу силни (обилни) врнежи:	Број на денови со дневно количество на врнежи поголемо или еднакво на 20mm	R20mm
Денови со екстремни врнежи:	Број на денови со дневно количество на врнежи поголемо од дефиниран праг 30mm; 40mm; 50mm	Rnnmm
Последователни сушни денови	Максимална должина на сушен период каде врнежите се помали од 1mm	CDD
Последователни влажни денови	Максимална должина на влажен период кога врнежите се поголеми или еднакви на 1mm	CWD
Врнежи во многу влажни денови	Вкупни врнежи во денови кога врнежите се над 95-ти перцентил	R95pTOT
Врнежи во екстремно влажни денови	Вкупни врнежи во денови кога врнежите се над 99-ти перцентил	R99pTOT
Вкупни врнежи во влажни денови	Вкупни врнежи во влажни денови кога врнежите се поголеми или еднакви на 1mm	PRCPTOT

Направена е пресметка и анализа на мерењата за дневните количества на врнежи за периодот од 1951-2022 година, како дополнување на претходно анализираниот период 1951-2019, за метеоролошките станици Битола, Прилеп, Штип, Крива Паланка, Берово, Струмица, Демир Капија, Гевгелија, Охрид и Лазарополе.

#### МАКСИМАЛНИ ЕДНОДНЕВНИ ВРНЕЖИ

Индексот на максимални еднодневни врнежи е климатски индикатор кој ја покажува максималната измерена количина на врнежи во еден ден. Според стандардите на СМО, мерењето на дневните врнежи за одреден ден се извршува во 07.00 часот по централно европско време и се однесува на вкупното количество врнежи во претходните 24 часа. Највисоката вредност од овие мерења во текот на целата година претставува годишен максимум на дневни врнежи.

$$RX1j = \max (RRij)$$

нека  $RRij$  е дневна количина на врнежи за ден  $i$  во периодот  $j$ ;  
тогаш максималната еднодневна вредност за период  $j$  е  $RX1j$ .

Зголемувањето на вредностите на овој индекс со текот на времето се уште еден сигнал на промените. Особено е важен за проценка на ризикот од поплави, планирање на

инфраструктура, но и влијанија врз земјоделството. Големи вредности на овој индекс се често поврзани со појава на ненадејни буични поплави.

Според многугодишните податоци, апсолутно максимално количество на дневни врнежи во Републиката е регистрирано во Гевгелија, на 05.06.2004 год., и изнесува 201.0mm, и оваа вредност не е надмината во дополнително анализираниот период (табела 11).

Табела 11: Годишен максимум на дневните врнежи за период 1951-2022 година

	Битола	Гевгелија	К.Паланка	Лазарополе	Охрид	Прилеп	Струмица	Штип	Берово	Д.Капија
RX1ден	116	201	97	154.4	90.4	120.2	107	86.9	103.7	124.2
датум	19.11.1979	05.6.2004	05.7.1970	24.10.1981	16.11.1962	19.11.1979	27.7.2002	24.5.2017	28.5.2021	19.11.1979

Едноставната линеарна анализа на вредностите во многугодишниот период, покажува дека постои поголем или помал тренд на зголемување на максималните дневни врнежи, освен во Прилеп и Битола (график 18).

#### МАКСИМАЛНИ ПЕТОДНЕВНИ ВРНЕЖИ

Индексот на врнежи максимални петодневни врнежи е климатски индикатор кој ја покажува максималната измерена количина на врнежи во пет последователни дена. Вредностите на годишните максимални петодневни врнежи се пресметани како најголемата сума на врнежи во пет последователни дена. При тоа, датата под која се забележуваат петодневните врнежи ја означува сумата од претходните пет дена.

$$RX5j = \max (RRkj)$$

нека  $RRkj$  е количина на врнежи за петдневен интервал  $k$  во периодот  $j$ ;  
каде  $k$  е дефиниран со последниот ден;  
тогаш максималните петдневни вредност за период  $j$  се  $RX5j$ .

Влијанието на овој индекс е особено важно за анализирање на долготраен настан со обилни врнежи, овозможувајќи да се објасни како повеќедневните врнежи од дожд влијаат врз поплавите, земјоделството, инфраструктурата и отпорноста на климатските промени.

Апсолутно највисоките петодневни врнежи 244.9mm се измерени во Гевгелија на 06.06.2004 (табела 12). Во оваа врнежлива епизода, во траење од 01.06 до 06.06.2004, е забележана и максималната дневна количина на врнежи измерени во Републиката од 201.0mm на 05.06.2004. Анализата на многугодишните податоци покажува дека максималните петодневни врнежи се појавуваат најчесто во лето или есен.

Табела 12: Годишен максимум на петодневните врнежи за период 1951-2022 година

	Битола	Гевгелија	К.Паланка	Лазарополе	Охрид	Прилеп	Струмица	Штип	Берово	Д.Капија
RX5ден	193.2	244.9	130.4	210.1	137.6	159.5	143.6	112.2	122.3	183.6
датум	04.8.1957	06.6.2004	08.7.1970	28.10.1981	28.10.1981	21.11.1979	30.7.2002	17.6.1983	30.6.1957	06.12.1983

Од графичкиот приказ на максималните годишни петодневни врнежи, а за разлика од дневните максимални вредности, може да се забележи послабо изразен тренд на зголемување на вредностите (график 19). На некои мерни места не може да се утврди значаен тренд, а на некои постои тренд на намалување на максималните годишни петодневни врнежи од почетокот до крајот на многугодишниот период.

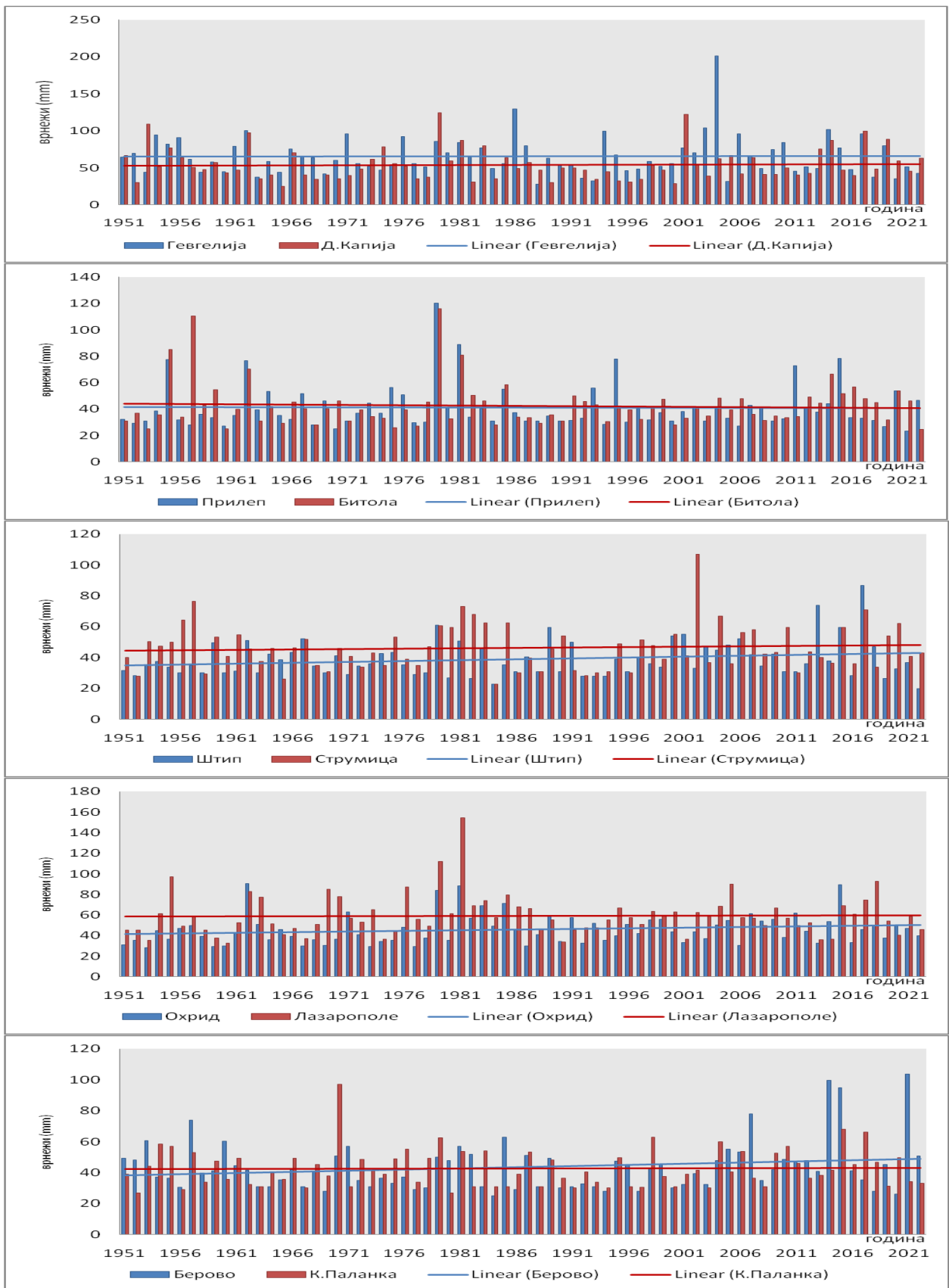


график 18: Годишни максимални дневни врнежи период 1951-2022година

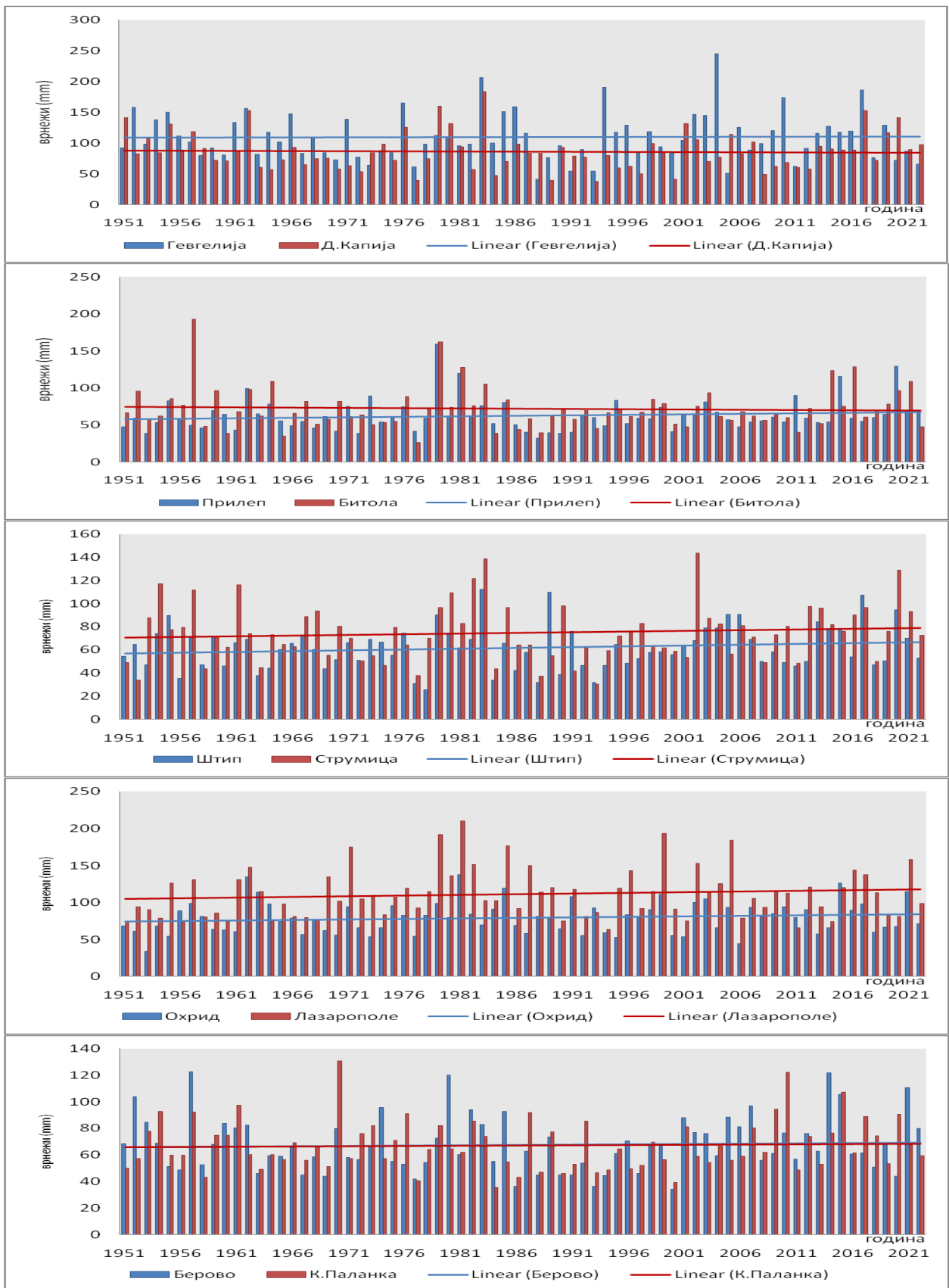


график 19: Годишни максимални петодневни врнежи период 1951-2022година

## ИНДЕКС НА СРЕДЕН ДНЕВЕН ИНТЕНЗИТЕТ

Индексот на среден дневен интензитет на врнежите (SDII) е едноставен дневен индекс на интензитет и е клучен климатски индикатор што се користи за мерење на просечниот интензитет на врнежите во влажни денови. Овој индекс се пресметува како збир на количината на врнежи во влажни денови (кога врнежите се поголеми или еднакви на 1mm), поделен со вкупниот број на влажни денови (кога  $RR \geq 1 \text{ mm}$ ). За временски период од една година, средниот дневен интензитет значи дека сумата на врнежите од деновите кога се тие поголеми или еднакви на 1mm е поделена со вкупниот број на денови кога имало појава на врнежи  $\geq 1 \text{ mm}$ .

$$SDII_j = \sum (RRw_j) / W$$

нека  $RR_{ij}$  е дневна количина на врнежи на влажен ден  $w$  ( $RR \geq 1 \text{ mm}$ ) во периодот  $j$ ;  $W$  е број на влажни денови во  $j$ .

Помага да се направи разлика помеѓу чести слаби дождови и обилни дождови кои се поретки. Високите вредности на SDII укажуваат на поинтензивни врнежи од дожд, дури и ако вкупните врнежи од дожд се непроменети. Поинтензивниот дожд ја зголемува можноста за ненадејни поплави, особено во урбаните средини.

Овој индекс има тенденција да се зголемува во многу региони, дури и кога бројот на влажни денови не се менува. Дава сигнал дека иако врнежите од дожд се поретки, тие се сè пообилни.

Анализата на податоците покажува дека просечниот среден дневен интензитет за многугодишен период 1951-2022 е речиси идентичен како и за претходниот период (1951-2019), односно дека е најголем во Гевгелија и Лазаропол, а најмал во Прилеп и Штип (табела 13). Максималниот среднодневен интензитет на врнежите е забележан во Гевгелија, во 2015, кога во деновите со врнежи имало просечно по 15.6mm дожд.

Табела 13: Просечен и максимален среден дневен интензитет за период 1951-2022 година

	Битола	Гевгелија	К.Паланка	Лазаропол	Охрид	Прилеп	Струмица	Штип	Берово	Д.Капија
просек 1951-2022	7.1	9.1	7.2	9.1	7.6	6.6	7.6	6.8	7.4	7.5
max година	11.4	15.8	10.2	12.4	11.1	10.2	12.9	10.6	11.3	10.9
	1981	2015	1978	1998	1998	1981	1955	2005	2012	2005

Дополнително, анализата на многугодишниот тренд покажува дека на ни едно мерно место не постои намалување на вредностите, туку дека среднодневниот интензитет на врнежите или се зголемува или има тренд на стагнација (график 20). Причината за зголемувањето на среднодневниот интензитет може да биде зголемувањето на вкупното количество врнежи или намалувањето на бројот на деновите со врнежи (или истовремено двата случаи).



график 20: Годишни среднодневни интензитети на врнежите за период 1951-2022 година

## БРОЈ НА ДЕНОВИ СО ОБИЛНИ ВРНЕЖИ, СО МНОГУ ОБИЛНИ ВРНЕЖИ И СО ВРНЕЖИ НАД ОДРЕДЕН ПРАГ

Според дефинициите на СМО, ден со обилни врнежи се смета ден за кој измерената количина на врнежи е поголема или еднаква од 10mm, а ден со многу обилни врнежи е ден за кој врнежите се поголеми или еднакви од 20mm. Исто така, како индекс за екстремни појави корисниците можат да дефинираат карактеристичен праг на количество на врнежи, што во овој случај е направено со анализата на бројот на денови со врнежи над 40mm.

$$RR_{ij} \geq 10 \text{ mm}; RR_{ij} \geq 20 \text{ mm}; RR_{ij} \geq 40 \text{ mm}$$

нека  $RR_{ij}$  е дневна количина на врнежи на влажен ден  $i$  во периодот  $j$ ;  
тогаш се бројат денови кога  $RR_{ij} \geq 10 \text{ mm}$ ,  $RR_{ij} \geq 20 \text{ mm}$  илии  $RR_{ij} \geq 40 \text{ mm}$ .

Индексот на број на денови со обилни врнежи ни помага да разбереме колку често се случуваат умерени до обилни врнежи од дожд. Овие настани имаат кумулативно влијание врз земјоделството, инфраструктурата, управувањето со водите и отпорноста на климатските промени.

Анализата на податоци во Република Северна Македонија покажува дека најголем број на денови со обилни врнежи се регистрирани во Лазарополе (просечно по 35 дена во годината) (табела 14). Максимален број на денови со обилни врнежи во текот на годината е забележан во Лазарополе -56 дена и во Охрид-42 дена во 2010 година.

Табела 14: Просечен и максимален број на денови со обилни врнежи за период 1951-2022 година

	Битола	Гевгелија	К.Паланка	Лазаропол	Охрид	Прилеп	Струмица	Штип	Берово	Д.Капија
просек 1951-2022	19	22	20	35	23	16	18	14	20	17
max	32	34	32	56	42	27	32	30	34	27
година	2002	1962	2020	2010	2010	2010	2014	2014	2014	1957;1983

Индексот на број на денови кога врнежите се поголеми или еднакви на 20mm ни помага да разбереме колку често се случуваат вакви многу обилни епизоди на врнежи од дожд. Просечниот број на денови со многу обилни врнежи, кога измереното дневно количество е 20mm или повеќе, во текот на годината е помал од бројот на денови со обилни врнежи. Така, во Лазарополе просечно има по 13 денови во годината со многу обилни врнежи, во Гевгелија по 9 дена, а најмалку вакви денови во текот на годината, просечно по 4 дена, се регистрираат во Прилеп и Штип (табела 15).

Табела 15: Просечен и максимален број на денови со многу обилни врнежи за период 1951-2022 година

	Битола	Гевгелија	К.Паланка	Лазаропол	Охрид	Прилеп	Струмица	Штип	Берово	Д.Капија
просек 1951-2022	5	9	6	13	7	4	6	4	6	6
max	12	21	11	21	14	9	14	12	11	14
година	2002	2014	1989;2008	2004;2010	1998;2010; 2012	1981	1955;2013	1974	1978;2017	1983;2015

Врнежите од дожд над 40mm во еден ден можат да предизвикаат ненадејни поплави, особено во урбаните или планинските области. Индексот помага во идентификување на региони со висок ризик и ефикасно планирање за итен одговор.

Број на денови со врнежи над 40mm е помал и ваквата појава е поретка, но не и занемарлива. Така, во неколку години на одредени мерни места имало и по 6 дена со вака исклучително обилни врнежи (во Лазарополе во 1970, 1985 и 2005, а во Гевгелија во 2017) (табела 16).

Табела 16: Просечен и максимален број на денови со врнежи над 40mm за период 1951-2022 година

	Битола	Гевгелија	К.Паланка	Лазарополе	Охрид	Прилеп	Струмица	Штип	Берово	Д.Капија
просек 1951-2022	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
max	3	6	3	6	3	5	4	3	3	4
година	1964;1981; 1985	2017	1959;1976; 2018	1970;1985; 2005	1962;1999	1981	1980	1981;2005	1957;2005; 2006;2015	1955;1957; 1962;1980

Податоците за годишниот број на денови со врнежи над 10mm, над 20mm и над 40mm во периодот 1951 до 2022 година покажуваат дека бројот на денови со обилни врнежи и врнежи над 40mm имаат мал незначителен позитивен тренд во однос на многу обилните врнежи каде трендот е поизразен (график 21а и 21б).

#### МАКСИМАЛНА ДОЛЖИНА НА ПОСЛЕДОВАТЕЛНИ ДЕНОВИ СО ВРНЕЖИ

Индексот на максимална должина на последователни денови со врнежи (CWD) го покажува најголемиот број на последователни денови кога количеството на врнежите е поголемо или еднакво на 1mm во текот на одреден период.

CWD- најголем број последователни денови со  $RR_{ij} \geq 1 \text{ mm}$

нека  $RR_{ij}$  биде дневна количина на врнежи на ден  $i$  во периодот  $j$ .

Овој индекс го покажува времетраењето на континуираните периоди со појава на дожд, што особено може да влијае на земјоделството, поплавите, но и на состојбата на почвата. Заедно со индексот за максималната должина на сушен период (CDD) даваат информација за континуираност на врнежливи или сушни периоди во текот на годината.

Апсолутно најголема должина на денови со врнежи е забележана во Гевгелија, со траење од 15 последователни денови во 1969 година (од 21.02 до 07.03). Во Лазарополе во два наврати максималната врнежливата епизода била со траење од 13 дена, на два пати по 12 дена итн. Во Берово, Битола и Охрид максимална должина на последователни денови со врнежи е 10 дена, со разлика што во Берово ваков врнежлив период се случил еднаш, а во Битола и Охрид три пати. Од табелата може да се забележи дека на некои мерни места никогаш не се случило период со врнежи да трае повеќе од десет дена (Демир Капија, Крива Паланка и Прилеп) (табела 17).

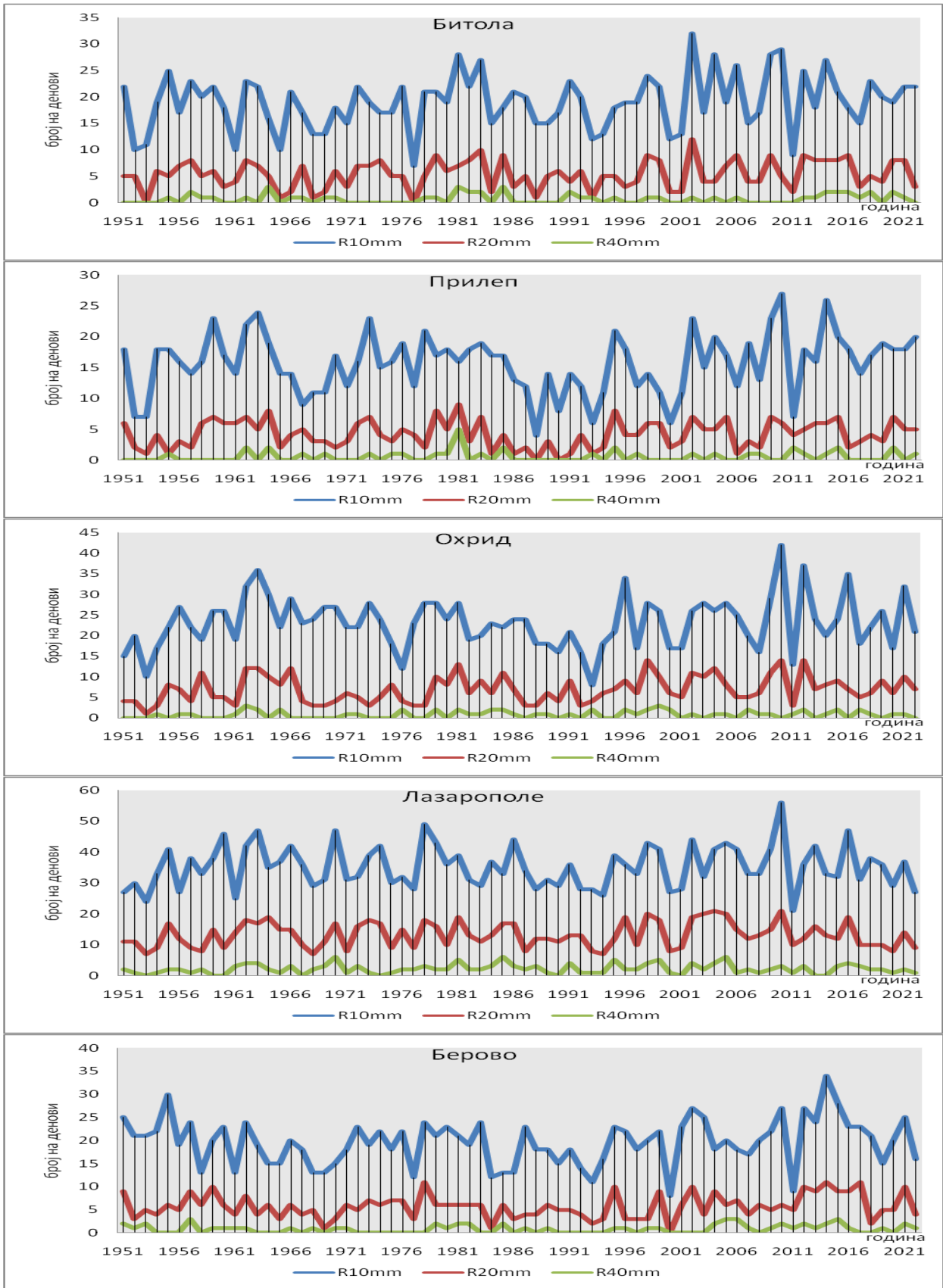


график 21а: Годишен од на број на денови со врнежи  $\geq 10\text{mm}$ ,  $\geq 20\text{mm}$  и  $> 40\text{mm}$

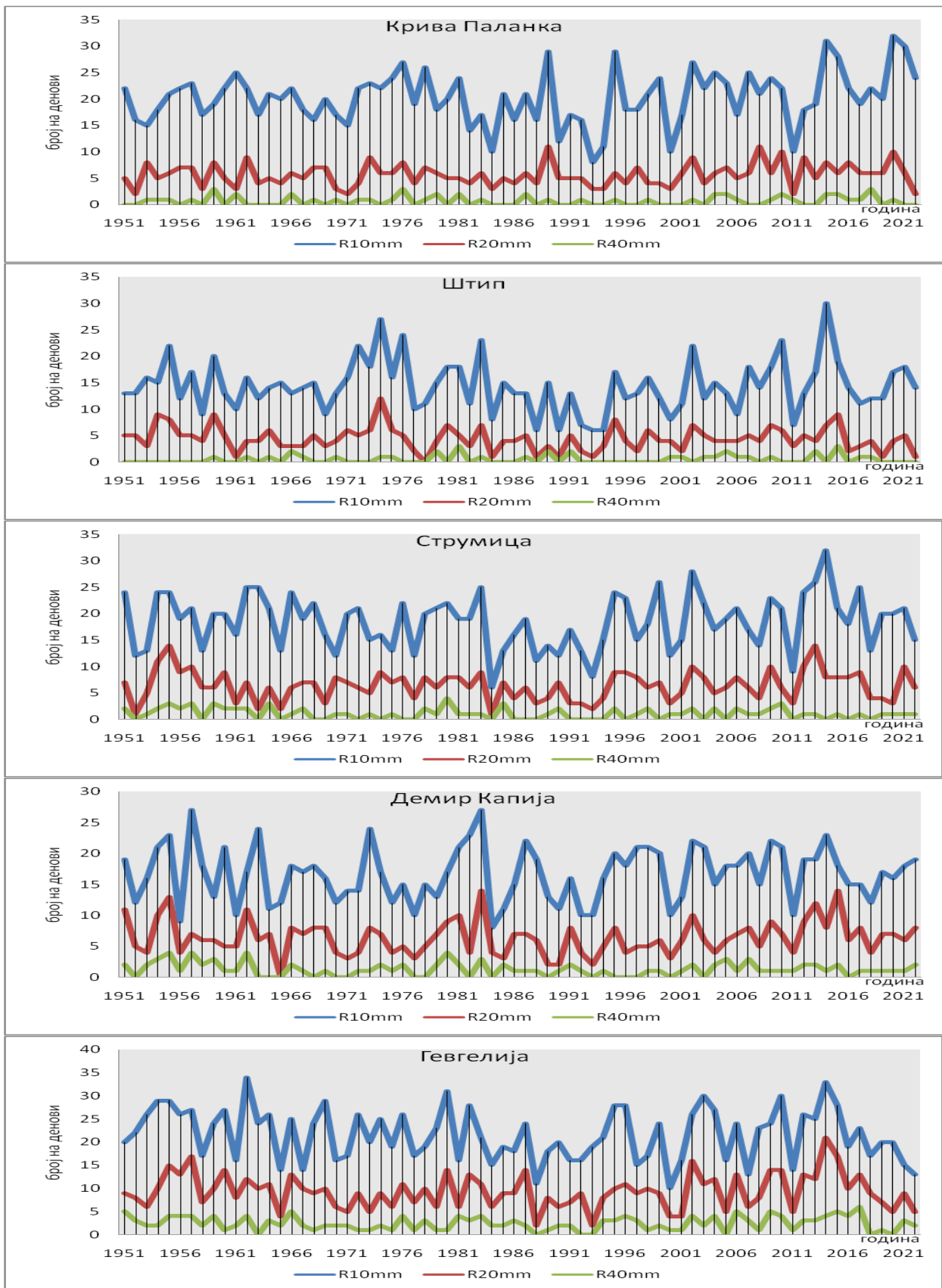


график 216: Годишен од на број на денови со врнежи  $\geq 10\text{mm}$ ,  $\geq 20\text{mm}$  и  $\geq 40\text{mm}$

Табела 17: Максимална должина на последователни денови со врнежи и честина на појава во период 1951-2022 година

број на денови	Берово	Битола	Д. Капија	Гевгелија	К.Паланка	Лазарополе	Охрид	Прилеп	Штип	Струмица
15				1						
14										
13						2				
12						2	2			
11				1		4	3		1	
10	1	4		2		9	3			
9	4		2	1	1	20	6			3
8	2	3	3	8	5	22	13	3		2
7	10	15	8	6	10	51	16	10	1	9
6	26	30	24	28	26	73	40	28	14	16
5	81	77	38	59	68	149	78	61	34	59

## ПОСЛЕДОВАТЕЛНИ СУШНИ ДЕНОВИ

Индексот CDD-последователни сушни денови спаѓа во групата на индекси засновани на максимален број на денови кои во континуитет не преминуваат одреден фиксен праг. Овој индекс се однесува на период со минимална количина на дневни врнежи помали од 1mm.

CDD- најголем број последователни денови со  $RR_{ij} < 1 \text{ mm}$

каде  $RR_{ij}$  биде дневна количина на врнежи на ден  $i$  во периодот  $j$ .

Овој индекс особено е значаен при истражувања за појава на суша која е сè позачестена појава во последниов период. Помага да се идентификуваат ранливите региони и ризикот од суши. Сушните услови го зголемуваат и ризикот од пожари, особено во шумските региони.

Најголем годишен број на сушни денови во изминатите 72 години, 103 денови се забележани во Демир Капија, додека најмал број, 58 денови се забележани во Лазарополе (табела 18, 19). Најголемиот годишен број на сушни денови речиси на сите метеоролошки станици неможе да се забележани во иста година. Како карактеристични години со најголем годишен број на сушни денови се издвојуваат 1956, 1961, 1965, 1969, 1986, 1988, 2001, 2003, 2018 и 2019 година, што е резултат на генералниот тренд на зголемување на бројот на сушни денови.

Табела 18: Годишен максимален број на последователни сушни денови за период 1951-2022 година

1951-2022	Берово	Битола	Д. Капија	Гевгелија	К.Паланка	Лазаропол	Охрид	Прилеп	Штип	Струмица
max	61	70	103	87	59	58	78	67	78	96
година	1961	1965	1969	1956	1969	2018	1986	1989	1992	1992

Табела 19: Честина на појава со максимален број на последователни сушни денови за период 1951-2022 година

број на денови	Берово	Битола	Д. Капија	Гевгелија	К.Паланка	Лазарополе	Охрид	Прилеп	Штип	Струмица
103			1							
102										
101										
100										
99										
98										
97										
96										1
95										
94										
93										
92										
91										
90										
89										
88										
87				1						1
86										
85										
84										
83										
82										
81										
80										
79										
78							1		1	
77										
76				1						
75				1						
74									1	
73										
72										
71										
70		1								2
69										
68			1							
67			1					1		
66							1			
65				1						
64		1								
63		2								
62										
61	1			1						
60	1		1					1	1	1
59					1			1		
58						1				
57							3			
56										
55	1			3			1		1	
54	1		1				1			1
53			2		1	1	2		1	1
52				1	3		1			1
51					1			1		1
50								2		1
49		3		1				1		
48			1	2	1		1	1		
47	1		2	3			2	2	2	1
46		1		2			1	1	1	
45	1			1		1	1	1	4	2
44			1	2			1	1	4	
43	2	1			1		2	5	1	2
42	1	2	3	3		1	2	1	2	4
41	2	1	1	4	2	1	1	1		1
40	2	2		2	2	3	1	1		1

ВКУПНА СУМА НА ВРНЕЖИ СО ДНЕВНА КОЛИЧИНА НАД 95-ТИОТ ПЕРЦЕНТИЛ И НАД 99-ТИОТ ПЕРЦЕНТИЛ

Индексите на вкупната сума на врнежи со дневна количина над 95-тиот перцентил (R95PTOT) и над 99-тиот перцентил (R99PTOT) се индикатори на климатски екстреми што ги мерат вкупните врнежи од многу влажни денови. Денови кога дневните врнежи од дожд го надминуваат 95-от и 99-от перцентил во однос на распределба на дневните врнежи на референтниот период. Генерално, овие индекси покажуваат колкава е годишната сума од врнежи кои имаат поголеми дневни количества (над 95тиот и над 99тиот перцентил), врнежи во т.н. многу

влажни и екстремно влажни денови. Граничната вредност на 95 и 99 перцентил означува дека 95, односно 99 проценти од вредностите на дневните врнежи се над тој праг.

$$R95pTOTj = \sum (RRwj), \text{ каде } RRwj > RRwn95,$$

RRwj е дневна количина на врнежи во ден со врнежи w ( $RR \geq 1 \text{ mm}$ ) во периодот j; RRwn95 е 95-иот перцентил на врнежите за референтниот период n (1961-1990).

$$R99pTOTj = \sum (RRwj), \text{ каде } RRwj > RRwn99,$$

RRwj е дневна количина на врнежи во ден со врнежи w ( $RR \geq 1 \text{ mm}$ ) во периодот j; RRwn99 е 99-иот перцентил на врнежите за референтниот период n (1961-1990).

Растечките трендови на овие индекси покажува на поместување кон поинтензивни врнежи од дожд. Тоа значи дека мал број многу влажни денови испорачуваат голем дел од вкупните врнежи од дожд. Ваква распределба на врнежите може да доведе до предизвици во управувањето со водите, каде што долгите сушни периоди се проследени со интензивни поплави.

Максималната годишна сума врнежи од многу влажните денови е измерена во Лазарополе во 1981 год. и изнесува 506,3mm (табела 20). Може да се забележи дека скоро на сите места, највисоките вредности се постигнати по 2000-та година. Просечната вредност на годишната сума на врнежи од многу влажните денови се движи од 118,2mm во Штип до 235,9mm во Лазарополе.

Табела 20: Максимална и просечна годишна сума од врнежи со дневни вредности над 95-тиот перцентил за период 1951-2022 година

	Берово	Битола	Д. Капија	Гевгелија	К.Паланка	Лазарополе	Охрид	Прилеп	Штип	Струмица
max	368.2	362	468.2	488.5	306.4	506.3	395.6	440.3	294.1	363.4
година	2014	2002	1962	2015	2010	1981	1962	1981	2015	2013
просек 1951-2022	153.8	148.9	153.0	200.5	143.0	235.9	157.6	124.0	118.2	156.3

Максималната годишна сума врнежи од екстремно влажните денови, со дневни вредности над 99-тиот перцентил е измерена во Гевгелија во 2009 год. и изнесува 283,3mm (табела 21). Просечната вредност на годишната сума на врнежи од многу влажните денови се движи од 66.7mm во Штип до 115.6mm во Гевгелија.

Табела 21: Максимална и просечна годишна сума од врнежи со дневни вредности над 99-тиот перцентил за период 1951-2022 година

	Берово	Битола	Д. Капија	Гевгелија	К.Паланка	Лазарополе	Охрид	Прилеп	Штип	Струмица
max	207.3	236.8	221.8	283.3	169.4	277.2	221.1	342.5	141.6	175.4
година	1951	1981	1962	2009	1957	2005	1962	1981	1981	1957
просек 1951-2022	84.9	77.2	93.4	115.6	74.4	102.5	78.4	72.3	66.7	74.5

## ВКУПНА СУМА НА ВРНЕЖИ ВО ВЛАЖНИ ДЕНОВИ

Индексот за вкупната сума на врнежи во влажни денови (PRCpTOT) ги опфаќа вкупните врнежи за одреден период дефинирани како денови со врнежи кои се поголеми или еднакви на 1mm. Овој индекс има приближна вредност со вкупната месечна или годишна сума, но сепак се разликува. Дополнително, разликата помеѓу овие вредности покажува колкава е вкупната количина на врнежи од деновите кога дневната вредност е помеѓу 0-1mm.

$$PRCpTOT_j = \sum (RRw_j),$$

каде  $RRw_j$  е дневна количина на врнежи во ден со врнежи  $w$  ( $RR \geq 1 \text{ mm}$ ) во период  $j$ . Овој индекс е основа на анализата на врнежите. Особено е важен за мониторинг на суша и појави на поплава, бидејќи мали вредности на овој индекс посочуваат на сушни услови, а големи вредности на ризик од поплави. Има големи влијанија и врз управувањето на ресурсите со вода, бидејќи не станува збор само за тоа колку често врне, туку и колкава количина ќе наврне.

Апсолутно најголемата годишна сума на врнежи е измерена за 2010 година во Лазарополе и изнесува 1555,8mm. Од податоците за многугодишниот период, просечните годишни суми се движат од 465,3mm во Штип до 1039,7mm во Лазарополе (табела 22).

Табела 22: Максимална и просечна годишна сума од врнежи со дневни вредности поголеми од 1mm за период 1951-2022 година

	Битола	Гевгелија	К.Паланка	Лазарополе	Охрид	Прилеп	Струмица	Штип	Берово	Д.Капија
просек 1951-2022	600.1	691.4	634.2	1039.7	687.3	530.6	575.8	465.3	629.2	565.0
max	870.0	1151.6	982.6	1555.8	1130.5	818.6	875.7	783.5	1025.8	808.4
година	1981	2014	2010	2010	2010	1981	2002	2014	2014	1983

Од графициите за годишната сума на врнежи во период од 1951 година, не може да се забележи изразен тренд на вредностите (график 21). Имено, на најголем број на мерни места годишната сума на врнежи подеднакво варира над или под просекот, додека незначителен тренд на зголемување се забележува во Битола, Струмица, Берово и Крива Паланка, а само во Демир Капија и Прилеп постои незначителен тренд на намалување на годишната сума на врнежи.

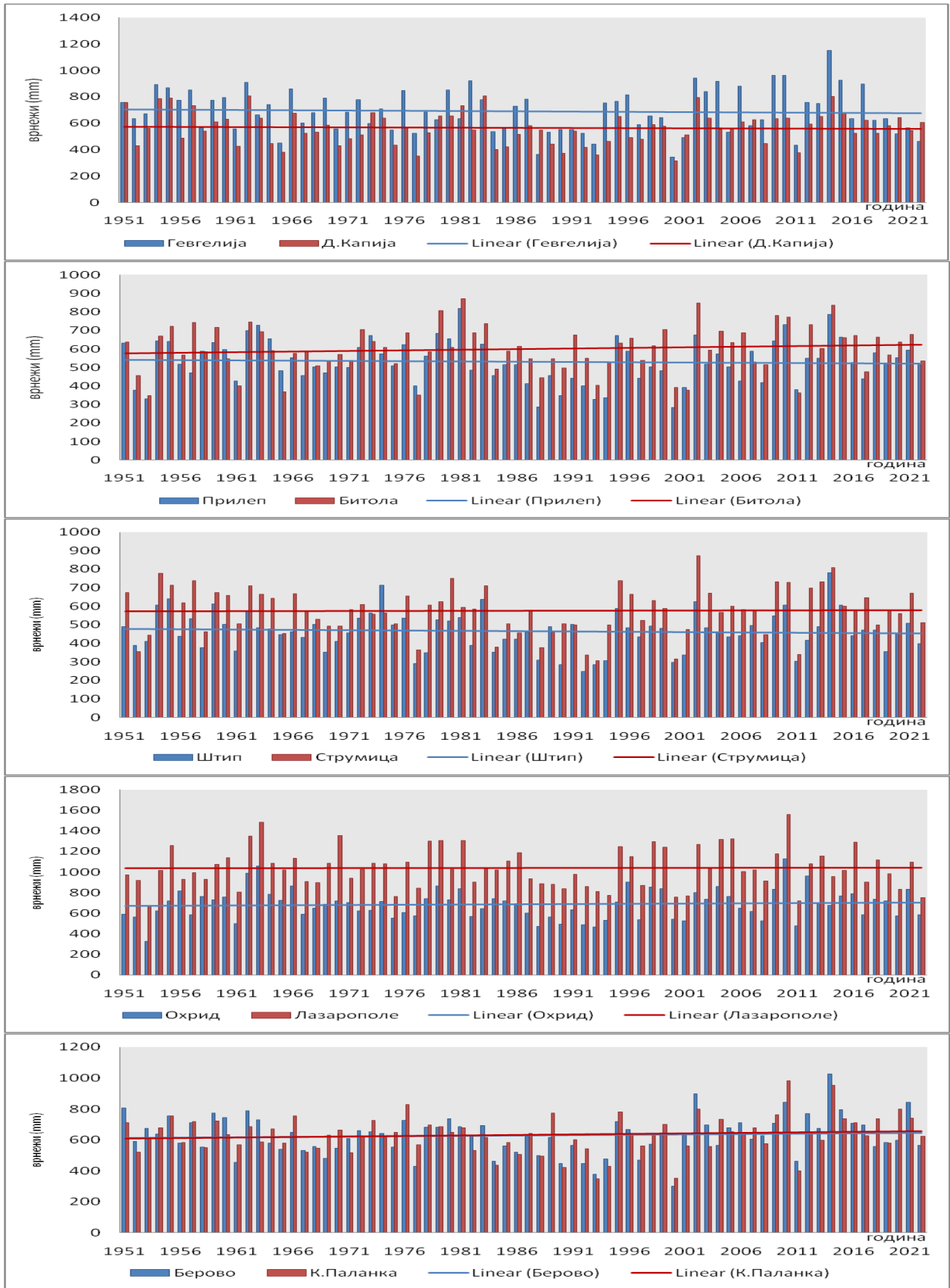


график 22: Вкупна годишна сума на врнежи во влажни денови (со  $RR \geq 1mm$ ) за период 1951-2022 год.

<i>Вовед</i> .....	2
Индекси на температура на воздух.....	3
Мразни денови .....	4
Ледени денови.....	7
Тропски ноќи.....	9
Должина на вегетациски период.....	11
Максимални и минимални вредности на дневната максимална и дневната минимална температура на воздухот .....	13
Студени денови.....	16
Судени ноќи.....	17
Топли денови .....	19
Топли ноќи.....	21
Индекс на времетраење на тоplotен бран .....	23
Индекс на времетраење на студен бран .....	25
Дневен температурен интервал .....	27
Индекси на врнежи.....	29
Максимални еднодневни врнежи.....	30
Максимални петодневни врнежи .....	32
Индекс на среден дневен интензитет.....	34
Број на денови со обилни врнежи, со многу обилни врнежи и со врнежи над одреден праг .....	36
Максимални и минимални вредности на дневната максимална и дневната минимална температура на воздухот .....	36
Максимална должина на последователни денови со врнежи.....	37
Последователни сушни денови .....	40
Вкупна сума на врнежи со дневна количина над 95-иот и 99-иот перцентил.....	41
Вкупна сума на врнежи во влажни денови .....	43