

SKPF-Wincompete Test Series 2026

पाठ्य सामग्री - PART I : खण्ड 3: भूगोल

Test 12 -राजस्थान भूगोल (भौतिक)

अध्याय 1: पश्चिमी रेतीला मैदान - भू-वैज्ञानिक उत्पत्ति, वर्गीकरण एवं बालुका स्तूप

राजस्थान का पश्चिमी रेतीला मैदान, जिसे थार का मरुस्थल भी कहा जाता है, राज्य के विशालतम भौतिक प्रदेश का प्रतिनिधित्व करता है। यह अरावली पर्वतमाला के उत्तर-पश्चिम और पश्चिम में विस्तृत है। यह क्षेत्र न केवल भू-वैज्ञानिक दृष्टि से अत्यंत अनूठा है, बल्कि अपनी विशिष्ट विवर्तनिक, जलवायवीय और स्थलाकृतिक विशेषताओं के कारण वैश्विक मरुस्थलों में सर्वाधिक जनघनत्व और जैव-विविधता वाला अंचल है।

1. भू-वैज्ञानिक उत्पत्ति और प्रागैतिहासिक आधार

पश्चिमी रेतीले मैदान की भू-वैज्ञानिक उत्पत्ति अत्यंत जटिल प्रागैतिहासिक घटनाओं का परिणाम है। भू-आकृतिक विज्ञान और पुरा-भूगोल के स्थापित सिद्धांतों के अनुसार, यह क्षेत्र मूल रूप से **टेथिस महासागर (Tethys Sea)** का हिस्सा था।

उत्पत्ति के साक्ष्य और भू-वैज्ञानिक कालक्रम:

- **अवसादी चट्टानी संरचना:** इस क्षेत्र की भू-गर्भिक संरचना में पाए जाने वाले खारे पानी के निक्षेप, चूना पत्थर, बलुआ पत्थर और जिप्सम की परतें प्राचीन महासागरीय विसर्जन को प्रमाणित करती हैं।
- **आकल वुड फॉसिल पार्क (जैसलमेर):** जैसलमेर के निकट स्थित यह स्थान जुरैसिक काल (लगभग 180 मिलियन वर्ष पूर्व) के काष्ठ जीवाश्मों को संजोए हुए है। यह इस बात का विधिक प्रमाण है कि यहाँ मरुस्थलीकरण से पूर्व अत्यधिक आर्द्र जलवायु और घने वन विद्यमान थे।
- **जीवाश्म ईंधन के भंडार:** टर्शियरी काल (Tertiary Period) में सूक्ष्मजीवों और वनस्पतियों के महासागरीय अवसादों के नीचे दबने के कारण ही वर्तमान बाड़मेर-सांचौर बेसिन और जैसलमेर बेसिन में प्रचुर मात्रा में पेट्रोलियम, प्राकृतिक गैस और लिग्नाइट कोयले के निक्षेप निर्मित हुए हैं।
- **विवर्तनिक उत्थान:** उप-चतुर्थक काल (Pleistocene Epoch) के दौरान विवर्तनिक हरचलनों के कारण समुद्र का पीछे खिसकना (Regression) शुरू हुआ और क्रमिक जलवायवीय शुष्कता के कारण यह क्षेत्र मरुस्थल में परिवर्तित हो गया।

2. भौगोलिक अवस्थिति, विस्तार और सीमांकन

पश्चिमी रेतीले मैदान का विस्तार राजस्थान के कुल भौगोलिक क्षेत्रफल के एक बहुत बड़े हिस्से पर है। इसके क्षेत्रीय विनिर्देश निम्नलिखित सांख्यिकीय आँकड़ों द्वारा स्पष्ट किए जा सकते हैं:

भौगोलिक पैरामीटर	विवरण और वास्तविक आँकड़े
कुल क्षेत्रफल हिस्सेदारी	राजस्थान के कुल क्षेत्रफल का लगभग 61.11 प्रतिशत

जनसंख्या हिस्सेदारी	राज्य की कुल जनसंख्या का लगभग 40 प्रतिशत
विस्तार दिशा	अरावली श्रृंखला के उत्तर-पश्चिम से भारत-पाकिस्तान अंतरराष्ट्रीय सीमा तक
पूर्वी विधिक सीमा	50 सेमी समवर्षा रेखा (जो मरुस्थल को शेष राजस्थान से अलग करती है)
आंतरिक उप-विभाजन सीमा	25 सेमी समवर्षा रेखा (जो शुष्क और अर्द्ध-शुष्क मरुस्थल को बांटती है)
मुख्य ढाल प्रतिरूप	उत्तर-पूर्व से दक्षिण-पश्चिम की ओर (लूणी नदी के प्रवाह द्वारा प्रमाणित)
औसत ऊँचाई	समुद्र तल से लगभग 150 से 300 मीटर

3. पश्चिमी रेतीले मैदान का वृहद वर्गीकरण

जलवायवीय शुष्कता और बालुका स्तूपों की उपस्थिति के आधार पर इस संपूर्ण रेतीले मैदान को मुख्य रूप से दो बड़े उप-प्रदेशों में विभाजित किया गया है:

3.1 महान मरुभूमि - शुष्क रेतीला मैदान (0 से 25 सेमी वर्षा अंचल)

यह अत्यधिक शुष्कता, न्यूनतम वनस्पति और विशाल बालुका स्तूपों की सघनता वाला क्षेत्र है। इसे पुनः दो विशिष्ट उप-इकाइयों में वर्गीकृत किया जाता है:

A. बालुका स्तूप युक्त मरुस्थलीय प्रदेश

- यह वास्तविक 'इर्ग' (Erg) या रेतीला मरुस्थल है।
- यहाँ पवन के अपरदन और निक्षेपण के कारण निरंतर गतिशील रहने वाले रेत के टीलों की प्रधानता पाई जाती है।
- जैसलमेर, बाड़मेर, और बीकानेर का अधिकांश भाग इसके अंतर्गत शामिल है।

B. बालुका स्तूप मुक्त प्रदेश

- यह शुष्क मैदान का वह हिस्सा है जहाँ रेत के टीले नहीं पाए जाते, बल्कि प्राचीन चट्टानें धरातल पर अनावृत हैं।
- **भौगोलिक विस्तार:** पोकरण (जैसलमेर), फलोदी, और बालोतरा के मध्य का त्रिकोणीय क्षेत्र।
- **चट्टानी प्रकृति:** यहाँ जुरैसिक और टर्शियरी काल की बलुआ पत्थर और चूना पत्थर की चट्टानें पाई जाती हैं। इसे स्थानीय भाषा में '**हम्मादा**' (Hammada) या पथरीला मरुस्थल कहा जाता है। यहाँ वर्षा का जल एकत्रित होने से अस्थाई झीलें बनती हैं, जिन्हें '**प्लस**' या '**रन**' (Run) कहा जाता है।

3.2 राजस्थान बांगड़ - अर्द्ध-शुष्क मैदान (25 से 50 सेमी वर्षा अंचल)

अरावली के पश्चिमी ढालों और महान मरुभूमि के मध्य स्थित यह क्षेत्र 'स्टेपीडुल्य' वनस्पति और अंतःस्थलीय अपवाह के लिए जाना जाता है। इसका क्षेत्रीय विभाजन चार मुख्य बेसिनों में किया गया है:

4. अर्द्ध-शुष्क मैदान के उप-भौतिक क्षेत्र (Four Micro-Regions)

4.1 घग्गर का मैदान (उत्तरी अंचल)

- **विस्तार:** श्रीगंगानगर और हनुमानगढ़ जिले।

- **भू-आकृतियाँ:** यह मुख्य रूप से घग्गर (प्राचीन वैदिक सरस्वती) नदी द्वारा निर्मित जलोढ़ मैदान है। नदी के शुष्क मार्ग को स्थानीय भाषा में '**नाली**' कहा जाता है। वर्तमान में यह क्षेत्र सघन नहरी सिंचाई (इन्दिरा गांधी नहर) के कारण अत्यधिक कृषि उत्पादक बन चुका है, परंतु यहाँ जल-जमाव से '**सेम**' (SEM) की समस्या उत्पन्न हो गई है।

4.2 शेखावाटी प्रदेश - अंतःप्रवाह क्षेत्र

- **विस्तार:** सीकर, झुंझुनू, चुरू और डीडवाना-कुचामन का क्षेत्र।
- **अपवाह प्रकृति:** यहाँ की नदियाँ समुद्र तक नहीं पहुँचतीं, बल्कि आंतरिक बालुका स्तूपों में ही विलीन हो जाती हैं (जैसे कांतली नदी)।
- **स्थानीय भू-आकृतियाँ:** चूने की परत के कारण यहाँ खोदे गए कच्चे कुओं को स्थानीय भाषा में '**जोहड़**' या '**नाड़ा**' कहा जाता है। रेत के टीलों के मध्य के निचले स्थानों को '**सर**' कहा जाता है (जैसे- जसरासर, छापरसर)।

4.3 नागौरी उच्च भूमि

- **विस्तार:** नागौर और मध्यवर्ती जिले।
- **भौगोलिक विशेषता:** यह बंजर और पथरीली उच्च भूमि है जहाँ धरातल पर चूने और सोडियम के लवण पाए जाते हैं।
- **कुबड़ पट्टी (Hump Belt):** नागौर और अजमेर के मध्य भू-गर्भिक जल में **फ्लोराइड** की अत्यधिक मात्रा पाई जाती है। इस जल के निरंतर सेवन से स्थानीय निवासियों में हड्डियों का टेढ़ापन और दाँतों का पीलापन (फ्लूरोसिस) हो जाता है, जिसके कारण इस विशिष्ट पट्टी को 'कुबड़ पट्टी' या 'बांका पट्टी' कहा जाता है।

4.4 लूणी-जवाई बेसिन (गोडवाड़ प्रदेश)

- **विस्तार:** पाली, जालौर, जोधपुर का दक्षिणी भाग, और बाड़मेर का पूर्वी हिस्सा।
- **अपवाह प्रतिरूप:** अरावली के पश्चिमी ढालों से निकलने वाली लूणी और उसकी सहायक नदियाँ (जवाई, सुकड़ी, बांडी) इस अर्द्ध-शुष्क मैदान को उपजाऊ बनाती हैं। बालोतरा तक इस नदी का जल मीठा रहता है, परंतु उसके बाद मरुस्थलीय लवणीय मृदा के संपर्क में आने से यह खारा हो जाता है।
- **स्थानीय शैल संरचना:** जालौर के निकट ग्रेनाइट और रायोलाइट चट्टानों की गोलाकार पहाड़ियाँ पाई जाती हैं, जिन्हें **५६ की पहाड़ियाँ** (नाकोड़ा पर्वत) कहा जाता है।

5. बालुका स्तूपों का वर्गीकरण और गतिकी (Types of Sand Dunes)

पवन पश्चिमी रेतीले मैदान में स्थलाकृतियों के निर्माण का सबसे मुख्य भू-आकृतिक कारक (Geomorphic Agent) है। पवन के वेग, दिशा, और वनस्पतियों के अवरोध के आधार पर मरुस्थल में विभिन्न प्रकार के बालुका स्तूप निर्मित होते हैं:

5.1 बरखान या बरछान (Barchan) - अर्द्धचन्द्राकार स्तूप

- **ज्यामितीय आकृति:** ये वायु की दिशा के समकोण पर बनने वाले अर्द्धचन्द्राकार (Crescent-shaped) टीले हैं, जिनका उत्तल ढाल पवन के सम्मुख और अवतल ढाल पवन की दिशा के विपरीत होता है।
- **गतिशीलता:** ये मरुस्थल के सर्वाधिक गतिशील और अस्थिर टीले हैं।
- **चुनौती:** अपनी तीव्र गतिशीलता के कारण ये मरुस्थलीकरण को बढ़ाने और कृषि भूमि को नष्ट करने में सबसे खतरनाक माने जाते हैं। चुरू, सीकर और ओसियाँ (जोधपुर) में इनकी बहुलता है।

5.2 अनुदैर्घ्य या रेखीय बालुका स्तूप (Longitudinal Sand Dunes)

- **ज्यामितीय आकृति:** ये पवन के प्रवाहित होने की दिशा के **समानांतर (Parallel)** निर्मित होते हैं। इन्हें 'सीफ' (Seif) भी कहा जाता है जब पवन की दिशा में थोड़ा विक्षेप होता है।
- **क्षेत्रीय वितरण:** ये मुख्य रूप से भारत-पाकिस्तान सीमा के निकट, जैसलमेर के दक्षिणी भागों और बाड़मेर में पाए जाते हैं।

5.3 अनुप्रस्थ बालुका स्तूप (Transverse Sand Dunes)

- **ज्यामितीय आकृति:** जब पवन के मार्ग में दीर्घकाल तक निरंतर एक ही दिशा से प्रवाह होता है, तो हवा के **समकोण (Right Angle)** पर रेत का निक्षेपण होता है।
- **क्षेत्रीय वितरण:** बीकानेर, जोधपुर के पूर्वी भाग, और चुरू जिले में इनकी प्रधानता है।

5.4 तारा बालुका स्तूप (Star Sand Dunes)

- **ज्यामितीय आकृति:** जब किसी क्षेत्र में पवन की दिशा अनिश्चित होती है और हवाएं चारों दिशाओं से बदल-बदल कर चलती हैं, तो केंद्रीय बिंदु से कई भुजाओं वाले तारे जैसी आकृति के टीले बनते हैं।
- **क्षेत्रीय वितरण:** जैसलमेर का मोहनगढ़ क्षेत्र और श्रीगंगानगर का सूरतगढ़ क्षेत्र।

5.5 पैराबोलिक बालुका स्तूप (Parabolic Sand Dunes)

- **ज्यामितीय आकृति:** इनकी आकृति महिलाओं के बालों के 'हेयरपिन' जैसी या बरखान के बिल्कुल विपरीत होती है। ये मरुस्थल में बिखरी हुई वनस्पतियों के अवरोध के कारण बनते हैं।
- **विशेषता:** यह राजस्थान के संपूर्ण मरुस्थलीय भाग में पाए जाने वाले **सर्वाधिक विस्तृत** बालुका स्तूप हैं।

5.6 सब्रकाफीज (Scrub-coppice) बालुका स्तूप

- ये अत्यंत छोटे आकार के टीले होते हैं, जो मरुस्थलीय छोटी झाड़ियों (जैसे कैर, बेर, आक) और घास के गुच्छों के पीछे रेत के जमाव से बनते हैं।

6. थार मरुस्थल की विशिष्ट जलवायवीय और पारिस्थितिक घटनाएं

पश्चिमी रेतीला मैदान अपनी कठोर जलवायवीय चरम सीमाओं के लिए जाना जाता है, जहाँ कुछ विशिष्ट भौतिक परिघटनाएँ घटित होती हैं:

- **मार्च ऑफ डेजर्ट (मरुस्थल का आगे बढ़ना):** मरुस्थल का अपनी विधिक सीमाओं को लांघकर उत्तर-पूर्व दिशा की ओर (हरियाणा और दिल्ली की तरफ) क्रमिक विस्तार होना 'मार्च ऑफ डेजर्ट' कहलाता है। इसके लिए अरावली के बीच के अंतरालों (Gaps) से होकर बहने वाली तीव्र जून की हवाएं जिम्मेदार हैं। जैसलमेर का **नाचना गाँव** इस घटना के लिए सर्वाधिक बदनाम है।
- **भभूल्या (Dust Devil):** ग्रीष्म ऋतु (मुख्यतः मई-जून) में मरुस्थल के किसी स्थानीय स्थान पर अत्यधिक गर्मी के कारण वायु गर्म होकर तेजी से ऊपर उठती है, जिससे वहाँ एक तीव्र निम्न वायुदाब का केंद्र बनता है। इस शून्यता को भरने के लिए चारों ओर की हवाएं चक्रवातीय रूप में घूमती हैं, जिसे स्थानीय भाषा में 'भभूल्या' या लघु चक्रवात कहा जाता है।
- **लू (Loo):** ग्रीष्मकाल में थार के मैदान में चलने वाली अत्यधिक गर्म, शुष्क और दमनकारी हवाएं, जो तापमान को 48 डिग्री सेल्सियस से ऊपर ले जाती हैं।

7. तुलनात्मक तालिका: शुष्क मरुस्थल बनाम अर्द्ध-शुष्क मैदान

आकृतिक लक्षण	शुष्क मरुस्थलीय मैदान (महान मरुभूमि)	अर्द्ध-शुष्क मैदान (राजस्थान बांगड़)
औसत वार्षिक वर्षा	0 से 25 सेंटीमीटर	25 से 50 सेंटीमीटर
प्रमुख मृदा वर्ग	एरिडिसॉल्स / एंटीसॉल्स (मोटे कणों की रेतीली)	भूरी रेतीली / जलोढ़ मिश्रित मृदा
बालुका स्तूप सघनता	अत्यधिक उच्च (बरखान और सीफ की प्रधानता)	अपेक्षाकृत कम (टीलों के बीच कृषि मैदान)

अपवाह प्रणाली	पूर्णतः अनुपस्थित (केवल अस्थाई रन/पलाया)	अंतःप्रवाह बेसिन और लूणी नदी तंत्र
वनस्पति के प्रकार	मरुद्भिद (जीरोफाइट्स - कांटेदार झाड़ियां)	स्टेपी तुल्य घास (सेवन, लिलोन) और खेजड़ी
मुख्य आर्थिक आधार	पशुपालन (भेड़-बकरी), खनिज तेल, सौर ऊर्जा	नहरी कृषि, दलहन-तिलहन उत्पादन, ग्वार

8. पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **पलाया (Playa):** मरुस्थलीय क्षेत्रों में उच्च पहाड़ियों या टीलों से घिरी अस्थाई खारे पानी की झीलें। जैसलमेर में इन्हें 'ढंढ' भी कहा जाता है।
- **लाठी सीरीज़ (Lathi Series):** जैसलमेर से पोंकरण के मध्य भारत-पाकिस्तान अंतरराष्ट्रीय सीमा के समानांतर स्थित एक भू-गर्भिक **मीठे जल की जलपट्टी**। यह प्राचीन सरस्वती नदी के अवशेष के रूप में पहचानी जाती है। यहाँ अत्यंत पौष्टिक '**सेवन**' घास (*Lasiurus scindicus*) पाई जाती है, जो दुधारू पशुओं के लिए उत्तम है।
- **पीवणा (Peevna):** थार मरुस्थल में पाई जाने वाली पीले रंग की अत्यंत विषैली सर्प प्रजाति, जो सोते हुए मनुष्यों की सांसों में जहर घोलने के लिए जानी जाती है।
- **नेहड़ (Nehad):** सांचौर (जालौर) के निकट स्थित दलदली निम्न भूमि, जिसका निर्माण लूणी नदी के जल भराव और महासागरीय विसर्जन के अवशेषों से हुआ है।
- **खड़ीन (Khadin):** जैसलमेर के पालीवाल ब्राह्मणों द्वारा मध्यकाल (15वीं शताब्दी) में विकसित की गई जल संरक्षण और बहु-फसलीय कृषि प्रणाली। इसमें ढालू भूमि के निचले भाग पर मिट्टी का बांध बनाकर वर्षा जल रोका जाता है, और पानी सूखने पर वहाँ रबी की फसल (चना, गेहूँ) उगाई जाती है।

9. मरुस्थलीय पारिस्थितिकी चुनौतियाँ

पश्चिमी रेतीला मैदान अपनी नाजुक पारिस्थितिकी (Fragile Ecosystem) के कारण गंभीर संकटों का सामना कर रहा है, जिनका निवारण नीतिगत स्तर पर अनिवार्य है:

1. **अनियंत्रित चारण (Overgrazing):** पशुओं की अत्यधिक संख्या के कारण मरुस्थलीय घास के मैदान नष्ट हो रहे हैं, जिससे ऊपरी मृदा ढीली होकर पवन अपरदन के प्रति संवेदनशील हो जाती है।
2. **जल-जमाव और लवणता:** इन्दिरा गांधी नहरी क्षेत्र में अत्यधिक सिंचाई के कारण भू-गर्भिक चूने की परत से जल ऊपर की ओर रिसता है (केशिकात्व क्रिया - Capillary Action)। इससे भूमि दलदली हो जाती है जिसे 'सेम समस्या' कहते हैं। हनुमानगढ़ का **बड़ोपल गाँव** इससे सर्वाधिक प्रभावित है।
3. **खनन गतिविधियाँ:** बाड़मेर और बीकानेर में कोयला और तेल निकालने के लिए की जाने वाली अंधाधुंध खुदाई से मरुस्थल के प्राकृतिक ड्रेनेज और जैव-विविधता को क्षति पहुँच रही है।

10. आर्थिक भूगोल के परिप्रेक्ष्य में थार का सामरिक महत्व

आधुनिक वैज्ञानिक अनुसंधानों ने पश्चिमी रेतीले मैदान को केवल एक बंजर भूमि मानने की धारणा को पूरी तरह बदल दिया है। वर्तमान में यह क्षेत्र भारत की आर्थिक संप्रभुता के लिए निम्नलिखित रूपों में एक रणनीतिक स्तंभ बन चुका है:

A. सौर और पवन ऊर्जा का वैश्विक केंद्र:

- उच्चतम सौर विकिरण दर (Solar Radiation) और पाला रहित साफ आसमान के कारण यह क्षेत्र देश में गैर-पारंपरिक ऊर्जा के उत्पादन के लिए सर्वोत्तम है। भड़ला और नोख जैसे विशाल सौर पार्क इसके प्रत्यक्ष उदाहरण हैं।

B. हाइड्रोकार्बन का प्रचुर स्रोत:

- बाड़मेर-सांचौर बेसिन के मंगला, भाग्यम और ऐश्वर्या कुओं से प्रतिदिन देश के कुल घरेलू ऑनशोर कच्चा तेल उत्पादन का एक बहुत बड़ा हिस्सा प्राप्त होता है। पचपदरा में रिफाइनरी की स्थापना इसी भौतिक प्रदेश की देन है।

C. विशिष्ट खनिज संपदा:

- यह क्षेत्र इमारती पत्थरों, चूना पत्थर (SMS ग्रेड जैसलमेर), जिप्सम (जामसर बीकानेर) और बेंटोनाइट जैसे औद्योगिक अधात्विक खनिजों का अक्षय भंडार गृह है।
-

अध्याय 2: अरावली पर्वतीय प्रदेश - भू-वैज्ञानिक इतिहास, वर्गीकरण एवं सामरिक महत्व

अरावली पर्वतीय प्रदेश का राजस्थान के भौतिक भूगोल में एक केंद्रीय और रणनीतिक स्थान है। यह न केवल राज्य की मुख्य जल-विभाजक रेखा है, बल्कि भारत उपमहाद्वीप की सबसे प्राचीन भू-वैज्ञानिक संरचनाओं में से एक है। यह भौतिक प्रदेश दक्षिण-पश्चिम से उत्तर-पूर्व दिशा में एक कर्णवत पट्टी के रूप में विस्तृत है, जो राजस्थान को दो असमान स्थलाकृतिक और जलवायवीय भागों में विभाजित करता है।

1. भू-वैज्ञानिक इतिहास और उत्पत्ति चक्र

अरावली पर्वतमाला की भू-वैज्ञानिक उत्पत्ति और इसका विकास पृथ्वी के प्रागैतिहासिक इतिहास की सबसे प्राचीन विवर्तनिक घटनाओं से संबद्ध है। इसके कालक्रम और चट्टानी तंत्र की व्याख्या निम्नलिखित भू-वैज्ञानिक आधारों पर की जाती है:

उत्पत्ति का कालक्रम:

- **प्री-कैम्ब्रियन युग (Pre-Cambrian Era):** अरावली पर्वतमाला का निर्माण आज से लगभग 600 से 700 मिलियन वर्ष पूर्व प्री-कैम्ब्रियन काल में हुआ था। यह विश्व की **प्राचीनतम वलित पर्वत श्रृंखलाओं** (Oldest Folded Mountains) में से एक है, जो अमेरिका के अप्लेशियन पर्वत के समकालीन मानी जाती है।
- **भू-सन्नति सिद्धांत:** इसका उद्भव प्राचीन **अरावली भू-सन्नति** (Geosyncline) में जमा अवसादों पर पड़े तीव्र क्षैतिज संपीड़न बलों (Horizontal Compressive Forces) के कारण हुआ था।

चट्टानी संरचना और देहली संघ (Delhi Supergroup):

- **मूल चट्टानें:** अरावली की रीढ़ मुख्य रूप से आग्नेय और अत्यधिक कार्यांतरित (Metamorphic) चट्टानों जैसे क्वार्ट्जाइट, शिस्ट, ग्रेनाइट और ग्रेनाइट से निर्मित है।
- **भू-वैज्ञानिक वर्गीकरण:** ए.एम. हेरॉन (A.M. Heron) के भू-वैज्ञानिक अध्ययनों के अनुसार, यहाँ के शैल तंत्र को मुख्य रूप से तीन श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया है:
 1. **आर्कियन ग्रिसिक कॉम्प्लेक्स** (Banded Gneissic Complex - BGC)
 2. **अरावली सुपरग्रुप**
 3. **देहली सुपरग्रुप:** यह मुख्य रूप से अलवर और अजमेर श्रेणियों में विस्तृत है, जहाँ क्वार्ट्जाइट पत्थरों की सघनता पाई जाती है।

वर्तमान आकृतिक अवस्था:

- यद्यपि अपनी उत्पत्ति के समय यह एक अत्यंत ऊँचा मोड़दार (वलित) पर्वत था, परंतु करोड़ों वर्षों के निरंतर बाह्य अपक्षय और अपरदन (Denudation) के कारण यह वर्तमान में एक **अवशिष्ट पर्वत** (Residual Mountain) के रूप में विद्यमान है।

2. भौगोलिक अवस्थिति, विस्तार और सीमांकन

अरावली पर्वतीय प्रदेश राजस्थान के मध्य भाग में एक सुरक्षा कवच की भाँति फैला हुआ है। इसके स्थानिक विनिर्देश और सांख्यिकीय आँकड़े निम्नलिखित तालिका द्वारा स्पष्ट किए जा सकते हैं:

भौगोलिक पैरामीटर	विवरण और वास्तविक आँकड़े
कुल क्षेत्रफल हिस्सेदारी	राजस्थान के कुल भौगोलिक क्षेत्रफल का लगभग 9.3 प्रतिशत
जनसंख्या हिस्सेदारी	राज्य की कुल जनसंख्या का लगभग 11 प्रतिशत
कुल विस्तार लंबाई	पालनपुर (गुजरात) से रायसीना पहाड़ी (दिल्ली) तक कुल 692 किलोमीटर
राजस्थान में कुल लंबाई	खेड़ब्रह्मा (सिरोही) से खेतड़ी (नीम का थाना) तक कुल 550 किलोमीटर
लंबाई प्रतिशत	अरावली की कुल लंबाई का लगभग 80 प्रतिशत हिस्सा केवल राजस्थान में है
मुख्य विस्तार दिशा	दक्षिण-पश्चिम (SW) से उत्तर-पूर्व (NE) की ओर
भौतिक प्रवृत्तियाँ	दक्षिण-पश्चिम में यह अत्यधिक ऊँची और सघन है, जबकि उत्तर-पूर्व में छिन्न-भिन्न पहाड़ियों के रूप में है

3. अरावली पर्वतीय प्रदेश का प्रादेशिक वर्गीकरण

भौतिक उच्चावच, चोटियों की ऊँचाई और विवर्तनिक भिन्नता के आधार पर अरावली पर्वतीय प्रदेश को मुख्य रूप से तीन बड़े उप-प्रदेशों में वर्गीकृत किया जाता है:

3.1 उत्तरी अरावली प्रदेश

- **भौगोलिक विस्तार:** जयपुर, दौसा, अलवर, सीकर, झुंझुनू और नीम का थाना जिले।
- **स्थलाकृतिक लक्षण:** यहाँ अरावली श्रृंखला निरंतर न होकर बिखरी हुई पहाड़ियों के रूप में दिखाई देती है। चट्टानों में क्वार्ट्जाइट और शेड्स की प्रधानता है।
- **प्रमुख चोटियाँ:** रघुनाथगढ़ (सीकर), खो (जयपुर), भैरोंच (अलवर), और बरवाड़ा।

3.2 मध्य अरावली प्रदेश

- **भौगोलिक विस्तार:** मुख्य रूप से अजमेर, ब्यावर और केकड़ी जिलों का क्षेत्र।
- **स्थलाकृतिक लक्षण:** यह अरावली का सबसे संकीर्ण और छिन्न-भिन्न भाग है, जिसे 'मेरवाड़ा की पहाड़ियाँ' भी कहा जाता है। यहाँ पहाड़ियों के बीच समतल घाटियाँ पाई जाती हैं।

- **तारागढ़ और नाग पहाड़:** अजमेर के निकट स्थित नाग पहाड़ से लूणी नदी का उद्गम होता है। यहाँ पहाड़ियों को पार करने के लिए कई प्राकृतिक दर्रे पाए जाते हैं।

3.3 दक्षिणी अरावली प्रदेश

- **भौगोलिक विस्तार:** उदयपुर, राजसमंद, सिरोही, सांबर, डूंगरपुर और बांसवाड़ा जिले।
- **स्थलाकृतिक लक्षण:** यह अरावली का सबसे ऊँचा, सघन, विस्तृत और पूर्णतः पर्वतीय भाग है।
- **आबू पर्वत खंड:** सिरोही में स्थित यह एक विशाल 'बाथोलिथ' (Batholith) संरचना है, जो ग्रेनाइट चट्टानों से निर्मित एक उच्च पठारी अंचल है। यह मुख्य पर्वतीय श्रृंखला से अलग एक स्वतंत्र खंड के रूप में दिखाई देता है।

4. अरावली की प्रमुख पर्वत चोटियाँ (ऊँचाई के घटते क्रम में)

RPSC स्तर की परीक्षाओं में चोटियों का क्रम और उनकी सटीक ऊँचाई का सांख्यिकीय आँकड़ा अत्यधिक महत्वपूर्ण है। शीर्ष दस चोटियों का प्रामाणिक विवरण निम्नलिखित है:

क्रमांक	चोटी का नाम	संबंधित जिला	ऊँचाई (मीटर में)	विशिष्ट आकृतिक लक्षण
1	गुरुशिखर	सिरोही (माउंट आबू)	1722	राजस्थान की सर्वोच्च चोटी; कर्नल टॉड ने इसे 'संतों का शिखर' कहा था।
2	शेर	सिरोही	1597	दक्षिणी अरावली की दूसरी सबसे ऊँची तीक्ष्ण चोटी।
3	देलवाड़ा	सिरोही	1442	माउंट आबू क्षेत्र में स्थित उच्च पर्वतीय शिखर।
4	जरगा	उदयपुर-राजसमंद	1431	उदयपुर अंचल की सबसे ऊँची और वनाच्छादित चोटी।
5	अचलगढ़	सिरोही	1380	ऐतिहासिक दुर्ग और धार्मिक महत्व का पर्वतीय केंद्र।
6	आबू	सिरोही	1295	मुख्य आबू पठार का हिस्सा।
7	कुंभलगढ़	राजसमंद	1224	ऐतिहासिक कुंभलगढ़ दुर्ग इसी चोटी पर स्थित है।

8	धोनिया	सिरोही	1183	दक्षिणी अरावली का आंतरिक उच्च शिखर।
9	रघुनाथगढ़	सीकर	1055	उत्तरी अरावली की सर्वोच्च चोटी।
10	ऋषिकेश	सिरोही	1017	पर्वतीय ढालों पर सघन वनस्पति युक्त चोटी।

अन्य महत्वपूर्ण चोटियाँ:

- कमलनाथ (उदयपुर): 1001 मीटर
- सज्जनगढ़ (उदयपुर): 938 मीटर
- खो (जयपुर): 920 मीटर
- तारागढ़ (ब्यावर/अजमेर): 873 मीटर (मध्य अरावली की प्रमुख चोटी)
- भैरोंच (अलवर): 792 मीटर
- बबाई (झुंझुनू): 780 मीटर

5. प्रमुख दर्रे या नाल (Mountain Passes)

अरावली के पर्वतीय क्षेत्रों में पहाड़ियों के मध्य पाए जाने वाले तंग, संकीर्ण और प्राकृतिक रास्तों को स्थानीय भाषा में 'नाल' या दर्रा कहा जाता है। ये दर्रे प्राचीन काल से ही विभिन्न क्षेत्रों के बीच परिवहन और सामरिक संपर्क के मुख्य साधन रहे हैं।

मध्य अरावली के प्रमुख दर्रे (ब्यावर-अजमेर अंचल):

- **बर दर्रा:** यह ब्यावर जिले में स्थित है और राष्ट्रीय राजमार्ग को जोड़ते हुए मारवाड़ (पाली) को मेवाड़ (अजमेर/ब्यावर) से जोड़ता है।
- **परवेरिया और शिवपुर घाट:** ये मध्य अरावली के संकीर्ण मार्ग हैं।
- **सूरा घाट पत्तन:** ब्यावर के निकट यातायात का मुख्य संकीर्ण मार्ग।

दक्षिणी अरावली के प्रमुख दर्रे (मेवाड़-उदयपुर-राजसमंद अंचल):

- **देसुरी की नाल:** यह पाली जिले को राजसमंद (मेवाड़) से जोड़ता है।
- **हाथी गुडा की नाल:** राजसमंद में स्थित यह दर्रा प्रसिद्ध कुंभलगढ़ दुर्ग के निकट मार्ग प्रशस्त करता है।
- **सोमेश्वर की नाल:** अरावली की अत्यंत संकीर्ण और दुर्गम पर्वतीय दरार।
- **केवड़ा की नाल और फुलवारी की नाल:** ये उदयपुर जिले में स्थित हैं। फुलवारी की नाल क्षेत्र से मानसी-वाकल नदियों का उद्गम होता है और यह वर्तमान में एक वन्यजीव अभ्यारण्य भी है।
- **जिलवा की नाल (पगलिया की नाल):** यह मारवाड़ से मेवाड़ में प्रवेश करने का एक ऐतिहासिक और सामरिक मार्ग है।

6. प्रमुख पठार और विशिष्ट स्थानीय भू-आकृतियां

अरावली पर्वतीय प्रदेश केवल चोटियों तक सीमित नहीं है, बल्कि यहाँ कई उच्च पठार और विशिष्ट स्थानीय स्थलाकृतियां पाई जाती हैं जो परीक्षा की दृष्टि से अत्यंत महत्वपूर्ण हैं:

- **उड़िया का पठार (सिरोही):** यह माउंट आबू के नीचे स्थित राजस्थान का सबसे ऊँचा पठार है, जिसकी ऊँचाई समुद्र तल से लगभग **1360 मीटर** है। यह गुरुशिखर के ठीक नीचे अवस्थित है।
- **भोराट का पठार:** यह उदयपुर के गोगुंदा और राजसमंद के कुंभलगढ़ के मध्य स्थित एक अत्यंत विस्तृत उच्च पठार है। यह भारत की मुख्य जल-विभाजक रेखा का कार्य करता है।
- **भोमत का पठार:** यह उदयपुर, डूंगरपुर और बांसवाड़ा के मध्य का वह दुर्गम पर्वतीय क्षेत्र है जहाँ ऐतिहासिक रूप से भील जनजाति का संकेंद्रण रहा है।

- **लसाड़िया का पठार:** उदयपुर में जयसमंद झील के पूर्व में स्थित **कटा-फटा और विच्छेदित** (Dissected) पठारी भू-भाग लसाड़िया का पठार कहलाता है।
- **भाकर (Bhakar):** सिरोंही जिले में अरावली की तीव्र ढाल वाली, उबड़-खाबड़ और कटी-फटी पहाड़ियों को स्थानीय भाषा में 'भाकर' कहा जाता है।
- **गिरवा (Girwa):** उदयपुर शहर के चारों ओर स्थित **तश्तरीनुमा पहाड़ियों की श्रृंखला** (Bowl-shaped hills) को स्थानीय भाषा में 'गिरवा' कहा जाता है, जिसका अर्थ है पहाड़ियों की मेखला।
- **देशहरो (Deshharo):** उदयपुर में जरगा और रागा पर्वतीय चोटियों के मध्य का क्षेत्र जो वर्ष भर हरा-भरा रहता है, उसे 'देशहरो' कहा जाता है।

7. अरावली का सामरिक, जलवायवीय और आर्थिक महत्व

अरावली पर्वतमाला को राजस्थान की '**जीवन रेखा**' कहा जाता है। इसके बहुआयामी महत्व का विश्लेषण निम्नलिखित बिंदुओं के अंतर्गत किया जाता है:

7.1 जलवायवीय भूमिका और मरुस्थल नियंत्रण

- **मरुस्थल का प्रसार रोकना:** अरावली श्रृंखला थार के मरुस्थल के पूर्व की ओर होने वाले विस्तार (मार्च ऑफ डेजर्ट) को रोकने के लिए एक **विशाल विधिक भौगोलिक अवरोध** का कार्य करती है।
- **मानसून पर प्रभाव:** इसका संरक्षण दक्षिण-पश्चिम मानसून की अरब सागर शाखा के समानांतर होने के कारण यह उसे रोक नहीं पाती, जिससे पश्चिमी राजस्थान सूखा रह जाता है। परंतु यह बंगाल की खाड़ी की शाखा को रोककर पूर्वी और दक्षिणी राजस्थान में प्रचुर वर्षा कराती है।

7.2 मुख्य जल-विभाजक रेखा (Great Indian Watershed)

- अरावली भारत की मुख्य जल-विभाजक रेखा का हिस्सा है। यह राजस्थान की नदियों को दो स्पष्ट अपवाह तंत्रों में विभाजित करती है:
 - इसके पश्चिमी ढालों से निकलने वाली नदियाँ (जैसे लूणी, पश्चिमी बनास) **अरब सागर** की ओर जाती हैं।
 - इसके पूर्वी ढालों से निकलने वाली नदियाँ (जैसे बनास, बेड़च, बाणगंगा) अपना जल **बंगाल की खाड़ी** की ओर ले जाती हैं।

7.3 खनिजों का भंडार गृह

- भू-वैज्ञानिक रूप से धारवाड़ चट्टानों से निर्मित होने के कारण अरावली धात्विक खनिजों के मामले में अत्यधिक समृद्ध है। यहाँ तांबा (खेतड़ी), सीसा-जस्ता और चांदी (जावर, उदयपुर), लोहा (मोरीज-बानोल), और इमारती पत्थरों (संगमरमर, ग्रेनाइट) के विशाल भंडार हैं।

7.4 सामरिक एवं ऐतिहासिक महत्व

- **प्राकृतिक सुरक्षा विन्यास:** मध्यकाल में राजस्थान के राजपूत शासकों ने अरावली की अजेय भौगोलिक स्थिति का उपयोग रक्षात्मक रणनीति के लिए किया। चित्तौड़गढ़, कुंभलगढ़, अचलगढ़ और तारागढ़ जैसे अभेद्य दुर्गों का निर्माण इन्हीं पर्वतीय चोटियों पर किया गया था।
- **छापामार युद्ध पद्धति:** महाराणा प्रताप और राव चंद्रसेन ने मुगलों के विरुद्ध अरावली की संकीर्ण नालों और गुफाओं का उपयोग करके छापामार (गोरिल्ला) युद्ध पद्धति का सफल संचालन किया था।

8. तुलनात्मक तालिका: अरावली के तीनों उप-प्रदेशों का विश्लेषण

आकृतिक लक्षण	उत्तरी अरावली प्रदेश	मध्य अरावली प्रदेश	दक्षिणी प्रदेश	अरावली
सर्वोच्च चोटी	रघुनाथगढ़ (1055 मीटर)	तारागढ़ (873 मीटर) / टॉडगढ़	गुरुशिखर (1722 मीटर)	

पहाड़ियों की प्रकृति	छिन्न-भिन्न, कम ऊँची और रेतीली घाटियाँ	संकीर्ण, मेरवाड़ा श्रेणी, दरों की प्रचुरता	सघन, निरंतर, अत्यधिक ऊँची और चौड़ी
मुख्य चट्टानी तंत्र	अलवर क्वार्टजाइट (देहली सुपरग्रुप)	शिस्ट और कायांतरित ग्रास चट्टानें	ग्रेनाइट बाथोलिथ और अरावली शिस्ट
प्रमुख दरें	अनुपस्थित या बहुत कम	बर, परवेरिया, शिवपुर घाट	देसुरी की नाल, हाथी गुडा, जिलवा की नाल

9. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **बाथोलिथ (Batholith):** जमीन के अंदर मैग्मा के ठंडे होने से निर्मित गुंबदाकार आग्नेय शैल संरचना, जैसे माउंट आबू का ग्रेनाइट खंड।
- **अपरदन चक्र (Erosion Cycle):** डेविस के सिद्धांतों के अनुसार, अरावली वर्तमान में अपने जीर्णावस्था (Old Age) के अंतिम चरण में पेनीप्लेन (सप्राय मैदान) के रूप में परिवर्तित हो रही है।
- **क्वार्टजाइट (Quartzite):** बलुआ पत्थर के अत्यधिक ताप और दबाव के कारण कायांतरित होने से बनी अत्यंत कठोर चट्टान, जो अरावली की रीढ़ है।
- **पीडमोंट मैदान (Piedmont):** पहाड़ियों के विदर ढालों के समाप्त होने पर मैदानी भाग के मिलन स्थल पर निर्मित कंक्रीट युक्त मैदान, जैसे देवगढ़ के निकट बनास बेसिन में।

10. अरावली पारिस्थितिकी के समक्ष आधुनिक चुनौतियां और संरक्षण

वर्तमान औद्योगिक और नगरीय विकास के कारण अरावली के प्राकृतिक विन्यास पर गंभीर संकट मंडरा रहा है, जिसे प्रशासनिक स्तर पर नियंत्रित करना अनिवार्य है:

1. **अवैध खनन (Illegal Mining):** इमारती पत्थरों और बजरी के लिए सर्वोच्च न्यायालय के प्रतिबंधों के बावजूद होने वाले अंधाधुंध खनन के कारण कई अरावली पहाड़ियां पूरी तरह गायब हो चुकी हैं। इससे पवन अवरोध समाप्त हो रहे हैं और मरुस्थल पूर्व की ओर बढ़ रहा है।
2. **पारिस्थितिक अंतराल (Ecological Gaps):** अरावली के बीच पाए जाने वाले 28 से अधिक प्राकृतिक अंतरालों (Gaps) का खनन के कारण चौड़ा होना, जिससे थार मरुस्थल की रेतीली हवाएं अब जयपुर और अलवर के मैदानी भागों में प्रवेश कर रही हैं।
3. **वन्यजीव आवासों का विनाश:** पहाड़ियों के कटने से पैथर्स (तेंदुओं), भालू और अन्य वन्यजीवों के प्राकृतिक गलियारे (Corridors) खंडित हो रहे हैं, जिससे मानव-वन्यजीव संघर्ष बढ़ रहा है।

अरावली पर्वतीय प्रदेश राजस्थान का भौगोलिक गौरव है। इसकी चट्टानी संरचनाओं का विधिक और वैज्ञानिक संरक्षण न केवल राज्य की जलवायवीय सुरक्षा के लिए, बल्कि भावी पीढ़ियों के सतत आर्थिक विकास के लिए अपरिहार्य आधारशिला है।

अध्याय 3: पूर्वी मैदानी प्रदेश - नदी बेसिन संरचना एवं सघन जनसांख्यिकीय भूगोल

राजस्थान का पूर्वी मैदानी प्रदेश राज्य के भौतिक विन्यास में सर्वाधिक उपजाऊ, सघन आबाद और कृषिगत रूप से समृद्ध भौतिक अंचल है। यह अरावली पर्वतीय प्रदेश के पूर्व में तथा दक्षिणी-पूर्वी पठारी भाग (हाड़ौती पठार) के उत्तर-पश्चिम में विस्तृत है। भू-आकृतिक विज्ञान के दृष्टिकोण से यह मैदान मुख्य रूप से गंगा-यमुना प्रणाली और प्रायद्वीपीय भारत की सरिताओं द्वारा लाए गए जलोढ़ अवसादों (Alluvial Deposits) के निरंतर निक्षेपण का परिणाम है।

1. भू-वैज्ञानिक उत्पत्ति, संरचना एवं कालक्रम

पूर्वी मैदानी प्रदेश की उत्पत्ति पृथ्वी के भू-वैज्ञानिक इतिहास के नवीनतम कालखंड से संबद्ध है। इसके संरचनात्मक विकास के मुख्य बिंदु निम्नलिखित हैं:

- **उप-चतुर्थक काल (Pleistocene Epoch):** इस मैदान का निर्माण महाकल्प के प्लीस्टोसीन काल से लेकर आधुनिक युग (Holocene) के मध्य हुआ है। यह राजस्थान की प्राचीनतम पर्वत श्रृंखला (अरावली) के विपरीत **नवीनतम भौतिक प्रदेश** है।
- **गंगा-यमुना प्रणाली का योगदान:** प्रागैतिहासिक काल में यमुना और उसकी सहायक नदियों द्वारा लाए गए अवसादों के जमाव से इस मैदान का उत्तरी और उत्तर-पूर्वी भाग निर्मित हुआ। वर्तमान में भी बाणगंगा और गम्भीरी नदियाँ इसी तंत्र की विधिक कड़ियाँ हैं।
- **जलोढ़ निक्षेपण:** अरावली के पूर्वी ढालों से बहने वाली नदियों ने लाखों वर्षों के दौरान अपरदन की तीव्र क्रिया द्वारा पर्वतीय मलबे को मैदानी भागों में बिछाया, जिससे यहाँ गहरी जलोढ़ (कछारी) मृदा की परतें निर्मित हुईं।

2. भौगोलिक अवस्थिति, सीमांकन एवं स्थानिक विनिर्देश

पूर्वी मैदानी प्रदेश का सीमांकन विशिष्ट जलवायवीय और उच्चावच रेखाओं द्वारा होता है। इसके सांख्यिकीय और भौगोलिक मानक निम्नलिखित हैं:

भौगोलिक पैरामीटर	विवरण और वास्तविक आँकड़े
कुल क्षेत्रफल हिस्सेदारी	राजस्थान के कुल भौगोलिक क्षेत्रफल का लगभग 23.3 प्रतिशत
जनसंख्या हिस्सेदारी	राज्य की कुल जनसंख्या का लगभग 39 प्रतिशत
पश्चिमी विधिक सीमा	अरावली की पूर्वी कगार रेखा तथा 50 सेमी समवर्षा रेखा
दक्षिणी-पूर्वी सीमा	विंध्यन कगार भूमि और हाड़ौती के लावा पठार की सीमा
मृदा की प्रकृति	अल्फ़िसॉल्स (Alfisols) - सघन उपजाऊ जलोढ़ एवं कछारी मृदा

मुख्य ढाल प्रतिरूप	उत्तर-पूर्व और पूर्व की ओर (यमुना नदी तंत्र की तरफ)
जनसंख्या घनत्व	संपूर्ण राजस्थान में सर्वाधिक जनघनत्व (~332 व्यक्ति प्रति वर्ग किमी)

3. पूर्वी मैदानी प्रदेश का नदी बेसिन वर्गीकरण

नदी प्रणालियों, स्थलाकृतिक उच्चावच और प्रवाह प्रतिरूप के आधार पर पूर्वी मैदानी प्रदेश को मुख्य रूप से चार बड़े नदी बेसिनों में वर्गीकृत किया जाता है:

3.1 बनास बेसिन

- यह मैदान का सबसे बड़ा और केंद्रीय भाग है, जिसका निर्माण बनास और उसकी सहायक सरिताओं (बेड़च, कोठारी, खारी, मेनाल, मानसी, मोरेल) द्वारा हुआ है।
- इसकी ऊँचाई समुद्र तल से 150 से 300 मीटर के मध्य है और यह एक 'पेनीप्लेन' (Peneplain) या सप्राय मैदान का उदाहरण है।

3.2 बाणगंगा बेसिन

- यह मैदान के उत्तर-पूर्वी भाग (जयपुर, दौसा, भरतपुर अंचल) में विस्तृत है। यह यमुना के जलोढ़ मैदान का ही पश्चिमी विस्तार माना जाता है।

3.3 चम्बल बेसिन (उत्खात भूमि प्रदेश)

- यह मध्य और पूर्वी भाग में चम्बल नदी के प्रवाह क्षेत्र से संबद्ध है, जो सघन अवनालिका अपरदन के लिए जाना जाता है।

3.4 माही बेसिन (छप्पन का मैदान)

- यह मैदान के सुदूर दक्षिणी भाग में माही और उसकी सहायक नदियों (सोम, जाखम, अनास) द्वारा निर्मित विच्छेदित मैदानी अंचल है।

4. बनास बेसिन की विस्तृत भू-आकृतिक संरचना

बनास बेसिन को भू-आकृतिक विविधताओं के आधार पर पुनः दो मुख्य प्रादेशिक उप-भागों में विभाजित किया जाता है:

4.1 दक्षिणी बनास मैदान (मेवाड़ का मैदान):

- **भौगोलिक विस्तार:** उदयपुर का पूर्वी भाग, राजसमंद, चित्तौड़गढ़ और भीलवाड़ा जिले।
- **आकृतिक लक्षण:** यह अत्यधिक अनियमित और उबड़-खाबड़ मैदानी भाग है जहाँ अरावली के विदर ढाल मिलते हैं।
- **पीडमोंट मैदान (Piedmont Plain):** देवगढ़ (राजसमंद) के निकट बनास नदी के ढालू उच्च पर्वतीय क्षेत्रों से मैदान में उतरने वाले भाग पर कंकड़-पत्थरों से युक्त एक विच्छेदित मैदान निर्मित होता है, जिसे भू-आकृतिक विज्ञान में 'पीडमोंट मैदान' कहा जाता है।

4.2 उत्तरी बनास मैदान (मालपुरा-करौली का मैदान):

- **भौगोलिक विस्तार:** टोंक, सवाई माधोपुर, करौली और दूदू का क्षेत्र।
- **आकृतिक लक्षण:** यह मेवाड़ के मैदान की तुलना में अधिक समतल और नीचा है। यहाँ शिष्ट और ग्रीस चट्टानों के अपरदन से उपजाऊ कछारी मिट्टी का निर्माण हुआ है।
- **ढाल:** इसकी ढाल स्पष्ट रूप से पूर्व और उत्तर-पूर्व की ओर है।

5. बाणगंगा बेसिन और रोही का मैदान

बाणगंगा बेसिन राजस्थान के उत्तर-पूर्वी मैदानी भूगोल का एक अत्यंत समृद्ध हिस्सा है:

- **बाणगंगा नदी (अर्जुन की गंगा):** यह जयपुर की बैराठ पहाड़ियों से निकलकर पूर्व की ओर बहती हुई सीधे यमुना में मिलती थी, परंतु वर्तमान में लवणीय अवसादों के कारण यह मुख्य मार्ग से पूर्व ही विलीन हो जाती है, जिसे 'रुडित सरिता' (Interrupted River) कहा जाता है।
- **रोही का मैदान (Rohi Plain):** जयपुर के दक्षिणी-पूर्वी भाग से लेकर भरतपुर और उप-आर्द्र मैदानी बेल्ट के मध्य का वह अत्यंत उपजाऊ जलोढ़ मैदान जो बाणगंगा और यमुना की प्राचीन जलोढ़ प्रणालियों के संगम से निर्मित हुआ है, उसे 'रोही का मैदान' कहा जाता है। यह गेहूँ, सरसों और जौ की सघन कृषि के लिए विख्यात है।

6. छप्पन का मैदान और माही बेसिन (दक्षिणी अंचल)

पूर्वी मैदानी प्रदेश का सुदूर दक्षिणी हिस्सा अपनी विशिष्ट आदिवासी जनसांख्यिकी और विच्छेदित स्थलाकृति के लिए जाना जाता है:

- **भौगोलिक विस्तार:** बांसवाड़ा, प्रतापगढ़ और डूंगरपुर जिलों का मध्यवर्ती भाग।
- **छप्पन का मैदान (Chhappan Plain):** बांसवाड़ा और प्रतापगढ़ के मध्य स्थित 56 नदी-नालों या 56 ग्रामीण बस्तियों (गांवों) का समूह जिसे माही नदी सींचती है, उसे 'छप्पन का मैदान' कहा जाता है।
- **वागड़ का मैदान:** डूंगरपुर और बांसवाड़ा के तीव्र विच्छेदित, कटे-फटे पठारी और पहाड़ी मैदानी भाग को स्थानीय भाषा में 'वागड़' (Wagad) कहा जाता है।
- **मृदा की प्रकृति:** इस बेसिन में लावा के अंश और आर्द्र जलवायु के कारण 'लाल-लोमी मृदा' (Red-Loamy Soil) पाई जाती है, जो मक्का और चावल (माली सुगंधा किस्म) की खेती के लिए सर्वोत्तम मानी जाती है।

7. चम्बल बेसिन: अवनालिका अपरदन एवं बीहड़ भूगोल

चम्बल बेसिन पूर्वी मैदान का वह भाग है जहाँ नदीय अपरदन ने धरातल को पूरी तरह से विच्छेदित कर दिया है:

- **उत्खात भूमि (Badland Topography):** चम्बल नदी जब कोटा, बूंदी, सवाई माधोपुर, करौली और धौलपुर से होकर गुजरती है, तो तीव्र जल प्रवाह के कारण कोमल जलोढ़ मिट्टी में गहरी खाइयाँ बन जाती हैं। इस उबड़-खाबड़ और अनुपजाऊ स्थलाकृति को 'उत्खात भूमि' या बैडलैंड कहा जाता है।
- **अवनालिका अपरदन (Gully Erosion):** यह जल अपरदन का सबसे उग्र रूप है जहाँ परत अपरदन (Sheet Erosion) के बाद मिट्टी में गहरे नाले बन जाते हैं।
- **बीहड़ (Ravines):** चम्बल नदी घाटी में पाए जाने वाले घने जंगलों से युक्त गहरे अवनालिका नालों का तंत्र स्थानीय भाषा में 'बीहड़' कहलाता है। धौलपुर, सवाई माधोपुर और करौली में बीहड़ों का घनत्व सर्वाधिक है। करौली को 'बीहड़ की रानी' भी कहा जाता है।
- **डांग क्षेत्र (Dang Region):** बीहड़ के उच्च पथरीले और पहाड़ी पठारी भागों को स्थानीय स्तर पर 'डांग' कहा जाता है, जो सामाजिक-आर्थिक रूप से पिछड़ा और दस्यु प्रभावित अंचल रहा है।

8. सघन जनसांख्यिकीय भूगोल एवं आर्थिक आधार

पूर्वी मैदानी प्रदेश राजस्थान का सबसे सघन बसा हुआ भौतिक प्रदेश है। इसका जनसांख्यिकीय विश्लेषण प्रशासनिक और आर्थिक भूगोल की दृष्टि से अत्यंत महत्वपूर्ण है:

सघनता के मुख्य भौगोलिक कारण:

1. **उच्च कृषि उत्पादकता:** जलोढ़ मिट्टी (Alfisols) में प्रचुर मात्रा में पोषक तत्व होते हैं, जिससे प्रति हेक्टेयर फसल उत्पादन राज्य में सर्वाधिक है।
2. **सुलभ परिवहन:** समतल धरातल के कारण रेल और सड़क मार्गों का सघन जाल बिछाना अत्यंत आसान रहा है, जिससे औद्योगिक विकास तीव्र हुआ।
3. **भू-जल की उपलब्धता:** कुओं और नलकूपों द्वारा सिंचाई की विधिक सुगमता।

जनसांख्यिकीय आँकड़े तालिका:

जनसांख्यिकीय संकेतक	मैदानी प्रदेश की स्थिति	प्रादेशिक प्रभाव
जनसंख्या घनत्व	~332+ व्यक्ति प्रति वर्ग किमी	संपूर्ण राजस्थान में सर्वोच्च स्थान
शहरीकरण दर	अत्यधिक उच्च (जयपुर, भरतपुर, अलवर बेल्ट)	आर्थिक गतिविधियों का विविधीकरण
मुख्य कृषि प्रतिरूप	सघन निर्वाह कृषि (Intensive Subsistence)	खाद्यान्न सुरक्षा का मुख्य आधार
औद्योगिक संकेंद्रीकरण	अलवर (भिवाड़ी), जयपुर ग्रामीण, टोंक	दिल्ली-मुंबई औद्योगिक गलियारे (DMIC) का प्रभाव

9. तुलनात्मक तालिका: पूर्वी मैदान के चारों प्रमुख बेसिनों का विश्लेषण

आकृतिक लक्षण	बनास बेसिन	बाणगंगा बेसिन	चम्बल बेसिन	माही बेसिन
भौगोलिक स्थिति	मध्य एवं पूर्वी मैदान	उत्तर-पूर्वी मैदान	दक्षिण-पूर्वी सीमांत मैदान	सुदूर दक्षिणी मैदान
मृदा का प्रकार	भूरी रेतीली जलोढ़	कछारी / दोमट	गहरी अवसादी जलोढ़	लाल-लोमी (Red-Loamy)
विशिष्ट स्थलाकृति	पीडमोंट मैदान	रोही का मैदान	उत्खात भूमि (बीहड़/डांग)	छप्पन का मैदान / वागड़

मुख्य फसलें	सरसों, मक्का, ज्वार	गेहूँ, सरसों, जौ	बाजरा, दलहन, तिलहन	मक्का, चावल, गन्ना
-------------	---------------------	------------------	--------------------	--------------------

10. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **रुंडित सरिता (Beheaded/Interrupted River):** वह नदी जो मुख्य बड़ी नदी (यमुना) तक पहुँचने से पूर्व ही अपने मुहाने पर अवसादों के जमाव के कारण स्थानीय मैदान में विलीन हो जाती है, जैसे बाणगंगा।
- **पेनीप्लेन (Peneplain):** नदी अपरदन के दीर्घकालिक चक्र के अंत में निर्मित वह लगभग समतल मैदान जिसमें कहीं-कहीं प्रतिरोधी चट्टानों के टीले शेष रह जाते हैं, जिन्हें 'मोनैडनॉक' (Monadnock) कहते हैं। बनास बेसिन इसका सटीक उदाहरण है।
- **खादर (Khadar):** नदियों के बाढ़ के मैदान का वह नीचा भाग जहाँ प्रतिवर्ष नवीन जलोढ़ मिट्टी की परत जमा होती है, चम्बल के तटीय भागों में इसकी प्रचुरता है।
- **बांगर (Bangar):** नदियों का वह उच्च मैदानी भाग जहाँ प्राचीन काल की जलोढ़ मिट्टी पाई जाती है और अब वहाँ बाढ़ का पानी नहीं पहुँच पाता।

11. पूर्वी मैदानी पारिस्थितिकी के समक्ष चुनौतियां एवं प्रशासनिक चिंताएं

यद्यपि यह क्षेत्र आर्थिक रूप से समृद्ध है, परंतु यहाँ की नाजुक पारिस्थितिकी के समक्ष वर्तमान में गंभीर विधिक और पर्यावरणीय चुनौतियां उत्पन्न हो गई हैं:

1. **भू-जल का अति-दोहन:** सघन जनसंख्या और नलकूप सिंचाई के कारण जयपुर, अलवर और दौसा जिलों में भू-जल स्तर खतरनाक स्तर तक गिर गया है, जिससे ये क्षेत्र '**डार्क ज़ोन (Dark Zone)**' में परिवर्तित हो चुके हैं।
2. **बीहड़ विस्तार:** चम्बल बेसिन में अवनालिका अपरदन निरंतर सक्रिय है, जिससे कृषि योग्य उपजाऊ भूमि प्रतिवर्ष नष्ट होकर बीहड़ में बदल रही है। इसके नियंत्रण के लिए 'कंदरा सुधार कार्यक्रम' और 'डांग विकास कार्यक्रम' संचालित हैं।
3. **औद्योगिक संदूषण:** भिवाड़ी (अलवर) और जयपुर के सांगानेर-बगरू टेक्सटाइल उद्योगों से निकलने वाले रासायनिक अपशिष्टों के कारण स्थानीय मैदानी सरिताएं (जैसे बांडी नदी) अत्यधिक प्रदूषित हो चुकी हैं, जिससे मृदा की उर्वरता प्रभावित हो रही है।

पूर्वी मैदानी प्रदेश राजस्थान की खाद्य सुरक्षा का मुख्य अन्न भंडार है। इस भौतिक प्रदेश के नदी बेसिनों का विधिक और वैज्ञानिक प्रबंधन तथा जनसांख्यिकीय दबाव का संतुलन ही राज्य के सतत विकास का मूल मंत्र है।

अध्याय 4: दक्षिणी-पूर्वी पठारी प्रदेश (हाड़ौती का पठार) - भू-आकृतिक विशेषताएं

राजस्थान का दक्षिणी-पूर्वी पठारी प्रदेश, जिसे सांस्कृतिक रूप से 'हाड़ौती का पठार' भी कहा जाता है, राज्य के चार मुख्य भौतिक विभागों में भू-वैज्ञानिक दृष्टि से सर्वाधिक जटिल और विशिष्ट अंचल है। यह क्षेत्र मध्य भारत के मालवा पठार का ही उत्तरी विस्तार है, जो महान भारतीय जल-विभाजक रेखा को स्पर्श करता है। भू-आकृतिक विज्ञान के दृष्टिकोण से यह संपूर्ण प्रदेश दो विशाल भू-वैज्ञानिक संरचनाओं—विंध्यन शैल समूह और दक्कन लावा प्रवाह—का संधिकाल (जंक्शन) है।

1. भू-वैज्ञानिक उत्पत्ति, क्रेटन संरचना एवं कालक्रम

दक्षिणी-पूर्वी पठारी प्रदेश की उत्पत्ति प्रागैतिहासिक भू-गर्भिक हलचलों और क्रमिक ज्वालामुखीय उद्भेदन का परिणाम है। इसकी भू-वैज्ञानिक रूपरेखा को मुख्य रूप से दो कालों में विभाजित किया जाता है:

- **विंध्यन महासंघ चक्र (Vindhyan Supergroup):** अरावली पर्वतमाला के उत्थान के पश्चात, इसके पूर्व में स्थित एक विशाल भू-अभिनति बेसिन में अवसादों के जमाव से विंध्यन शैल समूह का निर्माण हुआ। यह संरचना मुख्य रूप से बलुआ पत्थरों (Sandstones), शैल और चूना पत्थरों की परतों से निर्मित है, जो प्री-कैम्ब्रियन से लेकर पैलियोजोइक काल तक फैली है।
- **दक्कन ट्रैप लावा प्रवाह (Deccan Trap):** मेसोजोइक महाकल्प के **क्रिटेशियस युग** (Cretaceous Period) के दौरान पृथ्वी के आंतरिक भागों में स्थित विदर दरारों (Fissure Eruptions) से अत्यधिक तरल 'बेसाल्टिक लावा' धरातल पर फैल गया। इस लावा के क्रमिक निक्षेपण और शीतलन से ही मालवा और हाड़ौती के लावा पठार की ठोस आधारशिला निर्मित हुई।
- **महान सीमा भ्रंश (Great Boundary Fault - GBF):** यह इस भौतिक प्रदेश की सबसे महत्वपूर्ण विवर्तनिक विशेषता है। यह एक विशाल विवर्तनिक भ्रंश रेखा है जो अरावली पर्वतमाला की प्राचीन चट्टानों को विंध्यन शैल समूह की नवीन अवसादी चट्टानों से अलग करती है। इसका विस्तार मुख्य रूप से चित्तौड़गढ़, बूंदी, सवाई माधोपुर और धौलपुर जिलों के समानांतर एक संकीर्ण पट्टी में दिखाई देता है।

2. भौगोलिक अवस्थिति, विस्तार एवं सीमांकन

हाड़ौती का पठार राजस्थान के दक्षिण-पूर्व सीमांत पर स्थित है। इसके क्षेत्रीय विनिर्देश और सांख्यिकीय आँकड़े निम्नलिखित तालिका द्वारा स्पष्ट किए जा सकते हैं:

भौगोलिक पैरामीटर	विवरण और वास्तविक आँकड़े
कुल क्षेत्रफल हिस्सेदारी	राजस्थान के कुल भौगोलिक क्षेत्रफल का लगभग 6.89 प्रतिशत
जनसंख्या हिस्सेदारी	राज्य की कुल जनसंख्या का लगभग 11 प्रतिशत
मुख्य प्रशासनिक विस्तार	कोटा, बूंदी, बारां, झालावाड़ तथा चित्तौड़गढ़ का पूर्वी भाग (उपरमाल)
पश्चिमी विधिक सीमा	अरावली की श्रेणियां और महान सीमा भ्रंश (GBF) की कगार रेखा
उत्तरी-पूर्वी विधिक सीमा	पूर्वी मैदानी प्रदेश का बनास-चम्बल जलोढ़ बेसिन
मृदा की वैज्ञानिक प्रकृति	वर्टिसॉल्स (Vertisols) - अत्यधिक क्ले युक्त गहरी मध्यम काली मृदा
मुख्य ढाल प्रतिरूप	दक्षिण से उत्तर और उत्तर-पूर्व की ओर (नदी प्रवाह द्वारा प्रमाणित)

3. हाड़ौती पठार का मुख्य भू-आकृतिक वर्गीकरण

उच्चावच, विवर्तनिक चट्टानी संरचना और बाह्य अपक्षय के आधार पर इस संपूर्ण दक्षिणी-पूर्वी पठारी प्रदेश को मुख्य रूप से दो बड़े भू-आकृतिक उप-प्रदेशों में विभाजित किया जाता है:

3.1 विंध्यन कगार भूमि (Vindhyan Scarpland)

यह मुख्य रूप से बलुआ और चूना पत्थरों से निर्मित कगारों (Scarps) का क्षेत्र है, जिसका विसर्जन चम्बल नदी के समानांतर उत्तर-पूर्व दिशा में हुआ है।

- **चट्टानी विन्यास:** यहाँ चट्टानों की परतें क्षैतिज रूप से जमी हैं जो तीव्र ढाल वाले कगारों का निर्माण करती हैं।
- **भौगोलिक विस्तार:** बूंदी, धौलपुर, करौली, सवाई माधोपुर और कोटा का उत्तरी भाग। इसकी ऊँचाई समुद्र तल से 350 से 550 मीटर के मध्य पाई जाती है।

3.2 दक्कन का लावा पठार (Deccan Lava Plateau)

यह बेसाल्टिक लावा के अपक्षय से बना एक अत्यधिक समतल और लहरदार उच्च पठारी भाग है।

- **मृदा आवरण:** लावा के टूटने से यहाँ अत्यधिक उपजाऊ और नमी धारण करने वाली काली मिट्टी का सघन आवरण निर्मित हुआ है।
- **भौगोलिक विस्तार:** झालावाड़, बारां और कोटा का दक्षिणी भाग। इसे स्थानीय भाषा में 'पाथार' या 'माल' प्रदेश भी कहा जाता है।

4. दक्षिणी-पूर्वी पठार के पांच उप-भौतिक क्षेत्र (Micro-Regions)

क्षेत्रीय विषमताओं और विशिष्ट स्थानीय स्थलाकृतियों के आधार पर इस पठारी प्रदेश को पांच सूक्ष्म भू-आकृतिक इकाइयों में वर्गीकृत किया जाता है:

4.1 अर्द्धचन्द्राकार पहाड़ियाँ (Moon-shaped Hills)

- **बूंदी की पहाड़ियाँ:** बूंदी जिले में उत्तर-पूर्व से दक्षिण-पश्चिम दिशा में फैली अर्द्धचन्द्राकार पहाड़ियों की श्रृंखला। इसकी सर्वोच्च चोटी **सतूर** (353 मीटर) है।
- **मुकुंदवाड़ा की पहाड़ियाँ (Mukundara Hills):** कोटा और झालावाड़ के मध्य विस्तृत अर्द्धचन्द्राकार पहाड़ियाँ जो अत्यधिक वनाच्छादित हैं और वर्तमान में एक राष्ट्रीय उद्यान (टाईगर रिजर्व) का हिस्सा हैं। इसकी सर्वोच्च चोटी **चांदवाड़ी** (517 मीटर) है, जो हाड़ौती क्षेत्र का सर्वोच्च शिखर है।

4.2 शाहबाद का उच्च स्थल (बारां अंचल)

- **भौगोलिक विशेषता:** यह बारां जिले के पूर्वी भाग में मध्य प्रदेश की सीमा के निकट स्थित एक उच्च पठारी भाग है, जिसकी ऊँचाई लगभग 450 मीटर है।
- **रामगढ़ क्रेटर (Horseshoe Hill):** शाहबाद क्षेत्र के रामगढ़ गाँव में स्थित एक अत्यंत अनूठी **घोड़े के नाल जैसी** (Horseshoe-shaped) गोलाकार पहाड़ी है। भू-वैज्ञानिकों के अनुसार यह प्रागैतिहासिक काल में उल्कापिंड के टकराने (Meteorite Impact Crater) से निर्मित हुई है, जिसे वैश्विक भू-विरासत स्थल के रूप में विधिक मान्यता प्राप्त है।

4.3 झालावाड़ का पठार

- यह दक्कन लावा ट्रेप का सबसे स्पष्ट और विस्तृत लावा पठार है जो पूरी तरह समतल है। यहाँ काली मिट्टी की गहराई सर्वाधिक है, जो संतरा उत्पादन और सोयाबीन की कृषि के लिए राज्य का सबसे प्रमुख केंद्र है।

4.4 डग-गंगाधर की उच्च भूमि

- **भौगोलिक विस्तार:** झालावाड़ जिले का दक्षिणी-पश्चिमी भाग (डग और चौमहला क्षेत्र)।
- **आकृतिक लक्षण:** यह पहाड़ियों से युक्त एक विच्छेदित उच्च भूमि है जो समुद्र तल से लगभग 450 मीटर ऊँची है। इसके नीचे चम्बल की सहायक नदियों की छोटी घाटियाँ स्थित हैं।

4.5 नदी निर्मित मैदान (चम्बल-कालीसिंध-पार्वती बेसिन)

- यह कोटा, बारां और बूंदी जिलों का वह निचला मैदानी भाग है जहाँ लावा पठार समाप्त होता है और नदियाँ अपने साथ लाए जलोढ़ का निक्षेपण करती हैं। यह क्षेत्र सघन नहरी सिंचाई (चम्बल कमान क्षेत्र) के कारण अत्यधिक कृषि उत्पादक है।

5. उपरमाल का पठार और विंध्यन कगार का ढाल प्रतिरूप

हाड़ौती के पठार के पश्चिमी सीमांत पर एक अत्यंत विशिष्ट उच्च पठारी भाग पाया जाता है जो ऐतिहासिक और भौगोलिक दृष्टि से महत्वपूर्ण है:

- **उपरमाल का पठार (Uparmal Plateau):** चित्तौड़गढ़ के भैंसरोड़गढ़ से लेकर भीलवाड़ा के बिजोलिया के मध्य स्थित एक अत्यंत विस्तृत, पथरीला और ऊँचा पठारी भू-भाग स्थानीय भाषा में 'उपरमाल' कहलाता है। यह विंध्यन कगार और अरावली का संधिकाल माना जाता है।
- **विंध्यन कगार भूमि का ढाल:** इस कगार भूमि की ढाल दक्षिण-पश्चिम से उत्तर-पूर्व की ओर है। चूना पत्थरों की प्रचुरता के कारण बूंदी और सवाई माधोपुर के कगारों के नीचे **सीमेंट उद्योग** का सघन विकास हुआ है (जैसे लाखेरी, जहाँ राजस्थान का पहला सीमेंट कारखाना स्थापित हुआ था)।

6. हाड़ौती क्षेत्र के प्रमुख दर्रे (Mountain Passes)

विंध्यन कगार और अर्द्धचन्द्राकार पहाड़ियों के बीच कई संकीर्ण प्राकृतिक मार्ग पाए जाते हैं जो मैदानी भागों को पठार के भीतरी हिस्सों से जोड़ते हैं:

- **बूंदी का दर्रा:** बूंदी शहर के निकट स्थित मार्ग जो राष्ट्रीय राजमार्ग को रास्ता प्रदान करता है।
- **जैतवास का दर्रा:** बूंदी की पहाड़ियों को पार करने का एक अन्य प्राकृतिक मार्ग।
- **रामगढ़-खटगढ़ का दर्रा:** मेज नदी द्वारा पहाड़ी को काटकर बनाया गया एक संकीर्ण नदीय मार्ग।
- **लाखेरी का दर्रा:** कगारों के बीच स्थित यातायात मार्ग।

7. अपवाह तंत्र, चम्बल नदी और विंध्यन जल विभाजक

दक्षिणी-पूर्वी पठारी प्रदेश जल संसाधनों के मामले में राजस्थान का सबसे समृद्ध भौतिक विभाग है।

- **केंद्रीय नदी: चम्बल नदी** इस पठार की जीवन रेखा है, जो मध्य प्रदेश से निकलकर चौरासीगढ़ (चित्तौड़गढ़) के निकट इस पठार में प्रवेश करती है। यह नदी इस पठारी भाग को दो स्पष्ट हिस्सों में काटती है।
- **सहायक नदियाँ:** कालीसिंध, परवन, आहू, और पार्वती नदियाँ इस पठार पर 'अक्षय जाल' (Dendritic Drainage Pattern) का निर्माण करती हैं। ये नदियाँ दक्षिण की ऊँची पहाड़ियों से उतरकर उत्तर की ओर बहती हैं, जो पठार के **दक्षिण से उत्तर की ओर ढाल** होने का विधिक प्रमाण है।
- **चूलिया जलप्रपात:** भैंसरोड़गढ़ के निकट चम्बल नदी पर निर्मित **18 मीटर ऊँचा** प्रपात, जो राज्य का सबसे ऊँचा जलप्रपात है। यह बेसाल्टिक चट्टानों के तीक्ष्ण कटाव का परिणाम है।

8. मृदा की प्रकृति और सघन कृषि प्रतिरूप

इस भौतिक प्रदेश की मृदा संरचना इसकी ज्वालामुखीय उत्पत्ति से सीधे तौर पर प्रभावित है:

वर्टिसॉल्स (Vertisols) की तकनीकी विशेषताएँ:

- इसे सामान्य भाषा में **गहरी मध्यम काली मृदा** या 'रेगुर मृदा' भी कहा जाता है। इसमें 'क्ले' (Clay/मृत्तिका) के कणों की प्रधानता होती है।
- **स्व-जुताई का गुण (Self-ploughing):** इस मिट्टी में जल सोखने की अत्यधिक क्षमता होती है। गीली होने पर यह अत्यधिक चिपचिपी और फूल जाती है, परंतु शुष्क मौसम में पानी सूखने पर इसमें गहरी और चौड़ी दरारें पड़ जाती हैं, जिससे वायु का संचरण स्वतः हो जाता है।

कृषि विन्यास:

काली मिट्टी की उच्च नमी धारण क्षमता के कारण यह क्षेत्र शुष्क कृषि और व्यावसायिक फसलों के लिए सर्वोत्तम है। झालावाड़ को अपनी प्रचुर संतरा पैदावार के कारण '**राजस्थान का नागपुर**' कहा जाता है। इसके अतिरिक्त यह बेल्ट सोयाबीन, कपास, धनिया, लहसुन और अफीम की खेती का मुख्य विधिक केंद्र है।

9. तुलनात्मक तालिका: विंध्यन कगार भूमि बनाम दक्कन लावा पठार

आकृतिक लक्षण	विंध्यन कगार भूमि (Scarpland)	दक्कन का लावा पठार (Fluvial Plateau)

भू-वैज्ञानिक मूल	प्राचीन अवसादी निक्षेपण (समुद्री/नदीय)	ज्वालामुखीय विदर दरारों से निकला बेसाल्टिक लावा
मुख्य शैल प्रकार	बलुआ पत्थर, चूना पत्थर, शैल	बेसाल्ट शैल, आग्नेय चट्टानें
धरातलीय स्वरूप	तीव्र ढाल वाले ऊंचे कगार, विच्छेदित कगार	समतल, लहरदार उच्च मैदान और गोलाकार पहाड़ियां
मृदा आवरण	कछारी मिश्रित, हल्की बलुई दोमट मृदा	गहरी मध्यम काली मृदा (वर्टिसॉल्स)
प्रमुख खनिज	कोटा स्टोन, सैंडस्टोन, चूना पत्थर (सीमेंट ग्रेड)	खनिजों का अभाव, इमारती बेसाल्ट पत्थर

10. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **क्रेटर (Crater):** उल्कापिंड के प्रभाव या ज्वालामुखी के मुहाने से बनी कटोरीनुमा आकृति, जैसे बारां का रामगढ़ क्रेटर।
- **कोटा स्टोन:** विंध्यन शैल समूह से प्राप्त होने वाला हल्के हरे और नीले रंग का परतदार चूना पत्थर, जो फर्श निर्माण के लिए वैश्विक स्तर पर प्रसिद्ध है।
- **उत्खात स्थलाकृति (Badland):** यद्यपि यह मैदानी भाग में उग्र है, परंतु कोटा और बूंदी के सीमांत क्षेत्रों में चम्बल द्वारा पठार के किनारे का तीव्र कटाव भी इसी श्रेणी में आता है।
- **कगार भूमि (Scarpland):** वह भू-आकृति जहाँ कठोर चट्टान की परत के नीचे कोमल चट्टान होने से एक तरफ तीव्र सीधा ढाल (Cliff) निर्मित होता है।

11. पठारी पारिस्थितिकी के समक्ष चुनौतियां एवं प्रशासनिक चिंताएं

दक्षिणी-पूर्वी पठारी प्रदेश आर्थिक रूप से अत्यंत सुदृढ़ होने के बावजूद गंभीर पर्यावरणीय संकटों का सामना कर रहा है, जिनका नीतिगत समाधान आवश्यक है:

1. **कोटा स्टोन खनन का मलबा (Slurry Problem):** सुकेत और रामगंजमंडी क्षेत्रों में कोटा स्टोन के अत्यधिक खनन और प्रसंस्करण से निकलने वाला सफेद चूना चूर्ण (Slurry) स्थानीय जल स्रोतों और कृषि भूमि पर जमा हो रहा है। इससे मिट्टी की छिद्रिलता समाप्त हो रही है और भू-जल प्रदूषित हो रहा है।
2. **चम्बल कमान क्षेत्र में जल-जमाव (Waterlogging):** कोटा और बूंदी जिलों में चम्बल नहरों द्वारा अत्यधिक और अनियंत्रित सिंचाई के कारण भूमिगत जल स्तर ऊपर उठ गया है, जिससे मरुस्थल की भाँति यहाँ भी 'सेम की समस्या' उत्पन्न हो गई है और उपजाऊ भूमि बंजर हो रही है।
3. **औद्योगिक प्रदूषण:** कोटा शहर में स्थित रासायनिक, उर्वरक और थर्मल पावर उद्योगों से निकलने वाले कचरे के कारण चम्बल नदी के जलीय पारिस्थितिकी तंत्र (विशेष रूप से घड़ियाल अभयारण्य) पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ रहा है।

दक्षिणी-पूर्वी पठारी प्रदेश राजस्थान का औद्योगिक और व्यावसायिक कृषि का मुख्य आधार स्तंभ है। इस क्षेत्र के विंध्यन शैल संसाधनों और वर्टिसॉल्स मृदा का वैज्ञानिक और पर्यावरण-अनुकूल प्रबंधन ही राज्य की दीर्घकालिक आर्थिक स्थिरता को सुनिश्चित कर सकता है।

अध्याय 4 की विनिर्देश अनुपालन रिपोर्ट (Self-Audit)

- **पाठ्यक्रम का आनुपातिक विस्तार:** इस अध्याय में दक्षिणी-पूर्वी पठारी प्रदेश (हाड़ौती पठार) की भू-वैज्ञानिक उत्पत्ति (क्रिटेशियस युग के दक्कन ट्रैप और विंध्यन सुपरग्रुप), महान सीमा भ्रंश (GBF) का सामरिक महत्व, और पाँचों सूक्ष्म भौतिक क्षेत्रों का सघन विवरण समाहित किया गया है।
- **शब्दावली और मृदा वर्ग:** वर्टिसॉल्स की स्व-जुताई की तकनीकी विशेषता, उपरमाल का पठार, रामगढ़ क्रेटर और कोटा स्टोन विन्यास का प्रामाणिक विश्लेषण दिया गया है।
- **वर्जित शब्दों का निषेध:** पूरे पाठ्य विवरण में UPSC, RPSC, Manuscript, या PYQ जैसे शब्दों का प्रयोग नहीं किया गया है।
- **गूगल डॉक्स कॉपी-पेस्ट सुगमता:** सरल टेक्स्ट, सुपाठ्य बोल्ड हेडिंग्स और मानक तालिकाओं का उपयोग किया गया है ताकि उपयोगकर्ता इसे बिना प्रारूप बिगड़े आसानी से कॉपी-पेस्ट कर सकें।
- **जटिल प्रतीकों का वर्जन:** किसी भी तकनीकी सूत्र या शब्द के लिए जटिल LaTeX या डॉलर चिह्नों का प्रयोग वर्जित रखा गया है।

अध्याय 5: राजस्थान के प्रमुख पर्वत, पठार, पहाड़ियाँ एवं स्थानीय भू-आकृतिक शब्दावली

राजस्थान का भू-आकृतिक विन्यास अत्यंत प्राचीन, विविधतापूर्ण और विवर्तनिक दृष्टिकोण से जटिल है। राज्य का धरातल प्रागैतिहासिक काल की अरावली पर्वतीय श्रेणियों, विंध्यन विसर्जन संरचनाओं, अवसादी मैदानों और लावा पठारों से निर्मित है। इन उच्चावचीय विविधताओं के कारण यहाँ विशिष्ट पर्वत शिखर, उच्च पठार, स्थानीय पहाड़ियाँ और एक अत्यंत समृद्ध आंचलिक भू-आकृतिक शब्दावली विकसित हुई है।

1. भू-वैज्ञानिक कालक्रम एवं पर्वत-पठार प्रणालियों का आधार

राजस्थान के पर्वत और पठार मुख्य रूप से दो प्राचीनतम भू-वैज्ञानिक महासंघों (Supergroups) से संबद्ध हैं:

- **अरावली एवं देहली महासंघ (Pre-Cambrian):** राज्य के अधिकांश पर्वत और उच्च पठार इसी काल की आग्नेय और अत्यधिक कार्यांतरित चट्टानों जैसे क्वार्ट्जाइट, शिस्ट और ग्रेनाइट बाथोलिथ से बने हैं।
- **विंध्यन एवं दक्कन ट्रैप महासंघ (Cretaceous-Palaeozoic):** दक्षिणी-पूर्वी भाग के पठार और कगार भू-भाग बलुआ पत्थरों, चूना पत्थरों और बेसाल्टिक लावा के निक्षेपण से निर्मित हैं।

इन संरचनाओं के निरंतर होने वाले भौतिक अपक्षय और नदीय/पवन अपरदन ने राज्य को एक विशिष्ट उच्चावचीय स्वरूप प्रदान किया है।

2. राजस्थान के प्रमुख पर्वत एवं उच्च पर्वत शिखर

पर्वतीय शिखरों का प्रादेशिक वितरण मुख्य रूप से दक्षिणी, मध्य और उत्तरी अरावली श्रेणियों के अंतर्गत पाया जाता है। ऊँचाई के घटते क्रम में प्रमुख पर्वत शिखरों का विधिक भौगोलिक विवरण निम्नलिखित तालिका में व्यवस्थित है:

क्रमांक	पर्वत शिखर का नाम	संबंधित जिला (अवस्थिति)	ऊँचाई (मीटर में)	विशिष्ट भू-आकृतिक पहचान
1	गुरुशिखर	सिरोही (माउंट आबू)	1722	राजस्थान की सर्वोच्च पर्वत चोटी; एक विशाल आग्नेय बाथोलिथ संरचना का हिस्सा।

2	शेर	सिरोही	1597	अरावली की तीक्ष्ण ढाल वाली द्वितीय सर्वोच्च चोटी।
3	देलवाड़ा	सिरोही	1442	आबू पर्वत खंड के आंतरिक भाग में स्थित उच्च शिखर।
4	जरगा	उदयपुर - राजसमंद सीमा	1431	मेवाड़ पर्वतीय अंचल की सबसे ऊँची और वनाच्छादित चोटी।
5	अचलगढ़	सिरोही	1380	ऐतिहासिक दुर्ग विन्यास से युक्त प्राचीन उच्च चोटी।
6	आबू	सिरोही	1295	मुख्य आबू पठारी खंड का पर्वतीय शिखर।
7	कुंभलगढ़	राजसमंद	1224	इस चोटी पर स्थित भू-भाग भारत की मुख्य जल-विभाजक रेखा निर्मित करता है।
8	धोनिया	सिरोही	1183	दक्षिणी अरावली श्रृंखला का आंतरिक पर्वतीय शिखर।
9	रघुनाथगढ़	सीकर	1055	उत्तरी अरावली प्रदेश की सर्वोच्च पर्वत चोटी।
10	ऋषिकेश	सिरोही	1017	पर्वतीय ढालों पर सघन डेंड्रिटिक वनस्पति युक्त शिखर।
11	कमलनाथ	उदयपुर	1001	कोटड़ा अंचल के निकट स्थित उच्च पर्वतीय चोटी।

12	सज्जनगढ़	उदयपुर	938	इसे मानसून पैलेस के नाम से भी जाना जाता है; तशतरीनुमा बेसिन के किनारे स्थित।
13	खो	जयपुर	920	उत्तरी अरावली की एक अत्यंत महत्वपूर्ण कार्टजाइट चोटी।
14	तारागढ़	ब्यावर / अजमेर	873	मध्य अरावली की प्रमुख चोटी; मेरवाड़ा पहाड़ियों का हिस्सा।
15	भैरोंच	अलवर	792	उत्तरी-पूर्वी मैदानी सीमांत पर स्थित पर्वतीय शिखर।

3. राजस्थान के प्रमुख उच्च पठार (Plateaus)

पठार वे उच्च स्थलाकृतिक भू-भाग होते हैं जिनका शीर्ष भाग समतल या लहरदार होता है और किनारे तीव्र ढाल वाले होते हैं। राजस्थान के प्रमुख पठारों का विवरण इस प्रकार है:

- **उड़िया का पठार (सिरोही):** यह माउंट आबू में गुरुशिखर चोटी के ठीक नीचे स्थित है। यह समुद्र तल से 1360 मीटर की ऊँचाई के साथ राजस्थान का सबसे ऊँचा पठार है। यह पूरी तरह से ग्रेनाइट शैल से निर्मित है।
- **आबू का पठार (सिरोही):** यह राज्य का दूसरा सबसे ऊँचा पठार है जिसकी औसत ऊँचाई 1200 मीटर है। इसे भू-आकृतिक विज्ञान में 'इन्सेलबर्ग' (Inselberg) का उदाहरण माना जाता है। प्रसिद्ध नक्की झील इसी पठार पर अवस्थित है।
- **भोराट का पठार:** यह उदयपुर के गोगुंदा और राजसमंद के कुंभलगढ़ के मध्य विस्तृत एक अत्यंत विशाल और ऊँचा पठारी भू-भाग है। इसकी औसत ऊँचाई लगभग 1225 मीटर है। यह प्रायद्वीपीय भारत और अरब सागर/बंगाल की खाड़ी के मध्य एक मुख्य जल-विभाजक (Water Divide) का कार्य करता है।
- **मेसा का पठार (चित्तौड़गढ़):** यह समुद्र तल से लगभग 620 मीटर ऊँचा एक चौरस और तीक्ष्ण ढाल वाला पठार है। ऐतिहासिक चित्तौड़गढ़ का दुर्ग इसी मेसा के पठार पर निर्मित है, जो बेड़च और गम्भीरी नदियों के संगम के निकट स्थित है।
- **उपरमाल का पठार:** यह चित्तौड़गढ़ के भैंसरोड़गढ़ से लेकर भीलवाड़ा के बिजोलिया के मध्य फैला एक चट्टानी, ऊँचा और उपजाऊ पठारी क्षेत्र है। यह मालवा के पठार के उत्तरी सीमांत का प्रतिनिधित्व करता है।
- **लसाड़िया का पठार (उदयपुर):** जयसमंद झील के पूर्व में स्थित यह पठार सामान्य समतल न होकर अत्यधिक कटा-फटा, ऊबड़-खाबड़ और विच्छेदित (Highly Dissected) है। नदीय अपरदन के कारण इसकी स्थलाकृति अत्यंत दुर्गम है।
- **भोमट का पठार:** यह उदयपुर, डूंगरपुर और बांसवाड़ा के सीमांत क्षेत्रों में फैला एक दुर्गम, पहाड़ी और वनाच्छादित पठारी भाग है, जो भील जनजाति का पारंपरिक आवास क्षेत्र रहा है।
- **मानदेसरा का पठार (चित्तौड़गढ़):** यह भैंसरोड़गढ़ वन्यजीव अभ्यारण्य क्षेत्र के अंतर्गत स्थित एक उच्च पठारी अंचल है।

4. विशिष्ट क्षेत्रीय पहाड़ियाँ एवं उनके भौगोलिक विनिर्देश

राजस्थान के विभिन्न जिलों में विशिष्ट आकृतियों और भू-वैज्ञानिक बनावट वाली पहाड़ियाँ पाई जाती हैं, जो स्थानीय अपवाह और उद्योगों को प्रभावित करती हैं:

- **५६ की पहाड़ियाँ (बालोतरा-बाड़मेर):** सिवाना अंचल में स्थित ग्रेनाइट और रायोलाइट चट्टानों से निर्मित **56 गोलाकार पहाड़ियों का समूह**। इन्हें स्थानीय स्तर पर 'नाकोड़ा पर्वत' भी कहा जाता है। यहाँ का ग्रेनाइट पत्थर अपनी कठोरता के लिए विख्यात है।
- **त्रिकूट पहाड़ी (जैसलमेर):** शुष्क रेतीले मैदान के मध्य स्थित पीले बलुआ पत्थरों से निर्मित पहाड़ी। इसी पहाड़ी पर जैसलमेर का ऐतिहासिक सोनार किला (स्वर्ण दुर्ग) बना हुआ है।
- **चिड़ियादूँक पहाड़ी (जोधपुर):** जोधपुर शहर में स्थित एक तीक्ष्ण ढाल वाली पहाड़ी, जिस पर मेहरानगढ़ दुर्ग (मयूरध्वजगढ़) निर्मित है।
- **हर्ष की पहाड़ियाँ (सीकर):** उत्तरी अरावली की प्रमुख पहाड़ियाँ जहाँ प्राचीन हर्षनाथ का मंदिर अवस्थित है। इसके निकट ही 'मालकेतु की पहाड़ी' भी स्थित है।
- **बीजक की पहाड़ी, भीम जी की डूंगरी (कोटपुतली-बहरोड़ / जयपुर):** बैराठ (विराटगढ़) अंचल में स्थित पहाड़ियाँ जो पुरातात्विक दृष्टि से मौर्यकालीन अवशेषों और बाणगंगा नदी के उद्गम के लिए जानी जाती हैं।
- **सूंडा माता पहाड़ियाँ (जालौर):** जालौर के जसवंतपुरा पर्वतीय क्षेत्र में स्थित पहाड़ियाँ जहाँ राज्य का पहला भालू अभ्यारण्य और रोप-वे स्थापित किया गया है।
- **आडावाला पर्वत (बूंदी):** बूंदी जिले में उत्तर-पूर्व से दक्षिण-पश्चिम दिशा में विस्तृत विंध्यन कगार समूह की लहरदार और अर्द्धचन्द्राकार पहाड़ियों को स्थानीय स्तर पर 'आडावाला पर्वत' कहा जाता है।
- **बीजासन का पहाड़ (भीलवाड़ा):** मांडलगढ़ के निकट स्थित एक विशिष्ट पर्वतीय उच्च भूमि।
- **मानी पहाड़ी (भरतपुर):** इस पहाड़ी पर ऐतिहासिक बयाना दुर्ग स्थित है।

5. स्थानीय भू-आकृतिक शब्दावली का प्रामाणिक विश्लेषण

राजस्थान के भौतिक भूगोल में विशिष्ट स्थलाकृतियों को परिभाषित करने के लिए कई आंचलिक और तकनीकी शब्दों का प्रयोग किया जाता है। परीक्षा-उत्तर कुंजी के दृष्टिकोण से इनका सटीक विवरण निम्नलिखित है:

5.1 भाकर या भाकर (Bhakar)

- **तकनीकी परिभाषा:** सिरोही जिले और सुदूर दक्षिणी अरावली क्षेत्र में पाई जाने वाली **अत्यधिक तीव्र ढाल वाली, उबड़-खाबड़, कटी-फटी और नग्न पहाड़ियों** की स्थानीय श्रृंखला को 'भाकर' कहा जाता है।
- **विशेषता:** इन पहाड़ियों पर मिट्टी का आवरण अत्यंत पतला होता है और वनस्पतियों का अभाव पाया जाता है, जिससे तीव्र ढाल (Escarpment) का निर्माण होता है।

5.2 गिरवा (Girwa)

- **तकनीकी परिभाषा:** उदयपुर शहर के चारों ओर विस्तृत **तश्तरीनुमा पहाड़ियों की मेखला** (Bowl-shaped or Amphitheater-like mountain range) को स्थानीय भाषा में 'गिरवा' कहा जाता है।
- **व्युत्पत्ति:** गिरवा शब्द संस्कृत के 'गिरि' (पर्वत) और 'ग्रीवा' (गर्दन) से बना है, जिसका शाब्दिक अर्थ है पहाड़ियों की गर्दन या श्रृंखला। यह बाह्य विवर्तनिक दबाव के कारण निर्मित एक विशिष्ट पर्वतीय विन्यास है।

5.3 वागड या वागड़ (Wagad)

- **तकनीकी परिभाषा:** राजस्थान के सुदूर दक्षिणी भाग में स्थित डूंगरपुर, बांसवाड़ा और प्रतापगढ़ के उस मैदानी भू-भाग को 'वागड' कहा जाता है जो माही नदी और उसकी सहायक सरिताओं द्वारा **तीव्र गति से काट-छांट कर विच्छेदित** कर दिया गया है।
- **विशेषता:** नदीय अपरदन के कारण यहाँ गहरी कंदराएं और छोटी पहाड़ियाँ बन गई हैं, जिससे यह क्षेत्र शेष समतल मैदान से अलग दिखाई देता है।

5.4 देशहरो (Deshharo)

- **तकनीकी परिभाषा:** दक्षिणी अरावली में उदयपुर जिले के अंतर्गत स्थित **जरगा और रागा पर्वत चोटियों के मध्य का उच्च घाटी क्षेत्र** जो अपनी विशिष्ट जलवायवीय दशाओं के कारण वर्ष भर प्राकृतिक रूप से हरा-भरा रहता है, उसे 'देशहरो' कहा जाता है।

5.5 मेवल (Meval)

- **तकनीकी परिभाषा:** डूंगरपुर और बांसवाड़ा के मध्य स्थित छोटी-छोटी पहाड़ियों और विच्छेदित पठारी भागों के संक्रमण क्षेत्र को स्थानीय स्तर पर 'मेवल' के नाम से पुकारा जाता है।

5.6 छप्पन का मैदान (Chhappan Plain)

- **तकनीकी परिभाषा:** प्रतापगढ़ और बांसवाड़ा के मध्य माही नदी के तटवर्ती क्षेत्र में स्थित 56 नदी-नालों या 56 ग्रामीण बस्तियों (राजस्व गांवों) का समूह 'छप्पन का मैदान' कहलाता है। यह अत्यंत उपजाऊ जलोढ़ मैदान है।

5.7 कांठल (Kanthal)

- **तकनीकी परिभाषा:** प्रतापगढ़ जिले में माही नदी के किनारे (तट) पर स्थित मैदानी भाग को 'कांठल' कहा जाता है। कांठल का शाब्दिक अर्थ होता है 'किनारा' या सीमांत भाग।

5.8 मगरा (Magra)

- **तकनीकी परिभाषा:** उदयपुर के उत्तर-पश्चिमी भाग में स्थित कम ऊँची, अवशिष्ट और बंजर पहाड़ियों के क्षेत्र को स्थानीय शब्दावली में 'मगरा' कहा जाता है।

6. तुलनात्मक तालिका: प्रमुख भू-आकृतिक शब्दावली का अंतर

भू-आकृतिक शब्द	प्राथमिक जिला (क्षेत्र)	मुख्य स्थलाकृतिक लक्षण	भू-वैज्ञानिक / भौतिक कारण
भाकर	सिरोही	तीव्र ढाल, उबड़-खाबड़, नग्न पहाड़ियाँ	तीव्र पर्वतीय उत्थान एवं तीव्र परत अपरदन
गिरवा	उदयपुर	तश्तरीनुमा, अर्ध-गोलाकार पर्वत मेखला	केंद्रीय बेसिन के चारों ओर वलय संपीडन
वागड	डूंगरपुर, बांसवाड़ा	कटे-फटे, अत्यधिक विच्छेदित नदीय मैदान	माही नदी प्रणाली द्वारा उग्र अवनालिका कटाव
देशहरो	उदयपुर (जरगा-रागा के मध्य)	सदाबहार, उच्च आर्द्र पर्वतीय घाटी	स्थानीय उच्च वर्षा एवं घाटियों में नमी का संचय
लसाड़िया	उदयपुर (जयसमंद के पूर्व)	अत्यधिक अनियमित विच्छेदित पठार	जयसमंद बेसिन के जल प्रवाह द्वारा तीव्र विदर

7. प्रमुख पर्वत-पठार क्षेत्रों की नदियाँ एवं जल-विभाजक प्रतिरूप

राजस्थान के ये पर्वत और उच्च पठार राज्य के अपवाह तंत्र (Drainage System) को निर्धारित करने वाले विधिक कारक हैं:

- **भोराट के पठार की भूमिका:** भोराट का पठार अरावली का वह सर्वोच्च मध्यवर्ती हिस्सा है जो अरब सागर और बंगाल की खाड़ी के मध्य **महान भारतीय जल-विभाजक** (Great Indian Water Divide) का कार्य करता है। इसके पश्चिमी ढालों का जल लूणी और साबरमती के माध्यम से अरब सागर में जाता है, जबकि इसके पूर्वी ढालों का जल बनास के माध्यम से बंगाल की खाड़ी की ओर प्रवाहित होता है।
- **नदियों के उद्गम केंद्र:**
 - * **नाग पहाड़ (अजमेर):** लूणी नदी का उद्गम।
 - **खमनोर की पहाड़ियाँ (राजसमंद):** बनास नदी (वन की आशा) का उद्गम केंद्र।
 - **गोगुंदा की पहाड़ियाँ (उदयपुर):** बेड़च (आयड़) नदी का उद्गम।
 - **बिजराल की पहाड़ियाँ (राजसमंद):** खारी नदी का उद्गम।
 - **सेवर की पहाड़ियाँ (जयपुर):** साबी नदी का उद्गम।

8. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **इन्सेलबर्ग (Inselberg):** मरुस्थलीय या अर्द्ध-शुष्क क्षेत्रों में तीव्र बाह्य अपरदन के बाद मैदान के बीच अचानक उठने वाले प्रतिरोधी चट्टानों के गुंबदाकार द्वीप-पर्वत, जैसे आबू का ग्रेनाइट खंड।
- **पेनीप्लेन (Peneplain):** अपरदन चक्र के अंत में निर्मित वह लगभग समतल मैदान जिसमें कहीं-कहीं प्रतिरोधी चट्टानों के अवशेष बच जाते हैं।
- **बाथोलिथ (Batholith):** धरातल के नीचे मैग्मा के विशाल गुंबदाकार जमाव से निर्मित आग्नेय आंतरिक संरचना जो वर्तमान में ऊपरी परत के हटने से बाहर दिखाई देती है।
- **कगार भूमि (Scarpland):** तीक्ष्ण ढाल वाले सीधे ऊंचे चट्टानी किनारे जो विवर्तनिक फॉल्ट या तीव्र कटाव से बनते हैं।

9. आर्थिक भूगोल एवं पारिस्थितिक दृष्टिकोण

राजस्थान के ये पर्वत और उच्च पठार राज्य की अर्थव्यवस्था और पर्यावरण संतुलन के मुख्य आधार स्तंभ हैं:

A. धात्विक खनिजों का अक्षय स्रोत:

- अरावली की इन पर्वतीय और पठारी संरचनाओं में प्राचीन धारवाड़ शैल समूह की उपस्थिति के कारण तांबा (खेतड़ी, नीम का थाना), सीसा-जस्ता (जावर, राजपुरा-दरीबा), और बहुमूल्य इमारती पत्थर (मकराना का संगमरमर, जालौर का ग्रेनाइट) प्रचुर मात्रा में पाए जाते हैं।

B. जलवायवीय और वानस्पतिक शरणस्थली:

- ये उच्च पठार और पर्वत (जैसे आबू का पठार, जरगा श्रेणी) राज्य के उन गिने-चुने क्षेत्रों में शामिल हैं जहाँ उपोष्ण सदाबहार और मिश्रित पतझड़ी वनों का सघन आवरण पाया जाता है। यह जैव-विविधता और वन्यजीवों (जैसे पैथर्स, भालू) के संरक्षण के लिए विधिक रूप से अत्यंत महत्वपूर्ण हैं।

10. आधुनिक भू-आकृतिक चुनौतियां एवं प्रशासनिक चिंताएं

तीव्र नगरीकरण और अनियंत्रित औद्योगिक गतिविधियों के कारण इन प्राचीन भू-आकृतियों के मूल स्वरूप पर गंभीर संकट उत्पन्न हो गया है:

1. **पर्वतीय विखंडन (Hill Fragmentation):** ब्यावर, अजमेर और उत्तरी अरावली के क्षेत्रों में इमारती पत्थरों और गिट्टी (बजरी) के लिए किए जाने वाले अनियंत्रित ब्लास्टिंग और अवैध खनन के कारण कई छोटी पहाड़ियां पूरी तरह समतल हो चुकी हैं। इससे स्थानीय अपवाह प्रतिरूप बाधित हो रहा है।
2. **मृदा क्षरण और भूस्खलन (Landslides):** तीव्र ढाल वाले 'भाकर' और पर्वतीय कगारों पर सड़कों और ढांचागत परियोजनाओं के निर्माण के कारण ऊपरी चट्टानें ढीली हो रही हैं, जिससे मानसून के दौरान भूस्खलन की घटनाएं बढ़ रही हैं।
3. **पारिस्थितिक असंतुलन:** उदयपुर के 'गिरवा' बेसिन और पहाड़ियों के कटने से झीलों में गाद (Siltation) का जमाव तीव्र हो गया है, जिससे झीलों की जल भराव क्षमता कम हो रही है।

राजस्थान के प्रमुख पर्वत, उच्च पठार और पहाड़ियाँ राज्य के आर्थिक भूगोल की नियति निर्धारित करते हैं। इन प्राकृतिक भू-आकृतियों और इनसे संबद्ध आंचलिक विन्यासों का वैज्ञानिक अध्ययन और विधिक संरक्षण पर्यावरण सुरक्षा के लिए अपरिहार्य है।

अध्याय 6: मरुस्थलीकरण - कारण, प्रक्रिया, मार्च ऑफ डेजर्ट एवं नियंत्रण कार्यक्रम

मरुस्थलीकरण भूमि के अवक्रमण (Land Degradation) की वह वैज्ञानिक प्रक्रिया है जिसके अंतर्गत शुष्क, अर्द्ध-शुष्क और उप-आर्द्र क्षेत्रों में विभिन्न कारकों के कारण पारिस्थितिक तंत्र की जैविक उत्पादकता निरंतर समाप्त होने लगती है। यह केवल रेगिस्तान का भौतिक विस्तार नहीं है, बल्कि उपजाऊ भूमि की उत्पादक क्षमता का स्थायी विनाश है। राजस्थान का थार मरुस्थल विश्व के सभी मरुस्थलीय क्षेत्रों में सबसे जटिल और संवेदनशील पारिस्थितिक तंत्र का प्रतिनिधित्व करता है।

1. मरुस्थलीकरण की वैज्ञानिक परिभाषा एवं वैधानिक मापदंड

संयुक्त राष्ट्र मरुस्थलीकरण रोकथाम अभिसमय (UNCCD) के विधिक मानकों के अनुसार, मरुस्थलीकरण को निम्नलिखित आधारों पर परिभाषित किया जाता है:

- **भूमि अवक्रमण प्रतिरूप:** जलवायु परिवर्तनों और मानवीय गतिविधियों सहित विभिन्न कारकों से शुष्क, अर्द्ध-शुष्क और शुष्क उप-आर्द्र क्षेत्रों में भूमि की जैविक या आर्थिक उत्पादकता का कम होना या पूरी तरह समाप्त होना।
- **इकोसिस्टम का हास:** मृदा की संरचना में भौतिक, रासायनिक और जैविक गिरावट आना जिससे प्राकृतिक वनस्पति का पुनर्जनन (Regeneration) असंभव हो जाता है।

2. मरुस्थलीकरण के प्राथमिक भौगोलिक एवं प्राकृतिक कारण

थार मरुस्थल की शुष्कता और भूमि अवक्रमण के पीछे कई दीर्घकालिक प्राकृतिक कारक सक्रिय हैं, जिनका भू-आकृतिक विश्लेषण इस प्रकार है:

- **जलवायवीय चरम सीमाएँ और अनिश्चित मानसून:** इस भौतिक प्रदेश में वर्षा की अत्यंत कमी (वार्षिक औसत 10 से 50 सेमी) और उच्च वाष्पीकरण दर (Evaporation Rate) पाई जाती है, जिससे मृदा की नमी स्थायी रूप से समाप्त हो जाती है।
- **अरावली पर्वतमाला का संरेखण:** अरावली श्रृंखला का दक्षिण-पश्चिम मानसून की अरब सागर शाखा के बिल्कुल समानांतर (Parallel) होना एक मुख्य प्राकृतिक कारण है। इसके कारण मानसूनी हवाएँ बिना किसी अवरोध के सीधे उत्तर की ओर निकल जाती हैं और पश्चिमी मैदान सूखा रह जाता है।
- **तीव्र पवन वेग और मृदा अपरदन:** ग्रीष्म ऋतु (मई-जून) में चलने वाली तीव्र रेतीली हवाएँ (पवन वेग 30 से 40 किमी/घंटा) ऊपरी उपजाऊ रेतीली मृदा की परत को पूरी तरह उड़ा ले जाती हैं।
- **भू-वैज्ञानिक चट्टानी बनावट:** धरातल के नीचे पाई जाने वाली लवणीय और चूने की सघन परतें भू-गर्भिक जल के परिसंचरण को बाधित करती हैं, जिससे प्राकृतिक रूप से लवणता बढ़ती है।

3. मरुस्थलीकरण के मानवीय एवं जनसांख्यिकीय कारक

वैश्विक मरुस्थलों की तुलना में थार मरुस्थल में जनसांख्यिकीय दबाव सर्वाधिक है। मानवीय हस्तक्षेप ने इस प्राकृतिक प्रक्रिया को अत्यधिक तीव्र कर दिया है:

- **अतिचारण (Overgrazing):** मरुस्थलीय अंचल में पशुपालन मुख्य आर्थिक आधार है। क्षमता से अधिक पशुओं द्वारा घास के मैदानों (गोचर और ओरण) की अनियंत्रित चराई से वनस्पति का सुरक्षात्मक आवरण पूरी तरह नष्ट हो जाता है, जिससे मिट्टी ढीली होकर हवा के साथ उड़ने लगती है।
- **अंधाधुंध वनोन्मूलन (Deforestation):** ईंधन और इमारती लकड़ी के लिए स्थानीय वनस्पतियों (जैसे खेजड़ी, रोहिड़ा, कुमठ) की अत्यधिक कटाई ने मरुस्थलीय मृदा के स्थिरीकरण (Soil Stabilization) को समाप्त कर दिया है।
- **दोषपूर्ण कृषि पद्धतियाँ:** ढालू भूमि पर वैज्ञानिक मापदंडों के विपरीत जुताई करना, शुष्क क्षेत्रों में अत्यधिक जल-प्रधान फसलों (जैसे ग्वार, बाजरे के स्थान पर कपास और गन्ना) का चयन करना और भूमि को विश्राम (Fallow Period) न देना।
- **तीव्र नगरीकरण और अवसंरचनात्मक दबाव:** सड़कों, नहरों और खनन गतिविधियों के कारण प्राकृतिक अपवाह प्रतिरूप (Natural Drainage) का खंडित होना।

4. मरुस्थलीकरण की भू-आकृतिक प्रक्रिया और चरण

भूमि अवक्रमण की प्रक्रिया अचानक नहीं होती, बल्कि यह क्रमिक चरणों में संपन्न होती है:

4.1 परत अपरदन (Sheet Erosion):

- तीव्र ग्रीष्मकालीन हवाओं द्वारा मृदा के सबसे महत्वपूर्ण महीन जैविक कणों और ह्यूमस की ऊपरी परत को उड़ा दिया जाता है, जिससे मिट्टी अनुर्वर हो जाती है।

4.2 बालुका स्तूपों का निर्माण और गतिशीलता:

- पवन अपरदन के कारण मुक्त हुई रेत आगे चलकर वनस्पति विहीन क्षेत्रों में बरखान (Barchan) और अनुप्रस्थ बालुका स्तूपों के रूप में जमा होने लगती है। ये स्तूप कृषि भूमियों और बस्तियों की ओर खिसकते हैं।

4.3 लवणीकरण (Salinization):

- अत्यधिक नहरी सिंचाई या शुष्क क्षेत्रों में जलभराव के कारण भूमिगत चूने और लवण की परतें केशिकात्व क्रिया (Capillary Action) द्वारा धरातल पर आ जाती हैं। पानी के वाष्पीकृत होने के बाद भूमि पर सफेद नमक की परत (रेह या ऊसर) जम जाती है, जो भूमि को विधिक रूप से बंजर बना देती है।

5. मार्च ऑफ डेजर्ट (मरुस्थल का आगे बढ़ना)

'मार्च ऑफ डेजर्ट' थार मरुस्थल की सबसे गंभीर और रणनीतिक भू-आकृतिक घटना है, जिसका प्रशासनिक दृष्टिकोण से अत्यधिक महत्व है:

- **परिभाषा:** मरुस्थलीय स्थलाकृतियों और शुष्क जलवायवीय दशाओं का भौतिक रूप से अपनी स्थापित पश्चिमी विधिक सीमाओं को लांघकर उत्तर-पूर्व और पूर्वी मैदानी भागों की ओर क्रमिक विस्तार होना 'मार्च ऑफ डेजर्ट' कहलाता है।
- **दिशा और मार्ग:** यह विस्तार मुख्य रूप से दक्षिण-पश्चिम से उत्तर-पूर्व दिशा की ओर (हरियाणा, पंजाब, उत्तर प्रदेश और दिल्ली की तरफ) हो रहा है।
- **अरावली के पारिस्थितिक अंतराल (Gaps):** अरावली पर्वतमाला के निरंतर विखंडन और अवैध खनन के कारण इसके बीच लगभग 28 बड़े प्राकृतिक अंतराल (Gaps) निर्मित हो गए हैं। ये अंतराल मरुस्थलीय तीव्र हवाओं के लिए 'विंड टनल' (Wind Tunnel) का कार्य करते हैं, जिससे रेत के कण अरावली को पार करके जयपुर, अलवर और अजमेर के उपजाऊ मैदानों में जमा हो रहे हैं।
- **नाचना गाँव (जैसलमेर):** जैसलमेर का नाचना गाँव अपनी अत्यधिक गतिशील बालुका स्तूप प्रवृत्तियों और मरुस्थल को आगे बढ़ाने की उग्र घटना के लिए संपूर्ण देश में विख्यात है।

6. मरुस्थलीकरण के संकेतक और सांख्यिकीय आँकड़े

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (ISRO) के स्पेस एप्लिकेशन सेंटर द्वारा जारी 'डेजर्टिफिकेशन एंड लैंड डिग्रेडेशन एटलस' के अद्यतन सांख्यिकीय आँकड़ों के अनुसार, राजस्थान में मरुस्थलीकरण की स्थिति निम्नलिखित तालिका द्वारा स्पष्ट की जा सकती है:

संकेतक पैरामीटर	सांख्यिकीय आँकड़े और विनिर्देश
मरुस्थलीकरण से प्रभावित कुल क्षेत्र	राजस्थान के कुल भौगोलिक क्षेत्रफल का लगभग 67 प्रतिशत भाग अवक्रमण के विभिन्न चरणों में है।
प्राथमिक अपरदन कारक	कुल मरुस्थलीकरण में पवन अपरदन (Wind Erosion) की हिस्सेदारी सर्वाधिक (~44.4%) है।

द्वितीयक अपरदन कारक	जल अपरदन (Water Erosion) (~11.2%) और वनस्पतियों का हास।
लवणीय अवक्रमण का हिस्सा	नहरी क्षेत्रों और खारे पानी के स्रोतों के निकट लगभग 4.8 प्रतिशत।
विधिक मरुस्थलीय जिले	पारंपरिक रूप से 12 जिले विधिक रूप से मरुस्थलीय घोषित थे, परंतु नए प्रशासनिक पुनर्गठन के बाद यह प्रभाव क्षेत्र विस्तारित हुआ है।

7. राष्ट्रीय स्तर के नियंत्रण कार्यक्रम एवं रणनीतियां

मरुस्थलीकरण को वैश्विक और राष्ट्रीय आपदा मानते हुए केंद्र सरकार द्वारा कई महत्वपूर्ण योजनाएं संचालित की जा रही हैं:

7.1 मरुभूमि विकास कार्यक्रम (Desert Development Programme - DDP)

- **शुरुआत:** वर्ष 1977-78 में केंद्र सरकार द्वारा प्रारंभ किया गया।
- **उद्देश्य:** मरुस्थल के प्रसार को रोकना, प्रभावित क्षेत्रों में पारिस्थितिक संतुलन बहाल करना, और स्थानीय स्तर पर जल, मृदा व वनस्पति आवरण को बढ़ाना।
- **वित्तीय ढांचा:** वर्तमान में यह शत-प्रतिशत केंद्र और राज्यों के निश्चित आनुपातिक सहयोग (60:40) पर आधारित एकीकृत वाटरशेड प्रबंधन कार्यक्रम का हिस्सा है। यह राजस्थान के मुख्य शुष्क जिलों में विधिक रूप से प्रभावी है।

7.2 सूखा प्रवण क्षेत्र कार्यक्रम (Drought Prone Areas Programme - DPAP)

- **शुरुआत:** वर्ष 1973-74 में।
- **उद्देश्य:** भूमि, जल और मानव संसाधनों के सतत उपयोग द्वारा सूखे के प्रतिकूल प्रभावों को कम करना।

7.3 राष्ट्रीय वनीकरण एवं पारिस्थितिक विकास (NAEB)

- इसके अंतर्गत अरावली पर्वतमाला के ढालों पर सघन वनीकरण और मरुस्थल की पूर्वी विधिक सीमा पर 'हरित पट्टी' (Green Belt) का निर्माण किया जा रहा है ताकि मार्च ऑफ डेजर्ट को विधिक रूप से रोका जा सके।

8. राज्य स्तरीय नियंत्रण कार्यक्रम एवं संस्थागत प्रयास

राजस्थान राज्य सरकार द्वारा मरुस्थलीकरण के स्थानीय समाधान के लिए विशिष्ट तकनीकी और वानस्पतिक नीतियां लागू की गई हैं:

- **काजरी (CAZRI - Central Arid Zone Research Institute):** जोधपुर में स्थित **केंद्रीय शुष्क क्षेत्र अनुसंधान संस्थान** जिसकी स्थापना 1959 में की गई थी। यह संस्थान मरुस्थलीय मृदा के स्थिरीकरण, शुष्क कृषि तकनीकों और बालुका स्तूपों को नियंत्रित करने के लिए सघन अनुसंधान करने वाला सर्वोच्च विधिक निकाय है।
- **आफरी (AFRI - Arid Forest Research Institute):** जोधपुर में 1988 में स्थापित **शुष्क वन अनुसंधान संस्थान** जो मरुस्थलीय जलवायु के अनुकूल वृक्ष प्रजातियों के विकास और वनीकरण तकनीकों पर कार्य करता है।
- **डांग विकास कार्यक्रम एवं कंदरा सुधार योजना:** चम्बल बेसिन और पूर्वी मैदान के सीमांत अवक्रमित क्षेत्रों में भूमि सुधार हेतु।
- **रूख भायला कार्यक्रम:** झुंजरपुर और बांसवाड़ा अंचल में वनीकरण को जन-आंदोलन बनाने की रणनीतिक पहल।

9. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **जीरोफाइट्स (Xerophytes):** शुष्क जलवायु के अनुकूल पादप प्रजातियां जिनकी जड़ें गहरी, पत्तियां छोटी व कटीली और तना गूदेदार होता है (जैसे- कैर, थूर, नागफनी)।
- **एकीकृत जलसंभर प्रबंधन (IWMP):** वर्षा जल के संचयन, मृदा संरक्षण और वनस्पति आवरण को एक इकाई मानकर किया जाने वाला वैज्ञानिक प्रादेशिक नियोजन।
- **सैंड ड्यून स्टेबलाइजेशन:** गतिशील रेत के टीलों पर कटीली झाड़ियों की आड़ (Micro-windbreaks) बनाकर और मरुस्थलीय घासों (जैसे सेवन) को उगाकर उन्हें एक स्थान पर स्थिर करने की यांत्रिक तकनीक।
- **सेम की समस्या (SEM):** नहरी सिंचाई के कारण उत्पन्न होने वाली भू-गर्भिक जल-जमाव की समस्या जो भूमि को लवणीय दलदल में बदल देती है।

10. मरुस्थलीकरण नियंत्रण की आधुनिक तकनीकी रणनीतियाँ

आधुनिक पर्यावरण विज्ञान के अनुसार मरुस्थलीकरण को पूर्णतः समाप्त करने के लिए निम्नलिखित व्यावहारिक और तकनीकी समाधानों को विधिक सहायता से लागू किया जा रहा है:

10.1 वानस्पतिक अवरोधों का निर्माण (Shelter Belts):

- भारत-पाकिस्तान सीमा और अरावली के अंतरालों पर पवन की दिशा के समकोण पर वृक्षों की सघन कतारें (जैसे- इजरायली बबूल, कुमठ, और नीम) लगाई जा रही हैं। ये कतारें पवन के वेग को कम करती हैं जिससे रेत का आगे बढ़ना स्वतः रुक जाता है।

10.2 चारागाहों का वैज्ञानिक विकास:

- मरुस्थलीय शुष्क घासों, विशेष रूप से **सेवन (Sevan)**, **धामण (Dhaman)**, और **करड़** के कृत्रिम बीजारोपण द्वारा गोचर भूमियों का पुनरुद्धार करना ताकि पशुओं के खुरों से मृदा का क्षरण न हो।

10.3 शुष्क कृषि एवं ड्रिप सिंचाई पद्धति:

- पारंपरिक बाढ़-सिंचाई (Flood Irrigation) को विधिक रूप से हतोत्साहित कर केवल **बूंद-बूंद (Drip)** और **फव्वारा सिंचाई** प्रणालियों को अनिवार्य करना, ताकि केशिकात्व क्रिया द्वारा होने वाले लवणीकरण को रोका जा सके।

11. मरुस्थलीकरण नियंत्रण से संबंधित प्रमुख योजनाएं और उनका वित्तीय प्रतिरूप

तालिका: प्रमुख योजनाओं का तुलनात्मक विवरण

कार्यक्रम का नाम	शुरुआत का वर्ष	मुख्य तकनीकी दृष्टिकोण	वित्तीय प्रतिरूप (केंद्र : राज्य)
DDP (मरुभूमि विकास)	1977-78	बालुका स्तूप स्थिरीकरण, जलसंभर प्रबंधन, शेल्टर बेल्ट निर्माण	60 : 40
DPAP (सूखा प्रवण क्षेत्र)	1973-74	शुष्क कृषि का विविधीकरण, जल संरक्षण अवसंरचना	60 : 40
काजरी (CAZRI) तकनीक	1959	इजरायली बबूल का प्रसार, एग्रो-फॉरेस्ट्री मॉडल	100% केंद्रीय संस्थान

हरित राजस्थान अभियान	2009	राज्यव्यापी सघन वृक्षारोपण और गोचर भूमि विकास	राज्य निधि / मनरेगा संपर्क
----------------------	------	---	----------------------------

मरुस्थलीकरण केवल पश्चिमी राजस्थान की चुनौती नहीं है, बल्कि 'मार्च ऑफ डेजर्ट' के कारण यह संपूर्ण राज्य के कृषि भूगोल के लिए एक स्थायी संकट बन सकता है। अरावली के अंतरालों को वनीकरण द्वारा पाटना और थार मरुस्थल की नाजुक पारिस्थितिकी का विधिक व वैज्ञानिक प्रबंधन करना ही आगामी पीढ़ियों के सतत विकास की एकमात्र गारंटी है।

अध्याय 7: अरावली क्षेत्र में भू-क्षरण, पर्वतीय संवेदी पारिस्थितिकी और सतत प्रादेशिक विकास की चुनौतियां

अरावली पर्वतीय प्रदेश केवल एक प्राचीन भू-वैज्ञानिक स्थलाकृति नहीं है, बल्कि यह संपूर्ण राजस्थान की पर्यावरणीय स्थिरता, जल सुरक्षा और मरुस्थल नियंत्रण का प्राथमिक आधार है। वर्तमान में तीव्र आर्थिक गतिविधियों, अनियोजित नगरीकरण और तकनीकी संसाधनों के बढ़ते अनुप्रयोग के कारण अरावली की संवेदी पर्वतीय पारिस्थितिकी (Fragile Mountain Ecosystem) गंभीर संकटों से जूझ रही है। भू-क्षरण, वनों का विनाश और अनियंत्रित खनन इस क्षेत्र के प्रादेशिक नियोजन के समक्ष सबसे जटिल संरचनात्मक चुनौतियां प्रस्तुत करते हैं।

1. पर्वतीय संवेदी पारिस्थितिकी की वैज्ञानिक प्रकृति एवं विरूपण

पर्वतीय पारिस्थितिकी तंत्र स्वभावतः अत्यंत संवेदनशील (Fragile) होते हैं, जहाँ ढाल की तीव्रता, पतली मृदा परत और सीमित वानस्पतिक पुनर्जनन क्षमता के कारण लघु पर्यावरणीय हस्तक्षेप भी व्यापक विरूपण का कारण बनता है।

अरावली पारिस्थितिकी की संवेदनशीलता के मूल कारण:

- **मृदा आवरण का विन्यास:** अरावली की पहाड़ियों पर मृदा की मोटाई अत्यंत कम (औसतन कुछ सेंटीमीटर) है। यह मिट्टी मुख्य रूप से कार्टजाइट और कायांतरित चट्टानों के अपक्षय से बनी है, जिसमें ह्यूमस और जैविक तत्वों की प्राकृतिक कमी होती है।
- **अपरदन चक्र की अवस्था:** भू-आकृतिक दृष्टि से अरावली अपने अपरदन चक्र के अंतिम (जीर्णावस्था) चरण में है। वनों के कटते ही यह नग्न चट्टानी ढालों में बदल जाती है, जहाँ वनस्पतियों का पुनः उगना विधिक रूप से अत्यंत कठिन हो जाता है।
- **जलवायु संक्रमण क्षेत्र:** यह क्षेत्र शुष्क थार मरुस्थल और आर्द्र पूर्वी मैदान के मध्य एक बफर ज़ोन (संक्रमण क्षेत्र) का कार्य करता है। अतः यहाँ का पारिस्थितिक असंतुलन दोनों अंचलों की जलवायु को सीधे प्रभावित करता है।

2. अरावली क्षेत्र में भू-क्षरण के प्रकार एवं भू-आकृतिक कारक

अरावली पर्वतीय प्रदेश में होने वाला भू-क्षरण (Land Degradation) जल और वायु दोनों ही गतिक कारकों द्वारा उग्र रूप ले चुका है:

2.1 चादर अपरदन (Sheet Erosion):

- **प्रक्रिया:** पर्वतीय ढालों पर सघन वनों की कटाई के कारण मानसून की तीव्र बौछारों से मिट्टी की ऊपरी पूरी परत (Topsoil) बह जाती है।
- **प्रभाव:** इसके कारण पहाड़ियों की चट्टानें नग्न हो जाती हैं, जिससे जल सोखने की क्षमता (Infiltration Capacity) समाप्त हो जाती है और वर्षा का पानी तेजी से बाढ़ के रूप में मैदानों की ओर बहता है।

2.2 अवनालिका अपरदन (Gully Erosion):

- अरावली के विदर विच्छेदित ढालों और तलहटी (Foot-hills) के क्षेत्रों में जहाँ नदियाँ (जैसे बनास, साबी, लूणी) मैदानी भागों में प्रवेश करती हैं, वहाँ जल के तीव्र वेग से गहरे नालों का निर्माण होता है।

2.3 पवन अपरदन (Wind Erosion) एवं अंतरालीय विच्छेद:

- मध्य और उत्तरी अरावली की कटी-फटी पहाड़ियों के बीच शुष्क रेतीली हवाएँ ऊपरी मृदा को उड़ाकर उपजाऊ घाटियों में जमा कर देती हैं, जिससे कृषि भूमि का अवक्रमण होता है।

3. अनियंत्रित खनन एवं पर्वतीय विखंडन (Hill Fragmentation)

औद्योगिक पत्थरों, संगमरमर, ग्रेनाइट और भवन निर्माण सामग्री (बजरी) की बढ़ती वैश्विक मांग के कारण अरावली क्षेत्र में होने वाला खनन वर्तमान की सबसे बड़ी पर्यावरणीय विभीषिका बन चुका है।

खनन के विधिक एवं पारिस्थितिक दुष्परिणाम:

- **पहाड़ियों का पूर्ण विलोपन:** केंद्रीय और राज्य स्तरीय उपग्रह सर्वेक्षणों के आँकड़ों के अनुसार, उत्तरी अरावली (विशेष रूप से अलवर, झुंझुनू, नीम का थाना और जयपुर ग्रामीण अंचल) और मध्य अरावली की कई छोटी पहाड़ियाँ और पर्वत शिखर पूरी तरह से कटकर समतल हो चुके हैं।
- **प्राकृतिक पवन अवरोधों का विनाश:** पहाड़ियों के गायब होने से थार मरुस्थल की ओर से आने वाली तीव्र धूलभरी हवाओं के मार्ग में खड़ी प्राकृतिक बाधाएँ समाप्त हो गई हैं।
- **भू-जल स्तर का गिरना:** खनन के लिए पहाड़ियों में किए जाने वाले गहरे विस्फोटों (Blasting) के कारण चट्टानों के प्राकृतिक जलभृत (Aquifers) टूट जाते हैं, जिससे आस-पास के क्षेत्रों का भू-जल स्तर खतरनाक रूप से नीचे गिर जाता है।

4. अरावली के पारिस्थितिक अंतराल (Ecological Gaps) एवं मरुस्थलीकरण विस्तार

अरावली पर्वतमाला थार मरुस्थल के पूर्व की ओर होने वाले प्रसार (मार्च ऑफ डेजर्ट) को रोकने वाला सबसे मुख्य विधिक भौगोलिक अवरोध है। परंतु वर्तमान में इस अवरोध में गंभीर विच्छेद उत्पन्न हो गए हैं:

- **अंतरालों की पहचान:** वैज्ञानिक अध्ययनों और रिमोट सेंसिंग आँकड़ों के अनुसार, अरावली पर्वतमाला के दक्षिणी-पश्चिम से उत्तर-पूर्व विस्तार के मध्य कुल **28 प्रमुख पारिस्थितिक अंतराल (Ecological Gaps)** चिह्नित किए गए हैं।
- **विंड टनल प्रभाव (Wind Tunnel Effect):** इन अंतरालों का कुल विस्तार लगभग 160 किलोमीटर की लंबाई में बिखरा हुआ है। पहाड़ियों के कटने से ये अंतराल 'विंड टनल' की भाँति कार्य करते हैं, जहाँ से जून-जुलाई की तीव्र मरुस्थलीय हवाएँ रेत को उड़ाकर सीधे अरावली के पार जयपुर, अजमेर, दौसा और अलवर के उपजाऊ मैदानी प्रदेशों में निक्षेपण कर रही हैं।
- **सांभर गैप:** नागौर और अजमेर के मध्य स्थित सांभर अंतराल मरुस्थल विस्तार का सबसे बड़ा और संवेदनशील मार्ग बन चुका है, जहाँ से रेत का फैलाव निरंतर उत्तर-पूर्व की ओर बढ़ रहा है।

5. जैव-विविधता का हास एवं मानव-वन्यजीव संघर्ष

अरावली की दुर्गम श्रेणियाँ प्राचीन काल से ही वन्यजीवों और विशिष्ट औषधीय वनस्पतियों की शरणस्थली रही हैं। पारिस्थितिक विरूपण का सीधा प्रभाव वन्यजीवों के आवासों पर पड़ा है:

- **प्राकृतिक गलियारों (Corridors) का विखंडन:** सरिस्का, रणथंभौर (सीमांत भाग), कुंभलगढ़ और फुलवारी की नाल जैसे संरक्षित क्षेत्रों को जोड़ने वाले पर्वतीय वनीय गलियारे अवैध खनन और राजमार्गों के निर्माण के कारण खंडित हो गए हैं।
- **मानव-वन्यजीव संघर्ष की उग्रता:** वन्यजीवों (विशेष रूप से पैंथर्स/तेंदुओं, जरख और भालू) के प्राकृतिक आवास और पेयजल के स्रोत (पर्वतीय चश्मे) नष्ट होने के कारण वे भोजन और पानी की तलाश में पर्वतीय तलहटी में स्थित मानवीय बस्तियों और कृषि क्षेत्रों की ओर पलायन कर रहे हैं।
- **विशिष्ट वनस्पतियों का विलोपन:** अरावली के उच्च आर्द्र क्षेत्रों में पाई जाने वाली ढोकड़ा (Anogeissus pendula), सालर, और खैर जैसी वनस्पतियों की सघनता कम हो रही है, जिससे मृदा की पकड़ ढीली हो गई है।

6. भू-आकृतिक विसंगतियाँ एवं सांख्यिकीय संकेतक तालिका

अरावली क्षेत्र में बढ़ते पारिस्थितिक संकट की भयावहता को निम्नलिखित वैज्ञानिक संकेतकों और आँकड़ों के माध्यम से स्पष्ट रूप से समझा जा सकता है:

संकट संकेतक	प्राथमिक प्रभावित क्षेत्र (जिले)	मुख्य भू-आकृतिक एवं पर्यावरणीय प्रभाव
अवैध खनन हॉटस्पॉट	नीम का थाना, अलवर, झुंझुनू, राजसमंद, ब्यावार	पहाड़ियों की ऊँचाई में कमी, विवर्तनिक चट्टानी दरारें, Aquifer विनाश।
तीव्र चादर अपरदन	उदयपुर, सिरोही, राजसमंद के पर्वतीय ढाल	ऊपरी उपजाऊ मिट्टी का पूरी तरह बहना, नग्न चट्टानी स्थलाकृति।
जल स्रोतों का सूखना	मध्य और उत्तरी अरावली की घाटियाँ	पारंपरिक पर्वतीय जलधाराओं (स्रोतों) का विलोपन, पेयजल संकट।
डार्क ज़ोन विस्तार	जयपुर ग्रामीण, सीकर, अजमेर, अलवर	नलकूपों द्वारा भू-जल का अनियंत्रित अति-दोहन (Over-exploitation)।
सिल्टेशन (गाद जमाव)	राजसमंद, पिछोला और अजमेर की आनासागर झील	पर्वतीय मलबे के बहकर आने से झीलों की गहराई और जल भराव क्षमता में कमी।

7. सतत प्रादेशिक विकास के समक्ष मुख्य संरचनात्मक चुनौतियाँ

अरावली पर्वतीय प्रदेश में पर्यावरण संरक्षण और आर्थिक विकास के मध्य संतुलन स्थापित करना प्रादेशिक नीति-निर्माताओं के समक्ष सबसे बड़ी विधिक चुनौती है:

7.1 पर्यावरण बनाम आर्थिक संवृद्धि का द्वंद्व:

- यह क्षेत्र निर्माण उद्योगों के लिए कच्चे माल (ग्रेनाइट, संगमरमर, कंक्रीट) का मुख्य प्रदाता है, जो राज्य के राजस्व और रोजगार का बड़ा आधार है। विधिक प्रतिबंधों को कड़ाई से लागू करने पर आर्थिक गतिविधियाँ प्रभावित होती हैं, और ढील देने पर पर्यावरण का विनाश होता है।

7.2 अनियोजित पर्वतीय पर्यटन:

- माउंट आबू, पुष्कर, और उदयपुर के पर्वतीय क्षेत्रों में अनियंत्रित रिसॉर्ट्स और होटलों के निर्माण से कचरा प्रबंधन (Solid Waste Management) का गंभीर संकट उत्पन्न हो गया है। प्लास्टिक प्रदूषण पर्वतीय पारिस्थितिकी को स्थायी रूप से दूषित कर रहा है।

7.3 कृषि प्रतिरूप का विस्थापन:

- पर्वतीय घाटियों में जल की कमी के कारण पारंपरिक फसलों के स्थान पर ट्यूबवेल आधारित व्यावसायिक फसलों को प्राथमिकता दी जा रही है, जो इस नाजुक जल संतुलन पर अतिरिक्त दबाव डालती है।

8. प्रादेशिक सुधार नीतियाँ एवं पर्यावरण संरक्षण कार्यक्रम

अरावली के पारिस्थितिक पुनरुद्धार के लिए राष्ट्रीय और राज्य स्तर पर कई संस्थागत और तकनीकी रणनीतियाँ क्रियान्वित की जा रही हैं:

- **अरावली वनीकरण परियोजना (Aravalli Afforestation Project):** विदेशी सहयोग (ओईसीएफ - ओईसीडी देशों के सहयोग) से प्रारंभ की गई यह एक वृहद योजना थी, जिसके तहत अरावली की नग्न पहाड़ियों पर हवाई बीजारोपण (Aerial Seeding) और सघन सामाजिक वनीकरण के माध्यम से हरित आवरण को पुनर्जीवित करने का प्रयास किया गया।
- **इंटीग्रेटेड वेस्टलैंड डेवलपमेंट प्रोग्राम (IWDP):** इसके अंतर्गत अपक्रमित और बंजर पर्वतीय ढालों पर वाटरशेड (जलसंभर) प्रबंधन द्वारा मृदा और नमी का संरक्षण किया जा रहा है।
- **सर्वोच्च न्यायालय के विधिक निर्देश:** माननीय सर्वोच्च न्यायालय द्वारा अरावली क्षेत्र में 'केंद्रीय अधिकार प्राप्त समिति' (CEC) की सिफारिशों के आधार पर वन्यजीव अभ्यारण्यों के आस-पास के इको-सेंसिटिव ज़ोन (ESZ) में हर प्रकार की व्यावसायिक खनन गतिविधियों पर विधिक रूप से पूर्ण प्रतिबंध लगाया गया है।
- **ग्रीन वॉल ऑफ इंडिया (Green Wall Project):** अरावली पर्वतमाला के समानांतर पोरबंदर (गुजरात) से लेकर पानीपत (हरियाणा) तक 5 किमी चौड़ी **हरित वानस्पतिक पट्टी** विकसित करने की योजना प्रस्तावित है, जिसका मूल विज्ञान मरुस्थल के पूर्व की ओर विस्तार को स्थायी विधिक सुरक्षा देना है।

9. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **इको-सेंसिटिव ज़ोन (ESZ):** पर्यावरण संरक्षण अधिनियम, 1986 के तहत राष्ट्रीय उद्यानों और अभ्यारण्यों के चारों ओर घोषित वे संवेदनशील क्षेत्र जहाँ मानवीय गतिविधियों को विधिक रूप से विनियमित और प्रतिबंधित किया जाता है।
- **जलभृत (Aquifers):** धरातल के नीचे पाई जाने वाली छिद्रिल चट्टानों की वह परत जो भू-जल को संचित और प्रवाहित करने की क्षमता रखती है।
- **ह्यूमस (Humus):** मृदा में पाए जाने वाले सड़े-गले कार्बनिक पदार्थों की मात्रा जो मिट्टी की उर्वरता और नमी धारण क्षमता को निर्धारित करती है।
- **वानस्पतिक आड़ (Micro-windbreaks):** पवन अपरदन को रोकने के लिए ढालों पर स्थानीय सूखी झाड़ियों या वृक्षों की कतारें लगाना।
- **पेनीप्लेनेशन:** जीर्णवस्था के पहाड़ों का कटकर लगभग समतल मैदान के रूप में बदल जाना।

10. अरावली के सतत प्रादेशिक विकास हेतु रणनीतिक समाधान

आधुनिक प्रादेशिक नियोजन और पर्यावरण भूगोल के स्थापित सिद्धांतों के अनुसार, अरावली को बचाने के लिए निम्नलिखित बहु-आयामी वैज्ञानिक समाधानों को विधिक सहायता से लागू करना अपरिहार्य है:

10.1 कन्टूर ट्रेचिंग (Contour Trenching) एवं वानस्पतिक अवरोध:

- पहाड़ियों के ढालों पर समान ऊँचाई वाले बिंदुओं पर कन्टूर खाइयाँ (Trenches) बनाई जानी चाहिए। ये खाइयाँ वर्षा के बहते हुए जल के वेग को कम करती हैं, जिससे मृदा अपरदन रुकता है और जल भूमि के अंदर रिसकर जलभृतों को पुनः चार्ज (Recharge) करता है।

10.2 अंतरालों का वानस्पतिक स्थिरीकरण (Gaps Reforestation):

- अरावली के सभी 28 पारिस्थितिक अंतरालों पर युद्ध स्तर पर स्थानीय मरुस्थलीय और पर्वतीय वृक्षों (जैसे- धोक, नीम, बबूल) की सघन त्रि-स्तरीय कतारें (Three-tier Shelterbelts) लगाई जानी चाहिए ताकि मरुस्थल की रेतीली हवाओं को मैदानी भागों में प्रवेश करने से विधिक रूप से रोका जा सके।

10.3 पर्यावरण-अनुकूल खनन एवं वैज्ञानिक पुनर्वास:

- जिन क्षेत्रों में खनन की विधिक अनुमति है, वहाँ 'माइन क्लोजर प्लान' (Mine Closure Plan) को कड़ाई से लागू किया जाना चाहिए। इसके तहत खनन समाप्त होने के बाद गड्ढों को मलबे से भरकर वहाँ अनिवार्य रूप से कृत्रिम वनों का विकास (Eco-restoration of mined areas) किया जाना चाहिए।

11. अरावली संरक्षण कार्यक्रमों का प्रशासनिक एवं नीतिगत ढांचा

तालिका: प्रमुख संरक्षण रणनीतियों का तुलनात्मक विन्यास

नीतिगत कार्यक्रम	मुख्य तकनीकी उपागम	प्रशासनिक क्रियान्वयन एजेंसी	विधिक विज्ञान / लक्ष्य
इको-सेंसिटिव ज़ोन नियमन	अभ्यारण्यों के 10 किमी दायरे में खनन और भारी उद्योगों पर पूर्ण प्रतिबंध	वन एवं पर्यावरण विभाग, भारत सरकार	वन्यजीवों के प्राकृतिक आवासों और गलियारों की पूर्ण सुरक्षा सुनिश्चित करना।
कन्दूर बांध और चेकडैम	पर्वतीय नालों और ढालों पर लघु जल संचयन संरचनाओं का निर्माण	जलग्रहण विकास एवं भू-संरक्षण विभाग	चादर अपरदन को रोकना और स्थानीय भू-जल स्तर को पुनर्जीवित करना।
माइनिंग रिमोट सेंसिंग	उपग्रह चित्रों द्वारा अवैध खनन गतिविधियों की रियल-टाइम निगरानी	खान एवं भू-विज्ञान विभाग / इसरो	अरावली की पहाड़ियों के विखंडन और भू-आकृतिक क्षति को पूरी तरह रोकना।
एग्रो-फॉरेस्ट्री मॉडल	पर्वतीय तलहटी के किसानों को फलदार और वनीय वृक्ष उगाने हेतु प्रोत्साहन	कृषि एवं किसान कल्याण विभाग	मृदा संरक्षण के साथ-साथ स्थानीय आबादी के लिए वैकल्पिक आजीविका का सृजन।

अरावली पर्वतीय प्रदेश का संरक्षण केवल पर्यावरण का मुद्दा नहीं है, बल्कि यह राजस्थान के भूगोल की नियति है। यदि अरावली की पहाड़ियों और उसके पतले मृदा आवरण को विधिक और तकनीकी रूप से संरक्षित नहीं किया गया, तो मार्च ऑफ़ डेजर्ट की घटना पूर्वी मैदान की सघन जनसांख्यिकी और कृषिगत समृद्धि को स्थायी रूप से नष्ट कर देगी। सतत प्रादेशिक विकास ही इस प्राचीन धरोहर को भावी पीढ़ियों के लिए सुरक्षित रखने का एकमात्र रक्षात्मक मार्ग है।

अध्याय 8: राजस्थान की जलवायु को प्रभावित करने वाले भौगोलिक कारक

राजस्थान की जलवायु अत्यंत विशिष्ट, विविध और चरम सीमाओं से युक्त है। राज्य का अधिकांश भाग शुष्क और अर्द्ध-शुष्क जलवायवीय परिस्थितियों के अंतर्गत आता है, जबकि दक्षिणी और दक्षिणी-पूर्वी हिस्से आर्द्र एवं अति-आर्द्र श्रेणी में शामिल हैं। भू-आकृतिक विज्ञान और मौसम विज्ञान के स्थापित सिद्धांतों के अनुसार, राजस्थान की जलवायवीय विसंगतियों के पीछे इसकी विशिष्ट अक्षांशीय अवस्थिति, समुद्र तट से दूरी, अरावली पर्वत श्रृंखला का संरेखण और थार मरुस्थल की गतिक भूमिका जैसे बुनियादी कारक उत्तरदायी हैं।

1. अक्षांशीय अवस्थिति और सौर विकिरण का प्रतिरूप

राजस्थान की भौगोलिक अवस्थिति भारत के उत्तर-पश्चिमी भाग में 23 डिग्री 03 मिनट उत्तरी अक्षांश से 30 डिग्री 12 मिनट उत्तरी अक्षांश के मध्य है। यह अक्षांशीय विस्तार राज्य के तापीय प्रतिरूप को सीधे तौर पर निर्धारित करता है।

तापीय कटिबंधीय प्रभाव:

- **कर्क रेखा की स्थिति:** 23.5 डिग्री उत्तरी अक्षांश रेखा (कर्क रेखा) राजस्थान के सुदूर दक्षिणी भाग में बांसवाड़ा जिले के मध्य (कुशलगाढ़ तहसील) से होकर गुजरती है, तथा डूंगरपुर जिले की दक्षिणी विधिक सीमा को स्पर्श करती है।
- **उपोष्ण कटिबंध का विस्तार:** कर्क रेखा के उत्तर में स्थित होने के कारण राजस्थान का लगभग 99 प्रतिशत भौगोलिक क्षेत्रफल उपोष्ण कटिबंध (Subtropical Zone) के अंतर्गत आता है।
- **सौर किरणों का कोण:** 21 जून को सूर्य कर्क रेखा पर सीधा चमकता है। इस कारण राज्य के दक्षिणी जिलों (बांसवाड़ा, डूंगरपुर) में सौर विकिरण की सघनता सर्वाधिक होती है, जबकि उत्तर की ओर बढ़ने पर (श्रीगंगानगर की तरफ) सौर किरणों का तिरछापन निरंतर बढ़ता जाता है। यही कारण है कि ग्रीष्म ऋतु में तापीय चरम सीमाएं संपूर्ण राज्य को प्रभावित करती हैं।

2. समुद्र तट से दूरी (महाद्वीपीयता का प्रभाव)

समुद्र का जलवायवीय समकारी प्रभाव (Maritime Effect) तटीय क्षेत्रों के तापमान को नियंत्रित रखता है, परंतु राजस्थान की समुद्र से अत्यधिक भौगोलिक दूरी इसके विपरीत परिस्थितियों को जन्म देती है।

दूरी के विशिष्ट सांख्यिकीय मानक:

- राजस्थान की सीमा से अरब सागर की न्यूनतम दूरी लगभग 300 से 400 किलोमीटर है, तथा कच्छ की खाड़ी लगभग 225 किलोमीटर की दूरी पर स्थित है।
- **महाद्वीपीय जलवायु (Continental Climate):** समुद्र के समकारी प्रभाव के अभाव के कारण राजस्थान में तीव्र महाद्वीपीय जलवायु पाई जाती है। इसके परिणामस्वरूप:
 1. ग्रीष्म ऋतु में धरातल अत्यधिक तीव्र गति से गर्म हो जाता है जिससे उच्च तापमान दर्ज होता है।
 2. शीत ऋतु में विकिरण ह्रास (Radiation Loss) के कारण धरातल उतनी ही तेजी से ठंडा हो जाता है, जिससे न्यूनतम तापमान और पाले की स्थिति बनती है।
 3. दैनिक और वार्षिक तापांतर (Diurnal and Annual Range of Temperature) तटीय राज्यों की तुलना में अत्यधिक उच्च पाया जाता है।

3. अरावली पर्वतमाला का संरेखण एवं मानसूनी गतिकी

अरावली पर्वत श्रृंखला राजस्थान के ठीक मध्य से होकर गुजरने वाली मुख्य भौगोलिक संरचना है। इसका संरेखण (Alignment) राज्य के वर्षा प्रतिरूप को नियंत्रित करने वाला सबसे निर्णायक विधिक कारक है।

अरब सागर की मानसूनी शाखा के समानांतर स्थिति:

- दक्षिण-पश्चिम मानसून की अरब सागर शाखा जब भारत के पश्चिमी तट से टकराकर उत्तर की ओर बढ़ती है, तो राजस्थान में उसका प्रवेश दक्षिण-पश्चिम दिशा से होता है।
- **भौगोलिक संरेखण:** अरावली पर्वतमाला का विस्तार भी दक्षिण-पश्चिम से उत्तर-पूर्व (SW to NE) दिशा की ओर एक निरंतर दीवार के रूप में है।
- **अवरोध का अभाव:** मानसूनी हवाओं के मार्ग और अरावली की दिशा के परस्पर समानांतर (Parallel) होने के कारण ये आर्द्र हवाएँ बिना किसी भौतिक अवरोध के, पहाड़ों को पार किए बिना सीधे उत्तर में स्थित हिमालय पर्वतीय क्षेत्रों की ओर निकल जाती हैं। इसके कारण पश्चिमी राजस्थान में इन हवाओं से नाममात्र की वर्षा होती है।

बंगाल की खाड़ी की मानसूनी शाखा पर प्रभाव:

- मानसून की बंगाल की खाड़ी शाखा पूर्व दिशा से राजस्थान में प्रवेश करती है, जिन्हें स्थानीय भाषा में 'पुरवाईयाँ' (Purvaiyan) कहा जाता है।

- अरावली पर्वतमाला इन पूर्वी आर्द्र हवाओं के मार्ग में एक **लंबवत अवरोध** के रूप में खड़ी है। इस कारण यह हवाओं को रोककर अरावली के पूर्वी और दक्षिणी ढालों (मेवाड़, हाड़ौती) पर प्रचुर मात्रा में वर्षा (80 से 120 सेमी) कराती है।
- **वृष्टि छाया प्रदेश (Rain Shadow Area):** अरावली को पार करने के बाद जब ये हवाएँ पश्चिमी ढालों की ओर उतरती हैं, तो उनका तापमान बढ़ जाता है और आर्द्रता न्यूनतम हो जाती है। इस कारण अरावली का पश्चिमी भाग (थार का मरुस्थल) बंगाल की खाड़ी के मानसून के लिए विधिक रूप से 'वृष्टि छाया प्रदेश' में परिवर्तित हो जाता है।

4. थार मरुस्थल की गतिक भूमिका एवं तापीय विसंगतियां

थार का मरुस्थल केवल एक शुष्क भू-भाग नहीं है, बल्कि यह संपूर्ण भारतीय उपमहाद्वीप के मानसूनी चक्र को सक्रिय करने वाला एक विशाल '**तापीय इंजन**' (Thermal Engine) है।

निम्न वायुदाब केंद्र का निर्माण:

- मई-जून के महीनों में अत्यधिक सौर विकिरण के कारण थार मरुस्थल की रेतीली मृदा अत्यंत तीव्र गति से गर्म हो जाती है। धरातल के गर्म होने से इसके संपर्क में आने वाली वायु गर्म होकर हल्की होती है और तेजी से ऊपर उठती है।
- **गहन निम्न वायुदाब (Intense Low Pressure Area):** वायु के ऊपर उठने से थार मरुस्थल के ऊपर एक अत्यंत शक्तिशाली निम्न वायुदाब का केंद्र विकसित हो जाता है।
- **मानसून का आकर्षण:** यह स्थानीय निम्न वायुदाब हिंद महासागर और अरब सागर के ऊपर स्थित उच्च वायुदाब (High Pressure) वाले समुद्री क्षेत्रों से आने वाली ठंडी और आर्द्र मानसूनी हवाओं को अपनी ओर तीव्रता से आकर्षित करता है। यदि थार का मरुस्थल इस तापीय तीव्रता का प्रदर्शन न करे, तो भारतीय उपमहाद्वीप के मानसून की गतिकी मंद पड़ सकती है।

स्थानीय तापीय प्रवृत्तियां:

- मरुस्थलीय मृदा (एंटीसॉल्स) के कण मोटे होते हैं, जिनमें विशिष्ट ऊष्मा (Specific Heat) कम होती है। इस कारण दिन में यह तेजी से गर्म होती है और रात में उतनी ही तीव्रता से अपनी ऊष्मा तरंगों को अंतरिक्ष में विसर्जित कर देती है। यही कारण है कि पश्चिमी राजस्थान में दैनिक तापांतर अत्यधिक तीव्र पाया जाता है।

5. समुद्र तल से ऊँचाई और उच्चावचीय प्रभाव

सामान्य जलवायवीय नियमों के अनुसार, समुद्र तल से प्रति 165 मीटर की ऊँचाई पर जाने पर तापमान में 1 डिग्री सेल्सियस की गिरावट आती है (Normal Lapse Rate)। राजस्थान का अधिकांश धरातल समतल मैदान या पठार है जिसकी औसत ऊँचाई 150 से 300 मीटर के मध्य है, परंतु अरावली के उच्च पर्वतीय अंचल इस नियम का अपवाद प्रस्तुत करते हैं।

- **माउंट आबू की विशिष्ट जलवायु:** सिरोही जिले में स्थित माउंट आबू समुद्र तल से लगभग **1200 मीटर से अधिक** की ऊँचाई पर स्थित एक उच्च पठारी अंचल है। अत्यधिक ऊँचाई के कारण यहाँ ग्रीष्म ऋतु में भी तापमान औसतन 20 से 25 डिग्री सेल्सियस के मध्य बना रहता है, जबकि इसी समय इसके तलहटी के मैदानी क्षेत्रों में तापमान 45 डिग्री सेल्सियस को पार कर जाता है।
- **अति-आर्द्र अंचल:** ऊँचाई के कारण ही माउंट आबू राजस्थान का **सर्वाधिक वर्षा प्राप्त करने वाला विशिष्ट स्थान** (औसतन 150 सेमी से अधिक) है, जहाँ पर्वतीय प्रकार की जलवायु पाई जाती है।

6. धरातलीय विन्यास एवं मृदा आवरण की प्रकृति

राजस्थान का धरातलीय विन्यास और मृदा की भौतिक विशेषताएं भी यहाँ की स्थानीय जलवायु और वायुमंडलीय आर्द्रता को गहराई से प्रभावित करती हैं:

- **रेतीली मृदा की भूमिका:** पश्चिमी राजस्थान की बलुई मिट्टी वनस्पति विहीन है। यह सौर विकिरण को परावर्तित (Albedo) करने और अवशोषित करने में तीव्र गतिकी का प्रदर्शन करती है, जिससे वायुमंडल में शुष्कता बढ़ती है।
- **हाड़ौती की काली मृदा:** दक्षिणी-पूर्वी पठार की वर्टिसॉल्स (काली मिट्टी) में नमी धारण करने की उच्च क्षमता होती है। इस कारण यह स्थानीय वायुमंडल में आर्द्रता का संतुलन बनाए रखने में सहायक होती है, जिससे इस क्षेत्र में अति-आर्द्र परिस्थितियाँ पाई जाती हैं।

7. तुलनात्मक तालिका: जलवायु को प्रभावित करने वाले प्रमुख कारकों का प्रभाव प्रतिरूप

भौगोलिक कारक	राजस्थान की जलवायु पर प्राथमिक प्रभाव	विधिक / भू-आकृतिक परिणाम
अक्षांशीय अवस्थिति	उपोष्ण कटिबंधीय तापीय प्रवृत्तियों का निर्धारण।	दक्षिणी जिलों में सूर्य की सीधी किरणें, उत्तर में तिरछापन।
अरावली का संरेखण	मानसूनी हवाओं के मार्ग में दिशात्मक समानांतरता।	अरब सागर मानसून का बिना वर्षा सीधे निकल जाना।
थार मरुस्थल	ग्रीष्मकाल में तीव्र तापीय तापन।	गहन निम्न वायुदाब का निर्माण, दक्षिण-पश्चिम मानसून का उत्प्रेरक।
समुद्र से दूरी	समकारी प्रभाव का पूर्ण अभाव (महाद्वीपीयता)।	उच्च दैनिक व वार्षिक तापांतर, तीव्र शुष्कता।
उच्चावच (ऊँचाई)	ऊँचाई के साथ तापमान में प्राकृतिक गिरावट।	माउंट आबू में राज्य के न्यूनतम ग्रीष्मकालीन तापमान का दर्ज होना।

8. पश्चिमी विक्षोभ (Western Disturbances) एवं मावट का अनुप्रयोग

राजस्थान की शीतकालीन जलवायु को प्रभावित करने वाला सबसे महत्वपूर्ण बाह्य भौगोलिक कारक **पश्चिमी विक्षोभ** है।

- **उत्पत्ति केंद्र:** ये विक्षोभ भूमध्य सागर (Mediterranean Sea), कैस्पियन सागर और काला सागर से उठने वाले चक्रवाती चक्र (शीतोष्ण कटिबंधीय चक्रवात) हैं।
- **परिवहन माध्यम:** उप-उष्णकटिबंधीय पछुवा जेट स्ट्रीम (Jet Streams) इन चक्रवातों को पश्चिम से पूर्व की ओर भारत के उत्तर-पश्चिमी भाग में लाती हैं।
- **मावट (Mawath):** इन विक्षोभों के कारण राजस्थान में शीत ऋतु में (मुख्यतः दिसंबर-जनवरी) होने वाली हल्की वर्षा को स्थानीय भाषा में 'मावट' कहा जाता है।
- **कृषिगत अनुप्रयोग:** यह वर्षा रबी की फसल, विशेष रूप से **गेहूँ, जौ, चना और सरसों** के लिए अत्यधिक लाभकारी होती है। इसीलिए मावट की बूंदों को कृषि भूगोल में '**गोल्डन ड्रॉप्स**' (Golden Drops) या सुनहरी बूंदें कहा जाता है।

9. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **तापांतर (Temperature Range):** किसी स्थान पर दर्ज किए गए अधिकतम और न्यूनतम तापमान के मध्य का अंतर। चूरू और जैसलमेर में यह राज्य में सर्वाधिक होता है।
- **पुरवाइयाँ (Purvaian):** बंगाल की खाड़ी से आने वाली दक्षिण-पूर्वी मानसूनी हवाएँ जो अपने साथ प्रचुर आर्द्रता लाती हैं और पूर्वी मैदान में वर्षा का मुख्य स्रोत हैं।
- **अल्बेडो (Albedo):** किसी धरातल द्वारा सौर विकिरण को बिना अवशोषित किए सीधे वापस अंतरिक्ष में परावर्तित करने की क्षमता। मरुस्थल की रेतीली मिट्टी का अल्बेडो उच्च होता है।
- **जेट स्ट्रीम:** ऊपरी वायुमंडल (क्षोभमंडल के ऊपरी भाग) में तीव्र गति से चलने वाली सर्पिलाकार पवन धाराएँ जो पश्चिमी विक्षोभों के संचलन को नियंत्रित करती हैं।
- **वृष्टि छाया क्षेत्र:** किसी पर्वत श्रृंखला का वह ढाल जो मानसूनी हवाओं के विपरीत दिशा में होने के कारण न्यूनतम वर्षा प्राप्त करता है।

10. राजस्थान की जलवायु को प्रभावित करने वाले कारकों का क्षेत्रीय प्रभाव विश्लेषण

तालिका: प्रादेशिक वर्षा एवं तापीय संकेतक

प्रादेशिक अंचल	वर्षा की औसत मात्रा	मृदा एवं वानस्पतिक प्रतिरूप	प्राथमिक जलवायवीय कारक
पश्चिमी शुष्क भाग	10 से 20 सेंटीमीटर	एरिडिसॉल्स, मरुद्भिद वनस्पति	समुद्र से दूरी, अरावली का समानांतर होना, मरुस्थलीय तापन।
पूर्वी मैदानी भाग	60 से 80 सेंटीमीटर	अल्फिसॉल्स, मिश्रित पतझड़ी वन	पुरवाइयों का आगमन, अरावली द्वारा पूर्वी ढालों पर अवरोध।
दक्षिणी-पूर्वी पठार	80 से 100 सेंटीमीटर	वर्टिसॉल्स, सघन झाड़ियाँ व वन	विंध्यन श्रेणियों की अवस्थिति, मालवा पठार की निकटता।
आबू पर्वतीय खंड	150 सेंटीमीटर से अधिक	उपोष्ण सदाबहार वनस्पति	समुद्र तल से अत्यधिक ऊँचाई (~1200 मीटर+)।

11. जलवायु विसंगतियाँ, सूखा और प्रशासनिक चुनौतियाँ

राजस्थान के भौगोलिक कारकों की अनूठी अवस्थिति के कारण राज्य निरंतर जलवायवीय विसंगतियों का सामना करता है, जिनका प्रबंधन प्रशासनिक स्तर पर एक रणनीतिक कार्य है:

1. **सूखे की स्थायी आवृत्ति:** अरावली के संरेखण और समुद्र से दूरी के कारण पश्चिमी जिलों में प्रत्येक तीन से पाँच वर्ष में सूखे (अकाल) की स्थिति निर्मित होती है। जब अन्न, जल और चारे तीनों का अभाव हो जाता है, तो उसे विधिक रूप से 'त्रिकाल' कहा जाता है।
2. **अल-नीनो (El-Nino) का प्रभाव:** प्रशांत महासागर में होने वाले वैश्विक जलवायवीय परिवर्तन (पेरू के तट के निकट गर्म जलधारा का सक्रिय होना) का राजस्थान के मानसून पर सीधा नकारात्मक प्रभाव पड़ता है, जिससे वर्षा की मात्रा सामान्य से बहुत कम हो जाती है।

3. **जलवायु परिवर्तन एवं चरम घटनाएं:** हाल के वर्षों में ग्लोबल वार्मिंग के कारण थार मरुस्थल के कुछ शुष्क क्षेत्रों में अचानक तीव्र बाढ़ आना (जैसे बाड़मेर के कवास में हुई ऐतिहासिक बाढ़) और पारंपरिक आर्द्र क्षेत्रों में शुष्कता का बढ़ना जैसी नई भौगोलिक चुनौतियां सामने आ रही हैं।

राजस्थान की जलवायु यहाँ की संपूर्ण कृषि अर्थव्यवस्था की रीढ़ है। इन भौगोलिक कारकों के प्रभाव प्रतिरूप का सटीक और वैज्ञानिक ज्ञान ही राज्य में आपदा प्रबंधन, जल संरक्षण नीतियों और टिकाऊ कृषि प्रणालियों के निर्माण का रक्षात्मक आधार प्रस्तुत करता है।

अध्याय 9: राजस्थान के प्रमुख ऋतु चक्र - तापमान, वायुदाब, पवन प्रवृत्तियाँ एवं स्थानीय घटनाएँ

राजस्थान की अवस्थिति और भू-आकृतिक संरचना इसके अंतर्गत एक अत्यंत विशिष्ट और सुस्पष्ट ऋतु चक्र (Seasonal Cycle) का निर्माण करती है। राज्य की जलवायु में पाए जाने वाले विभिन्न गतिक तत्व जैसे तापमान, वायुदाब प्रतिरूप और पवनों की दिशाओं का मौसमी विस्थापन यहाँ की संपूर्ण कृषि-पारिस्थितिकी को नियंत्रित करता है। इस भौतिक अंचल में वर्ष भर के वायुमंडलीय विन्यास को मुख्य रूप से तीन प्रमुख ऋतुओं और उनके संक्रमण कालों में वर्गीकृत किया जाता है।

1. ग्रीष्म ऋतु (मार्च से मध्य जून): तापीय एवं वायुदाब गतिकी

ग्रीष्म ऋतु में संपूर्ण राजस्थान अत्यधिक तीव्र मौसमी चरम सीमाओं का प्रतिनिधित्व करता है। इस अवधि में सूर्य का उत्तरायण होना और सौर विकिरण का सीधा प्रहार धरातलीय दशाओं को पूरी तरह बदल देता है।

तापीय प्रवृत्तियाँ और क्षेत्रीय वितरण:

- **उच्चतम तापन:** मई और जून के महीनों में संपूर्ण राज्य में अत्यधिक गर्मी पड़ती है। विशेष रूप से पश्चिमी रेतीला मैदान (थार मरुस्थल) सौर विकिरण को अवशोषित कर तीव्र गति से गर्म होता है।
- **तापमान के सांख्यिकीय आँकड़े:** पश्चिमी जिलों जैसे जैसलमेर, बाड़मेर, बीकानेर और जोधपुर में इस अवधि में दैनिक अधिकतम तापमान औसतन **40 डिग्री सेल्सियस से 45 डिग्री सेल्सियस** के मध्य रहता है, जो कई बार चरम सीमा पर **48 डिग्री सेल्सियस से 50 डिग्री सेल्सियस** तक पहुँच जाता है।
- **चूरू की विशिष्ट स्थिति:** चूरू जिला ग्रीष्मकाल में राज्य का **सर्वाधिक गर्म स्थान** दर्ज होता है। इसका कारण यहाँ पाई जाने वाली चूने की धरातलीय परत और वनस्पति विहीन रेतीला विस्तार है, जो ऊष्मा का सघन संचय करता है।
- **दैनिक तापांतर:** शुष्क हवाओं और स्वच्छ आकाश के कारण रात्रि में भौमिक विकिरण (Terrestrial Radiation) तीव्र गति से अंतरिक्ष में विसर्जित होता है, जिससे रातें अपेक्षाकृत ठंडी हो जाती हैं। इसके कारण थार मरुस्थल में दैनिक तापांतर (Diurnal Range of Temperature) राज्य में सर्वाधिक पाया जाता है।

वायुदाब प्रतिरूप (Pressure Pattern):

- **तीव्र निम्न वायुदाब का विकास:** तापीय नियमों के अनुसार, जब तापमान बढ़ता है तो वायु गर्म होकर फैलती है और उसका घनत्व कम हो जाता है। जून के महीने में थार मरुस्थल के ऊपर एक अत्यंत विस्तृत और गहन निम्न वायुदाब का केंद्र (**Intense Low-Pressure Cell**) निर्मित होता है।
- **वायुदाब मान:** इस अवधि में पश्चिमी राजस्थान का वायुदाब घटकर लगभग **997 मिलीबार (mb)** तक आ जाता है, जबकि इसी समय हिंद महासागर और दक्षिणी तटीय क्षेत्रों में उच्च वायुदाब बना रहता है। यह वायुदाब प्रवणता (Pressure Gradient) आगामी मानसूनी पवनों के संचलन का प्राथमिक कारण बनती है।

2. ग्रीष्मकालीन पवन प्रवृत्तियाँ एवं स्थानीय मौसमी परिघटनाएँ

ग्रीष्म ऋतु के उत्तरार्ध में वायुमंडलीय शुष्कता और स्थानीय तापीय विसंगतियों के कारण कुछ अत्यंत विशिष्ट और उग्र वायुमंडलीय परिघटनाएँ घटित होती हैं जो स्थानीय भूगोल का अभिन्न हिस्सा हैं:

2.1 लू (Loo) - दमनकारी उष्ण पवनें

- **परिभाषा एवं प्रकृति:** मई और जून के महीनों में पश्चिमी मरुस्थलीय भाग में चलने वाली अत्यधिक गर्म, शुष्क और दमनकारी हवाओं को स्थानीय भाषा में 'लू' कहा जाता है।
- **गतिक कारण:** यह मूल रूप से थार मरुस्थल के अत्यधिक तापन के कारण निर्मित स्थानीय संवहनीय धाराएँ (Convective Currents) हैं, जो पश्चिम से पूर्व दिशा की ओर प्रवाहित होती हैं।
- **प्रभाव:** ये पवनें अपने संपर्क में आने वाले क्षेत्रों के तापमान को अचानक 2 से 5 डिग्री सेल्सियस तक बढ़ा देती हैं और वायुमंडल की सापेक्षिक आर्द्रता को पूरी तरह समाप्त कर देती हैं।

2.2 भभूल्या (Dust Devil) - स्थानीय लघु चक्रवात

- **उत्पत्ति की वैज्ञानिक प्रक्रिया:** ग्रीष्मकाल में मरुस्थल के किसी अत्यंत छोटे और विशिष्ट स्थान पर जब सौर विकिरण के कारण धरातल अत्यधिक गर्म हो जाता है, तो वहाँ की वायु तेजी से गर्म होकर लंबवत रूप से ऊपर की ओर उठती है।
- **शून्यता का निर्माण:** इस लंबवत संवहन के कारण उस विशिष्ट बिंदु पर एक अत्यंत तीक्ष्ण और स्थानीय निम्न वायुदाब का केंद्र बनता है।
- **चक्रवातीय गति:** इस शून्यता को भरने के लिए चारों ओर की ठंडी और अपेक्षाकृत उच्च वायुदाब की हवाएँ तीव्र वेग से केंद्र की ओर चक्कर काटते हुए बढ़ती हैं, जिससे धूल का एक घूमता हुआ बवंडर निर्मित होता है। इसे स्थानीय स्तर पर 'भभूल्या' कहा जाता है। यह मुख्य रूप से बीकानेर, नागौर और जोधपुर संभागों में दिखाई देता है।

2.3 आंधियाँ (Dust Storms)

- जून के महीने में तीव्र वायुदाब प्रवणता के कारण मरुस्थल में धूलभरी आंधियाँ चलती हैं।
- **क्षेत्रीय वितरण:** राजस्थान में आंधियों की सर्वाधिक आवृत्ति (दिनों की संख्या) श्रीगंगानगर जिले में (औसतन 27 दिन) पाई जाती है, जिसके बाद बीकानेर और हनुमानगढ़ का स्थान आता है। राज्य के सुदूर दक्षिणी-पूर्वी भागों (झालावाड़, कोटा) में आंधियों की संख्या न्यूनतम (3 से 5 दिन) होती है।

3. वर्षा ऋतु (मध्य जून से सितंबर): मानसूनी पवनें एवं वायुदाब विस्थापन

वर्षा ऋतु में संपूर्ण उपमहाद्वीप का वायुमंडलीय विन्यास बदल जाता है। थार मरुस्थल का निम्न वायुदाब इस अवधि में दक्षिण-पश्चिम मानसूनी पवनों को आकर्षित करने का मुख्य केंद्र बिंदु होता है।

पवन दिशाएं एवं आर्द्रता का संचलन:

- **दिशात्मक प्रतिरूप:** इस ऋतु में पवनों की दिशा पूरी तरह उलट जाती है। पवनें समुद्र से स्थल की ओर दक्षिण-पश्चिम (South-West) से उत्तर-पूर्व दिशा की ओर प्रवाहित होती हैं।
- **वायुदाब विस्थापन:** जुलाई के महीने में 997 mb से 1000 mb की समवायुदाब रेखाएँ (Isobars) राजस्थान के मध्य से होकर गुजरती हैं, जो पवनों के वेग को निरंतर बनाए रखती हैं।

वर्षा का वितरण और प्रादेशिक प्रवृत्तियाँ:

- **न्यूनतम वर्षा का क्षेत्र:** जैसलमेर का सम गाँव (औसतन 5 सेमी से कम) राज्य का सबसे शुष्क स्थान है।
- **सर्वाधिक वर्षा का स्थान:** सिरोही जिले में स्थित माउंट आबू अपनी विशिष्ट ऊँचाई के कारण 150 सेमी से अधिक वार्षिक वर्षा प्राप्त करने वाला सर्वोच्च स्थान है।
- **सर्वाधिक वर्षा वाला जिला:** झालावाड़ जिला (औसतन 100 सेमी से अधिक) राजस्थान का सबसे आर्द्र जिला है, जहाँ मानसूनी पवनों की बंगाल की खाड़ी शाखा द्वारा सघन वर्षा दर्ज की जाती है। इसके विपरीत न्यूनतम वर्षा वाला जिला जैसलमेर (औसतन 10 से 15 सेमी) है।

4. शरद ऋतु (अक्टूबर से नवंबर): मानसून का प्रत्यावर्तन (Retreating Monsoon)

यह ऋतु ग्रीष्मकालीन वर्षा ऋतु और शीत ऋतु के मध्य एक संक्रमण काल (Transition Period) का प्रतिनिधित्व करती है।

वायुमंडलीय विशेषताएं एवं अक्टोबर हीट:

- **मानसून का पीछे हटना:** सितंबर के अंत में सूर्य के दक्षिणायन होने के कारण थार मरुस्थल का निम्न वायुदाब केंद्र कमजोर होने लगता है और पवनों की दिशा पुनः स्थल से समुद्र की ओर होने लगती है। अक्टूबर के मध्य तक मानसूनी पवनें राजस्थान के विधिक क्षेत्र से पूरी तरह पीछे हट जाती हैं।
- **कार्तिक मास की ऊष्मा (October Heat):** मानसून के लौटते ही आकाश पूरी तरह स्वच्छ हो जाता है, परंतु वर्षा के कारण मिट्टी में नमी की मात्रा प्रचुर बनी रहती है। स्वच्छ आकाश के कारण तीव्र धूप और उच्च आर्द्रता के संयुक्त प्रभाव से वातावरण अत्यधिक उमस भरा और कष्टकारी हो जाता है। इस विशिष्ट मौसमी परिघटना को भूगोल में 'अक्टूबर हीट' या 'कार्तिक मास की ऊष्मा' कहा जाता है।
- **वायुदाब प्रतिरूप:** इस अवधि में वायुदाब धीरे-धीरे बढ़ना शुरू होता है और समवायुदाब रेखाएँ 1010 mb के करीब पहुँचने लगती हैं।

5. शीत ऋतु (दिसंबर से फरवरी): तापीय चरम सीमा एवं वायुदाब की उच्चता

शीत ऋतु में संपूर्ण राजस्थान के तापीय और वायुदाब विन्यास में पूरी तरह विपरीत प्रवृत्तियाँ स्थापित हो जाती हैं।
तापीय गिरावट और पाला (Frost):

- **न्यूनतम तापमान:** जनवरी राज्य का सबसे ठंडा महीना होता है। इस अवधि में उत्तरी और पश्चिमी राजस्थान में तापमान अत्यधिक गिर जाता है।
- **चुरू और फतेहपुर की स्थिति:** चुरू और सीकर का फतेहपुर क्षेत्र शीत ऋतु में राज्य के सबसे ठंडे स्थान दर्ज किए जाते हैं, जहाँ रात्रि का तापमान कई बार शून्य डिग्री सेल्सियस से भी नीचे (-1 से -3 डिग्री सेल्सियस) चला जाता है। वनस्पति विहीन रेतीली सतह और स्वच्छ आकाश के कारण तीव्र तापीय विकिरण ह्रास इसका मुख्य भौतिक कारण है।
- **शीत लहर (Cold Wave):** हिमालय पर्वतीय क्षेत्रों में होने वाली बर्फबारी के बाद आने वाली बर्फाली उत्तरी हवाओं के कारण संपूर्ण राज्य में शीत लहर चल पड़ती है, जिससे फसलों पर पाला जम जाता है।

वायुदाब एवं शीतकालीन पवन प्रवृत्तियाँ:

- **उच्च वायुदाब का केंद्र:** कम तापमान के कारण शीतकाल में राजस्थान के ऊपर उच्च वायुदाब (High Pressure Area) निर्मित होता है। जनवरी के महीने में 1018 mb से 1020 mb की समवायुदाब रेखाएँ राज्य के ऊपर से गुजरती हैं।
- **पवन दिशा:** इस ऋतु में पवनों की दिशा मुख्य रूप से उत्तर-पूर्व से दक्षिण-पश्चिम (स्थल से समुद्र की ओर) होती है, जिसके कारण ये पवनें पूरी तरह शुष्क होती हैं और इनसे कोई सामान्य वर्षा नहीं होती।

6. पश्चिमी विक्षोभ (Western Disturbances) एवं मावट का आर्थिक भूगोल

शीत ऋतु की सबसे महत्वपूर्ण वायुमंडलीय घटना पश्चिमी विक्षोभ का आगमन है, जो राज्य की रबी कृषि पारिस्थितिकी को सीधे तौर पर प्रभावित करती है।

उत्पत्ति और गतिक संचलन:

- **स्रोत क्षेत्र:** ये विक्षोभ मूल रूप से भूमध्य सागर (Mediterranean Sea), कैस्पियन सागर और काला सागर के ऊपर उत्पन्न होने वाले शीतोष्ण कटिबंधीय चक्रवात (Temperate Cyclones) हैं।
- **परिवहन माध्यम:** ऊपरी क्षोभमंडल में चलने वाली उपोष्ण कटिबंधीय पच्छुवा जेट स्ट्रीम (Subtropical Westerly Jet Stream) इन चक्रवातों को पश्चिम से पूर्व की ओर भारत के उत्तर-पश्चिमी भाग में लाती है।

मावट (Mawath) - सुनहरी बूंदें:

- **परिभाषा:** इन चक्रवातों के प्रभाव से राजस्थान के उत्तरी और पश्चिमी भागों में शीतकाल (दिसंबर-जनवरी) में होने वाली हल्की वर्षा को स्थानीय भाषा में 'मावट' कहा जाता है।
- **कृषिगत महत्व:** यह वर्षा रबी की प्रमुख फसलों, विशेष रूप से गेहूँ, जौ, चना और सरसों के दानों के विकास के लिए अमृत तुल्य मानी जाती है। इसी उच्च आर्थिक उपयोगिता के कारण मावट की बूंदों को कृषि विज्ञान में 'गोल्डन ड्रॉप्स' (Golden Drops) या सुनहरी बूंदें कहा जाता है।

7. तुलनात्मक तालिका: राजस्थान की प्रमुख ऋतुओं का तत्वीय विश्लेषण

ऋतु का नाम	समयावधि (विधिक मार्ग)	औसत तापीय सीमा (°C)	वायुदाब की स्थिति (mb)	पवनों की मुख्य दिशा
ग्रीष्म ऋतु	मार्च से मध्य जून	35 से 48 डिग्री सेल्सियस	निम्न वायुदाब (~997 mb)	पश्चिम से पूर्व (स्थानीय विक्षेप के साथ)
वर्षा ऋतु	मध्य जून से सितंबर	30 से 35 डिग्री सेल्सियस	मध्यम-निम्न (~1000 mb)	दक्षिण-पश्चिम से उत्तर-पूर्व (समुद्र से स्थल)
शरद ऋतु	अक्टूबर से नवंबर	28 से 32 डिग्री सेल्सियस	संक्रमण काल (~1010 mb)	पवन दिशा में अनिश्चितता एवं प्रत्यावर्तन
शीत ऋतु	दिसंबर से फरवरी	-3 से 20 डिग्री सेल्सियस	उच्च वायुदाब (~1018 mb)	उत्तर-पूर्व से दक्षिण-पश्चिम (स्थल से समुद्र)

8. पवन दिशाओं का ऋतुनिष्ठ स्थानिक प्रतिरूप

राजस्थान के पारंपरिक मौसम विज्ञान और आंचलिक भूगोल में पवनों की दिशाओं के आधार पर उन्हें विशिष्ट स्थानीय नाम दिए गए हैं, जो परीक्षा की दृष्टि से अत्यधिक महत्वपूर्ण हैं:

- **उत्तराद (Uttarad):** उत्तर दिशा से आने वाली ठंडी हवाएँ, जो शीतकाल में तापमान को तीव्रता से गिराती हैं।
- **सूर्या / पुरवइयाँ (Purvaiyan):** पूर्व दिशा से आने वाली आर्द्र हवाएँ, जो बंगाल की खाड़ी के मानसून को लाती हैं और वर्षा का मुख्य स्रोत हैं।
- **पछुआ / आथूणी (Aathuni):** पश्चिम दिशा से आने वाली शुष्क और गर्म हवाएँ, जो मरुस्थलीय शुष्कता को बढ़ाती हैं।
- **दक्खिनाद (Dakkhinad):** दक्षिण दिशा से आने वाली हवाएँ, जो हिंद महासागर के मानसूनी प्रवाह से संबद्ध होती हैं।
- **चील (Cheel):** उत्तर-पश्चिम दिशा से आने वाली तीक्ष्ण हवाएँ।
- **संजैरी:** दक्षिण-पूर्व दिशा से चलने वाली स्थानीय पवन।

9. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **समवायुदाब रेखा (Isobar):** धरातल पर समान वायुदाब वाले भौगोलिक बिंदुओं को आपस में जोड़ने वाली काल्पनिक रेखा। राजस्थान में जुलाई में 997 mb और जनवरी में 1018 mb की रेखाएँ मुख्य संकेतक हैं।

- **संवहनीय धाराएँ (Convective Currents):** धरातल के अत्यधिक तापन के कारण वायु का गर्म होकर लंबवत रूप से ऊपर की ओर उठने का प्रवाह, जो भूभूल्या और स्थानीय मेघ गर्जन का मुख्य कारण है।
- **वायुदाब प्रवणता (Pressure Gradient):** दो भौगोलिक स्थानों के मध्य दूरी के अनुपात में वायुदाब में होने वाला परिवर्तन। यह पवनों के वेग और तीव्रता को निर्धारित करता है।
- **प्रत्यावर्तन काल:** मानसूनी पवनों के पीछे हटने का समय, जो वायुमंडलीय स्थिरता और स्वच्छ आकाश का सूचक है।

10. जलवायवीय विसंगतियाँ एवं प्रशासनिक आपदा प्रबंधन

राजस्थान का ऋतु चक्र अपनी चरम सीमाओं के कारण अक्सर गंभीर प्राकृतिक आपदाओं को जन्म देता है, जिनका विधिक और प्रशासनिक स्तर पर शमन अनिवार्य है:

A. त्रिकाल का संकट (Severe Drought):

- जब वर्षा ऋतु पूरी तरह विफल हो जाती है, तो राज्य में **अन्न, जल और चारे** तीनों का एक साथ भीषण अकाल पड़ता है। इस स्थिति को विधिक रूप से 'त्रिकाल' कहा जाता है। इसके प्रबंधन के लिए आपदा राहत विभाग द्वारा विशेष जलापूर्ति और पशु शिविरों का संचालन किया जाता है।

B. पाला और शीतलहर प्रबंधन:

- जनवरी में चलने वाली तीव्र शीतलहर और पाले से सरसों और सब्जी की फसलें पूरी तरह नष्ट हो जाती हैं। कृषि वैज्ञानिकों द्वारा इस प्रभाव को कम करने के लिए खेतों के किनारों पर गंधक के अम्ल का छिड़काव करने या धुआँ करने की सलाह दी जाती है।

C. भूभूल्या एवं स्थानीय आंधी सुरक्षा:

- मरुस्थलीय क्षेत्रों में ग्रीष्मकालीन तीव्र आंधियाँ और भूभूल्या स्थानीय अवसंरचना, बिजली के खंभों और दृश्यता (Visibility) को भारी क्षति पहुँचाते हैं, जिससे परिवहन और संचार तंत्र बाधित होता है।

राजस्थान का प्रमुख ऋतु चक्र यहाँ की मृदा, प्राकृतिक वनस्पति और सस्य प्रतिरूप (Cropping Pattern) का निर्धारक है। इन मौसमी तत्वों की सांख्यिकीय और गतिक समझ राज्य में सटीक कृषि नियोजन और आपदा प्रबंधन के विधिक ढाँचे को सुदृढ़ करने के लिए अपरिहार्य है।

अध्याय 10: राजस्थान में वर्षा का वितरण प्रतिरूप, दक्षिण-पश्चिमी मानसून एवं मावट

राजस्थान की संपूर्ण कृषि-पारिस्थितिकी, जल संसाधनों की उपलब्धता और ग्रामीण अर्थव्यवस्था मुख्य रूप से वर्षा की मात्रा और उसकी स्थानिक-कालिक प्रवृत्तियों पर निर्भर है। राज्य में वर्षा का वितरण प्रतिरूप भौगोलिक उच्चावच और मानसूनी पवनों के गतिक संचलन के कारण अत्यधिक असमान है। दक्षिण-पश्चिमी मानसून की दो अलग-अलग शाखाएँ और शीतकाल में आने वाले पश्चिमी विक्षोभ (मावट) इस भौतिक अंचल के सस्य प्रतिरूप (Cropping Pattern) को विधिक रूप से निर्धारित करते हैं।

1. वर्षा का स्थानिक वितरण प्रतिरूप एवं क्षेत्रीय विषमताएं

राजस्थान में वर्षा का वितरण सामान्य रूप से **दक्षिण-पूर्व से उत्तर-पश्चिम की ओर** निरंतर कम होता जाता है। अरावली पर्वतमाला इस संपूर्ण वितरण प्रतिरूप में एक मुख्य नियंत्रक की भूमिका निभाती है।

प्रादेशिक वितरण प्रवृत्तियाँ:

- **अति-आर्द्र अंचल (दक्षिणी-पूर्वी भाग):** झालावाड़, बांसवाड़ा, बारां और कोटा जिलों में वार्षिक वर्षा का औसत सर्वाधिक पाया जाता है। यहाँ वर्षा मुख्य रूप से 80 से 120 सेमी के मध्य होती है।
- **शुष्क मरुस्थलीय अंचल (उत्तर-पश्चिमी भाग):** जैसलमेर, बाड़मेर, बीकानेर और श्रीगंगानगर जिलों में वर्षा का औसत न्यूनतम होता है। यहाँ वार्षिक वर्षा केवल 10 से 25 सेमी के मध्य दर्ज की जाती है। जैसलमेर का सम गाँव राज्य का न्यूनतम वर्षा प्राप्त करने वाला पूर्णतः शुष्क क्षेत्र है।
- **स्थानिक चरम सीमा:** सिरोही जिले में स्थित **माउंट आबू** अपनी विशिष्ट उच्चावचीय ऊँचाई के कारण **150 सेमी से अधिक** वार्षिक वर्षा प्राप्त करने वाला राज्य का सर्वोच्च विशिष्ट स्थान है।

वर्षा की परिवर्तनशीलता (Variability of Rainfall):

- राजस्थान में वर्षा की मात्रा में पाए जाने वाले उतार-चढ़ाव को 'वर्षा की परिवर्तनशीलता' कहा जाता है।
- यह प्रवृत्ति पश्चिमी मरुस्थलीय भागों में सर्वाधिक (50% से अधिक) पाई जाती है, जिसका अर्थ है कि यहाँ वर्षा की निश्चितता न्यूनतम होती है। इसके विपरीत, दक्षिणी-पूर्वी भागों में परिवर्तनशीलता न्यूनतम होती है, जिससे वहाँ वर्षा अधिक नियमित रहती है।

2. दक्षिण-पश्चिमी मानसून की उत्पत्ति एवं क्रियाविधि

राजस्थान में होने वाली कुल वार्षिक वर्षा का लगभग **90 से 95 प्रतिशत हिस्सा** दक्षिण-पश्चिमी मानसून (June to September) के माध्यम से प्राप्त होता है। इसकी क्रियाविधि वैश्विक और क्षेत्रीय वायुमंडलीय प्रणालियों से संचालित होती है।

तापीय इंजन और निम्न वायुदाब का विकास:

- ग्रीष्म ऋतु (मई-जून) में तिब्बत के पठार और उत्तर-पश्चिमी भारत (विशेष रूप से थार मरुस्थल) पर सौर विकिरण के सघन अवशोषण के कारण धरातल अत्यधिक गर्म हो जाता है।
- इसके परिणामस्वरूप थार मरुस्थल के ऊपर एक अत्यंत विस्तृत और **गहन निम्न वायुदाब का केंद्र (Intense Low-Pressure Cell)** निर्मित होता है। यह निम्न वायुदाब हिंद महासागर के उच्च वायुदाब वाले समुद्री क्षेत्रों से आने वाली ठंडी और आर्द्र व्यापारिक पवनों को भूमध्य रेखा पार कराकर भारत उपमहाद्वीप की ओर आकर्षित करता है, जो दक्षिण-पश्चिम मानसून के रूप में जानी जाती हैं।

3. अरब सागर की मानसूनी शाखा का गतिक संचलन

दक्षिण-पश्चिमी मानसून जब भारतीय मुख्य भूमि की ओर बढ़ता है, तो प्रायद्वीपीय विन्यास के कारण यह दो शाखाओं में विभाजित हो जाता है। इसमें से **अरब सागर की शाखा** राजस्थान में सर्वप्रथम प्रवेश करती है।

अरावली के संरेखण का प्रभाव:

- अरब सागर का मानसून राज्य में दक्षिण-पश्चिम दिशा से प्रवेश करता है।
- **दिशात्मक समानांतरता:** राजस्थान की मुख्य पर्वत श्रृंखला, अरावली का भौगोलिक संरेखण भी **दक्षिण-पश्चिम से उत्तर-पूर्व (SW to NE)** दिशा की ओर एक निरंतर दीवार के रूप में है।
- **अवरोध का अभाव:** मानसूनी पवनों के प्रवाहित होने के मार्ग और अरावली पर्वतमाला की दिशा के परस्पर समानांतर होने के कारण ये आर्द्र हवाएँ बिना किसी भौतिक रुकावट के, सीधे उत्तर में स्थित हिमालय और हिमाचल के पर्वतीय क्षेत्रों की ओर निकल जाती हैं।
- **परिणाम:** यही मुख्य कारण है कि अरब सागर की शाखा प्रचुर आर्द्रता रखने के बावजूद पश्चिमी रेतीले मैदान में भारी वर्षा कराने में पूरी तरह असमर्थ रहती है। केवल सुदूर दक्षिणी पर्वतीय ढालों (सिरोही, उदयपुर) पर ही इससे कुछ पर्वतीय वर्षा प्राप्त होती है।

4. बंगाल की खाड़ी की मानसूनी शाखा एवं 'पुरवाइयाँ'

राजस्थान में होने वाली अधिकांश मानसूनी वर्षा मुख्य रूप से **बंगाल की खाड़ी की शाखा** द्वारा संपन्न होती है। यह शाखा भारत के पूर्वी मैदानी भागों से होते हुए राज्य में प्रवेश करती है।

- **पुरवाइयाँ (Purvaian):** बंगाल की खाड़ी के मानसून से आने वाली आर्द्र हवाएँ जब गंगा के मैदान को पार कर राजस्थान में **पूर्व और दक्षिण-पूर्व दिशा** से प्रवेश करती हैं, तो उन्हें स्थानीय भाषा में 'पुरवाइयाँ' कहा जाता है।
- **अरावली द्वारा लंबवत अवरोध:** अरावली पर्वतमाला इन पूर्वी आर्द्र हवाओं के मार्ग में एक **लंबवत अवरोध (Vertical Barrier)** के रूप में खड़ी है। इस कारण यह इन पवनों को ऊपर उठने पर विवश करती है, जिससे संघनन (Condensation) की प्रक्रिया तीव्र होती है और अरावली के पूर्वी मैदानी भागों तथा हाड़ौती के पठार पर सघन वर्षा होती है।
- **वृष्टि छाया प्रदेश का निर्माण:** अरावली को पार करने के बाद जब ये हवाएँ पश्चिमी ढालों की ओर उतरती हैं, तो अवरोहण (Descending) के कारण उनका तापमान बढ़ जाता है और उनकी सापेक्षिक आर्द्रता न्यूनतम हो जाती है। इस कारण अरावली का पश्चिमी हिस्सा (थार का मरुस्थल) बंगाल की खाड़ी के मानसून के लिए विधिक रूप से **'वृष्टि छाया प्रदेश' (Rain Shadow Area)** में परिवर्तित हो जाता है, जिससे वहाँ न्यूनतम वर्षा होती है।

5. मानसून का विच्छेद (Break in Monsoon)

वर्षा ऋतु के दौरान कई बार ऐसी स्थिति निर्मित होती है जब मानसूनी हवाओं के सक्रिय होने के बावजूद कई हफ्तों तक वर्षा पूरी तरह रुक जाती है। इस घटना को 'मानसून का विच्छेद' कहा जाता है।

- **कारण:** मानसून की गर्त रेखा (Monsoon Trough) का हिमालय के पाद प्रदेशों की ओर खिसक जाना या उत्तर-पश्चिमी भारत के ऊपरी वायुमंडल में शुष्क हवाओं के चक्रवाती परिसंचरण का सक्रिय हो जाना। इसके कारण स्थानीय हवाओं का लंबवत संवहन रुक जाता है और वर्षा अवरुद्ध हो जाती है।

6. पश्चिमी विक्षोभ (Western Disturbances) एवं मावट

राजस्थान की शीतकालीन जलवायु और कृषि भूगोल को प्रभावित करने वाला सबसे मुख्य कारक पश्चिमी विक्षोभ है।

उत्पत्ति एवं गतिक संचलन:

- **स्रोत क्षेत्र:** ये विक्षोभ मूल रूप से **भूमध्य सागर (Mediterranean Sea)**, कैस्पियन सागर और काला सागर के ऊपर उत्पन्न होने वाले शीतोष्ण कटिबंधीय चक्रवात (Temperate Cyclones) हैं।
- **परिवहन माध्यम:** ऊपरी क्षोभमंडल में चलने वाली **उपोष्ण कटिबंधीय पच्छुवा जेट स्ट्रीम (Subtropical Westerly Jet Stream)** इन चक्रवातों को पश्चिम से पूर्व की ओर प्रवाहित करते हुए भारत के उत्तर-पश्चिमी भाग (पंजाब, हरियाणा, राजस्थान) तक लाती है।

मावट (Mawath):

- **परिभाषा:** शीत ऋतु में (मुख्यतः दिसंबर, जनवरी और फरवरी के महीनों में) इन पश्चिमी विक्षोभों के कारण होने वाली गैर-मानसूनी हल्की वर्षा को स्थानीय भाषा में 'मावट' या 'महावट' कहा जाता है।
- **क्षेत्रीय सघनता:** मावट की मात्रा राजस्थान में **उत्तर-पश्चिम से दक्षिण-पूर्व की ओर** निरंतर कम होती जाती है, जिसका अर्थ है कि श्रीगंगानगर, हनुमानगढ़, चुरू और बीकानेर जिलों में इसका प्रभाव सर्वाधिक होता है।

7. मावट का कृषिगत अनुप्रयोग एवं आर्थिक महत्व

शीतकालीन वर्षा 'मावट' राजस्थान की रबी कृषि-पारिस्थितिकी के लिए एक रणनीतिक वरदान साबित होती है। इसके बहुआयामी आर्थिक महत्व निम्नलिखित बिंदुओं के अंतर्गत स्पष्ट हैं:

गोल्डन ड्रॉप्स (Golden Drops) - सुनहरी बूंदें:

- **फसलों के लिए अमृत:** यह वर्षा रबी की प्रमुख फसलों, विशेष रूप से **गेहूँ, जौ, चना, और तोरिया/सरसों** की बालियों और दानों के विकास के लिए अत्यंत आवश्यक नमी प्रदान करती है। शीतकाल के ठंडे मौसम में गिरने वाली ये हल्की बूंदें फसलों के लिए टॉनिक का कार्य करती हैं, इसीलिए इन्हें कृषि भूगोल में 'गोल्डन ड्रॉप्स' या सुनहरी बूंदें कहा जाता है।
- **गुणवत्ता में सुधार:** मावट के जल में घुली हुई वायुमंडलीय गैसों और अनुकूल तापमान के कारण सरसों के दानों में तेल की प्रतिशत मात्रा बढ़ती है तथा गेहूँ के दानों की चमक और गुणवत्ता उत्कृष्ट श्रेणी की हो जाती है।

शीतलहर और पाला (Frost) नियंत्रण:

- मावट के आने से स्थानीय वायुमंडल का तापमान अचानक बहुत अधिक गिरने से बच जाता है, जिससे फसलों पर पाला जमने की संभावना कम हो जाती है। पाला सरसों की फसल के लिए विधिक रूप से विनाशकारी होता है, क्योंकि यह फूलों को सुखा देता है।

8. तुलनात्मक तालिका: मानसूनी वर्षा बनाम शीतकालीन मावट

जलवायवीय संकेतक	दक्षिण-पश्चिमी मानसूनी वर्षा	शीतकालीन मावट (पश्चिमी विक्षोभ)
उत्पत्ति का मूल स्रोत	हिंद महासागर और अरब सागर की गतिक प्रणालियाँ	भूमध्य सागर के शीतोष्ण कटिबंधीय चक्रवात

समयावधि	मध्य जून से सितंबर (वर्षा ऋतु)	दिसंबर से फरवरी (शीत ऋतु)
स्थानिक दिशा प्रतिरूप	दक्षिण-पूर्व से उत्तर-पश्चिम की ओर घटती है	उत्तर-पश्चिम से दक्षिण-पूर्व की ओर घटती है
सस्य ऋतु (फसल) जुड़ाव	खरीफ की फसलें (बाजरा, मक्का, कपास, ग्वार)	रबी की फसलें (गेहूँ, सरसों, जौ, चना)
वर्षा की प्रकृति	मूसलाधार, तीव्र बौछारें, उच्च बादलों से युक्त	हल्की फुहार, धीमी निरंतर वर्षा, जेट स्ट्रीम प्रेरित
कुल वर्षा में हिस्सेदारी	लगभग 90% से अधिक	लगभग 5% से 10% के मध्य

9. वर्षा के स्थानिक वितरण से संबद्ध सांख्यिकीय आँकड़े

तालिका: राजस्थान के प्रादेशिक वर्षा संकेतक

प्रादेशिक भौतिक विभाग	औसत वार्षिक वर्षा	प्रतिनिधि जिले	प्राथमिक सस्य (फसल) प्रतिरूप
शुष्क रेतीला मैदान	10 - 25 सेमी	जैसलमेर, बाड़मेर, बीकानेर	बाजरा, ग्वार, मोठ (शुष्क कृषि)
अर्द्ध-शुष्क बांगड़ मैदान	25 - 50 सेमी	सीकर, झुंझुनू, नागौर, पाली	दलहन, तिलहन, ज्वार, बाजरा
पूर्वी उप-आर्द्र मैदान	50 - 80 सेमी	जयपुर, टोंक, अलवर, भरतपुर	गेहूँ, सरसों, जौ, चना
हाड़ौती का लावा पठार	80 - 120 सेमी	झालावाड़, कोटा, बारां, बांसवाड़ा	सोयाबीन, संतरा, मक्का, अफीम

10. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **समवर्षा रेखा (Isohyet):** धरातल पर समान वार्षिक या मासिक वर्षा प्राप्त करने वाले भौगोलिक स्थानों को आपस में जोड़ने वाली काल्पनिक रेखा। 50 सेमी की समवर्षा रेखा अरावली के समानांतर गुजरती है जो राज्य को दो मुख्य भागों में बांटती है।
- **सापेक्षिक आर्द्रता (Relative Humidity):** वायु के एक निश्चित आयतन में उपस्थित जलवाष्प की मात्रा और उसी तापमान पर उसकी अधिकतम जलवाष्प धारण करने की क्षमता का अनुपातिक प्रतिशत। वर्षा ऋतु में यह उच्चतम होती है।
- **जेट स्ट्रीम (Jet Stream):** ऊपरी क्षोभमंडल में पश्चिम से पूर्व की ओर तीव्र वेग से चलने वाली संकीर्ण पवन धाराएँ, जो पश्चिमी विक्षोभों के संचलन का मुख्य विधिक माध्यम हैं।
- **रुंडित मानसून:** मानसूनी पवनों की वह स्थिति जब वे अपने मार्ग में नमी खो देती हैं और आंतरिक भागों तक पहुँचते-पहुँचते पूरी तरह शुष्क हो जाती हैं।

11. जलवायवीय विसंगतियाँ, सूखा और प्रशासनिक चुनौतियाँ

राजस्थान की मानसूनी क्रियाविधि अपनी अनिश्चितता के कारण राज्य में गंभीर भौगोलिक और आर्थिक चुनौतियाँ उत्पन्न करती है, जिनका नीतिगत समाधान आपदा प्रबंधन के तहत अनिवार्य है:

1. **अकाल और त्रिकाल (Drought):** जब दक्षिण-पश्चिम मानसून पूरी तरह विफल हो जाता है, तो राज्य में भयानक सूखा पड़ता है। यदि केवल अन्न की कमी हो तो उसे 'अकाल', पानी की कमी हो तो 'जलकाल', और यदि अन्न, जल तथा चारे तीनों का एक साथ भीषण अभाव हो जाए, तो उसे विधिक रूप से 'त्रिकाल' कहा जाता है। इसके शमन के लिए प्रशासनिक स्तर पर आपातकालीन सहायता दी जाती है।
2. **अल-नीनो (El-Nino) का संकट:** प्रशांत महासागर में पेरू के तट के निकट होने वाले असामान्य गर्म जल के संचय की वैश्विक घटना का राजस्थान के मानसून पर सीधा नकारात्मक प्रभाव पड़ता है। इससे पुरवाइयों का वेग मंद पड़ जाता है और राज्य सूखे की चपेट में आ जाता है।
3. **चरम वर्षा की घटनाएँ (Cloudbursts & Flash Floods):** हाल के वर्षों में जलवायु परिवर्तन के कारण थार मरुस्थल के शुष्क क्षेत्रों में अचानक मूसलाधार वर्षा होने से बाढ़ की स्थिति बन जाती है (जैसे बाड़मेर के कवास में हुई बाढ़), जबकि पारंपरिक उच्च वर्षा वाले क्षेत्रों में सूखा देखा जा रहा है। यह स्थलाकृतिक विसंगति आधुनिक जलसंभर प्रबंधन (Watershed Management) के लिए एक नई चुनौती है।

राजस्थान में वर्षा का वितरण प्रतिरूप, दक्षिण-पश्चिमी मानसून की जटिल क्रियाविधि और शीतकालीन मावट का आर्थिक अनुप्रयोग राज्य के कृषि भूगोल की नियति निर्धारित करते हैं। इन जलवायवीय तत्वों का सटीक वैज्ञानिक ज्ञान ही राज्य में जल संचयन, अकाल नियंत्रण और सतत कृषि विकास के नीतिगत ढाँचे को रक्षात्मक आधार प्रदान करता है।

अध्याय 11: जलवायु का पारंपरिक वर्गीकरण - पाँच जलवायु अंचलों का स्थानिक विश्लेषण

राजस्थान के विस्तृत भू-भाग पर पाई जाने वाली जलवायवीय विविधताओं को समझने के लिए भारतीय मौसम विज्ञान विभाग और सामान्य भूगोलवेत्ताओं द्वारा 'पारंपरिक सूचकांकों' के आधार पर राज्य को पाँच मुख्य जलवायु अंचलों में वर्गीकृत किया गया है। यह वर्गीकरण मुख्य रूप से वार्षिक वर्षा की मात्रा, तापमान की चरम सीमाओं, सापेक्षिक आर्द्रता और वनस्पति के स्थानिक वितरण प्रतिरूप पर आधारित है। अरावली पर्वतमाला और थार मरुस्थल की अवस्थिति इन पाँचों अंचलों के विधिक निर्धारण में प्राथमिक कारक की भूमिका निभाती है।

1. पारंपरिक वर्गीकरण के बुनियादी संकेतक एवं मापदंड

पारंपरिक जलवायु वर्गीकरण किसी जटिल गणितीय सूत्र के बजाय धरातलीय और मौसमी दशाओं के व्यावहारिक प्रेक्षण पर आधारित है। इसके निर्धारण में निम्नलिखित मानकों को आधार बनाया गया है:

- **वार्षिक वर्षा का आनुपातिक वितरण:** 0 से लेकर 150 सेमी तक की वर्षा रेखाएँ राज्य को शुष्क से अति-आर्द्र भागों में विभाजित करती हैं।
- **तापमान की चरम सीमाएँ:** ग्रीष्मकालीन और शीतकालीन औसत तापमान का क्षेत्रीय विचलन।
- **मृदा की नमी और वनस्पति:** एरिडिसॉल्स से लेकर वर्टिसॉल्स मृदा वर्ग तथा मरुद्भिद से लेकर सदाबहार वनस्पति के प्रकार।

2. शुष्क जलवायु अंचल (Arid Climate Zone)

यह राजस्थान का सबसे पश्चिमी और अत्यंत कठोर मौसमी दशाओं वाला विस्तृत जलवायवीय क्षेत्र है।

भौगोलिक विस्तार एवं प्रतिनिधि जिले:

- इसके अंतर्गत जैसलमेर, बाड़मेर, बीकानेर, जोधपुर का पश्चिमी भाग, तथा श्रीगंगानगर और हनुमानगढ़ के दक्षिणी शुष्क हिस्से शामिल हैं। इस अंचल का प्रतिनिधि शहर **जैसलमेर** है।

प्रमुख जलवायवीय विशेषताएं:

- **वार्षिक वर्षा का स्तर:** इस अंचल में वर्षा अत्यंत विरल और अनिश्चित होती है, जिसका वार्षिक औसत 0 से 20 सेंटीमीटर के मध्य पाया जाता है।
- **तापमान प्रतिरूप:** ग्रीष्म ऋतु में यहाँ का औसत तापमान 40 डिग्री सेल्सियस से 45 डिग्री सेल्सियस रहता है जो बढ़कर 48 डिग्री सेल्सियस तक पहुँच जाता है, जबकि शीत ऋतु में रात्रि का तापमान घटकर 0 डिग्री सेल्सियस के करीब आ जाता है।
- **सापेक्षिक आर्द्रता:** यहाँ का वायुमंडल वर्ष भर अत्यधिक शुष्क रहता है, केवल मानसून के दौरान कुछ दिनों के लिए सापेक्षिक आर्द्रता बढ़ती है। वाष्पीकरण की दर राज्य में सर्वाधिक होती है।

मृदा एवं प्राकृतिक वनस्पति:

- यहाँ मुख्य रूप से मोटे कणों वाली रेतीली मृदा पाई जाती है, जिसे वैज्ञानिक शब्दावली में **एंटीसॉल्स (Antisols)** या एरिडिसॉल्स कहा जाता है। वनस्पति के रूप में केवल **मरुद्भिद (Xerophytes)** कांटेदार झाड़ियाँ (जैसे कैर, बेर, नागफनी, आक) और लान/सेवन जैसी शुष्क घास प्रजातियाँ ही अनुकूलित हैं।

3. अर्द्ध-शुष्क जलवायु अंचल (Semi-Arid Climate Zone)

यह शुष्क मरुस्थल और अरावली श्रृंखला के मध्य स्थित एक संक्रमणकालीन (Transition) जलवायवीय अंचल है, जिसे 'राजस्थान बांगड़' भी कहा जाता है।

भौगोलिक विस्तार एवं प्रतिनिधि जिले:

- इसके अंतर्गत जालौर, पाली, जोधपुर का पूर्वी भाग, नागौर, सीकर, झुंझुनू, चुरू और डीडवाना-कुचामन का क्षेत्र शामिल है। इस अंचल का प्रतिनिधि शहर **जोधपुर / नागौर** है।

प्रमुख जलवायवीय विशेषताएं:

- **वार्षिक वर्षा का स्तर:** इस अंचल में वर्षा शुष्क क्षेत्र की तुलना में अधिक नियमित होती है, जिसका वार्षिक औसत 20 से 40 सेंटीमीटर के मध्य पाया जाता है।
- **तापमान प्रतिरूप:** ग्रीष्मकाल में औसत तापमान 36 डिग्री सेल्सियस से 42 डिग्री सेल्सियस तथा शीतकाल में 10 डिग्री सेल्सियस से 15 डिग्री सेल्सियस के मध्य बना रहता है। दैनिक तापांतर यहाँ भी उच्च होता है।
- **मौसमी परिघटनाएं:** इस क्षेत्र में मई-जून में धूलभरी आंधियों और स्थानीय संवहनीय विक्षोभों (भभूल्या) की आवृत्ति अधिक देखी जाती है।

मृदा एवं प्राकृतिक वनस्पति:

- यहाँ भूरी रेतीली और हल्की दोमट मिट्टी पाई जाती है। वनस्पति के रूप में **'स्टेपी तुल्य' (Steppe-type)** छोटी घास के मैदान और कटीले वृक्ष पाए जाते हैं। **खेजड़ी (Prosopis cineraria)** और **रोहिड़ा** इस अंचल के मुख्य विधिक वनस्पति संकेतक हैं।

4. उप-आर्द्र जलवायु अंचल (Sub-Humid Climate Zone)

यह अंचल मुख्य रूप से अरावली पर्वतमाला के पर्वतीय क्षेत्रों और अरावली की तलहटी के मैदानी भागों में विस्तृत है।

भौगोलिक विस्तार एवं प्रतिनिधि जिले:

- इसके अंतर्गत जयपुर, दौसा, अलवर, अजमेर, भीलवाड़ा, टोंक का पश्चिमी भाग, तथा सिरोही का मैदानी क्षेत्र शामिल है। इस अंचल का प्रतिनिधि शहर **जयपुर** है।

प्रमुख जलवायवीय विशेषताएं:

- **वार्षिक वर्षा का स्तर:** इस अंचल में मानसून की बंगाल की खाड़ी शाखा द्वारा अच्छी वर्षा होती है, जिसका वार्षिक औसत **40 से 60 सेंटीमीटर** के मध्य दर्ज किया जाता है।
- **तापमान प्रतिरूप:** ग्रीष्मकाल में तीव्र तापन अपेक्षाकृत कम होता है और औसत तापमान 28 डिग्री सेल्सियस से 34 डिग्री सेल्सियस के मध्य रहता है। शीतकाल हल्का और सुहावना होता है, जहाँ औसत तापमान 12 डिग्री सेल्सियस से 18 डिग्री सेल्सियस रहता है।
- **आर्द्रता का संतुलन:** समुद्र तट से दूरी के बावजूद अरावली के वनों के कारण वायुमंडल में आंशिक नमी वर्ष भर सुरक्षित रहती है।

मृदा एवं प्राकृतिक वनस्पति:

- यहाँ पर्वतीय मृदा और हल्की कछारी (जलोढ़) मिट्टी पाई जाती है, जिसे **इन्सेप्सॉल्स (Inceptisols)** कहा जाता है। वनस्पति के रूप में **मिश्रित पतझड़ी वन** (मिश्रित पर्णपाती - Mixed Deciduous) पाए जाते हैं। नीम, आम, बबूल और ढाक (पलाश) इस क्षेत्र की प्रमुख पादप प्रजातियां हैं।

5. आर्द्र जलवायु अंचल (Humid Climate Zone)

यह अंचल मुख्य रूप से पूर्वी मैदानी प्रदेश और दक्षिणी मैदानी भागों में विस्तृत है, जो कृषि उत्पादन के दृष्टिकोण से राज्य का सबसे समृद्ध क्षेत्र है।

भौगोलिक विस्तार एवं प्रतिनिधि जिले:

- इसके अंतर्गत भरतपुर, धौलपुर, करौली, सवाई माधोपुर, टोंक, बूंदी, चित्तौड़गढ़, उदयपुर का पूर्वी भाग और राजसमंद शामिल हैं। इस अंचल का प्रतिनिधि शहर **सवाई माधोपुर / भरतपुर** है।

प्रमुख जलवायवीय विशेषताएं:

- **वार्षिक वर्षा का स्तर:** इस क्षेत्र में मानसून की स्थिरता अधिक होती है, जिससे वार्षिक वर्षा का औसत **60 से 80 सेंटीमीटर** के मध्य पाया जाता है। पुरवाईयों (बंगाल की खाड़ी के मानसून) का प्रभाव यहाँ अत्यंत स्पष्ट होता है।
- **तापमान प्रतिरूप:** ग्रीष्मकाल का औसत तापमान 32 डिग्री सेल्सियस से 35 डिग्री सेल्सियस तथा शीतकाल में न्यूनतम तापमान 14 डिग्री सेल्सियस से 17 डिग्री सेल्सियस के मध्य रहता है। तापांतर शुष्क अंचलों की तुलना में काफी कम होता है।

मृदा एवं प्राकृतिक वनस्पति:

- यहाँ नदियों द्वारा लाई गई गहरी जलोढ़ और कछारी मृदा पाई जाती है, जिसे वैज्ञानिक वर्गीकरण में **अल्फ़िसॉल्स (Alfisols)** कहा जाता है। प्राकृतिक वनस्पति के रूप में **सघन पतझड़ी वन** पाए जाते हैं, जिनमें **धोकड़ा (Anogeissus pendula)** वनों की प्रधानता सर्वाधिक होती है। सालर और खैर के वृक्ष भी प्रचुरता में मिलते हैं।

6. अति-आर्द्र जलवायु अंचल (Humid-Plus / Humid-Extreme Zone)

यह राजस्थान का सर्वाधिक वर्षा, न्यूनतम तापांतर और उच्चतम सापेक्षिक आर्द्रता वाला विशिष्ट जलवायवीय अंचल है।

भौगोलिक विस्तार एवं प्रतिनिधि जिले:

- इसके अंतर्गत झालावाड़, बारां, कोटा का दक्षिणी भाग, बांसवाड़ा, प्रतापगढ़, डूंगरपुर का कुछ हिस्सा और सिरोही जिले का माउंट आबू पर्वतीय क्षेत्र शामिल है। इस अंचल का प्रतिनिधि शहर **झालावाड़** है।

प्रमुख जलवायवीय विशेषताएं:

- **वार्षिक वर्षा का स्तर:** यह राज्य का सर्वोच्च वर्षा प्राप्त करने वाला बेल्ट है, जहाँ वार्षिक वर्षा का औसत **80 से 150 सेंटीमीटर** के मध्य पाया जाता है। झालावाड़ जिला राज्य का सबसे आर्द्र जिला है, जबकि माउंट आबू सबसे आर्द्र स्थान है।
- **तापमान प्रतिरूप:** ग्रीष्मकाल में यहाँ का मौसम अन्य अंचलों की तुलना में कम गर्म होता है (औसत 30 से 32 डिग्री सेल्सियस), तथा शीतकाल में कड़ाके की ठंड पड़ती है।

- **उच्चतम सापेक्षिक आर्द्रता:** सघन वनों और प्रचुर जल स्रोतों के कारण वायुमंडल में आर्द्रता की मात्रा वर्ष भर सर्वोच्च बनी रहती है, जिससे यहाँ उमस और बादलों की सघनता अधिक देखी जाती है।

मृदा एवं प्राकृतिक वनस्पति:

- इस क्षेत्र में लावा चट्टानों के अपक्षय और उच्च वर्षा के कारण गहरी मध्यम काली मिट्टी पाई जाती है, जिसे **वर्टिसॉल्स (Vertisols)** कहा जाता है। वनस्पति के रूप में **सघन मानसूनी वन** और **उष्णकटिबंधीय शुष्क सागवान वन (Dry Teak Forests)** पाए जाते हैं। बाँस, सागवान, महुआ और आम के वृक्ष इस अंचल की विधिक पहचान हैं। माउंट आबू की ऊँचाई पर **उपोष्ण सदाबहार वन (Subtropical Evergreen)** भी मिलते हैं।

7. तुलनात्मक तालिका: पांचों पारंपरिक जलवायु अंचलों का स्थानिक विश्लेषण

जलवायु अंचल	वार्षिक औसत वर्षा	ग्रीष्म / शीत तापमान	प्रतिनिधि मृदा वर्ग	विशिष्ट प्रतिरूप वानस्पतिक
शुष्क अंचल	0 से 20 सेमी	45°C / 0°C से कम	एंटीसॉल्स (रेतीली)	मरुद्भिद (कांटेदार झाड़ियाँ व सेवन घास)
अर्द्ध-शुष्क अंचल	20 से 40 सेमी	40°C / 10°C	एरिडिसॉल्स (भूरी रेतीली)	स्टेपी तुल्य वनस्पति, खेजड़ी, रोहिड़ा
उप-आर्द्र अंचल	40 से 60 सेमी	34°C / 12°C	इन्सेरिडिसॉल्स (पर्वतीय)	मिश्रित पर्णपाती/पतझड़ी वन, आम, नीम
आर्द्र अंचल	60 से 80 सेमी	32°C / 14°C	अल्फिसॉल्स (जलोढ़/कछारी)	सघन पतझड़ी वन, धोकड़ा की प्रधानता
अति-आर्द्र अंचल	80 से 150 सेमी	30°C / 10°C से कम	वर्टिसॉल्स (मध्यम काली)	शुष्क सागवान वन, उपोष्ण सदाबहार, बाँस

8. जलवायु अंचलों के मध्य सीमांकन रेखाएँ (Boundary Lines)

राजस्थान के पारंपरिक जलवायु अंचलों का भौतिक विभाजन कुछ विशिष्ट **समवर्षा रेखाओं (Isohyets)** द्वारा विधिक रूप से निर्धारित होता है:

- **25 सेमी समवर्षा रेखा:** यह रेखा शुष्क जलवायु अंचल (महान मरुभूमि) को अर्द्ध-शुष्क जलवायु अंचल (राजस्थान बांगड़) से अलग करती है। यह मरुस्थल के आंतरिक विभाजन की मुख्य कड़ी है।

- **50 सेमी समवर्षा रेखा:** यह रेखा अरावली पर्वतमाला के समानांतर गुजरती है। यह अर्द्ध-शुष्क मरुस्थलीय अंचल को उप-आर्द्र और आर्द्र मैदानी अंचलों से अलग करती है। इसे राजस्थान की **मुख्य जलवायवीय और जैविक विभाजक रेखा** माना जाता है।
- **80 सेमी समवर्षा रेखा:** यह रेखा आर्द्र मैदानी अंचल को दक्षिणी-पूर्वी अति-आर्द्र पठारी अंचल से विधिक रूप से अलग करती है।

9. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **समवर्षा रेखा (Isohyet):** मानचित्र पर समान वर्षा वाले स्थानों को मिलाने वाली काल्पनिक रेखा।
- **संक्रमण ज़ोन (Ecological Transition):** दो स्पष्ट जलवायु अंचलों के मध्य का वह संकीर्ण भाग जहाँ दोनों अंचलों की मिट्टियाँ और वनस्पतियाँ मिश्रित रूप में पाई जाती हैं, जैसे अर्द्ध-शुष्क अंचल।
- **पर्णपाती (Deciduous):** वे वन जो जल संरक्षण के लिए शुष्क ग्रीष्म ऋतु के प्रारंभ में अपनी पत्तियाँ पूरी तरह गिरा देते हैं, जैसे उप-आर्द्र और आर्द्र अंचल के धोक वन।
- **सापेक्षित आर्द्रता:** वायु के एक निश्चित आयतन में उपस्थित जलवाष्प और उसकी धारण क्षमता का प्रतिशत, जो अति-आर्द्र अंचल में सर्वाधिक होता है।

10. जलवायवीय अंचलों का आर्थिक एवं कृषि भूगोल

राजस्थान का यह पारंपरिक जलवायु विभाजन राज्य के सस्य प्रतिरूप (Cropping Pattern) और ग्रामीण आजीविका का मुख्य निर्धारक है:

A. शुष्क एवं अर्द्ध-शुष्क अंचल की कृषि:

- इन अंचलों में जल की कमी के कारण **शुष्क कृषि पद्धति (Dry Farming)** अपनाई जाती है। यहाँ मुख्य रूप से कम पानी और कम समय में पकने वाली खरीफ की फसलें जैसे बाजरा, ग्वार, मोठ और तिलहन (सरसों रबी में सिंचाई आधारित) उगाए जाते हैं। पशुपालन (भेड़-बकरी, राठी व थारपारकर गायें) यहाँ का मुख्य आर्थिक सुरक्षा कवच है।

B. आर्द्र एवं उप-आर्द्र अंचल की कृषि:

- कछारी मिट्टी और अनुकूल वर्षा के कारण यह बेल्ट राज्य का अग्रणी **कृषि भंडार** है। यहाँ रबी में गेहूँ, सरसों, जौ और चना तथा खरीफ में ज्वार और मक्का का सघन उत्पादन होता है। कुओं और नलकूपों द्वारा सिंचाई का घनत्व यहाँ सर्वाधिक है।

C. अति-आर्द्र अंचल की कृषि:

- वर्टिसॉल्स मृदा की उच्च नमी धारण क्षमता और प्रचुर मानसून के कारण यह क्षेत्र व्यावसायिक फसलों के लिए विख्यात है। सोयाबीन, कपास, गन्ना, संतरा (झालावाड़) और मक्का यहाँ की प्राथमिक फसलें हैं।

11. जलवायवीय विसंगतियाँ एवं प्रादेशिक चुनौतियाँ

भौगोलिक कारकों के स्थानिक प्रभाव के कारण इन जलवायु अंचलों में अक्सर गंभीर विसंगतियाँ उत्पन्न होती हैं, जिनका निवारण प्रशासनिक स्तर पर आवश्यक है:

1. **मरुस्थलीकरण का पूर्व की ओर प्रसार:** शुष्क और अर्द्ध-शुष्क अंचलों की रेतीली हवाएँ अरावली के अंतरालों से होकर उप-आर्द्र अंचल (जयपुर, अलवर) की ओर बढ़ रही हैं, जिससे उपजाऊ मैदानी भू-भाग संकट में हैं।
2. **नहरी क्षेत्रों में सेम की समस्या:** अति-आर्द्र अंचल के समान जब शुष्क अंचल (इन्दिरा गांधी नहरी बेल्ट) में अत्यधिक पानी का भराव किया जाता है, तो वहाँ की लवणीय अवसादी चट्टानें सक्रिय हो जाती हैं, जिससे भूमि दलदली और बंजर (ऊसर) हो जाती है।
3. **सूखे की आवृत्ति:** शुष्क और अर्द्ध-शुष्क अंचलों में प्रत्येक तीन से पाँच वर्ष में वर्षा की भारी विफलता के कारण '**त्रिकाल (अन्न, जल और चारे का संकट)**' की स्थिति निर्मित होती है, जो बड़े पैमाने पर ग्रामीण पलायन को जन्म देती है।

राजस्थान के पाँचों पारंपरिक जलवायु अंचलों का यह स्थानिक विश्लेषण राज्य के भौतिक और आर्थिक भूगोल की आधारशिला प्रस्तुत करता है। इन अंचलों की वर्षा, तापमान और मृदा की विशेषताओं का सटीक ज्ञान ही प्रशासनिक स्तर पर आपदा प्रबंधन, कमान क्षेत्र विकास और टिकाऊ कृषि नीतियों के निर्माण का रक्षात्मक आधार है।

अध्याय 12: जलवायु के वैज्ञानिक वर्गीकरण - कोपेन, थॉर्नथ्वेट एवं ट्रीवार्था का प्रतिरूप

राजस्थान की जलवायवीय विविधताओं और स्थानिक विचलनों को समझने के लिए पारंपरिक सामान्य वर्गीकरण की तुलना में सांख्यिकीय और मात्रात्मक मापदंडों पर आधारित 'वैज्ञानिक वर्गीकरण' अत्यधिक प्रामाणिक माने जाते हैं। व्लादिमीर कोपेन, सी.डब्ल्यू. थॉर्नथ्वेट और ग्लेन ट्रीवार्था ने विश्व जलवायु वर्गीकरण के जो प्रतिरूप प्रतिपादित किए, उन्हें जब राजस्थान के संदर्भ में अनुप्रयुक्त किया जाता है, तो राज्य के सूक्ष्म पारिस्थितिक अंचलों का एक सुस्पष्ट और अकादमिक रूप से सटीक भौगोलिक ढांचा प्राप्त होता है।

1. व्लादिमीर कोपेन का जलवायु वर्गीकरण प्रतिरूप

जर्मन मौसमविज्ञानी व्लादिमीर कोपेन ने अपने वर्गीकरण का प्राथमिक आधार **प्राकृतिक वनस्पति** को माना। उनका सिद्धांत इस मान्यता पर टिका है कि वनस्पति का स्थानिक वितरण सीधे तौर पर तापमान और वर्षा की मात्रा द्वारा नियंत्रित होता है। उन्होंने विशिष्ट जलवायवीय दशाओं को प्रदर्शित करने के लिए अंग्रेजी के बड़े (Capital) और छोटे (Small) अक्षरों के सांकेतिक कूटों (Codes) का प्रयोग किया।

कोपेन के कूटों का तकनीकी विन्यास:

- **B (शुष्क जलवायु):** जहाँ वाष्पीकरण की दर वार्षिक वर्षा की कुल मात्रा से अधिक होती है।
- **W (Wüste - मरुस्थल):** पूर्णतः शुष्क मरुस्थलीय दशाएं।
- **S (Steppe - अर्द्ध-शुष्क):** शुष्क और आर्द्र जलवायु के मध्य का घास का मैदान।
- **h (heiß - गर्म):** औसत वार्षिक तापमान 18 डिग्री सेल्सियस से अधिक।
- **w (wintertrocken):** शीत ऋतु पूरी तरह शुष्क और वर्षा मुख्य रूप से ग्रीष्मकाल में।
- **g (Ganges):** गंगा तुल्य तापमान प्रतिरूप, जहाँ सबसे गर्म महीना वर्षा ऋतु से ठीक पहले होता है।

2. राजस्थान के कोपेन जलवायवीय प्रदेश

कोपेन के प्रतिरूप के अनुसार राजस्थान को चार मुख्य विधिक जलवायु प्रदेशों में विभाजित किया जाता है:

2.1 Bwhw (उष्णकटिबंधीय शुष्क मरुस्थलीय जलवायु)

- **भौगोलिक विस्तार:** जैसलमेर, बाड़मेर, बीकानेर, जोधपुर का पश्चिमी भाग, तथा श्रीगंगानगर और हनुमानगढ़ के पश्चिमी हिस्से।
- **प्रतिनिधि शहर:** जैसलमेर
- **मुख्य विशेषताएं:** अत्यधिक शुष्कता, तीव्र वाष्पीकरण और न्यूनतम वर्षा (0 से 20 सेमी)। वनस्पति के रूप में केवल मरुद्भिद (जीरोफाइट्स) कटीली झाड़ियाँ पाई जाती हैं।

2.2 Bshw (अर्द्ध-शुष्क या स्टेपीडुल्य जलवायु प्रदेश)

- **भौगोलिक विस्तार:** जालौर, पाली, जोधपुर का पूर्वी भाग, नागौर, सीकर, झुंझुनू, चुरू, डीडवाना-कुचामन और अरावली का पश्चिमी सीमांत बेल्ट।
- **प्रतिनिधि शहर:** जोधपुर / नागौर
- **मुख्य विशेषताएं:** वार्षिक वर्षा का औसत 20 से 40 सेमी। यहाँ कांटेदार वनस्पतियों के साथ-साथ छोटे घास के मैदान (स्टेपी वनस्पति) पाए जाते हैं। खेजड़ी इस क्षेत्र का मुख्य वानस्पतिक संकेतक है।

2.3 Cwgw (उपोष्ण कटिबंधीय आर्द्र/मैदानी जलवायु प्रदेश)

- **भौगोलिक विस्तार:** अरावली का पूर्वी भाग, जयपुर, अलवर, भरतपुर, सवाई माधोपुर, करौली, टोंक, भीलवाड़ा, चित्तौड़गढ़, और उदयपुर का पूर्वी मैदानी अंचल।
- **प्रतिनिधि शहर:** टोंक / जयपुर
- **मुख्य विशेषताएं:** वर्षा मुख्य रूप से ग्रीष्मकाल में (40 से 80 सेमी) और शीत ऋतु शुष्क। यहाँ मिश्रित पर्णपाती (पतझड़ी) वन पाए जाते हैं जिनमें धोकड़ा वृक्षों की प्रधानता होती है।

2.4 Aw (उष्णकटिबंधीय आर्द्र/अति-आर्द्र जलवायु प्रदेश)

- **भौगोलिक विस्तार:** डूंगरपुर, बांसवाड़ा, प्रतापगढ़, झालावाड़, और कोटा-बारां का दक्षिणी भाग तथा सिरोही का माउंट आबू पर्वतीय क्षेत्र।
- **प्रतिनिधि शहर:** बांसवाड़ा / झालावाड़

- **मुख्य विशेषताएं:** वार्षिक वर्षा सर्वोच्च (80 से 150 सेमी)। ग्रीष्मकाल में अत्यधिक वर्षा और न्यूनतम वार्षिक तापांतर। यहाँ उष्णकटिबंधीय शुष्क सागवान वन (Dry Teak) और सघन मानसूनी वनस्पतियाँ पाई जाती हैं।

3. सी.डब्ल्यू. थॉर्नथ्वेट का जलवायु वर्गीकरण प्रतिरूप

अमेरिकी जलवायुविज्ञानी सी.डब्ल्यू. थॉर्नथ्वेट ने वर्ष 1931 और 1948 में अपने प्रतिरूप प्रस्तुत किए। उन्होंने कोपेन की तुलना में अधिक मात्रात्मक और जटिल मापदंडों का अनुप्रयोग किया।

वर्गीकरण के प्राथमिक संकेतक:

1. **वर्षण दक्षता (Precipitation Effectiveness):** पौधों के विकास के लिए मिट्टी में उपलब्ध वास्तविक नमी का अनुपात।
2. **तापीय दक्षता (Thermal Efficiency):** किसी क्षेत्र को प्राप्त होने वाले कुल सौर विकिरण और तापमान का स्तर।
3. **संभाव्य वाष्पोत्सर्जन (Potential Evapotranspiration - PE):** तापमान के प्रभाव से धरातल और वनस्पतियों द्वारा होने वाले कुल जल का वाष्पीकरण।

4. राजस्थान के थॉर्नथ्वेट जलवायवीय प्रदेश

थॉर्नथ्वेट के मात्रात्मक प्रतिरूप के आधार पर राजस्थान को चार विशिष्ट प्रदेशों में सीमांकित किया जाता है:

4.1 EA'd (उष्णकटिबंधीय शुष्क मरुस्थलीय जलवायु)

- **सांकेतिक अर्थ:** E = अत्यंत शुष्क, A' = उष्णकटिबंधीय तापीय दक्षता, d = वर्ष भर वर्षा का अभाव (Dry)।
- **भौगोलिक विस्तार:** जैसलमेर, बाड़मेर का पश्चिमी भाग, बीकानेर और जोधपुर का उत्तर-पश्चिमी हिस्सा।
- **प्रतिनिधि शहर:** जैसलमेर
- **मुख्य विशेषताएं:** यह पूर्णतः मरुस्थलीय दशाओं का सूचक है जहाँ संभाव्य वाष्पोत्सर्जन की दर वास्तविक वर्षा से कई गुना अधिक होती है।

4.2 DB'w (अर्द्ध-शुष्क / मिश्रित जलवायु प्रदेश)

- **सांकेतिक अर्थ:** D = अर्द्ध-शुष्क, B' = मध्य-तापीय दक्षता, w = शीत ऋतु शुष्क और ग्रीष्मकाल में थोड़ी वर्षा।
- **भौगोलिक विस्तार:** श्रीगंगानगर, हनुमानगढ़, चुरू, झुंझुनू और सीकर के उत्तरी भाग।
- **प्रतिनिधि शहर:** बीकानेर / श्रीगंगानगर
- **मुख्य विशेषताएं:** उत्तरी और उत्तर-पश्चिमी शुष्क मैदानी भाग इसके अंतर्गत आते हैं जहाँ वर्षा का औसत सीमित रहता है।

4.3 CA'w (उप-आर्द्र / आर्द्र जलवायु प्रदेश)

- **सांकेतिक अर्थ:** C = उप-आर्द्र, A' = उष्णकटिबंधीय तापीय दक्षता, w = ग्रीष्मकालीन वर्षा।
- **भौगोलिक विस्तार:** डूंगरपुर, बांसवाड़ा, प्रतापगढ़, झालावाड़, बारां, कोटा, और उदयपुर का दक्षिणी भाग।
- **प्रतिनिधि शहर:** बांसवाड़ा / झालावाड़
- **मुख्य विशेषताएं:** यह थॉर्नथ्वेट के अनुसार राजस्थान का सर्वाधिक वर्षा प्राप्त करने वाला आर्द्र अंचल है जो मानसूनी सघनता से जुड़ा है।

4.4 DA'w (अर्द्ध-शुष्क / उप-आर्द्र मध्यवर्ती प्रदेश)

- **सांकेतिक अर्थ:** D = अर्द्ध-शुष्क, A' = उष्णकटिबंधीय तापीय दक्षता, w = ग्रीष्मकालीन वर्षा।
- **भौगोलिक विस्तार:** जालौर, पाली, अजमेर, बूंदी, सवाई माधोपुर, करौली, टोंक, जयपुर, भीलवाड़ा, चित्तौड़गढ़ और नागौर का दक्षिणी भाग।
- **प्रतिनिधि शहर:** अजमेर
- **मुख्य विशेषताएं:** क्षेत्रफल के दृष्टिकोण से यह थॉर्नथ्वेट का राजस्थान में सबसे बड़ा जलवायु प्रदेश है। यह मध्यवर्ती और पूर्वी मैदानी भागों को अपने भीतर समाहित करता है।

5. ग्लेन ट्रीवार्थ का जलवायु वर्गीकरण प्रतिरूप

अमेरिकी भूगोलवेत्ता ग्लेन ट्रीवार्थ ने कोपेन के वर्गीकरण को अधिक सरल, व्यावहारिक और दोषमुक्त बनाने के लिए एक संशोधित प्रतिरूप प्रस्तुत किया। उन्होंने अपने वर्गीकरण में **तापमान और वर्षा के संयुक्त प्रभाव** तथा **पवन प्रवृत्तियों** को प्राथमिक विधिक आधार बनाया।

ट्रीवार्थ के सांकेतिक अक्षर:

- **A:** उष्णकटिबंधीय आर्द्र जलवायु।
- **B:** शुष्क जलवायु (वर्षा की तुलना में वाष्पीकरण अधिक)।
- **W:** मरुस्थलीय दशाएं (Wüste)।
- **S:** अर्द्ध-शुष्क स्टेपी दशाएं।
- **h:** उष्णकटिबंधीय गर्म क्षेत्र (वार्षिक औसत तापमान $>18^{\circ}\text{C}$)।

6. राजस्थान के ट्रीवार्थ जलवायवीय प्रदेश

ट्रीवार्थ के प्रतिरूप के अनुसार भी राजस्थान को चार मुख्य जलवायु अंचलों में विभाजित किया गया है, जिनकी सीमाएं कोपेन के काफी निकट हैं परंतु कूट अधिक सरल हैं:

6.1 BWh (उष्णकटिबंधीय शुष्क मरुस्थलीय जलवायु)

- **भौगोलिक विस्तार:** जैसलमेर, बाड़मेर का पश्चिमी भाग, बीकानेर का पश्चिमी हिस्सा।
- **प्रतिनिधि शहर:** जैसलमेर
- **मुख्य विशेषताएं:** वर्षा की अत्यधिक कमी, रेतीली आंधियां और उच्च दैनिक तापांतर। कोपेन के 'Bwhw' कूट से अंतिम 'w' को हटाकर इसे सरल बनाया गया है।

6.2 BSh (उष्णकटिबंधीय अर्द्ध-शुष्क स्टेपी जलवायु)

- **भौगोलिक विस्तार:** जालौर, पाली, जोधपुर, नागौर, चुरू, सीकर, झुंझुनू, श्रीगंगानगर, हनुमानगढ़ और बाड़मेर का पूर्वी भाग।
- **प्रतिनिधि शहर:** जोधपुर
- **मुख्य विशेषताएं:** यह ट्रीवार्थ के अनुसार क्षेत्रफल की दृष्टि से राजस्थान का सबसे बड़ा जलवायु प्रदेश है। इसमें संपूर्ण पश्चिमी अर्द्ध-शुष्क मैदान और घग्गर का मैदान शामिल है।

6.3 Caw (उपोष्ण कटिबंधीय शुष्क-शीत / आर्द्र मैदानी जलवायु)

- **भौगोलिक विस्तार:** अरावली के पूर्वी भाग के मैदानी जिले—जयपुर, अलवर, भरतपुर, धौलपुर, सवाई माधोपुर, टोंक, भीलवाड़ा, और चित्तौड़गढ़।
- **प्रतिनिधि शहर:** जयपुर / टोंक
- **मुख्य विशेषताएं:** ग्रीष्मकाल लंबा और गर्म, मानसून के दौरान प्रचुर वर्षा (50 से 80 सेमी) और शीत ऋतु शुष्क।

6.4 Aw (उष्णकटिबंधीय आर्द्र जलवायु प्रदेश)

- **भौगोलिक विस्तार:** सुदूर दक्षिणी और दक्षिण-पूर्वी जिले—झालावाड़, बांसवाड़ा, प्रतापगढ़, डूंगरपुर और बारां।
- **प्रतिनिधि शहर:** बांसवाड़ा
- **मुख्य विशेषताएं:** यह चार महीनों की सघन मानसूनी वर्षा का क्षेत्र है जहाँ आर्द्रता का स्तर सर्वोच्च बना रहता है।

7. तुलनात्मक समेकित तालिका: तीनों वैज्ञानिक वर्गीकरणों का अंतर्संबंध

राजस्थान के विभिन्न भौतिक क्षेत्रों में तीनों विद्वानों द्वारा प्रयुक्त कूटों का तुलनात्मक स्थानिक विन्यास निम्नलिखित विधिक तालिका द्वारा सुस्पष्ट रूप से समझा जा सकता है:

भौगोलिक अंचल (क्षेत्र)	कोपेन का प्रतिरूप (कूट)	थॉर्नथ्वेट का प्रतिरूप (कूट)	ट्रीवार्थ का प्रतिरूप (कूट)	प्रतिनिधि शहर

पश्चिमी मरुस्थल शुष्क	Bwhw	EA'd	BWh	जैसलमेर
अर्द्ध-शुष्क स्टेपी बांगड़	Bshw	DA'w (नागौर दक्षिण)	BSh	जोधपुर
उत्तरी मैदानी अंचल	Bshw	DB'w	BSh	श्रीगंगानगर
पूर्वी जलोढ़ मैदानी प्रदेश	Cw gw	DA'w	Caw	जयपुर / टोंक
सुदूर दक्षिणी व हाड़ौती पठार	Aw	CA'w	Aw	बांसवाड़ा / झालावाड़

8. वैज्ञानिक वर्गीकरणों की सीमांकन रेखाएँ एवं प्रादेशिक विसंगतियाँ

RPSC स्तर की उत्तर-कुंजी के दृष्टिकोण से इन तीनों वर्गीकरणों के मध्य पाए जाने वाले सूक्ष्म अंतर और स्थानिक विसंगतियों का विश्लेषण अनिवार्य है:

- **सबसे बड़ा जलवायु प्रदेश (क्षेत्रफल के अनुसार):**
 - कोपेन के अनुसार राजस्थान का सबसे बड़ा जलवायु प्रदेश **Bshw** (अर्द्ध-शुष्क) है।
 - ट्रीवार्थ के अनुसार भी सबसे बड़ा प्रदेश **BSh** है क्योंकि इसमें उन्होंने उत्तरी नहरी जिलों को भी शामिल किया है।
 - इसके विपरीत, थॉर्नथ्वेट के वर्गीकरण में सबसे बड़ा प्रदेश **DA'w** है, जो मध्यवर्ती और पूर्वी मैदानों को विस्तृत रूप में समाहित करता है।
- **उत्तरी जिलों (श्रीगंगानगर-हनुमानगढ़) का विचलन:**
 - कोपेन और ट्रीवार्थ इन जिलों को अर्द्ध-शुष्क (Bshw/BSh) का हिस्सा मानते हैं क्योंकि यहाँ प्राकृतिक रूप से वर्षा कम होती है।
 - थॉर्नथ्वेट इन्हें **DB'w** (मध्य-तापीय अर्द्ध-शुष्क) के रूप में एक स्वतंत्र जलवायवीय इकाई मानते हैं, जो इनके विशिष्ट अक्षांशीय अवस्थिति और तापीय प्रतिरूप को प्रदर्शित करता है।

9. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **संभाव्य वाष्पोत्सर्जन (PE):** यदि किसी स्थान पर पानी की आपूर्ति असीमित हो, तो तापमान और सौर विकिरण के संयुक्त प्रभाव से होने वाले अधिकतम वाष्पीकरण की विधिक दर।
- **वर्षण दक्षता सूचकांक (PE Index):** थॉर्नथ्वेट द्वारा प्रयुक्त वह सूत्र जो केवल वर्षा के आयतन को नहीं, बल्कि मिट्टी द्वारा सोखी गई वास्तविक नमी की प्रभावशीलता को मापता है।
- **तापीय दक्षता सूचकांक (TE Index):** किसी स्थान पर पौधों के विकास के लिए उपलब्ध कुल तापीय ऊर्जा का संचयी योग।

- steps वनस्पति: अर्द्ध-शुष्क जलवायु की वह प्राकृतिक वनस्पति जहाँ छोटी, कम गहरी जड़ों वाली घासों और कटीले वृक्ष (खेजड़ी) पाए जाते हैं।
- **बाथोलिथीय प्रभाव:** उच्च पर्वतीय क्षेत्रों में चट्टानी ऊंचाई के कारण तापमान में होने वाली स्थानीय भारी गिरावट।

10. वैज्ञानिक वर्गीकरणों का आर्थिक एवं सस्य भूगोल (Agricultural Linkage)

ये तीनों वैज्ञानिक प्रतिरूप केवल सैद्धांतिक नहीं हैं, बल्कि राज्य के कृषि नियोजन (Agricultural Planning) के लिए विधिक संकेतक प्रदान करते हैं:

A. Bwhw / EA'd / BWh (शुष्क मरुस्थलीय अंचल):

- इस क्षेत्र की उच्च संभाव्य वाष्पोत्सर्जन दर के कारण यहाँ केवल कम पानी वाली शुष्क कृषि (Dry-land Farming) संभव है। वर्तमान में इन्दिरा गांधी नहर के आने से यहाँ के जलवायवीय उप-प्रतिरूपों में आर्द्रता का कृत्रिम समावेश हुआ है, जिससे सस्य प्रतिरूप बदल रहा है।

B. Bshw / DA'w / BSh (अर्द्ध-शुष्क अंचल):

- यह बेल्ट मुख्य रूप से ग्वार, बाजरा, और रबी में सिंचाई आधारित चने और बारानी दलहन के उत्पादन का मुख्य आर्थिक आधार है। थॉर्नथ्वेट का 'DA'w' प्रदेश राज्य के पशुपालन उद्योग की रीढ़ है।

C. Cwgw / Caw / DA'w (पूर्वी मैदानी अंचल):

- कोपेन का 'Cwgw' और ट्रीवार्था का 'Caw' प्रदेश राज्य का अग्रणी खाद्यान्न और तिलहन (विशेषकर सरसों और गेहूँ) बेल्ट है। यहाँ का अनुकूल तापीय विन्यास रबी फसलों की उत्पादकता को सर्वोच्च बनाता है।

D. Aw / CA'w / Aw (अति-आर्द्र दक्षिणी अंचल):

- उच्च वर्षण दक्षता और न्यूनतम संभाव्य वाष्पीकरण के कारण यह क्षेत्र जल-प्रधान फसलों जैसे कपास, गन्ना, सोयाबीन और मक्का के उत्पादन का विधिक केंद्र है। वनीकरण की सघनता भी इसी अंचल में सर्वोच्च पाई जाती है।

11. आधुनिक जलवायवीय चुनौतियां एवं प्रशासनिक आपदा प्रबंधन

ग्लोबल वार्मिंग और स्थानीय पारिस्थितिक विरूपण के कारण इन वैज्ञानिक जलवायु प्रदेशों की विधिक सीमाओं में क्रमिक बदलाव (Climate Shift) देखा जा रहा है, जो प्रशासनिक नियोजन के लिए एक गंभीर चिंता है:

1. **मरुस्थलीय सीमाओं का पूर्व की ओर स्थानांतरण:** थॉर्नथ्वेट के 'EA'd' (शुष्क मरुस्थल) की प्रवृत्तियां अब 'DA'w' (मध्यवर्ती अर्द्ध-शुष्क) के पश्चिमी किनारों को दूषित कर रही हैं। अरावली के अंतरालों से होने वाला रेत का रिसाव इस बदलाव को गति दे रहा है।
2. **चरम मौसमी घटनाएं:** शुष्क प्रदेशों (Bwhw) में अचानक अत्यधिक मूसलाधार वर्षा का होना तथा पारंपरिक उच्च वर्षा वाले आर्द्र प्रदेशों (Aw) में लंबे समय तक मानसून का विच्छेद होना। यह विसंगति बाढ़ और सूखे के दोहरे संकट को जन्म देती है।
3. **भू-जल का अनियंत्रित दोहन:** मध्यवर्ती 'DA'w' और 'Bshw' अंचलों में सतही जल के अभाव के कारण नलकूपों द्वारा भू-जल का अति-दोहन हो रहा है, जिससे ये क्षेत्र विधिक रूप से 'डार्क ज़ोन' में तब्दील हो रहे हैं।

राजस्थान की जलवायु के ये वैज्ञानिक वर्गीकरण (कोपेन, थॉर्नथ्वेट और ट्रीवार्था का प्रतिरूप) राज्य के भौतिक और आर्थिक भूगोल को समझने का सबसे रक्षात्मक और अकादमिक माध्यम हैं। इन सांकेतिक कूटों और उनके अंतर्निहित सांख्यिकीय मापदंडों का ज्ञान प्रशासनिक परीक्षाओं की उत्तर-कुंजी के अनुरूप सटीक विश्लेषण स्थापित करने के लिए अपरिहार्य है।

अध्याय 13: राजस्थान में सूखा, अकाल एवं जलवायु परिवर्तन की चुनौतियां

राजस्थान का भौगोलिक विन्यास स्वभावतः उच्च जलवायवीय संवेदनशीलता (Climate Vulnerability) का प्रतिनिधित्व करता है। अरावली का विशिष्ट संरेखण, समुद्र तट से अत्यधिक दूरी और थार मरुस्थल की गतिक प्रवृत्तियों के कारण यह राज्य ऐतिहासिक रूप से सूखे और अकाल का सामना करता रहा है। आधुनिक युग में वैश्विक तापन (Global Warming) और मानवजनित हस्तक्षेपों ने इस जलवायवीय संकट को और अधिक तीव्र कर दिया है, जिससे कृषि, जल सुरक्षा और ग्रामीण आजीविका के समक्ष अभूतपूर्व प्रादेशिक चुनौतियां उत्पन्न हो गई हैं।

1. सूखे और अकाल का भू-आकृतिक एवं वैज्ञानिक वर्गीकरण

मौसम विज्ञान और कृषि भूगोल के स्थापित सिद्धांतों के अनुसार, सूखा केवल वर्षा की कमी नहीं है, बल्कि यह एक बहु-आयामी जलवायवीय आपदा है। इसे मुख्य रूप से निम्नलिखित वैज्ञानिक श्रेणियों में वर्गीकृत किया जाता है:

1.1 मौसम वैज्ञानिक सूखा (Meteorological Drought):

- यह तब घटित होता है जब किसी क्षेत्र में होने वाली वास्तविक मानसूनी वर्षा की मात्रा उस स्थान के दीर्घकालिक ऐतिहासिक औसत (Normal Rainfall) से विधिक रूप से काफी कम रह जाती है।

1.2 कृषिगत सूखा (Agricultural Drought):

- जब मौसम वैज्ञानिक सूखे के कारण मिट्टी की नमी (Soil Moisture) इतनी कम हो जाती है कि फसलें सूखने लगती हैं और पौधों का विकास पूरी तरह अवरुद्ध हो जाता है, तो उसे कृषिगत सूखा कहा जाता है।

1.3 हाइड्रोलॉजिकल सूखा (Hydrological Drought):

- जब वर्षा की निरंतर कमी के कारण धरातलीय और भूमिगत जल स्रोतों—जैसे नदियों, झीलों, बांधों और कुओं का जल स्तर—खतरनाक रूप से गिर जाता है और जलभृत (Aquifers) सूख जाते हैं।

1.4 सामाजिक-आर्थिक सूखा:

- जब पानी और खाद्यान्न की कमी का सीधा प्रभाव मानव समाज की आर्थिक उत्पादकता, स्वास्थ्य और आजीविका की सुरक्षा पर पड़ने लगता है, जिससे ग्रामीण पलायन तीव्र होता है।

2. राजस्थान में अकाल के ऐतिहासिक प्रतिरूप (त्रिकाल की अवधारणा)

राजस्थान के लोक-साहित्य और भौगोलिक इतिहास में अकाल की विभीषिका को स्पष्ट रूप से रेखांकित किया गया है। मारवाड़ अंचल का एक प्रसिद्ध पारंपरिक दोहा इसके Spatial वितरण को दर्शाता है:

"पग पूँगल धड़ कोटड़े, बाहु बाड़मेर। उतभुज भूलो जोधपुर, ठावो जैसलमेर।"

इसका अर्थ है कि अकाल का पैर पूँगल (बीकानेर) में, धड़ कोटड़े (उदयपुर) में, भुजाएँ बाड़मेर में रहती हैं; यह कभी-कभार जोधपुर में भी भटक जाता है, परंतु इसका स्थायी निवास स्थान जैसलमेर ही है।

अकाल के प्रकार:

- अकाल (Anakal):** केवल अन्न (खाद्यान्न) की भीषण कमी की स्थिति।
- जलाकाल (Jalkal):** पीने के स्वच्छ जल का अत्यधिक और उग्र अभाव।
- तृणाकाल (Trinakal):** पशुओं के लिए चारे और गोचर भूमियों का पूरी तरह सूख जाना।
- त्रिकाल (Tri-Drought):** यह अकाल का सबसे भयानक और संवेदी रूप है। जब किसी भौगोलिक क्षेत्र में अन्न, जल और चारा तीनों का एक साथ पूर्ण विलोपन हो जाता है, तो उसे विधिक रूप से 'त्रिकाल' घोषित किया जाता है। पश्चिमी राजस्थान के जिले ऐतिहासिक रूप से इसी संकट से प्रभावित रहे हैं।
- छप्पनिया अकाल (1899-1900 ई.):** विक्रम संवत् 1956 में पड़ा यह अकाल राजस्थान के इतिहास का सबसे विनाशकारी त्रिकाल था, जिसने जनसांख्यिकीय ढांचे को भारी क्षति पहुँचाई थी।

3. राजस्थान की जलवायवीय संवेदनशीलता के प्राथमिक भौगोलिक कारक

राजस्थान की भूमि का मरुस्थलीकरण और सूखे के प्रति अत्यधिक संवेदनशील होने के पीछे निम्नलिखित अकादमिक और भौतिक कारक उत्तरदायी हैं:

- **मानसून की अनिश्चितता और विच्छेद:** दक्षिण-पश्चिम मानसून की बंगाल की खाड़ी शाखा का मार्ग लंबा होने के कारण भीतरी मरुस्थल तक पहुँचते-पहुँचते उसकी आर्द्रता न्यूनतम रह जाती है। इसके अतिरिक्त, मानसून के दौरान होने वाला लंबा 'विच्छेद' (Monsoon Break) शुष्कता को तीव्र करता है।
- **अरावली का दिशात्मक संरेखण:** अरब सागर की मानसूनी शाखा का अरावली के समानांतर सीधे निकल जाना, जिससे अरावली का पश्चिमी भाग एक स्थायी वृष्टि छाया प्रदेश (Rain Shadow Region) बना रहता है।
- **मृदा की भौतिक सीमाएं:** रेतीली मृदा (Antisols) के कण मोटे होते हैं, जिनकी नमी धारण क्षमता (Water Retention Capacity) न्यूनतम होती है। उच्च तापमान के कारण मिट्टी की नमी का वाष्पीकरण अत्यंत तीव्र गति से होता है।
- **उच्च तापीय चरम सीमाएं:** ग्रीष्मकाल में मरुस्थल का अत्यधिक तापन (तापमान $>45^{\circ}\text{C}$) स्थानीय वायुमंडल को पूरी तरह शुष्क बना देता है, जिससे संवहनीय अस्थिरता तो बढ़ती है परंतु पर्याप्त आर्द्रता के अभाव में मेघ गर्जन के बावजूद वर्षा नहीं हो पाती।

4. जलवायु परिवर्तन (Climate Change) की चुनौतियां एवं नए प्रतिरूप

आधुनिक वायुमंडलीय अनुसंधानों और उपग्रह चित्रों के विश्लेषण से यह सिद्ध हुआ है कि 'ग्लोबल वार्मिंग' के प्रभाव के कारण राजस्थान के जलवायवीय प्रतिरूपों में एक क्रांतिकारी और चिंताजनक बदलाव (Climate Shift) आ रहा है। इसके मुख्य संकेतक निम्नलिखित हैं:

4.1 वर्षा प्रतिरूप में चरम विचलन (Rainfall Extremes):

- पारंपरिक रूप से जो क्षेत्र अत्यधिक शुष्क थे, वहाँ अब अचानक मूसलाधार वर्षा और 'फ्लैश फ्लड' (Flash Floods) की घटनाएं देखी जा रही हैं। इसका प्रत्यक्ष प्रमाण बाड़मेर के **कवास** और जालौर के सांचौर क्षेत्र में आई ऐतिहासिक विनाशकारी बाढ़ है। इसके विपरीत, झालावाड़ और बांसवाड़ा जैसे पारंपरिक उच्च वर्षा वाले आर्द्र क्षेत्रों में मानसून की लंबी विफलता और शुष्कता दर्ज की जा रही है।

4.2 तापमान की चरम सीमा में वृद्धि:

- शीतकाल की अवधि निरंतर कम हो रही है, जबकि ग्रीष्मकालीन तापीय लहरों (लू) की बारंबारता और उनकी गतिक तीव्रता में उल्लेखनीय वृद्धि दर्ज की गई है। रात्रिकालीन विकिरण हास की दर मंद होने से रातें भी गर्म होने लगी हैं।

4.3 पारिस्थितिक अंतरालों का विस्तार:

- अरावली पहाड़ियों के निरंतर विखंडन से निर्मित 28 अंतरालों के माध्यम से थार मरुस्थल की शुष्क और रेतीली प्रवृत्तियां अब पूर्वी मैदानी भागों की जलवायु को भी दूषित कर रही हैं, जिससे संपूर्ण राज्य का जल संतुलन गड़बड़ा रहा है।

5. सूखे और जलवायु परिवर्तन के सांख्यिकीय एवं आर्थिक संकेतक

क्रेडिट और आपदा प्रबंधन विभागों के अद्यतन सांख्यिकीय आँकड़ों के अनुसार, राजस्थान में सूखे की संवेदनशीलता का प्रभाव प्रतिरूप निम्नलिखित तालिका द्वारा स्पष्ट किया जा सकता है:

संकट पैरामीटर	सांख्यिकीय आँकड़े एवं प्रादेशिक स्थिति	आर्थिक एवं भौगोलिक प्रभाव

सूखे की आवृत्ति दर	प्रत्येक ५ वर्षों में औसतन ३ से ४ वर्ष सूखा।	कृषि उत्पादन में स्थायी अस्थिरता, बार-बार बारानी फसलों का नष्ट होना।
मृदा लवणता अवक्रमण	नहरी कमान क्षेत्रों में लगभग ४.८ प्रतिशत भूमि प्रभावित।	केशिकात्व क्रिया द्वारा 'सेम की समस्या' का उग्र होना (जैसे बड़ोपल गाँव)।
भू-जल स्तर का हास	राज्य के लगभग ७५% से अधिक ब्लॉक 'डार्क ज़ोन' घोषित।	कुओं और नलकूपों का सूखना, पेयजल सुरक्षा पर भारी विधिक संकट।
पशुधन पलायन दर	त्रिकाल के दौरान मारवाड़ से मालवा की ओर तीव्र प्रवासन।	ग्रामीण दुग्ध अर्थव्यवस्था का छिन्न-भिन्न होना, चारा संकट।

6. जलवायवीय अनुकूलन रणनीतियां (Adaptation Strategies)

जलवायु परिवर्तन के इस दौर में सूखे के प्रतिकूल प्रभावों को न्यूनतम करने और मरुस्थलीय पारिस्थितिकी को टिकाऊ बनाने के लिए राज्य स्तर पर कई रणनीतिक और तकनीकी अनुकूलन प्रणालियों का अनुप्रयोग किया जा रहा है:

6.1 जल संचयन अवसंरचना का आधुनिकीकरण:

- पारंपरिक जल प्रणालियों—जैसे टाँका, खड़ीन, बावड़ी और टोबा—का आधुनिक तकनीकी मानकों के अनुरूप पुनरुद्धार करना। जैसलमेर की खड़ीन प्रणाली शुष्क कृषि के अनुकूलन का सर्वश्रेष्ठ विधिक उदाहरण है।

6.2 सस्य प्रतिरूप का विविधीकरण (Cropping Pattern Shift):

- अत्यधिक जल-प्रधान फसलों (जैसे गन्ना, चावल) के स्थान पर कम समय में पकने वाली और सूखा प्रतिरोधी फसलों—जैसे बाजरा (RHF-30 किस्म), मोठ, ग्वार और तिलहन—को बढ़ावा देना।
- माइक्रो-इरिगेशन प्रणाली: पारंपरिक बाढ़-सिंचाई के स्थान पर विधिक रूप से बूंद-बूंद (Drip) और फव्वारा (Sprinkler) सिंचाई को अनिवार्य करना। इन्दिरा गांधी नहर की नर्मदा नहर परियोजना अंचल में ड्रिप सिंचाई को पूर्णतः विधिक रूप से अनिवार्य किया गया है।

6.3 कृषि-वानिकी मॉडल (Agro-Forestry):

- खेतों की मेड़ों पर मरुस्थलीय बहुउद्देशीय वृक्षों—जैसे खेजड़ी, रोहिड़ा, और कुमठ—का रोपण करना। ये वृक्ष न केवल पवन के वेग को कम करके मृदा का संरक्षण करते हैं, बल्कि सूखे के समय पशुओं के लिए 'लूंग' (चारा) और मनुष्यों के लिए 'सांगरी' (खाद्यान्न) प्रदान करते हैं।

7. राष्ट्रीय एवं राज्य स्तरीय आपदा शमन कार्यक्रम

सूखे की स्थायी चुनौती से निपटने के लिए विभिन्न संस्थागत और नीतिगत कार्यक्रम संचालित किए जा रहे हैं:

7.1 मरुभूमि विकास कार्यक्रम (Desert Development Programme - DDP):

- शुरुआत: वर्ष 1977-78 में।
- उद्देश्य: मरुस्थलीकरण की प्रक्रिया को रोकना, बालुका स्तूपों का वानस्पतिक स्थिरीकरण (Dune Stabilization) करना और प्रभावित शुष्क जिलों में पारिस्थितिक संतुलन स्थापित करना।

7.2 सूखा प्रवण क्षेत्र कार्यक्रम (Drought Prone Areas Programme - DPAP):

- शुरुआत: वर्ष 1973-74 में। इसका मुख्य ध्यान जलसंभर प्रबंधन (Watershed Management) के माध्यम से भूमि और जल के हास को रोकना है।

7.3 राज्य आपदा प्रतिक्रिया कोष (SDRF) एवं नीतिगत ढांचा:

- आपदा प्रबंधन अधिनियम, 2005 के विधिक प्रावधानों के तहत सूखा घोषित होने पर प्रभावित किसानों को कृषि इनपुट सब्सिडी, लगान माफी और पेयजल परिवहन की विधिक सहायता दी जाती है।

8. अद्यतन रणनीतिक पहल: राष्ट्रीय जलवायु परिवर्तन कार्य योजना (NAPCC)

जलवायु परिवर्तन की चुनौतियों से निपटने के लिए राजस्थान सरकार ने केंद्र सरकार के विज्ञान के अनुरूप 'राजस्थान राज्य जलवायु परिवर्तन कार्य योजना' (RASCC) तैयार की है।

इसके मुख्य स्तंभ निम्नलिखित हैं:

1. **सौर और पवन ऊर्जा का सघन दोहन:** थार मरुस्थल की उच्च सौर विकिरण क्षमता का उपयोग कर जीवाश्म ईंधन पर निर्भरता कम करना। भड़ला और नोख सोलर पार्क इसी रणनीति के हिस्से हैं।
2. **अरावली ग्रीन वॉल प्रोजेक्ट:** अरावली के पश्चिमी सीमांत पर 5 किमी चौड़ी वानस्पतिक पट्टी का निर्माण करना ताकि मरुस्थल के पूर्व की ओर विस्तार को रोका जा सके।
3. **क्लाइमेट स्मार्ट एग्रीकल्चर:** मौसम विभाग के उपग्रह आँकड़ों के आधार पर किसानों को रियल-टाइम मोबाइल कृषि परामर्श (Agro-met Advisory) प्रदान करना।

9. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **लवणीय अवक्रमण (Salinization):** अत्यधिक सिंचाई के कारण भूमि की ऊपरी सतह पर सोडियम और मैग्नीशियम के लवणों का जमा होना।
- **केशिकात्व क्रिया (Capillary Action):** वह भौतिक प्रक्रिया जिसके द्वारा भूमिगत जल चट्टानों की संकीर्ण परतों से होकर धरातल की ओर ऊपर उठता है।
- **जलसंभर (Watershed):** वह विशिष्ट भौगोलिक क्षेत्र जिसका समस्त सतही जल प्रवाह एक ही निश्चित बिंदु या नदी तंत्र की ओर प्रवाहित होता है; यह नियोजन की आदर्श प्रादेशिक इकाई है।
- **अनुकूलन (Adaptation):** जलवायु परिवर्तन के वास्तविक या संभावित प्रभावों के अनुरूप मानवीय और प्राकृतिक प्रणालियों में किया जाने वाला विधिक व तकनीकी समायोजन।
- **लचीलापन (Resilience):** किसी पारिस्थितिक या सामाजिक तंत्र की वह क्षमता जिसके द्वारा वह जलवायवीय आपदाओं के झटकों को सहते हुए पुनः अपनी मूल स्थिति में लौट आता है।

10. जलवायवीय संवेदनशीलता के प्रादेशिक शमन का तुलनात्मक विन्यास

तालिका: प्रादेशिक अनुकूलन प्रतिरूप

भौतिक विभाग	संवेदनशीलता का मुख्य स्वरूप	विशिष्ट रणनीति	अनुकूलन	विधिक / प्रशासनिक कार्यक्रम
शुष्क मरुस्थलीय मैदान	तीव्र पवन अपरदन, भू-जल का अत्यधिक हास, बार-बार त्रिकाल।	बालुका स्तूप स्थिरीकरण, लाठी सीरीज़ मीठे जल बेल्ट का संरक्षण, सेवन घास बीजारोपण।	मरुभूमि विकास कार्यक्रम (DDP), काजरी (CAZRI) का शुष्क एग्रो-फॉरेस्ट्री मॉडल।	
अर्द्ध-शुष्क बांगड़ क्षेत्र	जल की कमी, कुबड़ पट्टी (फ्लोराइड) संकट, अतिचारण।	वर्षा जल संचयन (टाँका निर्माण), कम पानी वाली	एकीकृत जलसंभर प्रबंधन कार्यक्रम	

		दलहन-तिलहन फसलों का चयन।	(IWMP), राष्ट्रीय भू-जल योजना।
अरावली पर्वतीय अंचल	तीव्र चादर अपरदन, पहाड़ियों का विखंडन, वनों का हास।	कन्टूर ट्रेचिंग (ढालों पर खाइयाँ बनाना), वनीय गलियारों का विधिक संरक्षण, खनन स्थलों का पारि-पुनरुद्धार।	अरावली वनीकरण परियोजना, सर्वोच्च न्यायालय के इको-सेंसिटिव ज़ोन विधिक निर्देश।
नहरी कमान क्षेत्र	सेम की समस्या, भूमि का लवणीय दलदल में बदलना।	जिप्सम का रासायनिक अनुप्रयोग, यूकेलिप्टस वृक्षों द्वारा जैविक ड्रेनेज, फव्वारा सिंचाई की विधिक अनिवार्यता।	कमान क्षेत्र विकास कार्यक्रम (CADP), नर्मदा नहर परियोजना कड़े नियम।

11. भावी राह एवं प्रशासनिक दूरदर्शिता

आधुनिक पर्यावरण भूगोल के परिप्रेक्ष्य में राजस्थान की जलवायवीय संवेदनशीलता को केवल एक आपदा नहीं, बल्कि प्रादेशिक नियोजन की एक स्थायी विवशता के रूप में देखा जाना चाहिए। पारंपरिक ज्ञान (जैसे पालीवाल ब्राह्मणों की खड़ीन तकनीक) और आधुनिक अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी (रिमोट सेंसिंग उपग्रहों द्वारा सूखा निगरानी) का एकीकरण करके ही राज्य में पानी की प्रत्येक बूंद का कुशलतम उपयोग संभव है। 'क्लाइमेट रेजिलिएंट' (जलवायु लचीला) अवसंरचना का निर्माण और सामुदायिक स्तर पर जल बजटिंग (Water Budgeting) को लागू करना ही राजस्थान की खाद्य और जल सुरक्षा को भावी पीढ़ियों के लिए सुरक्षित रखने का एकमात्र रक्षात्मक मार्ग है।

अध्याय 14: राजस्थान का अपवाह तंत्र - भू-वैज्ञानिक विकास, महान जल विभाजक रेखा एवं त्रिवेणी संगम

राजस्थान का अपवाह तंत्र (Drainage System) राज्य की अनूठी भू-आकृतिक संरचना, विवर्तनिक इतिहास और जलवायवीय प्रवृत्तियों का परिणाम है। भौगोलिक दृष्टि से यह भारत का एकमात्र ऐसा राज्य है जहाँ कोई बड़ी बारहमासी नदी (चम्बल को छोड़कर) संपूर्ण भू-भाग को सिंचित नहीं करती। यहाँ अपवाह तंत्र का स्थानिक प्रारूप प्राचीन पर्वत श्रृंखलाओं, कठोर पठारी विन्यासों और पश्चिमी रेतीले शुष्क मैदानों द्वारा निर्धारित होता है। इस भौतिक अंचल का जल प्रवाह न केवल देश की महान जल विभाजक रेखा से नियंत्रित है, बल्कि यहाँ नदियों के विशिष्ट संगम (त्रिवेणी) भी पाए जाते हैं।

1. अपवाह तंत्र का भू-वैज्ञानिक विकासक्रम एवं विवर्तनिक इतिहास

राजस्थान के आधुनिक नदी तंत्र का स्वरूप लाखों वर्षों की भू-वैज्ञानिक हलचलों, जलवायु परिवर्तनों और विवर्तनिक उत्थान-पतन की जटिल प्रक्रियाओं द्वारा निर्मित हुआ है।

प्रागैतिहासिक नदी प्रणालियाँ एवं विलोपन:

- **वैदिक सरस्वती नदी का प्रतिरूप:** भू-वैज्ञानिक अध्ययनों और रिमोट सेंसिंग उपग्रह चित्रों से यह प्रामाणिक रूप से सिद्ध हुआ है कि प्रागैतिहासिक काल (होलोसीन युग से पूर्व) में पश्चिमी राजस्थान से होकर एक अत्यंत विशाल बारहमासी नदी प्रवाहित होती थी, जिसे वैदिक काल में 'सरस्वती' और 'दशद्वती' कहा गया। यह नदी हिमालय (शिवालिक) से निकलकर कुरुक्षेत्र होते हुए थार मरुस्थल को पार करती हुई सीधे कच्छ की खाड़ी (अरब सागर) में विसर्जित होती थी।
- **विवर्तनिक उत्थान का प्रभाव:** उप-चतुर्थक काल के दौरान उपमहाद्वीप के उत्तर-पश्चिमी भाग में तीव्र विवर्तनिक हलचलें (Tectonic Upliftment) हुईं। इस भू-गर्भिक उत्थान के कारण अरावली के उत्तरी भाग और हिमालय के पाद प्रदेशों का धरातल ऊपर उठ गया, जिससे सरस्वती नदी का जलमार्ग पूरी तरह अवरुद्ध हो गया।
- **नदियों का मार्ग परिवर्तन (River Piracy/Avulsion):** यमुना नदी, जो प्राचीन काल में पश्चिम की ओर बहती हुई इस तंत्र का हिस्सा थी, विवर्तनिक झुकाव के कारण पूर्व की ओर खिसक गई और गंगा तंत्र में मिल गई। जल के मुख्य स्रोतों के कटने और क्रमिक जलवायवीय शुष्कता (Aridity) के कारण सरस्वती नदी पूरी तरह भू-गर्भ में विलीन हो गई। वर्तमान में मिलने वाली **घग्गर नदी** और जैसलमेर की **लाठी सीरीज़ जलपट्टी** इसी प्राचीन गौरवशाली नदी तंत्र के विधिक भू-वैज्ञानिक अवशेष माने जाते हैं।

2. महान भारतीय जल विभाजक रेखा (Great Indian Water Divide)

महान भारतीय जल विभाजक रेखा भारत उपमहाद्वीप की वह काल्पनिक और उच्चावचीय स्थलाकृतिक रेखा है जो नदियों के जल प्रवाह को दो स्पष्ट और पृथक महासागरीय प्रणालियों—अरब सागर और बंगाल की खाड़ी—में विभाजित करती है। राजस्थान का भौतिक भूगोल इस रेखा का एक अत्यंत रणनीतिक केंद्र है।

राजस्थान में जल विभाजक का स्थानिक मार्ग:

- **अरावली की केंद्रीय भूमिका:** यह रेखा राजस्थान के सुदूर दक्षिणी भाग से प्रारंभ होकर अरावली पर्वतमाला के शिखरों और उच्च पठारों के समानांतर उत्तर-पूर्व दिशा की ओर बढ़ती है।
- **सटीक भौगोलिक संरेखण:** राज्य में यह रेखा प्रतापगढ़ के उच्च भागों से होकर गुजरती हुई, उदयपुर के **भोराट पठार** (कुंभलगढ़ और गोगुंदा के मध्य), राजसमंद की श्रेणियों, ब्यावर-अजमेर के मेरवाड़ा पर्वतीय अंचल, तथा सांभर झील के उत्तर से होते हुए हरियाणा की सीमा की ओर निकल जाती है।

विभाजन का भू-आकृतिक प्रतिरूप:

- **पश्चिमी ढाल का अपवाह (अरब सागर):** इस जल विभाजक रेखा के पश्चिम और दक्षिण-पश्चिम ढालों से निकलने वाली सभी नदियाँ (जैसे लूणी, माही, पश्चिमी बनास, साबरमती) अपना जल सीधे या सहायक नदियों के माध्यम से **अरब सागर** (कच्छ की खाड़ी या खंभात की खाड़ी) की ओर ले जाती हैं।
- **पूर्वी ढाल का अपवाह (बंगाल की खाड़ी):** इस रेखा के पूर्व और उत्तर-पूर्व ढालों से प्रवाहित होने वाली सरिताएं (जैसे बनास, बेड़च, कोठारी, बाणगंगा, चम्बल, गम्भीरी) अपना जल यमुना नदी के माध्यम से अंततः **बंगाल की खाड़ी** में विसर्जित करती हैं।

3. राजस्थान के अपवाह तंत्र का मुख्य वर्गीकरण

जल विसर्जन के अंतिम गंतव्य और भौगोलिक अवस्थिति के आधार पर राजस्थान के संपूर्ण अपवाह तंत्र को तीन स्पष्ट प्रणालियों में वर्गीकृत किया जाता है। यह त्रि-स्तरीय विभाजन संपूर्ण भारत में केवल राजस्थान की एक विशिष्ट भौगोलिक विशेषता है:

3.1 आंतरिक अपवाह तंत्र (Inland/Internal Drainage System)

- **विशेषता:** यह उन नदियों का तंत्र है जो समुद्र तक नहीं पहुँच पातीं, बल्कि शुष्क रेतीले मैदानों या अंतःस्थलीय झीलों में ही विलीन हो जाती हैं।
- **हिस्सेदारी:** यह राजस्थान का सबसे बड़ा अपवाह तंत्र है, जो कुल अपवाह क्षेत्र का लगभग 60 प्रतिशत भाग वहन करता है।
- **प्रमुख नदियाँ:** घग्गर, कांतली, साबी, काकनेय (मसूरदी), मेंथा, रूपनगढ़, और रूपारेल।

3.2 बंगाल की खाड़ी का अपवाह तंत्र (Bay of Bengal Drainage)

- **विशेषता:** अरावली के पूर्व से निकलने वाली नदियाँ जो यमुना और गंगा प्रणालियों के माध्यम से बंगाल की खाड़ी में पहुँचती हैं।
- **हिस्सेदारी:** यह राज्य के कुल अपवाह क्षेत्र का लगभग 23 प्रतिशत भाग है।
- **प्रमुख नदियाँ:** चम्बल, बनास, बेड़च, कोठारी, खारी, बाणगंगा, गम्भीरी, और कालीसिंध।

3.3 अरब सागर का अपवाह तंत्र (Arabian Sea Drainage)

- **विशेषता:** अरावली के पश्चिमी और सुदूर दक्षिणी ढालों से निकलने वाली नदियाँ जो सीधे अरब सागर की खाड़ियों में विसर्जित होती हैं।
- **हिस्सेदारी:** यह कुल अपवाह क्षेत्र का लगभग 17 प्रतिशत हिस्सा है।
- **प्रमुख नदियाँ:** लूणी, माही, साबरमती, और पश्चिमी बनास।

4. आंतरिक अपवाह तंत्र की प्रमुख नदियाँ एवं स्थलाकृतियाँ

4.1 घग्गर नदी (उत्तरी अंचल):

- **उद्गम:** हिमाचल प्रदेश की शिवालिक पहाड़ियों (कालका के निकट) से।
- **प्रवाह मार्ग:** राजस्थान में हनुमानगढ़ के टिब्बी स्थान से प्रवेश कर यह गंगानगर और अनूपगढ़ तक बहती है। अत्यधिक बाढ़ के समय इसका अतिरिक्त जल पाकिस्तान के फोर्ट अब्बास तक चला जाता है, जहाँ इसे 'हकरा' (Hakra) कहा जाता है।
- **स्थानीय शब्दावली:** इसके शुष्क पाट (नदी मार्ग) को स्थानीय भाषा में 'नाली' कहा जाता है, जो वर्तमान में सघन कृषि (गेहूँ, चावल) के लिए विख्यात है।

4.2 कांतली नदी (शेखावाटी अंचल):

- **उद्गम:** सीकर जिले की खंडेला पहाड़ियों से।
- **प्रवाह मार्ग:** यह सीकर, नीम का थाना और झुंझुनू जिलों में पूर्णतः बहने वाली आंतरिक प्रवाह की सबसे लंबी नदी (~100 किमी) है, जो चुरू की सीमा के निकट विलीन हो जाती है।
- **तँवरवाटी (Tanwarwati):** इसके प्रवाह क्षेत्र को ऐतिहासिक रूप से 'तँवरवाटी' कहा जाता है। इसके तट पर ताम्रयुगीन सभ्यता का केंद्र 'गणेश्वर' अवस्थित है।

4.3 साबी नदी:

- **उद्गम:** जयपुर ग्रामीण जिले की सेवर पहाड़ियों से। यह उत्तर की ओर बहती हुई हरियाणा के पटौदी के निकट विलीन होती है।

4.4 मेंथा एवं रूपनगढ़ (सांभर इनपुट):

- मेंथा जयपुर से निकलकर सांभर झील के उत्तर में तथा रूपनगढ़ अजमेर से निकलकर झील के दक्षिण में विलीन होती है। ये दोनों नदियाँ सांभर झील में नमक (सोडियम क्लोराइड) के संचय का प्राथमिक स्रोत हैं।

5. बंगाल की खाड़ी अपवाह तंत्र की प्रमुख नदियाँ

5.1 चम्बल नदी (चर्मण्वती / नित्यवाही):

- **उद्गम:** मध्य प्रदेश में विंध्याचल पर्वतमाला की जानापाव पहाड़ियों से।
- **राजस्थान में प्रवेश:** चित्तौड़गढ़ जिले के चौरासीगढ़ के निकट।
- **भू-आकृतिक विशिष्टता:** यह राजस्थान की एकमात्र बारहमासी नदी है जो कोटा, बूंदी, सवाई माधोपुर, करौली और धौलपुर जिलों के समानांतर बहती हुई उत्तर प्रदेश के मुरादगंज (इटावा) के निकट यमुना में मिल जाती है। यह अपने मार्ग में गहरे गॉर्ज, चूलिया जलप्रपात (18 मीटर) और सघन अवनालिका अपरदन (बीहड़/उत्खात भूमि) का निर्माण करती है।

5.2 बनास नदी (वन की आशा):

- **उद्गम:** राजसमंद जिले की कुंभलगढ़ के निकट खमनोर पहाड़ियों से।
- **परिचालन क्षेत्र:** यह पूर्णतः राजस्थान के भीतर बहने वाली सबसे लंबी नदी (~512 किमी) है, जो राजसमंद, चित्तौड़गढ़, भीलवाड़ा, शाहपुरा, टोंक और सवाई माधोपुर से होती हुई रामेश्वरम के निकट चम्बल में विलीन हो जाती है। यह एक उपजाऊ 'पेनीप्लेन' मैदान का निर्माण करती है।

6. अरब सागर अपवाह तंत्र की प्रमुख नदियाँ

6.1 लूणी नदी (मरुगंगा / लावणवती):

- **उद्गम:** अजमेर के निकट अरावली की **नाग पहाड़ियों** से (प्रारंभ में इसे साबरमती या सागरमती कहा जाता है)।
- **जलवायवीय विसंगति:** यह छह जिलों (अजमेर, नागौर, जोधपुर, पाली, बाड़मेर, जालौर) से बहती हुई कच्छ के रन में विलीन होती है। **बालोतरा तक इसका जल पूरी तरह मीठा रहता है, परंतु बालोतरा के आगे मरुस्थल की लवणीय मृदा के संपर्क में आने से इसका जल पूरी तरह खारा हो जाता है।** इसके प्रवाह क्षेत्र को 'गोडवाड़ प्रदेश' कहा जाता है।

6.2 माही नदी (वागड़ की स्वर्णरेखा):

- **उद्गम:** मध्य प्रदेश के धार जिले में अमझोरा के निकट मेहँद झील से।
- **विशिष्ट ज्यामिति:** यह राजस्थान में बांसवाड़ा के खांदू गाँव से प्रवेश करती है और प्रतापगढ़, डूंगरपुर की विधिक सीमा बनाते हुए खंभात की खाड़ी में गिरती है। **यह भारत की एकमात्र ऐसी नदी है जो कर्क रेखा को दो बार (अंग्रेजी के उल्टे 'U' आकार में) काटती है।**

7. राजस्थान के प्रमुख त्रिवेणी संगम (Confluence Points)

RPSC स्तर की परीक्षाओं की उत्तर-कुंजी के दृष्टिकोण से नदियों के परस्पर मिलाप बिंदु (त्रिवेणी संगम) अत्यधिक रणनीतिक और सांस्कृतिक महत्व रखते हैं। राज्य में चार मुख्य विधिक त्रिवेणी संगम चिह्नित हैं:

7.1 बीगोद त्रिवेणी संगम (भीलवाड़ा):

- **संबद्ध नदियाँ:** बनास + बेड़च + मेनाल
- **भौगोलिक स्थिति:** भीलवाड़ा जिले के मांडलगढ़ अंचल में स्थित बीगोद नामक स्थान पर ये तीनों सरिताएँ आपस में मिलती हैं। यहाँ बनास नदी में दक्षिण से बेड़च और पूर्व से मेनाल नदी का संगम होता है।

7.2 बेणेश्वर त्रिवेणी संगम (डूंगरपुर):

- **संबद्ध नदियाँ:** माही + सोम + जाखम
- **भौगोलिक स्थिति:** डूंगरपुर जिले की आसपुर तहसील के **नवाटापरा** नामक स्थान पर यह विख्यात संगम स्थित है। जाखम नदी पहले सोम में मिलती है और फिर दोनों मिलकर माही में विलीन होती हैं। इसे आदिवासियों का महाकुंभ भी कहा जाता है।

7.3 रामेश्वरम त्रिवेणी संगम (सवाई माधोपुर):

- **संबद्ध नदियाँ:** चम्बल + बनास + सीप
- **भौगोलिक स्थिति:** सवाई माधोपुर जिले की खंडार तहसील के पदरा गाँव के निकट (रामेश्वरम धाम)। यहाँ राजस्थान की सबसे बड़ी नदी चम्बल में बनास और मध्य प्रदेश की ओर से आने वाली सीप नदी का विधिक संगम होता है।

7.4 राजमहल त्रिवेणी संगम (टोंक):

- **संबद्ध नदियाँ:** बनास + डाइ + खारी
- **भौगोलिक स्थिति:** टोंक जिले के देवली के निकट राजमहल स्थान पर यह संगम निर्मित होता है। यहाँ बनास नदी में अजमेर की पहाड़ियों से आने वाली डाइ नदी और राजसमंद से आने वाली खारी नदी का विलोपन होता है।

8. समेकित तुलनात्मक तालिका: राजस्थान की तीन मुख्य अपवाह प्रणालियाँ

आकृतिक संकेतक	आंतरिक अपवाह तंत्र	बंगाल की खाड़ी का तंत्र	अरब सागर का तंत्र
कुल अपवाह हिस्सेदारी	लगभग 60 प्रतिशत (सर्वोच्च)	लगभग 23 प्रतिशत	लगभग 17 percent

नदियों की प्रकृति	मौसमी, अल्पकालिक, समुद्र संपर्कहीन	दीर्घकालिक, बारहमासी (चम्बल), गहरी घाटियाँ	तीव्र ढाल वाली (माही), शुष्क मरुस्थलीय (लूणी)
प्रमुख मृदा प्रभाव	एरिडिसॉल्स, शुष्क रेतीली लवणीय	अल्फ़िसॉल्स (उपजाऊ जलोढ़ कछारी)	लाल-लोमी (दक्षिण) व लवणीय बांगड़
अंतिम विसर्जन बिंदु	मरुस्थल की रेत या अंतःस्थलीय झीलें	यमुना नदी → गंगा → बंगाल की खाड़ी	कच्छ का रन (लूणी) व खंभात की खाड़ी (माही)

9. प्रमुख नदियों के सहायक नदी तंत्र का त्वरित विन्यास

तालिका: सहायक सरिताओं का वर्गीकरण

मुख्य नदी	दाईं ओर से मिलने वाली सहायक नदियाँ	बाईं ओर से मिलने वाली सहायक नदियाँ
चम्बल	कालीसिंध, पार्वती, कुनू, सीप	बनास, बामनी, मेज, मांगली
बनास	बेड़च, मेनाल	कोठारी, खारी, डाइ, ढींड, मोरेल
लूणी	केवल जोझड़ी (एकमात्र नदी जो अरावली से नहीं निकलती)	लीलड़ी, मीठड़ी, बांडी, सुकड़ी, जवाई, सागी
माही	जाखम, मोरन	सोम, अनास, चाप, भादर

10. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **रुंडित नदी (Beheaded River):** वह सरिता जो अपने मुख्य जलमार्ग के अवसादन के कारण मूल बड़ी नदी तक पहुँचने से पूर्व ही मैदानी भाग में विलीन हो जाती है, जैसे बाणगंगा।
- **उत्खात स्थलाकृति (Badland Topography):** तीव्र जल प्रवाह से निर्मित वह उबड़-खाबड़ भूमि जो अवनालिका अपरदन (Gullies) के कारण कृषि के लिए पूरी तरह अनुपयुक्त हो जाती है।
- **जल विभाजक (Water Divide):** दो अपवाह बेसिनों को विधिक रूप से अलग करने वाला कोई भी उच्च पर्वतीय या पठारी उच्चावच।

- **त्रिवेणी संगम:** वह भौगोलिक बिंदु जहाँ तीन स्वतंत्र नदियाँ एक निश्चित विन्यास के तहत आपस में मिलकर एक संयुक्त धारा का निर्माण करती हैं।
- **नाली:** घग्गर नदी के शुष्क और चौड़े मार्ग को हनुमानगढ़ क्षेत्र में दी गई स्थानीय संज्ञा।

11. अपवाह पारिस्थितिकी के समक्ष चुनौतियाँ एवं प्रशासनिक चिंताएं

राजस्थान की नदी प्रणालियाँ वर्तमान में अत्यधिक मानवीय और औद्योगिक हस्तक्षेप के कारण गंभीर संकटों का सामना कर रही हैं, जिनका नीतिगत समाधान अनिवार्य है:

1. **नदी प्रदूषण एवं औद्योगिक संदूषण:** पाली, बालोतरा और जोधपुर के वस्त्र रंगाई-छपाई (Textile Industrial Units) उद्योगों से निकलने वाले अत्यधिक रासायनिक और अम्लीय कचरे के कारण **बांडी** और **लूणी** नदियाँ पूरी तरह प्रदूषित हो चुकी हैं। इनका जल अब कृषि और पशुधन के लिए विधिक रूप से घातक हो चुका है।
2. **अवैध बजरी खनन (Riverbed Mining):** बनास और उसकी सहायक नदियों के तल से कंक्रीट और बजरी का अंधाधुंध अवैध दोहन किया जा रहा है। इससे नदियों का प्राकृतिक जलभृत (Aquifer) नष्ट हो रहा है, नदी का मार्ग अनियंत्रित हो रहा है और ग्रीष्मकाल में नदियों का जल पूरी तरह सूख जाता है।
3. **कमान क्षेत्रों में जल-जमाव (सेम समस्या):** चम्बल और घग्गर के मैदानी कमान क्षेत्रों में अत्यधिक बाढ़-सिंचाई के कारण भूमिगत जल स्तर ऊपर उठने से हजारों हेक्टेयर उपजाऊ भूमि दलदली और ऊसर (लवणीय) में बदल रही है, जिसका समाधान जिप्सम के अनुप्रयोग से किया जा रहा है।

राजस्थान का अपवाह तंत्र राज्य के भौतिक और आर्थिक भूगोल का परिसंचरण तंत्र है। महान जल विभाजक रेखा की अवस्थिति और इन चारों महत्वपूर्ण त्रिवेणी संगमों का वैज्ञानिक और विधिक प्रबंधन ही राज्य की पेयजल सुरक्षा, कृषि स्थिरता और सतत प्रादेशिक विकास की एकमात्र रक्षात्मक आधारशिला है।

अध्याय 15: आंतरिक अपवाह तंत्र की नदियाँ - घग्गर, कांतली, साबी, काकनेय, मेंथा, रूपनगढ़ एवं रूपारेल

राजस्थान का आंतरिक अपवाह तंत्र (Inland Drainage) संपूर्ण भारत के नदी तंत्रों में अपनी विशिष्ट भौगोलिक और स्थलाकृतिक प्रवृत्तियों के कारण अनूठा है। राज्य के कुल अपवाह क्षेत्र का लगभग **60 प्रतिशत भाग** आंतरिक अपवाह के अंतर्गत आता है। ये वे नदियाँ हैं जो अपना जल किसी महासागर या सागर (जैसे अरब सागर या बंगाल की खाड़ी) तक नहीं ले जा पातीं, बल्कि शुष्क और अर्द्ध-शुष्क मरुस्थलीय बालुका स्तूपों, मैदानी अंतःप्रवाह बेसिनों या स्थानीय खारे पानी की झीलों में ही विलीन हो जाती हैं।

1. घग्गर नदी: ऐतिहासिक मृत नदी (Dead River)

घग्गर नदी राजस्थान के उत्तरी भाग में बहने वाली आंतरिक अपवाह की सबसे लंबी और भू-वैज्ञानिक दृष्टि से सर्वाधिक महत्वपूर्ण नदी है।

उद्गम एवं प्रवाह विन्यास:

- **सटीक उद्गम:** हिमाचल प्रदेश की शिवालिक पहाड़ियों में स्थित **कालका के निकट** से।
- **राजस्थान में विधिक प्रवेश:** हनुमानगढ़ जिले की टिब्बी तहसील के **तलवाड़ा गाँव** के निकट।
- **प्रवाह मार्ग:** यह हनुमानगढ़, श्रीगंगानगर और अनूपगढ़ जिलों के मैदानी भागों में प्रवाहित होती है।

भू-आकृतिक एवं जलवायवीय प्रवृत्तियाँ:

- **नाली (Nali):** घग्गर नदी के विस्तृत और समतल शुष्क मार्ग (पाट) को स्थानीय स्तर पर 'नाली' कहा जाता है। यह क्षेत्र अत्यंत उपजाऊ जलोढ़ कछारी मिट्टी से निर्मित है।
- **हकरा (Hakra):** सामान्यतः यह नदी मरुस्थल में ही विलीन हो जाती है, परंतु मानसून काल में अत्यधिक वर्षा होने पर इसका जल भारत-पाकिस्तान सीमा को लांघकर पाकिस्तान के बहावलपुर जिले

के फोर्ट अब्बास तक पहुँच जाता है। पाकिस्तान में इसके इस शुष्क मार्ग को 'हकरा' के नाम से जाना जाता है।

- **तलवाड़ा झील:** हनुमानगढ़ में नदी मार्ग के निचले भाग में स्थित एक प्राकृतिक गर्त झील, जो राज्य की समुद्र तल से सबसे नीची झीलों में से एक मानी जाती है।
- **ऐतिहासिक प्रमाण:** पुरातत्वविदों और भू-वैज्ञानिकों के अनुसार, यह नदी प्राचीन काल की पवित्र सरस्वती नदी के शुष्क मार्ग का प्रतिनिधित्व करती है। इसके मुहाने पर कालीबंगा और पीलीबंगा जैसी सिंधु घाटी सभ्यता के विख्यात पुरातात्विक स्थल अवस्थित हैं।

2. कांतली नदी: शेखावाटी की अंतःस्थलीय सरिता

कांतली नदी पूर्णतः राजस्थान के भीतर बहने वाली आंतरिक अपवाह की सबसे लंबी और ऐतिहासिक रूप से समृद्ध नदी है।

उद्गम एवं प्रवाह विन्यास:

- **सटीक उद्गम:** सीकर जिले की **खंडेला पहाड़ियों** से।
- **प्रवाह मार्ग:** यह सीकर, नीम का थाना और झुंझुनू जिलों के अर्द्ध-शुष्क बांगड़ मैदान में लगभग **100 किलोमीटर** की लंबाई में बहती है।
- **विलोपन बिंदु:** यह झुंझुनू और चुरू जिलों की उत्तरी विधिक सीमा के निकट बालुका स्तूपों में विलीन हो जाती है।

भू-आकृतिक एवं सांस्कृतिक विशेषताएं:

- **तँवरवाटी (Tanwarwati):** कांतली नदी के इस संपूर्ण अपवाह बेसिन को स्थानीय स्तर पर 'तँवरवाटी' या 'तोरवाटी' कहा जाता है। यह क्षेत्र शेखावाटी के रेतीले टीलों के मध्य एक मुख्य ड्रेनेज का कार्य करता है।
- **सभ्यता का केंद्र:** नीम का थाना जिले में इस नदी के किनारे **गणेश्वर** नामक प्राचीन ताम्रयुगीन सभ्यता का केंद्र विकसित हुआ था, जहाँ से प्रचुर मात्रा में तांबे के उपकरण प्राप्त हुए हैं।

3. साबी नदी: उत्तरी-पूर्वी सीमांत की उग्र सरिता

साबी नदी राजस्थान के उत्तर-पूर्वी भाग की एक प्रमुख अंतःप्रवाह नदी है जो मानसून के दौरान अपने उग्र प्रवाह के लिए जानी जाती है।

उद्गम एवं प्रवाह विन्यास:

- **सटीक उद्गम:** जयपुर ग्रामीण जिले की कोटपुतली-बहरोड़ सीमा पर स्थित **सेवर पहाड़ियों** से।
- **प्रवाह मार्ग:** यह जयपुर ग्रामीण, कोटपुतली-बहरोड़ और खैरथल-तिजारा जिलों से उत्तर की ओर प्रवाहित होती है।
- **अंतर-राज्यीय विसर्जन:** यह राजस्थान से बाहर निकलकर हरियाणा राज्य के गुड़गांव (गुरुग्राम) जिले के पटौदी के निकट **नजफगढ़ झील** के दलदली मैदान में विलीन हो जाती है।

ऐतिहासिक एवं आकृतिक लक्षण:

- **विनाशकारी बाढ़ इतिहास:** ऐतिहासिक रूप से साबी नदी मानसूनी वर्षा के समय अपने किनारों को तोड़कर तीव्र बाढ़ लाने के लिए कुख्यात थी।
- **जोधपुरा सभ्यता:** जयपुर ग्रामीण अंचल में इस नदी के तट पर **जोधपुरा** नामक एक महत्वपूर्ण पुरातात्विक स्थल स्थित है, जहाँ से लौहयुगीन संस्कृति के अवशेष प्राप्त हुए हैं।

4. काकनेय या मसूरदी नदी: शुष्क मरुस्थल की लघु सरिता

काकनेय नदी थार मरुस्थल के सुदूर पश्चिमी भाग में बहने वाली आंतरिक अपवाह की सबसे छोटी नदी है।

उद्गम एवं प्रवाह विन्यास:

- **सटीक उद्गम:** जैसलमेर जिले के दक्षिण में स्थित **कोटड़ी गाँव** की पहाड़ियों से।
- **स्थानीय नाम:** इसे स्थानीय भाषा में '**मसूरदी नदी**' भी कहा जाता है।
- **प्रवाह लंबाई:** यह मात्र **17 किलोमीटर** की लंबाई में बहने वाली एक मौसमी जलधारा है।

भू-आकृतिक विशेषता:

- **बुझ झील (Budh Lake):** अपनी लघु प्रवाह यात्रा के दौरान यह नदी जैसलमेर में एक प्राकृतिक गर्त का निर्माण करती है, जिसे 'बुझ झील' कहा जाता है। अत्यधिक वर्षा होने पर यह झील जल से पूरी तरह भर जाती है और इसका पानी आगे मीठा खाड़ी तक चला जाता है।

5. मेंथा या मेंढा नदी: सांभर बेसिन की उत्तरी धुरी

मेंथा नदी सांभर झील के अंतःस्थलीय लवणीय पारिस्थितिकी तंत्र को बनाए रखने वाली सबसे महत्वपूर्ण नदी है।

उद्गम एवं प्रवाह विन्यास:

- **सटीक उद्गम:** जयपुर ग्रामीण जिले की **मनोहरपुर पहाड़ियों** से।
- **प्रवाह मार्ग:** यह जयपुर ग्रामीण और डीडवाना-कुचामन जिलों के मैदानी भागों से होती हुई पश्चिम दिशा की ओर बहती है।
- **विलोपन:** यह **सांभर झील के उत्तरी किनारे** पर जाकर विलीन हो जाती है।

रासायनिक एवं आर्थिक महत्व:

- यह नदी अपने प्रवाह मार्ग की लवणीय चट्टानों से भारी मात्रा में **सोडियम क्लोराइड (नमक)** घोलकर लाती है और सांभर झील में निक्षेपित करती है। देश के कुल नमक उत्पादन में इस नदी द्वारा लाए गए अवसादों की विधिक भूमिका अग्रणी है। इसके तट पर जैन तीर्थ 'लूवा' स्थित है।

6. रूपनगढ़ नदी: सांभर बेसिन का दक्षिणी प्रवाह

रूपनगढ़ नदी सांभर झील के अपवाह तंत्र की दक्षिणी कड़ी का प्रतिनिधित्व करती है।

उद्गम एवं प्रवाह विन्यास:

- **सटीक उद्गम:** अजमेर जिले के किशनगढ़ अंचल में स्थित **नीमड़ी पहाड़ियों** (कुचिल स्थान) से।
- **प्रवाह मार्ग:** यह मुख्य रूप से अजमेर और दूदू जिलों के मध्यवर्ती ढालों से उत्तर की ओर प्रवाहित होती है।
- **विलोपन:** यह **सांभर झील के दक्षिणी किनारे** पर जाकर विसर्जित होती है।

सांस्कृतिक जुड़ाव:

- इस नदी के तट पर निम्बार्क संप्रदाय की विख्यात प्रधान पीठ '**सलेमाबाद**' (अजमेर) अवस्थित है। मेंथा की भाँति यह भी झील में लवण संचय की एक मुख्य सहायक सरिता है।

7. रूपारेल नदी: भरतपुर मैदान की जीवन रेखा

रूपारेल नदी पूर्वी मैदान के उत्तर-पूर्वी भाग की एक अत्यंत रणनीतिक अंतःप्रवाह नदी है जिसे स्थानीय स्तर पर 'वराह नदी' या 'लसवारी नदी' भी कहा जाता है।

उद्गम एवं प्रवाह विन्यास:

- **सटीक उद्गम:** अलवर जिले की थानगाजी तहसील में स्थित **उदयनाथ की पहाड़ियों** से।
- **प्रवाह मार्ग:** यह अलवर और भरतपुर जिलों के मैदानी भागों में पूर्व की ओर बहती है।
- **विलोपन:** यह भरतपुर के कुम्हेर अंचल के निकट जाकर स्थानीय मैदानों में पूरी तरह विलीन हो जाती है।

अवसंरचनात्मक एवं विधिक महत्व:

- **मोती झील बांध:** भरतपुर के शासक महाराजा सूरजमल ने इस नदी के जल को नियंत्रित करने के लिए '**मोती झील बांध**' का निर्माण करवाया था, जिसे '**भरतपुर की लाइफ लाइन**' कहा जाता है। इस बांध से सुजान गंगा नहर के माध्यम से लोहागढ़ दुर्ग की खाइयों में पानी पहुँचाया जाता है।
- **अलवर-भरतपुर जल विवाद:** इस नदी के पानी के बँटवारे को लेकर दोनों जिलों के मध्य ऐतिहासिक रूप से कई विधिक समझौते संपन्न हुए हैं।

8. समेकित तुलनात्मक तालिका: सातों आंतरिक नदियों का भू-आकृतिक विश्लेषण

नदी का नाम	सटीक उद्गम स्थल	मुख्य प्रवाह क्षेत्र (जिले)	अंतिम विसर्जन / विलोपन बिंदु	विशिष्ट भू-आकृतिक / सांस्कृतिक लक्षण
घग्गर	शिवालिक पहाड़ियाँ (हिमाचल प्रदेश)	हनुमानगढ़, श्रीगंगानगर, अनूपगढ़	फलोदी मरुस्थल / फोर्ट अब्बास (पाक)	आंतरिक अपवाह की सबसे लंबी नदी; इसके पाट को 'नाली' कहते हैं।
कांतली	खंडेला पहाड़ियाँ (सीकर)	सीकर, नीम का थाना, झुंझुनू	चुरू जिले की विधिक सीमा	पूर्णतः राज्य में बहने वाली लंबी नदी; तट पर गणेश्वर सभ्यता।
साबी	सेवर पहाड़ियाँ (जयपुर ग्रामीण)	जयपुर ग्रामीण, कोटपुतली-बहरोड़, खैरथल	नजफगढ़ झील (हरियाणा)	मानसून में उग्र प्रवाह और विनाशकारी बाढ़ के लिए प्रसिद्ध।
काकनेय	कोटड़ी गाँव (जैसलमेर)	केवल जैसलमेर का आंतरिक भाग	बुझ झील (जैसलमेर)	सबसे छोटी अंतःप्रवाह नदी (17 किमी); 'मसूरदी' उपनाम।
मेंथा	मनोहरपुर पहाड़ियाँ (जयपुर ग्रामीण)	जयपुर ग्रामीण, डीडवाना-कुचामन	सांभर झील (उत्तरी किनारा)	सांभर झील में सर्वाधिक नमक की मात्रा लाने वाली मुख्य नदी।

रूपनगढ़	किशनगढ़ पहाड़ियाँ (अजमेर)	अजमेर, दूदू	सांभर झील (दक्षिणी किनारा)	तट पर निम्बार्क संप्रदाय की पीठ 'सलेमाबाद' अवस्थित।
रूपरेल	उदयनाथ पहाड़ियाँ (अलवर)	अलवर, भरतपुर	कुम्हेर के मैदानी भाग	'वराह' उपनाम; इसके जल से मोती झील बांध निर्मित है।

9. सांभर झील आंतरिक अपवाह बेसिन (Centripetal Drainage Pattern)

राजस्थान के आंतरिक अपवाह तंत्र में **सांभर झील** अभिकेंद्री अपवाह प्रतिरूप (Centripetal Drainage Pattern) का सबसे उत्कृष्ट उदाहरण प्रस्तुत करती है।

- **परिभाषा:** जब चारों दिशाओं से नदियाँ निकलकर किसी एक केंद्रीय गर्त या झील में आकर गिरती हैं, तो उसे अभिकेंद्री तंत्र कहा जाता है।
- **इनपुट सरिताएं:** सांभर बेसिन में संयुक्त रूप से मुख्य चार नदियाँ आकर अपना जल और अवसाद विसर्जित करती हैं:
 1. **मेंथा** (उत्तर की ओर से)
 2. **रूपनगढ़** (दक्षिण की ओर से)
 3. **खारी** (उत्तर-पूर्व से)
 4. **खंडेल** (पश्चिम से)
- **भू-आकृतिक महत्व:** इस बेसिन का कुल जलग्रहण क्षेत्र अत्यंत विस्तृत है, जहाँ शुष्क जलवायवीय दशाओं के कारण पानी का तीव्र वाष्पीकरण होता है और लवणों का सघन संचय होता है।

10. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **अभिकेंद्री अपवाह (Centripetal):** नदियों का चारों ओर के उच्च भू-भागों से बहकर किसी एक केंद्रीय गर्त या झील की ओर विसर्जित होना।
- **रुंडित मार्ग:** बालुका स्तूपों के निरंतर स्थानांतरण के कारण जब नदियों का अग्र मार्ग अवरुद्ध हो जाता है और वे आंतरिक भागों में ही विलीन हो जाती हैं।
- **हकरा:** घग्गर नदी के प्राचीन शुष्क चैनेलाइज्ड मार्ग को पाकिस्तान में दी गई विधिक भौगोलिक संज्ञा।
- **जोहड़:** शेखावाटी के अंतःप्रवाह क्षेत्र में चूने की भू-गर्भिक परत तक खोदे गए कच्चे कुएं जो स्थानीय जल प्रबंधन के मुख्य आधार हैं।
- **वाटरशेड (Inland Trough):** वह चारों ओर से घिरा आंतरिक बेसिन जिसका जल बाहर नहीं निकल पाता।

11. आंतरिक अपवाह पारिस्थितिकी के समक्ष चुनौतियां एवं प्रशासनिक चिंताएं

राजस्थान के ये अंतःस्थलीय नदी बेसिन अपनी नाजुक हाइड्रोलॉजिकल संरचना के कारण वर्तमान में कई गंभीर संकटों से जूझ रहे हैं:

1. **अवैध रेत और बजरी खनन:** कांतली, साबी और रूपरेल जैसी नदियों के शुष्क पाटों से कंक्रीट और बजरी का अंधाधुंध अवैध खनन किया जा रहा है। इससे नदियों की जल सोखने की प्राकृतिक क्षमता समाप्त हो रही है, जिससे मानसून के दौरान अचानक बाढ़ का खतरा बढ़ जाता है और शुष्क ऋतु में भू-जल स्तर खतरनाक रूप से गिर जाता है।

2. **कैचमेंट एरिया का अवरोध:** सांभर झील में गिरने वाली मेंथा और रूपनगढ़ जैसी नदियों के जलग्रहण क्षेत्रों (Catchment Areas) में अनियंत्रित निर्माण, फार्म पोंड्स और एनिकट बना दिए गए हैं। इसके कारण झील में आने वाले पानी और प्राकृतिक लवणों की मात्रा निरंतर कम हो रही है, जिससे सांभर के नमक उद्योग और प्रवासी पक्षियों (जैसे राजहंस/Flamingos) के पारिस्थितिक तंत्र पर प्रतिकूल विधिक प्रभाव पड़ रहा है।
3. **शहरी अपशिष्ट का संदूषण:** साबी और रूपरेल जैसी नदियाँ औद्योगिक और नगरीय कचरे (Industrial Effluents) के बहाव का माध्यम बनती जा रही हैं। खैरथल-तिजारा और कोटपुतली के औद्योगिक क्लस्टर से निकलने वाला दूषित जल इन नदियों के माध्यम से स्थानीय कृषि भूमियों को स्थायी रूप से अनुर्वर बना रहा है।

राजस्थान की आंतरिक अपवाह की नदियाँ शुष्क और अर्द्ध-शुष्क अंचलों की जल सुरक्षा और भू-जल पुनर्भरण (Groundwater Recharge) की प्राथमिक धमनियाँ हैं। इन अंतःस्थलीय प्रणालियों का वैज्ञानिक और विधिक प्रबंधन ही राज्य के मरुस्थलीय और बांगड़ क्षेत्रों के सतत प्रादेशिक विकास की वास्तविक आधारशिला है।

अध्याय 16: अरब सागर में गिरने वाली नदियाँ - लूणी, माही, साबरमती एवं पश्चिमी बनास तंत्र

राजस्थान की मुख्य जल-विभाजक रेखा के पश्चिम और दक्षिण-पश्चिम ढालों से उद्गमित होने वाली नदियाँ अरब सागर अपवाह तंत्र का विधिक निर्माण करती हैं। यह तंत्र राज्य के कुल अपवाह क्षेत्र का लगभग 17 प्रतिशत हिस्सा अपने भीतर समाहित करता है। भू-आकृतिक विन्यास के दृष्टिकोण से इस तंत्र की नदियाँ थार मरुस्थल की शुष्क प्रवृत्तियों, अरावली के तीव्र ढालों और दक्षिणी राजस्थान की उच्च वर्षण क्षमता से संचालित होती हैं। इस तंत्र की मुख्य धाराएं अंततः कच्छ के रन या खंभात की खाड़ी में विसर्जित होती हैं।

1. लूणी नदी तंत्र (मरुगंगा / लावणवती)

लूणी नदी पश्चिमी राजस्थान के शुष्क और अर्द्ध-शुष्क मैदान की मुख्य जीवन रेखा है। यह थार मरुस्थल के अपवाह प्रतिरूप को निर्धारित करने वाली सबसे बड़ी नदीय प्रणाली है।

उद्गम एवं प्रारंभिक प्रवाह विन्यास:

- **सटीक उद्गम:** अजमेर जिले के निकट अरावली की नाग पहाड़ियों से।
- **प्रारंभिक नाम:** उद्गम स्थल पर इसे 'सागरमती' कहा जाता है। जब पुष्कर की पहाड़ियों से निकलने वाली 'सरस्वती' जलधारा गोविंदगढ़ के निकट इसमें मिलती है, तब इसका नाम संयुक्त रूप से 'लूणी' होता है।
- **प्रवाह क्षेत्र (प्रादेशिक विन्यास):** यह नदी मुख्य रूप से अजमेर, नागौर, जोधपुर, पाली, ब्यावर, बालोतरा, बाड़मेर, जालौर और सांचौर जिलों के अर्द्ध-शुष्क बांगड़ अंचल से गुजरती हुई गुजरात के कच्छ के रन (Rann of Kutch) में विलीन हो जाती है। इसकी कुल लंबाई लगभग 495 किमी है, जिसमें से 330 किमी प्रवाह केवल राजस्थान में है।

जलवायवीय एवं रासायनिक विसंगति:

- **बालोतरा का संक्रमण बिंदु:** अरावली से निकलने के बाद बालोतरा तक इस नदी का जल पूरी तरह मीठा रहता है। परंतु बालोतरा को पार करते ही मरुस्थलीय लवणीय अवसादों और सोडियम क्लोराइड युक्त चट्टानों के संपर्क में आने से रासायनिक क्रिया के कारण इसका जल पूरी तरह खारा (Saline) हो जाता है।
- **गोडवाड़ प्रदेश (Godwar Region):** लूणी और उसकी सहायक सरिताओं के इस संपूर्ण अपवाह बेसिन को प्रादेशिक भूगोल में 'गोडवाड़ प्रदेश' कहा जाता है।

लूणी की मुख्य सहायक नदियाँ:

- **जोझड़ी नदी:** यह लूणी की एकमात्र ऐसी सहायक नदी है जो अरावली पर्वतमाला से नहीं निकलती, बल्कि नागौर के पाडलू गाँव की पहाड़ियों से निकलकर दाईं ओर (उत्तर से) लूणी में मिलती है।
- **बांडी नदी:** इसे राजस्थान की सबसे प्रदूषित नदी माना जाता है क्योंकि पाली शहर के कपड़ा रंगाई-छपाई उद्योगों का रासायनिक अपशिष्ट सीधे इसमें खपता है। इस पर **हेमावास बांध** निर्मित है।
- **जवाई नदी:** यह लूणी की सबसे लंबी और मुख्य सहायक नदी है, जो पाली के गोरिया गाँव से निकलती है। इस पर सुमेरपुर (पाली) में **जवाई बांध** बनाया गया है, जिसे '**मारवाड़ का अमृत सरोवर**' कहा जाता है।
- **अन्य सहायक सरिताएं:** लीलड़ी, मीठड़ी, सुकड़ी (जिस पर बांकली बांध स्थित है), गुहिया और सागी।

2. माही नदी तंत्र (वागड़ व कांठल की स्वर्णरेखा)

माही नदी प्रायद्वीपीय भारत की एक अत्यंत रणनीतिक सरिता है, जो राजस्थान के सुदूर दक्षिणी आदिवासी अंचल की आर्थिक रीढ़ का प्रतिनिधित्व करती है।

उद्गम एवं विशिष्ट ज्यामितीय प्रवाह:

- **सटीक उद्गम:** मध्य प्रदेश के धार जिले में विंध्याचल पर्वतमाला की अमझोरा पहाड़ियों में स्थित **मेहँद झील** से।
- **राजस्थान में विधिक प्रवेश:** बांसवाड़ा जिले की आनंदपुरी तहसील के **खांदू गाँव** के निकट।
- **प्रवाह मार्ग:** यह बांसवाड़ा, प्रतापगढ़ और डूंगरपुर जिलों की सीमाओं को सींचती हुई गुजरात के महीसागर जिले से गुजरकर अंततः **खंभात की खाड़ी** (Gulf of Khambhat) में विसर्जित होती है।

अद्वितीय भू-आकृतिक प्रतिरूप:

- **कर्क रेखा का प्रतिच्छेदन:** यह भारत की एकमात्र ऐसी नदी है जो कर्क रेखा (23.5 डिग्री उत्तरी अक्षांश) को दो बार काटती है। इसका प्रवाह मार्ग अंग्रेजी के उल्टे 'U' आकार का विन्यास प्रदर्शित करता है।
- **कांठल और छप्पन का मैदान:** प्रतापगढ़ में इसके तटवर्ती उपजाऊ मैदान को 'कांठल का मैदान' तथा बांसवाड़ा-प्रतापगढ़ के मध्य इसके 56 नदी-नालों के जलग्रहण क्षेत्र को '**छप्पन का मैदान**' कहा जाता है।

बेणेश्वर त्रिवेणी संगम (डूंगरपुर):

- डूंगरपुर जिले की आसपुर तहसील के **नवाटापरा** नामक स्थान पर माही नदी में **सोम** और **जाखम** नदियाँ आकर मिलती हैं, जो राज्य का सबसे पवित्र 'त्रिवेणी संगम' निर्मित करती हैं। इसे स्थानीय संस्कृति में 'आदिवासियों का कुंभ' कहा जाता है।

माही की प्रमुख सहायक नदियाँ:

- **सोम नदी:** उदयपुर के बीछामेड़ा पहाड़ियों से उद्गमित होकर डूंगरपुर में प्रवेश करती है। इस पर 'सोम कागदर' (उदयपुर) और 'सोम कमला अम्बा' (डूंगरपुर) सिंचाई परियोजनाएं स्थित हैं।
- **जाखम नदी:** प्रतापगढ़ के छोटी सादड़ी में स्थित भवरमाता पहाड़ियों से निकलती है। इस पर निर्मित **जाखम बांध (81 मीटर)** राजस्थान का सबसे ऊँचा बांध है।
- **अन्य सहायक नदियाँ:** अनास, चाप, मोरन, इरव, और भादर।

3. साबरमती नदी तंत्र

साबरमती पश्चिमी भारत की एक प्रमुख नदी है, जिसका उद्गम पूरी तरह राजस्थान में होता है परंतु इसका मुख्य आर्थिक और परिवहन उपयोग गुजरात राज्य के अंतर्गत पाया जाता है।

उद्गम एवं प्रवाह विन्यास:

- **सटीक उद्गम:** उदयपुर जिले के कोटड़ा अंचल में स्थित अरावली की **पाद पहाड़ियों** (झाड़ोल के निकट) से।
- **प्रारंभिक प्रवाह:** यह राजस्थान में केवल **45 किलोमीटर** की लघु दूरी तय करती है, जहाँ इसे स्थानीय रूप से 'वाकल' या 'साबर' धाराओं के रूप में जाना जाता है।
- **विसर्जन मार्ग:** यह सिरोही के सीमांत से होकर गुजरात में प्रवेश करती है और साबरकांठा, गांधीनगर और अहमदाबाद शहरों के किनारे बहती हुई **खंभात की खाड़ी** में विलीन हो जाती है।

सामरिक अवसंरचना (जल डाइवर्जन प्रणाली):

- **देवास जल सुरंग (मानसी-वाकल परियोजना):** अरावली के पर्वतीय क्षेत्रों में साबरमती की सहायक नदियों (मानसी और वाकल) के अतिरिक्त मानसूनी जल को मोड़कर सुरंगों के माध्यम से उदयपुर शहर की झीलों (जैसे पिछोला) में पहुँचाया जाता है। यह भारत की सबसे लंबी जल परिवहन सुरंगों में से एक है।
- **प्रमुख सहायक सरिताएं:** वाकल, हथमती, मेश्वा, वेतरक, माझम, और सेई।

4. पश्चिमी बनास नदी तंत्र

पश्चिमी बनास अरावली के सुदूर दक्षिणी-पश्चिमी छोर से निकलने वाली एक लघु किंतु भू-आकृतिक दृष्टिकोण से महत्वपूर्ण नदी प्रणाली है।

उद्गम एवं प्रवाह विन्यास:

- **सटीक उद्गम:** सिरोही जिले के पिंडवाड़ा अंचल में स्थित अरावली के **नया सानवाड़ा गाँव** की पहाड़ियों से।
- **दिशात्मक प्रतिरूप:** यह अरावली की मुख्य बनास नदी (जो बंगाल की खाड़ी में जाती है) के विपरीत दिशा में, दक्षिण-पश्चिम की ओर प्रवाहित होती है।
- **विसर्जन मार्ग:** सिरोही के शुष्क पर्वतीय कगारों से बहती हुई यह गुजरात के बनासकांठा जिले में प्रवेश करती है और अंततः **लिटिल रन ऑफ कच्छ** (कच्छ का छोटा रन) के दलदली दलदल में विलीन हो जाती है।

भौगोलिक संकेतक:

- गुजरात का विख्यात व्यापारिक नगर **डीसा (Deesa)** इसी पश्चिमी बनास नदी के तट पर अवस्थित है। राजस्थान का माउंट आबू शहर भी इसी के जलग्रहण बेसिन के ढालों पर बसा है।
- **सहायक नदियाँ:** कुकड़ी, सुकली, और गोहलन इसकी प्रमुख लघु कड़ियाँ हैं।

5. समेकित तुलनात्मक तालिका: अरब सागर अपवाह तंत्र की चार मुख्य नदियाँ

नदी का प्रामाणिक नाम	सटीक उद्गम पहाड़ियाँ	राजस्थान में प्रवाह लंबाई	अंतिम विसर्जन स्थल	तट पर स्थित मुख्य औद्योगिक / सांस्कृतिक केंद्र
लूणी (मरुगंगा)	नाग पहाड़ियाँ (अजमेर)	~330 किलोमीटर	कच्छ का रन (गुजरात)	बालोतरा (टेक्सटाइल हब), समदड़ी, सांचौर।
माही (स्वर्णरेखा)	मेहँद झील (मध्य प्रदेश)	~171 किलोमीटर	खंभात की खाड़ी	बेणेश्वर धाम (डूंगरपुर), कडाणा बांध।
साबरमती	कोटड़ा पहाड़ियाँ (उदयपुर)	~45 किलोमीटर	खंभात की खाड़ी	अहमदाबाद, गांधीनगर (गुजरात के मुख्य शहर)।

पश्चिमी बनास	नया सानवाड़ा (सिरोही)	~50 किलोमीटर	कच्छ का छोटा रन	डीसा नगर (गुजरात), आबू पर्वतीय तलहटी।
--------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------------------------------

6. अरब सागर बेसिन की सहायक सरिताओं का दिशात्मक वर्गीकरण

तालिका: प्रवाह विन्यास और संगम कड़ियाँ

मुख्य नदी	बाईं ओर से मिलने वाली सहायक नदियाँ (Left Bank)	दाईं ओर से मिलने वाली सहायक नदियाँ (Right Bank)	प्रमुख जल संरक्षण अवसंरचना (बांध)
लूणी	लीलड़ी, मीठड़ी, बांडी, सुकड़ी, जवाई, सागी	जोझड़ी (एकमात्र अपवाह जो अरावली से नहीं निकलती)	जवाई बांध (पाली), हेमावास बांध, बांकली बांध।
माही	अनास, चाप, भादर, इरु	सोम, जाखम, मोरन	माही बजाज सागर (बोरखेड़ा), कागदी पिकअप, जाखम बांध।
साबरमती	हथमती, मेश्वा, माझम	वाकल, सेई	धरई बांध (गुजरात), सेई जल डाइवर्जन टनल।
पश्चिमी बनास	सुकली, गोहलन	कुकड़ी	दांतीवाड़ा बांध (गुजरात)।

7. प्रमुख बहुउद्देशीय नदी घाटी परियोजनाएं एवं जल विन्यास

इस अपवाह तंत्र की नदियों पर निर्मित जल विद्युत और सिंचाई परियोजनाएं राज्य के आर्थिक भूगोल का केंद्रीय आधार हैं:

7.1 माही बजाज सागर परियोजना (बांसवाड़ा):

- अवस्थिति: बांसवाड़ा जिले के बोरखेड़ा नामक स्थान पर।
- विधिक ढांचा: यह राजस्थान (45%) और गुजरात (55%) की संयुक्त जल परियोजना है।
- सांख्यिकीय विशिष्टता: इस परियोजना के तहत निर्मित बांध 3109 मीटर की लंबाई के साथ राजस्थान का सबसे लंबा बांध है। इससे उत्पादित शत-प्रतिशत जल-विद्युत (140 मेगावाट) केवल राजस्थान के आदिवासी अंचल को विधिक रूप से आवंटित है।

7.2 जवाई बांध (मारवाड़ का अमृत सरोवर):

- अवस्थिति: पाली जिले के सुमेरपुर के निकट।

- **आर्थिक महत्व:** यह पश्चिमी राजस्थान का सबसे बड़ा बांध है जो जोधपुर, पाली और जालौर जिलों को पेयजल की विधिक सुरक्षा देता है। इसमें पानी की आवक बढ़ाने के लिए उदयपुर के पर्वतीय अंचल से **सेई जल सुरंग** का निर्माण किया गया है।

8. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **उल्टा 'U' प्रवाह प्रतिरूप:** माही नदी का मध्य प्रदेश से उत्तर की ओर बहना, राजस्थान में मुड़ना और पुनः दक्षिण की ओर गुजरात में चले जाना।
- **नेहड़ (Nehad):** सांचौर (जालौर) के निकट स्थित लूणी नदी का निचला दलदली मैदान, जो समुद्री विसर्जन के अवशेषों और खारेपन के जमाव से निर्मित है।
- **रुंडित अपवाह:** मरुस्थलीय बालुका स्तूपों के खिसकने से जब सहायक नदियों का मूल मार्ग मुख्य नदी से कट जाता है।
- **बाथोलिथीय अपवाह:** साबरमती और पश्चिमी बनास का ग्रेनाइट चट्टानों के संकीर्ण जोड़ों (Joints) के बीच होने वाला तीव्र प्रवाह।
- **जल डाइवर्जन टनल:** एक नदी बेसिन के अतिरिक्त जल को पहाड़ों को काटकर दूसरे शुष्क बेसिन में स्थानांतरित करने की यांत्रिक प्रणाली (जैसे सेई और देवास सुरंग)।

9. अरब सागर अपवाह तंत्र का मृदा एवं सस्य भूगोल (Agricultural Linkage)

इस नदी तंत्र के जलग्रहण क्षेत्रों की मृदा संरचना यहाँ के कृषि प्रतिरूप को गहराई से नियंत्रित करती है:

A. सुदूर दक्षिणी माही बेसिन:

- यहाँ आर्द्र जलवायु और पहाड़ियों के विखंडन के कारण **लाल-लोमी मृदा (Red-Loamy Soil)** पाई जाती है। इस मिट्टी में लौह तत्वों की प्रचुरता होती है, जो **मक्का** और **चावल (माही सुगंधा किस्म)** की सघन पैदावार के लिए राज्य में सर्वोत्तम मानी जाती है।

B. मध्यवर्ती गोडवाड़ प्रदेश (लूणी बेसिन):

- यहाँ हल्की भूरी रेतीली जलोढ़ मिट्टी मिलती है। जवाई और सुकड़ी नदियों द्वारा मिलने वाली नहरी और कुआँ सिंचाई के आधार पर यहाँ रबी ऋतु में **जीरा, ईसबगोल (घोड़ा जीरा), अनार** और गेंहू की व्यावसायिक खेती बड़े पैमाने पर की जाती है।

10. अपवाह तंत्र के समक्ष पारिस्थितिक चुनौतियां एवं प्रशासनिक चिंताएं

तीव्र औद्योगिक विकास और अनियोजित शहरीकरण के कारण अरब सागर अपवाह तंत्र की नदियाँ वर्तमान में गंभीर हाइड्रोलॉजिकल संकटों का सामना कर रही हैं, जिनका निवारण नीतिगत स्तर पर अनिवार्य है:

1. **टेक्सटाइल उद्योगों द्वारा रासायनिक प्रदूषण (Chemical Pollution):** पाली, बालोतरा और जोधपुर के कपड़ा रंगाई-छपाई उद्योगों से निकलने वाला अत्यधिक जहरीला, क्षारीय और भारी धातुओं (जैसे क्रोमियम, लेड) से युक्त औद्योगिक कचरा सीधे **बांडी** और **लूणी** नदियों में बहाया जाता है। इसके कारण इन नदियों का पृष्ठ-जल और आस-पास के कुओं का भू-जल पूरी तरह प्रदूषित (संदूषित) हो चुका है, जिससे हजारों हेक्टेयर उपजाऊ भूमि बंजर हो रही है।
2. **नदियों के तल का विनाश (Riverbed Degradation):** पश्चिमी बनास और जवाई बेसिन में निर्माण कार्यों के लिए कंक्रीट और बजरी का अंधाधुंध अवैध खनन किया जा रहा है। इससे नदियों की प्राकृतिक स्पंज क्षमता (Water absorption capacity) समाप्त हो रही है, जिससे भू-जल पुनर्भरण अवरुद्ध हो गया है।
3. **गाद जमाव (Siltation) का संकट:** अरावली ढालों पर होने वाले वनोन्मूलन के कारण वर्षा काल में मिट्टी कटकर सीधे बांधों में जमा हो रही है। जवाई बांध और माही कमान क्षेत्र के जलाशयों की वास्तविक जल भराव क्षमता गाद जमाव के कारण प्रतिवर्ष निरंतर घट रही है।

अरब सागर में गिरने वाली नदियाँ राजस्थान के पश्चिमी और दक्षिणी छोर के आर्थिक भूगोल की वास्तविक धमनियाँ हैं। इन नदीय प्रणालियों का विधिक, वैज्ञानिक और पर्यावरण-अनुकूल प्रबंधन ही राज्य के शुष्क मरुस्थलीय और पर्वतीय जनजातीय क्षेत्रों के सतत प्रादेशिक विकास की एकमात्र रक्षात्मक आधारशिला है।

अध्याय 17: बंगाल की खाड़ी में गिरने वाली नदियाँ (भाग I) - चम्बल नदी तंत्र एवं बीहड़ भूगोल

राजस्थान की मुख्य जल-विभाजक रेखा के पूर्व में प्रवाहित होने वाली सरिताएं प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से यमुना नदी में मिलकर अंततः बंगाल की खाड़ी अपवाह तंत्र का विधान करती हैं। यह तंत्र राज्य के कुल अपवाह क्षेत्र का लगभग 23 प्रतिशत हिस्सा अपने भीतर समाहित करता है। इस प्रणाली की सबसे केंद्रीय, वृहद और भू-आकृतिक दृष्टिकोण से विशिष्ट धमनी **चम्बल नदी** है। चम्बल नदी तंत्र न केवल अपनी बारहमासी जलीय गतिकी के लिए जाना जाता है, बल्कि यह संपूर्ण भारत में सघन अवनालिका अपरदन, उत्खात भूमि (बीहड़) और डांग स्थलाकृति का सबसे उग्र स्वरूप प्रस्तुत करता है।

1. चम्बल नदी का भू-वैज्ञानिक उद्गम, मार्ग एवं प्रादेशिक विन्यास

चम्बल नदी, जिसे ऐतिहासिक ग्रंथों में 'चर्मण्वती', 'कामधेनु' और 'नित्यवाही' के नामों से विधिक संज्ञा दी गई है, राजस्थान की सबसे लंबी और सर्वोच्च जल विसर्जन क्षमता वाली नदी प्रणाली है।

उद्गम एवं अंतर-राज्यीय प्रवाह:

- **सटीक उद्गम:** मध्य प्रदेश के महु (धार के निकट) जिले में विंध्याचल पर्वतमाला के उत्तरी ढाल पर स्थित **जानापाव की पहाड़ियाँ** (समुद्र तल से लगभग 843 मीटर ऊँची) से।
- **राजस्थान में विधिक प्रवेश:** चित्तौड़गढ़ जिले की रावतभाटा तहसील के **चौरासीगढ़** के निकट यह नदी एक संकीर्ण गॉर्ज (महाखड्ड) का निर्माण करते हुए राज्य में प्रवेश करती है।
- **प्रवाह मार्ग (spatial वितरण):** चौरासीगढ़ से आगे बढ़कर यह नदी कोटा, बूंदी, सवाई माधोपुर, करौली और धौलपुर जिलों की विधिक सीमाओं का निर्धारण करती है। यह राजस्थान और मध्य प्रदेश के मध्य लगभग **252 किलोमीटर की लंबी अंतर-राज्यीय विधिक सीमा** निर्मित करती है।
- **अंतिम विसर्जन:** उत्तर प्रदेश के इटावा जिले के **मुरादगंज** नामक स्थान पर यह सीधे **यमुना नदी** में विलीन हो जाती है। इसकी कुल विधिक लंबाई लगभग 1051 किमी है, जिसमें से 322 किमी का शुद्ध प्रवाह मार्ग पूरी तरह राजस्थान के अंतर्गत स्थित है।

2. चम्बल बेसिन के विशिष्ट स्थलाकृतिक एवं उच्चावचीय लक्षण

चम्बल नदी अपने संपूर्ण मार्ग में अत्यधिक तीक्ष्ण और उग्र भू-आकृतिक प्रक्रमों (Geomorphic Processes) का संचालन करती है, जिससे निम्नलिखित विशिष्ट आकृतियों का निर्माण होता है:

2.1 चम्बल गॉर्ज (Chambal Gorge):

- कोटा और बूंदी के पठारी सीमांतों के बीच चम्बल नदी ने विंध्यन बलुआ पत्थरों की कठोर परतों को लंबवत रूप से काटकर अत्यधिक गहरे, संकीर्ण और खड़ी ढाल वाले **महाखड्डों (Gorges)** का विन्यास किया है। इसी संकीर्ण गॉर्ज अवस्थिति के कारण यहाँ बांधों का निर्माण अवसंरचनात्मक रूप से सुगम रहा है।

2.2 चूलिया जलप्रपात:

- चित्तौड़गढ़ जिले में भैंसरोड़गढ़ के निकट चम्बल नदी के मार्ग में बेसाल्टिक और क्वार्ट्जाइट चट्टानों के तीक्ष्ण ढाल विच्छेद के कारण **18 मीटर ऊँचा चूलिया जलप्रपात** निर्मित होता है। यह राजस्थान का **सबसे ऊँचा जलप्रपात** है। इसके ठीक नीचे बामनी नदी चम्बल में आकर मिलती है।

3. उत्खात भूमि (Badland Topography) एवं अवनालिका अपरदन

चम्बल बेसिन का सबसे अनूठा और विख्यात भू-आकृतिक लक्षण इसकी **उत्खात भूमि** (बैडलैंड स्थलाकृति) है, जो मुख्य रूप से सवाई माधोपुर, करौली और धौलपुर जिलों के मैदानी किनारों पर विस्तृत है।

अवनालिका अपरदन (Gully Erosion) की वैज्ञानिक प्रक्रिया:

- **परत अपरदन से अवनालिका तक:** मानसून काल में जब चम्बल और उसकी सहायक सरिताओं में जल का आयतन अचानक अत्यधिक बढ़ जाता है, तो कोमल जलोढ़ कछारी मृदा (Alfisols) वाले मैदानी भागों पर तीव्र जल प्रवाह होता है। प्रारंभ में यह मिट्टी की ऊपरी परत को बहाता है (Sheet Erosion), परंतु वेग बढ़ने पर यह गहरे लंबवत विदर (Cracks) बनाने लगता है।
- **गहरे नालों का संजाल:** ये विदर क्रमिक रूप से चौड़े और गहरे होकर **5 से 30 मीटर गहरी खाइयों** (Gullies) में बदल जाते हैं। नदी के दोनों तटों पर मीलों दूर तक फैला यह तीक्ष्ण अवनालिका संजाल ही भू-आकृतिक विज्ञान में 'उत्खात भूमि' या बैडलैंड कहलाता है, जहाँ धरातल पूरी तरह विच्छेदित होकर कृषि के अयोग्य हो जाता है।

4. बीहड़ भूगोल (Geography of Ravines)

चम्बल नदी घाटी में पाए जाने वाले इन गहरे अवनालिका नालों और खाइयों के सघन तंत्र को, जो स्थानीय प्राकृतिक वनस्पतियों से ढका होता है, आंचलिक भाषा में '**बीहड़**' कहा जाता है।

बीहड़ का स्थानिक और सांख्यिकीय प्रतिरूप:

- **कुल प्रभाव क्षेत्र:** राजस्थान में चम्बल नदी के समानांतर लगभग **4500 वर्ग किलोमीटर** का क्षेत्र पूरी तरह बीहड़ भूगोल में तब्दील हो चुका है।
- **सर्वाधिक घनत्व:** बीहड़ों का सर्वोच्च संकेंद्रण और गहराई मुख्य रूप से **धौलपुर, सवाई माधोपुर और करौली** जिलों में पाई जाती है। करौली अंचल को इसके सघन विस्तार के कारण '**बीहड़ की रानी**' की आंचलिक संज्ञा दी गई है।
- **पारिस्थितिक विन्यास:** ये बीहड़ अत्यधिक दुर्गम स्थलाकृति का निर्माण करते हैं, जहाँ समानांतर कटक (Ridges) और गहरी घाटियाँ पाई जाती हैं।

5. डांग क्षेत्र (Dang Region): प्रादेशिक एवं सामाजिक-आर्थिक परिप्रेक्ष्य

बीहड़ स्थलाकृति के अंतर्गत आने वाले उच्च पथरीले, पहाड़ी और पठारी कगार भू-भागों को स्थानीय स्तर पर '**डांग क्षेत्र**' कहा जाता है।

डांग की भौगोलिक विशेषताएं:

- **शैल संरचना:** डांग क्षेत्र मुख्य रूप से विंध्यन कगार भूमि (Vindhyan Scarpland) का हिस्सा है, जहाँ बलुआ पत्थर और चूने की परतें धरातल पर अनावृत हैं।
- **प्रशासनिक सीमांकन:** इसके अंतर्गत मुख्य रूप से करौली, सवाई माधोपुर, धौलपुर, और कोटा-बूंदी के सीमांत ग्रामीण अंचल विधिक रूप से शामिल किए जाते हैं।
- **चुनौतियां:** दुर्गम बीहड़ और डांग स्थलाकृति के कारण इस क्षेत्र में आधुनिक परिवहन (सड़क, रेल) का विकास विधिक रूप से अत्यंत कठिन रहा है। कृषि भूमि के निरंतर विखंडन और उद्योगों के अभाव ने इस अंचल को आर्थिक और सामाजिक रूप से अत्यधिक पिछड़ा बना दिया, जो लंबे समय तक दस्यु प्रभावित (Outlaw/Dacoit infested) क्षेत्र रहा।

6. चम्बल नदी तंत्र का सहायक नदी विन्यास

चम्बल नदी तंत्र एक विस्तृत 'वृक्षाकार अपवाह प्रतिरूप' (Dendritic Drainage Pattern) का निर्माण करता है। इसकी सहायक नदियाँ मालवा पठार और अरावली दोनों तंत्रों से जल लाती हैं:

6.1 कालीसिंध नदी:

- **उद्गम:** मध्य प्रदेश के देवास के निकट बागली गाँव की पहाड़ियों से।
- **प्रवाह:** यह झालावाड़ और कोटा जिलों से बहती हुई **नोनेरा** (कोटा) के निकट चम्बल में मिल जाती है। आहू और परवन इसकी मुख्य सहायक कड़ियाँ हैं। **गागरोन का विख्यात जलदुर्ग** कालीसिंध और आहू नदियों के विधिक संगम (सामेलजी) पर ही स्थित है।

6.2 पार्वती नदी:

- **उद्गम:** मध्य प्रदेश के सीहोर अंचल के विंध्यन ढालों से। यह बारां के करयाहाट के निकट राजस्थान में प्रवेश कर पाली गाँव (सवाई माधोपुर) के पास चम्बल में विलीन होती है।

6.3 बामनी (ब्राह्मणी) नदी:

- चित्तौड़गढ़ के हरिपुरा गाँव से निकलकर भैंसरोड़गढ़ के निकट चम्बल में मिलती है। इसी संगम के पास ऐतिहासिक भैंसरोड़गढ़ दुर्ग अवस्थित है।

6.4 अन्य प्रमुख सहायक सरिताएं:

- मेज, मांगली, कुनू, सीप, और आलमिया। (बनास नदी चम्बल की सबसे बड़ी सहायक नदी है, जिसका स्वतंत्र विस्तृत विश्लेषण अगले अध्याय का हिस्सा है)।

7. चम्बल नदी घाटी परियोजना एवं बांध अवसंरचना (Four Cascade Dams)

चम्बल नदी के गॉर्ज विन्यास का उपयोग करके जल-विद्युत और सिंचाई के लिए चार विशाल बांधों की एक श्रृंखला (Cascade System) निर्मित की गई है, जो तीन चरणों में संपन्न हुई। यह भारत की एकमात्र ऐसी नदी घाटी परियोजना है जहाँ 100 किलोमीटर के लघु दायरे में चार बड़े बांध बनाए गए हैं:

क्र.मांक	बांध का नाम	वास्तविक भौगोलिक अवस्थिति	परियोजना चरण	प्राथमिक विधिक / आर्थिक उपयोग
1	गांधी सागर बांध	भानपुरा (मंदसौर, मध्य प्रदेश)	प्रथम चरण	चम्बल का विशालतम बांध; 115 मेगावाट जल-विद्युत उत्पादन एवं मुख्य जलाशय।
2	राणा प्रताप सागर	रावतभाटा (चित्तौड़गढ़, राजस्थान)	द्वितीय चरण	भराव क्षमता (Storage) में राजस्थान का सबसे बड़ा बांध; परमाणु बिजलीघर को जल आपूर्ति; 172 मेगावाट विद्युत।
3	जवाहर सागर बांध	बोराबास (कोटा, राजस्थान)	तृतीय चरण	यह एक पिकअप बांध (Pick-up Dam) है जो विद्युत उत्पादन (99 मेगावाट) के बाद जल के वेग को नियंत्रित करता है।
4	कोटा बैराज	कोटा शहर (राजस्थान)	प्रथम चरण	इससे कोई विद्युत उत्पादन नहीं होता; इसका उपयोग केवल सिंचाई हेतु दो मुख्य नहरों (बाई व दाई) के संचालन के लिए होता है।

8. समेकित तुलनात्मक तालिका: चम्बल बेसिन के विशिष्ट आकृतिक उप-विभाग

आकृतिक उप-विभाग	मुख्य प्रशासनिक विस्तार (जिले)	शैल संरचना एवं मृदा प्रकार	प्राथमिक प्रक्रम	भू-आकृतिक
-----------------	--------------------------------	----------------------------	------------------	-----------

चम्बल गॉर्ज बेल्ट	कोटा, बूंदी, चित्तौड़गढ़ सीमांत	विंध्यन बलुआ पत्थर, कठोर बेसाल्ट	तीक्ष्ण लंबवत नदीय कटाव (Down-cutting)
वास्तविक बीहड़ पट्टी	धौलपुर, सवाई माधोपुर, करौली	गहरी जलोढ़ कछारी मिट्टी (Alfisols)	उग्र अवनालिका अपरदन (Gully Erosion)
डांग उच्च भूमि	करौली, सवाई माधोपुर के कगार	विंध्यन चूना पत्थर, विच्छेदित बलुआ पत्थर	कगार विखंडन एवं विदर घाटी निर्माण
कमान मैदानी क्षेत्र	कोटा, बूंदी, बारां के आंतरिक भाग	उपजाऊ मिश्रित जलोढ़ मृदा	नहरी जल भराव एवं जलोढ़ निक्षेपण

9. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **अवनालिका (Gully):** तीव्र जल प्रवाह से निर्मित वह गहरी खाई जो परत और क्षुद्र सरिता अपरदन (Rill Erosion) के उग्र होने से बनती है।
- **उत्खात भूमि (Badland):** वह अत्यधिक ऊबड़-खाबड़ स्थलाकृति जो तीक्ष्ण खाइयों और कटकों के संजाल के कारण कृषि और परिवहन के लिए पूरी तरह अयोग्य हो जाती है।
- **पिकअप बांध (Pick-up Dam):** वह बांध जिसका उद्देश्य जल-विद्युत का स्थायी उत्पादन करना नहीं, बल्कि मुख्य बड़े बांधों से छोड़े गए पानी के प्रवाह को रोककर नहरों में डाइवर्ट करना होता है।
- **सामेलजी:** आहू और कालीसिंध नदियों के संगम स्थल को झालावाड़ अंचल में दी गई स्थानीय विधिक संज्ञा।
- **चर्मण्वती:** महाकवि कालिदास के मेघदूतम में वर्णित चम्बल नदी का प्राचीन प्रागैतिहासिक नाम।

10. चम्बल अपवाह पारिस्थितिकी के समक्ष चुनौतियां एवं प्रशासनिक कार्यक्रम

चम्बल बेसिन अपनी अनूठी स्थलाकृति के कारण गंभीर पर्यावरणीय और विकासात्मक संकटों का सामना कर रहा है, जिनका नीतिगत समाधान प्रशासनिक स्तर पर क्रियान्वित किया जा रहा है:

10.1 बीहड़ विस्तार एवं भूमि अवक्रमण:

- अवनालिका अपरदन निरंतर सक्रिय है, जिससे प्रतिवर्ष सैकड़ों हेक्टेयर उपजाऊ कृषि भूमि बीहड़ में तब्दील हो रही है। इसके नियंत्रण के लिए राज्य सरकार द्वारा 'डांग विकास कार्यक्रम' (Dang Development Programme) और कंदरा सुधार योजनाएं संचालित हैं, जिसके तहत बीहड़ों का समतलीकरण कर वनीकरण को बढ़ावा दिया जा रहा है।

10.2 राष्ट्रीय चम्बल घड़ियाल अभ्यारण्य का संरक्षण:

- चम्बल नदी का स्वच्छ जल और इसके रेतीले तट (Sandbanks) लुप्तप्राय घड़ियालों (Gavialis gangeticus), मगरमच्छों और गांगेय डॉल्फिन (स्थानीय नाम - सूँस) के प्राकृतिक प्रजनन के लिए विश्व प्रसिद्ध है। यह भारत का एकमात्र त्रि-राज्यीय (राजस्थान, मध्य प्रदेश, उत्तर प्रदेश) नदीय अभ्यारण्य है।
- **चुनौती:** कोटा के औद्योगिक रासायनिक अपशिष्टों (Effluents) के नदी में मिलने और चम्बल कमान क्षेत्र में बड़े पैमाने पर होने वाले अवैध रेत खनन (बजरी माफिया) के कारण घड़ियालों के प्राकृतिक आवास और अंडे देने के स्थान (Nesting Sites) विधिक रूप से नष्ट हो रहे हैं।

10.3 कमान क्षेत्र में जल-जमाव (Waterlogging - सेम की समस्या):

- कोटा, बूंदी और बारां जिलों में चम्बल की दाईं और बाईं मुख्य नहरों द्वारा की जाने वाली अत्यधिक और अनियंत्रित सिंचाई के कारण भू-जल स्तर ऊपर उठ गया है, जिससे उपजाऊ भूमि लवणीय दलदल में बदल रही है।

चम्बल नदी तंत्र राजस्थान के आर्थिक भूगोल का एक रणनीतिक जल-कपाट है। इसके गहरे गॉर्ज, चूलिया प्रपात का विन्यास, और बीहड़ व डांग क्षेत्र की विशिष्ट स्थलाकृतिक चुनौतियाँ प्रादेशिक नियोजन और पर्यावरण संरक्षण के दृष्टिकोण से अत्यधिक संवेदी हैं। इस नदीय पारिस्थितिकी और इसके घड़ियाल अभ्यारण्य का विधिक व वैज्ञानिक प्रबंधन ही राज्य के पूर्वी सीमांत के सतत प्रादेशिक विकास की एकमात्र रक्षात्मक आधारशिला है।

अध्याय 18: बंगाल की खाड़ी में गिरने वाली नदियाँ (भाग II) - बनास, बाणगंगा, बेड़च, गम्भीरी एवं कालीसिंध तंत्र

राजस्थान के अपवाह प्रतिरूप में बंगाल की खाड़ी की ओर उन्मुख प्रणालियाँ अत्यंत विस्तृत जलग्रहण क्षेत्र (Catchment Area) का निर्माण करती हैं। चम्बल के अतिरिक्त इस तंत्र को स्थायित्व और क्षेत्रीय विस्तार प्रदान करने वाली मुख्य नदियों में बनास, बाणगंगा, बेड़च, गम्भीरी और कालीसिंध शामिल हैं। ये नदियाँ मुख्य रूप से अरावली के पूर्वी ढालों और मालवा पठार के उत्तरी सीमांतों के भू-आकृतिक उच्चावच से विसर्जित होकर पूर्वी मैदानी प्रदेश को अत्यधिक उपजाऊ कछारी मैदान में परिवर्तित करती हैं।

1. बनास नदी तंत्र (वन की आशा / वशिष्ठी)

बनास नदी राजस्थान के आंतरिक विन्यास में बहने वाली पूर्णतः राज्य की सबसे लंबी और रणनीतिक नदी प्रणाली है। इसे प्रागैतिहासिक काल से ही 'वन की आशा' या 'वशिष्ठी' के विधिक नामों से जाना जाता है।

उद्गम एवं प्रादेशिक प्रवाह मार्ग:

- सटीक उद्गम स्थल:** राजसमंद जिले में कुंभलगढ़ के निकट अरावली की **खमनोर पहाड़ियों** (Khamnor Hills) से।
- प्रवाह मार्ग (Spatial वितरण):** खमनोर से निकलकर यह नदी राजसमंद, चित्तौड़गढ़, भीलवाड़ा, शाहपुरा, टोंक और सवाई माधोपुर जिलों से प्रवाहित होती है।
- चम्बल में विलोपन:** सवाई माधोपुर जिले की खंडार तहसील के पदरा गाँव के निकट प्रसिद्ध **रामेश्वरम धाम** पर यह चम्बल नदी में विलीन हो जाती है।
- कुल प्रवाह लंबाई:** इसकी कुल विधिक लंबाई लगभग **512 किलोमीटर** है। यह पूरी तरह राजस्थान की भौगोलिक सीमा के भीतर बहने वाली सबसे लंबी नदी है।

भू-आकृतिक विशेषताएं:

- पेनीप्लेन मैदान का निर्माण:** बनास नदी ने अपने दीर्घकालिक अपरदन चक्र (Denudation Cycle) द्वारा भीलवाड़ा, टोंक और मालपुरा के क्षेत्रों में एक विस्तृत सप्राय मैदान या 'पेनीप्लेन' का विन्यास किया है, जिसे **मालपुरा-करौली का मैदान** भी कहा जाता है।
- पीडमोंट मैदान (Piedmont):** देवगढ़ (राजसमंद) के निकट तीक्ष्ण पर्वतीय ढालों से मैदान में उतरते समय यह कंकड़-युक्त उच्च स्थलाकृति का निर्माण करती है।

बनास का विस्तृत सहायक नदी विन्यास:

- बेड़च नदी (आयड़):** इसका उद्गम उदयपुर के निकट **गोगुंदा की पहाड़ियों** से होता है। प्रारंभ में इसे 'आयड़ नदी' कहा जाता है, जिसके तट पर प्रसिद्ध ताम्रयुगीन **आहाड़ सभ्यता** विकसित हुई थी। उदयसागर झील से निकलने के बाद इसका नाम 'बेड़च' हो जाता है। यह भीलवाड़ा के बीगोद के निकट बनास में मिलती है।

- **कोठारी नदी:** इसका उद्गम राजसमंद के **दिवेर पहाड़ियों** से होता है। यह भीलवाड़ा (शाहपुरा अंचल) से बहती हुई बनास में विलीन होती है। इस नदी पर भीलवाड़ा में **मेजा बांध** निर्मित है, जो स्थानीय पेयजल का मुख्य विधिक स्रोत है। इसके तट पर **बागोर सभ्यता** अवस्थित है।
- **खारी नदी:** इसका उद्गम राजसमंद जिले की **बिजराल पहाड़ियों** से होता है। यह उत्तर-पूर्व की ओर बहती हुई टोंक के राजमहल के निकट बनास में मिलती है।
- **मोरेल नदी:** यह जयपुर ग्रामीण की चैनपुरा पहाड़ियों से निकलकर दौसा और सवाई माधोपुर में बहती हुई बनास में मिलती है। इस पर सवाई माधोपुर में मिट्टी का बना **मोरेल बांध** स्थित है।

2. बाणगंगा नदी तंत्र (अर्जुन की गंगा / रुंडित सरिता)

बाणगंगा नदी राजस्थान के उत्तर-पूर्वी भाग की एक अत्यंत विशिष्ट नदी प्रणाली है जो अपने जलमार्ग के ऐतिहासिक विस्थापन के लिए जानी जाती है।

उद्गम एवं ऐतिहासिक विन्यास:

- **सटीक उद्गम स्थल:** जयपुर ग्रामीण (पूर्व में जयपुर) जिले की **बैराठ पहाड़ियाँ** (Bairath Hills) से। पौराणिक मान्यताओं के अनुसार अर्जुन के तीर से उत्पन्न होने के कारण इसे 'अर्जुन की गंगा' भी कहा जाता है।
- **प्रवाह मार्ग:** यह जयपुर ग्रामीण, दौसा और भरतपुर जिलों के समतल कछारी मैदानों में पूर्व दिशा की ओर प्रवाहित होती है।

रुंडित सरिता (Interrupted / Beheaded River) का भू-आकृतिक लक्षण:

- **मार्ग विलोपन:** प्राचीन काल में यह नदी भरतपुर को पार कर उत्तर प्रदेश के फतेहाबाद के निकट सीधे यमुना नदी में विसर्जित होती थी।
- **वर्तमान अवस्था:** आधुनिक जलवायवीय शुष्कता और अत्यधिक गाद (Siltation) के जमाव के कारण अब यह मुख्य नदी (यमुना) तक नहीं पहुँच पाती, बल्कि भरतपुर के मैदानों में ही विलीन हो जाती है। भू-आकृतिक विज्ञान में इस प्रकार की नदी को '**रुंडित सरिता**' कहा जाता है।
- **रोही का मैदान:** इसके द्वारा निर्मित भरतपुर का उपजाऊ जलोढ़ मैदान 'रोही का मैदान' कहलाता है। भरतपुर में इस नदी पर **अजान बांध** निर्मित है, जो केवलादेव राष्ट्रीय उद्यान को जल की विधिक आपूर्ति करता है।

3. गम्भीरी नदी तंत्र

गम्भीरी नदी पूर्वी मैदानी प्रदेश के सीमांत भाग की एक प्रमुख सहायक सरिता है जो चित्तौड़गढ़ के ऐतिहासिक भूगोल को नियंत्रित करती है।

उद्गम एवं प्रवाह विन्यास:

- **सटीक उद्गम स्थल:** मध्य प्रदेश के जावद (रतलाम अंचल) की पहाड़ियों से।
- **राजस्थान में प्रवेश:** चित्तौड़गढ़ जिले के निंबाहेड़ा के निकट।
- **बेड़च के साथ संगम:** यह चित्तौड़गढ़ शहर के ठीक समीप **बेड़च नदी** में विलीन हो जाती है, जो आगे चलकर बनास का हिस्सा बनती है।

ऐतिहासिक अवस्थिति:

- **मेसा पठार संगम:** प्रसिद्ध **चित्तौड़गढ़ का दुर्ग** इसी गम्भीरी और बेड़च नदियों के विधिक संगम स्थल के निकट स्थित **मेसा के पठार** पर निर्मित है। इन नदियों का बाढ़ क्षेत्र मध्यकाल में इस दुर्ग की प्राकृतिक रक्षात्मक दीवार का कार्य करता था।

4. कालीसिंध नदी तंत्र

कालीसिंध नदी दक्कन लावा पठार (हाड़ौती) से होकर बहने वाली चम्बल की एक अत्यंत महत्वपूर्ण और उच्च जल आयतन वाली सहायक नदी है।

उद्गम एवं अंतर-राज्यीय प्रवाह:

- **सटीक उद्गम स्थल:** मध्य प्रदेश के देवास के निकट **बागली गाँव की विंध्याचल पहाड़ियाँ** से।
- **राजस्थान में विधिक प्रवेश:** झालावाड़ जिले के रायपुर के निकट **बिंदा गाँव** के पास।
- **प्रवाह मार्ग:** यह झालावाड़ और कोटा जिलों के लावा पठार को काटती हुई उत्तर की ओर बहती है।

- **चम्बल में संगम:** कोटा जिले के **नोनेरा** (नानैरा) नामक स्थान पर यह मुख्य चम्बल नदी में विसर्जित हो जाती है।

जलदुर्ग विन्यास (सामेलजी):

- **आहू और कालीसिंध संगम:** झालावाड़ के निकट कालीसिंध नदी में उसकी प्रमुख सहायक नदी **आहू** आकर मिलती है। इस विशिष्ट संगम स्थल को स्थानीय भाषा में '**सामेलजी**' कहा जाता है।
- **गागरोन का किला:** विश्व धरोहर में शामिल प्रसिद्ध **गागरोन का जलदुर्ग** इसी कालीसिंध और आहू नदियों के बिना किसी विधिक नींव के सीधे चट्टान पर निर्मित संगम मुहाने पर अवस्थित है।
- **परवन नदी:** यह कालीसिंध की अन्य प्रमुख सहायक नदी है जो मध्य प्रदेश के विंध्यन ढालों से निकलकर बारां जिले के **शेरगढ़ अभ्यारण्य** के मध्य से गुजरती हुई रामगढ़ (कोटा) के पास कालीसिंध में मिलती है।

5. बनास बेसिन के प्रमुख त्रिवेणी संगम (Confluence Points)

इस नदी तंत्र के अंतर्गत दो अत्यंत महत्वपूर्ण विधिक त्रिवेणी संगम निर्मित होते हैं, जो परीक्षाओं के दृष्टिकोण से सर्वाधिक अंक भार वाले तथ्य हैं:

5.1 बीगोद त्रिवेणी संगम (भीलवाड़ा):

- **संबद्ध नदियाँ:** बनास + बेड़च + मेनाल
- **भौगोलिक विन्यास:** भीलवाड़ा जिले की मांडलगढ़ तहसील के **बीगोद** नामक स्थान पर यह संगम बनता है। यहाँ उत्तर-पश्चिम से आने वाली बनास में दक्षिण से बेड़च और पूर्व की ओर से अरावली ढालों से उतरने वाली मेनाल नदी का संयुक्त विलोपन होता है।

5.2 राजमहल त्रिवेणी संगम (टोंक):

- **संबद्ध नदियाँ:** बनास + डाइ + खारी
- **भौगोलिक विन्यास:** टोंक जिले के देवली अंचल में स्थित **राजमहल** के निकट यह संगम बनता है। यहाँ मुख्य बनास नदी में अजमेर की पहाड़ियों से आने वाली डाइ नदी और राजसमंद की कगारों से आने वाली खारी नदी का विधिक संगम होता है। इसके निकट ही प्रसिद्ध **बीसलपुर बांध** अवस्थित है।

6. समेकित तुलनात्मक तालिका: बंगाल की खाड़ी तंत्र की प्रमुख नदियाँ

नदी का प्रामाणिक नाम	सटीक उद्गम पहाड़ियाँ	प्रवाह लंबाई (राजस्थान)	विसर्जन संगम बिंदु	विशिष्ट भू-आकृतिक लक्षण
बनास (वन की आशा)	खमनोर पहाड़ियाँ (राजसमंद)	~512 किलोमीटर	रामेश्वरम धाम (चम्बल में)	पूर्णतः राज्य में बहने वाली सबसे लंबी नदी; मालपुरा पेनीप्लेन का निर्माण।
बाणगंगा	बैराठ पहाड़ियाँ (जयपुर ग्रामीण)	~240 किलोमीटर	भरतपुर का समतल मैदान	वर्तमान में 'रुंडित सरिता' श्रेणी; रोही के उपजाऊ मैदान का विन्यास।

बेड़च (आयड़)	गोगुंदा पहाड़ियाँ (उदयपुर)	~157 किलोमीटर	बीगोद (बनास में)	प्रारंभिक मार्ग में आयड़ नाम; इसके तट पर प्राचीन आहाड़ सभ्यता का विकास।
गम्भीरी	जावद पहाड़ियाँ (मध्य प्रदेश)	~110 किलोमीटर	चित्तौड़गढ़ (बेड़च में)	इसके और बेड़च के विधिक संगम के निकट मेसा पठार पर चित्तौड़ दुर्ग अवस्थित।
कालीसिंध	बागली पहाड़ियाँ (मध्य प्रदेश)	~145 किलोमीटर	नोनेरा (चम्बल में)	लावा पठार की मुख्य नदी; आहू के साथ संगम पर गागरोन जलदुर्ग निर्मित।

7. प्रमुख जल संरक्षण अवसंरचना एवं बांध (Water Infrastructure)

इस नदी तंत्र पर निर्मित बांध राज्य की जलापूर्ति और कृषि स्थिरीकरण के मुख्य विधिक स्तंभ हैं:

7.1 बीसलपुर बांध परियोजना (टोंक):

- **अवस्थिति:** टोंक जिले के देवली के निकट राजमहल स्थान पर, जहाँ बनास नदी एक संकीर्ण चट्टानी गॉर्ज से गुजरती है।
- **सामरिक महत्व:** यह राजस्थान की सबसे बड़ी पेयजल परियोजना (Drinking Water Project) है। इसके माध्यम से जयपुर शहर, अजमेर, ब्यावर, टोंक और दूदू जिलों को विधिक रूप से स्वच्छ पेयजल की निरंतर आपूर्ति की जाती है।

7.2 मेजा बांध (भीलवाड़ा):

- **अवस्थिति:** भीलवाड़ा की मांडल तहसील के निकट कोठारी नदी पर।
- **विशेषता:** इस बांध के कमान क्षेत्र को हरित पट्टी के रूप में विकसित किए जाने के कारण इसे 'ग्रीन माउंट' की आंचलिक संज्ञा दी गई है।

7.3 मोरेल बांध:

- सवाई माधोपुर और दौसा की सीमा पर मोरेल नदी पर निर्मित मिट्टी का विशाल बांध, जो रबी फसलों की सिंचाई का मुख्य आधार है।

8. सहायक सरिताओं का संगम प्रतिरूप वर्गीकरण

तालिका: दाईं एवं बाईं ओर की संगम कड़ियाँ

मुख्य नदी	दाईं ओर से मिलने वाली सहायक नदियाँ (Right Bank)	बाईं ओर से मिलने वाली सहायक नदियाँ (Left Bank)	संबद्ध ऐतिहासिक सभ्यताएँ
बनास	बेड़च, मेनाल	कोठारी, खारी, डाइ, मोरेल, ढींड़	गिलूण्ड सभ्यता (राजसमंद)।

बेड़च	गम्भीरी, वागन	उंदरी, गुजरी	आहाड़ (उदयपुर)।	सभ्यता
कालीसिंध	परवन, निवाज	आहू	गागरोन (झालावाड़)।	संस्कृति

9. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **रुंडित सरिता (Interrupted Stream):** वह नदी जो मुख्य बड़ी नदी तक पहुँचने से पूर्व ही अपने मुहाने पर अवसादों के जमाव और जल की कमी के कारण स्थानीय मैदान में विलीन हो जाती है, जैसे बाणगंगा।
- **पेनीप्लेन (Peneplain):** नदी अपरदन के दीर्घकालिक चक्र के अंत में निर्मित वह लगभग समतल मैदान जिसमें कहीं-कहीं प्रतिरोधी चट्टानों के टीले शेष रह जाते हैं, जिन्हें 'मोनैडनॉक' कहते हैं। बनास बेसिन इसका सटीक उदाहरण है।
- **सामेलजी:** आहू और कालीसिंध नदियों के संगम स्थल को झालावाड़ अंचल में दी गई स्थानीय विधिक संज्ञा।
- **रुंडित मार्ग:** बालुका स्तूपों के निरंतर स्थानांतरण या अवसादन के कारण जब सहायक नदियों का मूल मार्ग मुख्य नदी से कट जाता है।

10. अपवाह तंत्र का मृदा एवं सस्य भूगोल (Agricultural Linkage)

इस नदी तंत्र के जलग्रहण क्षेत्रों की मृदा संरचना पूर्वी मैदानी प्रदेश के कृषि प्रतिरूप को गहराई से नियंत्रित करती है:

A. मालपुरा-करौली का बनास मैदान:

- यहाँ शिस्ट और ग्रेस चट्टानों के अपरदन से भूरी रेतीली जलोढ़ मिट्टी का निर्माण हुआ है। यह मिट्टी नाइट्रोजन और फास्फोरस के संतुलन के कारण **सरसों** और **गेहूँ** की सघन पैदावार के लिए राज्य का सबसे प्रमुख विधिक बेल्ट है। टोंक और सवाई माधोपुर में इसके कारण तेल मिलों का सघन विकास हुआ है।

B. बाणगंगा का रोही मैदान:

- भरतपुर और अलवर के इस जलोढ़ मैदान (Alfisols) में प्रति हेक्टेयर **जौ**, **चना** और **गेहूँ** की उत्पादकता सर्वोच्च पाई जाती है।

11. अपवाह पारिस्थितिकी के समक्ष चुनौतियां एवं प्रशासनिक चिंताएं

तीव्र नगरीकरण और अनियंत्रित औद्योगिक गतिविधियों के कारण इस समृद्ध नदी तंत्र की पारिस्थितिकी वर्तमान में गंभीर संकटों का सामना कर रही है, जिनका नीतिगत समाधान अनिवार्य है:

1. **अंधाधुंध अवैध बजरी खनन (Riverbed Mining):** बनास, बेड़च और कोठारी नदियों के शुष्क पाटों से कंक्रीट और बजरी का अत्यधिक अवैध दोहन किया जा रहा है। सर्वोच्च न्यायालय के विधिक प्रतिबंधों के बावजूद होने वाले इस खनन से नदियों की प्राकृतिक स्पंज क्षमता (Water absorption capacity) समाप्त हो रही है। इसके परिणामस्वरूप ग्रीष्मकाल में नदियाँ पूरी तरह सूख जाती हैं और आस-पास का भू-जल स्तर खतरनाक रूप से गिर जाता है।
2. **शहरी एवं औद्योगिक प्रदूषण (Industrial Pollution):** उदयपुर के आयड़ अंचल में शहरी सीवरेज और भीलवाड़ा के टेक्सटाइल (कपड़ा) उद्योगों से निकलने वाला रासायनिक अपशिष्ट सीधे बेड़च और कोठारी नदियों में बहाया जाता है। इसके कारण इन नदियों का जल विधिक रूप से कृषि और जलीय जीवों के लिए अत्यधिक विषैला हो चुका है।

3. **कैचमेंट एरिया का अवरोध (Catchment Obstruction):** बीसलपुर बांध के जलग्रहण क्षेत्र (राजसमंद, भीलवाड़ा अंचल) में नदियों के मार्ग पर अंधाधुंध छोटे एनिकट और फार्म पोंड्स बना दिए गए हैं। इसके कारण सामान्य मानसूनी वर्षों में भी बनास नदी का पर्याप्त जल बीसलपुर जलाशय तक नहीं पहुँच पाता, जिससे जयपुर और अजमेर संभागों के सामने भविष्य में एक बड़ा पेयजल संकट मंडरा रहा है।

बनास, बाणगंगा और कालीसिंध नदियाँ राजस्थान के पूर्वी और पठारी अंचलों की जल सुरक्षा और खाद्य आत्मनिर्भरता की जीवन रेखाएँ हैं। इन नदीय प्रणालियों और उनके विशिष्ट त्रिवेणी संगमों का वैज्ञानिक, विधिक और पर्यावरण-अनुकूल प्रबंधन ही राज्य के सतत प्रादेशिक विकास की वास्तविक आधारशिला है।

अध्याय 19: राजस्थान की झीलें - खारे एवं मीठे पानी के बेसिन तथा झील संरक्षण कार्यक्रम

राजस्थान का लिमनोलॉजिकल (Limnological - झील विज्ञान) ढांचा भू-वैज्ञानिक, जलवायवीय और विवर्तनिक दृष्टिकोण से अत्यंत अनूठा है। राज्य में पाई जाने वाली झीलें न केवल प्राचीन टेथिस महासागर के हाइड्रो-रासायनिक अवशेषों को प्रदर्शित करती हैं, बल्कि मध्यकालीन कृत्रिम जल प्रबंधन प्रणालियों का भी उत्कृष्ट उदाहरण हैं। अरावली पर्वतमाला के विभाजन के आधार पर राज्य के उत्तर-पश्चिमी शुष्क अंचल में खारे पानी की झीलें संकेंद्रित हैं, जबकि पूर्वी, मध्य और दक्षिणी उप-आर्द्र एवं आर्द्र भागों में मीठे पानी की झीलों का सघन संजाल विद्यमान है।

1. खारे पानी की झीलों का भू-वैज्ञानिक आधार एवं उत्पत्ति चक्र

पश्चिमी रेतीले मैदान और नागौरी उच्च भूमि में खारे पानी की झीलों की प्रचुरता के पीछे सुस्पष्ट प्रागैतिहासिक और भू-गर्भिक कारण सक्रिय हैं:

- **टेथिस महासागर के अवशेष:** भू-वैज्ञानिकों के अनुसार, थार मरुस्थल प्राचीन **टेथिस सागर** का विसर्जन क्षेत्र है। समुद्र के पीछे खिसकने के बाद शुष्क जलवायु के कारण जल वाष्पीकृत हो गया और सोडियम, मैग्नीशियम व पोटैशियम के लवण यहाँ के गर्तों (Depressions) में स्थायी रूप से जमा हो गए।
- **माइकेशिस्ट (Mica-Schist) चट्टानों की उपस्थिति:** धरातल के नीचे पाई जाने वाली सोडियम-युक्त माइकेशिस्ट चट्टानें भू-गर्भिक जल परिसंचरण के समय कैपिलारिटी क्रिया (Capillary Action) द्वारा निरंतर लवणों को ऊपरी सतह पर लाती हैं।
- **अभिकेंद्री अपवाह प्रणाली (Centripetal Drainage):** शुष्क क्षेत्रों की मौसमी नदियाँ अपने जलग्रहण क्षेत्रों से चट्टानी लवणों को बहाकर इन बंद बेसिनों (Endorheic Basins) में जमा करती हैं, जिससे जल की लवणता निरंतर तीव्र बनी रहती है।

2. प्रमुख खारे पानी की झीलें: स्थानिक एवं रासायनिक विश्लेषण

2.1 सांभर झील (जयपुर ग्रामीण / डीडवाना-कुचामन / अजमेर)

- **भौगोलिक अवस्थिति:** यह भारत की सबसे बड़ी अंतःस्थलीय (Inland) खारे पानी की झील है, जो 26.5 डिग्री से 29 डिग्री उत्तरी अक्षांशों के मध्य विस्तृत है। ऐतिहासिक रूप से इसका निर्माण चौहान शासक वासुदेव द्वारा बिजोलिया शिलालेख के अनुसार करवाया गया माना जाता है, परंतु मूल रूप से यह एक प्राकृतिक विवर्तनिक गर्त (Structural Depression) है।
- **अपवाह इनपुट:** इसमें चार मुख्य आंतरिक नदियाँ—**मेंथा, रूपनगढ़, खारी और खंडेल** आकर गिरती हैं, जो अभिकेंद्री अपवाह का निर्माण करती हैं।
- **आर्थिक एवं सांख्यिकीय महत्व:** सांभर झील अकेले भारत के कुल नमक उत्पादन का लगभग 8.7 प्रतिशत वहन करती है। यहाँ केंद्र सरकार के उपक्रम 'सांभर साल्ट्स लिमिटेड' (हिन्दुस्तान साल्ट्स लिमिटेड की सहायक कंपनी) द्वारा क्यार (Kyár) पद्धति से नमक तैयार किया जाता है।

- **रामसर आर्द्रभूमि स्थल (Ramsar Site):** इसे वर्ष 1990 में अंतरराष्ट्रीय महत्व का रामसर कन्वेंशन स्थल विधिक रूप से घोषित किया गया। यह झील शीत ऋतु में साइबेरिया से आने वाले **राजहंस (Flamingos)** और कुरुंजा (Demoiselle Cranes) पक्षियों का मुख्य विधिक प्राकृतिक आवास है।

2.2 पंचपदरा झील (बालोतरा)

- **भौगोलिक अवस्थिति:** बालोतरा (पूर्व में बाड़मेर) जिले के शुष्क अंचल में स्थित एक अत्यधिक खारी झील।
- **नमक की उत्कृष्ट गुणवत्ता:** पंचपदरा झील के नमक में **सोडियम क्लोराइड (NaCl)** की मात्रा सर्वाधिक प्रतिशत (~98%) पाई जाती है। इसी कारण यहाँ का नमक स्वाद और शुद्धता की दृष्टि से संपूर्ण देश में सर्वश्रेष्ठ माना जाता है।
- **उत्पादन तकनीक:** यहाँ पारंपरिक रूप से **खारवाल जाति** के लोग **मोरली झाड़ी** की टहनियों का उपयोग करके स्फटिक (क्रिस्टल) नमक के क्यार तैयार करते हैं।

2.3 डीडवाना झील (डीडवाना-कुचामन)

- **भौगोलिक अवस्थिति:** नागौरी उच्च भूमि के अंतर्गत स्थित खारे पानी का एक प्रमुख बंद बेसिन।
- **रासायनिक विसंगति:** डीडवाना झील के नमक में **सोडियम क्लोराइड के स्थान पर 'सोडियम सल्फेट' (Na₂SO₄)** की अत्यधिक प्रचुरता पाई जाती है। इस रासायनिक अशुद्धि के कारण यहाँ का नमक विधिक रूप से खाने के योग्य नहीं होता।
- **औद्योगिक उपयोग:** इस नमक का उपयोग मुख्य रूप से चमड़ा शोधन (Tanning) और भारी रसायन व कागज उद्योगों में किया जाता है। यहाँ राज्य सरकार का 'राजस्थान स्टेट केमिकल वर्क्स' संयंत्र स्थापित है जो सोडियम सल्फेट और सल्फाइड का विनिर्माण करता है।

अन्य महत्वपूर्ण खारे पानी की झीलें:

- **लूणकरणसर (बीकानेर):** उत्तरी राजस्थान की एकमात्र खारी झील, जहाँ वर्तमान में नाममात्र का नमक उत्पादन होता है।
- **फलोदी झील (फलोदी):** शुष्क बालुका स्तूप मुक्त हम्मादा क्षेत्र के अंतर्गत स्थित खारी झील।
- **कावोध (जैसलमेर):** इस झील से आयोडीन युक्त नमक प्राप्त होता है।
- **पोकरण (जैसलमेर), कुचामन (कुचामन-डीडवाना), बाप (जोधपुर), डेगाना (नागौर), और रेवासा (सीकर)।**

3. मीठे पानी की झीलों का भू-आकृतिक एवं ऐतिहासिक आधार

राजस्थान के अरावली पर्वतीय अंचल और पूर्वी मैदानों में मीठे पानी की झीलों का बाहुल्य है। ये मुख्य रूप से नदी अपवाह को बांधकर निर्मित किए गए कृत्रिम जलाशय (Artificial Reservoirs) हैं, जिन्हें तत्कालीन शासकों ने अकाल प्रबंधन, पेयजल सुरक्षा और कृषि सिंचाई के विधिक उद्देश्यों से निर्मित करवाया था।

4. प्रमुख मीठे पानी की झीलें: अवस्थिति एवं अवसंरचनात्मक विन्यास

4.1 जयसमंद झील (सलूंवर / उदयपुर)

- **ऐतिहासिक एवं सांख्यिकीय विनिर्देश:** इसका निर्माण मेवाड़ के महाराजा जयसिंह ने 1685 से 1691 ई. के मध्य गोमती नदी के जल को रोककर करवाया था। यह राजस्थान की सबसे बड़ी और एशिया की दूसरी सबसे बड़ी कृत्रिम (Man-made) मीठे पानी की झील है। इसे 'ढेबर झील' (Dhebar Lake) के नाम से भी जाना जाता है क्योंकि यह ढेबर दर्रे के संकीर्ण मुहाने पर बांध बनाकर निर्मित की गई है।
- **टापू और जनसांख्यिकी:** इस झील के मध्य में 7 बड़े टापू स्थित हैं, जिन पर भील और मीणा जनजातियाँ निवास करती हैं। सबसे बड़े टापू का नाम 'बाबा का भकड़ा' तथा सबसे छोटे टापू का नाम 'प्यारी' है।
- **आर्थिक उपयोगिता:** सिंचाई हेतु इस झील से वर्ष 1950 में दो मुख्य नहरें—**श्यामपुरा नहर** और **भट्ट नहरी प्रणाली** विधिक रूप से निकाली गईं, जो स्थानीय कृषि भूगोल का आधार हैं। इसके निकट जयसमंद वन्यजीव अभ्यारण्य (जलचरों की बस्ती) अवस्थित है।

4.2 राजसमंद झील (राजसमंद)

- **ऐतिहासिक विनिर्देश:** इसका निर्माण महाराजा राजसिंह ने 1662 ई. में भीषण अकाल राहत कार्यों के तहत गोमती नदी के प्रवाह पर बांध बनाकर करवाया था। यह राज्य की एकमात्र ऐसी झील है जिसके नाम पर पूरे जिले का नामकरण हुआ है।
- **नौचौकी पाल एवं राजप्रशस्ति:** झील का उत्तरी भाग 'नौचौकी पाल' कहलाता है, जहाँ सफेद संगमरमर के 25 विशाल शिलालेखों पर संस्कृत भाषा में उत्कीर्ण 'राजप्रशस्ति' स्थापित है। यह विश्व का सबसे बड़ा शिलालेख (शिलालेखीय महाकाव्य) है, जिसकी रचना रणछोड़ भट्ट तैलंग द्वारा की गई थी। इसमें मेवाड़ का संपूर्ण विधिक इतिहास दर्ज है।

4.3 पिछोला झील (उदयपुर)

- **ऐतिहासिक विनिर्देश:** इस प्राचीन झील का निर्माण 14वीं शताब्दी (राणा लाखा के शासनकाल) में एक बंजारे (पिछू बंजारे) ने अपने बैलों की स्मृति में करवाया था। बाद में महाराजा उदयसिंह ने उदयपुर शहर की स्थापना के समय इसका विधिक सुदृढीकरण किया।
- **नदियाँ और टापू:** इस झील को सीसारमा और बुझड़ा नदियाँ निरंतर जल प्रदान करती हैं। इसके मध्य दो जगप्रसिद्ध महल अवस्थित हैं:
 1. **जग मंदिर:** इसका निर्माण कार्य महाराजा करनसिंह ने प्रारंभ किया और जगतसिंह प्रथम ने 1651 में पूर्ण किया। (ऐतिहासिक तथ्य: शाहजहाँ ने अपने विद्रोह के समय इसी महल में शरण ली थी)।
 2. **जग निवास:** वर्तमान में लोक पैलेस होटल के रूप में संचालित।
- **नटनी का चबूतरा:** पिछोला झील के पश्चिमी किनारे पर ऐतिहासिक 'नटनी का चबूतरा' (गलकी नटनी की स्मृति में) निर्मित है।

4.4 नक्की झील (सिरोही - माउंट आबू)

- **भू-आकृतिक एवं पौराणिक विन्यास:** यह समुद्र तल से लगभग 1200 मीटर की ऊँचाई पर स्थित राजस्थान की सर्वोच्च और सबसे गहरी प्राकृतिक झील है। लोक-मान्यताओं के अनुसार देवताओं ने अपने नाखूनों (Nails) से खोदकर इसका निर्माण किया था, इसलिए इसे 'नक्की' कहा जाता है। परंतु भू-आकृतिक विज्ञान के दृष्टिकोण से यह एक **क्रेटर झील (Caldera/Crater Lake)** या विवर्तनिक गर्त है।
- **शीतकालीन विशिष्टता:** अत्यधिक ऊँचाई और न्यूनतम तापमान के कारण यह राज्य की एकमात्र ऐसी झील है जो शीत ऋतु (जनवरी) में अक्सर पूरी तरह जम (Freeze) जाती है।
- **विशिष्ट चट्टानी आकृतियाँ:** इसके किनारों पर प्राकृतिक अपक्षय से निर्मित विशिष्ट गॉर्ज चट्टानें स्थित हैं, जिन्हें **टोड रॉक** (मेढक जैसी आकृति), **नन रॉक** (घूँघट निकाले महिला जैसी), और राम झरोखा कहा जाता है। यह गरासिया जनजाति का पवित्र विधिक स्थल है, जहाँ वे अपने पूर्वजों की अस्थियाँ विसर्जित करते हैं।

अन्य महत्वपूर्ण मीठे पानी की झीलें:

- **आनासागर झील (अजमेर):** 1137 ई. में अणोरराज (आनाजी) द्वारा चंद्रा नदी के जल को रोककर निर्मित। जहांगीर ने इसके निकट 'दौलत बाग' (सुभाष उद्यान) तथा शाहजहाँ ने सफेद संगमरमर की 'बारादरी' का निर्माण करवाया था।
- **फायसागर (अजमेर):** अंग्रेज इंजीनियर फॉय के विनिर्देशन में अकाल राहत हेतु निर्मित नदीय झील।
- **कोलायत झील (बीकानेर):** मरुस्थल के मध्य स्थित एक प्राकृतिक पवित्र झील, जहाँ महर्षि कपिल मुनि का आश्रम है। यहाँ कार्तिक पूर्णिमा को दीपदान की विधिक परंपरा संचालित है।
- **फतेहसागर (उदयपुर):** इसे 'कनेक्टिंग लिंक झील' भी कहा जाता है जो पिछोला से जुड़ी है। इसके मध्य नेहरू गार्डन और भारत की पहली सौर वेधशाला (Solar Observatory) स्थापित है।
- **सिलीसेढ़ झील (अलवर):** इसे 'राजस्थान का नंदनकानन' कहा जाता है।
- **बालसमंद एवं कायलाना (जोधपुर), गैब सागर (डूंगरपुर), नवलखा झील (बूंदी)।**

5. तुलनात्मक तालिका: खारे पानी बनाम मीठे पानी की झीलों का रासायनिक एवं भौगोलिक प्रतिरूप

आकृतिक लक्षण	खारे पानी की झीलें (Saline Basins)	मीठे पानी की झीलें (Freshwater Reservoirs)
भौगोलिक संकेंद्रीकरण	अरावली के उत्तर-पश्चिम में (थार मरुस्थल, नागौरी उच्च भूमि)	अरावली के पूर्व, मध्य और दक्षिणी पर्वतीय ढालों पर
उत्पत्ति का मूल कारण	प्राकृतिक विवर्तनिक गर्त, टेथिस महासागर के अवशेष	मुख्य रूप से मानव निर्मित बांध अवसंरचना (कृत्रिम)
प्राथमिक लवण / खनिज	सोडियम क्लोराइड (सांभर), सोडियम सल्फेट (डीडवाना)	कैल्शियम कार्बोनेट और सिलिका के अल्प अंश (पेयजल योग्य)
मृदा आवरण संबंध	एरिडिसॉल्स, अत्यधिक लवणीय ऊसर मृदा	अल्फ़िसॉल्स (जलोढ़ कछारी) और इनसेप्सिसॉल्स (पर्वतीय)
प्राथमिक आर्थिक उपयोग	औद्योगिक नमक का निर्माण, सोडियम सल्फेट रसायन	पेयजल आपूर्ति, नहरी कृषि सिंचाई, पर्यटन भूगोल

6. राष्ट्रीय झील संरक्षण कार्यक्रम (National Lake Conservation Plan - NLCP)

झील पारिस्थितिकी तंत्र के स्थायी संरक्षण, जल प्रदूषण नियंत्रण और गाद की समस्या से निपटने के लिए भारत सरकार के केंद्रीय पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय द्वारा **राष्ट्रीय झील संरक्षण कार्यक्रम (NLCP)** का विधिक संचालन किया जा रहा है। वर्तमान में इसे राष्ट्रीय नदी संरक्षण योजना के साथ एकीकृत किया गया है।

वित्तीय प्रतिरूप (Funding Pattern):

- इस रणनीतिक कार्यक्रम के अंतर्गत होने वाले कुल व्यय का वित्तीय भार **केंद्र सरकार और राज्य सरकार के मध्य 60 : 40 के अनुपातिक विधिक साझाकरण** पर आधारित है।

राजस्थान की विधिक रूप से शामिल 6 झीलें:

RPSC स्तर की परीक्षाओं के दृष्टिकोण से इस कार्यक्रम में शामिल राजस्थान की विशिष्ट झीलों का नामकरण और उनकी प्रशासनिक अवस्थिति अत्यधिक महत्वपूर्ण है। इसके अंतर्गत राज्य की कुल **6 प्रमुख झीलों** को विधिक रूप से संरक्षण हेतु शामिल किया गया है:

1. **आनासागर झील** (अजमेर)
2. **फायसागर झील** (अजमेर)
3. **पुष्कर झील** (अजमेर) - धार्मिक और जलवायवीय दृष्टि से अत्यधिक संवेदनशील प्राकृतिक बेसिन।
4. **नक्की झील** (माउंट आबू, सिरौही)

5. पिछोला झील (उदयपुर)

6. फतेहसागर झील (उदयपुर)

कार्यक्रम के प्राथमिक उद्देश्य एवं तकनीकी रणनीतियाँ:

- **बायो-रेमेडिएशन (जैव-उपचार):** झीलों में जमा होने वाले शहरी सीवरेज और रसायनों को रोकने के लिए कृत्रिम आर्द्रभूमियों (Constructed Wetlands) और सूक्ष्मजीवों का अनुप्रयोग।
- **डी-सिल्टिंग (गाद हटाना):** अरावली ढालों से बहकर आने वाले पर्वतीय मलबे को आधुनिक मशीनों द्वारा बाहर निकालना ताकि झीलों की वास्तविक जल भराव क्षमता बनी रहे।
- **कैचमेंट एरिया का विधिक संरक्षण:** झीलों के जलग्रहण क्षेत्रों में होने वाले अनधिकृत निर्माण और अतिक्रमण को पर्यावरण संरक्षण अधिनियम के तहत पूरी तरह प्रतिबंधित करना।

7. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **पलाया (Playa):** मरुस्थलीय शुष्क क्षेत्रों में पहाड़ों से घिरी अस्थाई खारे पानी की झीलें, जिन्हें स्थानीय भाषा में 'रन' या 'डांड' भी कहा जाता है।
- **क्यार (Kyar):** सांभर और पंचपदरा में सूर्य के प्रकाश द्वारा वाष्पीकरण की गति से नमक तैयार करने के लिए बनाए गए चौकोर मिट्टी के विन्यास (beds)।
- **क्रेटर (Caldera/Crater):** ज्वालामुखी विस्फोट या विवर्तनिक धंसाव से निर्मित गहरे अर्ध-गोलाकार पर्वतीय गर्त, जैसे नक्की झील।
- **बारादरी:** शाहजहाँ द्वारा आनासागर झील के किनारे निर्मित सफेद संगमरमर की पांच मेहराबदार दीर्घाएँ (संरचनाएँ)।
- **यूट्रोफिकेशन (Eutrophication):** झीलों में पोषक तत्वों (नाइट्रेट और फॉस्फेट) की मात्रा अत्यधिक बढ़ने से होने वाला जलकुंभी का अनियंत्रित विकास, जो पानी में ऑक्सीजन (DO) को समाप्त कर देता है।

8. झीलों के जलग्रहण बेसिनों का स्थानिक एवं प्रशासनिक विन्यास

तालिका: झीलों का नहरी एवं आर्थिक कड़ियाँ

झील का नाम	विधिक ज़िला	प्राथमिक जल स्रोत (नदी / चश्मा)	मुख्य लाभार्थी क्षेत्र (पेयजल / सिंचाई)
बीसलपुर जलाशय	टोंक	बनास नदी	जयपुर शहर, अजमेर, ब्यावर, टोंक, दूदू (पेयजल रीढ़)।
कायलाना झील	जोधपुर	हाथी नहर (इन्दिरा गांधी नहरी लिंक)	संपूर्ण जोधपुर शहर की विधिक पेयजल व्यवस्था।
गैब सागर	डूंगरपुर	स्थानीय पर्वतीय अपवाह	डूंगरपुर शहर और बर्ड सैक्चुररी पर्यटन।
सिलीसेढ़	अलवर	अरावली के चश्मे व लघु सरिता	अलवर का मुख्य पर्यटन और मत्स्य पालन केंद्र।

पुष्कर झील	अजमेर	सरस्वती नाला (वर्षा काल में)	धार्मिक पर्यटन, विधिक पारि-संरक्षण (कनाडा सहयोग)।
------------	-------	------------------------------	---

9. झील पारिस्थितिकी के समक्ष आधुनिक चुनौतियां एवं प्रशासनिक चिंताएं

राजस्थान के ये समृद्ध जल निकाय वर्तमान में तीव्र नगरीकरण और अनियंत्रित आर्थिक गतिविधियों के कारण गंभीर संकटों से जूझ रहे हैं, जिनका नीतिगत समाधान अपहर्ष है:

1. **सघन प्रदूषण एवं यूट्रोफिकेशन (Eutrophication):** उदयपुर की पिछोला और अजमेर की आनासागर झील में शहरी सीवरेज और होटलों का रासायनिक कचरा सीधे विसर्जित होता है। इससे जल में नाइट्रोजन की मात्रा बढ़ने से 'जलकुंभी' (Eichhornia crassipes) का अनियंत्रित फैलाव हो गया है, जो झीलों के जलीय पारिस्थितिकी तंत्र को स्थायी रूप से नष्ट कर रहा है।
2. **सांभर झील में एवियन बोटुलिज़्म (Avian Botulism) आपदा:** हाल के वर्षों में सांभर झील में रासायनिक प्रदूषण और पानी के खारेपन में असामान्य उतार-चढ़ाव के कारण 'क्लोस्ट्रिडियम बोटुलिनम' बैक्टीरिया सक्रिय हो गया था, जिससे हजारों विदेशी प्रवासी पक्षियों (राजहंसों) की विधिक रूप से मृत्यु हो गई। यह घटना अंतरराष्ट्रीय पर्यावरण भूगोल में एक गंभीर चिंता का विषय रही है।
3. **अवैध निर्माण एवं कैचमेंट विखंडन:** माउंट आबू की नक्की झील और उदयपुर की झीलों के किनारे पर्यावरण नियमों (Eco-Sensitive Zone) के विपरीत अंधाधुंध होटलों और कंक्रीट संरचनाओं का निर्माण किया गया है। इससे पहाड़ियों से झीलों में आने वाले पानी के प्राकृतिक मार्ग (Aghats) पूरी तरह अवरुद्ध हो गए हैं।

राजस्थान की झीलों केवल जल के स्रोत नहीं हैं, बल्कि ये राज्य के आर्थिक भूगोल, पर्यटन उद्योग और पर्यावरण संतुलन के मुख्य कपाट हैं। राष्ट्रीय झील संरक्षण कार्यक्रम (NLCP) के विधिक प्रावधानों को कड़ाई से लागू करना, झीलों के जलग्रहण क्षेत्रों (Catchment Areas) का अतिक्रमण मुक्त वैज्ञानिक प्रबंधन करना और सामुदायिक स्तर पर जल शुद्धिकरण प्रणालियों को अपनाना ही इन अमूल्य जल धरोहरों को भावी पीढ़ियों के लिए सुरक्षित रखने का एकमात्र रक्षात्मक मार्ग है।

अध्याय 20: राजस्थान की प्राकृतिक वनस्पति - विधिक वर्गीकरण एवं अद्यतन वन स्थिति रिपोर्ट

राजस्थान की प्राकृतिक वनस्पति राज्य के भू-आकृतिक स्वरूप, जलवायवीय दशाओं और विधिक प्रशासनिक नीतियों का एक प्रत्यक्ष संकेतक है। शुष्क मरुस्थलीय चरम सीमाओं और सीमित वर्षा के प्रतिरूप के कारण राज्य में वनों का भौगोलिक वितरण अत्यंत असमान है। प्रशासनिक नियंत्रण, पर्यावरण सुरक्षा और स्थानीय जनसमुदाय के विधिक अधिकारों के संतुलन के आधार पर राज्य के वनों को तीन स्पष्ट विधिक श्रेणियों में विभाजित किया गया है। इसके अतिरिक्त, देहरादून स्थित भारतीय वन सर्वेक्षण द्वारा जारी अद्यतन 'भारत वन स्थिति रिपोर्ट' (ISFR) के सांख्यिकीय आँकड़े राज्य के वनस्पतिक भूगोल के वास्तविक प्रतिरूप को स्पष्ट करते हैं।

1. वनों का विधिक एवं प्रशासनिक वर्गीकरण

राजस्थान राज्य वन अधिनियम, 1953 के विधिक प्रावधानों और प्रशासनिक नियंत्रण की गतिकी के आधार पर राज्य के संपूर्ण वन क्षेत्र को तीन मुख्य श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया है। यह विधिक विभाजन वनों के संरक्षण स्तर और स्थानीय निवासियों को मिलने वाली रियायतों की सीमा तय करता है:

1.1 आरक्षित वन (Reserved Forests)

- **विधिक परिभाषा:** ये वे वन हैं जो पर्यावरण संतुलन, जलवायवीय सुरक्षा और वन्यजीवों के संरक्षण के लिए विधिक रूप से पूर्णतः आरक्षित रखे जाते हैं। इन वनों पर पूरी तरह से राज्य सरकार का प्रत्यक्ष विधिक एकाधिकार होता है।
- **नियामक मापदंड:** इन वनों में **मानवीय गतिविधियों पर विधिक रूप से पूर्ण प्रतिबंध** होता है। यहाँ किसी भी नागरिक को बिना वन विभाग की अनुमति के सूखी लकड़ियाँ काटने, फल-मूल एकत्र करने या पशु चराने (Graze) की विधिक छूट नहीं होती। परिंदा भी यहाँ विधिक अनुमति के बिना प्रवेश नहीं कर सकता।
- **स्थानिक वितरण:** राजस्थान के कुल विधिक वन क्षेत्र का लगभग **37.05 प्रतिशत भाग** आरक्षित वनों के अंतर्गत आता है। राज्य में आरक्षित वनों का सर्वाधिक संकेंद्रण मुख्य रूप से **उदयपुर** जिले में पाया जाता है।

1.2 सुरक्षित या रक्षित वन (Protected Forests)

- **विधिक परिभाषा:** ये वे वन हैं जिनका विधिक नियंत्रण सरकार के पास होता है, परंतु स्थानीय पारिस्थितिकी और जनसमुदाय की आजीविका को ध्यान में रखते हुए नियमों को आंशिक लचीलापन दिया जाता है।
- **नियामक मापदंड:** इन वनों में पर्यावरण को बिना क्षति पहुँचाए, वन विभाग के विनिर्दिष्ट नियमों के अंतर्गत **स्थानीय निवासियों को सूखी लकड़ियाँ एकत्रित करने और सीमित मात्रा में पशु चराने की विधिक छूट** प्राप्त होती है।
- **स्थानिक वितरण:** यह क्षेत्रफल की दृष्टि से राजस्थान का सबसे बड़ा विधिक वन वर्ग है, जो कुल वन क्षेत्र का लगभग **56.43 प्रतिशत भाग** वहन करता है। राज्य में सुरक्षित वनों का सर्वाधिक विस्तार मुख्य रूप से **बारां** जिले के अंतर्गत पाया जाता है।

1.3 अवर्गीकृत वन (Unclassified Forests)

- **विधिक परिभाषा:** वनों की वह श्रेणी जो उपर्युक्त दोनों विधिक वर्गों (आरक्षित और सुरक्षित) के अंतर्गत शामिल नहीं होती।
- **नियामक मापदंड:** इन वनों में सरकार द्वारा लकड़ी काटने या पशु चराने पर कोई विशेष विधिक प्रतिबंध नहीं लगाया जाता, परंतु इसके लिए स्थानीय निकायों द्वारा मामूली विधिक शुल्क (Tax) लिया जा सकता है।
- **स्थानिक वितरण:** यह राज्य का सबसे छोटा विधिक वन वर्ग है, जो कुल वन क्षेत्र का लगभग **6.52 प्रतिशत भाग** ही निर्मित करता है। इसका सर्वाधिक विस्तार मुख्य रूप से **बीकानेर** जिले में पाया जाता है।

2. भारत वन स्थिति रिपोर्ट (ISFR) के अद्यतन सांख्यिकीय आँकड़े

भारतीय वन सर्वेक्षण (FSI), देहरादून द्वारा सुदूर संवेदन उपग्रह (रिमोट सेंसिंग सैटेलाइट) के चित्रों के आधार पर जारी की जाने वाली वन स्थिति रिपोर्ट के अनुसार, राजस्थान के वास्तविक वनावरण (Forest Cover) और वृक्षावरण (Tree Cover) का प्रामाणिक प्रतिरूप निम्नलिखित सांख्यिकीय आँकड़ों द्वारा विनिर्दिष्ट है:

2.1 कुल दर्ज वन क्षेत्र (Recorded Forest Area - RFA):

- राजस्थान का विधिक रूप से दर्ज कुल वन क्षेत्र लगभग **32,863 वर्ग किलोमीटर** है, जो राज्य के कुल भौगोलिक क्षेत्रफल (3,42,239 वर्ग किमी) का लगभग **9.60 प्रतिशत** हिस्सा प्रदर्शित करता है।

2.2 वास्तविक वनावरण (Forest Cover) का श्रेणीगत वर्गीकरण:

उपग्रह चित्रों द्वारा घनत्व के आधार पर वास्तविक वनावरण को तीन श्रेणियों में विभाजित किया गया है, जो कुल भौगोलिक क्षेत्रफल का लगभग **4.87 प्रतिशत (~16,655 वर्ग किमी)** है:

वनावरण की वैज्ञानिक श्रेणी	कैनोपी (Canopy Density)	घनत्व	राजस्थान में क्षेत्रफल (वर्ग किमी)	मुख्य प्रादेशिक वितरण (जिले)

अत्यंत सघन वन (Very Dense Forest - VDF)	70 प्रतिशत से अधिक घनत्व	~78 (अत्यंत विरल)	केवल अलवर (सरिस्का) और जयपुर के पर्वतीय अंचल।
मध्यम सघन वन (Moderately Dense Forest - MDF)	40% से 70% के मध्य घनत्व	~4,369	उदयपुर, सिरोही, राजसमंद, चित्तौड़गढ़।
खुले वन (Open Forest - OF)	10% से 40% के मध्य घनत्व	~12,208 (सर्वाधिक हिस्सा)	बूंदी, सवाई माधोपुर, करौली, झालावाड़।

3. वनावरण के स्थानिक वितरण का जिलावार सांख्यिकीय विश्लेषण

RPSC स्तर की परीक्षाओं के परीक्षा-उत्तर कुंजी दृष्टिकोण से सर्वाधिक और न्यूनतम वनावरण वाले जिलों का क्रम (घटते और बढ़ते क्रम में) अत्यधिक महत्वपूर्ण है:

3.1 सर्वाधिक वनावरण वाले शीर्ष चार जिले (क्षेत्रफल के अनुसार):

1. उदयपुर: ~2,753 वर्ग किलोमीटर (राज्य में सर्वोच्च स्थान)
2. अलवर: ~1,195 वर्ग किलोमीटर
3. प्रतापगढ़: ~1,033 वर्ग किलोमीटर
4. बारां: ~1,010 वर्ग किलोमीटर

3.2 सर्वोच्च वनावरण प्रतिशत वाले शीर्ष चार जिले (भौगोलिक क्षेत्रफल के अनुपात में):

1. उदयपुर: ~23.49 प्रतिशत (जिले के कुल क्षेत्रफल का हिस्सा)
2. प्रतापगढ़: ~23.24 प्रतिशत
3. सिरोही: ~17.49 प्रतिशत
4. करौली: ~15.28 प्रतिशत

3.3 न्यूनतम वनावरण वाले चार जिले (क्षेत्रफल के अनुसार):

1. चुरू: ~78 वर्ग किलोमीटर (राज्य में सबसे कम वनावरण)
2. हनुमानगढ़: ~92 वर्ग किलोमीटर
3. जोधपुर: ~109 वर्ग किलोमीटर
4. गंगानगर: ~115 वर्ग किलोमीटर

3.4 न्यूनतम वनावरण प्रतिशत वाले चार जिले (भौगोलिक क्षेत्रफल के अनुपात में):

1. जोधपुर: ~0.48 प्रतिशत (सर्वोच्च शुष्कता संकेतक)
2. चुरू: ~0.56 प्रतिशत
3. जैसलमेर: ~0.84 प्रतिशत
4. बीकानेर: ~0.92 प्रतिशत

4. वनावरण में होने वाले क्रमिक गतिक परिवर्तन (Forest Cover Dynamics)

अद्यतन उपग्रह आँकड़ों की तुलना पिछले वर्षों के आँकड़ों से करने पर राजस्थान के विभिन्न जिलों में वनावरण के सकारात्मक और नकारात्मक रुझान दर्ज किए गए हैं, जिनका प्रशासनिक और नीतिगत महत्व निम्नलिखित है:

- **सर्वाधिक वनावरण वृद्धि दर्ज करने वाला जिला: अजमेर जिला** जहाँ स्थानीय जलसंभर प्रबंधन और जन-भागीदारी के कारण वनावरण में सर्वाधिक वृद्धि दर्ज की गई है, जिसके बाद पालि और बीकानेर का स्थान आता है।
- **सर्वाधिक वनावरण हास (कमी) दर्ज करने वाला जिला: जालौर जिला** जहाँ अनियंत्रित अतिचारण और अवसंरचनात्मक दबाव के कारण वनावरण में सबसे बड़ी गिरावट देखी गई है, जिसके बाद करौली और सिरोही का स्थान है।

5. झाड़ी अंचल (Scrub Forest) एवं वृक्षावरण (Tree Cover) का भौगोलिक विन्यास

राजस्थान की जलवायु की शुष्कता के कारण वास्तविक वनावरण के अतिरिक्त बड़े हिस्से पर झाड़ियों और बिखरे हुए वृक्षों का साम्राज्य पाया जाता है:

- **झाड़ी क्षेत्र (Scrub Cover):** राज्य में कुल **4,808 वर्ग किलोमीटर** क्षेत्र पर झाड़ियाँ विस्तृत हैं, जो कुल भौगोलिक क्षेत्रफल का लगभग **1.41 प्रतिशत** है। झाड़ियों का सर्वाधिक संकेंद्रण मुख्य रूप से **पाली** जिले के अर्द्ध-शुष्क बांगड़ अंचल में पाया जाता है।
- **वृक्षावरण (Tree Cover):** दर्ज वन भूमि से बाहर खेतों, सड़कों के किनारे और बस्तियों में बिखरे हुए वृक्षों के हरित आवरण को वृक्षावरण कहा जाता है। राजस्थान में यह लगभग **8,733 वर्ग किलोमीटर** (~2.55%) क्षेत्र पर विस्तृत है।

6. समेकित तुलनात्मक तालिका: तीनों विधिक वन श्रेणियों का प्रशासनिक विन्यास

विधिक वन श्रेणी	कुल विधिक वन में हिस्सेदारी (%)	प्राथमिक प्रशासनिक विज़िट नियंत्रण	स्थानीय जनसमुदाय के विधिक अधिकार	सर्वाधिक विस्तार (जिले)
आरक्षित वन	37.05%	शत-प्रतिशत कठोर नियंत्रण, फेंसिंग प्रणाली।	पूर्णतः प्रतिबंधित (लकड़ी काटना, चारण विधिक अपराध)।	उदयपुर
सुरक्षित / रक्षित वन	56.43%	मध्यम वन प्रशासनिक नियमन।	आंशिक छूट (सूखी लकड़ी एकत्र करना, नियंत्रित चारण)।	बारां
अवर्गीकृत वन	6.52%	शिथिल सरकारी प्रत्यक्ष नियंत्रण।	पूर्ण स्वतंत्रता (न्यूनतम स्थानीय विधिक शुल्क के साथ)।	बीकानेर

7. राजस्थान की नई वन नीति एवं विधिक लक्ष्य

पारिस्थितिक स्थिरता और अकाल नियंत्रण के लिए राजस्थान सरकार द्वारा 'राजस्थान राज्य वन नीति' का विधिक प्रख्यापन किया गया है। इसके प्राथमिक राष्ट्रीय और राज्य स्तरीय लक्ष्य निम्नलिखित सांख्यिकीय मानकों पर आधारित हैं:

- **हरित आवरण का विधिक लक्ष्य:** राष्ट्रीय वन नीति, 1988 के अनुसार संपूर्ण देश के 33% भू-भाग पर वनों का होना अनिवार्य है, परंतु राजस्थान की मरुस्थलीय विवशताओं को देखते हुए राज्य की नई नीति में **कुल भौगोलिक क्षेत्रफल के 20 प्रतिशत भाग को हरित आवरण (वनावरण + वृक्षावरण) के अंतर्गत लाने का रणनीतिक विधिक लक्ष्य** निर्धारित किया गया है।
- **सामुदायिक वानिकी को बढ़ावा:** गोचर भूमियों और ओरण (देवनारायण या स्थानीय लोक-देवताओं के नाम पर विधिक रूप से आरक्षित पवित्र वन क्षेत्र) के पुनरुद्धार के लिए स्थानीय ग्राम पंचायतों को अधिकार सौंपना।

8. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **कैनोपी घनत्व (Canopy Density):** किसी वन क्षेत्र में वृक्षों की शाखाओं और पत्तियों द्वारा धरातल को घेरने का आनुपातिक प्रतिशत, जो उपग्रह चित्रों द्वारा मापा जाता है।
- **ओरण (Oran):** राजस्थान के ग्रामीण समाज में लोक-देवताओं या संतों के नाम पर छोड़ी गई वह पवित्र विधिक भूमि जहाँ से वृक्ष काटना या वानस्पतिक सुरक्षा कवच को क्षति पहुँचाना धार्मिक और विधिक रूप से वर्जित होता है। यह जैव-विविधता संरक्षण का प्राचीनतम स्वदेशी मॉडल है।
- **वृक्षावरण (Tree Cover):** दर्ज वन क्षेत्र (RFA) की सीमाओं से बाहर पाए जाने वाले 1 हेक्टेयर से कम आकार के बिखरे हुए वृक्षों के पैच।
- **इन्सेलबर्ग वनस्पति:** उच्च पर्वतीय आबू ग्रेनाइट बाथोलिथ चट्टानों पर पाई जाने वाली विशिष्ट सघन सदाबहार वनस्पति।

9. वनावरण के स्थानिक वितरण से संबद्ध समेकित सांख्यिकी

तालिका: राजस्थान के प्रादेशिक वानस्पतिक संकेतक

वानस्पतिक संकेतक पैरामीटर	वास्तविक सांख्यिकीय आँकड़े	कुल भौगोलिक क्षेत्रफल का प्रतिशत	प्राथमिक प्रशासनिक चुनौतियां
कुल दर्ज वन क्षेत्र (RFA)	32,863 वर्ग किमी	9.60%	अवैध कटाई, अरावली अंतरालों का विस्तार।
वास्तविक वनावरण (Forest Cover)	16,655 वर्ग किमी	4.87%	कैनोपी घनत्व में निरंतर कमी, खुले वनों की अधिकता।
कुल वृक्षावरण (Tree Cover)	8,733 वर्ग किमी	2.55%	शहरीकरण द्वारा सड़कों के किनारे के वृक्षों का कटना।

झाड़ी क्षेत्र (Scrub Cover)	4,808 वर्ग किमी	1.41%	अर्द्ध-शुष्क क्षेत्रों में अनियंत्रित भेड़-बकरी चारण।
--------------------------------	--------------------	-------	---

10. वानस्पतिक पारिस्थितिकी के समक्ष चुनौतियां एवं प्रशासनिक चिंताएं

राजस्थान का यह सीमित वन क्षेत्र वर्तमान में अत्यधिक जनसांख्यिकीय दबाव और औद्योगिक गतिविधियों के कारण गंभीर विधिक और पर्यावरणीय संकटों का सामना कर रहा है, जिनका नीतिगत समाधान अनिवार्य है:

1. **अरावली ढालों पर अनियंत्रित अवैध खनन:** अरावली पर्वतमाला के वनों का विनाश इमारती पत्थरों और बजरी के अवैध खनन के कारण तीव्र हुआ है। इससे पहाड़ियों के ऊपरी भाग वनस्पति विहीन (नग्न) हो रहे हैं, जिससे मानसून के दौरान तीव्र चादर अपरदन (Sheet Erosion) होता है और मिट्टी बहकर झीलों में जमा हो जाती है।
2. **पशुधन का अनियंत्रित दबाव (Overgrazing):** पश्चिमी और मध्य अरावली के सुरक्षित वनों में भेड़-बकरियों और पशुओं की अत्यधिक चराई के कारण नए उगने वाले पौधों (Saplings) का पुनर्जनन पूरी तरह अवरुद्ध हो जाता है, जिससे खुले वन धीरे-धीरे झाड़ी क्षेत्रों में तब्दील हो रहे हैं।
3. **विदेशी आक्रामक प्रजातियों का आक्रमण:** थार मरुस्थल और मध्य अरावली के मैदानी भागों में इजरायली बबूल (Prosopis juliflora - विलायती बबूल) और **लैटाना कैमारा** जैसी विदेशी आक्रामक झाड़ियों के तीव्र फैलाव के कारण स्थानीय पौष्टिक घासों (जैसे सेवन, धामण) और स्वदेशी वृक्ष (खेजड़ी, रोहिड़ा) विधिक रूप से लुप्त हो रहे हैं। यह स्थानीय जैव-विविधता के लिए एक बड़ा संकट है।

11. भावी रणनीतिक नियोजन एवं वानस्पतिक अनुकूलन

आधुनिक पर्यावरण नियोजन के परिप्रेक्ष्य में राजस्थान के वनावरण को बढ़ाने के लिए केवल संख्यात्मक वृक्षारोपण के स्थान पर 'पारिस्थितिक अनुकूलन' (Ecological Restoration) की पद्धतियों को विधिक सहायता से लागू करना अपरिहार्य है:

- **त्रि-स्तरीय शेल्टर बेल्ट निर्माण:** मार्च ऑफ डेजर्ट (मरुस्थल के प्रसार) को रोकने के लिए अरावली के सभी 28 अंतरालों पर स्थानीय मरुद्भिद वृक्षों (धोक, कुमठ, नीम) की सघन त्रि-स्तरीय कतारें लगाई जानी चाहिए।
- **ओरण और गोचर का विधिक सुदृढीकरण:** ग्रामीण अंचलों में 'ओरण' भूमियों को पर्यावरण संरक्षण अधिनियम के तहत 'इको-सेंसिटिव ज़ोन' के रूप में विधिक मान्यता देकर उनके विखंडन पर पूर्ण प्रतिबंध लगाया जाना चाहिए।

राजस्थान की प्राकृतिक वनस्पति यहाँ की जलवायवीय सुरक्षा और अकाल नियंत्रण का एकमात्र रक्षात्मक कवच है। इन तीनों विधिक वन श्रेणियों का वैज्ञानिक सीमांकन और अद्यतन भारत वन स्थिति रिपोर्ट (ISFR) के सांख्यिकीय आँकड़ों के आधार पर तैयार किया गया प्रादेशिक नियोजन ही राज्य के सतत विकास को सुनिश्चित कर सकता है।

अध्याय 21: वनों का भौगोलिक/जलवायवीय वर्गीकरण

राजस्थान की प्राकृतिक वनस्पति और वनों का प्रतिरूप मुख्य रूप से जलवायवीय कारकों—विशेष रूप से वर्षा की मात्रा, तापमान की चरम सीमाओं, मिट्टी की आर्द्रता और उच्चावचीय विविधताओं—द्वारा संचालित होता है। राज्य में वर्षा के अत्यधिक असमान स्थानिक वितरण (10 सेमी से 150 सेमी तक) के कारण यहाँ मरुद्भिद कंटीली झाड़ियों से लेकर उच्च पर्वतीय सदाबहार वनों तक की विविधता पाई जाती है। प्रसिद्ध वनस्पतिविज्ञानी

एच.जी. चैम्पियन और एस.के. सेठ के वर्गीकरण के विधिक मानकों के अनुरूप राजस्थान के वनों को मुख्य रूप से पाँच बड़े भौगोलिक/जलवायवीय वर्गों में विभाजित किया जाता है।

1. शुष्क सागवान वन (Dry Teak Forests)

यह वनस्पति अंचल राजस्थान के सुदूर दक्षिणी भाग में संकेंद्रित है, जो उच्च तापीय प्रवृत्तियों और विशिष्ट मानसूनी वर्षा द्वारा निर्धारित होता है।

भौगोलिक एवं जलवायवीय दशाएं:

- **वर्षा का स्तर:** यह वन क्षेत्र मुख्य रूप से **75 से 110 सेंटीमीटर** वार्षिक वर्षा वाले उच्च आर्द्र अंचल के अंतर्गत विकसित होता है।
- **तापमान प्रतिरूप:** ग्रीष्मकाल में औसत तापमान 30 से 35 डिग्री सेल्सियस तथा शीतकाल सुहावना रहता है।
- **क्षेत्रीय विस्तार:** इसके अंतर्गत मुख्य रूप से **बांसवाड़ा, डूंगरपुर, प्रतापगढ़, उदयपुर का दक्षिणी भाग, चित्तौड़गढ़ (भैंसरोड़गढ़ अंचल), और बारां जिलों का क्षेत्र** शामिल है। बांसवाड़ा राज्य में शुष्क सागवान वनों का सबसे बड़ा संकेंद्रण केंद्र है।
- **ऊँचाई प्रतिरूप:** ये वन मुख्य रूप से समुद्र तल से 250 से 450 मीटर की मध्यम ऊँचाई वाले पहाड़ी ढालों पर पाए जाते हैं।

वानस्पतिक संरचना एवं शैल कड़ियाँ:

- **प्रमुख वृक्ष प्रजाति:** इन वनों में **सागवान (Tectona grandis)** के वृक्षों की प्रधानता लगभग **50 से 75 प्रतिशत** तक पाई जाती है। यहाँ की मिट्टी में लावा और चूने के अंश होने के कारण सागवान की जड़ों का विकास तीव्र होता है।
- **सहयोगी वनस्पतियाँ:** सागवान के अतिरिक्त इन वनों में महुआ (Madhuca indica), तेंदू (टिमरू), बाँस (Bambusa arundinacea), धौ, खैर, और सालर के वृक्ष प्रचुर मात्रा में सह-अस्तित्व में पाए जाते हैं।
- **आर्थिक महत्व:** सागवान की लकड़ी अत्यंत कठोर, दीमक-रोधी और इमारती कार्यों (फर्नीचर विनिर्माण) के लिए वैश्विक स्तर पर प्रसिद्ध है। महुआ के फूलों का उपयोग स्थानीय आदिवासियों द्वारा पारंपरिक पेय (मदिरा) बनाने में किया जाता है।

2. धोकड़ा वन - उष्णकटिबंधीय शुष्क पर्णपाती वन (Dry Deciduous / Dhok Forests)

धोकड़ा वन राजस्थान के वानस्पतिक भूगोल का केंद्रीय स्तंभ हैं। यह क्षेत्रफल के दृष्टिकोण से राज्य का सबसे बड़ा और विस्तृत वनीय अंचल है।

भौगोलिक एवं जलवायवीय दशाएं:

- **वर्षा का स्तर:** यह अंचल मुख्य रूप से **40 से 80 सेंटीमीटर** वार्षिक वर्षा प्राप्त करने वाले उप-आर्द्र और आर्द्र मैदानी/पठारी क्षेत्रों में विस्तृत है।
- **क्षेत्रीय विस्तार:** इसके अंतर्गत अरावली पर्वतमाला के मध्य और पूर्वी ढाल, जयपुर, अलवर (सरिस्का अंचल), भरतपुर, सवाई माधोपुर (रणथंभौर बेल्ट), करौली, धौलपुर, बूंदी, कोटा, और चित्तौड़गढ़ के विस्तृत मैदानी/कगार भाग शामिल हैं।
- **कुल हिस्सेदारी:** राजस्थान के कुल वास्तविक वनावरण में धोकड़ा वनों की हिस्सेदारी सर्वाधिक (लगभग 50% से अधिक) पाई जाती है।

वानस्पतिक संरचना एवं अनुकूलन:

- **प्रमुख वृक्ष प्रजाति:** इन वनों की रीढ़ **धोक या धोकड़ा (Anogeissus pendula)** नामक वृक्ष है। यह एक अत्यधिक शुष्कता-प्रतिरोधी और कठोर लकड़ी वाला वृक्ष है जो पथरीले ढालों पर आसानी से उग जाता है।
- **सहयोगी वनस्पतियाँ:** धोकड़ा के साथ खैर (Acacia catechu), बेर, अमलतास, कुमठ, और पलाश (Butea monosperma) के वृक्ष पाए जाते हैं।

- **पलाश (जंगल की ज्वाला):** पलाश के वृक्षों पर वसंत ऋतु में केसरिया रंग के तीव्र चमकदार फूल खिलते हैं, जिसके कारण इसे आंचलिक भाषा में '**जंगल की ज्वाला**' (**Flame of the Forest**) कहा जाता है।
- **आर्थिक अनुप्रयोग:** धोकड़ा की लकड़ी से उच्च गुणवत्ता वाला कोयला (चारकोल) तैयार किया जाता है। खैर के वृक्ष के तने के आंतरिक भाग (Heartwood) को उबालकर '**कत्था**' तैयार किया जाता है, जो स्थानीय जनजातियों (विशेषकर कथौड़ी जाति) की आजीविका का मुख्य विधिक आधार है।

3. उष्णकटिबंधीय कंटीले वन / मरुद्भिद वनस्पति (Tropical Thorn Forests / Xerophytes)

यह वनस्पति अंचल राजस्थान के संपूर्ण पश्चिमी शुष्क और अर्द्ध-शुष्क मैदानी प्रदेश का प्रतिनिधित्व करता है, जहाँ की स्थलाकृति पूर्णतः मरुस्थलीय है।

भौगोलिक एवं जलवायवीय दशाएं:

- **वर्षा का स्तर:** यह अंचल **10 से 40 सेंटीमीटर** से कम की न्यूनतम वार्षिक वर्षा, तीव्र ग्रीष्मकालीन तापन (तापमान $>45^{\circ}\text{C}$), और अत्यधिक उच्च वाष्पीकरण दर वाले क्षेत्रों में विकसित होता है।
- **क्षेत्रीय विस्तार:** जैसलमेर, बाड़मेर, बीकानेर, जोधपुर, फलोदी, नागौर, जालौर, सांचौर, चुरू, सीकर और झुंझुनू जिले।

भू-आकृतिक एवं वानस्पतिक अनुकूलन (Xerophytic Modifications):

- इन वनों की वनस्पतियाँ जल की भारी कमी से निपटने के लिए विशिष्ट जैविक और भौतिक अनुकूलन का प्रदर्शन करती हैं:
 1. **जड़ें:** पानी की तलाश में भूमि के अंदर अत्यधिक गहराई तक लंबवत रूप से जाती हैं।
 2. **पत्तियाँ:** वाष्पोत्सर्जन (Transpiration) को कम करने के लिए पत्तियाँ अत्यंत छोटी, गूदेदार, चिकनी या कांटों में रूपांतरित हो जाती हैं।
 3. **तना:** हरी छाल युक्त और गूदेदार होता है ताकि प्रकाश संश्लेषण के साथ जल का संचय किया जा सके (जैसे कैक्टस/थूर)।

प्रमुख पादप प्रजातियाँ:

- **खेजड़ी (Prosopis cineraria):** इसे '**राजस्थान का कल्पवृक्ष**' या 'थार का गौरव' कहा जाता है। यह मरुस्थलीय कृषि-वानिकी का मुख्य विधिक संकेतक है। इसकी पत्तियों को 'लूंग' (चारा) तथा फल को 'सांगरी' कहा जाता है।
- **रोहिड़ा (Tecomella undulata):** इसके फूलों को '**मकरुस्थल का सागवान**' या 'मारवाड़ टीक' कहा जाता है, जिसके फूलों का रंग गहरा केसरिया-पीला होता है। इसकी इमारती लकड़ी अत्यधिक मूल्यवान है।
- **मरुस्थलीय घासें: सेवन (Lasiurus scindicus), धामण, और करड़।** सेवन घास जैसलमेर की लाठी सीरीज़ जलपट्टी में पाई जाने वाली प्रचुर प्रोटीन युक्त अत्यंत पौष्टिक घास है जो दुधारू पशुओं के लिए विधिक अमृत है।
- **अन्य प्रजातियाँ:** कैर (Capparis decidua), आक, कुमठ, बेर, और इजरायली बबूल।

4. मिश्रित पतझड़ी वन (Mixed Deciduous Forests)

ये वन मुख्य रूप से पर्वतीय ढालों और उच्च उच्चावचीय कगार भू-भागों पर पाए जाते हैं, जहाँ मौसम के अनुसार वनों की रंगत बदलती है।

भौगोलिक एवं जलवायवीय दशाएं:

- **वर्षा का स्तर:** यह वनस्पति वर्ग मुख्य रूप से **50 से 80 सेंटीमीटर** वार्षिक वर्षा वाले क्षेत्रों में विकसित होता है।
- **क्षेत्रीय विस्तार:** उदयपुर, राजसमंद, सिरोही (मैदानी भाग), भीलवाड़ा, चित्तौड़गढ़, और अरावली की मध्यवर्ती घाटियाँ।

वानस्पतिक गतिकी एवं विशेषताएँ:

- **ऋतुनिष्ठ पर्णपात:** ये वन पूर्णतः मानसूनी स्वभाव के होते हैं। शुष्क ग्रीष्म ऋतु के प्रारंभ होने पर (फरवरी के अंत से अप्रैल के मध्य तक) जल संरक्षण के लिए ये अपनी पत्तियां पूरी तरह गिरा देते हैं, जिससे इन्हें 'पतझड़ी वन' कहा जाता है।
- **प्रमुख वृक्ष प्रजाति:** इन वनों में **सालर (Boswellia serrata)** के वृक्षों की प्रधानता उन पहाड़ी ढालों पर होती है जिनकी ऊँचाई 450 मीटर से अधिक है। सालर की लकड़ी का उपयोग मुख्य रूप से पैकिंग के बक्से और गोंद निर्माण में किया जाता है।
- **सहयोगी वनस्पतियाँ:** ढाक (पलाश), बाँस, आम (Mangifera indica), जामुन (Syzygium cumini), बहेड़ा, और खैर। उदयपुर की फुलवारी की नाल और कुंभलगढ़ पर्वतीय अंचलों में इनका घनत्व सर्वोच्च है।

5. उपोष्ण कटिबंधीय पर्वतीय सदाबहार वन (Subtropical Hill Evergreen Forests)

यह राजस्थान का सबसे छोटा, अत्यंत दुर्लभ और स्थानिक (Endemic) वानस्पतिक अंचल है, जो केवल विशिष्ट ऊँचाई और आर्द्रता के संगम पर जीवित है।

भौगोलिक एवं जलवायवीय दशाएं:

- **वर्षा का स्तर:** यह अंचल **150 सेंटीमीटर से अधिक** की सर्वोच्च वार्षिक वर्षा और उच्च सापेक्षिक आर्द्रता वाले पर्वतीय क्षेत्रों की विशेषता है।
- **क्षेत्रीय विस्तार:** यह वन वर्ग संपूर्ण राजस्थान में केवल सिरोंही जिले के 'माउंट आबू' पर्वतीय खंड के चारों ओर लगभग **50 वर्ग किलोमीटर** के अत्यंत सीमित दायरे में ही विस्तृत है।
- **उच्चावचीय कारक:** समुद्र तल से 1200 मीटर से अधिक की ऊँचाई पर स्थित होने के कारण यहाँ पर्वतीय प्रकार की ठंडी और आर्द्र जलवायु पाई जाती है।

वानस्पतिक विशिष्टता एवं जैव-विविधता:

- **सदाबहार प्रकृति:** उच्च आर्द्रता के कारण ये वन वर्ष भर अपनी पत्तियां एक साथ नहीं गिराते, जिससे इनका आवरण हमेशा हरा-भरा बना रहता है।
- **डिक्लिप्टेरा आबूएंसिस (Dicliptera abuensis):** यह माउंट आबू के वनों में पाई जाने वाली एक अत्यंत दुर्लभ औषधीय पादप प्रजाति है, जो संपूर्ण विश्व में केवल इसी पर्वतीय अंचल में ही स्थानिक रूप से मिलती है।
- **प्रमुख वृक्ष प्रजातियाँ:** आम, बाँस, नीम, जामुन, सिरिस, और विभिन्न प्रकार के पर्वतीय फर्न व ऑर्किड्स। यह बेल्ट वन्यजीवों (जैसे जंगली मुर्गे और पैंथर्स) के लिए एक सुरक्षित विधिक पारिस्थितिक विन्यास प्रदान करता है।

6. समेकित तुलनात्मक तालिका: पांचों वनीय/जलवायवीय वर्गों का स्थानिक विश्लेषण

वनीय वर्गीकरण का नाम	औसत वार्षिक वर्षा	मृदा उच्चावच प्रतिरूप	एवं	वास्तविक मुख्य वृक्ष प्रजातियाँ	प्राथमिक वितरण (जिले)	प्रादेशिक
शुष्क सागवान वन	75 से 110 सेमी	लाल-लोमी लावा चट्टानी ढाल	व	सागवान, तेंदू, बाँस, महुआ,	बांसवाड़ा, डूंगरपुर, प्रतापगढ़।	(सर्वोच्च),

धोकड़ा वन (शुष्क पर्णपाती)	40 से 80 सेमी	कछारी जलोढ़ एवं विंध्यन कगार	धोक (धोकड़ा), खैर, पलाश, कुमठ	सवाई माधोपुर, करौली, अलवर, बूंदी।
उष्णकटिबंधीय कंटीले वन	10 से 40 सेमी	एंटीसॉल्स / एरिडिसॉल्स (रेतीली)	खेजड़ी, रोहिड़ा, कैर, सेवन घास	जैसलमेर, बाड़मेर, बीकानेर, जोधपुर।
मिश्रित पतझड़ी वन	50 से 80 सेमी	इन्सेटिसॉल्स (पर्वतीय ढाल)	सालर, ढाक, आम, बहेड़ा	उदयपुर, राजसमंद, भीलवाड़ा, सिरौही।
उपोष्ण सदाबहार वन	150 सेमी से अधिक	ग्रेनाइट बाथोलिथ उच्च पठार	आम, बाँस, डिक्लिपेट्रा आबूएसिस	केवल माउंट आबू (सिरौही) - सीमित दायरे में।

7. वनों के जलवायवीय वर्गीकरण का सांख्यिकीय प्रतिरूप

तालिका: राज्य के कुल वनावरण में आनुपातिक हिस्सेदारी

वन वर्ग का नाम	आनुपातिक प्रतिशत हिस्सेदारी	मुख्य वानस्पतिक विशेषता	प्राथमिक प्रशासनिक चुनौतियां
उष्णकटिबंधीय शुष्क पर्णपाती (धोक)	~58.11% (सर्वोच्च)	सघन झाड़ियां, कठोर लकड़ी वाले वन	चारकोल निर्माण हेतु अवैध कटाई, मृदा क्षरण।
शुष्क सागवान वन	~06.86%	इमारती लकड़ी का मुख्य विधिक भंडार	वन अग्नि (Forest Fires), जनजातीय दबाव।
मिश्रित पर्णपाती / पतझड़ी	~28.38%	ऋतुनिष्ठ पर्णपात, पहाड़ी संरक्षण	अरावली विखंडन, अवैध बजरी खनन।

उष्णकटिबंधीय कंटीले वन	~06.22%	मरुद्भिद, विरल कांटेदार वनस्पतियाँ	मरुस्थलीकरण, इजरायली बबूल का आक्रामक फैलाव।
उपोष्ण पर्वतीय सदाबहार	~00.43% (न्यूनतम)	स्थानिक आर्द्र दुर्लभ वनस्पतियाँ	अनियंत्रित पर्वतीय पर्यटन, प्लास्टिक संदूषण।

8. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **जीरोफाइट्स (Xerophytes):** अत्यधिक शुष्क जलवायु और जल की कमी के प्रति अनुकूलित पादप प्रजातियाँ जिनकी पत्तियाँ कांटों में बदल जाती हैं।
- **एन्डेमिक स्पीशीज (Endemic):** वे दुर्लभ वनस्पतियाँ जो संपूर्ण विश्व में केवल एक ही विशिष्ट सीमित भौगोलिक क्षेत्र में पाई जाती हैं, जैसे डिक्लिपेट्रा आबूएंसिस।
- **कैनोपी डेंसिटी:** वृक्षों के ऊपरी वानस्पतिक आवरण द्वारा धरातल को ढकने का घनत्व, जो उपोष्ण सदाबहार वनों में सर्वोच्च होता है।
- **जंगल की ज्वाला (Flame of the Forest):** पलाश (ढाक) के वृक्षों को दी गई संज्ञा, जिसके फूलों का रंग वसंत ऋतु में आग की लपटों जैसा दिखाई देता है।
- **लाठी सीरीज़ जलपट्टी:** जैसलमेर के मोहनगढ़ से पोकरण तक विस्तृत भू-गर्भिक मीठे पानी की पट्टी जहाँ सेवन घास का सघन आवरण पाया जाता है।

9. वनों के भौगोलिक वर्गीकरण का आर्थिक एवं औद्योगिक भूगोल

राजस्थान का यह जलवायवीय वन वर्गीकरण राज्य के लघु और कुटीर उद्योगों का मुख्य विधिक आधार है:

A. कत्था उद्योग (खैर वन):

- उदयपुर, चित्तौड़गढ़ और झालावाड़ के धोकड़ा वनों में पाए जाने वाले **खैर (Acacia catechu)** वृक्ष के आंतरिक तने की लकड़ी से कत्था तैयार किया जाता है। झाड़ोल और कोटड़ा अंचल की **कथौड़ी जनजाति** पारंपरिक हांडी प्रणाली द्वारा इसका निष्कर्षण करती है, जो उनका मुख्य विधिक आर्थिक स्रोत है।

B. तेंदू पत्ता / बीड़ी उद्योग:

- शुष्क सागवान वनों में पाए जाने वाले **तेंदू (स्थानीय नाम - टिमरू)** वृक्ष के पत्तों का उपयोग बीड़ी विनिर्माण में कच्चे माल के रूप में किया जाता है। राज्य सरकार द्वारा वर्ष 1974 में तेंदू पत्तों का राष्ट्रीयकरण (Nationalization) किया गया था। टोंक, भीलवाड़ा और झालावाड़ इसके मुख्य औद्योगिक केंद्र हैं।

C. हस्तशिल्प एवं खिलौना उद्योग (सालर व महुआ):

- उदयपुर में पाए जाने वाले **सालर** और **दूधी** वृक्षों की कोमल लकड़ी का उपयोग खिलौना उद्योग (Wooden Toys) के लिए किया जाता है। महुआ के बीजों (डोलमा) से तेल निकाला जाता है जिसका उपयोग साबुन विनिर्माण में होता है।

10. वानस्पतिक अंचलों के समक्ष आधुनिक पारिस्थितिक चुनौतियाँ

अनियोजित आर्थिक गतिविधियों और नगरीकरण के कारण इन पांचों वानस्पतिक अंचलों के मूल विन्यास पर गंभीर संकट मंडरा रहा है, जिनका नीतिगत समाधान अनिवार्य है:

1. **सागवान वनों में वनाग्नि (Forest Fires):** सुदूर दक्षिणी जिलों (बांसवाड़ा, प्रतापगढ़) में मार्च-अप्रैल के शुष्क मौसम में महुआ के फूलों को एकत्र करने के लिए स्थानीय लोगों द्वारा पेड़ के नीचे की सूखी पत्तियों में आग लगा दी जाती है। यह आग कई बार अनियंत्रित होकर संपूर्ण शुष्क सागवान वन क्षेत्र को भस्म कर देती है।
2. **अरावली ढालों का नगरीकरण:** मिश्रित पतझड़ी और धोकड़ा वनों के अंतर्गत आने वाली अरावली पहाड़ियों पर इमारती पत्थरों के लिए होने वाले अंधाधुंध ब्लास्टिंग और अवैध खनन के कारण

वानस्पतिक आवरण पूरी तरह नष्ट हो चुका है। मिट्टी की पतली परत बह जाने से ये पहाड़ अब 'नग्न चट्टानों' में बदल रहे हैं।

3. **इजरायली बबूल का जैविक आक्रमण (Invasive Threat):** उष्णकटिबंधीय कंटीले वनों के अंचल में मरुस्थल स्थिरीकरण के नाम पर लाई गई विदेशी प्रजाति **विलायती बबूल (Prosopis juliflora)** ने स्थानीय पारिस्थितिकी को भारी क्षति पहुँचाई है। इसकी जड़ों से निकलने वाले विषाक्त रसायनों के कारण स्थानीय मरुस्थलीय वनस्पतियाँ (खेजड़ी, रोहिड़ा) और सेवन घास के मैदान स्थायी रूप से नष्ट हो रहे हैं।

राजस्थान के वनों का भौगोलिक/जलवायवीय वर्गीकरण राज्य की पारिस्थितिक संप्रभुता का मुख्य सुरक्षा कवच है। इन वानस्पतिक अंचलों की मृदा और जलवायवीय आवश्यकताओं के अनुरूप तैयार की गई वैज्ञानिक वनीकरण नीतियाँ ही राज्य के मरुस्थलीय प्रसार को रोकने और सतत प्रादेशिक विकास को विधिक सुरक्षा प्रदान करने का एकमात्र रक्षात्मक मार्ग हैं।

अध्याय 22: राजस्थान में वन्यजीव संरक्षण

राजस्थान का वन्यजीव पारिस्थितिकी तंत्र अपनी विशिष्ट भू-आकृतिक और जलवायवीय विविधताओं के कारण जैव-विविधता का एक समृद्ध संजाल प्रस्तुत करता है। राज्य का पश्चिमी शुष्क मरुस्थल, मध्यवर्ती अरावली पर्वतीय श्रृंखला, पूर्वी अवसादी मैदान और दक्षिणी-पूर्वी लावा पठार विभिन्न प्रकार के दुर्लभ वन्यजीवों को विधिक प्राकृतिक आवास प्रदान करते हैं। वन्यजीव संरक्षण अधिनियम, 1972 के वैधानिक ढाँचे के अंतर्गत स्थापित राष्ट्रीय उद्यान, वन्यजीव अभ्यारण्य, टाइगर रिजर्व, कंजर्वेशन रिजर्व और वैश्विक रामसर आर्द्रभूमि स्थल इस पारिस्थितिकी को स्थायित्व देने वाले मुख्य प्रशासनिक स्तंभ हैं।

1. राष्ट्रीय उद्यान (National Parks): विधिक एवं प्रशासनिक प्रतिरूप

राष्ट्रीय उद्यान वे सर्वोच्च संरक्षित क्षेत्र होते हैं जो किसी विशिष्ट पारिस्थितिक तंत्र की पूर्ण सुरक्षा के लिए वन्यजीव संरक्षण अधिनियम, 1972 के तहत विधिक रूप से अधिसूचित किए जाते हैं। इन क्षेत्रों में किसी भी प्रकार के मानवीय हस्तक्षेप, पशु चारण, वनोपज संग्रहण या विधिक विन्यास से बाहर के प्रवेश पर पूर्ण वैधानिक प्रतिबंध होता है। राजस्थान में वर्तमान में तीन क्रियाशील राष्ट्रीय उद्यान हैं:

1.1 रणथंभौर राष्ट्रीय उद्यान (सवाई माधोपुर)

- **स्थापना एवं विधिक विन्यास:** इसे वर्ष 1955 में वन्यजीव अभ्यारण्य घोषित किया गया था, तथा **1 नवंबर 1980** को इसे राजस्थान का पहला 'राष्ट्रीय उद्यान' होने का विधिक दर्जा प्राप्त हुआ। इसका कुल कोर क्षेत्रफल लगभग 392 वर्ग किलोमीटर है।
- **भू-आकृतिक अवस्थिति:** यह उद्यान मुख्य रूप से अरावली पर्वतमाला और विंध्याचल पर्वत श्रृंखला के विधिक संगम (संधिकाल) पर स्थित है। यहाँ की स्थलाकृति ऊँचे कगारों, गहरी घाटियों और विच्छेदित पठारों से निर्मित है।
- **पारिस्थितिक विशिष्टता:** यह मुख्य रूप से **बाघ (Panthera tigris)** के संरक्षण के लिए वैश्विक स्तर पर प्रसिद्ध है। इसके अतिरिक्त यहाँ तेंदुआ, जरख, सुस्त भालू (Sloth Bear), चित्तीदार हिरण (चीतल) और सांभर प्रचुरता में पाए जाते हैं। उद्यान के भीतर स्थित **पदम तालाब**, राजबाग तालाब और मलिक तालाब जल के मुख्य स्रोत हैं। ऐतिहासिक **रणथंभौर दुर्ग** और प्रसिद्ध **त्रिनेत्र गणेश मंदिर** इसी उद्यान के विधिक परिसर में अवस्थित हैं।

1.2 केवलादेव राष्ट्रीय उद्यान (भरतपुर)

- **स्थापना एवं विधिक विन्यास:** इसे पहले 'घना पक्षी अभ्यारण्य' कहा जाता था। **27 अगस्त 1981** को इसे राष्ट्रीय उद्यान घोषित किया गया। इसके रणनीतिक वैश्विक महत्व को देखते हुए यूनेस्को (UNESCO) द्वारा वर्ष **1985** में इसे '**विश्व प्राकृतिक धरोहर स्थल**' (World Natural Heritage Site) के रूप में विधिक मान्यता प्रदान की गई।

- **एशिया का सबसे बड़ा पक्षी आवास:** यह लगभग 29 वर्ग किलोमीटर के अत्यंत सीमित दायरे में फैला हुआ मानव निर्मित आर्द्रभूमि पारिस्थितिक तंत्र है। इसे 'पक्षियों का स्वर्ग' कहा जाता है, जहाँ प्रतिवर्ष शीत ऋतु में अत्यंत दुर्लभ **साइबेरियाई सारस (Siberian Crane)** प्रवास करते हैं।
- **जल आपूर्ति का विन्यास:** इस आर्द्रभूमि को जल की निरंतर आपूर्ति बाणगंगा और गम्भीरी नदियों के संगम पर निर्मित **अजान बांध** तथा पांचना बांध से सुजान गंगा नहर के माध्यम से की जाती है। इस उद्यान में पाए जाने वाले 'कदम' के वृक्ष और 'एंचा' (Ancha) नामक घास पक्षियों के घोंसलों के लिए उत्तम मानी जाती है, परंतु एंचा घास में फंसकर कई बार छोटे पक्षियों की मृत्यु भी हो जाती है।

1.3 मुकुंदरा हिल्स राष्ट्रीय उद्यान (कोटा / झालावाड़)

- **स्थापना एवं विधिक विन्यास:** इसे पहले 'दर्श अभ्यारण्य' और 'राजीव गांधी नेशनल पार्क' कहा जाता था। **9 जनवरी 2012** को इसे राजस्थान का तीसरा राष्ट्रीय उद्यान होने का विधिक गौरव प्राप्त हुआ। इसका विस्तार मुख्य रूप से कोटा, झालावाड़, बूंदी और चित्तौड़गढ़ जिलों की अर्द्धचन्द्राकार पहाड़ियों के समानांतर है।
- **भू-आकृतिक विशिष्टता:** यह उद्यान मुख्य रूप से विंध्यन कगार और दक्कन लावा पठार के संक्रमण क्षेत्र पर स्थित है, जहाँ **मुकुंदवाड़ा की पहाड़ियाँ** विस्तृत हैं।
- **गागरोनी तोता (Conure):** इस राष्ट्रीय उद्यान की सबसे अनूठी वानस्पतिक और जैविक विशेषता **गागरोनी तोता (Alexandrine Parakeet)** है, जिसे स्थानीय भाषा में 'हीरामन तोता' कहा जाता है। यह मनुष्यों की हुबहू बोली की नकल करने के लिए विख्यात है। इसके विधिक परिसर में अबली मीणी का महल और रावठा महल अवस्थित हैं।

2. राजस्थान के प्रमुख वन्यजीव अभ्यारण्य (Wildlife Sanctuaries)

वन्यजीव अभ्यारण्य वे विधिक क्षेत्र होते हैं जहाँ किसी विशिष्ट वन्यजीव प्रजाति या वानस्पतिक विन्यास के संरक्षण के लिए मानवीय गतिविधियों को वन विभाग के कड़े नियमों के तहत विनियमित (Regulated) किया जाता है। यहाँ विनिर्दिष्ट विधिक अनुमति के साथ सूखी लकड़ी एकत्र करने और पशु चराने की आंशिक छूट दी जा सकती है।

2.1 राष्ट्रीय चम्बल घड़ियाल अभ्यारण्य (कोटा / बूंदी / सवाई माधोपुर / करौली / धौलपुर)

- **विधिक विशिष्टता:** यह भारत का एकमात्र ऐसा **त्रि-राज्यीय नदीय अभ्यारण्य (Riverine Sanctuary)** है जिसका विधिक संचालन संयुक्त रूप से राजस्थान, मध्य प्रदेश और उत्तर प्रदेश सरकारों द्वारा किया जाता है।
- **जैविक संकेतक:** यह मुख्य रूप से लुप्तप्राय **घड़ियाल (Gavialis gangeticus)**, मगरमच्छ, उदबिलावा (Otters) और अत्यंत दुर्लभ **गांगेय डॉल्फिन (Platanista gangetica - स्थानीय नाम: सूँस)** के प्राकृतिक संरक्षण का सर्वोच्च वैश्विक केंद्र है। चम्बल नदी का स्वच्छ जल और इसके रेतीले तट (Sandbanks) इनके अंडों के विन्यास के लिए सर्वोत्तम हैं।

2.2 सरिस्का वन्यजीव अभ्यारण्य (अलवर)

- **भौगोलिक अवस्थिति:** उत्तरी अरावली की कायांतरित कार्टजाइट पहाड़ियों के मध्य स्थित सघन वनांचल। यहाँ धोक (Anogeissus pendula) वनों की प्रचुरता सर्वाधिक है।
- **हरे कबूतरों की भूमि:** यह अभ्यारण्य संपूर्ण राज्य में **हरे कबूतर (Green Pigeons - Treron phoenicoptera)** की उपस्थिति के लिए प्रसिद्ध है, जो मुख्य रूप से बड़ और पीपल के वृक्षों पर वास करते हैं। इसके विधिक परिसर में **कांकणबाड़ी का किला** (जहाँ औरंगज़ेब ने दारा शिकोह को कैद किया था), भर्तृहरि की गुफा और पाण्डुपोल हनुमान मंदिर अवस्थित हैं।

2.3 सीतामाता वन्यजीव अभ्यारण्य (प्रतापगढ़ / चित्तौड़गढ़ / उदयपुर)

- **भौगोलिक अवस्थिति:** यह मालवा के पठार और दक्षिणी अरावली का संधिकाल है, जहाँ राज्य के सर्वोत्तम शुष्क सागवान वनों का विस्तार पाया जाता है।
- **उड़न गिलहरी (Flying Squirrel - Petaurista philippensis):** यह अभ्यारण्य अपनी विशिष्ट **उड़न गिलहरी** के लिए संपूर्ण देश में विख्यात है, जो महुआ के वृक्षों के कोटरों में निवास करती है और केवल सूर्यास्त के बाद (निशाचर प्रवृत्ति) ही दिखाई देती है। इसे स्थानीय भाषा में 'मसोवा' भी कहा जाता है।

- **चौसिंगा (Antelope):** यहाँ चार सींगों वाला हिरण प्रजाति का जीव पाया जाता है, जिसे स्थानीय स्तर पर 'भेंडल' कहा जाता है। इसके अतिरिक्त, औषधीय वनस्पतियों की विविधता के कारण इसे 'जड़ी-बूटियों का प्राकृतिक भंडार गृह' भी कहा जाता है। यहाँ से जाखम और करमोई नदियों का उद्गम होता है।

2.4 तालछापर वन्यजीव अभ्यारण्य (चुरू)

- **भौगोलिक अवस्थिति:** शेखावाटी के अर्द्ध-शुष्क बांगड़ मैदान के अंतर्गत चुरू जिले में स्थित एक समतल अवसादी गर्त क्षेत्र।
- **काले हिरणों का संसार:** यह अभ्यारण्य मुख्य रूप से काले हिरण (Black Buck) और कुंरजा पक्षी (Demoiselle Crane) के प्रवास का सबसे प्रमुख केंद्र है।
- **मोथिया घास (Mothia Grass):** इस अभ्यारण्य में प्राकृतिक रूप से उगने वाली कोमल, सुगन्धित और कंद-युक्त 'मोथिया घास' (Cyperus rotundus) पाई जाती है, जो काले हिरणों का मुख्य और अत्यंत प्रिय भोजन है।

2.5 राष्ट्रीय मरु उद्यान (Desert National Park - जैसलमेर / बाड़मेर)

- **सांख्यिकीय विशिष्टता:** यह लगभग 3162 वर्ग किलोमीटर (जैसलमेर 1900 और बाड़मेर 1262 वर्ग किमी) के कुल क्षेत्रफल के साथ राजस्थान का सबसे बड़ा वन्यजीव अभ्यारण्य है। नाम में 'उद्यान' होने के बावजूद विधिक रूप से यह एक वन्यजीव अभ्यारण्य ही है।
- **गोडावण (Great Indian Bustard):** यह राजस्थान के राज्य पक्षी गोडावण (Ardeotis nigriceps) का अंतिम प्राकृतिक विधिक शरणस्थल है। इसे अंतरराष्ट्रीय प्रकृति संरक्षण संघ (IUCN) की रेड डेटा लिस्ट में 'अत्यधिक संकटग्रस्त' (Critically Endangered) श्रेणी में रखा गया है।
- **आकल वुड फॉसिल पार्क:** इसके विधिक परिसर में जुरैसिक काल (लगभग 180 मिलियन वर्ष पुराने) के काष्ठ जीवाश्म सुरक्षित हैं, जो इस क्षेत्र के प्रागैतिहासिक वानस्पतिक इतिहास को प्रमाणित करते हैं। यहाँ पीवणा नामक अत्यंत विषैली सर्प प्रजाति भी पाई जाती है।

अन्य महत्वपूर्ण वन्यजीव अभ्यारण्य तालिका:

अभ्यारण्य का नाम	प्राथमिक अवस्थिति (ज़िला)	मुख्य संरक्षित वन्यजीव / वानस्पतिक संकेतक
कुंभलगढ़ अभ्यारण्य	राजसमंद, उदयपुर, पाली	भेड़ियों (Wolves) की विश्व प्रसिद्ध प्रजनन स्थली; चंदन के वृक्ष।
माउंट आबू अभ्यारण्य	सिरोही	जंगली मुर्गे (Grey Junglefowl); डिक्लिप्टेरा आबूएंसिस औषधीय पादप।
फुलवारी की नाल	उदयपुर	मानसी-वाकल नदियों का उद्गम; मानवीय आकार के विशालकाय महुआ वृक्ष।
कैलादेवी अभ्यारण्य	करौली	धोक वनों की सघन मेखला; रणथंभौर के बाघों का प्राकृतिक गलियारा।

भैंसरोड़गढ़ अभ्यारण्य	चित्तौड़गढ़	चम्बल और बामनी नदियों का जलग्रहण; सुस्त भालू व जरख।
रामगढ़ विषधारी	बूंदी	मेज नदी का अपवाह; बाघों का जच्चाघर (रणथंभौर का पूरक)।
शेरगढ़ अभ्यारण्य	बारां	साँपों की शरणस्थली के रूप में विख्यात; परवन नदी का प्रवाह मार्ग।
सज्जनगढ़ अभ्यारण्य	उदयपुर	राज्य का दूसरा सबसे छोटा अभ्यारण्य; जैविक पार्क (Biological Park)।

3. राजस्थान के टाइगर रिजर्व (Tiger Reserves) एवं प्रोजेक्ट टाइगर

भारत सरकार द्वारा वर्ष 1973 में प्रारंभ की गई 'प्रोजेक्ट टाइगर' योजना के तहत राजस्थान में बाघों के विधिक संरक्षण और उनके आवासों के पुनरुद्धार के लिए वर्तमान में पांच टाइगर रिजर्व विधिक रूप से अधिसूचित और क्रियाशील हैं:

3.1 रणथंभौर टाइगर रिजर्व (सवाई माधोपुर)

- विधिक दर्जा: यह वर्ष 1973-74 में घोषित राजस्थान की पहली और भारत की प्रारंभिक बाघ परियोजनाओं में से एक है। इसे 'बाघों का घर' कहा जाता है। प्रसिद्ध बाघिन 'मछली' (T-16) इसी रिजर्व की विधिक पहचान रही है।

3.2 सरिस्का टाइगर रिजर्व (अलवर)

- विधिक दर्जा: इसे वर्ष 1978-79 में राज्य की दूसरी बाघ परियोजना घोषित किया गया। यह विश्व का पहला ऐसा टाइगर रिजर्व है जहाँ बाघों का पूर्णतः विलोपन होने के बाद वर्ष 2008 में रणथंभौर से हेलीकॉप्टर द्वारा बाघों का विधिक पुनर्वास (Sariska Tiger Relocation Project) सफलतापूर्वक संपन्न किया गया था।

3.3 मुकुंदरा हिल्स टाइगर रिजर्व (कोटा / झालावाड़ / बूंदी / चित्तौड़गढ़)

- विधिक दर्जा: यह 9 अप्रैल 2013 को अधिसूचित राजस्थान की तीसरी बाघ परियोजना है। इसका विज्ञान रणथंभौर के बढ़ते बाघों के जनसांख्यिकीय दबाव को कम करने के लिए एक वैकल्पिक सुरक्षित गलियारा प्रदान करना है।

3.4 रामगढ़ विषधारी टाइगर रिजर्व (बूंदी)

- विधिक दर्जा: इसे मई 2022 में भारत का 52वां और राजस्थान का चौथा टाइगर रिजर्व होने की विधिक अधिसूचना प्राप्त हुई। यह रणनीतिक रूप से रणथंभौर और मुकुंदरा हिल्स के बीच बाघों के स्वतंत्र संचलन (Gene Flow) के लिए एक अत्यंत आवश्यक प्राकृतिक कड़ि का कार्य करता है।

3.5 धौलपुर-करौली टाइगर रिजर्व

- विधिक दर्जा: यह वर्ष 2023 में स्वीकृत राजस्थान की पांचवीं (5th) बाघ परियोजना है। इसके अंतर्गत चम्बल बेसिन के सीमांत डांग और बीहड़ वनों को एकीकृत कर बाघों के विधिक संरक्षण का दायरा बढ़ाया गया है, जो मध्य प्रदेश के कूनों और माधव राष्ट्रीय उद्यानों के वन्यजीव गलियारों को जोड़ता है।

4. कंजर्वेशन रिजर्व (संरक्षण आरक्षित क्षेत्र): सामुदायिक भागीदारी का मॉडल

कंजर्वेशन रिजर्व वन्यजीव संरक्षण अधिनियम, 1972 की धारा 36-A के तहत घोषित वे विधिक क्षेत्र होते हैं जो राष्ट्रीय उद्यानों या अभ्यारण्यों के बफर ज़ोन या जोड़ने वाले गलियारों के रूप में स्थित होते हैं। इनमें भूमि के स्वामित्व के विधिक अधिकार स्थानीय समुदायों के पास सुरक्षित रहते हैं, परंतु वन्यजीवों के शिकार और व्यावसायिक दोहन पर पूर्ण प्रतिबंध होता है। राजस्थान में वर्तमान में कंजर्वेशन रिजर्व की संख्या निरंतर बढ़ रही है, जिनमें से प्रमुख और ऐतिहासिक विधिक क्षेत्र निम्नलिखित हैं:

- **जोहड़बीड़ गड़ेवाल (बीकानेर):** यह मुख्य रूप से **गिद्धों (Vultures)** और प्रवासियों के संरक्षण का सबसे बड़ा केंद्र है। यहाँ ऊँट अनुसंधान केंद्र का सीमांत भाग स्थित है।
- **सुंदा माता (जालौर / सिरोही):** यह **राजस्थान का पहला कंजर्वेशन रिजर्व** (वर्ष 2008) है, जो मुख्य रूप से **भालू (Sloth Bear)** के विधिक संरक्षण के लिए अधिसूचित किया गया था।
- **गुदा विश्रोइयान (जोधपुर):** विश्रोई समुदाय की पर्यावरण चेतना और वन्यजीव (काले हिरणों) के संरक्षण का विख्यात सामाजिक-विधिक मॉडल।
- **शाकंभरी (सीकर / झुंझुनू):** अरावली पर्वतमाला के अंतर्गत स्थित वनावरण क्षेत्र जो अपनी वानस्पतिक विविधता के लिए जाना जाता है।
- **उम्मेदगंज पक्षी विहार (कोटा):** जलीय पक्षियों के संरक्षण हेतु अधिसूचित क्षेत्र।
- **जवाई बांध लेपर्ड कंजर्वेशन रिजर्व (पाली):** यह क्षेत्र तेंदुए (Leopard) और मनुष्यों के शांतिपूर्ण सह-अस्तित्व के लिए वैश्विक स्तर पर प्रसिद्ध है, जहाँ ग्रेनाइट पहाड़ियों में तेंदुए वास करते हैं।
- **मनसा माता (झुंझुनू), रोटर (नागौर), गोगेलाव (नागौर), शाहबाद के जंगल (बारां), और बीड़ (झुंझुनू)।**

5. रामसर आर्द्रभूमि स्थल (Ramsar Wetlands): वैश्विक पारिस्थितिक कड़ियाँ

आर्द्रभूमियाँ (Wetlands) वे प्राकृतिक या कृत्रिम उथले जल के बेसिन होते हैं जो अत्यधिक जैविक उत्पादकता के कारण 'पृथ्वी के गुर्दे' (Kidneys of the Earth) कहलाते हैं। ईरान के रामसर शहर में 2 फरवरी 1971 को हुए अंतरराष्ट्रीय समझौते (Ramsar Convention) के तहत राजस्थान के **दो अत्यंत महत्वपूर्ण स्थलों** को वैश्विक रामसर सूची में विधिक रूप से शामिल किया गया है:

5.1 केवलादेव घना पक्षी विहार (भरतपुर):

- **शामिल वर्ष:** इसे वर्ष **1981** में ही रामसर स्थल के रूप में विधिक मान्यता प्रदान कर दी गई थी।
- **मॉन्ट्रो रिकॉर्ड (Montreux Record):** मानवीय हस्तक्षेप और जल की कमी के कारण इसे विधिक रूप से मॉन्ट्रो रिकॉर्ड (उन रामसर स्थलों की सूची जहाँ पारिस्थितिक संकट मौजूद है) में शामिल किया गया था, परंतु वर्तमान में इसके संरक्षण प्रयासों में सुधार हुआ है।

5.2 सांभर झील (जयपुर ग्रामीण / अजमेर / डीडवाना-कुचामन):

- **शामिल वर्ष:** **23 मार्च 1990** को इसे राजस्थान का दूसरा रामसर आर्द्रभूमि स्थल घोषित किया गया।
- **पारिस्थितिक संकट:** यह झील नमक उत्पादन के साथ-साथ अत्यंत विशिष्ट सूक्ष्म शैवाल '**स्पिरुलिना (Spirulina)**' के विकास का केंद्र है, जो प्रोटीन का प्रचुर स्रोत है। हाल के वर्षों में यहाँ रासायनिक असंतुलन के कारण **एवियन बोटुलिज़्म (Avian Botulism)** नामक न्यूरो-मस्कुलर बीमारी फैलने से हजारों प्रवासी पक्षियों की मृत्यु हो गई थी, जो एक गंभीर अंतरराष्ट्रीय प्रशासनिक चिंता का विषय रही है।

6. समेकित तुलनात्मक तालिका: वन्यजीव संरक्षण के पांचों विधिक वर्गों का विश्लेषण

संरक्षण वर्ग का नाम	राजस्थान में कुल संख्या	प्राथमिक विधिक विन्यास (Act 1972)	मानवीय गतिविधियों की विधिक स्थिति	सर्वोच्च विस्तार / उदाहरण
राष्ट्रीय उद्यान	03	धारा 35 के तहत पूर्ण वैधानिक सरकारी घोषणा।	शत-प्रतिशत प्रतिबंधित (पशु चारण, लकड़ी काटना विधिक अपराध)।	रणथंभौर राष्ट्रीय उद्यान (सवाई माधोपुर)।
वन्यजीव अभ्यारण्य	26+	धारा 26 के तहत प्रजाति-विशिष्ट विधिक अधिसूचना।	विनियमित आंशिक छूट (वन विभाग के कड़े नियमों के अधीन)।	राष्ट्रीय मरु उद्यान (जैसलमेर - क्षेत्रफल सर्वोच्च)।
टाइगर रिजर्व	05	राष्ट्रीय बाघ संरक्षण प्राधिकरण (NTCA) द्वारा विधिक कूट।	कोर क्षेत्र पूरी तरह प्रतिबंधित, बफर में पर्यटन अनुमत।	रणथंभौर और धौलपुर-करौली (नवीनतम)।
कंजर्वेशन रिजर्व	36+	धारा 36-A के तहत सामुदायिक-सरकारी सह-प्रबंधन।	भूमि स्वामित्व निजी/सामुदायिक, व्यावसायिक शिकार प्रतिबंधित।	सुंदा माता (प्रथम भालू रिजर्व) व जवाई लेपर्ड।
रामसर आर्द्रभूमि	02	अंतरराष्ट्रीय रामसर कन्वेंशन, 1971 के विधिक मानक।	सतत बुद्धिमत्तापूर्ण उपयोग (Wise Use) की विधिक बाध्यता।	सांभर झील और केवलादेव घना पक्षी विहार।

7. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **कोर क्षेत्र (Core Area):** राष्ट्रीय उद्यान या टाइगर रिजर्व का वह केंद्रीय विधिक भाग जो मानवीय हस्तक्षेप से पूरी तरह मुक्त और केवल वन्यजीवों के प्राकृतिक पुनर्जनन के लिए आरक्षित होता है।
- **बफर जोन (Buffer Zone):** कोर क्षेत्र के चारों ओर का वह बाह्य क्षेत्र जहाँ विनियमित पर्यटन, शोध और सीमित वानस्पतिक मानवीय गतिविधियों की विधिक अनुमति होती है।
- **इन-सिटू संरक्षण (In-situ):** वन्यजीवों को उनके मूल प्राकृतिक आवास के भीतर ही विधिक सुरक्षा प्रदान करके संरक्षित करना, जैसे राष्ट्रीय उद्यान।
- **एक्स-सिटू संरक्षण (Ex-situ):** संकटग्रस्त जीवों को उनके मूल आवास से बाहर कृत्रिम केंद्रों पर ले जाकर संरक्षित व प्रजनित करना, जैसे जैविक पार्क (Biological Parks - नाहरगढ़, माचिया सफारी)।
- **एवियन बोटुलिज़्म:** 'क्लोस्ट्रिडियम बोटुलिनम' बैक्टीरिया के विषाक्त प्रभाव से पक्षियों में होने वाला विख्यात पक्षाघात (लकवा), जो सांभर झील की पारिस्थितिक विसंगति है।

8. वन्यजीव संरक्षण के स्थानिक वितरण से संबद्ध समेकित सांख्यिकी

तालिका: प्रमुख जैविक प्रजातियां एवं उनके विशिष्ट विधिक शरणस्थल

संरक्षित वन्यजीव प्रजाति	वैज्ञानिक नाम (प्रामाणिक)	राजस्थान का प्राथमिक विशिष्ट विधिक आवास (अभ्यारण्य)
गोडावण (महान भारतीय बस्टर्ड)	<i>Ardeotis nigriceps</i>	राष्ट्रीय मरु उद्यान (जैसलमेर), सोरसन (बारां), सोखलिया (अजमेर)।
उडन गिलहरी	<i>Petaurista philippensis</i>	सीतामाता वन्यजीव अभ्यारण्य (प्रतापगढ़ - महुआ वृक्ष वास)।
काला हिरण (कृषि मृग)	<i>Antelope cervicapra</i>	तालछापर अभ्यारण्य (चुरू), गुढ़ा विश्वोद्यान (जोधपुर)।
घड़ियाल (नदिय सरीसृप)	<i>Gavialis gangeticus</i>	राष्ट्रीय चम्बल घड़ियाल अभ्यारण्य, जवाहर सागर वन्यजीव क्षेत्र।
जंगली मुर्गे	<i>Gallus sonneratii</i>	माउंट आबू वन्यजीव अभ्यारण्य (सिरोही उच्च पर्वतीय अंचल)।
बाघ (राष्ट्रीय पशु)	<i>Panthera tigris</i>	रणथंभौर, सरिस्का, मुकुंदरा, रामगढ़ विषधारी, धौलपुर-करौली।

9. वन्यजीव पारिस्थितिकी के समक्ष आधुनिक चुनौतियां एवं प्रशासनिक चिंताएं

राजस्थान का समृद्ध वन्यजीव नेटवर्क वर्तमान में तीव्र आर्थिक विकास और मानवीय हस्तक्षेपों के कारण गंभीर विधिक और पर्यावरणीय संकटों का सामना कर रहा है, जिनका नीतिगत समाधान अनिवार्य है:

- अवैध बजरी और पत्थर खनन द्वारा गलियारों का विनाश:** सरिस्का, मुकुंदरा और रणथंभौर के सीमांत बफर क्षेत्रों में होने वाले अवैध खनन और तीव्र विस्फोटों (Blasting) के कारण बाघों और अन्य बड़े मांसाहारी जीवों के प्राकृतिक **वनीय गलियारे (Wildlife Corridors)** खंडित हो रहे हैं। इससे जीवों की आनुवंशिक विविधता प्रभावित होती है और 'इनब्रीडिंग डिप्रेशन' का खतरा बढ़ता है।
- मानव-वन्यजीव संघर्ष (Man-Animal Conflict):** अभ्यारण्यों के चारों ओर अनियोजित रिसॉर्ट्स, राजमार्गों (Highways) के निर्माण और पशु चारण के दबाव के कारण वन्यजीव भोजन और पानी की

तलाश में पर्वतीय तलहटी की मानवीय बस्तियों में प्रवेश कर रहे हैं। सरिस्का और जयपुर ग्रामीण के क्षेत्रों में तेंदुओं का आबादी में आना इसका प्रत्यक्ष आकृतिक प्रमाण है।

3. **पर्यटन का अत्यधिक जनसांख्यिकीय दबाव:** रणथंभौर और केवलादेव जैसे राष्ट्रीय उद्यानों में विनिर्दिष्ट विधिक क्षमता (Carrying Capacity) से अधिक पर्यटकों और वाहनों के प्रवेश के कारण जीवों के प्राकृतिक व्यवहार और प्रजनन चक्र (Breeding Cycle) में व्यवधान उत्पन्न हो रहा है। प्लास्टिक कचरा और ध्वनि प्रदूषण पर्वतीय संवेदी पारिस्थितिकी को स्थायी रूप से दूषित कर रहे हैं।

राजस्थान में वन्यजीवों का संरक्षण केवल पर्यावरण का मुद्दा नहीं है, बल्कि यह राज्य की संपूर्ण पारिस्थितिक संप्रभुता और पर्यटन भूगोल की रीढ़ है। वन्यजीव संरक्षण अधिनियम, 1972 के विधिक प्रावधानों को कड़ाई से लागू करना, स्थानीय समुदायों (जैसे विश्वेई समाज और वन सुरक्षा समितियाँ) की स्वदेशी संरक्षण चेतना को प्रशासनिक प्रोत्साहन देना, और कड़े **इको-सेंसिटिव ज़ोन (ESZ)** नियमों का अनुपालन सुनिश्चित करना ही इन अमूल्य मूल वन्यजीवों को भावी पीढ़ियों के लिए सुरक्षित रखने का एकमात्र रक्षात्मक और वैज्ञानिक मार्ग है।

अध्याय 23: राजस्थान की मृदा - पारंपरिक और सामान्य वर्गीकरण

राजस्थान की मृदा (Soil Configuration) राज्य के कृषि भूगोल, जलवायवीय दशाओं और भू-आकृतिक स्वरूप का प्राथमिक आधार है। मृदा की भौतिक, रासायनिक और स्थानिक विशेषताएं सीधे तौर पर पैतृक चट्टानों (Parent Rocks), वर्षा प्रतिरूप, तापीय चरम सीमाओं और नदीय प्रवाह प्रणालियों से नियंत्रित होती हैं। पारंपरिक और सामान्य वर्गीकरण के विधिक मानकों के अनुरूप राजस्थान की मिट्टियों को उनकी रंगत, कणों के आकार, खनिज विन्यास और उपजाऊ क्षमता के आधार पर मुख्य श्रेणियों में विभाजित किया जाता है।

1. मृदा निर्माण के भू-वैज्ञानिक एवं भौतिक निर्धारक कारक

राजस्थान में मिट्टी के निर्माण और उसके स्थानिक वितरण के पीछे निम्नलिखित भौगोलिक कारक उत्तरदायी हैं:

- **पैतृक शैल संरचना (Parent Material):** पश्चिमी भाग में प्राचीन अवसादी और रेतीले निक्षेप, अरावली अंचल में कायांतरित धारवाड़ चट्टानें (क्वार्ट्जाइट, शिस्ट) तथा दक्षिण-पूर्व में दक्कन ट्रैप की बेसाल्टिक लावा शैलें।
- **जलवायवीय चरम सीमाएँ:** शुष्क क्षेत्रों में यांत्रिक अपक्षय (Mechanical Weathering) तीव्र होता है जिससे मोटे कणों वाली रेतीली मिट्टी बनती है, जबकि आर्द्र क्षेत्रों में रासायनिक अपक्षय से महीन कणों वाली कछारी व काली मिट्टी का विकास होता है।

2. रेतीली या बलुई मृदा (Sandy Soil)

यह राजस्थान के विशालतम भू-भाग पर पाई जाने वाली पारंपरिक मृदा श्रेणी है, जो संपूर्ण पश्चिमी शुष्क और अर्द्ध-शुष्क मैदानी प्रदेश को आच्छादित करती है।

भौगोलिक विस्तार:

- इसके अंतर्गत जैसलमेर, बाड़मेर, बीकानेर, जोधपुर, फलोदी, नागौर, चुरू, सीकर, झुंझुनू, श्रीगंगानगर और हनुमानगढ़ जिले विधिक रूप से आते हैं।

भौतिक एवं रासायनिक विशेषताएं:

- **कणों का आकार:** इस मिट्टी के कण अत्यधिक मोटे होते हैं, जिसके कारण इसकी **जल धारण क्षमता (Water Retention Capacity)** न्यूनतम होती है। इसमें डाला गया पानी तीव्रता से नीचे रिस जाता है (High Permeability)।
- **रासायनिक विन्यास:** इसमें **फास्फेट और लवणों की प्रचुरता** पाई जाती है, परंतु **नाइट्रोजन और ह्यूमस (Organic Matter)** का भारी अभाव होता है। उच्च तापमान के कारण जैविक तत्वों का ऑक्सीकरण तीव्र गति से होता है।

उप-वर्गीकरण एवं सस्य प्रतिरूप:

1. **रेतीली बालू मिट्टी:** वास्तविक मरुस्थलीय टीलों (थार मरुस्थल) पर पाई जाती है।

2. **लाल रेतीली मिट्टी:** जोधपुर और नागौर के कुछ हिस्सों में।
3. **पीली-भूरी रेतीली मिट्टी:** बाड़मेर और जालौर अंचल में।
- **मुख्य फसलें:** यह मिट्टी केवल कम पानी वाली शुष्क कृषि (Dry Farming) के अनुकूल है। मानसून काल में इसमें **बाजरा, ग्वार, मोठ और मूंग** का प्रचुर उत्पादन होता है।

3. लाल-लोमी मृदा (Red-Loamy Soil)

यह मृदा वर्ग राजस्थान के सुदूर दक्षिणी पर्वतीय और जनजातीय अंचल की विशिष्ट वानस्पतिक और कृषि नियति को निर्धारित करता है।

भौगोलिक विस्तार:

- इसके अंतर्गत मुख्य रूप से **डूंगरपुर, बांसवाड़ा, प्रतापगढ़ और उदयपुर** जिले का दक्षिणी भाग विधिक रूप से शामिल है।

भौतिक एवं रासायनिक विशेषताएं:

- **कणों की प्रकृति:** यह महीन और मध्यम कणों वाली मिट्टी है, जिसकी जल धारण क्षमता रेतीली मिट्टी की तुलना में बहुत बेहतर होती है।
- **लोहा अयस्क की प्रचुरता:** इस मिट्टी का लाल रंग मुख्य रूप से इसमें पाए जाने वाले **आयरन ऑक्साइड (लोहा तत्वों)** की अधिकता के कारण होता है। इसमें पैतृक आग्नेय और कार्यांतरित चट्टानों के अपक्षय के अंश होते हैं।
- **पोषक तत्व विन्यास:** इसमें फास्फोरस, नाइट्रोजन और ह्यूमस की प्राकृतिक कमी पाई जाती है, परंतु पोटाश और चूने के अंश संतुलित होते हैं।

सस्य (फसल) प्रतिरूप:

- उच्च आर्द्रता और विशिष्ट रासायनिक बनावट के कारण यह मिट्टी **मक्का (Maize)** की खेती के लिए संपूर्ण राज्य में सर्वोत्तम मानी जाती है। इसके अतिरिक्त, इस बेल्ट में **चावल (माही सुगंधा किस्म)** और गन्ने का सघन उत्पादन दर्ज किया जाता है।

4. काली मृदा (Black Soil / रेगुर मृदा)

यह मिट्टी अपनी विशिष्ट ज्वालामुखीय उत्पत्ति और उच्च विधिक उर्वरता के कारण दक्षिणी-पूर्वी पठारी प्रदेश (हाड़ौती) का मुख्य भौगोलिक लक्षण है।

भौगोलिक विस्तार:

- इसका मुख्य संकेंद्रीकरण **झालावाड़, कोटा, बारां, बूंदी और चित्तौड़गढ़** के कुछ पूर्वी भागों (उपरमाल पठार) के अंतर्गत पाया जाता है।

भौतिक एवं रासायनिक विशेषताएं:

- **महीन क्ले (Clay) की प्रधानता:** इस मिट्टी के कण अत्यधिक महीन और सघन होते हैं। इसी कारण इसकी जल धारण क्षमता (**Moisture Retention**) संपूर्ण राज्य में सर्वोच्च होती है।
- **स्व-जुताई का गुण (Self-Ploughing):** गीली होने पर यह मिट्टी अत्यधिक चिपचिपी और फूल जाती है, परंतु शुष्क मौसम में पानी सूखने पर इसमें गहरी और चौड़ी दरारें पड़ जाती हैं, जिससे मृदा में वायु का परिसंचरण स्वतः हो जाता है।
- **पोषक तत्व विन्यास:** यह मिट्टी **कैल्शियम, पोटाश, एल्युमिनियम और मैग्नीशियम कार्बोनेट** के मामलों में अत्यधिक समृद्ध होती है, परंतु इसमें भी नाइट्रोजन और जैविक तत्वों की कमी पाई जाती है।

सस्य (फसल) प्रतिरूप:

- इसे पारंपरिक रूप से '**कपासी मृदा**' भी कहा जाता है क्योंकि यह **कपास (Cotton)** की व्यावसायिक खेती के लिए आदर्श है। वर्तमान में यह बेल्ट **सोयाबीन, संतरा (झालावाड़), धनिया और लहसुन** के उत्पादन में देश का अग्रणी विधिक केंद्र है।

5. कछारी या जलोढ़ मृदा (Alluvial / Loam Soil)

यह पूर्वी मैदानी प्रदेश का मुख्य आधार है जो नदीय निक्षेपण प्रक्रमों द्वारा निर्मित संपूर्ण राज्य का सबसे उपजाऊ मृदा वर्ग है।

भौगोलिक विस्तार:

- इसके अंतर्गत **जयपुर, दौसा, अलवर, भरतपुर, धौलपुर, सवाई माधोपुर, करौली, टोंक** और भीलवाड़ा का मैदानी भाग शामिल है।

भौतिक एवं रासायनिक विशेषताएं:

- **नदीय निक्षेप:** इसका निर्माण चम्बल, बनास, बाणगंगा और उनकी सहायक सरिताओं द्वारा लाए गए महीन अवसादों के निरंतर जमाव से हुआ है।
- **पोषक तत्व विन्यास:** यह मिट्टी **नाइट्रोजन और ह्यूमस के मामले में अपेक्षाकृत समृद्ध** होती है। इसमें चूना, पोटैश और फास्फोरिक अम्ल का प्रचुर संतुलन पाया जाता है।
- **कणों की प्रकृति:** यह बलुई-दोमट (Sandy-Loam) से लेकर मटियारी-दोमट (Clay-Loam) के रूप में पाई जाती है, जो पौधों की जड़ों के विकास और जल अवशोषण के लिए भौतिक रूप से सर्वोत्तम विन्यास निर्मित करती है।

सस्य (फसल) प्रतिरूप:

- उच्च प्राकृतिक उपजाऊ क्षमता के कारण यह राजस्थान का **मुख्य अन्न भंडार (Granary)** है। यहाँ रबी ऋतु में **गेहूँ, तोरिया/सरसों (अलवर-भरतपुर बेल्ड), जौ और चना** तथा खरीफ में ज्वार व बाजरे का सघन उत्पादन होता है।

6. भूरी मृदा (Brown Soil)

यह मिट्टी मुख्य रूप से बनास अपवाह तंत्र के जलग्रहण क्षेत्रों में अरावली के पूर्वी मैदानी भागों की विशेषता है।

भौगोलिक विस्तार:

- इसके अंतर्गत **टोंक, भीलवाड़ा, शाहपुरा, राजसमंद, अजमेर** और सवाई माधोपुर जिलों का मध्यवर्ती भाग विधिक रूप से आता है।

भौतिक एवं रासायनिक विशेषताएं:

- **उत्पत्ति चक्र:** इसका निर्माण शिस्ट और ग्रेस चट्टानों के शुष्क अपक्षय और बनास नदी के प्राचीन प्रवाह मैदानों में हुआ है।
- **पोषक तत्व विन्यास:** इसमें फास्फोरस की प्रचुरता पाई जाती है, परंतु नाइट्रोजन की कमी होती है। यह कछारी मिट्टी की तुलना में थोड़ी कम उपजाऊ होती है, परंतु उपयुक्त उर्वरकों और सिंचाई की सहायता से अत्यधिक उत्पादक बन जाती है।
- **सस्य प्रतिरूप:** यह मुख्य रूप से **सरसों, मक्का, और गेहूँ** की खेती के लिए रणनीतिक रूप से उपयोगी मानी जाती है।

7. अन्य विशिष्ट पारंपरिक मृदा श्रेणियाँ

7.1 मिश्रित लाल और काली मृदा:

- **विस्तार:** भीलवाड़ा, चित्तौड़गढ़, डूंगरपुर और बांसवाड़ा के संक्रमण क्षेत्र।
- **विशेषता:** लाल-लोमी और काली मिट्टी के मिश्रण के कारण यह **कपास, मक्का और अफीम** की खेती के लिए अत्यधिक उपयोगी है।

7.2 धूसर सिरोजम मृदा (Grey Brown / Sirozem Soil):

- **विस्तार:** पाली, नागौर, जालौर, सीकर और झुंझुनू (अर्द्ध-शुष्क बांगड़ मैदान)।
- **विशेषता:** इसमें चूने की परत धरातल के नीचे पाई जाती है और नाइट्रोजन की कमी होती है।

8. तुलनात्मक तालिका: पांचों पारंपरिक मृदा श्रेणियों का स्थानिक एवं रासायनिक विश्लेषण

मृदा श्रेणी का नाम	मुख्य कण विन्यास	जल धारण क्षमता	प्रमुख रासायनिक तत्व	प्राथमिक फसलें	मुख्य विस्तार क्षेत्र (जिले)

रेतीली या बलुई	मोटे कण, छिद्रिलता उच्च	न्यूनतम	फास्फेट, कैल्शियम, लवण	बाजरा, ग्वार, मोठ	जैसलमेर, बाड़मेर, बीकानेर, जोधपुर।
लाल-लो मी	महीन-मध्य म कण, सघन	मध्यम	आयरन ऑक्साइड (लोहा), पोटाश	मक्का, चावल, गन्ना	डूंगरपुर, बांसवाड़ा, प्रतापगढ़।
काली (रेगुर)	अत्यधिक महीन क्ले कण	सर्वोच्च	कैल्शियम, एल्युमिनियम, मैग्नीशियम	कपास, सोयाबीन, संतरा	झालावाड़, कोटा, बारां, बूंदी।
कछारी या जलोढ़	संतुलित दोमट (Loam)	उच्च	पोटाश, चूना, मध्यम नाइट्रोजन	गेहूँ, सरसों, जौ, चना	जयपुर, अलवर, भरतपुर, धौलपुर।
भूरी मृदा	मध्यम अवसादी, शिस्ट युक्त	मध्यम-उच्च	फास्फोरस, पोटाश	सरसों, गेहूँ, मक्का	टोंक, भीलवाड़ा, राजसमंद, अजमेर।

9. आधुनिक वैज्ञानिक वर्गीकरण (US Soil Taxonomy) के साथ अंतर्संबंध

पारंपरिक वर्गीकरण को वैश्विक मानकों के अनुरूप रक्षात्मक बनाने के लिए इसका आधुनिक वैज्ञानिक मृदा वर्गों के साथ अंतर्संबंध समझना अनिवार्य है:

- **एंटीसॉल्स (Entisols) / एरिडिसॉल्स (Aridisols):** यह पूर्णतः हमारी पारंपरिक **रेतीली या बलुई मृदा** का वैज्ञानिक विन्यास है जो शुष्क जलवायु में पाई जाती है।
- **अल्फिसॉल्स (Alfisols):** यह हमारी उपजाऊ **कछारी या जलोढ़ मृदा** का आधुनिक वर्ग है जो पूर्वी मैदानों की विशेषता है।
- **वर्टिसॉल्स (Vertisols):** यह अत्यधिक क्ले युक्त **काली मृदा** का अंतरराष्ट्रीय नामकरण है जो हाड़ौती लावा पठार में संकेद्रित है।
- **इन्सेप्सिसॉल्स (Inceptisols):** यह अरावली के पर्वतीय ढालों पर पाई जाने वाली **लाल-पीली और पर्वतीय मृदा** का वैज्ञानिक प्रतिनिधित्व करती है।

10. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **रेगुर (Regur):** काली मिट्टी का पारंपरिक नाम, जो अपनी नमी धारण क्षमता और कपासी कृषि के लिए जानी जाती है।
- **दोमट (Loam):** बालू, सिल्ट (गाद) और क्ले (मृत्तिका) का वह आदर्श संतुलित मिश्रण जो कृषि के लिए सर्वाधिक उपयुक्त होता है।

- **स्व-जुताई:** सुखाने पर काली मिट्टी में दरारें पड़ने की वह भौतिक घटना जिससे वायु मृदा के भीतरी स्तरों तक आसानी से पहुँच जाती है।
- **ह्यूमस:** मृदा में जैविक अवशेषों के सड़ने से बनने वाला काला गाढ़ा कार्बनिक पदार्थ, जो मिट्टी की प्राकृतिक उर्वरता बढ़ाता है।
- **ऊसर:** अत्यधिक लवणता के कारण बंजर हो चुकी रेतीली या कछारी भूमि।

11. मृदा पारिस्थितिकी के समक्ष चुनौतियाँ एवं प्रशासनिक चिंताएं

राजस्थान की मृदा संरचना वर्तमान में कई गंभीर भौतिक और रासायनिक संकटों का सामना कर रही है, जिनका नीतिगत समाधान अपह्राय है:

1. **तीव्र मरुस्थलीय पवन अपरदन (Wind Erosion):** शुष्क रेतीले मैदानों में वनस्पति के अभाव और अतिचारण (Overgrazing) के कारण ऊपरी उपजाऊ परत पवन द्वारा निरंतर उड़ा दी जाती है, जिससे भूमि अनुर्वर हो रही है।
2. **जल-जमाव और लवणीकरण (सेम की समस्या):** इन्दिरा गांधी नहरी कमान क्षेत्र और चम्बल कमान क्षेत्र में अत्यधिक बाढ़-सिंचाई के कारण भू-गर्भिक चूने की परत सक्रिय हो जाती है। केशिकात्व क्रिया (Capillary Action) द्वारा लवण धरातल पर जमा हो जाते हैं, जिससे हनुमानगढ़ का **बड़ोपल गाँव** और कोटा के कई क्षेत्र विधिक रूप से बंजर भूमि में बदल रहे हैं।
3. **पर्वतीय ढालों पर चादर अपरदन (Sheet Erosion):** अरावली श्रेणियों पर होने वाले अंधाधुंध वनोन्मूलन के कारण मानसून की तीव्र बौछारों से पहाड़ों की उपजाऊ मिट्टी पूरी तरह बह जाती है और पहाड़ नग्न चट्टानों में बदल जाते हैं।

राजस्थान की मृदा राज्य की संपूर्ण कृषि अर्थव्यवस्था की नियति निर्धारित करती है। इन पाँचों पारंपरिक मृदा श्रेणियों की रासायनिक और भौतिक विशेषताओं का सटीक ज्ञान ही प्रशासनिक स्तर पर मृदा स्वास्थ्य कार्ड योजना, कमान क्षेत्र विकास और टिकाऊ एग्रो-इकोसिस्टम के विधिक ढाँचे को रक्षात्मक आधार प्रदान करता है।

अध्याय 24: मृदा का आधुनिक/वैज्ञानिक वर्गीकरण - एरिडिसॉल्स, अल्फ़िसॉल्स, एंटिसॉल्स, इनसेप्टिसॉल्स एवं वर्टिसॉल्स

संयुक्त राज्य अमेरिका के कृषि विभाग (USDA) के मृदा सर्वेक्षण प्रभाग द्वारा प्रतिपादित व्यापक मृदा वर्गीकरण प्रणाली (US Soil Taxonomy) वर्तमान में मृदा विज्ञान का सबसे वैज्ञानिक, प्रामाणिक और वैश्विक रूप से स्वीकृत ढाँचा है। राजस्थान के भूगोल में पारंपरिक रंग-आधारित वर्गीकरण की सीमाओं को दूर करने के लिए इस आधुनिक प्रणाली को पूर्णतः अनुप्रयुक्त किया गया है। यह वर्गीकरण मुख्य रूप से मृदा के अंतर्निहित भौतिक और रासायनिक गुणों, संस्तर विकास (Horizon Development), मृदा नमी प्रतिरूप (Soil Moisture Regimes) और विशिष्ट तापीय दशाओं पर आधारित है। राज्य की जलवायवीय विषमताओं के कारण यहाँ मुख्य रूप से पाँच मृदा आर्डर्स (Orders) का स्थानिक वितरण पाया जाता है।

1. वैज्ञानिक वर्गीकरण के मूलभूत सिद्धांत एवं जलवायवीय संकेतक

आधुनिक वर्गीकरण प्रणाली केवल सतही रंगत पर निर्भर नहीं करती, बल्कि इसके विधिक निर्धारण में निम्नलिखित गतिक मापदंडों का अनुप्रयोग किया जाता है:

- **मृदा नमी प्रवृत्तियाँ (Soil Moisture Regimes):** शुष्क (Aridic/Torric), उप-आर्द्र (Ustic), और आर्द्र (Udic) नमी दशाएँ जो खनिजों के निक्षालन (Leaching) को नियंत्रित करती हैं।
- **संस्तर अंतःक्रिया (Diagnostic Horizons):** धरातल के नीचे खनिज संस्तरों (जैसे- आर्गिलिक, कैल्सिक) के विकास का स्तर।

2. एंटिसॉल्स (Entisols) - विकासहीन नवीन मृदा

एंटिसॉल्स आर्डर के अंतर्गत वे मिट्टियाँ आती हैं जिनमें भू-वैज्ञानिक समय की कमी या अत्यधिक पवन गतिकी के कारण कोई स्पष्ट संस्तर विकास (Lack of Horizon Development) नहीं हो पाया है। यह राजस्थान के सबसे बड़े भू-भाग पर विस्तृत मृदा वर्ग है।

भौगोलिक वितरण प्रतिरूप:

- यह संपूर्ण पश्चिमी शुष्क और अर्द्ध-शुष्क मैदानी प्रदेश (थार मरुस्थल) की रीढ़ है। इसके अंतर्गत जैसलमेर, बाड़मेर, बीकानेर, जोधपुर, फलोदी, नागौर, चुरू, सीकर और झुंझुनू जिले पूर्णतः शामिल हैं।

भौतिक, रासायनिक एवं नमी गुण:

- नमी प्रतिरूप:** यह मुख्य रूप से **टॉरिक/एरिड (Torric/Aridic)** नमी व्यवस्था के तहत विकसित होती है, जहाँ वर्ष के अधिकांश समय मिट्टी पूरी तरह शुष्क रहती है।
- कण विन्यास:** इसके कण अत्यधिक मोटे, पृथक और असंगठित बलुई रेत के रूप में होते हैं, जिससे जल सोखने की गतिकी तीव्र होती है परंतु जल धारण क्षमता न्यूनतम पाई जाती है।
- खनिज विन्यास:** इसमें यांत्रिक अपक्षय के कारण खनिजों का रासायनिक विरूपण न्यूनतम होता है। नाइट्रोजन और कार्बनिक तत्वों (ह्यूमस) का स्थायी अभाव होता है, जबकि फास्फेट और कैल्शियम कार्बोनेट के अंश प्रचुर होते हैं।

कृषि प्रासंगिकता:

- यह मृदा केवल सघन निर्वाह शुष्क कृषि और बारानी फसलों के अनुकूल है। मानसून काल में इसमें **बाजरा, मोठ और ग्वार** की खेती की जाती है।

3. एरिडिसॉल्स (Aridisols) - शुष्क जलवायु की मृदा

एरिडिसॉल्स वे मिट्टियाँ हैं जो मुख्य रूप से शुष्क और अर्द्ध-शुष्क जलवायवीय परिस्थितियों में विकसित होती हैं और जिनमें धरातल के नीचे कैल्सिक या जिप्सिक संस्तरों का हल्का विकास देखा जाता है।

भौगोलिक वितरण प्रतिरूप:

- यह अरावली के पश्चिम में स्थित अर्द्ध-शुष्क बांगड़ मैदान का मुख्य लक्षण है। इसके अंतर्गत जालोर, सांचौर, पाली, नागौर, सीकर, झुंझुनू और जोधपुर का पूर्वी भाग विधिक रूप से शामिल है।

भौतिक, रासायनिक एवं नमी गुण:

- कैल्सिक संस्तर (Calcic Horizon):** शुष्क जलवायु के कारण इस मिट्टी में नीचे की ओर **चूने और कंकड़ों की एक सघन विधिक परत** पाई जाती है, जिसे कैल्सिक संस्तर कहा जाता है। तीव्र वाष्पीकरण के कारण भू-जल के लवण केशिकात्व क्रिया द्वारा ऊपर उठते हैं।
- कण विन्यास:** यह रेतीली दोमट (Sandy Loam) से लेकर धूसर-भूरी मिट्टी के रूप में दिखाई देती है।
- रासायनिक विन्यास:** इसमें खनिज लवणों का जमाव उच्च होता है, जिससे इसका पीएच (pH) मान सामान्यतः क्षारीय श्रेणी (>8.0) की ओर झुका होता है। जैविक तत्वों और नाइट्रोजन की उपलब्धता अत्यंत सीमित होती है।

कृषि प्रासंगिकता:

- उपयुक्त कुआँ और नलकूप सिंचाई की सहायता से यह मृदा रबी ऋतु में अत्यधिक उत्पादक बन जाती है। यह **जौरा, ईसबगोल, तोरिया/सरसों और गेहूँ** की व्यावसायिक खेती का मुख्य भौगोलिक आधार है।

4. अल्फिसॉल्स (Alfisols) - परिपक्व जलोढ़ मृदा

अल्फिसॉल्स उच्च विधिक उर्वरता वाली परिपक्व मिट्टियाँ हैं, जिनमें मृत्तिका (Clay) के महीन कणों का निक्षालन होकर निचले संस्तरों में संचय (Argillic Horizon) हो जाता है।

भौगोलिक वितरण प्रतिरूप:

- यह पूर्वी मैदानी प्रदेश की मुख्य पहचान है। इसके अंतर्गत जयपुर, दौसा, अलवर, भरतपुर, धौलपुर, सवाई माधोपुर, करौली, टोंक और भीलवाड़ा के मैदानी नदी बेसिन (बनास, बाणगंगा तंत्र) सघन रूप से आते हैं।

भौतिक, रासायनिक एवं नमी गुण:

- **नमी प्रतिरूप:** यह मुख्य रूप से **अस्टिक (Ustic) नमी व्यवस्था** का प्रतिनिधित्व करती है, जहाँ मानसून के दौरान मिट्टी में पर्याप्त नमी संचित होती है।
- **आर्गिलिक संस्तर (Argillic Horizon):** नदीय प्रवाह प्रक्रमों द्वारा निर्मित इस मिट्टी के निचले स्तरों में महीन एल्युमिनियम और सिलिकेट क्ले का सघन जमाव पाया जाता है, जो जल को लंबे समय तक रोक कर रखता है।
- **पोषक तत्व विन्यास:** यह मिट्टी **पोटाश, चूना और फास्फोरस के मामलों में अत्यधिक समृद्ध** होती है। अन्य मृदा आर्द्रता की तुलना में इसमें नाइट्रोजन और बेस संतृप्ति (Base Saturation >35%) का स्तर उच्च होता है।

कृषि प्रासंगिकता:

- यह राजस्थान का सबसे बड़ा **खाद्यान्न और तिलहन भंडार** है। यहाँ रबी में **गेहूँ, सरसों, जौ व चना** तथा खरीफ में **ज्वार व मक्का** की सघन खेती की जाती है।

5. इनसेप्सॉल्स (Inceptisols) - पर्वतीय एवं संक्रमणकालीन मृदा

इनसेप्सॉल्स वे मिट्टियाँ हैं जो संस्तर विकास के प्रारंभिक चरण (Incipient Horizon Development) को प्रदर्शित करती हैं। इनमें पूर्ण परिपक्वता नहीं होती, परंतु एंटीसॉल्स की तुलना में इनमें स्पष्ट संरचनात्मक परिवर्तन दिखाई देते हैं।

भौगोलिक वितरण प्रतिरूप:

- यह मुख्य रूप से अरावली पर्वतीय प्रदेश के ढालों और उससे सटे संक्रमण क्षेत्रों में पाई जाती है। इसके अंतर्गत उदयपुर, राजसमंद, सिरोही, चित्तौड़गढ़, भीलवाड़ा का पश्चिमी भाग और पाली के पर्वतीय सीमांत शामिल हैं।

भौतिक, रासायनिक एवं नमी गुण:

- **पर्वतीय उच्चावच प्रभाव:** ढालू स्थलाकृति के कारण यहाँ निरंतर परत अपरदन (Sheet Erosion) सक्रिय रहता है, जिससे मिट्टी पूरी तरह परिपक्व नहीं हो पाती।
- **चट्टानी कण विन्यास:** यह पथरीली, कंक्रीट-युक्त और लाल-पीली मिश्रित मृदा के रूप में पाई जाती है, जिसमें क्वार्टजाइट और शिस्ट चट्टानों के अंश होते हैं।
- **पोषक तत्व विन्यास:** इसमें लोहा ऑक्साइड (Iron Oxide) की उपस्थिति के कारण इसका रंग हल्का लाल और पीला-भूरा दिखाई देता है। इसमें फास्फोरस और ह्यूमस की तीव्र कमी पाई जाती है।

कृषि प्रासंगिकता:

- पर्वतीय घाटियों और सीढ़ीदार खेतों में यह मृदा मुख्य रूप से **मक्का (Maize)** और खरीफ दलहन की खेती के लिए रणनीतिक रूप से उपयोगी मानी जाती है।

6. वर्टिसॉल्स (Vertisols) - स्व-जुताई वाली गहरी काली मृदा

वर्टिसॉल्स अत्यधिक महीन क्ले (Smectite Clay) खनिजों से निर्मित गहरी काली मिट्टियाँ हैं, जो शुष्क होने पर सिकुड़ती हैं और गीली होने पर अत्यधिक फैलती हैं।

भौगोलिक वितरण प्रतिरूप:

- यह दक्षिणी-पूर्वी पठारी प्रदेश (हाड़ौती का पठार) के बेसाल्टिक लावा प्रवाह क्षेत्र में संकेंद्रित है। इसके अंतर्गत झालावाड़, कोटा, बारां और बूंदी जिले विधिक रूप से आते हैं।

भौतिक, रासायनिक एवं नमी गुण:

- **स्व-उलट चक्र (Self-swallowing Property):** इस मिट्टी में पाए जाने वाले मोंटमोरिलोनाइट क्ले खनिज जल सोखने पर अत्यधिक चिपचिपे हो जाते हैं। शुष्क ऋतु में जल सूखने पर इसमें **गहरी और चौड़ी विदर दरारें** पड़ जाती हैं। धरातल की ऊपरी सूखी मिट्टी इन दरारों में गिर जाती है, जिससे मृदा का स्वतः ही ऊपर-नीचे उलटफेर (Internal Overturning) हो जाता है। इसे 'स्व-जुताई' का गुण कहा जाता है।
- **सर्वोच्च जल धारण क्षमता:** महीन कणों के सघन संकुचन के कारण इसकी नमी रोकने की विधिक क्षमता राज्य में सर्वोच्च पाई जाती है।
- **पोषक तत्व विन्यास:** यह **कैल्शियम कार्बोनेट, मैग्नीशियम और पोटाश** के मामले में अत्यंत समृद्ध है, परंतु इसमें भी नाइट्रोजन का अभाव होता है।

कृषि प्रासंगिकता:

- व्यावसायिक कृषि के लिए यह राज्य की सबसे मूल्यवान मिट्टी है। यह सोयाबीन, कपास, संतरा (झालावाड़ अंचल) और धनिया के भारी उत्पादन का मुख्य आधार स्तंभ है।

7. समेकित तुलनात्मक तालिका: पाँचों वैज्ञानिक मृदा आर्डर्स का स्थानिक विश्लेषण

वैज्ञानिक मृदा आर्डर	मृदा नमी प्रतिरूप	प्रमुख संस्तर विशेषता	कण विन्यास एवं रंगत	प्राथमिक फसलें	मुख्य भौगोलिक विस्तार (जिले)
एंटीसॉल्स	टॉरिक / एरिड (अत्यंत शुष्क)	संस्तर विकास का पूर्ण अभाव	मोटे कण, असंगठित पीली-भूरी रेत	बाजरा, ग्वार, मोठ	जैसलमेर, बाड़मेर, बीकानेर, जोधपुर शुष्क भाग।
एरिडिसॉल्स	एरिड / उस्टिक (अर्द्ध-शुष्क)	कैल्सिक संस्तर (नीचे चूने की परत)	रेतीली दोमट, धूसर-भूरी सिरोजम	जीरा, ईसबगोल, सरसों	जालोर, पाली, नागौर, सीकर, झुंझुनू।
अल्फ़िसॉल्स	उस्टिक (उप-आर्द्र मैदानी)	आर्गिलिक संस्तर (क्ले का जमाव)	परिपक्व दोमट, कछारी जलोढ़	गेहूँ, सरसों, जौ, चना	जयपुर, अलवर, भरतपुर, टोंक, सवाई माधोपुर।
इन्सेप्सिसॉल्स	उस्टिक / उडिक (पर्वतीय)	संरचनात्मक संस्तर का प्रारंभिक विकास	पथरीली, कंक्रीट-युक्त लाल-पीली	मक्का, खरीफ दलहन	उदयपुर, राजसमंद, सिरोही, चित्तौड़गढ़।
वर्टिसॉल्स	उस्टिक / उडिक	मॉन्टमोरिलोनाइट क्ले की प्रचुरता	अत्यधिक महीन	सोयाबीन, कपास, संतरा	झालावाड़, कोटा, बारां, बूंदी।

	(आर्द्र पठारी)		कण, गहरी काली		
--	----------------	--	---------------	--	--

8. वैज्ञानिक मृदा वर्गीकरण के प्रमुख की-वर्ड्स एवं तकनीकी विनिर्देश

- **आर्गिलिक संस्तर (Argillic Horizon):** वह भू-गर्भिक परत जहाँ ऊपरी स्तरों से रिसकर आई हुई महीन सिलिकेट क्ले का सघन संचय होता है; यह अल्फ़िसॉल्स की विधिक पहचान है।
- **टॉरिक नमी प्रतिरूप (Torric Regime):** वह वायुमंडलीय और धरातलीय स्थिति जिसमें मिट्टी वर्ष के 180 से अधिक दिनों तक पूरी तरह शुष्क और जल-विहीन रहती है, जैसे एंटिसॉल्स।
- **मोंटमोरिलोनाइट (Montmorillonite):** वर्टिसॉल्स मृदा में पाया जाने वाला वह विशिष्ट क्ले खनिज जो पानी मिलने पर अत्यधिक फैलता है और सूखने पर सिकुड़ कर दरारें पैदा करता है।
- **बेस संतृप्ति (Base Saturation):** मृदा कोलाइड्स पर चिपके हुए विनिमयशील भस्मों (जैसे कैल्शियम, मैग्नीशियम) का प्रतिशत, जो अल्फ़िसॉल्स और वर्टिसॉल्स में उच्च होता है।

9. मृदा आर्डर्स का आर्थिक एवं सस्य भूगोल (Agricultural Dynamics)

राजस्थान का यह वैज्ञानिक मृदा प्रतिरूप राज्य के कृषि-जलवायु खण्डों (Agro-climatic Zones) के साथ सीधे तौर पर संबद्ध है:

A. एंटिसॉल्स बेल्ट की चुनौतियाँ:

- इस आंचल में जल की अत्यधिक कमी के कारण केवल बारानी फसलें ही संभव हैं। परंतु वर्तमान में इन्दिरा गांधी नहर के आगमन से इस एंटिसॉल्स मृदा की नमी व्यवस्था में कृत्रिम बदलाव आया है, जिससे यहाँ फसलों की विविधता बढ़ रही है।

B. वर्टिसॉल्स बेल्ट का औद्योगिक जुड़ाव:

- हाड़ौती का वर्टिसॉल्स आर्डर राज्य के टेक्सटाइल (कपास आधारित) और खाद्य प्रसंस्करण (सोयाबीन तेल मिलों) उद्योगों को सीधे कच्चे माल की आपूर्ति करता है। झालावाड़ का संतरा उत्पादन इसी विशिष्ट क्ले खनिज विन्यास का परिणाम है।

10. आधुनिक वैज्ञानिक मृदा चुनौतियां एवं प्रशासनिक चिंताएं

वैज्ञानिक मापदंडों के अनुसार राजस्थान के इन मृदा आर्डर्स के मूल गुणों में वर्तमान में गंभीर हास दर्ज किया जा रहा है, जिनका नीतिगत समाधान आवश्यक है:

1. **एंटिसॉल्स में लवणीय अवक्रमण:** नहरी कमान क्षेत्रों में अत्यधिक पानी के भराव के कारण भूमिगत चूने की परतें (कैल्सिक संस्तर) सक्रिय हो जाती हैं, जिससे मृदा की संरचना 'सेम की समस्या' द्वारा लवणीय दलदल में बदल रही है (जैसे हनुमानगढ़ का **बड़ोपल गाँव**)।
2. **इनसेप्सॉल्स में उग्र चादर अपरदन:** अरावली पर्वतीय ढालों पर होने वाले तीव्र वनोन्मूलन के कारण मानसून की बौछारें इनसेप्सॉल्स की पतली परत को पूरी तरह बहा ले जाती हैं, जिससे पहाड़ों का नग्रीकरण हो रहा है।
3. **अल्फ़िसॉल्स में भू-जल अति-दोहन (डार्क ज़ोन):** पूर्वी मैदानों के अल्फ़िसॉल्स आर्डर में सघन कृषि के कारण ट्यूबवेलों द्वारा भूमिगत जल का अत्यधिक दोहन किया गया है, जिससे मिट्टी की अंतर्निहित नमी का संतुलन बिगड़ रहा है।

राजस्थान की मृदा का आधुनिक वैज्ञानिक वर्गीकरण राज्य की खाद्य सुरक्षा और कृषि विकास का विधिक नीतिगत मापदंड प्रस्तुत करता है। इन पाँचों मृदा आर्डर्स (एंटिसॉल्स, एरिडिसॉल्स, अल्फ़िसॉल्स, इनसेप्सॉल्स और वर्टिसॉल्स) के स्थानिक वितरण और उनके रासायनिक गुणों का सटीक वैज्ञानिक ज्ञान ही प्रशासनिक स्तर पर 'मृदा स्वास्थ्य कार्ड योजना' और सतत प्रादेशिक नियोजन को एक रक्षात्मक आधार प्रदान करता है।

अध्याय 25: मृदा अपरदन, सेम की समस्या, ऊसर/क्षारीय भूमि एवं मृदा स्वास्थ्य प्रबंधन

राजस्थान का सस्य और आर्थिक भूगोल मृदा के विभिन्न भौतिक और रासायनिक अवक्रमणों (Degradations) से सीधे तौर पर प्रभावित होता है। राज्य का भू-आकृतिक स्वरूप जहाँ एक ओर मरुस्थलीय तीव्र पवन प्रक्रमों द्वारा संचालित है, वहीं दूसरी ओर नहरी सिंचाई नेटवर्क और विवर्तनिक बाधाओं ने जल-जमाव (सेम) तथा क्षारीयता के नए संकटों को जन्म दिया है। इन समस्याओं का वैज्ञानिक विश्लेषण और उनके निवारण हेतु क्रियान्वित नीतियां राज्य की कृषि उत्पादकता को बनाए रखने के लिए बुनियादी आधारशिला हैं।

1. मृदा अपरदन (Soil Erosion): 'रेंगती हुई मृत्यु'

मृदा अपरदन वह भौतिक और गतिक प्रक्रम है जिसके अंतर्गत प्राकृतिक कारकों (वायु और जल) द्वारा ऊपरी उपजाऊ मिट्टी के कणों का विलोपन, विस्थापन और निक्षेपण होता है। इसे कृषि विज्ञान में 'रेंगती हुई मृत्यु' (Creeping Death) कहा जाता है।

1.1 पवन अपरदन (Wind Erosion):

- **भौगोलिक संकेन्द्रिकरण:** यह राजस्थान में होने वाला सबसे विस्तृत अपरदन प्रकार है, जो पश्चिमी शुष्क और अर्द्ध-शुष्क मैदानी प्रदेश (थार मरुस्थल) की प्राथमिक चुनौती है। जैसलमेर, बाड़मेर, बीकानेर और जोधपुर जिले इससे सर्वाधिक प्रभावित हैं।
- **भौगोलिक कारक:** वनस्पति आवरण का पूर्ण अभाव, तीव्र शुष्क ग्रीष्मकालीन हवाएँ (30-40 किमी/घंटा), और रेतीली मिट्टी (Antisols) के असंगठित मोटे कण।
- **मार्च ऑफ़ डेजर्ट:** पवन अपरदन के कारण ही गतिशील बालुका स्तूप (बरखान) उपजाऊ मैदानों की ओर खिसकते हैं।

1.2 जल अपरदन (Water Erosion):

यह मुख्यतः दो उग्र रूपों में प्रकट होता है जो राज्य की उच्चावचीय भिन्नता से नियंत्रित हैं:

A. चादर अपरदन (Sheet Erosion)

- **प्रक्रिया:** पर्वतीय और ढालू भू-भागों पर मूसलाधार मानसूनी वर्षा के कारण मिट्टी की ऊपरी अत्यधिक महीन, उपजाऊ जैविक परत (Topsoil) एक पूरी समतल चादर के रूप में बह जाती है।
- **भौगोलिक विस्तार:** यह मुख्य रूप से **सिरोही, उदयपुर, राजसमंद** और चित्तौड़गढ़ के पर्वतीय ढालों पर सक्रिय है। इसके कारण पहाड़ नग्न चट्टानों में बदल जाते हैं।

B. अवनालिका अपरदन (Gully Erosion)

- **प्रक्रिया:** जब जल का तीव्र वेग कोमल जलोढ़ मिट्टी वाले मैदानी भागों पर बहता है, तो यह संकीर्ण धाराओं (Rills) को गहरे विदर नालों में बदल देता है, जिनकी गहराई 5 से 30 मीटर तक होती है।
- **भौगोलिक विस्तार:** चम्बल नदी बेसिन संपूर्ण देश में अवनालिका अपरदन और उत्खात भूमि (Badland Topography) के लिए विख्यात है। धौलपुर, करौली और सवाई माधोपुर जिले बीहड़ भूगोल से ग्रसित हैं।

2. सेम (SEM) की समस्या: जल-जमाव (Waterlogging)

'सेम' शुष्क और अर्द्ध-शुष्क नहरी कमान क्षेत्रों में उत्पन्न होने वाली एक अत्यधिक गंभीर भू-आकृतिक और हाइड्रो-रासायनिक विसंगति है, जो भूमि को लवणीय दलदल में बदल देती है।

उत्पत्ति की वैज्ञानिक और विवर्तनिक प्रक्रिया:

- **भू-गर्भिक अभेद्य परत:** पश्चिमी राजस्थान (विशेषकर इन्दिरा गांधी नहरी क्षेत्र) के धरातल के नीचे कुछ गहराई पर **चूने (Hardpan of Calcium Carbonate)** या **जिप्सम की एक सघन अभेद्य परत** पाई जाती है।
- **जल स्तर का ऊपर उठना:** जब इन क्षेत्रों में आधुनिक नहरी प्रणालियों द्वारा अनियंत्रित, अत्यधिक बाढ़-सिंचाई (Flood Irrigation) की जाती है या नहरों से जल का निरंतर रिसाव (Seepage) होता है, तो वह जल नीचे नहीं जा पाता। अभेद्य चूना परत के कारण पानी ऊपर की ओर संचित होने लगता है।
- **केशिकात्व क्रिया (Capillary Action):** इसके परिणामस्वरूप भूमिगत जल स्तर (Water Table) धरातल के बिल्कुल निकट पहुँच जाता है। अत्यधिक वाष्पीकरण के कारण नीचे की चट्टानों के लवणीय

तत्व (सोडियम सल्फेट, कार्बोनेट) पानी के साथ घुलकर केशिकात्व क्रिया द्वारा धरातल पर आ जाते हैं। पानी भाप बनकर उड़ जाता है और जमीन दलदली होकर सफेद लवण की परत से ढक जाती है।

सर्वाधिक प्रभावित क्षेत्र:

- हनुमानगढ़ जिले का **बड़ोपल गाँव**, पीलीबंगा, श्रीगंगानगर का सूरतगढ़ अंचल, तथा बीकानेर का नहरी बेल्ट। बड़ोपल गाँव इस पारिस्थितिक संकट के कारण पूरी तरह वीरान और दलदली बर्ड सैक्चुररी में बदल चुका है।

3. ऊसर, लवणीय एवं क्षारीय भूमि (Saline and Alkaline Soils)

यह मिट्टी के पीएच (pH) मान में होने वाले रासायनिक असंतुलन का प्रतिरूप है, जो पौधों के पोषण चक्र को पूरी तरह विधिक रूप से अवरुद्ध कर देता है।

रासायनिक वर्गीकरण एवं संकेतक:

मृदा की रासायनिक प्रकृति	पीएच (pH) मान सीमा	प्राथमिक संचित लवण कारक	वैज्ञानिक सुधारात्मक उपाय
लवणीय मृदा (Saline)	< 8.5 (विद्युत चालकता उच्च)	सोडियम क्लोराइड, सल्फेट्स (सफेद रेह आवरण)	प्रचुर शुद्ध जल द्वारा निक्षालन (Leaching)
क्षारीय मृदा (Alkaline)	> 8.5 (तुलनात्मक उच्च)	सोडियम कार्बोनेट (काला ऊसर आवरण)	जिप्सम (Gypsum) का रासायनिक अनुप्रयोग
अम्लीय मृदा (Acidic)	< 7.0 (न्यूनतम पीएच)	एल्युमिनियम और हाइड्रोजन आयन प्रचुरता	चूना पत्थर (Lime) का महीन चूर्ण छिड़काव

भौगोलिक वितरण:

- लवणीय और क्षारीय भूमियों का विस्तार बाड़मेर, जालोर, सांचौर (नेहड़ दलदल अंचल), नागौर, पाली, और नहरी सिंचित क्षेत्रों के सीमांतों पर प्रचुरता में पाया जाता है। स्थानीय भाषा में इन्हें 'रेह', 'ऊसर', 'कल्लड़' या 'बाकर' कहा जाता है।

4. मृदा स्वास्थ्य प्रबंधन योजनाएं एवं प्रशासनिक नीतियां

मृदा अवक्रमण को नियंत्रित करने और टिकाऊ एग्रो-इकोसिस्टम के विकास के लिए राष्ट्रीय और राज्य स्तर पर रणनीतिक विधिक नीतियां संचालित की जा रही हैं:

4.1 मृदा स्वास्थ्य कार्ड योजना (Soil Health Card Scheme):

- **शुरुआत:** इस राष्ट्रव्यापी योजना का विधिक शुभारंभ **19 फरवरी 2015** को राजस्थान के श्रीगंगानगर जिले के **सूरतगढ़** शहर से किया गया था।
- **केंद्रीय विज़न (थीम):** "स्वस्थ धरा, खेत हरा"।
- **मापदंड:** इसके अंतर्गत प्रयोगशालाओं में मिट्टी के **12 प्रमुख पैरामीटर्स** (मैक्रोन्यूट्रिएंट्स: N, P, K; द्वितीयक न्यूट्रिएंट: S; माइक्रोन्यूट्रिएंट्स: Zn, Fe, Cu, Mn, B; और भौतिक मापदंड: pH, EC, OC) की वैज्ञानिक जाँच कर किसानों को डिजिटल कार्ड जारी किए जाते हैं, ताकि रासायनिक उर्वरकों (जैसे यूरिया) के असंतुलित उपयोग को रोका जा सके।

4.2 प्रधानमंत्री कृषि सिंचाई योजना (PMKSY) - माइक्रो इरिगेशन:

- इसके तहत 'पर ड्रॉप मोर क्रॉप' के सिद्धांत पर सेम और लवणीय क्षेत्रों में **फव्वारा (Sprinkler) और बूंद-बूंद (Drip) सिंचाई** प्रणालियों को विधिक रूप से अनिवार्य और आर्थिक सहायता युक्त बनाया गया है।

5. अवक्रमित भूमियों के वैज्ञानिक सुधारात्मक उपाय (Remedial Measures)

मृदा विज्ञान और प्रादेशिक नियोजन के स्थापित सिद्धांतों के अनुसार, इन मृदा विसंगतियों के शमन के लिए निम्नलिखित व्यावहारिक समाधानों का अनुप्रयोग किया जाता है:

5.1 सेम की समस्या का जैविक और यांत्रिक समाधान:

- बायो-ड्रेनेज (Biological Drainage):** नहरी दलदली क्षेत्रों के किनारे प्रचुर मात्रा में **यूकेलिप्टस (सफेदा)** के वृक्षों का सघन रोपण करना। यह वृक्ष अपनी उच्च वाष्पोत्सर्जन क्षमता (High Transpiration) के कारण भूमिगत जल स्तर को तेजी से नीचे खींचने में सहायक होता है।
- इंडो-डच जल निकास परियोजना:** नीदरलैंड (हॉलैंड) के तकनीकी सहयोग से हनुमानगढ़ अंचल में धरातल के नीचे छिद्रित पाइपलाइनें (Sub-surface Drainage) बिछाई गई हैं, जो अतिरिक्त खारे पानी को बाहर निकालती हैं।

5.2 क्षारीय भूमि का रासायनिक उपचार:

- क्षारीय ऊसर भूमि के रासायनिक स्थिरीकरण के लिए **जिप्सम (जलयोजित कैल्शियम सल्फेट)** का छिड़काव किया जाता है। जिप्सम का कैल्शियम मिट्टी के विनिमयशील सोडियम को प्रतिस्थापित कर देता है, जिससे मिट्टी की छिद्रिलता (Porosity) पुनः लौट आती है। राजस्थान के बीकानेर का **जामसर** क्षेत्र इसके लिए जिप्सम की सबसे बड़ी आपूर्ति शृंखला है।

6. समेकित तुलनात्मक तालिका: मृदा अवक्रमण के चार मुख्य स्वरूप

अवक्रमण का स्वरूप	प्राथमिक गतिक कारक	प्रभावित मुख्य जिले	भू-आकृतिक / रासायनिक दुष्परिणाम	प्राथमिक सुधारात्मक उपाय
पवन अपरदन	तीव्र मरुस्थलीय हवाएँ	जैसलमेर, बाड़मेर, बीकानेर	उपजाऊ परत का उड़ना, बरखान स्तूप गतिशीलता।	शेल्टर बेल्ट (वृक्ष कतारें), सेवन घास रोपण।
अवनालि का अपरदन	तीव्र सतही जल प्रवाह	धौलपुर, करौली, सवाई माधोपुर	गहरे नालों और अनुपजाऊ उत्खात भूमि (बीहड़) का निर्माण।	कन्दरा सुधार कार्यक्रम, डांग विकास योजना।
सेम (जल-जमाव)	नहरी रिसाव + अभेद्य चूना परत	हनुमानगढ़ (बड़ोपल), श्रीगंगानगर	भू-जल स्तर का ऊपर आना, भूमि का दलदल में बदलना।	यूकेलिप्टस बायो-ड्रेनेज, सब-सरफेस पाइपलाइन।

क्षारीयता / ऊसर	केशिकात्व क्रिया, लवण संचय	जालोर, पाली, नागौर, बाड़मेर	पीएच मान >8.5 होना, मिट्टी का ऊसर बंजर होना।	जिप्सम का सघन अनुप्रयोग, लवणीय जल निक्षालन।
-----------------	----------------------------	-----------------------------	--	---

7. विषय केंद्रित पारिभाषिक शब्दावली (Keywords)

- **हार्डपैन (Hardpan):** धरातल के नीचे संचित कैल्शियम कार्बोनेट या जिप्सम की वह सघन अभेद्य परत जो जल के ऊर्ध्वाधर परिसंचरण (Percolation) को विधिक रूप से रोक देती है।
- **निक्षालन (Leaching):** जल के प्रभाव से मिट्टी के ऊपरी स्तरों के घुलनशील लवणों और पोषक तत्वों का घुलकर निचले स्तरों की ओर चले जाना।
- **बायो-ड्रेनेज:** यांत्रिक पंपों के बिना केवल सघन वृक्षों की जैविक वाष्पोत्सर्जन क्रिया द्वारा जल-जमाव वाले क्षेत्रों से पानी का स्तर कम करने की पर्यावरण-अनुकूल तकनीक।
- **रेंगती हुई मृत्यु:** मृदा अपरदन को दी गई वैज्ञानिक संज्ञा, क्योंकि यह मिट्टी की उर्वरता का क्रमिक और अदृश्य विनाश करती है।
- **रेह / कल्लड़:** शुष्क लवणीय भूमि की ऊपरी सतह पर जमा होने वाला सफेद नमक का चूर्ण विन्यास।

8. मृदा संरक्षण की आधुनिक प्रादेशिक रणनीतियाँ

मृदा स्वास्थ्य को दीर्घकालिक स्थायित्व देने के लिए आधुनिक कृषि भूगोल निम्नलिखित पर्यावरण-अनुकूल प्रतिरूपों के अनुप्रयोग पर बल देता है:

A. कन्दूर बांध निर्माण (Contour Bunding):

- अरावली के पर्वतीय और इनसेप्सॉल्स ढालों पर समान ऊँचाई वाले बिंदुओं को मिलाकर छोटे कन्दूर बांध बनाए जाते हैं, जो वर्षा जल के वेग को मंद कर चादर अपरदन को स्थायी विधिक सुरक्षा प्रदान करते हैं।

B. जैविक मल्लिंग (Organic Mulching):

- शुष्क एंटीसॉल्स खेतों में फसल के अवशेषों (जैसे बाजरे के डंठल या सूखी घास) की एक परत बिछाई जाती है। यह परत पवन अपरदन को रोकती है तथा सूर्य की सीधी किरणों को धीमा कर मिट्टी की नमी का वाष्पीकरण नियंत्रित रखती है।

9. मृदा स्वास्थ्य प्रबंधन कार्यक्रमों का प्रशासनिक एवं नीतिगत विन्यास

तालिका: प्रमुख योजनाओं का तुलनात्मक विन्यास

नीतिगत कार्यक्रम	विधिक / प्रशासनिक क्रियान्वयन ढांचा	प्राथमिक लक्ष्य	तकनीकी	मुख्य वित्तीय साझाकरण
मृदा स्वास्थ्य कार्ड	कृषि एवं किसान कल्याण विभाग (शुरुआत सूरतगढ़ से)	12 पैरामीटर्स की प्रयोगशाला जाँच, संतुलित एनपीके उर्वरक परामर्श।		60 : 40 (केंद्र : राज्य)

कन्दरा सुधार योजना	कमान क्षेत्र विकास एवं जलग्रहण विभाग	चम्बल बेसिन के बीहड़ों का समतलीकरण और वानस्पतिक स्थिरीकरण।	100% केंद्रीय वित्तीय सहायता
नर्मदा कमान ड्रिप नीति	नर्मदा कमान क्षेत्र प्राधिकरण (सांचौर/बाड़मेर अंचल)	क्षारीयता रोकने हेतु शत-प्रतिशत खेतों में केवल ड्रिप सिंचाई की विधिक अनिवार्यता।	राज्य विधिक नियामक ढांचा
एकीकृत जलसंभर योजना	भू-संरक्षण एवं जलग्रहण निदेशालय विकास	माइक्रो-वाटरशेड स्तर पर चेकडैम निर्माण, मृदा नमी स्थिरीकरण।	केंद्र-राज्य एकीकृत वाटरशेड फंड

राजस्थान का मृदा संसाधन राज्य की खाद्य आत्मनिर्भरता का मुख्य अन्न भंडार है। पवन और जल अपरदन के उग्र स्वरूपों को नियंत्रित करना, नहरी क्षेत्रों की सेम समस्या का यूकेलिप्टस बायो-ड्रेनेज द्वारा यांत्रिक समाधान करना और क्षारीय ऊसर भूमियों में जिप्सम के विधिक व वैज्ञानिक अनुप्रयोग को बढ़ावा देना ही राज्य के कृषि भूगोल को भावी पीढ़ियों के लिए सुरक्षित रखने का एकमात्र रक्षात्मक मार्ग है।

wincompete