



UGC-NET

पर्यावरण विज्ञान

National Testing Agency (NTA)

पेपर 2 || भाग 2

UGC NET पेपर – 2 (पर्यावरण विज्ञान)

क्र.सं.	अध्याय	पृष्ठ सं.
इकाई - III : पर्यावरण जीवविज्ञान		
1.	अंतःविषय विज्ञान के रूप में पारिस्थितिकी, जीवन और प्रजाति की उत्पत्ति, मानव पारिस्थितिकी और बस्ती	1
2.	पारिस्थितिकी तंत्र संरचना और कार्य: संरचनाएं - जैविक और अजैविक घटक, कार्य - पारिस्थितिकी तंत्र में ऊर्जा प्रवाह, ऊर्जा प्रवाह मॉडल, खाद्य श्रृंखलाएं और खाद्य जाल	7
3.	जैव-भू-रासायनिक चक्र, पारिस्थितिक उत्तराधिकार, प्रजाति विविधता	15
4.	इकोटोन, एज इफेक्ट, पारिस्थितिक आवास, आला, पारिस्थितिकी तंत्र स्थिरता	22
5.	पारिस्थितिकी तंत्र सेवाएं, पारिस्थितिकी तंत्र वर्गीकरण का आधार, प्रकार: रेगिस्तान (गर्म और ठंडा), जंगल, पर्वतीय क्षेत्र	30
6.	पारिस्थितिकी तंत्र के प्रकार: आर्द्रभूमि, लोटिक, लेंटिक, एस्टुरीन (मैंग्रोव), महासागरीय	38
7.	बायोम: अवधारणा, वर्गीकरण, वितरण, टुंड्रा, टैगा, घास का मैदान	46
8.	बायोम: पर्णपाती वन, हाइलैंड बर्फीले अल्पाइन, चैपरल, सवाना, उष्णकटिबंधीय वर्षा वन	54
9.	जनसंख्या पारिस्थितिकी: जनसंख्या की विशेषताएं, वहन क्षमता की अवधारणा, जनसंख्या वृद्धि और विनियमन, जनसंख्या में उतार-चढ़ाव, फैलाव और मेटापोपुलेशन, 'आर' और 'के' प्रजातियों की अवधारणा, कीस्टोन प्रजातियां	61
10.	सामुदायिक पारिस्थितिकी: परिभाषा, सामुदायिक अवधारणा, प्रकार और अंतःक्रिया - शिकार, शाकाहारी, परजीविता और एलेलोपैथी, जैविक आक्रमण	71
11.	जैव विविधता और संरक्षण: परिभाषा, प्रकार, जैव विविधता का महत्व और जैव विविधता के लिए खतरे, 'हॉटस्पॉट' की पहचान की अवधारणा और आधार, भारत में हॉटस्पॉट, जैव विविधता के उपाय, जैव विविधता संरक्षण के लिए रणनीति: इन सीटू, एक्स सीटू और इन विट्रो संरक्षण, भारत में राष्ट्रीय उद्यान, अभयारण्य, संरक्षित क्षेत्र और पवित्र उपवन, जीन पूल की अवधारणाएं, बायोपाइरेसी और जैव-पूर्वक्षण, पुनर्स्थापना पारिस्थितिकी की अवधारणा, भारत की विलुप्त, दुर्लभ, लुप्तप्राय और संकटग्रस्त वनस्पति और जीव, औद्योगिक अवधारणा पारिस्थितिकी	80
12.	विष विज्ञान और सूक्ष्म जीव विज्ञान, पर्यावरण जैव प्रौद्योगिकी: बायोरेमेडिएशन, बायोइंडिकेटर, बायोफर्टिलाइज़र, जैव ईंधन, बायोसेंसर	93
इकाई - IV : पर्यावरण भूविज्ञान		
1.	पृथ्वी की उत्पत्ति, प्राथमिक भू-रासायनिक विभेदन और कोर, मेंटल, क्रस्ट, वायुमंडल और जलमंडल का निर्माण, खनिजों और चट्टानों की अवधारणा	102
2.	आग्नेय और कायांतरित चट्टानों का निर्माण, भू-आकृतियों के निर्माण पर नियंत्रण - टेक्टोनिक (प्लेट टेक्टोनिक्स सहित) और जलवायु संबंधी	109

3.	स्थिर अवस्था और संतुलन की अवधारणा, पृथ्वी का ऊर्जा बजट, पृथ्वी का तापीय वातावरण और ऋतुएँ	115
4.	कॉरियोलिस बल, दाब प्रवणता बल, घर्षण बल, भूस्थैतिक पवन क्षेत्र, प्रवणता पवन	121
5.	भारत की जलवायु, पश्चिमी विक्षोभ, भारतीय मानसून, सूखा, अल नीओ, ला नीआ	128
6.	प्राकृतिक चक्रों, भूभौतिकीय क्षेत्रों, अपक्षय (अपक्षय प्रतिक्रियाओं सहित), कटाव, परिवहन और तलछट के जमाव की निवास समय और दरों की अवधारणा	136
7.	मिट्टी बनाने वाले खनिज और मिट्टी निर्माण की प्रक्रिया, मिट्टी के खनिजों की पहचान और लक्षण वर्णन, मिट्टी के भौतिक और रासायनिक गुण, मिट्टी के प्रकार और मिट्टी निर्माण पर जलवायु नियंत्रण, धनायन विनिमय क्षमता और खनिज नियंत्रण	143
8.	तत्वों का भू-रासायनिक वर्गीकरण, पृथ्वी, भूपर्पटी, जलमंडल और जैवमंडल में तत्वों की प्रचुरता, सतही भूगर्भीय प्रक्रियाओं के दौरान तत्वों का विभाजन, तत्वों का भू-रासायनिक पुनर्चक्रण, पुराजलवायु	151
9.	पृथ्वी में जल का वितरण, जल विज्ञान और जल भूविज्ञान, भारत के प्रमुख बेसिन और भूजल प्रांत, डार्सी का नियम और इसकी वैधता, भूजल में उतार-चढ़ाव, हाइड्रोलिक चालकता, भूजल ट्रेसर, भूमि अवतलन, भूजल के अत्यधिक उपयोग के प्रभाव, भूजल गुणवत्ता, भूजल संसाधनों का प्रदूषण, मीठे-खारे पानी के बीच गिबेन-हर्ज़बर्ग संबंध	159
10.	प्राकृतिक संसाधन अन्वेषण और दोहन तथा संबंधित पर्यावरणीय चिंताएँ, ऐतिहासिक परिप्रेक्ष्य और गैर-नवीकरणीय संसाधनों का संरक्षण, प्राकृतिक खतरे (बाढ़, भूस्खलन, भूकंप, ज्वालामुखी, हिमस्खलन, सुनामी, बादल फटना), खतरों की भविष्यवाणी और उनके प्रभावों का शमन	167

अंतःविषय विज्ञान के रूप में पारिस्थितिकी, जीवन और प्रजाति की उत्पत्ति, मानव पारिस्थितिकी और बस्ती

परिचय

पर्यावरण जीवविज्ञान, जिसका मूल पारिस्थितिकी है, जीवों और उनके पर्यावरण के बीच जटिल संबंधों को उजागर करता है, जैव विविधता हानि, जलवायु परिवर्तन और शहरीकरण जैसी वैश्विक चुनौतियों का समाधान करने के लिए एक आधार प्रदान करता है। **एक अंतःविषय विज्ञान के रूप में पारिस्थितिकी, जीवन और प्रजाति की उत्पत्ति, मानव पारिस्थितिकी और निपटान** कई विषयों के साथ पारिस्थितिकी के एकीकरण, जीवन की उत्पत्ति और प्रजातियों के विविधीकरण की ओर ले जाने वाली प्रक्रियाओं और मानव आबादी और बस्तियों की पारिस्थितिक गतिशीलता की खोज करता है। यह भाग पारिस्थितिकी की अंतःविषय प्रकृति (जीव विज्ञान, रसायन विज्ञान, समाजशास्त्र के साथ संबंध), जीवन की उत्पत्ति (सिद्धांत, रासायनिक विकास), प्रजातिकरण (तंत्र, पैटर्न), और मानव पारिस्थितिकी (बस्ती पैटर्न, शहरी प्रभाव), संरक्षण, शहरी नियोजन और स्थिरता में अनुप्रयोगों के साथ शामिल करता है। परीक्षाओं में अक्सर पूछे जाने वाले विषयों में पारिस्थितिक सिद्धांत, प्रजातिकरण प्रक्रियाएं और शहरीकरण के पर्यावरणीय प्रभाव शामिल हैं।

1. पारिस्थितिकी, जीवन की उत्पत्ति, प्रजाति-निर्माण और मानव पारिस्थितिकी का अवलोकन

1.1 परिभाषा और महत्व

पारिस्थितिकी जीवों और उनके पर्यावरण के बीच अंतःक्रियाओं का अध्ययन है, जिसमें जीव विज्ञान, रसायन विज्ञान, भौतिकी और समाजशास्त्र जैसे विषयों को एकीकृत किया जाता है। **जीवन की उत्पत्ति** इस बात की जांच करती है कि रासायनिक विकास के माध्यम से निर्जीव पदार्थ से जीवन कैसे उभरा। **प्रजातिकरण** वह प्रक्रिया है जिसके द्वारा नई प्रजातियाँ बनती हैं, जो जैव विविधता को बढ़ावा देती हैं। **मानव पारिस्थितिकी** मानव-पर्यावरण अंतःक्रियाओं का अध्ययन करती है, जो बस्तियों के पैटर्न और उनके पारिस्थितिक प्रभावों पर ध्यान केंद्रित करती है।

• महत्वपूर्ण अवधारणाएं :

- **पारिस्थितिकी** : अंतःविषय, जैविक/अजैविक अंतःक्रियाओं का अध्ययन (जैसे, हिमालयी पारिस्थितिकी तंत्र)।
- **जीवन की उत्पत्ति** : रासायनिक विकास, जीवोत्पत्ति (जैसे, आदिम सूप सिद्धांत)।
- **प्रजाति उद्भव** : एलोपैट्रिक, सिम्पैट्रिक तंत्र (उदाहरणार्थ, पश्चिमी घाट स्थानिक)।
- **मानव पारिस्थितिकी** : शहरीकरण, संसाधन उपयोग (जैसे, दिल्ली की 20 मिलियन जनसंख्या)।

• पर्यावरण प्रणालियों में कार्य :

- **पारिस्थितिकी तंत्र** : पारिस्थितिकी खाद्य जाल, पोषक चक्र (जैसे, गंगा बेसिन) की व्याख्या करती है।
- **जैव विविधता** : प्रजातिकरण से प्रजातियों की समृद्धि बढ़ती है (भारत में वैश्विक प्रजातियों का लगभग 10%)।
- **मानव प्रणालियाँ** : बस्तियाँ पारिस्थितिकी तंत्र को प्रभावित करती हैं (उदाहरण के लिए, मुंबई में मैग्रोव का विनाश)।

• पर्यावरण विज्ञान में महत्व :

- संरक्षण का मार्गदर्शन करना (जैसे, पश्चिमी घाट के हॉटस्पॉट)।
- शहरी नियोजन (जैसे, स्मार्ट सिटी मिशन) की जानकारी देता है।
- स्थिरता को संबोधित करता है (जैसे, MoEFCC नीतियाँ)।

• भारतीय संदर्भ :

- **पारिस्थितिकी** : हिमालयी जैव विविधता (~8,000 प्रजातियाँ)।
- **प्रजाति-विन्यास** : पश्चिमी घाट स्थानिक (~30% वनस्पति अद्वितीय)।
- **मानव पारिस्थितिकी** : दिल्ली का शहरी फैलाव (~1,500 वर्ग किमी)।
- **नीति** : राष्ट्रीय जैव विविधता कार्य योजना, स्मार्ट सिटी मिशन।

1.2 ऐतिहासिक परिप्रेक्ष्य

- **प्राचीन भारत** : वैदिक ग्रंथों में पारिस्थितिक संतुलन का वर्णन किया गया है; अर्थशास्त्र में संसाधन प्रबंधन का उल्लेख किया गया है।
- **वैश्विक मील के पत्थर** :
 - **1866** : अर्नस्ट हेकेल ने "पारिस्थितिकी" शब्द गढ़ा।
 - **1859** : चार्ल्स डार्विन की पुस्तक ऑन द ओरिजिन ऑफ स्पीशीज़ में प्रजाति-उद्भव की रूपरेखा प्रस्तुत की गई।
 - **1927** : ओपेरिन-हाल्डेन ने जीवन की उत्पत्ति के लिए रासायनिक विकास का प्रस्ताव रखा।
 - **1960 का दशक** : शहरीकरण अध्ययन के साथ मानव पारिस्थितिकी का उदय हुआ।

• आधुनिक युग :

- भारत के एनबीआरआई, डब्ल्यूआईआई पारिस्थितिकी, जैव विविधता (2025) का अध्ययन करते हैं।
- वैश्विक रूपरेखा (जैसे, सीबीडी, 2023) 2025 तक प्रजाति-उद्भव, शहरीकरण को संबोधित करती है।

1.3 पारिस्थितिकी का दायरा, जीवन की उत्पत्ति, प्रजाति-निर्माण और मानव पारिस्थितिकी

- **पारिस्थितिकी** : पारिस्थितिकी तंत्र प्रबंधन के लिए विज्ञान को एकीकृत करता है।
- **जीवन की उत्पत्ति** : जीवन के रासायनिक आधार की व्याख्या करता है।
- **प्रजातिकरण** : जैव विविधता, संरक्षण को बढ़ावा देता है।
- **मानव पारिस्थितिकी** : टिकाऊ बस्तियों को आकार देना।
- **भारतीय संदर्भ** :
 - **पारिस्थितिकी** : सुंदरवन का मैंग्रोव पारिस्थितिकी तंत्र।
 - **प्रजातिकरण** : नीलगिरि पश्चिमी घाट में तहर।
 - **मानव पारिस्थितिकी** : मुंबई की झुग्गी पारिस्थितिकी।
 - **नीति** : पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय, आईसीएआर जैव विविधता और शहरी नियोजन को बढ़ावा देंगे।

तालिका 1: पारिस्थितिकी का दायरा, जीवन की उत्पत्ति, प्रजाति-निर्माण और मानव पारिस्थितिकी

अवधारणा	केंद्र	भूमिका	भारतीय उदाहरण
पारिस्थितिकी	जीव-पर्यावरण	पारिस्थितिकी तंत्र प्रबंधन	हिमालयी जैव विविधता
जीवन की उत्पत्ति	रासायनिक विकास	जीवन का आधार	प्रारंभिक अध्ययन
प्रजातिकरण	प्रजाति निर्माण	जैव विविधता	पश्चिमी घाट की स्थानिक प्रजातियाँ
मानव पारिस्थितिकी	मानव पर्यावरण	टिकाऊ बस्तियाँ	दिल्ली शहरीकरण
अनुप्रयोग	संरक्षण, योजना	वहनीयता	MoEFCC, स्मार्ट सिटीज

2. पारिस्थितिकी एक अंतःविषय विज्ञान के रूप में

2.1 परिभाषा और सिद्धांत

पारिस्थितिकी जीवों (जैविक) और उनके पर्यावरण (अजैविक) के बीच अंतःक्रियाओं का अध्ययन करती है, तथा पारिस्थितिकी तंत्र को समझने के लिए कई विषयों को एकीकृत करती है।

• एकीकृत विषय :

- **जीवविज्ञान** : प्रजातियों के बीच अंतःक्रिया (जैसे, सुंदरवन में शिकार)।
- **रसायन विज्ञान** : पोषक चक्र (उदाहरणार्थ, गंगा एन ~50 मिग्रा/ली)।
- **भौतिकी** : ऊर्जा प्रवाह (जैसे, वनों में सौर इनपुट)।
- **समाजशास्त्र** : मानवीय प्रभाव (जैसे, दिल्ली शहरीकरण)।
- **भूगोल** : स्थानिक पैटर्न (जैसे, हिमालयी बायोम)।

• सिद्धांत :

- **अन्योन्याश्रितता**: जीव पर्यावरण पर निर्भर करते हैं (उदाहरण के लिए, मैंग्रोव तटों को स्थिर करते हैं)।
- **ऊर्जा प्रवाह**: ट्रोफिक स्तर (जैसे, 10% ऊर्जा स्थानांतरण)।
- **पोषक चक्रण**: सी, एन, पी चक्र (उदाहरणार्थ, गंगा बेसिन)।

• पर्यावरणीय भूमिका :

- पारिस्थितिकी तंत्र की गतिशीलता (जैसे, पश्चिमी घाट जैव विविधता) की व्याख्या करता है।
- संरक्षण का मार्गदर्शन (उदाहरणार्थ, भारत की 10% भूमि संरक्षित)।

• उदाहरण :

- **वैश्विक** : अमेज़न खाद्य जाल।
- **भारत** : कॉर्बेट राष्ट्रीय उद्यान में बाघ-शिकार की गतिशीलता।

2.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- **पारिस्थितिकी तंत्र स्वास्थ्य** : जैव विविधता को संतुलित करता है (उदाहरणार्थ, हिमालय में लगभग 8,000 प्रजातियाँ)।
- **प्रदूषण** : मानवीय प्रभाव पारिस्थितिकी को बाधित करते हैं (उदाहरण के लिए, गंगा BOD ~30 mg/L)।
- **जलवायु** : CO₂ को नियंत्रित करता है (~410 पीपीएम, भाग 11)।
- **भारतीय संदर्भ** :
 - **जैव विविधता** : पश्चिमी घाट की 30% वनस्पति स्थानिक है।
 - **शहरीकरण** : दिल्ली के हरित आवरण में कमी (वर्ष 2000 से ~20%)।
 - **शमन** : राष्ट्रीय जैव विविधता कार्य योजना, वनरोपण।

2.3 अनुप्रयोग

- **संरक्षण** : पारिस्थितिक तंत्रों की सुरक्षा करता है (जैसे, सुंदरबन मैंग्रोव)।
- **संसाधन प्रबंधन** : टिकाऊ कृषि (जैसे, पंजाब)।
- **नीति विकास** : पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की पारिस्थितिकी-पुनर्स्थापना योजनाएँ।
- **भारतीय संदर्भ** :
 - **संरक्षण** : 104 राष्ट्रीय उद्यान, 566 अभयारण्य।
 - **नीति** : वन्यजीव संरक्षण अधिनियम, 1972।

2.4 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या** : उत्पादकों (10,000 kJ) से प्राथमिक उपभोक्ताओं (10% दक्षता) तक ऊर्जा हस्तांतरण की गणना करें।
- **समाधान** :
 - ऊर्जा = 10,000 × 0.1 = 1,000 kJ.
- **प्रासंगिकता** : ट्राफिक स्तरों से जुड़े पारिस्थितिक ऊर्जा प्रवाह का परीक्षण करता है।

2.5 भारतीय केस स्टडी: हिमालयी पारिस्थितिकी

- **संदर्भ** : हिमालय में लगभग 8,000 प्रजातियाँ और अद्वितीय पारिस्थितिकी तंत्र मौजूद हैं (WII, 2025)।
- **आवेदन** :
 - **पारिस्थितिकी** : जीव विज्ञान (प्रजातियाँ), रसायन विज्ञान (पोषक तत्व), भूगोल (ऊँचाई) को एकीकृत करता है।
 - **प्रभाव** : जैव विविधता को समर्थन देता है, जलवायु को नियंत्रित करता है।
- **प्रभाव** :
 - पारिस्थितिकी तंत्र: 10% प्रजातियाँ स्थानिक।
 - खतरे: वनों की कटाई (~ 1% वन हानि/वर्ष)।
- **शमन** : हिमालयी पारिस्थितिकी तंत्र को बनाए रखने के लिए राष्ट्रीय मिशन।

3. जीवन की उत्पत्ति

3.1 परिभाषा और सिद्धांत

जीवन की उत्पत्ति इस बात की जांच करती है कि लगभग 3.5-4 अरब वर्ष पूर्व रासायनिक विकास के माध्यम से निर्जीव पदार्थों से जीवन किस प्रकार उभरा।

- **सिद्धांत** :
 - **प्रिमोर्डियल सूप (ओपेरिन - हाल्डेन)** : अपचायक वातावरण (CH_4 , NH_3 , H_2O) में निर्मित कार्बनिक अणु।
 - **मिलर-यूरे प्रयोग (1953)** : प्रारंभिक स्थितियों के तहत अमीनो एसिड का संश्लेषण किया गया।
 - **गहरे समुद्र के छिद्र** : हाइड्रोथर्मल छिद्र ऊर्जा, खनिज प्रदान करते थे।
 - **पैनस्पर्मिया** : बाह्य अंतरिक्ष स्रोतों से जीवन।
- **रासायनिक विकास** :
 - मोनोमर्स (अमीनो एसिड) → पॉलिमर्स (प्रोटीन) → स्व-प्रतिकृति अणु (आरएनए)।
- **पर्यावरणीय भूमिका** :
 - जीवन के रासायनिक आधार की व्याख्या करता है (जैसे, आरएनए विश्व परिकल्पना)।
- **उदाहरण** :
 - **वैश्विक** : पृथ्वी का प्रारंभिक अमीनो एसिड निर्माण।
 - **भारत** : इसरो में खगोल जीव विज्ञान अनुसंधान।

3.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- **जैव विविधता** : उत्पत्ति से प्रजातियों में विविधता आई (विश्व स्तर पर लगभग 1.8 मिलियन प्रजातियाँ)।
- **पारिस्थितिकी तंत्र** : स्थापित चक्र (जैसे, C, N)।
- **विज्ञान** : खगोल जीव विज्ञान, विकास अध्ययन का मार्गदर्शन करता है।
- **भारतीय संदर्भ** :
 - **अनुसंधान** : आईआईएससी रासायनिक विकास का अध्ययन करता है।
 - **जीवाश्म** : हिमालय में कैम्ब्रियन जीवाश्म (~540 माइया)।
 - **शमन** : इसरो के खगोल जीव विज्ञान कार्यक्रम।

3.3 अनुप्रयोग

- **खगोलजीवविज्ञान** : बाह्यग्रहीय जीवन की खोज (जैसे, मंगल मिशन)।
- **जैव प्रौद्योगिकी** : प्रारंभिक रसायन विज्ञान की नकल (जैसे, सिंथेटिक जीवविज्ञान)।
- **शिक्षा** : विकासवादी जीव विज्ञान की जानकारी (जैसे, एनसीईआरटी)।
- **भारतीय संदर्भ** :
 - **शोध** : इसरो के चंद्रयान मिशन।
 - **नीति** : डीएसटी खगोल जीव विज्ञान का समर्थन करता है।

3.4 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या :** यदि 1 मोल CH_4 0.1 मोल ग्लाइसिन (मोलर द्रव्यमान ग्लाइसिन = 75 ग्राम / मोल) उत्पन्न करता है, तो अमीनो एसिड उपज की गणना करें।
- **समाधान :**
 - द्रव्यमान = $0.1 \times 75 = 7.5$ ग्राम.
- **प्रासंगिकता :** जीवन की उत्पत्ति से जुड़े रासायनिक विकास का परीक्षण।

3.5 भारतीय केस स्टडी: हिमालयी जीवाश्म अध्ययन

- **संदर्भ :** हिमालयी कैम्ब्रियन जीवाश्म (~ 540 माइया) से प्रारंभिक जीवन का पता चलता है (WII, 2025)।
- **आवेदन :**
 - **उत्पत्ति :** रासायनिक विकास के परिणामस्वरूप प्रारंभिक जीवों की उत्पत्ति हुई।
 - **प्रभाव :** जैव विविधता की उत्पत्ति की जानकारी देता है।
- **प्रभाव :**
 - विज्ञान: विकासवादी सिद्धांतों का समर्थन करता है।
 - शिक्षा: एनसीईआरटी पाठ्यक्रम।
- **शमन :** WII का जीवाश्म संरक्षण।

4. प्रजाति-उद्भव

4.1 परिभाषा और तंत्र

प्रजाति-उद्भव वह विकासवादी प्रक्रिया है जिसके द्वारा आनुवंशिक विचलन के माध्यम से नई प्रजातियाँ बनती हैं।

- **तंत्र :**
 - **एलोपैट्रिक :** भौगोलिक पृथक्करण (जैसे, पश्चिमी घाट स्थानिक)।
 - **सिम्युट्रिक :** एक ही क्षेत्र में प्रजनन पृथक्करण (जैसे, पौधों में पॉलीप्लोइडी)।
 - **पैरापैट्रिक :** आंशिक अलगाव (जैसे, संकर क्षेत्र)।
- **प्रक्रियाएं :**
 - **उत्परिवर्तन :** आनुवंशिक परिवर्तन (~0.1% उत्परिवर्तन दर)।
 - **प्राकृतिक चयन :** योग्यतम की उत्तरजीविता (उदाहरणार्थ, डार्विन के फिच)।
 - **आनुवंशिक बहाव :** यादृच्छिक एलील परिवर्तन।
- **पर्यावरणीय भूमिका :**
 - जैव विविधता को बढ़ावा देता है (विश्व स्तर पर लगभग 1.8 मिलियन प्रजातियाँ)।
- **उदाहरण :**
 - **वैश्विक :** गैलापागोस फिच.
 - **भारत :** नीलगिरि तहर (पश्चिमी घाट)।

4.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- **जैव विविधता :** प्रजातियों की समृद्धि में वृद्धि होती है (पश्चिमी घाट में ~ 30% स्थानिक वनस्पतियाँ)।
- **पारिस्थितिकी तंत्र :** लचीलापन बढ़ाता है (उदाहरण, सुंदरबन)।
- **संरक्षण :** स्थानिक प्रजातियों की रक्षा करना (जैसे, भारत की 10% प्रजातियाँ खतरे में हैं)।
- **भारतीय संदर्भ :**
 - **स्थानिक पौधे :** हिमालय में लगभग 1,500 स्थानिक पौधे।
 - **खतरे :** आवास की हानि (वर्ष 2000 से अब तक ~20% वन क्षेत्र नष्ट हो चुका है)।
 - **शमन :** राष्ट्रीय जैव विविधता कार्य योजना।

4.3 अनुप्रयोग

- **संरक्षण :** स्थानिक प्रजातियों (जैसे, पश्चिमी घाट के हॉटस्पॉट) को संरक्षित करना।
- **कृषि :** प्रतिरोधी फसलें विकसित करना (जैसे, संकर चावल)।
- **अनुसंधान :** विकासवादी अध्ययन (जैसे, WII)।
- **भारतीय संदर्भ :**
 - **संरक्षण :** 18 जैवमंडल रिजर्व।
 - **नीति :** जैव विविधता अधिनियम, 2002।

4.4 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या :** 0.5, 0.3, 0.2 अनुपात वाली 3 प्रजातियों के लिए प्रजाति विविधता (शैन्नन इंडेक्स, एच) की गणना करें।
- **समाधान :**
 - $H = -\sum (p_i \ln p_i) = -(0.5 \ln 0.5) + (0.3 \ln 0.3) + (0.2 \ln 0.2) \approx 1.03$.
- **प्रासंगिकता :** प्रजाति-उद्भव से जुड़ी विविधता का परीक्षण।

4.5 भारतीय केस स्टडी: पश्चिमी घाट प्रजातिकरण

- **संदर्भ** : पश्चिमी घाट में लगभग 30% स्थानिक प्रजातियां पाई जाती हैं (WII, 2025)।
- **आवेदन** :
 - **प्रजातिकरण** : एलोपैट्रिक अलगाव (उदाहरण, नीलगिरि तहर)।
 - **प्रभाव** : उच्च जैव विविधता (~5,000 पादप प्रजातियाँ)।
- **प्रभाव** :
 - संरक्षण: यूनेस्को विश्व धरोहर स्थल।
 - खतरे: वनों की कटाई (~ 1% हानि/वर्ष)।
- **शमन** : पश्चिमी घाट पारिस्थितिकी विशेषज्ञ पैनल।

5. मानव पारिस्थितिकी और बस्ती

5.1 परिभाषा और अवधारणाएँ

मानव पारिस्थितिकी पर्यावरण के साथ मानव अंतःक्रिया का अध्ययन करती है, तथा बस्तियों के पैटर्न, संसाधनों के उपयोग और पारिस्थितिक प्रभावों पर ध्यान केंद्रित करती है।

- **अवधारणाएँ** :
 - **बस्तियाँ** : ग्रामीण (जैसे, गाँव), शहरी (जैसे, दिल्ली)।
 - **संसाधन उपयोग** : जल, ऊर्जा (उदाहरणार्थ, भारत की 1,500 TWh /वर्ष ऊर्जा)।
 - **प्रभाव** : वनों की कटाई, प्रदूषण (जैसे, दिल्ली PM2.5 ~100 µg/m³)।
- **पैटर्न** :
 - **शहरीकरण** : 35% भारत शहरीकृत है (2021 की जनगणना)।
 - **मलिन बस्तियाँ** : भारतीय मलिन बस्तियों में 65 मिलियन (यूएन-हैबिटेट, 2025)।
- **पर्यावरणीय भूमिका** :
 - पारिस्थितिकी तंत्र को आकार देता है (उदाहरण के लिए, मुंबई में मैंग्रोव का विनाश)।
- **उदाहरण** :
 - **वैश्विक** : टोक्यो का शहरी फैलाव।
 - **भारत** : दिल्ली की 20 मिलियन जनसंख्या।

5.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- **प्रदूषण** : शहरी PM2.5, CO₂ (भारत में ~2.6 Gt/वर्ष)।
- **आवास क्षति** : 2000 से 20% वन क्षेत्र नष्ट हो गया।
- **संसाधन** : जल संकट (भारत में 600 मिलियन प्रभावित)।
- **भारतीय संदर्भ** :
 - **शहरी** : दिल्ली का AQI ~300।
 - **ग्रामीण** : पूर्वोत्तर में वनों की कटाई।
 - **शमन** : स्मार्ट सिटी मिशन, स्वच्छ भारत।

5.3 अनुप्रयोग

- **शहरी नियोजन** : टिकाऊ शहर (जैसे, अमृत)।
- **संरक्षण** : शहरी हरित स्थान (जैसे, दिल्ली का 20% हरित आवरण)।
- **नीति** : पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की शहरी पारिस्थितिकी नीतियाँ।
- **भारतीय संदर्भ** :
 - **योजना** : 100 स्मार्ट शहरों की योजना बनाई गई।
 - **नीति** : राष्ट्रीय शहरी नीति ढांचा।

5.4 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या** : यदि दिल्ली की जनसंख्या 5 वर्षों में 18 मिलियन से 20 मिलियन हो जाती है तो जनसंख्या वृद्धि दर की गणना करें।
- **समाधान** :
 - दर = $(20 - 18)/18 \times 100 \div 5 \approx 2.22\%/वर्ष$ ।
- **प्रासंगिकता** : शहरीकरण से जुड़ी मानव पारिस्थितिकी का परीक्षण।

5.5 भारतीय केस स्टडी: दिल्ली शहरी पारिस्थितिकी

- **संदर्भ** : दिल्ली की 20 मिलियन जनसंख्या, ~1,500 वर्ग किमी फैलाव (सीपीसीबी, 2025)।
- **आवेदन** :
 - **मानव पारिस्थितिकी** : शहरीकरण से PM2.5 (~100 µg/m³) बढ़ता है।
 - **प्रभाव** : स्वास्थ्य, पारिस्थितिकी तंत्र पर दबाव।

- **प्रभाव :**
 - स्वास्थ्य: 1 मिलियन श्वसन मामले/वर्ष .
 - आर्थिक: 10 बिलियन डॉलर प्रति वर्ष घाटा।
 - **शमन :** एनसीएपी का जीआरएपी, स्मार्ट सिटीज मिशन।
- 6. पारिस्थितिकी, उत्पत्ति, प्रजाति निर्माण और बस्तियों पर मानवीय प्रभाव**
- 6.1 प्रदूषण**
- **तंत्र :** उत्सर्जन से पारिस्थितिकी तंत्र, बस्तियाँ बाधित होती हैं।
 - **प्रभाव :**
 - **पारिस्थितिकी :** दिल्ली का धुँआ (PM2.5 ~100 µg/m³).
 - **प्रजाति-उद्भव :** आवास की क्षति से स्थानिक प्रजातियों में कमी आती है (~20% पश्चिमी घाट)।
 - **भारतीय संदर्भ :** गंगा का BOD ~30 mg/L.
 - **शमन :** एनसीएपी, नमामि गंगे .

- 6.2 वनों की कटाई**
- **तंत्र :** बस्तियों के लिए भूमि साफ़ करना।
 - **प्रभाव :**
 - **पारिस्थितिकी :** सुंदरवन में मैंग्रोव की हानि (वर्ष 2000 से ~10%)।
 - **प्रजातिकरण :** स्थानिक प्रजातियों (जैसे, नीलगिरि) को खतरा पहुंचाता है तहर).
 - **भारतीय संदर्भ :** पूर्वोत्तर में प्रतिवर्ष 1% वन हानि।
 - **शमन :** एनएपीसीसी का ग्रीन इंडिया मिशन।

- 6.3 शहरीकरण**
- **तंत्र :** बस्ती विस्तार.
 - **प्रभाव :**
 - **पारिस्थितिकी :** मुंबई की आर्द्रभूमि की हानि (1990 से ~ 50%)।
 - **मानव पारिस्थितिकी :** मलिन बस्तियों की वृद्धि (भारत में 65 मिलियन)।
 - **भारतीय संदर्भ :** दिल्ली की जनसंख्या 20 मिलियन है ।
 - **शमन :** स्मार्ट सिटीज मिशन।

7. पारिस्थितिकी के अनुप्रयोग, उत्पत्ति, प्रजाति निर्माण और मानव पारिस्थितिकी

- 7.1 संरक्षण**
- **भूमिका :** पारिस्थितिकी तंत्र, प्रजातियों की रक्षा करना।
 - **अनुप्रयोग :**
 - स्थानिक प्रजातियों के लिए आरक्षित क्षेत्र (जैसे, पश्चिमी घाट)।
 - पारिस्थितिकी-पुनर्स्थापन (जैसे, सुंदरवन)।
 - **भारतीय संदर्भ :** 18 बायोस्फीयर रिजर्व।

- 7.2 शहरी नियोजन**
- **भूमिका :** टिकाऊ बस्तियाँ।
 - **अनुप्रयोग :**
 - हरित शहर (जैसे, बेंगलुरु)।
 - झुग्गी पुनर्वास (जैसे, मुंबई)।
 - **भारतीय संदर्भ :** स्मार्ट सिटी मिशन।

- 7.3 अनुसंधान**
- **भूमिका :** ज्ञान को आगे बढ़ाना।
 - **अनुप्रयोग :**
 - प्रजातिकरण अध्ययन (जैसे, WII).
 - खगोल जीव विज्ञान (जैसे, इसरो)।
 - **भारतीय संदर्भ :** आईआईएससी , एनबीआरआई अनुसंधान।

तालिका 8: पारिस्थितिकी के अनुप्रयोग, उत्पत्ति, प्रजाति निर्माण और मानव पारिस्थितिकी

आवेदन	विवरण	फ़ायदे	भारतीय उदाहरण
संरक्षण	पारिस्थितिकी तंत्र की रक्षा करता है	जैव विविधता को बढ़ाता है	पश्चिमी घाट
शहरी नियोजन	टिकाऊ शहर	जीवन में सुधार	स्मार्ट शहर
अनुसंधान	विज्ञान की उन्नति	नीति की जानकारी देता है	WII प्रजातिकरण

8. संभावित प्रश्न प्रकार

बहुविकल्पीय प्रश्न :

1. प्रजातिकरण को कौन प्रेरित करता है?

- (A) पृथक्करण
- (B) चयन
- (C) दोनों
- (D) कोई नहीं।

(उत्तर: C)

2. अभिकथन-कारण :

अभिकथन (A): हिमालयी पारिस्थितिकी तंत्र जैवविविध हैं।

कारण (R): पारिस्थितिकी कई विषयों को एकीकृत करती है।

- (A) A और R दोनों सत्य हैं, तथा R, A की व्याख्या करता है।
- (B) A और R दोनों सत्य हैं, लेकिन R, A की व्याख्या नहीं करता है।
- (C) A सत्य है, R असत्य है।
- (D) A गलत है, R सही है।

उत्तर: B

3. निम्नलिखित का मिलान करें :

अवधारणा	भूमिका
(A) पारिस्थितिकी	1. प्रजाति निर्माण
(B) प्रजातिकरण	2. मानव-पर्यावरण
(C) मानव पारिस्थितिकी	3. रासायनिक विकास
(D) जीवन की उत्पत्ति	4. पारिस्थितिकी तंत्र की अंतःक्रिया

उत्तर: (A)-4, (B)-1, (C)-2, (D)-3

संख्यात्मक प्रश्न :

4. "0.6, 0.4 अनुपात वाली 2 प्रजातियों के लिए शैन्न इंडेक्स की गणना करें।"

(उत्तर: $H = -[(0.6 \ln 0.6) + (0.4 \ln 0.4)] \approx 0.67$)

पारिस्थितिकी तंत्र संरचना और कार्य: संरचनाएं - जैविक और अजैविक घटक, कार्य - पारिस्थितिकी तंत्र में ऊर्जा प्रवाह, ऊर्जा प्रवाह मॉडल, खाद्य श्रृंखलाएं और खाद्य जाल

परिचय

पर्यावरण जीवविज्ञान पारिस्थितिकी तंत्र की संरचना और कार्यप्रणाली को स्पष्ट करता है, जो जीवन को बनाए रखने और पर्यावरणीय प्रक्रियाओं को विनियमित करने वाली अंतःक्रियाओं में महत्वपूर्ण अंतर्दृष्टि प्रदान करता है। **पारिस्थितिकी तंत्र संरचना और कार्य: संरचनाएं - जैविक और अजैविक घटक, कार्य - पारिस्थितिकी तंत्र में ऊर्जा प्रवाह, ऊर्जा प्रवाह मॉडल, खाद्य श्रृंखला और खाद्य जाल** उन घटकों की खोज करते हैं जो पारिस्थितिकी तंत्र (जैविक और अजैविक) और उनके गतिशील कार्यों को परिभाषित करते हैं, जिसमें ऊर्जा प्रवाह आरेखों के माध्यम से मॉडल किए गए और खाद्य श्रृंखलाओं और जालों में दर्शाए गए ट्रॉफिक स्तरों के माध्यम से ऊर्जा हस्तांतरण शामिल है। यह भाग पारिस्थितिकी तंत्र संरचनाओं (जैविक: उत्पादक, उपभोक्ता; अजैविक: जलवायु, मिट्टी), कार्यों (ऊर्जा प्रवाह सिद्धांत, ~ 10% हस्तांतरण दक्षता), ऊर्जा प्रवाह मॉडल (जैसे, लिंडमैन का ट्रॉफिक मॉडल), और खाद्य श्रृंखला/जाल (रैखिक और नेटवर्क इंटरैक्शन) को कवर करता है, जिसमें पारिस्थितिकी तंत्र प्रबंधन, जैव विविधता संरक्षण और संधारणीय संसाधन उपयोग में अनुप्रयोग शामिल हैं। परीक्षाओं में अक्सर पूछे जाने वाले विषयों में ऊर्जा हस्तांतरण गणना, खाद्य जाल गतिशीलता और पारिस्थितिकी तंत्र घटक अंतःक्रियाएं शामिल हैं।

1. पारिस्थितिकी तंत्र की संरचना और कार्यों का अवलोकन

1.1 परिभाषा और महत्व

पारिस्थितिकी तंत्र जीवित जीवों (जैविक घटकों) का एक समुदाय है जो एक निश्चित क्षेत्र के भीतर अपने निर्जीव पर्यावरण (अजैविक घटकों) के साथ परस्पर क्रिया करते हैं। **पारिस्थितिकी तंत्र की संरचना** इसके जैविक (जैसे, पौधे, जानवर) और अजैविक (जैसे, मिट्टी, जलवायु) घटकों को संदर्भित करती है, जबकि **पारिस्थितिकी तंत्र के कार्यों में** ऊर्जा प्रवाह (ट्रॉफिक स्तरों के माध्यम से स्थानांतरण) शामिल है, जिसे ऊर्जा प्रवाह आरेखों के माध्यम से मॉडल किया जाता है, और खाद्य श्रृंखलाओं (रैखिक आहार मार्ग) और खाद्य जाल (जटिल आहार नेटवर्क) में दर्शाया जाता है।

- **महत्वपूर्ण अवधारणाएं :**
 - **जैविक घटक :** उत्पादक (जैसे, गंगा में फाइटोप्लांकटन), उपभोक्ता (जैसे, सुंदरवन में बाघ), अपघटक (जैसे, कवक)।
 - **अजैविक घटक :** तापमान, जल, पोषक तत्व (जैसे, हिमालयी जलवायु)।
 - **ऊर्जा प्रवाह :** सौर ऊर्जा → उत्पादकों → उपभोक्ता (~ 10% स्थानांतरण दक्षता)।
 - **खाद्य श्रृंखला/जाल :** ट्रॉफिक अंतःक्रियाएं (जैसे, सुंदरवन में ग्रेव वेब)।
- **पर्यावरण प्रणालियों में कार्य :**
 - **जीवमंडल :** जैव विविधता को समर्थन देता है (हिमालय में ~8,000 प्रजातियाँ, भाग 1)।
 - **जलमंडल :** पोषक प्रवाह को नियंत्रित करता है (उदाहरण के लिए, गंगा का DO ~2 mg/L, भाग 9)।
 - **स्थलमंडल :** अपघटकों (जैसे, पंजाब मिट्टी) के माध्यम से पोषक तत्वों का चक्रण करता है।
- **पर्यावरण विज्ञान में महत्व :**
 - पारिस्थितिकी तंत्र की गतिशीलता (जैसे, पश्चिमी घाट खाद्य जाल) को समझता है।
 - संरक्षण का मार्गदर्शन (उदाहरणार्थ, भारत की 10% भूमि संरक्षित)।
 - स्थिरता के बारे में जानकारी देता है (जैसे, पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की नीतियां)।
- **भारतीय संदर्भ :**
 - **संरचना :** सुंदरवन के मैंग्रोव (जैविक), ज्वारीय जल (अजैविक)।
 - **कार्य :** गंगा खाद्य श्रृंखलाओं में ऊर्जा प्रवाह (~1,000 kJ/m²/वर्ष)।
 - **नीति :** राष्ट्रीय जैव विविधता कार्य योजना, वन्यजीव संरक्षण अधिनियम।

1.2 ऐतिहासिक परिप्रेक्ष्य

- **प्राचीन भारत :** वैदिक ग्रंथों में पारिस्थितिकी तंत्र संतुलन का वर्णन किया गया है (जैसे, वनों को पवित्र उपवन कहा गया है); अर्थशास्त्र में संसाधन संरक्षण पर जोर दिया गया है।
- **वैश्विक मील के पत्थर :**
 - **1935 :** आर्थर टैन्सले ने "पारिस्थितिकी तंत्र" शब्द गढ़ा।
 - **1942 :** रेमंड लिनडमैन ने ट्रॉफिक-डायनेमिक मॉडल विकसित किया।
 - **1960 का दशक :** खाद्य जाल अध्ययन औपचारिक रूप ले लिया गया (उदाहरणार्थ, एल्टन के ट्रॉफिक पिरामिड)।
- **आधुनिक युग :**
 - **भारत का WII** पारिस्थितिकी तंत्रों की निगरानी करता है (जैसे, सुंदरवन, 2025)।
 - **वैश्विक शोध** (जैसे, IUCN, 2023) 2025 तक ऊर्जा प्रवाह का अध्ययन करता है।

1.3 पारिस्थितिकी तंत्र की संरचना और कार्यों का दायरा

- **संरचना :** पारिस्थितिकी तंत्र घटकों (जैविक, अजैविक) को परिभाषित करता है।
- **कार्य :** ऊर्जा प्रवाह, ट्रॉफिक अंतःक्रियाओं को संचालित करना।
- **अनुप्रयोग :** संरक्षण, संसाधन प्रबंधन।
- **भारतीय संदर्भ :**
 - **संरचना :** पश्चिमी घाट के वन, हिमालयी मिट्टी।
 - **कार्य :** सुंदरवन का खाद्य जाल, गंगा का ऊर्जा प्रवाह।
 - **नीति :** पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय, आईसीएआर पारिस्थितिकी तंत्र के स्वास्थ्य को बढ़ावा देंगे।

तालिका 1: पारिस्थितिकी तंत्र की संरचना और कार्यों का दायरा

अवधारणा	केंद्र	भूमिका	भारतीय उदाहरण
जैविक घटक	जीवों	जैव विविधता	सुंदरवन के बाघ
अजैविक घटक	पर्यावरण	पारिस्थितिकी तंत्र समर्थन	गंगा जल
ऊर्जा प्रवाह	ट्रॉफिक स्थानांतरण	पारिस्थितिकी तंत्र का कार्य	पश्चिमी घाट
खाद्य श्रृंखला/जाल	खिला बातचीत	ट्रॉफिक गतिशीलता	गंगा खाद्य जाल
अनुप्रयोग	प्रबंध	संरक्षण	पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की नीतियां

2. पारिस्थितिकी तंत्र संरचना: जैविक घटक

2.1 परिभाषा और प्रकार

जैविक घटक किसी पारिस्थितिकी तंत्र में उपस्थित जीवित जीव होते हैं, जिन्हें उनकी पारिस्थितिक भूमिकाओं के आधार पर वर्गीकृत किया जाता है।

- **प्रकार :**
 - **उत्पादक :** स्वपोषी (उदाहरणार्थ, गंगा में पादप प्लवक, ~1 ग्राम/वर्ग मीटर बायोमास)।
 - **उपभोक्ता :** प्राथमिक (शाकाहारी, जैसे, कॉर्बेट में हिरण), द्वितीयक (मांसाहारी, जैसे, सुंदरवन में बाघ), तृतीयक (शीर्ष शिकारी, जैसे, चील)।
 - **अपघटक :** सूक्ष्मजीव (जैसे, पंजाब की मिट्टी में कवक)।

- **विशेषताएँ :**
 - **उत्पादक :** प्रकाश संश्लेषण ($6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$).
 - **उपभोक्ता :** विषमपोषी, भोजन से ऊर्जा।
 - **अपघटक :** पोषक तत्वों का पुनर्चक्रण (जैसे, N, P).
- **पर्यावरणीय भूमिका :**
 - जैव विविधता को बढ़ावा देना (पश्चिमी घाट में ~5,000 पौधों की प्रजातियाँ)।
 - खाद्य जाल को समर्थन प्रदान करें (जैसे, सुंदरबन)।
- **उदाहरण :**
 - **वैश्विक :** अमेज़न के जगुआर, शैवाल।
 - **भारत :** गंगा की मछली, हिमालयी रोडोडेंड्रोन।

2.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- **जैव विविधता :** जैविक घटक लचीलापन बढ़ाते हैं (उदाहरणार्थ, ~8,000 हिमालयी प्रजातियाँ)।
- **पारिस्थितिकी तंत्र सेवाएँ :** परागण, पोषक चक्रण (जैसे, पंजाब कृषि)।
- **प्रदूषण :** तनाव कारकों के प्रति संवेदनशील (जैसे, गंगा मछली की मृत्यु, DO ~2 mg/L)।
- **भारतीय संदर्भ :**
 - **जैव विविधता :** सुंदरवन की 400 प्रजातियाँ।
 - **खतरे :** वनों की कटाई (~ 1% वन हानि/वर्ष)।
 - **शमन :** वन्यजीव संरक्षण अधिनियम, 1972।

2.3 अनुप्रयोग

- **संरक्षण :** प्रजातियों की सुरक्षा (जैसे, प्रोजेक्ट टाइगर)।
- **कृषि :** परागणकर्ता पैदावार बढ़ाते हैं (उदाहरण, पंजाब)।
- **निगरानी :** जैव संकेतक (जैसे, गंगा की मछली)।
- **भारतीय संदर्भ :**
 - **संरक्षण :** 104 राष्ट्रीय उद्यान।
 - **नीति :** पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की जैव विविधता योजनाएँ।

2.4 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या :** उत्पादक बायोमास की गणना करें यदि 1 हेक्टेयर में 10 टन फाइटोप्लांकटन है, जिसमें 20% प्राथमिक उपभोक्ता हैं।
- **समाधान :**
 - उपभोक्ता बायोमास = $10 \times 0.2 = 2$ टन.
- **प्रासंगिकता :** ट्रॉफिक स्तरों से जुड़े जैविक घटक बायोमास का परीक्षण।

2.5 भारतीय केस स्टडी: सुंदरवन जैविक घटक

- **संदर्भ :** सुंदरवन में बाघ, मैंग्रोव सहित लगभग 400 प्रजातियाँ पाई जाती हैं (डब्ल्यूआईआई, 2025)।
- **आवेदन :**
 - **जैविक :** उत्पादक (मैंग्रोव), उपभोक्ता (बाघ), अपघटक (कवक)।
 - **प्रभाव :** जैव विविधता, तटीय संरक्षण को समर्थन।
- **प्रभाव :**
 - पारिस्थितिकी तंत्र: 10% प्रजातियाँ स्थानिक।
 - खतरे: मैंग्रोव की हानि (वर्ष 2000 से ~10%)।
- **शमन :** सुंदरवन बायोस्फीयर रिजर्व, MoEFCC ।

3. पारिस्थितिकी तंत्र संरचना: अजैविक घटक

3.1 परिभाषा और प्रकार

अजैविक घटक किसी पारिस्थितिकी तंत्र के निर्जीव तत्व होते हैं, जो जैविक अंतःक्रियाओं को प्रभावित करते हैं।

- **प्रकार :**
 - **भौतिक :** तापमान, प्रकाश (जैसे, हिमालयी 0–20°C).
 - **रासायनिक :** पोषक तत्व, पीएच (उदाहरणार्थ, गंगा पीएच ~7.5, भाग 10)।
 - **भौगोलिक :** मिट्टी, पानी (जैसे, सुंदरवन का ज्वारीय जल)।
- **विशेषताएँ :**
 - **जलवायु :** वनस्पति को बढ़ावा देती है (उदाहरण के लिए, पश्चिमी घाट में वर्षा ~2,000 मिमी/वर्ष)।
 - **मिट्टी :** पोषक स्रोत (जैसे, पंजाब एन ~ 50 मिलीग्राम/किग्रा)।
 - **जल :** जीवन को सहारा देता है (उदाहरणार्थ, गंगा का प्रवाह ~500 किमी³/वर्ष) ।

• पर्यावरणीय भूमिका :

- पारिस्थितिक तंत्र को आकार देता है (जैसे, हिमालयी अल्पाइन क्षेत्र)।
- जैविक वृद्धि को नियंत्रित करता है (जैसे, गंगा का डी.ओ.)

• उदाहरण :

- वैश्विक : अमेज़न की वर्षा (~2,500 मिमी/वर्ष)।
- भारत : थार रेगिस्तान की शुष्कता (~100 मिमी/वर्ष)।

3.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- पारिस्थितिकी तंत्र गतिशीलता : अजैविक कारक प्रजातियों को सीमित करते हैं (जैसे, हिमालयी हिम तेंदुए)।
- प्रदूषण : अम्लीय वर्षा पीएच को बदल देती है (जैसे, सिंगरौली ~4.5, भाग 10)।
- जलवायु परिवर्तन : तापमान वृद्धि (भारत में ~ 0.7°C, IMD) पारिस्थितिकी तंत्र को बदल देती है।
- भारतीय संदर्भ :
 - जलवायु : मानसून की परिवर्तनशीलता गंगा को प्रभावित करती है।
 - मृदा : पंजाब की लवणता (~5% कृषि भूमि प्रभावित)।
 - शमन : राष्ट्रीय जल मिशन, आईसीएआर का मृदा प्रबंधन।

3.3 अनुप्रयोग

- पारिस्थितिकी तंत्र प्रबंधन : अजैविक संतुलन को बहाल करता है (जैसे, गंगा जल की गुणवत्ता)।
- कृषि : मृदा परीक्षण (जैसे, मृदा स्वास्थ्य कार्ड योजना)।
- निगरानी : जलवायु डेटा (जैसे, आईएमडी)।
- भारतीय संदर्भ :
 - प्रबंधन : नमामि गंगा के जल प्रवाह की बहाली।
 - नीति : पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की जलवायु अनुकूलन योजनाएँ।

3.4 संख्यात्मक उदाहरण

- समस्या : यदि 1 हेक्टेयर में 100 किग्रा नाइट्रोजन (N ~50 mg/kg, मृदा घनत्व 1.3 g/cm³, गहराई 20 cm) की हानि होती है, तो मृदा पोषक तत्व की हानि की गणना करें।
- समाधान :
 - मृदा द्रव्यमान = 1.3 × 10⁶ किग्रा/मी³ × 0.2 मी × 10,000 मी² = 2.6 × 10⁶ किग्रा.
 - प्रारंभिक N = 50 × 10⁻⁶ × 2.6 × 10⁶ = 130 किग्रा.
 - हानि = 100/130 × 100 ≈ 76.9%.
- प्रासंगिकता : मृदा स्वास्थ्य से जुड़े अजैविक पोषक गतिशीलता का परीक्षण।

3.5 भारतीय केस स्टडी: गंगा के अजैविक घटक

- संदर्भ : गंगा के अजैविक घटक (जल, पोषक तत्व, पीएच ~ 7.5) पारिस्थितिक तंत्र को सहारा देते हैं (सीपीसीबी, 2025)।
- आवेदन :
 - अजैविक : प्रवाह (~500 किमी³/वर्ष), डी.ओ. (~2 मि.ग्रा./ली.)
 - प्रभाव : मछलियों को पोषण देता है, चक्रों को नियंत्रित करता है।
- प्रभाव :
 - प्रदूषण: BOD ~30 mg/L, DO को कम करता है।
 - पारिस्थितिकी तंत्र: 100 किमी क्षेत्र में मछलियों की मौत।
- शमन : नमामि गंगा के एसटीपी, सीपीसीबी की निगरानी।

4. पारिस्थितिकी तंत्र के कार्य: पारिस्थितिकी तंत्र में ऊर्जा प्रवाह

4.1 परिभाषा और सिद्धांत

ऊर्जा प्रवाह एक पारिस्थितिकी तंत्र के माध्यम से ऊर्जा का स्थानांतरण है, मुख्य रूप से सौर विकिरण से उत्पादकों और उपभोक्ताओं तक, ऊष्मागतिकी नियमों का पालन करते हुए।

• सिद्धांत :

- प्रथम नियम : ऊर्जा संरक्षित रहती है (उदाहरणार्थ, सौर इनपुट ~1,000 kJ/m²/वर्ष)।
- दूसरा नियम : ऊर्जा स्थानांतरण अकुशल है (प्रति ट्रोफिक स्तर पर ~ 10%)।
- ट्रोफिक स्तर : उत्पादक → प्राथमिक उपभोक्ता → द्वितीयक उपभोक्ता।
- ऊर्जा अंतरण :
 - प्रकाश संश्लेषण में ~1% सौर ऊर्जा ग्रहण की जाती है।
 - प्रति स्तर ~10% ऊर्जा स्थानान्तरण (उदाहरण के लिए, 1,000 kJ उत्पादक) → 100 kJ शाकाहारी)।

● पर्यावरणीय भूमिका :

- खाद्य जाल को बनाए रखता है (जैसे, सुंदरबन)।
- पारिस्थितिकी तंत्र की उत्पादकता को बढ़ाता है (जंगलों में ~ 500 ग्राम/वर्ग मीटर/वर्ष)।

● उदाहरण :

- वैश्विक : अमेज़न की प्राथमिक उत्पादकता (~1,000 ग्राम/वर्ग मीटर/वर्ष)।
- भारत : पश्चिमी घाट का ऊर्जा प्रवाह (~800 kJ/m²/वर्ष)।

4.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- उत्पादकता : उच्च ऊर्जा प्रवाह जैव विविधता को बढ़ावा देता है (उदाहरण के लिए, पश्चिमी घाट में लगभग 5,000 प्रजातियाँ)।
- पारिस्थितिकी तंत्र स्वास्थ्य : ऊर्जा व्यवधान प्रजातियों को नुकसान पहुंचाते हैं (उदाहरण के लिए, गंगा का कम डी.ओ.)।
- जलवायु : ऊर्जा चक्रों को संचालित करती है (उदाहरणार्थ, C चक्र, भाग 11)।
- भारतीय संदर्भ :
 - उत्पादकता : सुंदरबन के मैंग्रोव (~ 600 ग्राम/वर्ग मीटर/वर्ष)
 - खतरे : प्रदूषण से ऊर्जा प्रवाह कम हो जाता है (उदाहरणार्थ, दिल्ली का शहरी पारिस्थितिकी तंत्र)।
 - शमन : पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की पारिस्थितिकी-पुनर्स्थापना।

4.3 अनुप्रयोग

- पारिस्थितिकी तंत्र प्रबंधन : उत्पादकता बढ़ाता है (उदाहरण, कॉर्बेट)।
- संरक्षण : ऊर्जा प्रवाह की रक्षा करता है (उदाहरणार्थ, प्रोजेक्ट टाइगर)।
- निगरानी : उत्पादकता आकलन (जैसे, WII)।
- भारतीय संदर्भ :
 - प्रबंधन : सुंदरवन बायोस्फीयर रिजर्व।
 - नीति : राष्ट्रीय जैव विविधता कार्य योजना।

4.4 संख्यात्मक उदाहरण

- समस्या : द्वितीयक उपभोक्ताओं पर ऊर्जा की गणना करें यदि उत्पादकों की स्थानांतरण दक्षता 10,000 kJ, 10% है।
- समाधान :
 - प्राथमिक उपभोक्ता = 10,000 × 0.1 = 1,000 kJ.
 - द्वितीयक उपभोक्ता = 1,000 × 0.1 = 100 kJ.
- प्रासंगिकता : ऊर्जा प्रवाह का परीक्षण, ट्रॉफिक दक्षता से जुड़ा हुआ।

4.5 भारतीय केस स्टडी: पश्चिमी घाट ऊर्जा प्रवाह

- संदर्भ : पश्चिमी घाट के वन उच्च ऊर्जा प्रवाह (~ 800 kJ/m²/वर्ष, WII, 2025) को समर्थन देते हैं।
- आवेदन :
 - ऊर्जा प्रवाह : उत्पादक (वृक्ष) → शाकाहारी (हिरण) → मांसाहारी (तेंदुए)।
 - प्रभाव : लगभग 5,000 पौधों की प्रजातियों को बनाए रखता है।
- प्रभाव :
 - जैव विविधता: 30% प्रजातियाँ स्थानिक हैं।
 - खतरे: वनों की कटाई (~ 1% हानि/वर्ष)।
- शमन : पश्चिमी घाट पारिस्थितिकी विशेषज्ञ पैनल।

5. ऊर्जा प्रवाह मॉडल

5.1 परिभाषा और प्रकार

ऊर्जा प्रवाह मॉडल पारिस्थितिक तंत्रों के माध्यम से ऊर्जा हस्तांतरण का प्रतिनिधित्व करते हैं, तथा ट्रॉफिक अंतःक्रियाओं का परिमाणीकरण करते हैं।

● प्रकार :

- लिंडमैन का ट्रॉफिक मॉडल (1942) : प्रति स्तर ~10% ऊर्जा स्थानांतरण।
- वाई-आकार मॉडल : चराई, मलबे के रास्तों को अलग करता है।
- रेखीय मॉडल : सरलीकृत उत्पादक-उपभोक्ता प्रवाह।

● अवयव :

- ट्रॉफिक स्तर, ऊर्जा इकाइयाँ (kJ/m²/वर्ष)।
- बायोमास, उत्पादकता (g/m²/वर्ष)।

● पर्यावरणीय भूमिका :

- पारिस्थितिकी तंत्र की दक्षता का परिमाणन (उदाहरणार्थ, सुंदरवन)।

● उदाहरण :

- वैश्विक : सेरेनोटी का चराई मॉडल।
- भारत : गंगा का मलबा मॉडल।

5.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- **पारिस्थितिकी तंत्र विश्लेषण** : मॉडल स्थिरता की भविष्यवाणी करते हैं (उदाहरण, पश्चिमी घाट)।
- **संरक्षण** : गाइड प्रबंधन (जैसे, कॉर्बेट)।
- **प्रदूषण** : मॉडल व्यवधानों का आकलन करते हैं (जैसे, गंगा)।
- **भारतीय संदर्भ** :
 - **मॉडल** : सुंदरवन का Y आकार का मॉडल।
 - **खतरे** : प्रदूषण ऊर्जा प्रवाह को बदल देता है।
 - **शमन** : WII के पारिस्थितिकी तंत्र अध्ययन।

5.3 अनुप्रयोग

- **पारिस्थितिकी तंत्र प्रबंधन** : ऊर्जा प्रवाह को अनुकूलित करता है (उदाहरणार्थ, सुंदरवन)।
- **अनुसंधान** : मॉडल अध्ययनों को सूचित करते हैं (जैसे, WII)।
- **नीति** : पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय संरक्षण के लिए मॉडल का उपयोग करता है।
- **भारतीय संदर्भ** :
 - **अनुसंधान** : एनबीआरआई का मॉडल विकास।
 - **नीति** : राष्ट्रीय जैव विविधता कार्य योजना।

5.4 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या** : तृतीयक उपभोक्ताओं पर बायोमास की गणना करें यदि उत्पादकों के पास 1,000 टन/हेक्टेयर, 10% स्थानांतरण, 4 स्तर हैं।
- **समाधान** :
 - प्राथमिक = $1,000 \times 0.1 = 100$ टी.
 - द्वितीयक = $100 \times 0.1 = 10$ टी.
 - तृतीयक = $10 \times 0.1 = 1$ टी.
- **प्रासंगिकता** : ऊर्जा प्रवाह से जुड़े मॉडल गणनाओं का परीक्षण करता है।

5.5 भारतीय केस स्टडी: गंगा ऊर्जा प्रवाह मॉडल

- **संदर्भ** : गंगा का मलबा-आधारित ऊर्जा प्रवाह ($\sim 500 \text{ kJ/m}^2/\text{वर्ष}$, CPCB, 2025)।
- **आवेदन** :
 - **मॉडल** : Y-आकार, अपरद-चालित (फाइटोप्लांकटन → मछली → अपघटक)।
 - **प्रभाव** : जलीय खाद्य जाल को सहारा देता है।
- **प्रभाव** :
 - प्रदूषण: BOD $\sim 30 \text{ mg/L}$ प्रवाह को बाधित करता है।
 - पारिस्थितिकी तंत्र: मछलियों की संख्या में गिरावट।
- **शमन** : नमामि गंगा का पुनरुद्धार।

6. खाद्य श्रृंखला और खाद्य जाल

6.1 परिभाषा और संरचना

खाद्य श्रृंखलाएं ट्रॉफिक स्तरों के माध्यम से ऊर्जा हस्तांतरण के रेखिक अनुक्रम हैं। **खाद्य जाल** परस्पर जुड़ी खाद्य श्रृंखलाओं का जटिल नेटवर्क है।

- **आहार श्रृंखला** :
 - संरचना: उत्पादक → प्राथमिक उपभोक्ता → द्वितीयक उपभोक्ता (जैसे, गंगा में शैवाल → मछली → पक्षी)।
 - प्रकार: चराई (पौधा-आधारित), कूड़ा-कचरा (अपघटक-आधारित)।
- **खाद्य जाले** :
 - संरचना: अनेक श्रृंखलाएं (जैसे, सुंदरवन का बाघ-शिकार जाल)।
 - जटिलता: $\sim 10-100$ प्रजातियों की परस्पर क्रिया।
- **पर्यावरणीय भूमिका** :
 - ट्रॉफिक गतिशीलता को चित्रित करें (उदाहरणार्थ, पश्चिमी घाट)।
 - पारिस्थितिकी तंत्र की स्थिरता बनाए रखें।
- **उदाहरण** :
 - **वैश्विक** : सेरेनोटी की शेर-जेबरा श्रृंखला।
 - **भारत** : कॉर्बेट का बाघ-हिरण जाल।

6.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- **जैव विविधता** : जाल लचीलापन बढ़ाते हैं (उदाहरण के लिए, सुंदरबन की 400 प्रजातियाँ)।
- **प्रदूषण** : विषाक्त पदार्थ जैवसंचयित होते हैं (उदाहरण के लिए, गंगा की मछलियों में डी.डी.टी. ~0.01 मि.ग्रा./कि.ग्रा., भाग 11)।
- **पारिस्थितिकी तंत्र स्वास्थ्य** : व्यवधान से प्रजातियों को नुकसान पहुंचता है (जैसे, गंगा में मछलियों की मौत)।
- **भारतीय संदर्भ** :
 - **वेब्स** : सुंदरवन की जटिल अंतःक्रियाएं।
 - **खतरे** : प्रदूषण, आवास क्षति।
 - **शमन** : वन्यजीव संरक्षण अधिनियम।

6.3 अनुप्रयोग

- **संरक्षण** : खाद्य जाल की सुरक्षा करता है (जैसे, प्रोजेक्ट टाइगर)।
- **निगरानी** : टॉफिक परिवर्तनों (जैसे, WII) पर नज़र रखता है।
- **प्रबंधन** : पारिस्थितिकी तंत्र को पुनर्स्थापित करना (जैसे, गंगा)।
- **भारतीय संदर्भ** :
 - **संरक्षण** : 566 अभयारण्य।
 - **नीति** : पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की जैव विविधता योजनाएँ।

6.4 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या** : यदि मछली (द्वितीयक उपभोक्ता) में डीडीटी जैवसंचय 0.01 मिलीग्राम/किग्रा, जैव आवर्धन कारक = 10 प्रति स्तर, 3 स्तर है, तो डीडीटी जैवसंचय की गणना करें।
- **समाधान** :
 - उत्पादक = $0.01 \div (10 \times 10) = 0.0001$ मिलीग्राम/किग्रा.
 - प्राथमिक उपभोक्ता = $0.0001 \times 10 = 0.001$ मिलीग्राम/किग्रा.
- **प्रासंगिकता** : खाद्य श्रृंखलाओं से जुड़े जैवसंचय का परीक्षण।

6.5 भारतीय केस स्टडी: सुंदरबन खाद्य जाल

- **संदर्भ** : सुंदरबन के खाद्य जाल में मैंग्रोव, मछली, बाघ शामिल हैं (WII, 2025)।
- **आवेदन** :
 - **खाद्य जाल** : मैंग्रोव → केकड़े → मछली → बाघ।
 - **प्रभाव** : 400 प्रजातियों का पोषण, तटीय स्थिरता।
- **प्रभाव** :
 - खतरे: मैंग्रोव की हानि (वर्ष 2000 से ~10%)।
 - प्रदूषण: डीडीटी जैवसंचय।
- **शमन** : सुंदरवन बायोस्फीयर रिजर्व।

7. पारिस्थितिकी तंत्र की संरचना और कार्यों पर मानवीय प्रभाव

7.1 प्रदूषण

- **तंत्र** : उत्सर्जन घटकों, ऊर्जा प्रवाह को बाधित करता है।
- **प्रभाव** :
 - **संरचना** : गंगा का कम DO (~2 mg/L) मछलियों को नुकसान पहुंचाता है।
 - **कार्य** : सुंदरवन के खाद्य जाल में डी.डी.टी.
- **भारतीय संदर्भ** : दिल्ली का PM2.5 (~100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- **शमन** : एनसीएपी, नमामि गंगे.

7.2 वनों की कटाई

- **क्रियाविधि** : आवास की क्षति से संरचना में परिवर्तन होता है।
- **प्रभाव** :
 - **संरचना** : पश्चिमी घाट में प्रति वर्ष 1% वन हानि।
 - **कार्य** : ऊर्जा प्रवाह में कमी.
- **भारतीय संदर्भ** : पूर्वोत्तर में वनों की कटाई।
- **शमन** : एनएपीसीसी का ग्रीन इंडिया मिशन।

7.3 शहरीकरण

- तंत्र : बस्तियाँ पारिस्थितिकी तंत्र को बाधित करती हैं।
- प्रभाव :
 - संरचना : मुंबई में मैंग्रोव की हानि (1990 से ~ 50%)।
 - कार्य : परिवर्तित खाद्य जाल।
- भारतीय संदर्भ : दिल्ली का शहरी विस्तार।
- शमन : स्मार्ट सिटीज मिशन।

8. पारिस्थितिकी तंत्र संरचना और कार्यों के अनुप्रयोग

8.1 पारिस्थितिकी तंत्र प्रबंधन

- भूमिका : पारिस्थितिकी तंत्र को बनाए रखना।
- अनुप्रयोग :
 - पुनरुद्धार (जैसे, गंगा)।
 - संरक्षित क्षेत्र (जैसे, सुंदरवन)।
- भारतीय संदर्भ : 18 बायोस्फीयर रिजर्व।

8.2 संरक्षण

- भूमिका : जैव विविधता की रक्षा करना।
- अनुप्रयोग :
 - प्रोजेक्ट टाइगर, प्रोजेक्ट एलीफेंट।
 - खाद्य जाल निगरानी (जैसे, WII)।
- भारतीय संदर्भ : वन्यजीव संरक्षण अधिनियम।

8.3 सतत विकास

- भूमिका : संसाधन उपयोग को संतुलित करना।
- अनुप्रयोग :
 - कृषि वानिकी (जैसे, पंजाब)।
 - शहरी हरित स्थान (जैसे, दिल्ली)।
- भारतीय संदर्भ : स्मार्ट सिटी मिशन।

तालिका 9: पारिस्थितिकी तंत्र संरचना और कार्यों के अनुप्रयोग

आवेदन	विवरण	फ़ायदे	भारतीय उदाहरण
पारिस्थितिकी तंत्र प्रबंधन	पारिस्थितिकी तंत्र को बनाए रखता है	लचीलापन बढ़ाता है	गंगा पुनरुद्धार
संरक्षण	जैव विविधता की रक्षा करता है	प्रजातियों का समर्थन करता है	प्रोजेक्ट टाइगर
सतत विकास	संसाधनों को संतुलित करता है	स्थिरता को बढ़ावा देता है	स्मार्ट शहर

9. संभावित प्रश्न प्रकार

बहुविकल्पीय प्रश्न :

1. कौन सा अजैविक घटक है?

- (A) जलवायु
 - (B) बाघ
 - (C) दोनों
 - (D) कोई नहीं।
- (उत्तर: A)

2. अभिकथन-कारण :

- अभिकथन (A): सुंदरबन का खाद्य जाल जटिल है।
कारण (R): इसमें कई ट्रॉफिक इंटरैक्शन शामिल हैं।
- (A) A और R दोनों सत्य हैं, तथा R, A की व्याख्या करता है।
 - (B) A और R दोनों सत्य हैं, लेकिन R, A की व्याख्या नहीं करता है।
 - (C) A सत्य है, R असत्य है।
 - (D) A गलत है, R सही है।
- उत्तर: A

3. निम्नलिखित का मिलान करें :

अवधारणा	भूमिका
ए. जैविक	1. जलवायु
बी. अजैविक	2. निर्माता
सी. ऊर्जा प्रवाह	3. खाद्य जाल
डी. खाद्य जाल	4. ट्राॅफिक स्थानांतरण

उत्तर: (A)-2, (B)-1, (C)-4, (D)-3

संख्यात्मक प्रश्न :

4. यदि उत्पादकों के पास 5,000 kJ, 10% दक्षता है तो प्राथमिक उपभोक्ताओं पर ऊर्जा की गणना करें।

(उत्तर: $5,000 \times 0.1 = 500$ kJ)

जैव-भू-रासायनिक चक्र, पारिस्थितिक उत्तराधिकार, प्रजाति विविधता

परिचय

पर्यावरण जीवविज्ञान उन गतिशील प्रक्रियाओं को स्पष्ट करता है जो पारिस्थितिकी तंत्र को बनाए रखती हैं, पोषक तत्वों के प्रवाह को नियंत्रित करती हैं और जैव विविधता का समर्थन करती हैं, जो प्रदूषण, आवास की हानि और जलवायु परिवर्तन जैसी पर्यावरणीय चुनौतियों का समाधान करने के लिए महत्वपूर्ण हैं। **जैव-भू-रासायनिक चक्र, पारिस्थितिक उत्तराधिकार, प्रजाति विविधता** आवश्यक तत्वों (नाइट्रोजन, कार्बन, फास्फोरस, सल्फर) के चक्रण, पारिस्थितिकी तंत्र के प्रगतिशील विकास (उत्तराधिकार) और पारिस्थितिकी तंत्र के भीतर प्रजातियों की विविधता (विविधता) की खोज करती है। यह भाग जैव-भू-रासायनिक चक्र (तंत्र, प्रवाह, व्यवधान), पारिस्थितिक उत्तराधिकार (प्राथमिक, द्वितीयक, पैटर्न) और प्रजाति विविधता (मीट्रिक, संरक्षण महत्व) को कवर करता है, जिसमें पारिस्थितिकी तंत्र की बहाली, पोषक तत्व प्रबंधन और जैव विविधता संरक्षण में अनुप्रयोग शामिल हैं। परीक्षाओं में अक्सर पूछे जाने वाले विषयों में पोषक तत्व चक्र असंतुलन, उत्तराधिकार चरण और विविधता सूचकांक शामिल हैं।

1. जैव-भू-रासायनिक चक्र, पारिस्थितिक उत्तराधिकार, प्रजाति विविधता का अवलोकन

1.1 परिभाषा और महत्व

जैव-भू-रासायनिक चक्र पृथ्वी के वायुमंडल, जलमंडल, स्थलमंडल और जीवमंडल के माध्यम से आवश्यक तत्वों (नाइट्रोजन, कार्बन, फास्फोरस, सल्फर) की आवाजाही का वर्णन करते हैं, जो जीवन और पारिस्थितिकी तंत्र को बनाए रखते हैं। **पारिस्थितिक उत्तराधिकार** समय के साथ पारिस्थितिकी तंत्र के विकास की प्रक्रिया है, जो अग्रणी समुदायों से चरमोत्कर्ष समुदायों में परिवर्तित होती है। **प्रजाति विविधता** एक पारिस्थितिकी तंत्र के भीतर प्रजातियों की विविधता और प्रचुरता को मापती है, जो इसके स्वास्थ्य और लचीलेपन को दर्शाती है।

• महत्वपूर्ण अवधारणाएं :

- **जैव-भू-रासायनिक चक्र** : नाइट्रोजन निर्धारण, कार्बन पृथक्करण, फास्फोरस अपक्षय, सल्फर जमाव (उदाहरणार्थ, गंगा एन ~50 मिग्रा/ली)।
- **पारिस्थितिक उत्तराधिकार** : प्राथमिक (जैसे, ज्वालामुखीय लावा), द्वितीयक (जैसे, आग के बाद के जंगल), चरमोत्कर्ष तक ~100-1,000 वर्ष।
- **प्रजाति विविधता** : प्रजातियों की समृद्धि, समरूपता (उदाहरणार्थ, पश्चिमी घाट में लगभग 5,000 पौधों की प्रजातियाँ)।

• पर्यावरण प्रणालियों में कार्य :

- **जैवमंडल** : चक्र वृद्धि को समर्थन देते हैं (जैसे, सुंदरबन सी सिंक); अनुक्रम पारिस्थितिकी तंत्र का निर्माण करता है; विविधता लचीलापन बढ़ाती है।
- **जलमंडल** : पोषक चक्र जल की गुणवत्ता को नियंत्रित करते हैं (उदाहरण के लिए, गंगा बीओडी ~30 मिलीग्राम/लीटर, भाग 9)।
- **स्थलमंडल** : अनुक्रमण मृदा को पुनर्स्थापित करता है (उदाहरण, पंजाब); विविधता मृदा स्वास्थ्य को बनाए रखती है।

• पर्यावरण विज्ञान में महत्व :

- पारिस्थितिकी तंत्र को संतुलित करता है (उदाहरण के लिए, वैश्विक स्तर पर कार्बन सिंक ~2 गीगाटन सेल्सियस/वर्ष, भाग 11)।
- पुनर्स्थापना का मार्गदर्शन करता है (जैसे, पश्चिमी घाट के वन)।
- संरक्षण के बारे में जानकारी देता है (उदाहरण के लिए, भारत की 10% संकटग्रस्त प्रजातियाँ)।

• भारतीय संदर्भ :

- **चक्र** : कृषि से गंगा का N, P अधिभार।
- **उत्तराधिकार** : हिमालयी हिमनदी उत्तराधिकार।
- **विविधता** : सुंदरवन में लगभग 400 प्रजातियाँ।
- **नीति** : राष्ट्रीय जैव विविधता कार्य योजना, पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय पुनर्स्थापन कार्यक्रम।

1.2 ऐतिहासिक परिप्रेक्ष्य

- **प्राचीन भारत** : वैदिक ग्रंथों में कृषि में पोषक चक्रण का वर्णन है; पवित्र उपवनों में प्रारंभिक संरक्षण प्रतिबिंबित होता है।
- **वैश्विक मील के पत्थर** :
 - **1860 का दशक** : जस्टस वॉन लिबिग ने पोषक चक्रण को औपचारिक रूप दिया।
 - **1883** : यूजेन वार्मिंग ने पारिस्थितिक उत्तराधिकार का अध्ययन किया।
 - **1926** : व्लादिमीर वर्नाडस्की ने जैव-भू-रासायनिक चक्र की अवधारणा को उन्नत किया।
 - **1960 का दशक** : प्रजाति विविधता मेट्रिक्स (जैसे, शैनेन सूचकांक) विकसित किया गया।
- **आधुनिक युग** :
 - भारत का डब्ल्यूआईआई, एनबीआरआई अध्ययन चक्र, उत्तराधिकार, विविधता (2025)।
 - वैश्विक रूपरेखाएँ (जैसे, सीबीडी, 2023) 2025 तक जैव विविधता को संबोधित करती हैं।

1.3 जैव-भू-रासायनिक चक्र, उत्तराधिकार और प्रजाति विविधता का दायरा

- **चक्र** : पोषक तत्वों, जलवायु (जैसे, एन, सी चक्र) को विनियमित करते हैं।
- **उत्तराधिकार** : पारिस्थितिक तंत्र को पुनर्स्थापित करता है (जैसे, आग के बाद उत्तराधिकार)।
- **विविधता** : पारिस्थितिकी तंत्र की स्थिरता को बढ़ाती है (उदाहरणार्थ, पश्चिमी घाट)।
- **भारतीय संदर्भ** :
 - **चक्र** : पंजाब के भूजल में नाइट्रोजन ~50 मिलीग्राम/लीटर।
 - **उत्तराधिकार** : सुंदरवन में मैंग्रोव की पुनर्प्राप्ति।
 - **विविधता** : हिमालयी ~8,000 प्रजातियाँ।
 - **नीति** : पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय, भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद (आईसीएआर) संरक्षण, पुनर्स्थापन को बढ़ावा देंगे।

तालिका 1: जैव-भू-रासायनिक चक्रों का दायरा, पारिस्थितिक उत्तराधिकार, प्रजाति विविधता

अवधारणा	केंद्र	भूमिका	भारतीय उदाहरण
जैव-भू-रासायनिक चक्र	पोषक तत्व आंदोलन	पारिस्थितिकी तंत्र समर्थन	गंगा एन चक्र
पारिस्थितिकीय उत्तराधिकार	पारिस्थितिकी तंत्र विकास	मरम्मत	पश्चिमी घाट
प्रजातीय विविधता	प्रजाति विविधता	लचीलापन	सुंदरवन
अनुप्रयोग	प्रबंध	संरक्षण	पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की नीतियाँ

2. जैव-भू-रासायनिक चक्र

2.1 अवलोकन और महत्व

जैव-भू-रासायनिक चक्र पारिस्थितिकी तंत्र के माध्यम से आवश्यक तत्वों के प्रवाह को नियंत्रित करते हैं, जिससे जीवन और पर्यावरण संतुलन बना रहता है। मुख्य चक्रों में नाइट्रोजन, कार्बन, फॉस्फोरस और सल्फर शामिल हैं, जिन्हें पहले यूनिट-II (भाग 11) में पेश किया गया था, लेकिन यहाँ पारिस्थितिक प्रक्रियाओं और जैव विविधता के संदर्भ में इसका पता लगाया गया है।

- **प्रमुख चक्र** :
 - **नाइट्रोजन** : फिक्सेशन, नाइट्रीकरण, डिनाइट्रीफिकेशन (विश्व स्तर पर ~ 200 टीजी एन/वर्ष)।
 - **कार्बन** : प्रकाश संश्लेषण, श्वसन, पृथक्करण (~ 2 गीगाटन सी/वर्ष महासागरीय अवशोषण)।
 - **फास्फोरस** : अपक्षय, अवशोषण, अवसादन (~20 मीट्रिक टन प्रतिवर्ष)।
 - **सल्फर** : उत्सर्जन, ऑक्सीकरण, जमाव (~100 मीट्रिक टन सल्फर/वर्ष)।
- **पर्यावरणीय भूमिका** :
 - विकास को समर्थन देता है (जैसे, गंगा फाइटोप्लांकटन)।
 - जलवायु को नियंत्रित करता है (उदाहरणार्थ, CO₂ ~410 पीपीएम)।
 - जल की गुणवत्ता पर प्रभाव (उदाहरणार्थ, यमुना P ~2 mg/L)।
- **उदाहरण** :
 - **ग्लोबल** : अमेज़न सी साइकिलिंग।
 - **भारत** : सुंदरवन सी सिंक।

2.2 नाइट्रोजन चक्र

- **प्रक्रियाएँ** (विवरण के लिए इकाई-II, भाग 11 देखें):
 - **निर्धारण** : N₂ → NH₃ राइजोबियम द्वारा (भारत में ~20 Tg N/वर्ष)।
 - **नाइट्रीकरण** : NH₃ → नहीं₃⁻ नाइट्रोसोमोनस द्वारा।
 - **विनाइट्रीफिकेशन** : नहीं₃⁻ → N₂ स्यूडोमोनास द्वारा।

• पारिस्थितिक भूमिका :

- पौधों की वृद्धि में सहायक (जैसे, पंजाब की फसलें)।
- सुपोषण का कारण बनता है (उदाहरणार्थ, गंगा शैवाल प्रस्फुटन)।

• भारतीय संदर्भ :

- **कृषि** : पंजाब में 1 मीट्रिक टन/वर्ष उर्वरक।
- **जल** : गंगा एन ~50 मिग्रा/ली.
- **शमन** : आईसीएआर का पोषक तत्व प्रबंधन।

2.2.1 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या** : 2 हेक्टेयर में प्रयोग किये गये 2,000 किग्रा यूरिया (46% N) से N प्रवाह की गणना करें।
- **समाधान** :
 - एन = $2,000 \times 0.46 = 920$ किग्रा.
 - फ्लक्स = $920 \div (2 \times 10,000) = 0.046$ किग्रा/मी².
- **प्रासंगिकता** : पोषक प्रवाह का परीक्षण, जो यूट्रोफिकेशन से जुड़ा है।

2.3 कार्बन चक्र

• प्रक्रियाएं :

- **प्रकाश संश्लेषण** : $\text{CO}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (~120 गीगाटन सी/वर्ष)।
- **श्वसन** : $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow \text{सीओ}_2$.
- **निक्षेपण** : मृदा, महासागर भंडारण (सुंदरबन में ~0.01 गीगाटन सेल्सियस/वर्ष)।

• पारिस्थितिक भूमिका :

- जलवायु को नियंत्रित करता है (उदाहरण के लिए, भारत में CO_2 उत्सर्जन ~2.6 गीगाटन/वर्ष)।
- बायोमास को समर्थन प्रदान करता है (जैसे, पश्चिमी घाट के वन)।

• भारतीय संदर्भ :

- **उत्सर्जन** : सिंगरौली में कोयला संयंत्र .
- **सिंक** : हिमालयी वन।
- **शमन** : एनएपीसीसी का ग्रीन इंडिया मिशन।

2.3.1 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या** : 1 हेक्टेयर वन द्वारा संग्रहित CO_2 की गणना करें ($0.005 \text{ t C/m}^2/\text{वर्ष}$, मोलर द्रव्यमान $\text{CO}_2 = 44 \text{ g/mol}$, $\text{C} = 12 \text{ g/mol}$)।
- **समाधान** :
 - सी = $0.005 \times 10,000 = 50$ टी.
 - सीओ₂ = $50 \times (44/12) = 183.33$ टन।
- **प्रासंगिकता** : जलवायु विनियमन से जुड़े कार्बन प्रवाह का परीक्षण।

2.4 फॉस्फोरस चक्र

• प्रक्रियाएं :

- **अपक्षय** : चट्टानें $\rightarrow \text{PO}_4^{3-}$ (भारत में ~2 मीट्रिक टन पी/वर्ष)।
- **अवशोषण** : पौधे, पशु।
- **अवसादन** : नदी तल (जैसे, गंगा)।

• पारिस्थितिक भूमिका :

- वृद्धि को बढ़ावा देता है; अधिकता से सुपोषण होता है (उदाहरणार्थ, डल झील)।

• भारतीय संदर्भ :

- **उर्वरक** : पंजाब में 0.5 मीट्रिक टन प्रति वर्ष।
- **जल** : यमुना पी ~2 मिलीग्राम/लीटर.
- **शमन** : सीपीसीबी की पी सीमाएँ।

2.4.1 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या** : 1 हेक्टेयर पर 1,000 किग्रा डीएपी (18% पी) से पी फ्लक्स की गणना करें।
- **समाधान** :
 - पी = $1,000 \times 0.18 = 180$ किग्रा.
 - फ्लक्स = $180 \div 10,000 = 0.018$ किग्रा/मी².
- **प्रासंगिकता** : यूट्रोफिकेशन से जुड़े पी फ्लक्स का परीक्षण।