

नाभकीय अपशषिट से नपिटने की चुनौतियाँ

प्रलिमिंस के लयि:

प्रोटोटाइप फास्ट बरीडर रएिक्टर (PFBR), यूरेनियम और प्लूटोनियम, परमाणु अपशषिट, प्रयुक्त ईधन, तरल अपशषिट उपचार सुवधिराँ, वखिंडनीय सामगरी पर अंतरराष्ट्रीय पैनल (IPFM) ।

मेन्स के लयि:

परमाणु ऊर्जा से संबधति विकास, परमाणु ऊर्जा क्षमता बढ़ाने के तरीके, परमाणु अपशषिट से संबधति मुददे

स्रोत: द हट्टि

चर्चा में क्योँ?

हाल ही में भारत ने अपने लंबे समय से वलिंबति **प्रोटोटाइप फास्ट बरीडर रएिक्टर** संयंत्र के मुख्य हसिसे को लोड कयिा, जसिसे यह अपने तीन चरण वाले परमाणु कार्यक्रम के **यूरेनियम** और **प्लूटोनियम** द्वारा संचालति चरण-II के शखिर पर पहुँच गया ।

- **चरण-III तक**, भारत को उम्मीद है कविह नाभकीय ऊर्जा का उत्पादन करने के लयि **थोरियम के अपने वशाल भंडार का उपयोग** करने में सक्षम होगा ।
- नाभकीय ऊर्जा के व्यापक प्रयोग के कारण नाभकीय अपशषिट का प्रबंधन एक बहुत बड़ी चुनौती है ।

प्रोटोटाइप फास्ट बरीडर रएिक्टर (PFBR):

- बरीडर रएिक्टर एक नाभकीय रएिक्टर है जो यूरेनियम-238 या थोरियम-232 जैसी उपजाऊ पदार्थ **क्रेकिरिण द्वारा उपभोग की तुलना में अधिक वखिंडनीय पदार्थ उत्पन्न करता है** जसि वखिंडनीय ईधन के साथ रएिक्टर में लोड कयिा जाता है ।
- इन्हें वदियुत ऊर्जा उत्पादन के लयि परमाणु ईधन आपूर्ति का वसितार करने हेतु डिज़ाइन कयिा गया है ।
- PFBR एक 500-मेगावाट इलेक्ट्रिक (MWe) फास्ट-बरीडर नाभकीय रएिक्टर है जसिका नरिमाण वर्तमान में कलपककम (तमलिनाडु) में मद्रास परमाणु ऊर्जा स्टेशन में कयिा जा रहा है ।
 - इसे मशिरति ऑक्साइड (MOX) ईधन द्वारा संचालति कयिा जाता है ।

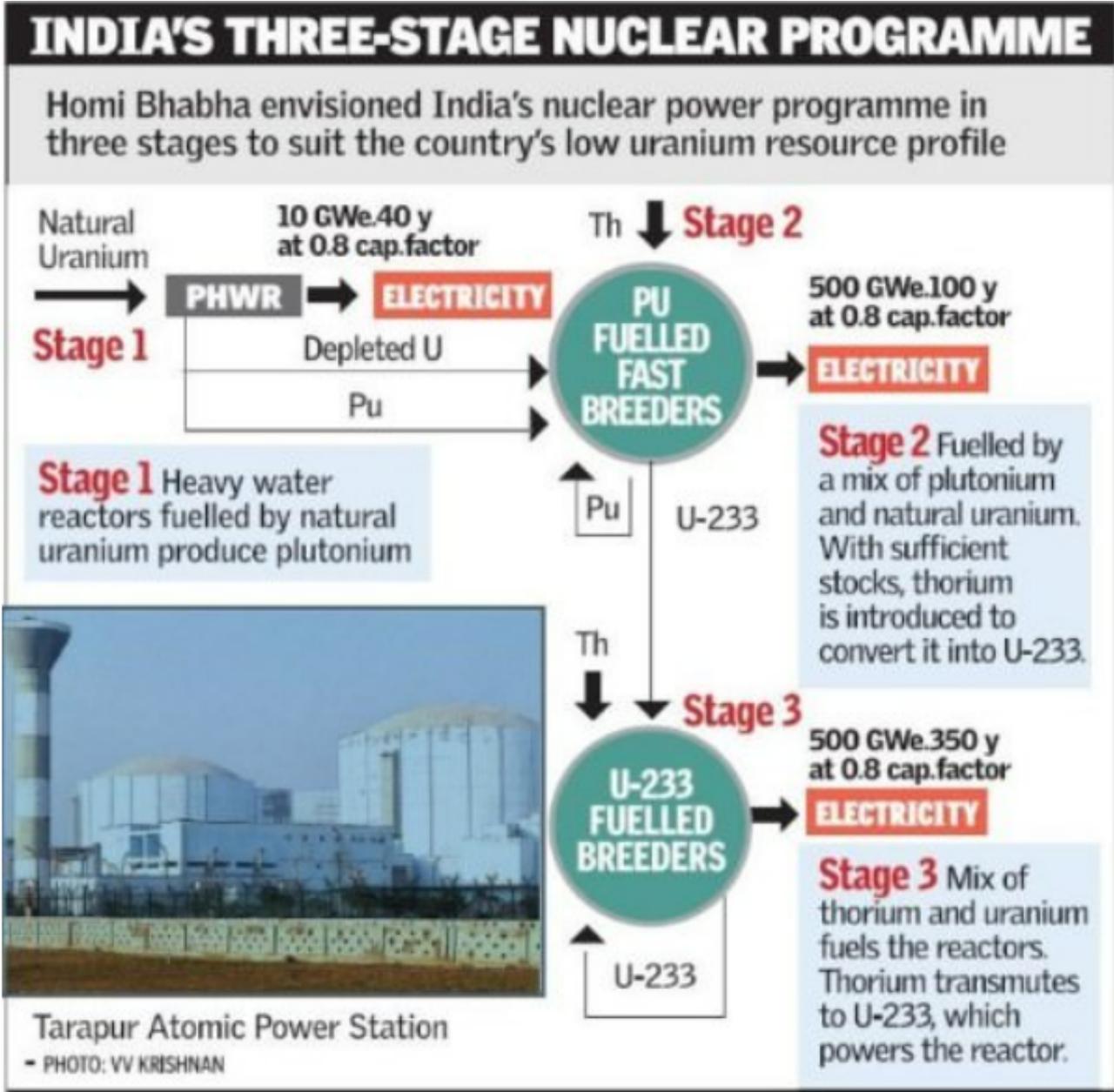
नाभकीय अपशषिट क्या है?

- **वखिंडन रएिक्टर में, न्यूट्रॉन द्वारा कुछ तत्त्वों के परमाणुओं के नाभकि पर बमबारी** की जाती है । जब ऐसा एक नाभकि न्यूट्रॉन को अवशोषति करता है, तो यह अस्थिर हो जाता है और इसका वखिंडन हो जाता है, जसिसे कुछ ऊर्जा तथा वभिनिन तत्त्वों के नाभकि मुक्त होते हैं ।
 - उदाहरण के लयि, जब यूरेनियम-235 (U-235) नाभकि एक न्यूट्रॉन को अवशोषति करता है, तो यह **बेरियम-144, क्स्पिटन-89** और **तीन न्यूट्रॉन में वखिंडति** हो सकता है । यदरि **'Debris अर्थात् अवशेष'** (बेरियम-144 और क्स्पिटन-89) ऐसे तत्त्वों का नरिमाण करते हैं जो वखिंडन प्रक्रयिा से नहीं गुज़र सकते, तो वे नाभकीय अपशषिट बन जाते हैं ।
 - नाभकीय रएिक्टर में भरे गए ईधन का वकिरिण हो जाता है जो अंततः नषिकासन कर दयिा जाता है जसि बदि पर इसे **प्रयुक्त ईधन (spent fuel)** के रूप में जाना जाता है ।
- नाभकीय अपशषिट अत्यधिक रेडयिोधरसी होता है तथा इसे स्थानीय पर्यावरण में **रसिाव और/या संदूषण को रोकने के लयि सुदृढ व्यवस्ताओं में संग्रहति करने की आवश्यकता** होती है ।

नोट:

- **वखिंडन** एक ऐसी प्रक्रिया है जिसमें किसी परमाणु का नाभिक दो या दो से अधिक छोटे नाभिकों और कुछ उपोत्पादों में वभाजति/वखिंडति हो जाता है।
 - जब नाभिक वभाजति होता है, तो वखिंडति भागों (प्राथमिक नाभिक) की गतजि ऊर्जा को ऊष्मीय ऊर्जा के ईंधन के रूप में अन्य परमाणुओं में स्थानांतरति कथिा जाता है, जिसका उपयोग अंततः टरबाइनों को चलाने के लथि आवश्यक वाष्प उत्पादन करने में कथिा जाता है।
- **संलयन** को कई छोटे नाभिकों के एक बड़े नाभिक में संयोजन और उसके बाद भारी मात्रा में ऊर्जा के उत्सर्जन के रूप में परभाषति कथिा गया है।
 - संलयन का उपयोग करते हुए, वह प्रक्रथिा जो सूर्य में ऊर्जा का उत्पादन करती है, एक असीमति, स्वच्छ ऊर्जा स्रोत प्रदान कर सकती है।
 - सूर्य में, इसके अत्यधिक गुरुत्वाकर्षण से उत्पन्न अत्यधिक दबाव संलयन की स्थति उत्पन्न करता है।

//



नाभिकीय अपशषि्ट को सुरक्षति और प्रभावी ढंग से कसि प्रकार प्रबंधति कथिा जा सकता है?

- प्राथमिक चुनौती प्रयुक्त ईंधन का प्रबंधन करना है, जो अत्यधिक गर्म और रेडयोधर्मी है। ठंडा होने के बाद लंबे समय तक भंडारण के लथि इन्हें सूखे पीपों में स्थानांतरति करने से पहले इसे कई दशकों तक जल में ढूबाए रकहने की आवश्यकता होती है।
 - लंबे समय से परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम वाले सभी देशों ने प्रयुक्त ईंधन की एक बड़ी मात्रा जमा कर ली है।
 - उदाहरण के लथि, अमेरिका के पास 69,682 टन (tn), कनाडा के पास 54,000 टन और रूस के पास 21,362 टन नाभिकीय अपशषि्ट

था।

- रेडियोधर्मिता के स्रोत के आधार पर **भंडारण की अवधि कुछ सहस्राब्दियों (1000 वर्ष) तक चल सकती है**, क्योंकि उन्हें ऐसे समय के लिये मानव संपर्क से अलग करना पड़ता है जो ग्रह पर शारीरिक रूप से आधुनिक **होमो सेपियन्स** की तुलना में अधिक लंबा है।
 - **परमाणु ऊर्जा संयंत्रों में तरल अपशिष्ट** उपचार सुविधाएँ भी होती हैं।
 - जापान वर्तमान में **फुकुशिमा परमाणु ऊर्जा संयंत्र** से उपचार के बाद ऐसे पानी को प्रशांत महासागर में छोड़ रहा है।
 - इस तरह के अन्य अपशिष्ट को, उनके खतरे के आधार पर, वाष्पित किया जा सकता है या "रासायनिक रूप से अवक्षेपित" किया जा सकता है, जिसका अर्थ है किकीचड़ वाले पदार्थ को या तो टोस पदार्थों द्वारा भण्डारित या जलाकर प्रबंधित किया जा सकता है।
 - **तरल उच्च-सतरीय अपशिष्ट** में "ईंधन में उत्पादित लगभग सभी वखिंडन उत्पाद" होते हैं। **इसे एक भंडारण योग्य ग्लास बनाने के लिये वटिरीफाइड** किया जाता है।
- कुछ विशेषज्ञ **भूवैज्ञानिक नपिटान का समर्थन करते हैं, जहाँ अपशिष्ट को विशेष कंटेनरों में सील कर दिया जाता है और ग्रेनाइट या मट्टी में भूमिगत दबा दिया जाता है।**
- **प्रयुक्त ईंधन से नपिटान का दूसरा तरीका पुनर्प्रसंस्करण** है- जो खर्च किये गए ईंधन में वखिंडनीय सामग्री को गैर-वखिंडनीय सामग्री से अलग करता है।
 - सामग्री को गैर-वखिंडनीय सामग्री से बची हुई वखिंडनीय सामग्री को अलग करने के लिये रासायनिक रूप से उपचारित किया जाता है।
 - क्योंकि प्रयुक्त ईंधन इतना खतरनाक होता है, पुनर्प्रसंस्करण सुविधाओं को विशेष सुरक्षा और स्वयं के कर्मियों की आवश्यकता होती है।
 - ऐसी सुविधाएँ उच्च ईंधन दक्षता का लाभ प्रदान करती हैं लेकिन महँगी भी होती हैं।
 - पुनर्संसाधन से हथियार-उपयोग योग्य (हथियार-ग्रेड से भनिन) प्लूटोनियम भी प्राप्त होता है।
 - **हथियार-ग्रेड प्लूटोनियम अत्यधिक शुद्ध (Pure)** है, जो कुशल और कॉम्पैक्ट परमाणु हथियारों के लिये आदर्श है।
 - **रिफ़्टर-ग्रेड या वखिंडित हथियारों** सहित हथियार-उपयोग योग्य प्लूटोनियम के लिये अधिक सामग्री या विशेष डिज़ाइन की आवश्यकता हो सकती है, जो दक्षता और डिज़ाइन विकल्पों को प्रभावित कर सकती है।

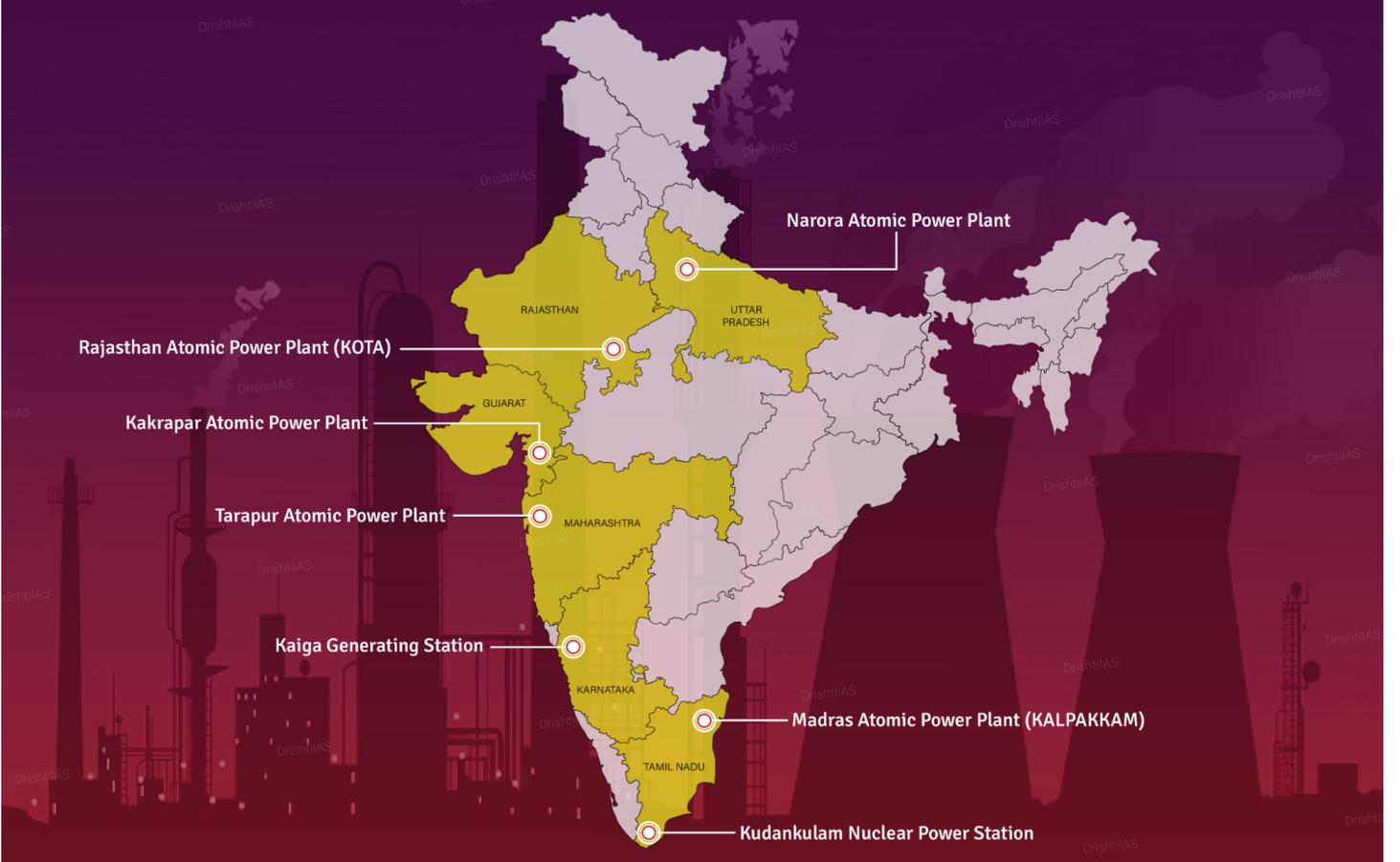
परमाणु अपशिष्ट के प्रबंधन में क्या चुनौतियाँ हैं?

- **भूवैज्ञानिक नपिटान रसाव:** परमाणु अपशिष्ट के भूवैज्ञानिक नपिटान से रेडियोधर्मी सामग्री के मनुष्यों के संपर्क में आने का खतरा उत्पन्न हो जाता है, उदाहरण के लिये, आस-पास की खुदाई गतिविधियों के माध्यम से कंटेनरों में गड़बड़ी हो जाती है।
 - **उदाहरण:** वेस्ट आइसोलेशन पायलट प्लांट, यूएस, के पास कुछ सहस्राब्दियों के लिये कचरे को संग्रहीत करने का लाइसेंस है। वर्ष 2014 में साइट पर एक दुर्घटना के कारण थोड़ी मात्रा में रेडियोधर्मी सामग्री पर्यावरण में फैल गई जिससे इसके रखरखाव में गंभीर वफिलताओं का पता चला।
- **नज़ी क्षेत्र का बहिष्कार:** नज़ी क्षेत्र की भागीदारी अक्सर प्रतिसिपर्द्धा और बाज़ार प्रोत्साहन के माध्यम से नवाचार को बढ़ावा देती है। नज़ी क्षेत्र की भागीदारी के बिना, अधिक कुशल और प्रभावी परमाणु अपशिष्ट उपचार के लिये नई प्रौद्योगिकियों तथा प्रक्रियाओं को विकसित करने हेतु प्रोत्साहन कम हो सकता है।
- **अप्रयुक्त नधि:** अमेरिका के परमाणु अपशिष्ट नीति अधिनियम, 1982 में कहा गया है कि परमाणु ऊर्जा से उत्पन्न बजिली का एक हिस्सा 'परमाणु अपशिष्ट कोष' को आवंटित किया जाएगा, जो भूवैज्ञानिक नपिटान सुविधा को वित्तपोषित करेगा।
 - जुलाई 2018 तक 40 बिलियन अमेरिकी डॉलर का फंड जमा होने के बावजूद, फंड को अपने इच्छित उद्देश्य के लिये अप्रयुक्त रहने हेतु आलोचना का सामना करना पड़ा है।
- **अंतरराष्ट्रीय सहयोग का अभाव:** हतिधारकों में अक्सर सहयोग की कमी होती है, जिससे परमाणु अपशिष्ट के प्रभावी प्रबंधन में बाधा आती है। चूँकि परमाणु अपशिष्ट एक वैश्विक मुद्दा है, इसलिये ज्ञान साझा करने, सर्वोत्तम प्रथाओं को विकसित करने और परमाणु ऊर्जा का उपयोग करने वाले सभी देशों में ज़िम्मेदार प्रबंधन सुनिश्चित करने के लिये अंतरराष्ट्रीय सहयोग आवश्यक है।

भारत परमाणु अपशिष्ट से कैसे नपिटता है?

- **इंटरनेशनल पैनल ऑन फ़िशियल मैटेरियलस (IPFM)** की वर्ष 2015 की रिपोर्ट के अनुसार, भारत में **ट्रॉम्बे, तारापुर और कलपक्कम** में पुनर्संसाधन संयंत्र हैं।
 - **ट्रॉम्बे सुविधा चरण-II रिफ़्टरों के साथ-साथ परमाणु हथियारों हेतु प्लूटोनियम का उत्पादन** करने के लिये दो अनुसंधान रिफ़्टरों से खर्च किये गए ईंधन के रूप में प्रत्येक वर्ष 50 टन भारी धातु (tHM/y) का पुनर्संसाधन करती है।
 - **तारापुर में स्थिति दो रिफ़्टरों में से एक का उपयोग कुछ दाबयुक्त भारी जल रिफ़्टरों (चरण-I) से 100 tHM/y ईंधन को पुनः संसाधित** करने के लिये किया जाता है और दूसरे रिफ़्टर का संचालन वर्ष 2011 से शुरू हुआ जिसकी क्षमता 100 tHM/y है।
 - **कलपक्कम में स्थिति तीसरे रिफ़्टर की क्षमता 100 tHM/y है।**
- रिपोर्ट में यह भी सुझाव दिया गया है कि **तारापुर और कलपक्कम में स्थिति रिफ़्टरों की संयुक्त औसत क्षमता कारक लगभग 15% है।**

भारत में क्रियात्मक परमाणु ऊर्जा संयंत्र



वृथ्य

- वर्तमान में, भारत के 6 राज्यों में 6780 मेगावाट इलेक्ट्रिक (MWe) की स्थापित क्षमता के साथ 22 परमाणु ऊर्जा रिेक्टर संचालित हैं ।
- परमाणु सुविधाओं की स्थापना व उपयोग और रेडियोधर्मी स्रोतों के उपयोग से संबंधित गतिविधियाँ भारत में परमाणु ऊर्जा अधिनियम, 1962 के अनुसार की जाती हैं ।
- परमाणु ऊर्जा नियामक बोर्ड (AERB) परमाणु एवं विकिरण सुविधाओं तथा गतिविधियों को नियंत्रित करता है ।
- नवीनतम और सबसे बड़ा परमाणु ऊर्जा संयंत्र: कुडनकुलम पावर प्लांट, तमिलनाडु
- पहला और सबसे पुराना परमाणु ऊर्जा संयंत्र: तारापुर पावर प्लांट, महाराष्ट्र



आगे की राह

- पुनः संसाधति करना (रि-प्रोसेसिंग): इसमें उपयोग किये गए नाभिकीय ईंधन से उपयोग योग्य सामग्रियों को अलग करना शामिल है । पुनर्रसाधन से प्लूटोनियम और यूरेनियम जैसे मूल्यवान तत्वों के पुनर्रचकरण में सहायता मिलती है, जिससे उच्च-स्तरीय अपशष्टि की मात्रा कम हो जाती है जिसके लिये दीर्घकालिक भंडारण की आवश्यकता होती है ।
- वट्टीरिफिकेशन: इस प्रक्रिया में रेडियोधर्मी अपशष्टि को काँच में परिवर्तित करना शामिल है जो अपशष्टि के हानिकारक घटकों को स्थिर

