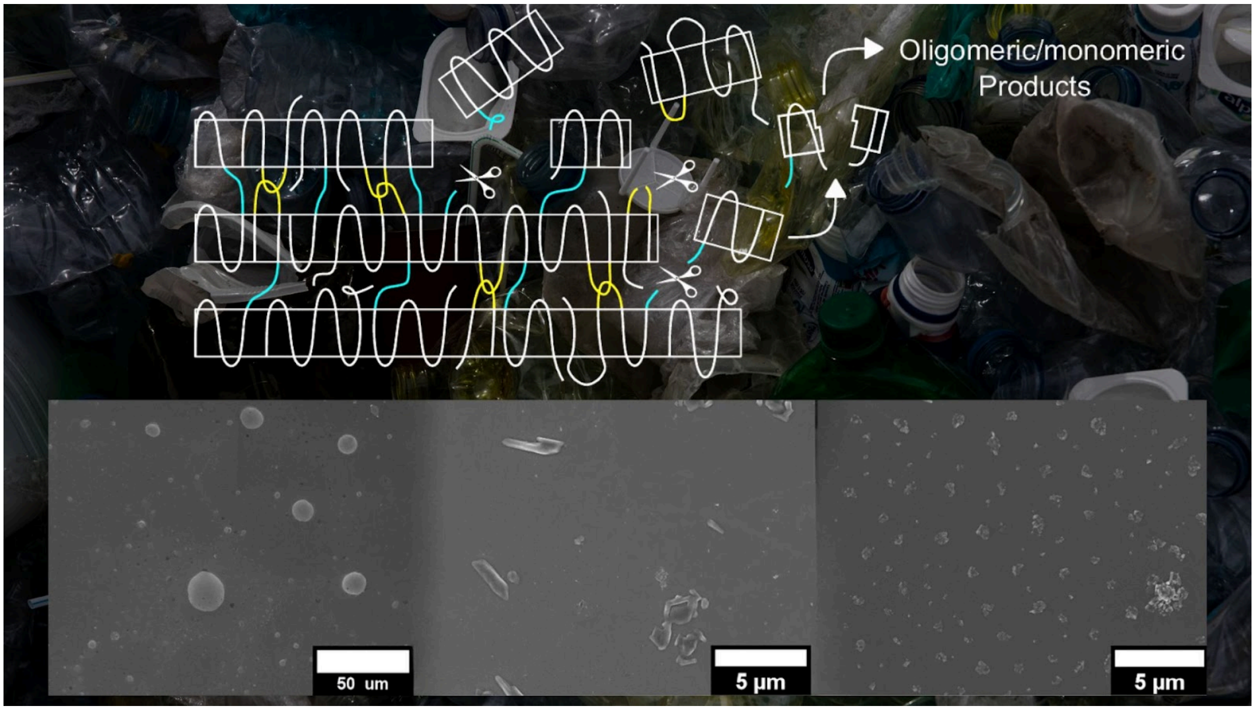
मायक्रो व नॅनो प्लॅस्टिक कसे तयार होते यावर प्रकाश टाकणारा अभ्यास

व्यावसायिक वापरातील बहुतांश प्रकारच्या प्लॅस्टिकचे विघटन होऊन त्यापासून मायक्रो व नॅनो प्लॅस्टिक कण तयार होण्याच्या प्रक्रियेबाबत अधिक माहिती देणारा अभ्यास आयआयटी मुंबई येथील संशोधक व त्यांच्या सहयोगी गटाने समोर आणला.



स्फटिक प्रस्तरातील सेतुबंध तुटून त्याद्वारे मायक्रो नॅनो प्लॅस्टिक कण तयार होण्याच्या प्रक्रियेचे रेखाचित्र
श्रेय : सदर शोधनिबंधाचे लेखक

मायक्रोप्लॅस्टिक्स व नॅनोप्लॅस्टिक्स म्हणजे प्लॅस्टिकचे अत्यंत सूक्ष्म कण. हे कण एका केसापेक्षाही कमी जाडीचे असतात. अगदी खोल समुद्राच्या तळापासून ते मानवी अवयवांपर्यंत सर्वत्र मायक्रो व नॅनोप्लॅस्टिक्स आढळतात. अगदी सर्रासपणे वापरात आलेल्या प्लॅस्टिकच्या या अतिसूक्ष्म कणांमुळे पर्यावरण प्रचंड वेगाने धोक्यात येत चालले आहे. या कणांमुळे आरोग्य व पर्यावरणाला कितीही मोठी हानी पोहोचत असली तरीही, आज घडीला आपल्या दैनंदिन आयुष्यातून आणि व्यावसायिक वापरातून प्लॅस्टिकला हद्दपार करणे केवळ अशक्य बनले आहे. प्लॅस्टिकच्या सूक्ष्म कणांचा पर्यावरणात होणारा सततचा प्रादुर्भाव रोखणेही जवळपास अशक्यच आहे. या सूक्ष्म कणांची निर्मिती आणि प्रसार नियंत्रित करण्यासाठी प्लॅस्टिक कचऱ्याचे व्यवस्थापन अधिकाअधिक चांगल्या प्रकारे करणे हाच आजचा शक्यकोटीतील उपाय आहे. त्यासाठी हे सूक्ष्म कण कसे तयार होतात हे जाणून घेणे उपायांच्या दृष्टीने प्राथमिक पाऊल ठरते.

परिसरातील प्लॅस्टिक कचऱ्याच्या दैनंदिन विघटनातून मायक्रो व नॅनोप्लॅस्टिक कसे तयार होते याबाबतची नवीन माहिती आयआयटी मुंबई येथे नुकत्याच पार पडलेल्या एका अभ्यासातून समोर आली. *नेचर कम्युनिकेशन* या जर्नल मध्ये हा अभ्यास प्रकाशित झाला. भारतीय तंत्रज्ञान संस्था (आयआयटी), मुंबई

येथील प्राध्यापक कुमारस्वामी गुरुस्वामी आणि विवेक शर्मा यांनी अमेरिका येथील कोलंबिया विद्यापीठ, वरमॉण्ट विद्यापीठ व टेनेसी नॉक्सविल विद्यापीठ आणि स्पेन येथील बास्क कंट्री युपीव्ही/इएचयू विद्यापीठ व बास्क फाऊंडेशन फॉर सायन्स येथील संशोधकांच्या सहयोगाने हा अभ्यास केला. या अभ्यासाद्वारे संशोधकांनी परिपूर्ण वैज्ञानिक माहितीवर आधारित प्लॅस्टिक व्यवस्थापन प्रक्रियांचे महत्व ठळकपणे समोर आणले आहे. यातून संशोधकांनी प्लॅस्टिक पदार्थांच्या संरचनेमध्ये काही बदल सुचवले आहेत, ज्यामुळे मायक्रो व नॅनोप्लॅस्टिक्सच्या निर्मितीचा वेग कमी करता येईल.

बहुतांश प्रकारच्या व्यावसायिक प्लॅस्टिक्समध्ये असलेल्या संरचनेला अर्ध-स्फटिकीय रचना म्हणतात. यामध्ये प्लॅस्टिक रेणूंचे स्फटिकीय (ज्यात अणू एका आवर्ती रचनेत असतात, उदाहरणार्थ मिठाचे स्फटिक) पदर एकावर एक रचून ते प्लॅस्टिकच्या धाग्याने विणलेले असतात. या पदरांना लमेले (एकवचन. लमेला) असे म्हणतात. हे धागे प्लॅस्टिक रेणूंच्या सर्व पदरांना बांधून ठेवणाऱ्या सेतूचे कार्य करतात. आयआयटी मुंबईचे संशोधक व त्यांच्या सहयोगी गटाने, सर्वाधिक वापरल्या जाणाऱ्या पाच प्लॅस्टिक्सपैकी तीन प्लॅस्टिक्सचा प्रामुख्याने अभ्यास केला - पॉलीप्रोपिलीन (PP), पॉलीथिलीन टेरेफ्थॅलेट (PET), आणि पॉलीस्टीरिन (PS). एखाद्या लँडफिल क्षेत्रामध्ये (कचरा भराव क्षेत्र) ज्याप्रमाणे प्लॅस्टिकची झीज किंवा क्षती होत जाते तशीच स्थिती संशोधकांनी प्रयोगशाळेमध्ये तयार केली व प्लॅस्टिक विघटन प्रक्रियेचा अभ्यास केला. प्रयोगशाळेमध्ये या प्रक्रियेचा वेग वाढवून, एरवी अनेक वर्षे चालणारी प्रक्रिया संशोधकांना काही दिवसांत अभ्यासता आली.

या प्रयोगाच्या निरीक्षणातून असे लक्षात आले की प्लॅस्टिकच्या पदरांना एकत्र बांधून ठेवणाऱ्या धाग्यांची सर्वाधिक वेगाने झीज होते. हे धागे तुटल्यानंतर प्लॅस्टिक रेणूंचे पदर विलग होतात व त्यांचे तुकडे होऊ लागतात. यातील धाग्यांच्या तुकड्यांचे विघटन लवकर होते परंतु, प्लॅस्टिक रेणूंच्या पदरांचे (लमेले) तुकडे - म्हणजेच मायक्रो व नॅनो प्लॅस्टिक्स - बराच काळ विघटित होत नाहीत. याच तुकड्यांमुळे आरोग्याला व पर्यावरणाला धोका उत्पन्न होतो.

"एकदा का नॅनो प्लॅस्टिक कणांचा पर्यावरणामध्ये प्रसार झाला की त्यानंतर आपण काहीच करू शकत नाही. नंतर विविध घटकांमधून नॅनो प्लॅस्टिक कण गाळून बाहेर काढून पर्यावरण शुद्ध करणे अगदी अवास्तव आहे," पर्यावरणीय धोक्याबाबत सांगताना प्रा. गुरूस्वामी म्हणाले. सदर अभ्यासाद्वारे सुचवलेला एक संभाव्य उपाय म्हणजे प्लॅस्टिकच्या संरचनेमधील धाग्यांची संख्या वाढवणे आणि प्लॅस्टिक जास्त मजबूत बनवणे. यामुळे प्लॅस्टिक विघटनाच्या प्रक्रियेचा वेग आणखी कमी करता येईल. नॅनो प्लॅस्टिक कणांची निर्मिती रोखणे शक्य नसले तरीही या उपायामुळे ती कमी करता येईल. अर्ध-स्फटिकीय प्लॅस्टिक हा पदार्थ बहुपयोगी ठरल्यामुळे त्याचा वापर बंद होणे तर शक्य नाही. त्यामुळे आपण प्लॅस्टिक कचरा व्यवस्थापन प्रक्रिया अधिक सक्षम करून प्लॅस्टिक कणांचा पर्यावरणातील प्रसार काही प्रमाणात नियंत्रित करणे आवश्यक आहे. याबाबत सविस्तर माहिती देताना प्रा. गुरूस्वामी म्हणाले, *"आपल्याला वाटते की प्लॅस्टिक खूप टिकाऊ आहे आणि ते कधीच खराब होणार नाही, पण हे खरे नाही. उदाहरणार्थ, एखादी प्लॅस्टिकची खुर्ची खूप काळ उन्हात ठेवली असेल तर कालांतराने ती ठिसूळ व खराब होत जाते आणि प्लॅस्टिकच्या थरांचे नॅनो कण तयार होऊ लागतात. तर मग अशा वस्तू पर्यावरणात कुठेतरी खराब होत जाण्यापेक्षा त्या योग्य व्यवस्थेमार्फत गोळा करून त्यांचा योग्य पुनर्वापर करणे किंवा त्यांची शास्त्रशुद्ध पद्धतीने विल्हेवाट लावणे उत्तम ठरेल."*

या अभ्यासातील आणखी एक महत्वाचे निरीक्षण म्हणजे मायक्रो व नॅनो प्लॅस्टिक कणांच्या आकार व मापामध्ये खूपच भिन्नता आढळते. मायक्रो व नॅनो प्लॅस्टिकच्या विषाक्तता मापन पद्धतींमध्ये, प्रत्यक्षात विघटित झालेल्या प्लॅस्टिकपासून बनलेल्या खऱ्या प्लॅस्टिक कणांच्या जागी मिळत्याजुळत्या आकाराचे प्लॅस्टिक कण वापरले जातात. परंतु, मायक्रो व नॅनो प्लॅस्टिक कणांच्या आकार व मापामध्ये खूपच भिन्नता असल्याने या विषाक्तता मापन पद्धतींमध्ये अडचणी येतात. या नेमक्या समस्येविषयी प्रा. गुरूस्वामी यांनी सांगितले, *"प्रयोगशाळेत वापरल्या जाणाऱ्या मायक्रो व नॅनो प्लॅस्टिक कणांच्या प्रतिकृती व वास्तविक स्थितीत विघटित झालेल्या प्लॅस्टिकपासून बनलेले मायक्रो व नॅनो प्लॅस्टिक कण यांतील पृष्ठभागावरील रासायनिक संरचना व आकार आणि माप यात बऱ्यापैकी फरक असतो. विषाक्तता मापन आणि पर्यावरणीय परिणाम समजून घेताना हा फरक एक महत्वाचा घटक ठरू शकतो."*

आंतरराष्ट्रीय सहयोगामुळे या अभ्यासाची व्याप्ती व खोली अधिक विस्तृत झाली. या अभ्यासाची संकल्पना प्रा. गुरूस्वामी व त्यांचे दीर्घकालीन सहयोगी असलेले कोलंबिया विद्यापीठातील प्रा. सनत कुमार यांची होती. प्रा. सनत कुमार आयआयटी मुंबई येथील 'राजेश अँड निशा चेअर व्हिजिटिंग प्रोफेसर' या पदावर देखील आहेत. या अभ्यासामध्ये आयआयटी मुंबईच्या संशोधक गटाने पॉलीप्रोपिलीन आणि पॉलीस्टीरिनवर काम केले असून कोलंबिया विद्यापीठातील गटाने पॉलीथिलीन टेरेफ्थॅलेट वर काम केले. सध्या, प्रा. गुरूस्वामी व त्यांचे सहयोगी, प्लास्टिक पुनर्वापर प्रक्रियेच्या दृष्टीने सदर अभ्यासाच्या निकालांचे काय परिणाम होऊ शकतात याचा शोध घेत आहेत. हा शोध घेण्याचे महत्व स्पष्ट करताना, प्रा. गुरूस्वामी म्हणाले, *"पॉलिमरवर पुनःप्रक्रिया करताना त्यांची रेणवीय क्षती होण्याची शक्यता असते. असे झाल्यास त्यांच्यापासून नॅनोप्लॅस्टिक कणांची निर्मिती होण्याची शक्यता अधिकच वाढते."*

सध्याच्या प्रयोगांमध्ये मायक्रो व नॅनो प्लॅस्टिकचे खरे नमुने अभ्यासले जात नसले तरीही भविष्यात संशोधन करण्यासाठी ते एक संभाव्य क्षेत्र आहे असे प्रा. गुरूस्वामी यांचे मत आहे. परंतु, या कणांचे नमुने प्रत्यक्ष महासागर किंवा लँडफिलमधून गोळा करणे हे एक मोठे आव्हान आहे. येत्या काळात, अधिक आंतरराष्ट्रीय सहयोग व व्यापक पातळीवरील अभ्यासाच्या मदतीने प्लॅस्टिकच्या सूक्ष्मकणांची ही समस्या प्रभावीपणे सोडवली जाऊ शकते.

VETTED / UNVETTED	Vetted
Title of Research Paper	Mechanism of quiescent nanoplastic formation from semicrystalline polymers
DOI of the Research Paper as a link	https://doi.org/10.1038/s41467-025-58233-3
List of all researchers with affiliations	Guruswamy Kumaraswamy and Vivek Sharma, Department of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology Bombay;

VETTED / UNVETTED	Vetted
	Nicholas F. Mendez, Michele Valsecchi, Vighnesh Pai, Sanat K. Kumar, and Johnny K. Lee, Department of Chemical Engineering, Columbia University, New York; Linda S. Schadler, Department of Mechanical Engineering, University of Vermont, Burlington, USA; Alejandro J. Müller, POLYMAT and Department of Advanced Polymers and Materials: Physics, Chemistry and Technology, Faculty of Chemistry, University of the Basque Country UPV/EHU, Spain and IKERBASQUE, Basque Foundation for Science,Spain; Shelby Watson-Sanders and Mark Dadmun, Department of Chemistry, University of Tennessee Knoxville, Knoxville, USA
Email of researcher/s	guruswamy@iitb.ac.in
Writer name	ArulGanesh S S अरूलगणेश एस एस
Transcreator Name	Shweta Bhide श्वेता भिडे
Credits to Graphic:	Authors of the study
Subject [FOR EDITOR] - Please Highlight in RED (Multiple allowed)	Science/Technology/Engineering/Ecology/Health/Society
Article to be Sectioned Under [FOR EDITOR] - Please Highlight in RED	Deep Dive/Friday Features/Fiction Friday/Joy of Science/News+Views/News/Scitoons/Catching up/OpEd/Featured/Sci-Qs/Infographics/Events
Social Media TAGS separated by Comma	#Microplastics, #Nanoplastics, #PlasticWaste,
Social Media Posts Suggestions/ Links to interesting relevant content [optional] [writer]	1. IIT Bombay researchers and their collaborators carry out a study revealing how the majority of commercial-use plastic degrades into micro and nano plastic particles . Read <here> 2. Researchers highlight the importance of scientifically informed plastic waste management practices and suggest

VETTED / UNVETTED	Vetted
	some changes to the structure of plastic materials, which may help reduce the formation rate of microplastics and nanoplastics. For more, visit <link>
Social Media Handles to be added	@iitbombay
Social Media handles of writer	@sreesreearul (Twitter)
Social Media handles of researchers	@GuruKumaraswamy, @CheEnggIITB, @sanatkk, @viveksh808
Funding information (Source: Research paper)	The authors acknowledge the use of facilities and instrumentation supported by NSF through the Columbia University, Columbia Nano Initiative, and the Materials Research Science and Engineering Center DMR−2011738. NFM, MV, SA, VP and SKK gratefully thank the National Science Foundation (Division of Materials Research, DMR-2301348) for funding. NFM acknowledges funding from the NSF GRFP through grant DGE−2036197. VS is thankful to MHRD for providing the fellowship to carry out the research. AJM acknowledges funding of the Basque Government through grant IT1503-22. MDD and SW thank the National Science Foundation (DMR) for funding.
Conflict of Interest/Competing Interest information (Source: Research paper)	None
Co-PI information (Source: Research paper)	Sanat Kumar, Department of Chemical Engineering, Columbia University, New York and Rajesh and Nisha Chair Visiting Professor at IIT Bombay.
Location:	Mumbai मुंबई