उष्णकटिबंधीय चक्रवातों की ट्रैक की भविष्यवाणी

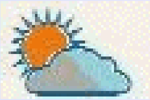
पांचवीं अखिल भारतीय विभागीय हिंदी संगोष्ठी
मुख्यालय, नई दिल्ली, 25.04.2016 से 26.04.2016 तक

डॉ कु.वै. बालसुब्रमणियन,

M.Sc. (Physics), M.A. (Tamil), M.A. (History), M. Phil., Ph. D.

सहायक मौसम विज्ञानी ग्रेड I

प्रदेशिक मौसम केंद्र, चेन्नै



परिचय

कर्क और मकर रेखा के मध्य स्थित क्षेत्रों (उष्ण कटिबंध) में उत्पन्न होने वाला चक्रवात को उष्णकटिबंधीय चक्रवात कहते हैं। इन चक्रवातों की गति, आकार तथा मौसम संबंधी दशाओं में पर्याप्त भिन्नता पायी जाती है। इस चक्रवात के मध्य में न्यूनदाब होता है और समदाब रेखायें वृत्ताकार होती हैं और केंद्र से बाहर की ओर वायुदाब तीव्रता से बढ़ता है जिसके कारण हवाएं बाहर से केंद्र की ओर तेजी से चलती हैं और ऊपर उठती हैं। इनके आगमन से भयंकर तूफान उत्पन्न होते हैं। इन चक्रवातों की गति अबाध सागरों के ऊपर अतितीव्र होती है और स्थलीय भागों पर पहुँचते ही ये क्षीण होने लगते हैं तथा आंतरिक भागों में पहुँचकर प्रायः विलीन हो जाते हैं। अतः महासागरीय द्वीपों तथा सागर तटीय भागों पर इनका सर्वाधिक प्रभाव होता है। ये चक्रवात अधिकांशतः ग्रीष्मकाल में उत्पन्न होते हैं जो अपनी तीव्रगति तथा तूफानी प्रकृति के कारण अधिक विनाशकारी होते हैं। इन चक्रवातों के प्रत्येक भाग में वर्षा होती है और इनमें वर्षा की कोशिकायें नहीं होती हैं। ये सदैव गतिशील नहीं रहते हैं और कभी-कभी एक ही स्थान पर कई दिनों तक ठहर जाते हैं तथा अत्यधिक वर्षा करते हैं। उष्णकटिबंधीय चक्रवातों के मार्ग विभिन्न क्षेत्रों में भिन्न-भिन्न होते हैं किन्तु सामान्यतः ये व्यापारिक हवाओं की दिशा में पूर्व से पश्चिम की ओर अग्रसर होते हैं।

उष्णकटिबंधीय चक्रवातों का नामों

संसार के विभिन्न भागों में गति एवं तीव्रता के अनुसार उष्ण कटिबंधीय चक्रवातों को पृथक्-पृथक् नामों से पुकारा जाता है । उत्तर भारतीय महासागर (बंगाल की खाड़ी तथा अरब सागर) में इन्हें चक्रवात (cyclone), पश्चिमी द्वीप समूह के पास (अटलांटिक महासागर) हरीकेन, चीन के पूर्वीतट (उत्तरी प्रशांत महासागर) पर टाइफून, पूर्वी द्वीप समूह तथा उत्तरी-पश्चिमी आस्ट्रेलिया के निकट विलीविली और आस्ट्रेलिया के उत्तरी-पूर्वी तट के समीपस्थ भाग में टारनैडो के नाम से जाना जाता है । हरीकेन तथा टाइफून अत्यंत भयंकर, विशाल और विनाशकारी होते हैं किन्तु ये कभी-कभी ही उत्पन्न होते हैं ।

कम दबाव प्रणाली के वर्गीकरण

- भारत मौसम विभाग कम दबाव प्रणाली के वर्गीकरण के लिए तीन मिनट औसत अनवरत हवा का उपयोग करता है। विभागीय बुलेटिनों में अधिकतम हवा के लिए उच्चतम तीन मिनट सतह अनवरत हवा का इस्तेमाल करता है। इन सतह हवाओं का प्रेक्षण एक अबाधित ऊंचाई (अर्थात, इमारतों या पेड़ों से अवरुद्ध नहीं) में अर्थात 10 मीटर (33 फुट) की ऊंचाई पर (यह ऊंचाई मौसम संबंधी मानक माना जाता है) लिया जाता है।

- संयुक्त राज्य अमेरिका के राष्ट्रीय तूफान केंद्र, चक्रवात की हवा की रिपोर्टिंग के लिए एक मिनट औसत समय का अनवरत हवा का उपयोग करता है। कुछ देशों ने इस उद्देश्य के लिए दस मिनट के समय के औसत हवा का उपयोग करते हैं। मगर दस मिनट हवा से एक मिनट हवा या तीन मिनट हवा में परिवर्तित कर सकते हैं और इसलिए अंतर-बेसिन उष्णकटिबंधीय चक्रवातों के तुलना करने में कोई समस्या नहीं है।

चक्रवात का ऊर्जा

- उष्णकटिबंधीय चक्रवात को एक गर्म इंजन की तरह हम मान सकते हैं। ऊर्जा इनपुट उष्णकटिबंधीय महासागरों के गर्म पानी और नम हवा से है। जलवाष्प का संघनन से जब बादल का बूंद बनता है तब गर्मी की रिहाई होता है। इस ऊर्जा से केवल एक छोटा सा प्रतिशत (3%) चक्रवात के संचलन (पवन क्षेत्र) बनाए रखने के लिए इस्तेमाल किया जाता है। एक परिपक्व चक्रवात 100 हाइड्रोजन बम की ऊर्जा के बराबर है।
- उत्तर भारतीय महासागर के निम्न दबाव के सिस्टमों को सतह स्तर पर उनसे जुडी अधिकतम सतत सतह पवन के आधार पर वर्गीकृत किया जाता है (सारणी – 1)। जब सिस्टम देश के अंतर भूमि क्षेत्र में आ जाता है तो सिस्टम का वर्गीकरण दबाव घाटा/जितना बंद ऐसोबार (isobar) के अनुसार होता है।

उत्तर भारतीय महासागर के ऊपर चक्रवाती विक्षोपो का वर्गीकरण्

निम्न दबाव सिस्टम	अधिकतम सतत सतह पवन् गति नॉट में (किलोमीटर में)	बंद ऐसोबार का संख्या	दबाव घाटा एच.पि.ए में
निम्न दबाव क्षेत्र	<17(<31)	1	2.0
दबाव	17-27 (31-49)	2	3.1
गहन दबाव	28-33 (50-61)	3	4.5
चक्रवाती तूफान	34-47 (62-88)	4	6.1-10.0
भारी चक्रवाती तूफान	48-63 (89-117)	6	15.0
बहुत भारी चक्रवाती तूफान	64-89 (118-166)	< 10	20.9-29.4
अत्यंत भीषण चक्रवाती तूफान	90-119 (167-221)		40.2-65.6
महा चक्रवाती तूफान	>120 (>222)		≥ 80.0

चक्रवाती विक्षोपों का वर्गीकरण्

❖ हम एक सतह चार्ट पर 2 एच.पी.ए के अंतराल में एक बंद ऐसोबार खींचकर बना कर सकते हैं तो फिर सिस्टम निम्न दबाव क्षेत्र कहा जाता है I अगर वहाँ दो बंद ऐसोबार बना सकते हैं तो यह दबाव कहा जाता है, , अगर वहाँ तीन बंद ऐसोबार बना सकते हैं तो एक गहन दबाव, और अगर वहाँ चार या उससे अधिक बंद ऐसोबार बना सक्ते हैं तो सिस्टम को चक्रवाती तूफान कहते हैं I हवा के मापदंड को ध्यान में रखते हैं तो 17-27 समुद्री मील की गति से हवा के साथ की प्रणाली को निम्न दाब क्षेत्र, तीन मिनट की औसत अनवरत हवा 28-33 समुद्री मील के बीच हो तो गहन दबाव कहा जाता है I तीन मिनट की औसत अनवरत हवा 34 समुद्री मील से अधिक हो तो सिस्टम को चक्रवाती तूफान कहा जाता है I

चक्रवाती तूफान की ट्रैक की भविष्यवाणी के लिए उपलब्ध तकनीक

चक्रवाती तूफान की ट्रैक की भविष्यवाणी के लिए उपलब्ध तकनीक निम्न लिखित हैं ।

- ❖ जलवायुविज्ञानशास्र, हठ पर आधारित विधियों और दोनों जलवायु और हठ (किलिप्पर-CLIPER)
- ❖ सामान्य अवलोकन तकनीक - अनुभवजन्य तकनीक
- ❖ सैटेलाइट तकनीक
- ❖ सांख्यिकीय तकनीक जलवायुविज्ञानशास्र, दृढ़ता और संक्षिप्त का उपयोग कर
- ❖ एनालॉग तकनीक
- ❖ संख्यात्मक मौसम पूर्वानुमान के मॉडल

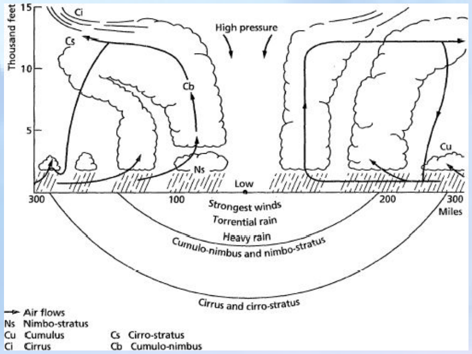
भा. मौ. वि. में प्रयोग होनेवाला चक्रवात के ट्रैक के भविष्यवाणी के संख्यात्मक मौसम पूर्वानुमान मॉडल

भारत मौसम विभाग में उष्णकटिबंधीय चक्रवात के ट्रैक के भविष्यवाणी के लिए संख्यात्मक मौसम पूर्वानुमान मॉडल का प्रयोग होता है । वे इस प्रकार हैं ।

- राष्ट्रीय मध्यम अवधि मौसम पूर्वानुमान केंद्र की टी-254 मॉडल, MM5 मलटिमोडल मेसोस्केल मॉडल
- अर्ध लग्रेजियन सीमित क्षेत्र मॉडल (Quasi-Lagragian Limited Area Model - QLM) ट्रैक भविष्यवाणी के लिए
- मौसम अनुसंधान और पूर्वानुमान मॉडल (Weather Research and Forecast - WRF) गहनता और ट्रैक भविष्यवाणी के लिए
- भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, दिल्ली और राष्ट्रीय समुद्र प्रौद्योगिकी संस्थान, चेन्नै की तूफानि तरंगों की भविष्यवाणी मॉडल
- उपरोक्त के अलावा, भारत मौसम विभाग BCBCMRF, UKMET और COLA कोला आदि जैसे अंतरराष्ट्रीय NWP मॉडल से उपलब्ध विभिन्न पूर्वानुमान को भी उपयोग करता है ।

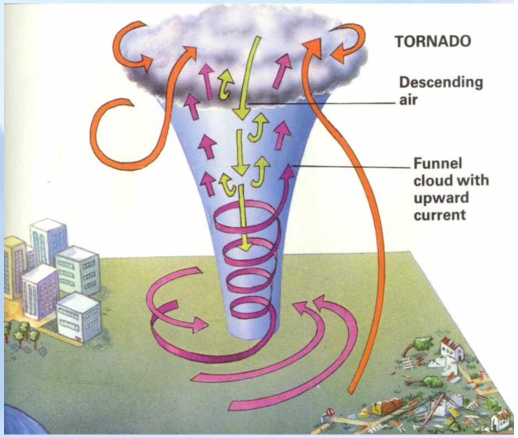
चक्रवात भविष्यवाणी का इतिहास

❖ व्यापार से समृद्ध उत्तर भारतीय महासागर के ऊपर प्राचीन मल्लाह समुद्र पर तूफान के रोष से जाना होगा, लेकिन वे अपने अनुभव को लिखित दस्तावेज के रूप में छोडे नहीं है । पुर्तगाली, डच, अंग्रेजी और फ्रेंच द्वारा हुई व्यापार की प्रारंभिक अवधि के दौरान, 16वीं सदी से 19वीं सदी के बीच में यह स्थिति ज्यादा नहीं बदला था । जब जहाज गलती से समुद्र पर एक चक्रवाती तूफान में पकड़ा गया तो बड़े नुकसान का सामना करना पड़ा । इसका मुख्य वजह यह था कि तूफान का पता लगाने और खतरे के बारे में सूचित करने के लिए कोई भी साधन नहीं था ।



शुरुआती दिन

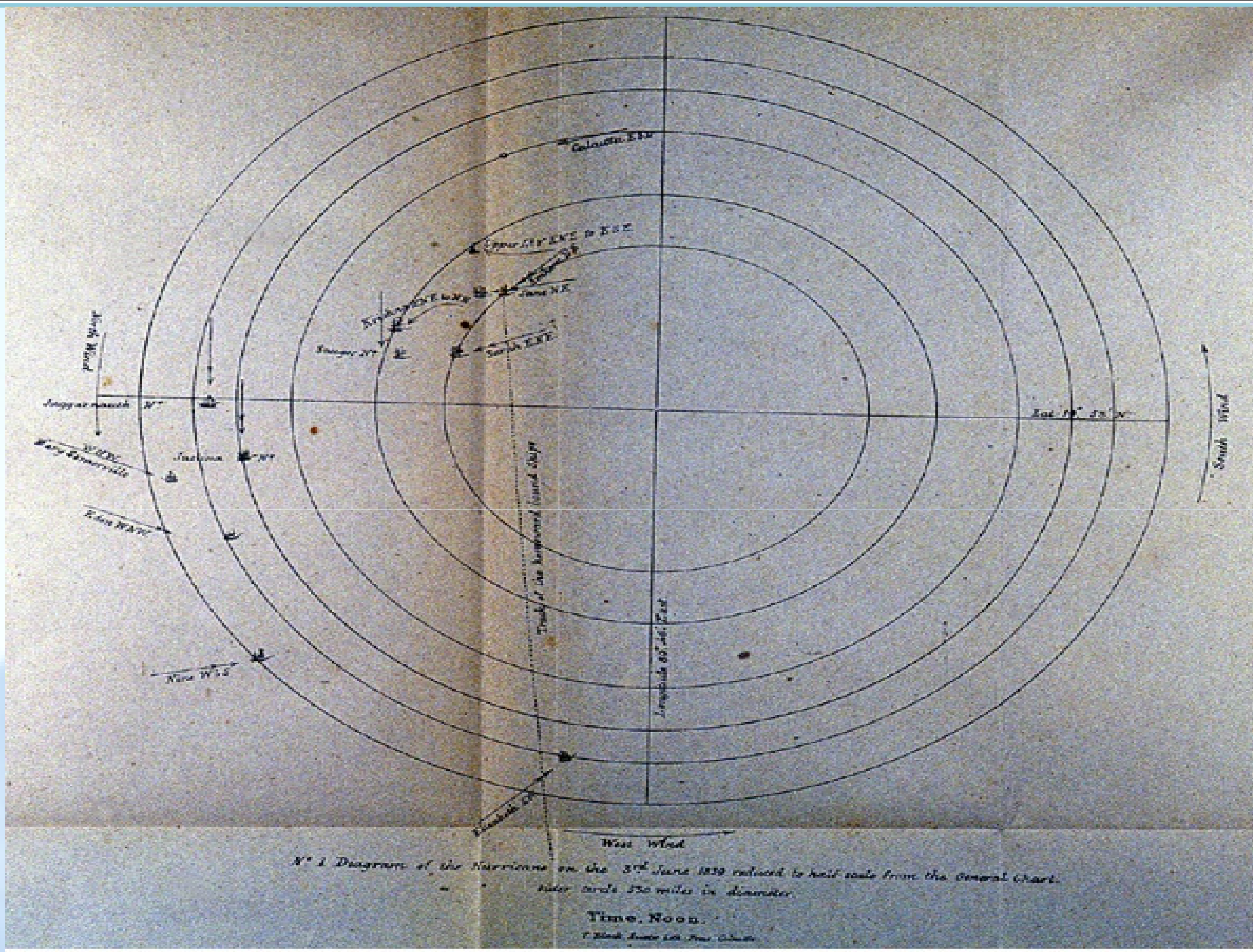
❖ उत्तर भारतीय महासागर के तूफानों की पहले वैज्ञानिक अध्ययन हेनरी पिडिंगटन (Henry Piddington) (एक अंग्रेजी ईस्ट इंडिया कंपनी के कर्मचारी) द्वारा किया गया । पिडिंगटन (चित्र-1 और 2) 1838 में भारत आए थे और उन्होंने पहले कलकत्ता भूवैज्ञानिक इतिहास संग्रहालय के एक क्यूरेटर के रूप में कार्य किये । बाद में कलकत्ता के समुद्री न्यायालय के अध्यक्ष बन गये । उन्होंने स्वयं एक तूफान के माध्यम से गुजरने की भयानक अनुभव किया था । इसलिए कलकत्ता समुद्री कोर्ट में उपलब्ध जहाज लॉग डेटा से उत्तर भारतीय महासागर के उष्णकटिबंधीय तूफानों का अध्ययन किया और इस काम के लिए लगभग 15 वर्षों तक खुद को समर्पित किया था । उन्होंने बंगाल की एशियाटिक सोसाइटी के जर्नल (जो केवल एक वैज्ञानिक पत्रिका जो भारत में उपलब्ध था) में 1839-1851 के दौरान हुई तूफानों के बारे में 23 संस्मरण, 50 अनुसंधान पत्रों का एक श्रृंखला प्रकाशित किये । उन्होंने इन तूफानों को एक ग्रीक शब्द "सैक्लोस" (सांप की कुंडलियों – हिन्दी में चक्रवात) और तब से उत्तर भारतीय महासागर के ऊपर उष्णकटिबंधीय तूफान का वर्णन करने के लिए यह शब्द का इस्तेमाल किया जाता है ।



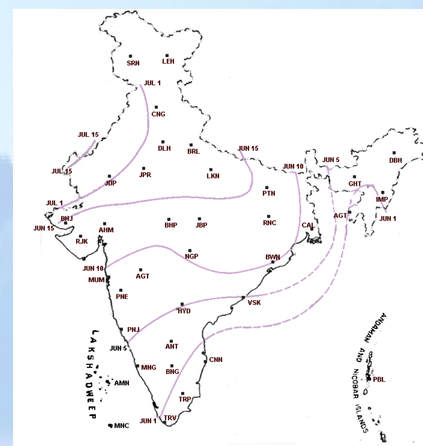
हेनरी पिडिंगटन (Henry Piddington)

India Review 1839 में प्रकाशित पिडिंगटन का एक छायाचित्र (श्री ए.के. सेन शर्मा के लेख से, Weather, Volume52, अंक 6, 30 अप्रैल 2012 में प्रकाशित)

Southwest monsoon season



पिडिंगटन द्वारा तैयार की गई चक्रवात के चित्र



❖ पिडिंगटन 1864 में तूफान के बारे में नाविकों के लिए एक पुस्तिका लिखे । अपनी पुस्तक में उनहोंने कहा है कि गेल (gale-आंधी), स्टोर्म (storm-तूफान) हरिकेन (hurricane) जैसे शब्दों को भी चक्रवात (cyclone) के जगह पर प्रयोग करते थे । मगर इन शब्दों ब्यूफोर्ट पैमाने हवा ताकत का उल्लेख करनेवाले अन्य घटना का वर्णन करते थे बल्कि उष्णकटिबंधीय चक्रवात का वर्णन नहीं करता । सिर्फ सैक्लोन (चक्रवात-cyclone) शब्द एक उष्णकटिबंधीय चक्रवात के केंद्र के आसपास के क्षेत्र के तेज हवाओं और उसकी ऊपर चढ़ती हुई विशेषता की संरचनात्मक वर्णन करता है । मेलड्रम (Meldrum) और अलेक्जेंडर थॉम, जो पिडिंगटन के समकालीन थे, मॉरिशस वेधशाला में उपलब्ध रिकॉर्ड के आधार पर, दक्षिण पश्चिम हिंद महासागर के उष्णकटिबंधीय तूफान के अध्ययन किये थे ।

भारत मौसम विभाग की स्थापना

अक्तूबर 1864 में एक गंभीर चक्रवात की वजह से कोलकाता शहर को भारी नुकसान हुआ। इस चक्रवात के साथ जो तूफानी तरंगें हुगली नदी में आयें उससे शिपिंग उदयोग को भारी नुकसान पंहुचा और साथ में 80000 मानव जीवन को नष्ट कर दिया। इसके बाद एक और गंभीर चक्रवात तटीय उड़ीसा क्षेत्र में आया और जो वहाँकी जीवन और संपत्ति को गंभीर क्षति किया। इन चक्रवातों के कारण बंगाल वाणिज्य चैंबर, बंगाल की सरकार और भारत सरकार को बंगाल की खाड़ी के लिए तूफान चेतावनी की एक नियमित रूप से वैज्ञानिक प्रणाली स्थापित करने का सिफारिश किया। इस सिफारिश और भी अन्य कारणों से, भारत की केन्द्रीय सरकार के तहत 1875 में भारत मौसम विभाग (आई.एम.डी) की स्थापना हुई।

तूफान चेतावनी प्रणाली

तूफान चेतावनी प्रणाली पहले 1865 में कोलकाता में बंगाल की खाड़ी में आनेवाले तूफानों के लिए और 1882 से मुंबई में अरब सागर में आनेवाले तूफानों के लिए स्थापित किया गया । 22 सितंबर, 1885 के फालसपायिन्ट चक्रवात, जो उड़ीसा तट के जीवन और संपत्ति की भयानक विनाश किया । इस चक्रवात के वजह से भारत मौसम विभाग के पहले प्रमुख, ब्लण्डफोर्ड, 1886 में भारतीय बंदरगाहों के लिए (म्यांमार तट के साथ) एक तूफान चेतावनी की एक प्रणाली लागू किया । आगे बढके इस प्रणाली में कई सुधार आया । 1970 के दशक में डॉ पी. कोटीस्वरम, मौसम विज्ञान के महानिदेशक ने इस प्रणाली का पुर्नोत्थान किया । अब तीन तूफान चेतावनी केन्द्रों कोलकत्ता, चेन्नै और मुंबई (ACWC- क्षेत्र चक्रवात चेतावनी केंद्र) और तीन चक्रवात चेतावनी केन्द्र (CWC) भुवनेश्वर, विशाखापट्टनम और अहमदाबाद में स्थापित किया गया है । इन केंद्रों के राष्ट्रीय और अंतरराष्ट्रीय आवश्यकताओं के लिए जिम्मेदारी भी सौंपा गया है । इनके अलावा एक चक्रवात चेतावनी अनुसंधान केंद्र भी चेन्नै में काम करता है ।

तूफान चेतावनी प्रणाली

इन चक्रवात चेतावनी केन्द्रों को शक्तिशाली चक्रवात चेतावनी रडारों से डेटा मिलता है। ऐसे रडार देश के पूर्वी तट पर कोलकाता, पारादीप, विशाखापट्टनम, मसूलिप्पट्टनम्, श्रीहरिकोटा, चेन्नै और कारैक्काल में निर्माण किया गया है। पश्चिमी तट पर कोच्चि, गोवा, मुंबई और भुज पर ऐसे राडार हैं। ऑनलाइन मौसम उपग्रह डेटा, गहरे समुद्र के मौसम विज्ञान बोया (Buoys) के डेटा के साथ पारंपरिक अवलोकन सिस्टम से डेटा चक्रवात निगरानी कार्य में भारत मौसम विभाग का मदद करते हैं। विभाग प्रेस, रेडियो, टीवी और यहां तक कि एक उपग्रह आधारित प्रणाली (CWDS- चक्रवात चेतावनी प्रसार सिस्टम) के माध्यम से चक्रवात चेतावनी के वितरण करके सार्वजनिक सेवा करता है। इन सभी प्रणालियों के बावजूद, हालांकि कोई उष्णकटिबंधीय चक्रवात बिना किसी चेतावनी के आ सकता है मगर अनमोल जीवन अभी भी उत्तरी हिंद महासागर के विभिन्न तटीय क्षेत्रो में हम खो रहे हैं।

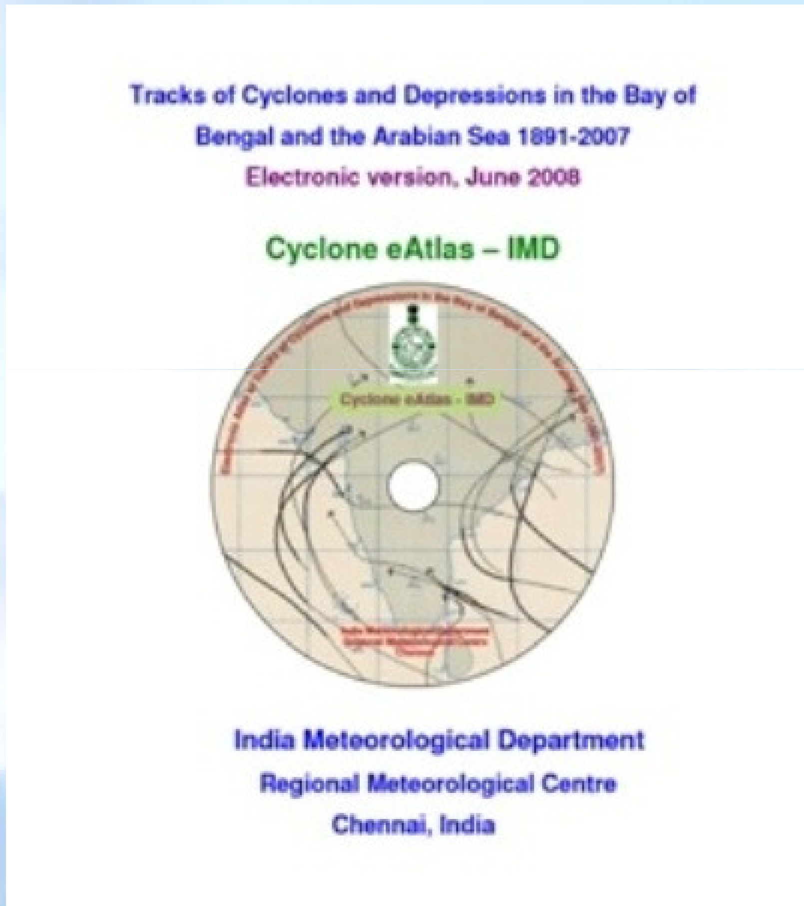
चक्रवात एटलस

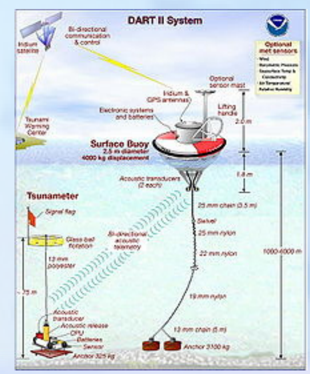
उत्तर भारतीय महासागर के उष्णकटिबंधीय चक्रवातों के अध्ययन भारत मौसम विभाग की शुरुआत से जांच का एक महत्वपूर्ण क्षेत्र था। ब्लण्डफोर्ड 1877 में बंगाल की खाड़ी की अक्टूबर, 1737 से नवंबर, 1876 तक की अवधि के 112 दर्ज की गई चक्रवातों की एक सूची प्रकाशित किये। वे 1883 में "भारतीय मौसम विज्ञानी के वदे-मेन्कुम् (Vade-Mencum)" नामक अपनी पुस्तक में अपनी अनुसंधान के परिणामों को शामिल भी किये थे। ब्लण्डफोर्ड की तरह चेंबर भी चक्रवात की अनुसंधान कीये हैं। उन्होंने मई 1648 से जुलाई 1881 की अवधि में अरब सागर के 70 चक्रवातों का एक सूची तैयार किये थे।

चक्रवात एटलस

वे अरब सागर के 1882 से 1889 तक की अवधि की चक्रवातों को शामिल करके सूचि को अपडेट किये। 1925 और 1926 में सर चारलस विल्लियम ब्लैत नार्मन्ड (Sir Charles William Blyth Normand) बंगाल की खाड़ी और अरब सागर के चक्रवात ट्रै्क प्रकाशित किये। तब से भारत मौसम विभाग ने चक्रवात पटरियों के दो एटलस (IMD 1964 और 1979) प्रकाशित किया है। 1970 के बाद के अवधि के पटरियों को विभाग अपने विभागीय वैज्ञानिक पत्रिका मौसम (Mausam) में हर साल प्रकाशित कर रहे हैं। अब कई अन्य महत्वपूर्ण जानकारी के साथ सक्रिय चक्रवात पटरियों पर जानकारी ई-एटलस चक्रवात चेतावनी अनुसंधान केंद्र, प्रादेशिक मौसम केंद्र, चेन्नै द्वारा प्रकाशित सीडी में उपलब्ध है (चित्र 3 और 4)। यह जानकारी 'वेब-एटलस' की के रूप में लागत से मुक्त प्रादेशिक मौसम केंद्र, चेन्नै वेबसाइट में उपलब्ध है।

चक्रवात एटलस


Tracks of Cyclones and Depressions in the Bay of
Bengal and the Arabian Sea 1891-2007
Electronic version, June 2008
Cyclone eAtlas – IMD
Cyclone eAtlas - IMD
India Meteorological Department
Regional Meteorological Centre
Chennai, India


DART II System
Surface Buoy
Tsunameter

डॉ ए.वी.एम अजीत त्यागी, मौसम विज्ञान के महानिदेशक चक्रवात सिडी रिलीस करते हैं और डॉ कतिरोलि, निदेशक राष्ट्रीय महासागर प्रौद्योगिकी संस्थान इसे प्राप्त कर रहे हैं । डॉ आर.वी. शर्मा, मौसम विज्ञान के उप महानिदेशक, प्रादेशिक मौसम केंद्र, चेन्नै मंच में उपस्थित थे । (आगस्त, 2008)

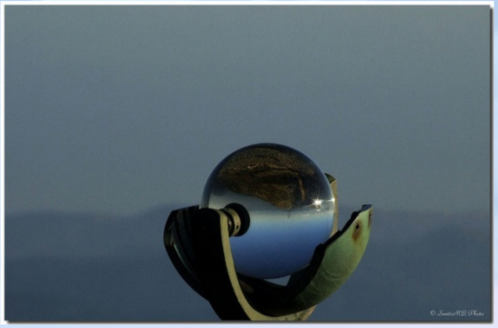
जलवायवीय अध्ययन

- 1877-1970 की अवधि में चक्रवात के कई जलवायुवीय अनुसंधान भी हुए थे। एकत्र जानकारी के उद्देश्य ट्रैक भविष्यवाणी के लिए इस्तेमाल किया गया था। वे निम्नलिखित पर ध्यान केंद्रित कर रहे थे
- उत्पत्ति, गहनता, गति, पीछे की ओर मोडना, भूस्खलन आदि के बारे में (राय सरकार 1956, राव और जयरामन 1958, रॉय चौधरी एट। अल। 1959, राघवेंद्र 1973)
- चक्रवात की गति के बारे में पहला उद्देश्य किलिप्पर् पूर्वानुमान सिक्का व सूर्यनारायण (1972) द्वारा प्रयास किया गया था।
- दत्ता व गुप्ता (1975) एक कंप्यूटर आधारित एनालॉग भविष्यवाणी तकनीक प्रदान कीए थे।

जलवायवीय अध्ययन

जलवायवीय अध्ययनों से पता चलता है कि

- ❖ उत्तर भारतीय महासागर के चक्रवाती सिस्टम पूरे संख्या और चक्रवातों में चिह्नित दशकीय परिवर्तनशीलता है ।
- ❖ अधिकतम चक्रवाती गड़बड़ी (56) 1921-1930 दशक में हुई ।
- ❖ 1991-2000 की दशक में चक्रवात की कुल संख्या में पहले 10 के दशकों (1891-1990) तुलने में भारी कमी हुई है । यह कमी पिछले दशकों की औसत से 50% कम है । यह कम प्रवृत्ति 1981-1990 से है और 2000-2005 में भी जारी रहा ।
- ❖ चक्रवाती तूफान और भारी चक्रवाती तूफान की संख्या भी कम हो गया है ।
- ❖ दुनिया के अन्य घाटियों पर चक्रवात में वृद्धि हुई है, लेकिन वहाँ उत्तर भारतीय महासागर में कमी आई है ।

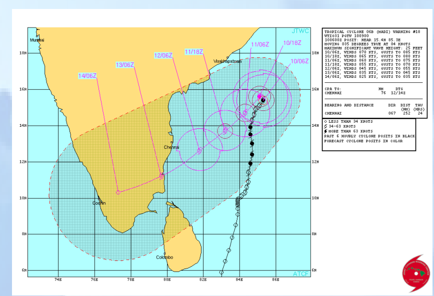


अवलोकन अध्ययन

- चक्रवात का ट्रैक की भविष्यवाणी में अगले महत्वपूर्ण पहलू विभिन्न भारतीय वैज्ञानिकों द्वारा किए गए अध्ययन है। ये वैज्ञानिकों, सतह और ऊपरी हवा दोनों वेधशालाओं का नेटवर्क द्वारा की गई टिप्पणियों के साथ अपने अनुसंधान किये। चक्रवात के भविष्यवाणी के लिए तटीय सतह वेधशालाओं की संख्या पूर्वी तट में और पश्चिमी तट में वृद्धि की गयी है। उसी प्रकार चक्रवात संसूचन राडार की संख्या में भी वृद्धि हुई है। चक्रवात को समझने के लिए विशेष कार्यक्रमों का व्यवस्था की गई। इस दिशा में 1930 में ही तटीय आंध्र प्रदेश विशेष ऊपरी हवा प्रेक्षण के साथ एक विशेष कार्यक्रम भी आयोजित किया गया। अब पूर्वानुमान प्रदर्शन कार्यक्रम (एफ.डी.पी) चक्रवात पर किया जा रहा है।

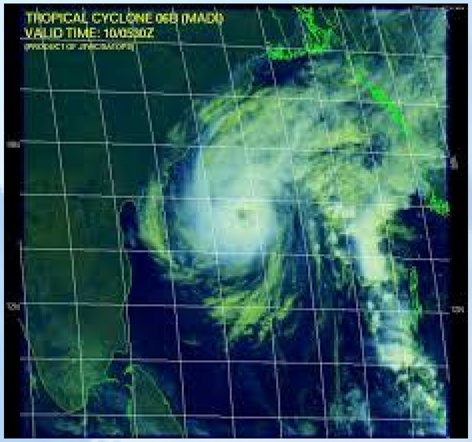
चक्रवात के रडार अध्ययनों

भारत मौसम विज्ञान विभाग 1950 में ही तूफान का पता लगाने के लिए रडार तकनीक को अपनाया | भारत में ही बनाये पहली एक्स बैंड मौसम राडार नई दिल्ली में 1970 में स्थापित किया गया था | के एक एकीकृत ऊपरी हवा लग प्रणाली जिसमें एक्स - बैंड मौसम रडार और रेडियोसोंडे प्रणाली (401 मेगाहर्ट्ज), बंगलौर में 1975 में स्थापित किया गया था | चक्रवात का पता लगाने के पहले एस-बैंड राडार 1970 में विशाखापत्तनम में चालू हो गया और पहला स्वदेशी एस-बैंड चक्रवात संसूचन राडार 1980 में मुंबई में कमीशन किया गया था | जैसा कि पहले उल्लेख किया था विन्हाग में अब 10 एस-बैंड चक्रवात संसूचन राडार का नेटवर्क है, पूर्वी तट में छह और पश्चिम तट में चार राडार हैं |



चक्रवात के रडार अध्ययनों

डिजिटल डॉपलर मौसम राडार की आगमन तक चक्रवात का राडार के अध्ययन बहुत कम संख्या में था और मूल रूप से राडार मौसम विज्ञानी द्वारा थे। इस क्षेत्र में अग्रणी काम डे और सेन (De and Sen, 1959) ne शुरू किए थे। उसके बाद कई मौसम वैज्ञानिकों रडार डेटा के साथ अलग-अलग चक्रवात का जांच किये हैं (भट्टाचार्य और डे 1965 और 1976, राघवन 1990, राघवन और वीरराघवन् 1979, राघवन और राजगोपालन 1980, राघवन और अन्य, 1981, पांडे और अन्य, 1989, और सुब्रमण्यम और अन्य 1981)।

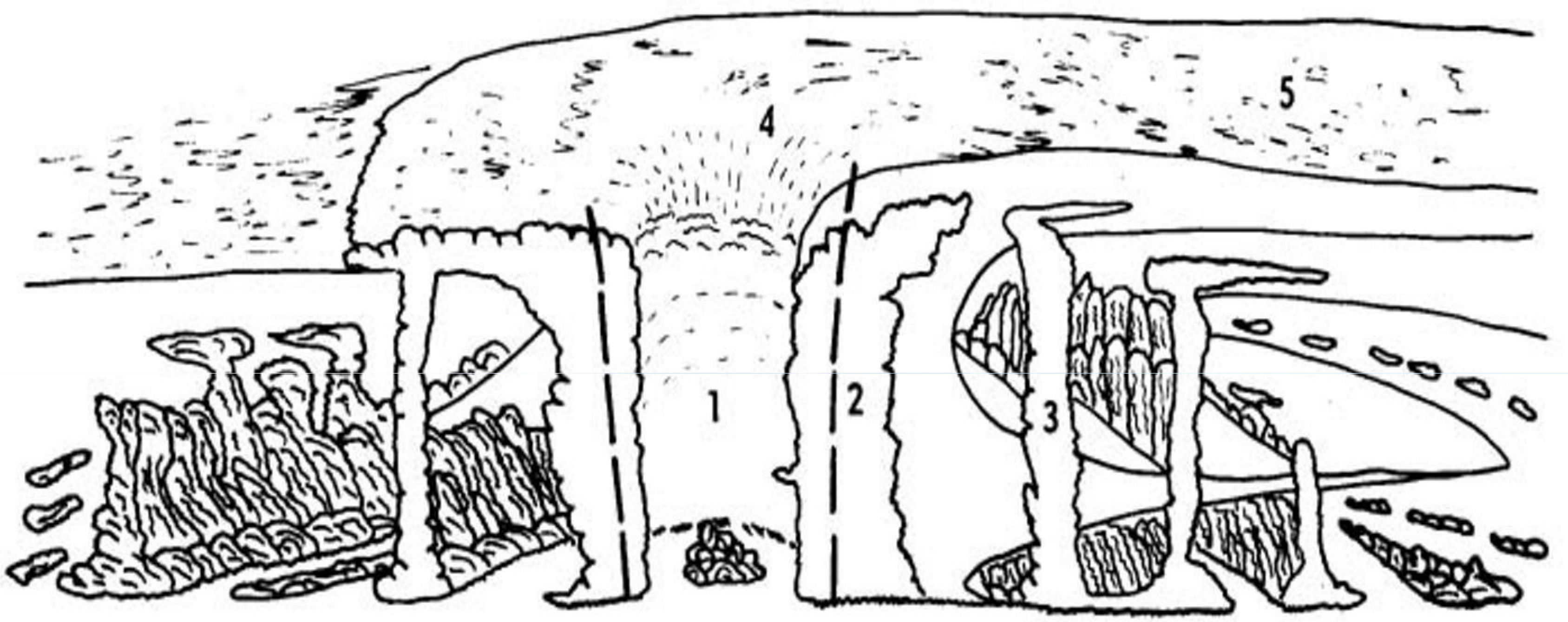


चक्रवात के रडार अध्ययनों

चक्रवात के राडार अध्ययनों से एक चक्रवात की क्षैतिज संरचना (चित्र 5 और 6) का संकेत मिलता है। अर्थात्

- पूर्व चक्रवात चंडवात पंकित
- बाहरी क्षेत्र में चक्रवात संवहनी गतिविधि
- सर्पिल बैंड और भीतरी चक्रवात क्षेत्र में बारिश ढाल।
- दीवार बादल क्षेत्र।
- चक्रवात के आंख - कुछ तीव्र चक्रवात में डबल आंख की उपस्थिति।
- सुपर साइक्लोन के साथ जुड़े छोटे आंख।
- सममित और विषम आंख संरचना।
- अधिकतम पवन गति (Vmax) और अधिकतम रडार भावना के बीच संबंध।

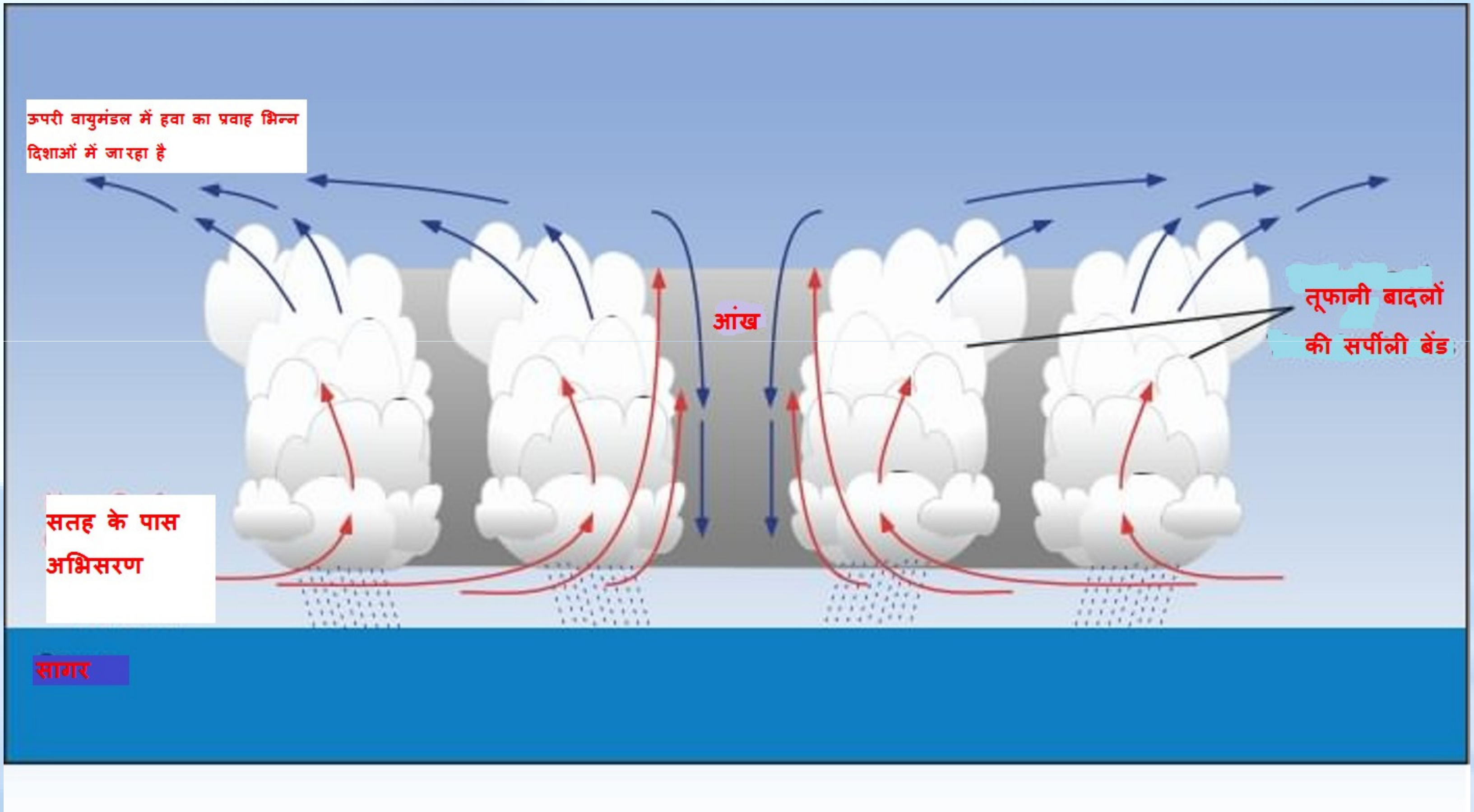
चक्रवात की क्षैतिज संरचना



एक उष्णकटिबंधीय चक्रवात की क्षैतिज संरचना

— — —	अधिकतम हवा इलाका	3	सर्पिल बैंड
1	चक्रवात के आंख	4	सिरस घटाटोप
2	दीवार बादल क्षेत्र	5	सिरस बहिर्वाह

चक्रवात की क्षैतिज संरचना



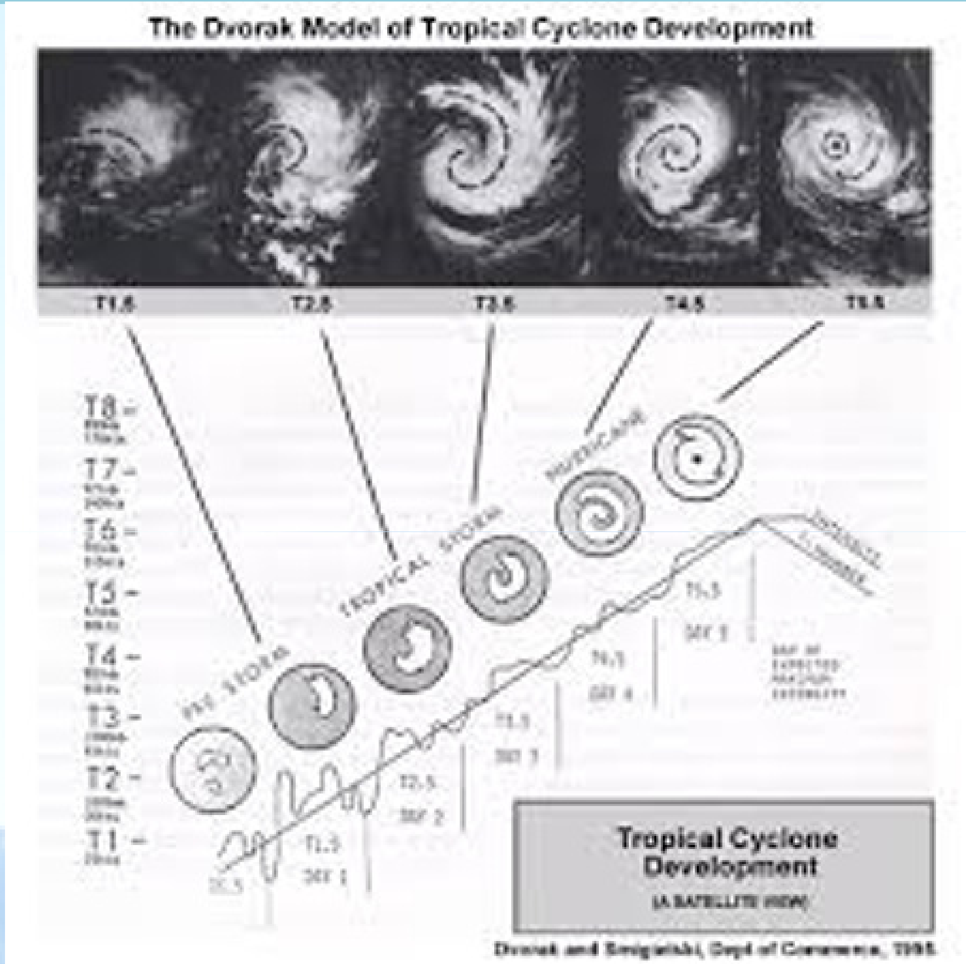
चक्रवात के सैटेलाइट के अध्ययन

मौसम उपग्रहों 1960 में मौसम पूर्वानुमान काम में लाए गए । तब से उष्णकटिबंधीय चक्रवात अनुसंधान और संचालन में इस तकनीकी नवाचार से बेहद फायदा हुआ है । फेट (Fett - 1964, 1966 और 1968) उष्णकटिबंधीय चक्रवात का गठन और गति को समझने में उपग्रह फोटो डेटा के आवेदन के अग्रदूतों में एक था । ड्वोरक (1975), अपने पहले ही अनुसंदान पत्र में, उष्णकटिबंधीय चक्रवात की तीव्रता के विश्लेषण के लिए और उपग्रह इमेजरी (satellite imagery) से भविष्यवाणी के लिए मानदंड विकसित कीए । बाद में उसने (ड्वोरक 1984) (चित्र 7 और 8) उसकी तकनीक को परिष्कृत किया जो अब भारत में प्रयोग किया जाता है । इस तकनीक में एक चक्रवात के तीव्रता का श्रेणी बताने के लिए केंद्रीय घटाटोप बादल क्षेत्र के व्यास, सर्पिल बैंडिंग कैसा है आदि पर निर्भर करता है ।

वेर्नान ड्वोरक

वेर्नान ड्वोरक

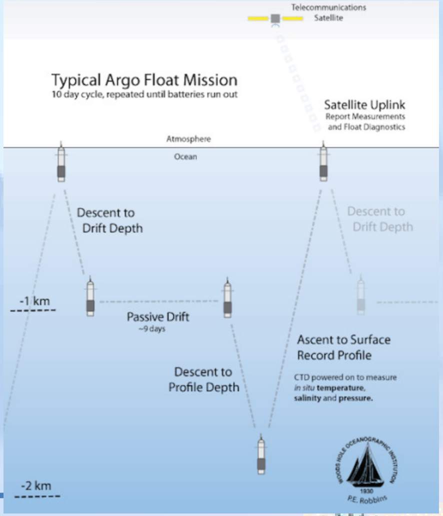
ड्वोरक तकनीक



ड्वोरक तकनीक

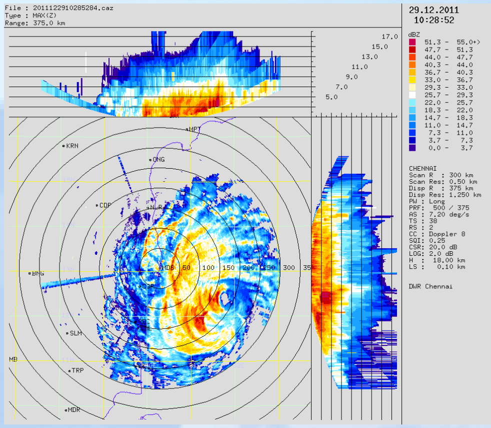
चक्रवात के सैटेलाइट के अध्ययन

1970 के बाद, उत्तर भारतीय महासागर के उष्णकटिबंधीय चक्रवातों का अध्ययन में उपग्रह डेटा (इमेजरी और विकिरण डेटा) प्रयोग करके भारतीय शोधकर्ताओं द्वारा काफी संख्या में विभिन्न पत्रिकाओं में शोध पत्र प्रकाशित हुआ है । नेडुंगाडी (1962) और सिक्का (1971) दोनों पहले भारतीय मौसम विज्ञानी हैं जो अमेरिकी उपग्रह डेटा का उपयोग करके उत्तर भारतीय महासागर के उष्णकटिबंधीय चक्रवातों के स्थान और तीव्रता में परिवर्तन का पता लगाने की कोशिश किये थे । उपग्रह इमेजरी का उपयोग करके लिखी अन्य कुछ महत्वपूर्ण अनुसंधान कागजात इस प्रकार है ।



चक्रवात के सैटेलाइट के अध्ययन

- मिश्रा और राज (1975)
- मिश्रा और गुप्ता (1976)
- नारायणन और राव (1981)
- कलसी व जैन (1992)
- पाल और अन्य (1989)
- कलसी (1999)
- केलकर (1997)



चक्रवात के सैटेलाइट के अध्ययन

1980 के बाद, पोस्ट इन्सेट युग में मौसम वैज्ञानिकों ने चक्रवात जब समुद्र में हो तो उसकी केंद्र का पता करने के लिए अधिक से अधिक उपग्रह चित्रण पर निर्भर करते थे । जब चक्रवात तटीय क्षेत्र के नजदीक आता है तो राडार डेटा का इस्तेमाल करके चक्रवात की जगह और गति निश्चय करते हैं ।

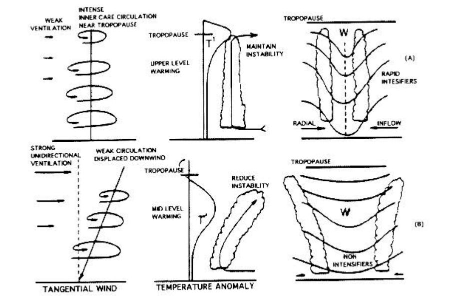


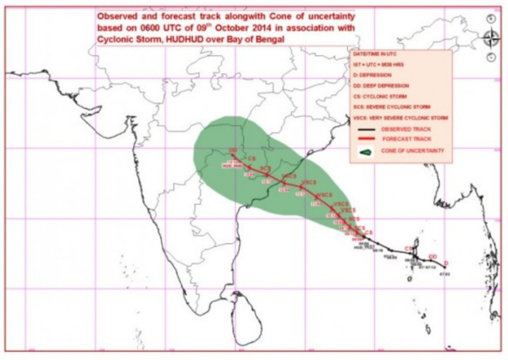
Figure 3.1. Depiction of favorable (top panels A) and unfavorable (bottom panels B) conditions for tropical cyclone development (Mundell, 1990).

ट्रैक भविष्यवाणी

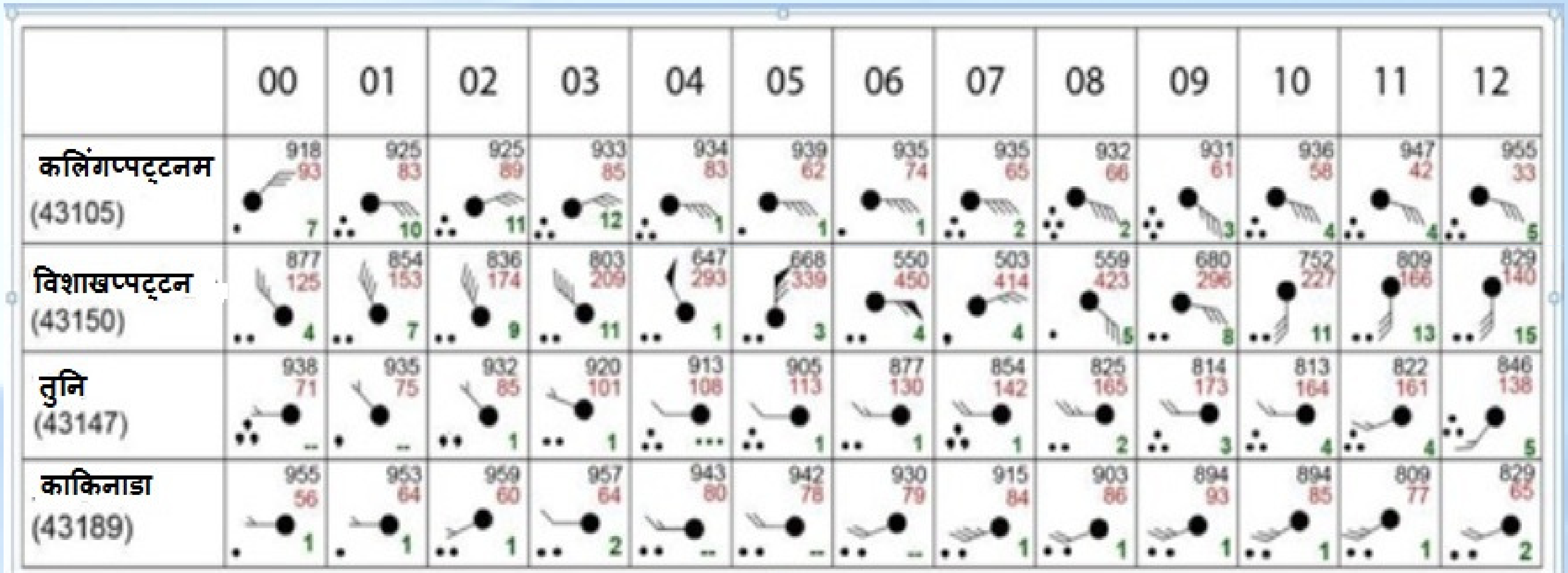
एक उष्णकटिबंधीय चक्रवात के भविष्य स्थानों का पूर्वानुमान करना चक्रवात भविष्यवाणी की सबसे महत्वपूर्ण कार्यों में से एक है। सही स्थिति देने के लिए, सब से पहले, चक्रवात की प्रारंभिक स्थिति सही तय करना जरूरी है। चक्रवात के ट्रैक का भविष्यवाणी के विभिन्न तरीकों को निम्नलिकित प्रकार वर्गीकृत किया जा सकता है।

1. हठ के तरीके के आधार पर
2. जलवायु के आधार पर विधि
3. किलिपर (CLIPER) विधि
4, सामान्य अवलोकन विधि

(क) दबाव प्रवृत्ति के आधार पर
(ख) संचालन वर्तमान अवधारणा
(ग) फुजिवारा प्रभाव
(घ) गर्म हवा अभिवहन

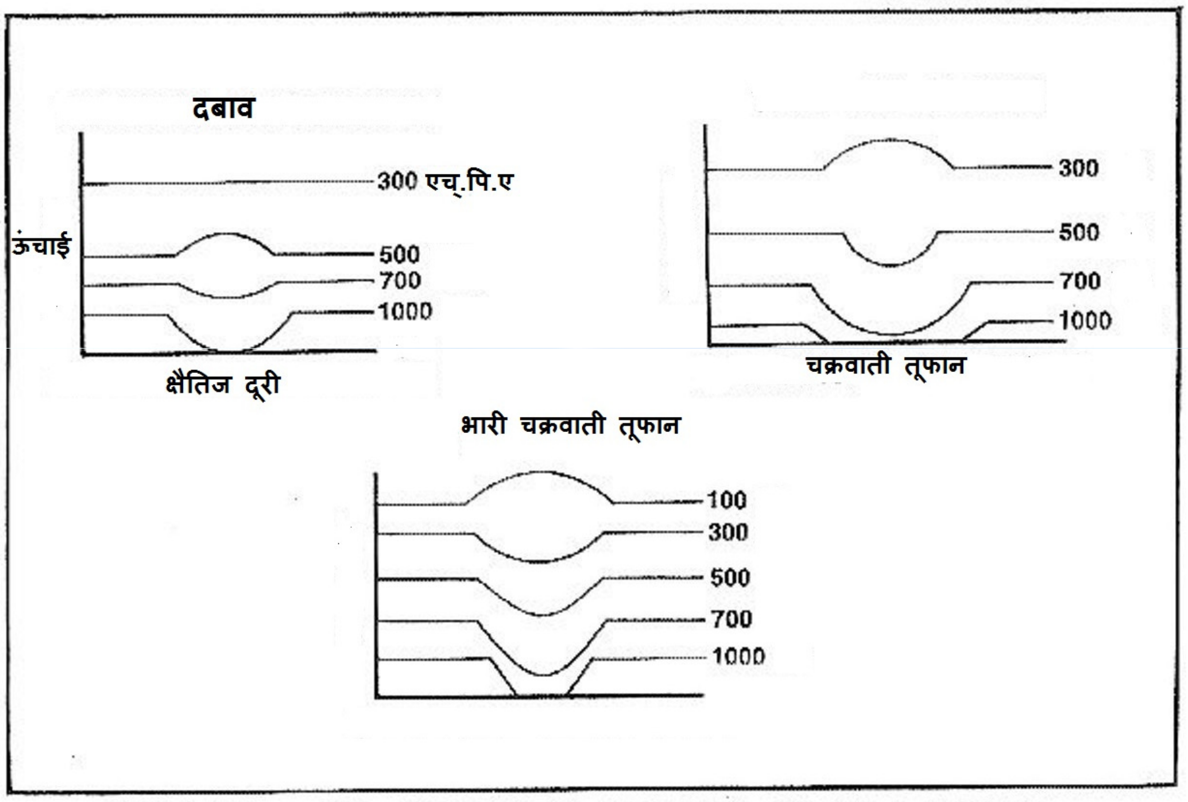


12 अक्तूबर 2014 को आंध्रप्रदेश की तटीय स्टेशनों से प्रति घंटा की टिप्पणियों – हुदहुद चक्रवात



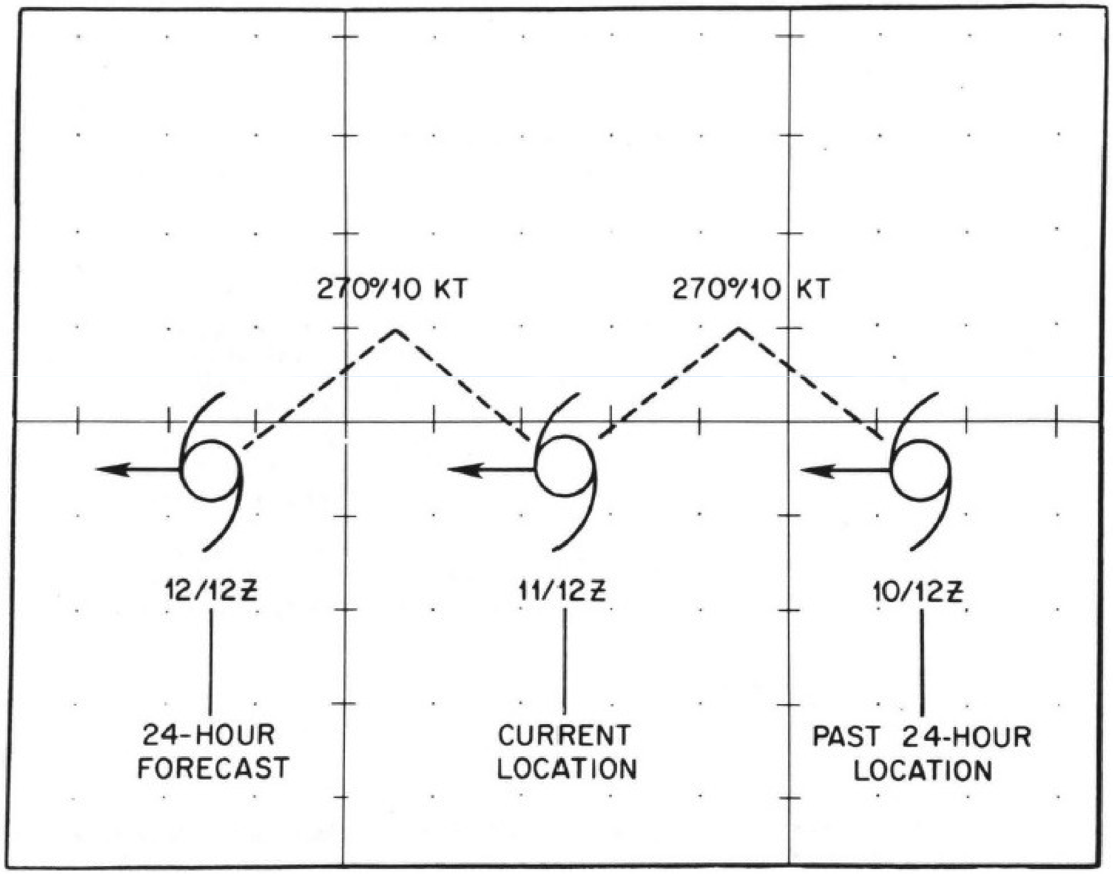
12 अक्तूबर 2014 को आंधप्रदेश की तटीय स्टेशनों से प्रति घंटा की टिप्पणियों - हुदहुद चक्रवात

चक्रवात और स्टीयरिंग स्थर



जब चक्रवात की तेज, लम्बवत गहराई बढ़ जाती है तब उसकी स्टीयरिंग स्तर भी बढ़ जाती है।

चक्रवात और स्टीयरिंग स्थर



प्रथम कोटी के हठ का पूर्वानुमान का एक उदाहरण

निष्कर्ष

पिछले 150 वर्षों के दौरान उष्णकटिबंधीय चक्रवातों की गठन और आवाजाही के लिए जिम्मेदार जटिल अवलोकन सुविधाओं और प्रक्रियाओं को समझने के लिए मौसम विज्ञानीयों चरणों में, विशाल कदम उठाए हैं, । हालांकि चक्रवात के ट्रैक के 48 और 72 घंटे पहले का भविष्यवाणियों को देने में पिछले एक दशक में हम और अधिक कुशल हो गए हैं मगर चक्रवात की तीव्रता पर भविष्यवाणियों को देने में हमारा आत्मविश्वास में कमी रह गई थी । टिप्पणियों और मॉडलिंग के माध्यम से हमारा आत्मविश्वास बढ गया है । इसलिए अभी एक चक्रवात की भविष्यवाणी और भूस्खलन की स्थिति के साथ होनेवाला तूफानी तरंगें के बारे में अच्छे भविष्यवाणी दे सकते हैं ।

धन्यवाद