सार्थक

प्राविधिक शिक्षा परिषद् उत्तर प्रदेश द्वारा
स्वीकृत नवीनतम "NSQF" पाठ्यक्रमानुसार

ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोत

[Renewable Sources of Energy]

[पंचम सेमेस्टर/तृतीय वर्ष के इलैक्ट्रिकल इंजीनियरिंग डिप्लोमा विद्यार्थियों के लिए]

लोकेन्द्र कुमार
बी० टेक, एम० टेक
मेरठ इन्स्टीट्यूट ऑफ इंजी० एंड टेक्नोलॉजी
मेरठ।

सलाहकार

पुनीत कुमार
बी० टेक, एम० टेक
मेरठ इन्स्टीट्यूट ऑफ इंजी० एंड टेक्नोलॉजी
मेरठ।

SAI RAM
BOOK CENTER
MOB.-9415089530
7007224258
SHAHID COMPLEX POLYTECHNIC CHAURAHA INDIRA NAGAR, LKO.

प्रकाशक :

जय प्रकाश नाथ पब्लिकेशन्स

41/5, जागृति विहार, हीरो शोरूम के पीछे
गढ़ रोड, मेरठ-250004 (उ०प्र०)

SYLLABUS

RENEWABLE SOURCES OF ENERGY

Sl.No	Topics	Coverage Time		
		L	T	P
1.	Introduction	5	1	6....
2.	Solar Energy	15	4	20....
3.	Bio Energy	10	3	14....
4.	Wind Energy	12	4	12....
5.	Geothermal, Tidal and Ocean Energy	6	2	16....
6.	Magneto Hydro dynamic power generation	6	2	4....
7.	Fuel Cells	8	3	10....
8.	Hydro Energy	8	3	6....
	Total	75	25	....

DETAILED CONTENTS

1. **Basic of Energy** **(06 Periods)**
Classification of Energy–primary and secondary energy, commercial and non-commercial energy, Importance of non conventional energy sources, present scenario, future prospectus, energy scenario in India, sector-wise energy consumption (domestic, industrial, agriculture etc.) comparison between renewable and non-renewable energy resources.

2. **Solar Energy** **(20 Periods)**
Principle of conversion of solar radiation into heat, using different types of solar collectors, photo-voltaic cell, electricity generation, application of solar energy like solar water heaters, solar furnaces, solar cookers, solar lighting, solar pumping, installation & maintenance of solar power plant.

3. **Bio-energy** **(14 periods)**
Bio-mass conversion technologies & their types-wet and dry processes. Methods for obtaining energy from biomass. Power generation by using gasifiers.

4. **Wind Energy** **(12 periods)**
Wind energy conversion, windmills, electricity generation from wind-types of wind mills, local control, energy storage.

5. **Geo-thermal and Tidal Energy** **(16 Periods)**
Geo-thermal sources, Ocean thermal electric conversion, open and closed cycles, hybrid cycles. Prime movers for geo-thermal energy conversion. Steam Generation and electricity generation. Different types of tidal energy systems.

6. **Magneto Hydro Dynamic (MHD) Power Generation** **(04 Periods)**

7. **Fuel Cell** **(10 Periods)**
Concept, types of fuel cells, operating principles of a fuel cell, conversion efficiency, work output and e.m.f. of fuel cells, applications.

8. **Hydro Energy** **(06 Periods)**
Mini & Micro hydro plants.

❑

COURSE CONTENTS

1. INTRODUCTION
   - 1.1 Global energy scenario.
   - 1.2 Depletion trends of fossil fuels.
   - 1.3 Need for alternative sources of energy.
   - 1.4 Difference between renewable and non-renewable sources of energy examples thereof.
2. SOLAR ENERGY
   - 2.1 Concept.
   - 2.2 Solar radiation—Solar radiation at the earth surface
     Direct and diffused radiation Solar constant.
   - 2.3 Basic Earth angle—Altitude and Latitude angle
   - 2.4 Solar radiation geometry
     - Declination angle
     - Azimuth angle
     - Zenith angle
     - Solar altitude angle
     - Tilt angle
     - Hour angle
     - Sun rise time and sun set time and day length.
   - 2.5 Solar radiation measurement
     - Pyroheliometer
     - Pyronometer
     - Solar radiation data
     - Estimation of solar radiation (hourly, daily and monthly) (Introduction)
   - 2.6 Fundamental heat transfer equation
   - 2.7.1 Flat plate collector
     - Working principle
     - Types of plate collector
     - Sources of losses from a flat plate collector
     - Collector efficiency (concept)
   - 2.7.2 Concentrating collector
   - 2.8 Application of flat plate collector
     - Basic Principles of these devices
     - Solar cooker
     - Solar water heater
     - Solar dryer

Solar distillation unit

2.9 Advantages and disadvantages of concentrating collector over flat plate collector

2.10 Application of solar concentrating collector like solar water heating, space heating and cooling and electric power generation (Basic principles)

2.11 Solar Photovoltaics system

Principle and physics of PV cells

PV module, panel and array

Series and parallel connection

Power output calculations

Operation and maintenance of PV systems

Solar Battery–construction, operation, maintenance and effect of sp. gravity of electrolyte.

3. BIOMASS

3.1 Introduction to biomass energy and photosynthesis

3.2 Sources of biomass.

3.3 Fuel characteristics of biomass-moisture content, proximate and ultimate analysis of fuel.

3.4 Biomass conversion. Thermal/Biological.

3.5 Biomass pyrolysis

3.6 Charcoal and main types of gasifiers

3.7 Gasification and main types of gasifiers

3.8 Combustion of biomass : review of combustion equations, calculation of air requirement fuel gas analysis

3.9 Working of anaerobic digestors.

3.10 Different types of biogas generating plant,

Fixed dome type

Floating dome type

Janta model type

Deen bandhu model

4. WIND ENERGY

4.1 Wind map of India

4.2 Intensity of wind energy

4.3 Types of windmills

4.3.1 Vertical axis windmills derrieus and savonius types

4.3.2 Horizontal axis windmills

4.4 Application of wind energy

4.4.1 Water pumping

4.4.2 Electric power generation

5. TIDAL ENERGY

5.1 Meaning of wave and tidal power

5.2 Methods of power generation from waves

5.3 Methods of power generation from tides

6. MAGNETO HYDRO DYNAMIC POWER GENERATION

6.1 MHD System

6.2 Working Principle of MHD Power Generation

7. GEO-THERMAL, TIDAL ENERGY AND OCEAN ENERGY

7.1 Potential and classification of geothermal energy and equal layer.

7.2 Conversion of geothermal energy into electric power

7.2.1 Components of a power station (Geothermal)

7.2.2 Study of battery storage system.

7.3 Multi purpose uses

Crop drying

Bathing

Refrigeration

8. MICROHYDEL ENERGY

8.1 Meaning and concept of microphydel power

8.2 Site selection for a microhydel project.

8.3 Methods of power generation in a microhydel power station.

9. APPROPRIATE TECHNOLOGY

9.1 Introduction: Concept of appropriate technology, modern technology v/s appropriate technology, its need, review of the traditional technologies and their possible modification.

9.2 Water lifting devices : Traditional methods, used in the rural areas for lifting water. Rahat, inertia pumps, low lift pumps, diphragm pumps, use of appropriate technology in their design and construction. Hand and pedal operated devices, water pumping wind mills.

10. BIO DIESEL

10.1"Jatropha Karkas" oil as a substitute of diesel fuel.

Important Formulae

❑

विषय-सूची

अध्याय	पृष्ठ संख्या
1. नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का परिचय (Introduction to Renewable Sources of Energy)	1–10
2. सौर ऊर्जा (Solar Energy)	11–58
3. बायोमास ऊर्जा (Biomass Energy)	59–86
4. पवन ऊर्जा (Wind Energy)	87–105
5. भू-तापीय ऊर्जा, ज्वारीय तरंग ऊर्जा या समुद्री ऊर्जा (Geo-Thermal Energy, Tidal Energy and Ocean Energy)	106–123
6. मैग्नेटो हाइड्रोडायनामिक पावर जनरेशन (Magneto Hydro Dynamic Power Generation)	124–129
7. ईंधन सेल (Fuel Cell)	130–138
8. माइक्रो हाइडिल ऊर्जा (सूक्ष्म जल वैद्युत ऊर्जा) (Micro Hydel Energy)	139–144
9. अनुकूल प्रौद्योगिकी (Appropriate Technology)	145–153
10. बायो डीज़ल (Bio diesel)	154–157
महत्वपूर्ण सूत्र (Important Formulae)	158–159
परीक्षा प्रश्न पत्र (Examination Papers)	160

1 नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का परिचय
(Introduction to Renewable Sources of Energy)

परिचय (Introduction)

किसी भी प्रक्रम के विकास के लिए ऊर्जा बहुत ही उपयोगी होती है। मनुष्य के सारे कार्य-कलाप ऊर्जा पर ही निर्भर करते हैं। किसी भी देश के विकास और सभ्यता की दर, मनुष्य के द्वारा उपयोग की गई ऊर्जा को माप कर की जाती है। हमें ऊर्जा विभिन्न रूपों में मिलती है। जैसे—वैद्युत ऊर्जा, यान्त्रिक ऊर्जा, कैमिकल (रासायनिक) ऊर्जा और नाभिकीय ऊर्जा आदि।

ऊर्जा की खपत दिन-प्रतिदिन बढ़ती जा रही है। संसार के जीवाश्म ईंधन की आपूर्ति कुछ सालों में समाप्त हो जाएगी और ऊर्जा की खपत जैसे—कोयला, पैट्रोलियम, प्राकृतिक गैस बढ़ती ही जाएगी जिससे ऊर्जा का संकट उत्पन्न हो जाएगा। इस संकट को दूर करने के लिए हमें ऊर्जा के दूसरे स्रोतों से ऊर्जा का उत्पादन बढ़ाना होगा। इसलिए हमें ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोतों जैसे—सौर ऊर्जा, बायोमास ऊर्जा, पवन ऊर्जा, भूतापीय ऊर्जा आदि से उत्पादन को बढ़ाना होगा जिससे इस ऊर्जा के संकट को दूर किया जा सके। इस पुस्तक में हम ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोतों के बारे में पढ़ेंगे।

Energy is very important input for the process of development. All the work of human being is energy-dependent. The degree of development and civilization of a country is measured by the utilization of energy by human being. The different form of energy are electrical energy, mechanical energy, chemical energy and nuclear energy etc.

Day-by-day energy consumption is increasing very rapidly. The world's fossil fuel supply *i.e.* petroleum, coal, natural gas etc. will be depleted in few hundred years and demand of energy increases day by day. So crisis of energy will be created. Alternatively or renewable energy resources are available by increasing the production of energy by these sources. So the demand of energy by human being is fulfilled.

ऊर्जा के प्रकार (Forms of Energy)

1. **यान्त्रिक ऊर्जा** (Mechanical Form)—यान्त्रिक ऊर्जा दो रूपों में उपलब्ध है—(a) गतिज ऊर्जा (Kinetic energy) (b) स्थितिज ऊर्जा (Potential energy)।

किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा को, उस वस्तु के विराम अवस्था से वर्तमान अवस्था में लाने में किए गए कार्य को, मापकर किया जाता है।

Kinetic energy of body is measured by the amount of work which has been done in bringing the body from rest position to its present position and vice-versa.

गतिज ऊर्जा को इस प्रकार लिखा जाता है—

$$\text{गतिज ऊर्जा} = \frac{1}{2}mv^2$$

जहाँ m = वस्तु का द्रव्यमान (किग्रा०) में

v = वस्तु का वेग (मीटर/सेकण्ड) में,

गतिज ऊर्जा का मात्रक (unit) जूल होता है।

Piyush Patel

सार्थक

प्राविधिक शिक्षा परिषद् उत्तर प्रदेश द्वारा
स्वीकृत नवीनतम "NSQF" पाठ्यक्रमानुसार

ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोत

[Renewable Sources of Energy]

[पंचम सेमेस्टर/तृतीय वर्ष के इलैक्ट्रिकल इंजीनियरिंग डिप्लोमा विद्यार्थियों के लिए]

Ashish Kumar

लोकेन्द्र कुमार
बी० टेक, एम० टेक
मेरठ इन्स्टीट्यूट ऑफ इंजी० एंड टेक्नोलॉजी
मेरठ।

सलाहकार

पुनीत कुमार
बी० टेक, एम० टेक
मेरठ इन्स्टीट्यूट ऑफ इंजी० एंड टेक्नोलॉजी
मेरठ।

SAI RAM BOOK CENTER
MOB.-9415089630
7007224258
SHAHID COMPLEX POLYTECHNIC CHAURAHA INDIRA NAGAR, LKO.

प्रकाशक :

जय प्रकाश नाथ पब्लिकेशन्स

41/5, जागृति विहार, हीरो शोरूम के पीछे
गढ़ रोड, मेरठ-250004 (उ०प्र०)

SYLLABUS

RENEWABLE SOURCES OF ENERGY

Sl.No	Topics	Coverage Time		
		L	T	P
1.	Introduction	5	1	6....
2.	Solar Energy	15	4	20....
3.	Bio Energy	10	3	14....
4.	Wind Energy	12	4	12....
5.	Geothermal, Tidal and Ocean Energy	6	2	16....
6.	Magneto Hydro dynamic power generation	6	2	4....
7.	Fuel Cells	8	3	10....
8.	Hydro Energy	8	3	6....
	Total	75	25	....

DETAILED CONTENTS

1. **Basic of Energy** **(06 Periods)**
   Classification of Energy–primary and secondary energy, commercial and non-commercial energy, Importance of non conventional energy sources, present scenario, future prospectus, energy scenario in India, sector-wise energy consumption (domestic, industrial, agriculture etc.) comparison between renewable and non-renewable energy resources.
2. **Solar Energy** **(20 Periods)**
   Principle of conversion of solar radiation into heat, using different types of solar collectors, photo-voltaic cell, electricity generation, application of solar energy like solar water heaters, solar furnaces, solar cookers, solar lighting, solar pumping, installation & maintenance of solar power plant.
3. **Bio-energy** **(14 periods)**
   Bio-mass conversion technologies & their types-wet and dry processes. Methods for obtaining energy from biomass. Power generation by using gasifiers.
4. **Wind Energy** **(12 periods)**
   Wind energy conversion, windmills, electricity generation from wind-types of wind mills, local control, energy storage.
5. **Geo-thermal and Tidal Energy** **(16 Periods)**
   Geo-thermal sources, Ocean thermal electric conversion, open and closed cycles, hybrid cycles. Prime movers for geo-thermal energy conversion. Steam Generation and electricity generation. Different types of tidal energy systems.
6. **Magneto Hydro Dynamic (MHD) Power Generation** **(04 Periods)**
7. **Fuel Cell** **(10 Periods)**
   Concept, types of fuel cells, operating principles of a fuel cell, conversion efficiency, work output and e.m.f. of fuel cells, applications.
8. **Hydro Energy** **(06 Periods)**
   Mini & Micro hydro plants.

❑

COURSE CONTENTS

1. **INTRODUCTION**
   - 1.1 Global energy scenario.
   - 1.2 Depletion trends of fossil fuels.
   - 1.3 Need for alternative sources of energy.
   - 1.4 Difference between renewable and non-renewable sources of energy examples thereof.
2. **SOLAR ENERGY**
   - 2.1 Concept.
   - 2.2 Solar radiation—Solar radiation at the earth surface
     Direct and diffused radiation Solar constant.
   - 2.3 Basic Earth angle—Altitude and Latitude angle
   - 2.4 Solar radiation geometry
     - Declination angle
     - Azimuth angle
     - Zenith angle
     - Solar altitude angle
     - Tilt angle
     - Hour angle
     - Sun rise time and sun set time and day length.
   - 2.5 Solar radiation measurement
     - Pyroheliometer
     - Pyronometer
     - Solar radiation data
     - Estimation of solar radiation (hourly, daily and monthly) (Introduction)
   - 2.6 Fundamental heat transfer equation
   - 2.7.1 Flat plate collector
     - Working principle
     - Types of plate collector
     - Sources of losses from a flat plate collector
     - Collector efficiency (concept)
   - 2.7.2 Concentrating collector
   - 2.8 Application of flat plate collector
     - Basic Principles of these devices
     - Solar cooker
     - Solar water heater
     - Solar dryer

Solar distillation unit

2.9 Advantages and disadvantages of concentrating collector over flat plate collector

2.10 Application of solar concentrating collector like solar water heating, space heating and cooling and electric power generation (Basic principles)

2.11 Solar Photovoltaics system

Principle and physics of PV cells

PV module, panel and array

Series and parallel connection

Power output calculations

Operation and maintenance of PV systems

Solar Battery–construction, operation, maintenance and effect of sp. gravity of electrolyte.

3. BIOMASS

3.1 Introduction to biomass energy and photosynthesis

3.2 Sources of biomass.

3.3 Fuel characteristics of biomass-moisture content, proximate and ultimate analysis of fuel.

3.4 Biomass conversion. Thermal/Biological.

3.5 Biomass pyrolysis

3.6 Charcoal and main types of gasifiers

3.7 Gasification and main types of gasifiers

3.8 Combustion of biomass : review of combustion equations, calculation of air requirement fuel gas analysis

3.9 Working of anaerobic digestors.

3.10 Different types of biogas generating plant,

Fixed dome type

Floating dome type

Janta model type

Deen bandhu model

4. WIND ENERGY

4.1 Wind map of India

4.2 Intensity of wind energy

4.3 Types of windmills

4.3.1 Vertical axis windmills derrieus and savonius types

4.3.2 Horizontal axis windmills

4.4 Application of wind energy

4.4.1 Water pumping

4.4.2 Electric power generation

5. TIDAL ENERGY

5.1 Meaning of wave and tidal power

5.2 Methods of power generation from waves

5.3 Methods of power generation from tides

6. MAGNETO HYDRO DYNAMIC POWER GENERATION

6.1 MHD System

6.2 Working Principle of MHD Power Generation

7. GEO-THERMAL, TIDAL ENERGY AND OCEAN ENERGY

7.1 Potential and classification of geothermal energy and equal layer.

7.2 Conversion of geothermal energy into electric power

7.2.1 Components of a power station (Geothermal)

7.2.2 Study of battery storage system.

7.3 Multi purpose uses

Crop drying

Bathing

Refrigeration

8. MICROHYDEL ENERGY

8.1 Meaning and concept of microphydel power

8.2 Site selection for a microhydel project.

8.3 Methods of power generation in a microhydel power station.

9. APPROPRIATE TECHNOLOGY

9.1 Introduction: Concept of appropriate technology, modern technology v/s appropriate technology, its need, review of the traditional technologies and their possible modification.

9.2 Water lifting devices : Traditional methods, used in the rural areas for lifting water. Rahat, inertia pumps, low lift pumps, diphragm pumps, use of appropriate technology in their design and construction. Hand and pedal operated devices, water pumping wind mills.

10. BIO DIESEL

10.1"Jatropha Karkas" oil as a substitute of diesel fuel.

Important Formulae

❑

विषय-सूची

अध्याय	पृष्ठ संख्या
1. नवीकरणीय ऊर्जा स्त्रोतों का परिचय (Introduction to Renewable Sources of Energy)	1–10
2. सौर ऊर्जा (Solar Energy)	11–58
3. बायोमास ऊर्जा (Biomass Energy)	59–86
4. पवन ऊर्जा (Wind Energy)	87–105
5. भू-तापीय ऊर्जा, ज्वारीय तरंग ऊर्जा या समुद्री ऊर्जा (Geo-Thermal Energy, Tidal Energy and Ocean Energy)	106–123
6. मैग्नेटो हाइड्रोडायनामिक पावर जनरेशन (Magneto Hydro Dynamic Power Generation)	124–129
7. ईंधन सेल (Fuel Cell)	130–138
8. माइक्रो हाइडिल ऊर्जा (सूक्ष्म जल वैद्युत ऊर्जा) (Micro Hydel Energy)	139–144
9. अनुकूल प्रौद्योगिकी (Appropriate Technology)	145–153
10. बायो डीजल (Bio diesel)	154–157
महत्वपूर्ण सूत्र (Important Formulae)	158–159
परीक्षा प्रश्न पत्र (Examination Papers)	160

1 नवीकरणीय ऊर्जा स्त्रोतों का परिचय (Introduction to Renewable Sources of Energy)

परिचय (Introduction)

किसी भी प्रक्रम के विकास के लिए ऊर्जा बहुत ही उपयोगी होती है। मनुष्य के सारे कार्य-कलाप ऊर्जा पर ही निर्भर करते हैं। किसी भी देश के विकास और सभ्यता की दर, मनुष्य के द्वारा उपयोग की गई ऊर्जा को माप कर की जाती है। हमें ऊर्जा विभिन्न रूपों में मिलती है। जैसे—वैद्युत ऊर्जा, यान्त्रिक ऊर्जा, कैमिकल (रासायनिक) ऊर्जा और नाभिकीय ऊर्जा आदि।

ऊर्जा की खपत दिन-प्रतिदिन बढ़ती जा रही है। संसार के जीवाश्म ईंधन की आपूर्ति कुछ सालों में समाप्त हो जाएगी और ऊर्जा की खपत जैसे—कोयला, पैट्रोलियम, प्राकृतिक गैस बढ़ती ही जाएगी जिससे ऊर्जा का संकट उत्पन्न हो जाएगा। इस संकट को दूर करने के लिए हमें ऊर्जा के दूसरे स्त्रोतों से ऊर्जा का उत्पादन बढ़ाना होगा। इसलिए हमें ऊर्जा के नवीकरणीय स्त्रोतों जैसे—सौर ऊर्जा, बायोमास ऊर्जा, पवन ऊर्जा, भूतापीय ऊर्जा आदि से उत्पादन को बढ़ाना होगा जिससे इस ऊर्जा के संकट को दूर किया जा सके। इस पुस्तक में हम ऊर्जा के नवीकरणीय स्त्रोतों के बारे में पढ़ेंगे।

Energy is very important input for the process of development. All the work of human being is energy-dependent. The degree of development and civilization of a country is measured by the utilization of energy by human being. The different form of energy are electrical energy, mechanical energy, chemical energy and nuclear energy etc.

Day-by-day energy consumption is increasing very rapidly. The world's fossil fuel supply *i.e.* petroleum, coal, natural gas etc. will be depleted in few hundred years and demand of energy increases day by day. So crisis of energy will be created. Alternatively or renewable energy resources are available by increasing the production of energy by these sources. So the demand of energy by human being is fulfilled.

ऊर्जा के प्रकार (Forms of Energy)

1. यान्त्रिक ऊर्जा (Mechanical Form)—यान्त्रिक ऊर्जा दो रूपों में उपलब्ध है—(a) गतिज ऊर्जा (Kinetic energy) (b) स्थितिज ऊर्जा (Potential energy)।

किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा को, उस वस्तु के विराम अवस्था से वर्तमान अवस्था में लाने में किए गए कार्य को, मापकर किया जाता है।

Kinetic energy of body is measured by the amount of work which has been done in bringing the body from rest position to its present position and vice-versa.

गतिज ऊर्जा को इस प्रकार लिखा जाता है—

$$\text{गतिज ऊर्जा} = \frac{1}{2}mv^2$$

जहाँ m = वस्तु का द्रव्यमान (किग्रा०) में

v = वस्तु का वेग (मीटर/सेकण्ड) में,

गतिज ऊर्जा का मात्रक (unit) जूल होता है।

किसी वस्तु की स्थिति के कारण उसमें जो ऊर्जा होती है उसे स्थितिकी ऊर्जा कहते हैं।

The energy in a body due to its position is called potential energy.

स्थितिज ऊर्जा को इस प्रकार लिखा जाता है—

$$\text{स्थितिज ऊर्जा} = mgh$$

जहाँ m = वस्तु का द्रव्यमान

g = गुरुत्वीय बल के कारण त्वरण, $9.8\ m/s^2$

h = ऊँचाई।

विद्युत ऊर्जा (Electrical Energy)

वैद्युत ऊर्जा सबसे साफ, प्रदूषण रहित, ट्रांसफर करने में आसान होती है। वैद्युत ऊर्जा का उत्पादन विभिन्न प्रकार की ऊर्जा को वैद्युत ऊर्जा में बदल कर किया जाता है। आजकल अधिकतर कार्य वैद्युत ऊर्जा से ही किए जाते हैं। यान्त्रिक ऊर्जा को जनरेटर की सहायता से वैद्युत ऊर्जा में बदला जाता है।

कार्य करने की दर को शक्ति (Power) कहते हैं। किसी धनात्मक आवेश को कम विभव से अधिक विभव में लाने में किए गए कार्य को वोल्टेज कहते हैं।

$$\text{शक्ति} = VI$$

शक्ति का मात्रक 'वाट' होता है।

Electrical Energy is clean, non-polluting and easy transportable form of energy. Electrical energy is produced by converting different form of energy to electrical energy. Mechanical energy is converted into electrical energy by generator.

Rate of doing work is called power. The work done in moving a positive charge from lower potential to higher potential is called the voltage between two points.

$$\text{Power} = VI$$

The unit of power is watt.

रासायनिक ऊर्जा (Chemical Energy)

फ्यूल सेल, बैटरी आदि में रासायनिक ऊर्जा को वैद्युत ऊर्जा में बदला जाता है। फ्यूल के Combustion के दौरान अणु-कार्बन, हाइड्रोजन आदि ऑक्सीजन के साथ मिलकर ऊष्मा को उत्पन्न करते हैं।

$$\text{फ्यूल} + \text{ऑक्सीजन} \longrightarrow \text{उत्पाद} + \text{ऊष्मा}$$

ऊष्मा की यूनिट कैलोरी होती है।

In fuel cell, battery etc chemical energy is converted into electrical energy. During the combustion of fuel atom combine with oxygen with liberation of heat.

$$\text{Fuel} + O_2 \longrightarrow \text{Product} + \text{Heat}$$

The unit of heat is calorie.

नाभिकीय ऊर्जा (Nuclear Energy)

यूरेनियम, थोरियम के समस्थानिक और प्लूटोनियम नाभिकीय ऊर्जा में ईंधन हैं। इनके नाभिक में, ऊर्जा ऊष्मा के रूप में निकलती है जो कि नाभिकीय फीशन (fission) चैन अभिक्रिया के द्वारा उत्पन्न होती है।

$${}_{92}U^{235} + {}_0n^1 \longrightarrow {}_{56}Ba^{137} + {}_{56}Kr^{97} + 2\,{}_0n^1 + \text{Heat}$$

Nuclear fuel are Uranuim, Isotopes of Thorium, and Plutonium. In their nuclei, the energy is released is the form of heat by nuclear fission chain reaction.

$${}_{92}U^{235} + {}_0n^1 \longrightarrow {}_{56}Ba^{137} + {}_{56}Kr^{97} + 2\,{}_0n^1 + \text{Heat}$$

हाइड्रो ऊर्जा (Hydro Energy)

जब पानी को किसी ऊँचाई में टरबाइन पर गिराया जाता है जोकि एल्टरनेटर से जुड़ी होती है तो वैद्युत ऊर्जा उत्पन्न होती है।

वैद्युत पावर,

$$P = \frac{735.5}{75} QH\eta\ \text{kW}$$

जहाँ Q = Discharge (m^3/s)

H = पानी हैड (m)

η = टरबाइन ऑल्टरनेटर सेट की कुल दक्षता

प्राथमिक और द्वितीयक ऊर्जा के स्रोत (Primary and Secondary Energy Sources)

प्राथमिक ऊर्जा स्रोत (Primary Energy Sources) : प्राथमिक स्रोत उनको कहा जाता है जो प्रकृति में पाये जाते हैं। उदाहरण के लिए—कोयला, तेल, प्राकृतिक गैस और बायोमॉस जैसे लकड़ी।

Primary energy sources are those which are found or stored in nature.

Example : Coal, oil, natural gas and biomass like wood.

द्वितीयक ऊर्जा स्रोत (Secondary Energy Source) : द्वितीयक स्रोत उनको कहा जाता है जिनको प्राथमिक स्रोत से बदला जाता है।

उदाहरण के लिए ऑयल, नेचुरल गैस या कोयला से परिवर्तित करके वैद्युत और भाप को प्राप्त करना है।

Secondary energy sources are usually converted from primary energy sources. For example, the electricity and stream on the secondary energy sources converted from oil, coal or natural gas.

कमर्शियल और नॉन कमर्शियल ऊर्जा के स्रोत (Commercial and Non-commercial Energy Sources)

कमर्शियल ऊर्जा के स्रोत—ऊर्जा के वे स्रोत जो मार्केट या बाजार में उपलब्ध हों और जिनको किसी निश्चित कीमत पर उनको उत्पादित करने वाली एजेन्सी से खरीदा जा सके वे स्रोत कमर्शियल ऊर्जा के स्रोत कहलाते हैं। वैद्युत ऊर्जा, कोयला और रिफाइन्ड पेट्रोलियम उत्पाद कमर्शियल स्रोत के सबसे महत्वपूर्ण एवं हाईग्रेड रूप हैं।

उदाहरण के लिए—वैद्युत ऊर्जा, लिग्नाइट, कोयला, ऑयल, नेचुरल गैस इत्यादि।

The energy source that are available in the market and which can be purchased at a definite price from the producing agency are known as commercial energy.

By far the most important and high grade forms of commercial energy are electricity, coal and refined petroleum product.

Example : Electricity, lignite, coal, oil, natural gas etc.

नॉन कमर्शियल ऊर्जा के स्रोत (Non-commercial energy sources)—ऊर्जा के वह स्रोत जो बाजार में किसी कीमत पर उपलब्ध नहीं हैं उनको नॉन कमर्शियल ऊर्जा के स्रोत में वर्गीकृत किया गया है।

उदाहरण के लिए—कृषि के वेस्ट (waste), गोबर के उपले इत्यादि।

The energy sources that are not available in the commercial market for a price are classified as non-commercial energy.

Example : Firewood, agro waste, animal dung etc. Fuel in rural areas and use Solar energy for water heating.

नवीकरणीय और नॉन-नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत (Renewable and Non-Renewable Energy Sources)

ऊर्जा के स्रोतों को वर्गीकृत किया जा सकता है—

1. नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत (Renewable Energy Sources)

नवीकरणीय ऊर्जा उन स्रोतों से प्राप्त की जाती है जो स्रोत कभी समाप्त नहीं होंगे जब तक पृथ्वी का अस्तित्व है। नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के उदाहरण हैं—सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, भू-तापीय ऊर्जा, ज्वारीय तरंग ऊर्जा, जल वैद्युत ऊर्जा इत्यादि। इन ऊर्जाओं का सबसे बड़ा लाभ यह कि बिना प्रदूषण किए ये स्रोत ऊर्जा उत्पन्न करते हैं।

Renewable energy is obtained from sources that are essentially inexhaustible. Renewable energy sources : examples are—Solar energy, wind energy, geo-thermal energy, tidal energy, hydroenergy etc. The most important advantage of these energy sources is that they produced energy without producing pollution.

2. नॉन-नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत (Non-Renewable Energy Sources)

नॉन-नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत वे स्रोत होते हैं जो एक ना एक दिन समाप्त हो जाएँगे, जैसे—कोयला, तेल और गैस आदि।

Non-renewable energy sources are those which are exhaustible. For example : Coal, oil and gas etc.

ग्लोबल प्राइमरी ऊर्जा रिजर्व (Global Primary Energy Reserves)

कोयला, पेट्रोलियम तेल और नेचुरल गैस महत्त्वपूर्ण ग्लोबल ऊर्जा स्रोत हैं।

कोयला—ग्लोबल कोयला रिजर्व लगभग 9,84,453 मिलियन टन हैं। यू० एस० ए० सबसे ज्यादा ग्लोबल रिजर्व रखता है जिसका प्रतिशत 25.4% है। उसके बाद रूस (15.9%), चीन (11.6%), भारत चौथे पायदान पर है जिसका प्रतिशत 8.6% है।

Global coal reserves has been estimated to 9,84,453 million tonnes. USA had the largest share in global reserves (25.4), followed by Russia (15.9%), China (11.6%), India (8.6%).

पेट्रोलियम तेल (Petroleum Oil)—पेट्रोलियम तेल का ग्लोबल रिजर्व लगभग 1147 बिलियन बैरल है। सउदी अरब सबसे ज्यादा ग्लोबल रिजर्व रखता है जिसका प्रतिशत 23% है (एक बैरल = 160 लीटर)।

The global available reserve of petroleum oils was estimated to be 1147 billion barrels. Saudi Arabia had the largest share of the reserve with almost 23%.

गैस (Gas)—गैस ग्लोबल रिजर्व लगभग 176 ट्रिलियन मीटर^3 है। ग्लोबल रिजर्व में रूस का सबसे अधिक भाग (शेयर) है जिसका प्रतिशत 27% है।

The global proven gas reserve was estimated to be 176 trillion cubic metres. Russian accounts for the largest share of the reserve with almost 27%.

ग्लोबल ऊर्जा की खपत (Global Energy Consumption)

Table 1.1 : Primary Energy Consumption by Fuel (2002)
in million tonnes of oil equivalent

	Oil	Natural gas	Coal	Nuclear	Hydro	Total	Share of Total
USA	894.3	600.7	553.8	185.8	58.2	2293.0	24.4%
Canada	89.7	72.6	30.7	17.0	78.6	288.7	3.1%
France	92.8	38.5	12.7	98.9	15.0	258.0	2.7%
Russian Federation	122.9	349.6	98.5	32.0	37.2	640.0	6.8%
United Kingdom	77.2	85.1	36.5	19.9	1.7	220.0	2.3%
China	245.7	27.0	663.4	5.9	55.8	997.8	10.6%
India	97.7	25.4	180.8	4.4	16.9	325.1	3.5%
Japan	242.6	69.7	105.3	71.3	20.5	509.4	5.4%
Malaysia	22.5	24.3	3.3	—	1.7	51.8	0.6%
Pakistan	17.9	18.8	2.1	0.4	4.6	43.8	0.5%
Singapore	35.5	1.6	—	—	—	37.1	0.4%
Total World	3522.5	2282.0	2397.9	610.6	592.1	9405.0	

Tables 1.1 gives the figures of world consumption of energy sectorwise and countrywise.

Grid connected installed capacity from all sources as of 30th June 2019

Source	Installed Capacity (MW)	Share
Coal	1,94,489.50	54.17%
Large hydro	45,399.22	12.64%
Other renewable	80,467.22	22.41%
Gas	24,937.22	6.90%
Diesel	637.63	0.24%
Nuclear	6,780.00	1.97%
Total	**358970.78**	**100.00%**

Imp

Installed grid interactive renewable power capacity (excluding large hydro power) as of 30 June 2019

Source	Total Installed Capacity (MW)	2020 Target (MW)
Wind Power	36,368	60,000

Solar Power	29,549	1,00,000
Biomass Power Waste to Power	9,806 138	10,000
Small hydro power	4,604	5,000
Total	**80,467**	**1,75,000**

Reference RES MNRE

भारत में ऊर्जा का उत्पादन एवं रिजर्व (Reserves and Production of Energy in India)

भारत में

- 17% विश्व की जनसंख्या (17% of world's population)
- जनसंख्या वृद्धि दर 1.51% (Population growth rate of 1.51%)
- विश्व में 4th सबसे बड़ी Economy by GDP
- GDP वृद्धि 7–8% (GDP growth of 7–8%)
- विश्व में 11th सबसे अधिक ऊर्जा उत्पादक
- विश्व के उत्पादन का 2.4%
- ऊर्जा खपत में छठा स्थान (Ranks 6th in Energy Consumption)

ऊर्जा के स्रोत (Energy Source)

ऊर्जा के प्राइमरी स्रोत जो भारत में उपलब्ध हैं—

1. कोयला 2. तेल 3. नेचुरल गैस

कोयला (Coal)—कोयला जीवाश्म ईंधन का एक रूप है जो कि पृथ्वी की सतह में हजारों साल दबे रहने के कारण बनता है। कोयला में अधिक मात्रा में कार्बन पदार्थ पाया जाता है। भारत में कोयले का रिजर्व एक बड़ी मात्रा में है लेकिन जिस प्रकार कोयले की खपत हो रही है तो यह रिजर्व लगभग 230 वर्षों में समाप्त हो जाएगी। भारत में लगभग 84396 मिलियन टन का रिजर्व है जो विश्व के रिजर्व का लगभग 8.6% है।

भारत के निम्न राज्य कोयले का उत्पादन करते हैं—उत्तर प्रदेश, बिहार, आन्ध्र प्रदेश, मध्य प्रदेश, उड़ीसा (अब ओडिशा), महाराष्ट्र, झारखण्ड, पश्चिम बंगाल।

Coal is a form of fossil fuels. It is made when wood laydown in earth layer for thousand of years. Coal is highly carbonaceous matter. It is composed of C, H, N and oxygen besides non-combustible inorganic matter. India has large coal reserves at least 84,396 million tonnes. It is almost 8.6% of world reserves. This reserve may last for about 230 years at the current Reserve to Production (R/P) ratio.

Definition of Reserve to Production Ratio : "If the reserves remaining at the end of the year are divided by production in the year, the result is the length of time that the remaining reserves would last if production were to continue at that level."

Andhra Pradesh, Orissa (now Odisha), Madhya Pradesh, Maharashtra, Uttar Pradesh, Bihar are the states of India that produced coal.

कोयले का वर्गीकरण (Classification of Coal)—कोयले को कार्बन मात्रा, कठोरता और कैलोरीफिक मान के अनुसार निम्न प्रकार वर्गीकृत किया जा सकता है—

1. पीट (Peat)
2. लिग्नाइट (Lignites)

3. बिटुमिनस (Bituminous)
4. एन्थ्रेसाइट (Anthracite)

तेल (Oil)—भारत की कुल ऊर्जा की 36% खपत तेल से ही होती है। भारत में कच्चे तेल का कुल उत्पादन लगभग 32 मिलियन टन है लेकिन तेल की माँग लगभग 110 मिलियन टन है जोकि 2007 के अन्त के आँकड़े हैं। यदि पेट्रोलियम पदार्थों की खपत इसी प्रकार चलती रही तो सारे भण्डार जल्दी ही रिक्त हो जाएँगे।

प्राकृतिक गैस (Natural Gas)—प्राकृतिक गैस कई प्रकार के हाइड्रोकार्बन का मिश्रण होती है। सामान्यतः प्राकृतिक गैस में लगभग 50% मीथेन, 20% इथेन तथा 10% प्रोपेन होती है। प्राकृतिक गैस भारत कुल खपत की 8.9% होती है। 2007 में प्राकृतिक गैस की खपत प्रतिदिन 96 मिलियन मीटर^3 थी लेकिन उस समय भारत में उपलब्धता 67 मिलियन मीटर^3 थी। भारत में प्राकृतिक गैस के रिजर्व गुजरात, मुम्बई, तमिलनाडु, आन्ध्र प्रदेश और ओडिशा में स्थित हैं।

Natural gas is the mixture of many hydrocarbons. Normally in natural gas are atleast 50% Methane, 20% Ethane and 10% Propene. Natural gas accounts for about 8.9 percent of energy consumption in the country. In 2007, the demand was 96 million cubic metres and the production was 67 million cubic metres. Natural gas reserves are located in Gujarat, Mumbai, Tamilnadu, Andhra Pradesh and Odisha.

नाभिकीय शक्ति—भारत में कुल वैद्युत उत्पादन का 2.4% भाग नाभिकीय शक्ति से प्राप्त होता है। भारत में पाँच नाभिकीय पावर स्टेशनों पर 10 नाभिकीय रियेक्टरों से वैद्युत उत्पादन किया जा रहा है।

Nuclear Power : Nuclear power contributes to about 2.4% of electricity generated in India. India has ten nuclear power reactors at five nuclear power stations producing electricity.

The salient features of nuclear energy scenario in India are :

- Based on Uranium deposits in the first stage.
- In later stage, Thorium deposits comes into play.
- Total installed capacity of 2720 MW through these.

Hydro Power : India is endowed with a vast and viable hydro potential for power generation of which only 15% has been harnessed so far. The share of hydro power in the country's total generated units has steadily decreased and it presently stand at 25%.

सूक्ष्म हाइड्रो पावर (Small Hydro Power) : भारत जैसे देश में सूक्ष्म हाइड्रोपावर प्लान्ट अधिक उपयोगी होते हैं क्योंकि बड़े हाइड्रोपावर प्लान्ट लगाने के लिए अधिक सम्पत्ति की आवश्यकता होती है जबकि सूक्ष्म पावरप्लान्ट को कम खर्च पर लगा कर देश में सस्ती दर पर बिजली उपलब्ध करायी जा सकती है और इस प्रकार के पावर प्लान्ट रिमोट लोकेशन के लिये भी उपयुक्त होते हैं।

- जो हाइड्रोपावर प्लान्ट 25 मेगावाट से कम उत्पादन करते हैं वे सूक्ष्म हाइड्रोपावर प्लान्ट की कैटेगरी में आते हैं।
- ये पर्यावरणीय, सामयिक और आर्थिक दृष्टि से सही होती हैं।
- ये ग्रामीण वैद्युतीकरण में लाभ देते हैं क्योंकि इनकी अधिकतर साइट ग्रामीण क्षेत्र में होती हैं।
- MNES ने भारत में लगभग 4500 साइट बतायी हैं जहाँ पर सूक्ष्म पावरप्लान्ट लगाया जा सकता है।
- सूक्ष्म हाइड्रोपावर प्लान्ट की कीमत थर्मल पावरप्लान्ट की कीमत से आधे से भी कम होती है।

नान-कन्वेन्शनल ऊर्जा के स्रोत (Non-Conventional Energy Resources)

1. सौर ऊर्जा
2. पवन ऊर्जा
3. बायो फ्यूल

WHAT IS MINISTRY OF NEW AND RENEWABLE ENERGY (MNRE)?

The Ministry of New and Renewable Energy (MNRE) is the nodal ministry of the Government of India for all matters relating to new and renewable energy. The broad aim of the ministry is to develop and deploy new and renewable energy for supplementing the energy requirement of the country. The creation of MNRE is as follows:

1. Commission for Additional Source of Energy (CASE) in 1981.
2. Department of Non-Conventional Energy Source (DNES) in 1982.
3. Ministry of Non-Conventional Energy Source (MNES) in 1992.
4. Ministry of Non-Conventional Energy Source (MNES) renamed as Ministry of New and Renewable Energy (MNRE) in 2006.

Emission from Renewable Sources of Energy and their Control (ऊर्जा के नवीनीकरण स्रोतों से उत्सर्जक और उनका नियन्त्रक)

We shall now discuss the effect of utilization of renewable energy resources on the pollutants emitted by various systems and their control.

1. पवन ऊर्जा (Wind Energy) : Wind energy in general is least polluting and it has no effect on water resources. However, any energy use affects the environment in one way or the other. The various sources of air pollutants caused by wind energy directly or indirectly are as follows :

- Indirectly the CO_2 and other emissions are released during the course of their construction. But it is very negligible amount as compared to fossil fuel power plants.
- It causes noise pollutants. For this reason, the wind mills must be located atleast 1 to 2 km away from the inhabited areas.
- Mechanical failure of wind mill may cause its parts to fly and harm the people working around them.
- It pores threat to bird life due to collision of birds with blades or wind tower. It also affects their body pattern.
- Electromagnetic waves of TV signals are obstructed by wind turbines. It may cause the poor quality of radio and TV reception.
- Ecosystem is affected by the use of large scale wind generators since, the rear by lakes and rivers will become warmer caused by reduced evaporation from their surface. It may also increase soil moisture.
- The increase in wind is caused by human-assisted depletion in ozone which cools the upper atmosphere.

Biomass Energy Utilization : Biomass utilization is equivalent to the burning of organic matter to produce electricity or heat. It produces significant amount of CO_2 emissions. However, CO_2 emissions can be balanced out by planting out new crops which takes CO_2 to grow. The selection of local soil and water quality is of importance in deciding upon the type of biomass to be grown with little cultivation and fertilizers. It should not degrade the land. If produced and used correctly, the biomass can contribute and meet the future challenges of power.

The fuel wood in villages is the major source of pollutants in India like CO, SO_2, NO_x, organic and other particulate matters. Such emissions are even much higher than released by conventional power plants.

Geothermal Energy : Geothermal resources are produced either by steam fields or wet steam fields. Hydrothermal field contain non-condensable gases CO_2 and small traces of hydrogen sulphide, ammonia, methane etc. These gases are released from centrifugal separators and in herbire exhaust of geothermal power plants. Through the amount of CO_2 released is much less compared to conventional power plants but it adds to the problem of global warmly.

H_2S in the geothermal fields in excess quantity causes harmful effects on the bearings and electrical equipment of the plant. Therefore, it is necessary to trap H_2S and burned with air to produce SO_2 which is controlled by scrubbing of flue gases with lime or catalytic conversion technology.

The wet geothermal fields contain poisonous and toxic, materials like mercury, arsenic and salt content of brine. These dissolved solids may be as high as 20% to 30%. The liquid waste causes environment problems after removal of steam. This problem can be resolved by plants are almost eliminated.

The heat energy of turbine exhaust steam is rejected to atmosphere in cooling towers. It causes increase in moisture in atmosphere.

The drilling of wells of geothermal energy fields causes soil erosion. It also causes noise pollution during drilling of wells and use of centrifugal separators, exhaust and blow down.

The exploitation of geothermal energy may triggers earthquakes also.

Ocean Thermal Energy and Tidal Energy :

Ocean thermal enegy conversion power plants has the following effects :

- It affects the quantity of ocean water in that region.
- It affects the aquatic and shortline ecosystem.
- It affects the navigation system.
- NH_3 is used in closed cycle of OTEC system.

Solar Thermal Power Systems : The effect of solar power systems using solar concentrates are as follows :

- Require large area of solar concentrates for installation of power plants which alters the environment in the vicinity.
- Production of components releases CO_2 which adds to global warming.
- It generates non-recyclable materials during fabrication of fibre-glass, glass and other materials.
- Causes thermal pollution due to release of heat energy of exhaust steam to cooling water.
- Reflectors of solar concentrators are hazard to eye sight.
- If the heated cooling water used in condenser is released to a lake or river, it destroys the aquatic life.

Mini and Micro Hydel Power Plants : These plants are basically non-polluting compared to large hydel and other type of power plants. However, the slower moving stream will cause the increased evaporation rate of water causing increased moisture in atmosphere. The methane generated from shallow water reservoirs may cause the green house effects.

The running of turbine generators may affect the aquatic life. It may also cause the problem of sedimentation and affect the quality of water.

Thus we see that the use of renewable sources of energy also causes pollution problems of various types. However, the threat from use of renewable sources of energy or environment is much less as compared to the use of conventional fossil fuels. Therefore, it is necessary to encourage the use of renewable sources of energy to give healthy environment to our generations to come and reduce the dependence on fossil fuels.

प्रश्नावली

1. ग्लोबल ऊर्जा को समझाइए।
2. संसार में नवीकरणीय ऊर्जा के स्रोतों की क्यों आवश्यकता है?
3. ऊर्जा के विभिन्न स्रोतों का वर्गीकरण कीजिए।
4. ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोत विश्व ऊर्जा को टालने में कैसे सहायक हैं? समझाइए।
5. नवीकरणीय और गैर नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों को उदाहरण की सहायता से समझाइए।
6. हमारे देश में प्रयुक्त पारम्परिक ऊर्जा स्रोतों के नाम लिखिए। ऊर्जा के वैकल्पिक स्रोतों की आवश्यकता क्यों आ पड़ी? समझाइए। ऊर्जा के अनवीकरणीय व नवीकरणीय स्रोतों में अन्तर स्पष्ट कीजिए। ***(UPBTE 2013)***
7. हमारे देश में प्रयुक्त पारम्परिक ऊर्जा स्रोतों का संक्षेप में वर्णन कीजिए। ***(UPBTE 2015)***

❑

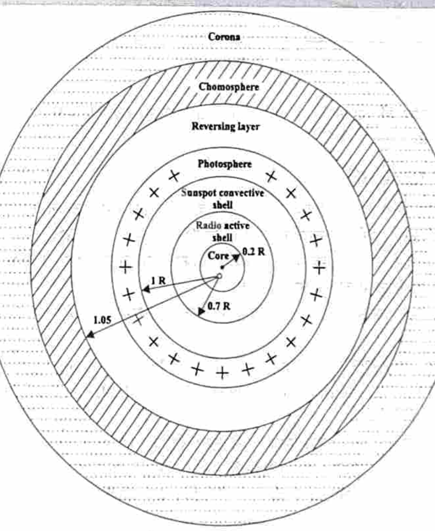
2 सौर ऊर्जा (Solar Energy)

परिचय (Introduction)

हमारी सौर प्रणाली में सभी ऊर्जाओं का स्रोत सूर्य ही है। सूर्य में ऊर्जा का उत्पादन नाभिकीय संलयन से होता है। यह ऊर्जा सूर्य से सभी दिशाओं में निकलती है और इस ऊर्जा का बहुत कम भाग पृथ्वी पर पहुँच पाता है। नाभिकीय संलयन में हाइड्रोजन के दो परमाणु आपस में मिलकर हीलियम परमाणु बनाते हैं और ऊर्जा का उत्सर्जन करते हैं।

$$_1H^2 + {}_1H^2 \longrightarrow {}_2He^3 + n + 4\,\text{MeV}$$

सूर्य की संरचना



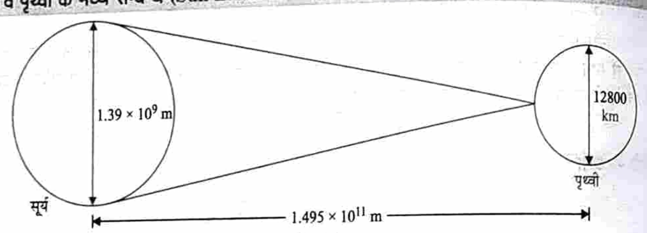
चित्र 2.1 : सूर्य की संरचना।

सूर्य की संरचना को निम्न भागों में बाँटा गया है—

1. कोर (Core)
2. रेडियेशन जोन (0.23 R to 0.7 R) (Radiation zone)

3. Convection zone (0.7 R to 1.0 R)
4. फोटोस्फीयर (Photosphere)
- रिवर्सिंग लेयर (Reversing layer)
- क्रोमोस्फीयर (Chromosphere)
- ट्रांजिशियन लेयर (Transition layer)
- कोरोना (Corona)

सूर्य व पृथ्वी के मध्य सम्बन्ध (Sun-Earth Relationship)



चित्र 2.2

सूर्य और पृथ्वी के बीच की दूरी लगभग 1.495×10^{11} m होती है। सूर्य का व्यास 1.39×10^{9} m और पृथ्वी का व्यास 12800 km होता है।

सौर विकिरण (Solar Radiation)

सूर्य एक गर्म गैस का गोला है जोकि उसके केन्द्र में होने वाली नाभिकीय संलयन अभिक्रिया के कारण होता है। प्रत्येक सेकण्ड 4×10^{23} kW ऊर्जा का उत्सर्जन करता है लेकिन पृथ्वी पर उसका बहुत कम भाग ही पहुँच पाता है।

सौर विकिरण सूर्य के द्वारा उत्सर्जित एक वैद्युत चुम्बकीय विकिरण है। इस विकिरण को विभिन्न तकनीकों की मदद उपयोगी ऊर्जा जैसे ऊष्मा या वैद्युत में बदला जा सकता है।

सूर्य द्वारा उत्सर्जित वैद्युत चुम्बकीय विकिरण अधिक परास की तरंगदैर्घ्य को दर्शाता है। इसको दो भागों में बाँटा सकता है—

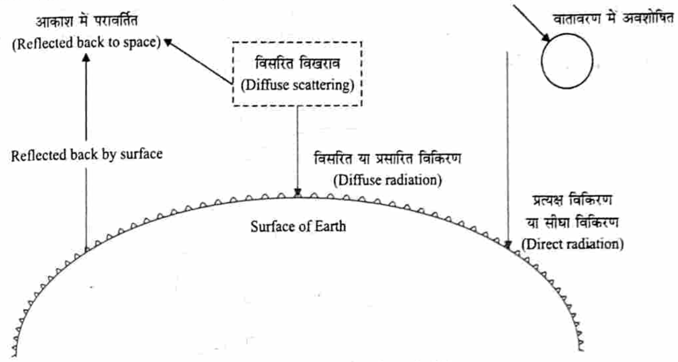
1. आयनीकरण विकिरण—एक्स किरण (X-rays) और गामा किरण (gamma rays)
2. गैर आयनीकरण विकिरण (Non-ionizing radiation)—(UVR—Ultra Violet Range, Visible and infrared)

सौर विकिरण एक स्पेक्ट्रम है जिसमें कम तरंगदैर्घ्य से लेकर अधिक तरंगदैर्घ्य के विकिरण होते हैं। सोलर स्पेक्ट्रम विभिन्न क्षेत्रों को उनकी तरंगदैर्घ्य के अनुसार दर्शाया जाता है। मनुष्य 400 nm से 700 nm की तरंगदैर्घ्य को अपनी आँख से देखा सकता है। छोटे तरंगदैर्घ्य में बड़े तरंगदैर्घ्य की तुलना में अधिक ऊर्जा होती है। नीचे तालिका में विभिन्न तरंगदैर्घ्य दर्शाया गया है—

Invisible Range	Visible Range						Invisible Range
Ultraviolet (पराबैंगनी)	बैंगनी (Violet)	नीला (Blue)	हरा (Green)	पीला (Yellow)	नारंगी (Orange)	लाल (Red)	अवरक्त (Infra-red)

100 400 425 490 575 585 650 700 14000

जैसे ही सूर्य प्रकाश वातावरण से गुजरता है तो इसका कुछ भाग हवा अणु, वाष्प, बादल, धूल के द्वारा अवशोषित, बिखराव और परावर्तित कर दिया जाता है। इसे प्रसारित सोलर विकिरण (diffuse solar radiation) कहते हैं। यह प्रसारित सोलर विकिरण का कोई निश्चित पथ नहीं होता है। सौर विकिरण का वह भाग जो बिना प्रसारित हुए सीधे पृथ्वी सतह पर पहुँचता है उसे सीधे बीम सौर विकिरण कहते हैं। प्रसारित और सीधी सोलर विकिरण को कुल विकिरण या ग्लोबल सोलर विकिरण (Global Solar Radiation) कहते है।



चित्र 2.3 : प्रत्यक्ष, विसरित और ग्लोबल और विकिरण।

परिभाषाएँ (Definitions)

प्रकाश विकिरण (Irradiance)—एकांक समय और एकांक क्षेत्रफल में किसी सतह पर गिरने वाली वैद्युत चुम्बकीय ऊर्जा की मात्रा को विकिरण (irradiance) कहते हैं।

सौर नियतांक (Solar Constant)—पृथ्वी के ऊपरी वातावरण में सौर विकिरण के टकराने की दर को सौर नियतांक के रूप में व्यक्त करते हैं।

This is the average amount of energy received in a unit of time on a unit of area perpendicular to the sun's direction at the mean distance of the earth from the sun.

पृथ्वी सूर्य के चारों ओर एक दीर्घवृत्ताकार पथ में घूमती है। लेकिन सौर विकिरण जो पृथ्वी पर पहुँचता है, उस मात्रा में बहुत ज्यादा प्रभाव नहीं पड़ता है। सामान्यत: सौर नियतांक 1368 W/m^2 लिया जाता है जो सैटेलाइट के द्वारा पूरे वर्ष के औसत से मापा जाता है।

Isolation : The rate at which direct solar radiation is incident upon a unit horizontal surface at any point on or above the surface of earth is called isolation.

रेडियोसिटी (Radiosity)—संचरण और प्रतिबिम्ब के संयुक्त उत्सर्जन के द्वारा किसी एकांक क्षेत्रफल से दीप्तिमान ऊर्जा के निकलने की दर को रेडियोसिटी कहते हैं।

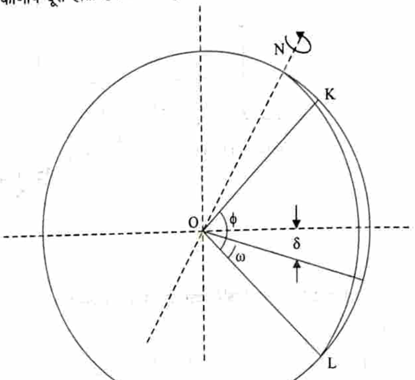
The rate at which radiant energy leaves a surface per unit area, by combined emission, reflection and transmission.

उत्सर्जित शक्ति (Emissive Power)—एकांक क्षेत्रफल से निकलने वाली ऊर्जा की दर को उत्सर्जित शक्ति कहते हैं।

सूर्य-पृथ्वी कोण (Sun-Earth Angles)—पृथ्वी की सतह के सापेक्ष सूर्य की किरणों के विभिन्न प्रकार के को बनते हैं। ये मुख्यत: दो प्रकार के होते हैं—

1. अक्षांश कोण (Latitude angle)
2. उन्नतांश कोण (Altitude angle)

अक्षांश कोण—चित्र में ϕ कोण अक्षांश कोण को दर्शाता है जोकि बिन्दु K को निरूपित करता है। बिन्दु O पृथ्वी क केन्द्र है। पृथ्वी के केन्द्र को इस परिस्थान से जोड़ने वाली रेखा OK है। बिन्दु K का प्रोजेक्शन KL भूमध्य रेखा पर बिन्दु θ प मिलता है। इस प्रकार कोण $\angle KOL$ मिलता है। यह भूमध्य रेखा से उत्तर अथवा दक्षिण दिशा में प्रदर्शित किया जाता है। इ कोण पर बनी चाप KL कोणीय दूरी होती है जिसे बिन्दु K का अक्षांश कहते हैं।



चित्र 2.4

उन्नतांश कोण (Altitude Angle)—क्षैतिज सतह पर सौर किरण प्रोजेक्शन और सौर किरण की दिशा के बी ऊर्ध्वाधर कोण को उन्नतांश कोण कहते हैं जिसे α से व्यक्त करते हैं।

ऑर कोण (Hour Angle)—वह कोण जोकि सूर्य की स्थिति एवं घड़ी की घण्टे वाली सूई के मध्य अपराह्न 1 वजे मापा जाता है। इसे ω द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

दिक्पात कोण (Declination Angle)—वह कोण जोकि सूर्य के केन्द्र एवं पृथ्वी के केन्द्र को मिलाने वाली रे तथा भूमध्य रेखीय प्लेन के मध्य बनता है। इसे δ से व्यक्त करते हैं। यह कोण अधिकतम + 23.5°, 21 जून को तथा न्यूनत मान – 23.5° 21 दिसम्बर को होता है और इस कोण का मान अधिकतम और न्यूनतम के बीच बदलता है।

दिगंश कोण (Azimuth Angle)—वह कोण जो क्षैतिज प्लेन में सूर्य की किरणों द्वारा क्षैतिज प्रक्षेप द्वारा बना जाता है। इसे गामा (γ) से व्यक्त करते हैं।

Zenith Angle (θ_Z) : It is the complementary angle of sun's altitude angle. It is th vertical angle between the sun's rays and a line perpendicular to the horizontal plane throug the point.

$$\left(\theta_Z = \frac{\pi}{2} - \alpha\right)$$

टिल्ट कोण (Tilt Angle)—वह कोण जो संग्राहक सतह समतल एवं क्षैतिज समतल के बीच में बनता है।

सूर्योदय, सूर्यास्त एवं दिनमान—क्षैतिज सतह पर सूर्योदय या सूर्यास्त के अनुसार hour angle प्राप्त किया जाता है। जिसको $W_s = \cos(-\tan\phi + \tan\delta)$ से प्राप्त किया जाता है और दिन की लम्बाई $N = \frac{2}{15}\cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta)$ से ज्ञात की जाती है।

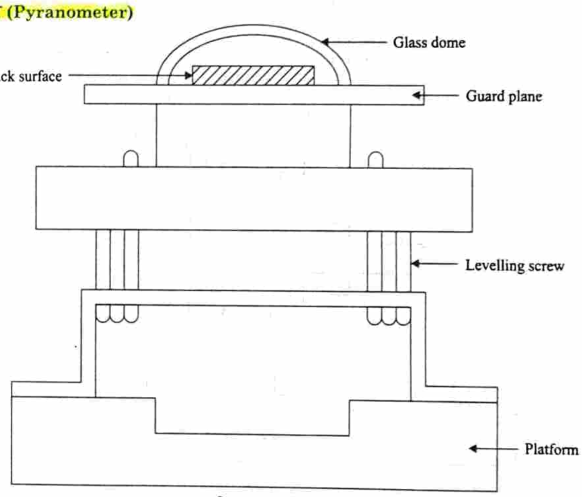
सौर विकिरण मापन (Solar Radiation Measurement)—किसी सोलर प्रोजेक्ट के प्लानिंग और एक्जूकेशन के दौरान साइट के सर्वे में सौर विकिरण मापन का अपना एक अलग महत्त्व है।

सामान्यत: तीन प्रकार के यन्त्र सौर विकिरण के मापन में प्रयुक्त किए जाते हैं—

1. ग्लोबल विकिरण (Global radiation)
2. प्रत्यक्ष विकिरण (Direct radiation)
3. सूर्य की चमक को रिकार्ड करने वाला रिकार्डर (Sun-shine Recorder)

ग्लोबल विकिरण मापन (Global Radiation)—इस प्रकार के विकिरण को मापने के लिए पाइरेनोमीटर (Pyranometer) यन्त्र का प्रयोग किया जाता है जिसका वर्णन नीचे किया गया है।

पाइरोनोमीटर (Pyranometer)



चित्र 2.5 पाइरोनोमीटर

चित्र में पाइरोनोमीटर को दर्शाया गया है। यह उपकरण विसरित (diffuse) या ग्लोबल (global) विकिरण के मापन में प्रयोग किया जाता है। यह उपकरण भारतवर्ष में बहुत अधिक प्रचलित है।

इसके मुख्य अवयव निम्न प्रकार हैं—

काली सतह (Black Surface)—यह विसरित विकिरण के साथ-साथ बीम (beam) को भी रिसीव (receive) करता है। विकिरण को रिसीव करने से काली सतह का तापमान बढ़ जाता है।

ग्लास डोम (Glass Dome)—ग्लास डोम काली सतह को ढकने का कार्य करता है और काली सतह पर जो विकिरण रिसीव होती है उसका ह्रास भी नहीं होने देता है।

थर्मोपाइल (Thermopile)—यह एक तापमान संवेदक होता है। यह श्रेणीक्रम में जुड़े कई थर्मोकपल से बना होता है जिससे सुग्राहिता में वृद्धि होती है।

सपोर्टिंग स्टैण्ड (Supporting Stand)—यह काली सतह को लेवल्ड स्थिति में रखता है।

कार्यविधि—पाइरोनोमीटर को धूप में रखा जाता है जिससे यह विकिरण को रिसीव करना प्रारम्भ कर देता है। विकिरण को काली सतह द्वारा अवशोषित करने के कारण, काली सतह के तापमान में वृद्धि होनी प्रारम्भ हो जाती है।

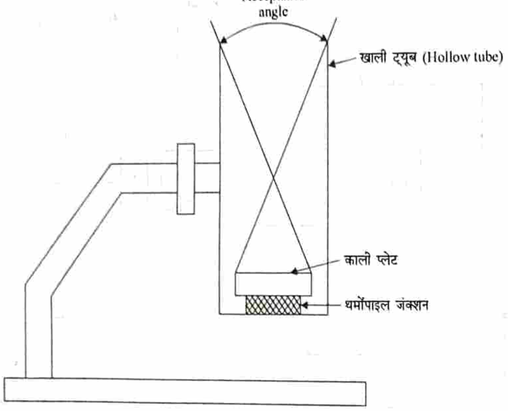
काली सतह के तापमान में वृद्धि को थर्मोपाइल डिटेक्ट (detect) करता है। थर्मोपाइल थर्मो-विद्युत वाहक बल उत्पन्न करता है जोकि सतह द्वारा अवशोषित विकिरण के समानुपाती होता है।

इस थर्मो-विद्युत वाहक बल को रिसीव विकिरण के रूप में केलिब्रेटेड करते हैं जिससे ग्लोबल विकिरण को मापते हैं।

यदि केवल विसरित विकिरण को मापना हो तो प्रत्यक्ष विकिरण को शील्ड (Shield) के द्वारा रोका जाता है जिसमें केवल विसरित विकिरण सतह पर गिरती है।

इस प्रकार थर्मोपाइल द्वारा जो थर्मो-विद्युत वाहक बल उत्पन्न होता है, वह केवल विसरित विकिरण के समानुपाती होता है जिसे मापकर हम विसरित विकिरण को ज्ञात करते हैं।

पाइरोहेलियोमीटर (Pyroheliometer)—पाइरोहेलियोमीटर को चित्र में दर्शाया गया है।



चित्र 2.6 पाइरोहेलियोमीटर

मुख्य अवयव निम्न प्रकार हैं—

रिसीवर (Receiver)—यह एक खाली ट्यूब के आकार का होता है जिसके अन्दर परावर्तित (reflecting) सतह होती है।

अवशोषण प्लेट (Absorber Plate)—यह काली सतह की बनी होती है और यह खाली ट्यूब में नीचे की ओर रखी जाती है।

थर्मोपाइल (Thermopiles)—यह एक तापमान संवेदक तत्त्व है जो थर्मोकपल के ग्रुप से बना होता है।

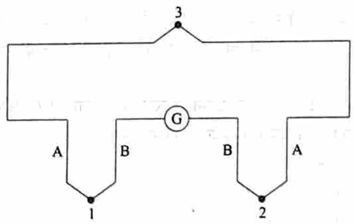
कार्यविधि (Working)—इसमें एक खाली ट्यूब होती है जो अपनी लम्बाई के लम्बवत् अक्ष पर लगी होती है और ट्यूब का मुख सूर्य की ओर होता है जिससे केवल बीम विकिरण ही काली सतह वाली प्लेट पर पड़ती है जबकि विसरित विकिरण ट्यूब में अन्दर नहीं जा पाती है।

जब विकिरण काली प्लेट पर गिरती है तो प्लेट विकिरण को अवशोषित कर लेती है जिससे सतह का तापमान बढ़ जाता है। तापमान में बदलाव को थर्मोपाइल डिटेक्ट करता है जो तापमान के समानुपाती थर्मो विद्युत वाहक बल उत्पन्न करता है जिससे बीम विकिरण को मापा जा सकता है।

पाइरोहेलियोमीटर के प्रकार (Type of Pyroheliometer)

1. एंग्सट्राम पाइरोहेलियोमीटर (Angstrom pyroheliometer)
2. एबोट सिल्वर डिस्क पाइरोहेलियोमीटर (Abbot silver disc pyroheliometer)
3. इपली पाइरोहेलियोमीटर (Eppley pyroheliometer)

1. एंग्सट्राम पाइरोहेलियोमीटर (Angstrom Pyroheliometer)—इसमें 20 mm × 20 mm × 0.1 mm आकार की दो मैग्नीज की दो पत्तियाँ (strips) होती हैं। इनमें से एक पत्ती को सूर्य की ओर रखा जाता है जिससे वह विकिरण प्राप्त करती है और उसके तापमान में वृद्धि होती है। इस पत्ती के साथ एक थर्मोकपल लगा होता है जो तापमान में वृद्धि को सेंस करता है और उसके अनुरूप थर्मो-विद्युत वाहक बल उत्पन्न करता है।



चित्र 2.7

इस थर्मोकपल का दूसरा जंक्शन प्रथम थर्मोकपल के साथ श्रेणीक्रम में जुड़ा होता है और इसको मैगनीज की दूसरी पत्ती जिसको सूर्य की धूप में नहीं रखा होता है, उसमें लगाया जाता है। इस मैंगनीज को बाहरी स्रोत के द्वारा ऊष्मा दी जाती है। यह ऊष्मा पाकर थर्मो-विद्युत वाहक बल उत्पन्न करता है।

दूसरे थर्मोकपल की पोलेरिटी प्रथम थर्मोकपल से विपरीत होता है। इसलिए प्रथम थर्मोकपल द्वारा जनित्र विद्युत वाहक बल दूसरे थर्मोकपल द्वारा जनित्र विद्युत वाहक बल के विपरीत होता है। जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है। विकिरण को मापने के लिए, दोनों थर्मोकपलों के द्वारा समान विद्युत वाहक बल उत्पन्न कराया जाता है जिससे गैल्वेनोमीटर शून्य को दर्शाए।

माना I = हीटिंग तत्त्व से प्रवाहित धारा

K = यन्त्र नियतांक

w = अवशोषित पत्ती की चौड़ाई

a = अवशोषण गुणांक

तब
$$H_D = KI^2$$

जहाँ
$$K = \frac{R}{w \cdot a}$$

R = प्रतिरोध प्रति एकांक लम्बाई

H_D = ऊष्मा ऊर्जा की प्रत्यक्ष बीम विकिरण

सौर विकिरण आँकड़े (Solar Radiation Data)—सौर विकिरण आँकड़े अनेक रूपों में उपलब्ध होते हैं। इन निम्न सूचनाएँ होती हैं—

1. सौर विकिरण आँकड़े किसी निश्चित समय में लिये गये होते हैं।
2. समय विशेष या समय अवधि जिसमें सौर विकिरण आँकड़ों का मापन किया गया है।
3. विकिरण मापन करने में जिन यन्त्रों को प्रयोग किया गया है।
4. विकिरण को ग्रहण करने वाली सतह का घुमाव कोण।
5. दैनिक विकिरण के आधार पर मासिक औसतमान।
6. मापन विधि जिसके द्वारा आँकड़े लिए गए हैं।

पृथ्वी के सतह पर जो विकिरण प्राप्त होती है उसके अधिकांश आँकड़े सोलेरीमीटर से मापे जाते हैं जोकि तात्क्षणि मान मापता है।

ऊष्मा अन्तरण की मौतिक समीकरण (Fundamental Heat Transfer Equation)—हम जानते हैं कि यदि दो विभिन्न तापमानों वाली वस्तुओं को सम्पर्क में लाया जाता है तो अधिक तापमान वाली वस्तु से कम तापमान वस्तु ऊर्जा का स्थानान्तरण हो जाता है और यह प्रक्रिया तब तक चलती रहती है तब तक दोनों वस्तुओं का तापमान एकसमान न हो जाता है। ऐसी स्थिति में,

एक पिण्ड द्वारा दी गई ऊष्मा = दूसरे पिण्ड द्वारा ली गई ऊष्मा

दोनों वस्तुओं के बीच ऊष्मा निम्न प्रकार से प्रवाहित हो सकती है—

1. चालकता (Conduction)
2. संवहन (Convection)
3. विकिरण (Radiation)

चालकता (Conduction)—इस विधि में ऊर्जा का स्थानान्तरण एक अधिक गर्म वस्तु से दूसरी कम गर्म वस्तु सम्पर्क में आने पर होता है। ठोस पदार्थों में ऊष्मा का इसी विधि से स्थानान्तरण होता है।

संवहन (Convection)—इस विधि में ऊष्मा का स्थानान्तरण कणों को एक स्थान से दूसरे स्थान पर जाने के कार होता है। इस विधि से ऊष्मा का स्थानान्तरण द्रवों एवं गैसों में होता है।

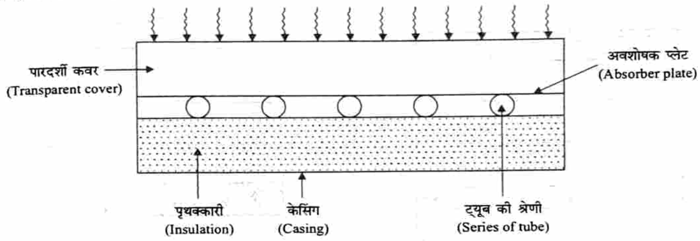
विकिरण (Radiation)—इस विधि में ऊष्मा का स्थानान्तरण करने के लिए किसी माध्यम की आवश्यकता न होती। जैसे सूर्य विकिरण द्वारा पृथ्वी तक ऊष्मा अन्तरण।

सौर ऊर्जा संग्राही (Solar Energy Collectors)—सौर संग्राही एक ऐसी युक्ति है जो सौर विकिरण को संग्रहि करती है और इस ऊर्जा को द्रव को स्थानान्तरित कर दिया जाता है। संग्राही की सतह को इस प्रकार डिजाइन किया जाता है कि सतह सौर विकिरण को अधिक से अधिक अवशोषित करे और कम से कम उत्सर्जित करे।

सौर संग्राही दो प्रकार के होते हैं—

1. संकेन्द्रित या फोकसिंग प्रकार के सौर संग्राही (Concentrating type solar collectors)
2. नॉन-संकेन्द्रित प्रकार के सौर संग्राही (Non-concentrating type solar collectors) या फ्लैट प्लेट सौर संग्राही (Flat plate solar collectors)

1. फ्लैट प्लेट या नॉन-संकेन्द्रित सौर संग्राही (Flat Plate or Non-Concentrating Solar Collectors)—फ्लैट प्लेट सौर संग्राही कम तापमान लगभग 100°C तापमान तक के अनुप्रयोगों में उपयोग किए जाते हैं। फ्लैट प्लेट सौर संग्राही को चित्र में दर्शाया गया है।



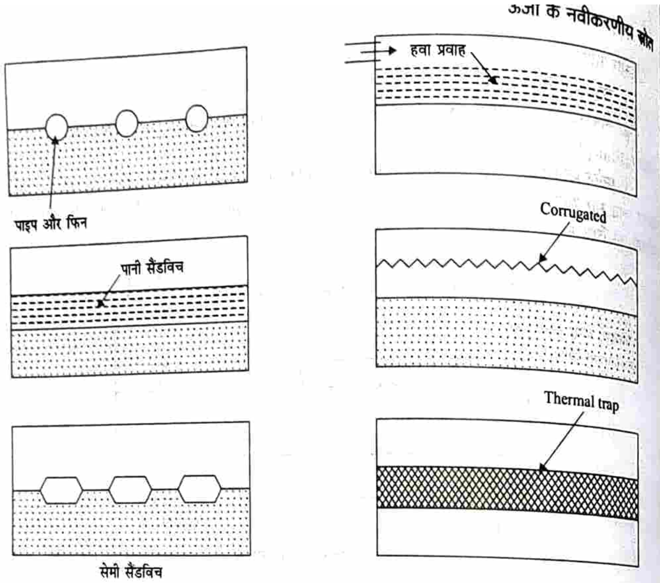
चित्र 2.8 फ्लैट प्लेट सौर संग्राही

फ्लैट प्लेट सौर संग्राही के मुख्य अवयव निम्न प्रकार हैं—

1. पारदर्शी कवर
2. अवशोषक प्लेट
3. ट्यूब की श्रेणी
4. पृथक्कारी
5. केसिंग

फ्लैट प्लेट सौर संग्राही एक बॉक्स की भाँति होता है जिसमें एक अवशोषक प्लेट लगी होती है। उसके नीचे समान्तर ट्यूब जुड़ी होती है जो कॉपर पदार्थ की बनी होती है। अवशोषक प्लेट को पूर्ण काला बनाया जाता है जिससे वह सौर विकिरण का अधिक से अधिक अवशोषण कर सके। प्लेट के ऊपर एक पारदर्शी कवर लगा होता है जिससे ऊष्मा का कम-से-कम ह्रास हो। सतह द्वारा एकत्रित ऊष्मा को ट्यूब में प्रवाहित होने वाले द्रव या पानी या हवा को स्थानान्तरित कर दी जाती है। इस प्रकार के सौर संग्राही का तापमान 100°C से कम और दक्षता 30–50% ही होती है। इस प्रकार के संग्राही पानी को गर्म करने, स्थान को गर्म करने, स्थान को ठण्डा करने इत्यादि में किया जाता है। ट्यूब में प्रवाहित पदार्थ के अनुसार इन सौर संग्राहियों को लिक्वड फ्लैट प्लेट सौर संग्राही और वायु फ्लैट प्लेट सौर संग्राही कहा जाता है। ट्यूब में कम बोइलिंग वाला कार्बनिक पदार्थ उपयोग करके, वेपर टरबाइन की सहायता से वैद्युत ऊर्जा उत्पन्न की जा सकती है।

विभिन्न प्रकार के फ्लैट प्लेट सौर संग्राही को चित्र 2.9 में दर्शाया गया है।



चित्र 2.9

फ्लैट प्लेट सौर संग्राही के उपयोगी पदार्थ (Materials used for Flat Plate Collectors)—संग्राही के उपयोग में आने वाले पदार्थों को उनकी थर्मो-फिजिकल गुण जैसे थर्मल चालकता, ऊष्मीय क्षमता इत्यादि में वर्गीकृत किया जा सकता है। भौतिक गुण जैसे—घनत्व (density), गलनांक (melting points), tensile strength और वातावरणीय गुण जैसे—आर्द्रता, जंग प्रतिरोध और वातावरण में प्रदूषण के कारण डिग्रेडेशन।

अवशोषक प्लेट के लिए पदार्थ में अधिक थर्मल चालकता, adequate टेनसिल सामर्थ्य और अच्छा जंग प्रतिरोध होना चाहिए। प्लेट के लिए कॉपर, एल्युमिनियम, आयरन, ताँबा, चाँदी, टिन और जिंक आदि पदार्थों का उपयोग किया जाता है।

- पृथक्करण में उपयोग में लाने वाले पदार्थ, ग्लास वूल, कैल्शियम सिलिकेट, सैल्युलर फोम आदि।
- कवर प्लेट के लिए टैम्पर्ड ग्लास सामान्यत: उपयोग किया जाता है।

फ्लैट प्लेट संग्राही के लाभ (Advantages of Flat Plate Collectors)

1. यह सौर विकिरण के प्रत्यक्ष, विसरित और परावर्तित अवयवों को अवशोषित करता है।
2. यह फिक्स संग्राही होती है जिससे सूर्य को ट्रेक करने की कोई आवश्यकता नहीं होती है।
3. इसकी कीमत कम होती है।
4. इसकी मरम्मत की आवश्यकता बहुत कम होती है।

फ्लैट प्लेट संग्राही की हानियाँ (Limitations/Disadvantages of Flat Plate Collectors)

1. इनका वजन बहुत अधिक होता है।
2. इनका उपयोग कम तापमान (100°C तक) के अनुप्रयोगों के लिए किया जाता है।

3. ये अधिक मात्रा में वैद्युत उत्पादन के लिए उपयुक्त नहीं होते हैं।
4. इनकी संग्राही दक्षता कम होती है।

संकेन्द्रित संग्राही (Concentrating Type Collectors)—संकेन्द्रित प्रकार के संग्राही को फोकसिंग संग्राही भी कहते हैं। इन संग्राहियों का उपयोग तब किया जाता है जब तापमान 100°C से अधिक की आवश्यकता होती है। इसलिए इन संग्राहियों में, संकेन्द्रित और अधिक तीव्रता के सौर विकिरण की आवश्यकता होती है। संग्राही प्रणाली में कन्सन्ट्रेटर और अवशोषक लगा होता है। कन्सन्ट्रेटर (concentrator) एक ऑप्टिकल प्रणाली है जो प्रतिक्षेपण (reflecting) दर्पण या अपवर्तक (refracting) लेन्सों के रूप में होती है।

सूर्य की अपरेन्ट (apparent) गति के कारण, संकेन्द्रित सतह पूरे दिन सूर्य की किरणों को अवशोषित करने में असमर्थ होती है क्योंकि यह किसी भी एक ही दिशा में होती है। इस समस्या को दूर करने के लिए संग्राही को एक ट्रेकिंग प्रणाली (tracking system) पर लगाया जाता है जिससे वह सूर्य को फोलो (follow) कर सके।

रिसीवर में, एक ऊर्जा अवशोषक सतह, पारदर्शक कवर और अन्य सामग्री होती है। प्रणाली में सौर विकिरण को एक बड़े संकेन्द्रित क्षेत्र में रिसीव किया जाता है और इन विकिरण को अवशोषक सतह के बहुत क्षेत्र पर फोकस किया जाता है।

इस प्रकार तरल (fluid) को 500°C तापमान तक गर्म किया जा सकता है। बिन्दु फोकसिंग प्रकार के रिसीवर में 3000°C तापमान को भी प्राप्त किया जा सकता है। इन प्रणालियों की दक्षता अधिक होती है क्योंकि इनमें ह्रास कम होते हैं। अधिक तापमान के अनुप्रयोग के लिए सौर संकेन्द्रित संग्राही का उपयोग किया जाता है।

सौर कंसन्ट्रेटर के लाभ (Advantages of Solar Concentrator)-

1. तरल का तापमान 500°C या इससे अधिक प्राप्त किया जा सकता है।
2. इसमें संग्राही की दक्षता अधिक होती है।
3. कलेक्शन क्षेत्र कम होने के कारण थर्मल ऊष्मीय ह्रास कम होते हैं।
4. अधिक तापमान पर ऊष्मा को स्टोरेज करने में ऊष्मा स्टोरेज प्रणाली का खर्च कम आता है।
5. फ्लैट संग्राही की तुलना में संकेन्द्रित संग्राही की कीमत कम होती है क्योंकि संकेन्द्रित संग्राही में कम पदार्थ लगता है।

सौर कंसन्ट्रेटर की हानियाँ (Disadvantages of Solar Concentrator)-

1. शुरुआती कीमत अधिक होती है।
2. परावर्तित सतह से धूल हटाने में मरम्मत की आवश्यकता होती है।
3. सूर्य को ट्रेक करने के लिए महँगी ट्रेकिंग युक्तियों की आवश्यकता होती है।
4. फोकसिंग संग्राहियों में केवल बीम विकिरण को ही संग्रह किया जाता है क्योंकि विसरित विकिरण परावर्तित नहीं होता है।

सौर कंसन्ट्रेटर संग्राहियों के प्रकार (Types of Solar Concentrating Collectors)—सौर कंसन्ट्रेटर संग्राही दो प्रकार के होते है—

1. फोकसिंग कंसन्ट्रेटर संग्राही प्रकार
2. नॉन फोकसिंग संग्राही प्रकार

1. फोकसिंग कंसन्ट्रेटर संग्राही—इनको दो प्रकार में बाँटा जा सकता है—

1. लाइन फोकसिंग टाइप कंसन्ट्रेटर 2. पाइंट बिन्दु फोकसिंग टाइप कंसन्ट्रेटर

लाइन फोकसिंग सकेन्द्रिय में, अवशोषक या कलेक्टर पाइप, जिसमें कार्यकारी तरल प्रवाह करता है, उस पर सौर विकिरण का फोकस होता है। इस विधि में तरल का ताप 150°C से 400°C तक पहुँच जाता है।

बिन्दु फोकसिंग कंसन्ट्रेटर में, बिन्दु एक छोटा आयतन होता है जिसमें तरल प्रवाहित होता है। इस विधि में तापमान को 500°C से अधिक तक प्राप्त किया जा सकता है।

2. नॉन-फोकसिंग प्रकार संग्राही (Non-Focusing Type Collectors)—इस प्रणाली में सोलर विकिरण को शीशे से परावर्तित करने के बाद अवशोषक पर गिराया जाता है।

फोकसिंग प्रकार के कंसन्ट्रेटर (Focusing Type Concentrators)—फोकसिंग कंसन्ट्रेटर निम्न प्रकार के होते हैं—

1. पैराबोलिक ट्रफ रिफ्लेक्टर (Parabolic trough reflector)
2. मिरर स्ट्रिप रिफ्लेक्टर (Mirror strip reflector)
3. फ्रेसनल लैन्स कलेक्टर (Fresnel lens collector)
4. पैराबोलोइड डिश कलेक्टर (Paraboloid dish collector)

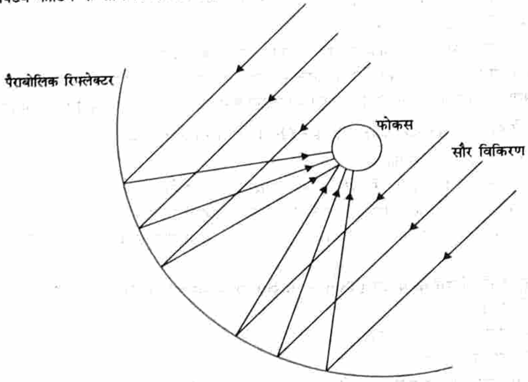
पैराबोलिक ट्रफ रिफ्लेक्टर (Parabolic Trough Reflector)—पैराबोलिक ट्रफ रिफ्लेक्टर को चित्र 2.10 में दर्शाया गया है।

यह लाइन फोकसिंग प्रकार का संग्राही है। इस प्रकार के संग्राही में, सौर विकिरण पैराबोलिक रिफ्लेक्ट पर गिरती है जो उन विकिरणों को एक फोकस पर कंसन्ट्रेट करता है।

जब रिफ्लेक्टर को पैराबोलिक क्षेत्रफल के साथ ट्रफ रूप में बनाया जाता है जिससे सौर विकिरण एक लाइन में फोकस होते हैं।

अधिकतर सिलेण्डरिकल पैराबोलिक कंसन्ट्रेटर पाइप को अवशोषक के रूप में प्रयोग किया जाता है।

इसमें सलेक्टिव कोटिंग के साथ रिफ्लेक्टर पाइप को अवशोषक के रूप में प्रयोग किया जाता है।

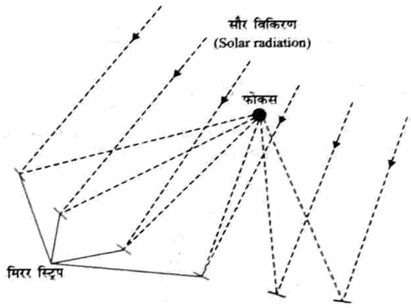


चित्र 2.10

पैराबोलिक ट्रफ रिफ्लेक्टर सामान्यतः पोलिशड या सिल्वरड ग्लास की फिल्म बेस पर बनी होती है।

पैराबोलिक ट्रफ रिफ्लेक्टर को नियमित सौर विकिरण के अवशोषण के लिए ट्रेकिंग डिवाइस का उपयोग किया जाता है।

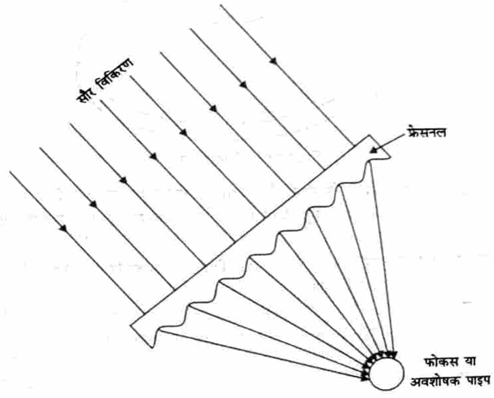
मिरर स्ट्रिप रिफ्लेक्टर (Mirror Strip Reflector)—यह लाइन फोकसिंग प्रकार का संग्राही है जिसे चित्र 2.11 में दर्शाया गया है।



चित्र 2.11

इसमें फ्लैट आधार पर प्लेन (plane) या हल्की सी वक्र आकार के मिरर लगे होते हैं। इन सभी मिरर को इस प्रकार व्यवस्थित किया जाता है कि इन पर पड़ने वाली विकिरण समान फोकस लाइन पर रहे जहाँ पर अवशोषक पाइप लगे होते हैं। कलक्टर पाइप इस प्रकार घूर्णन करता है कि सूर्य के घूमने पर भी पाइप पर समान फोकस पड़ता रहे।

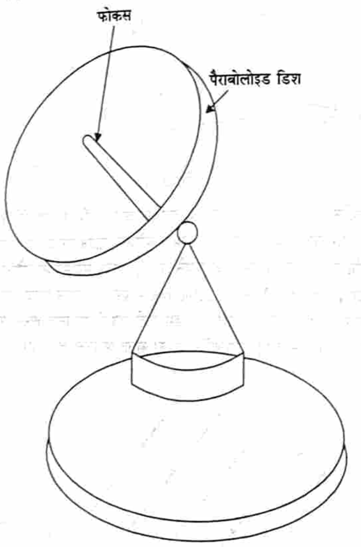
फ्रेसनल लेन्स कलेक्टर (Fresnel Lens Collector)—यह भी लाइन फोकसिंग प्रकार का सोलर कलेक्टर है। फ्रेसनल लेन्स कलेक्टर को चित्र 2.12 में दर्शाया गया है। इस कलेक्टर में फ्रेसनल लेन्स का प्रयोग किया गया है। फ्रेसनल लेन्स रेखीय ग्रोव परावर्तक पदार्थ के बने होते हैं जबकि इसकी सतह समतल होती है।



चित्र 2.12 फ्रेसनल लेन्स कलेक्टर

फ्रेसनल लेन्स के प्रत्येक ग्रोव के कोण इस प्रकार बनाया जाता है कि उससे निकलने वाली सौर विकिरण एक फोकस लाइन पर गिरे जहाँ अवशोषक पाइप लगा होता है। यह एक आयताकार होता है जिसकी माप लम्बाई में लगभग… मीटर और चौड़ाई में 0.05 मीटर होता है।

पैराबोलोइड डिश कलेक्टर (Paraboloid Dish Collector)—यह विन्दु फोकसिंग प्रकार का संग्राहक है। संग्राहियों में, रिसीवर कंसन्ट्रेटर एक फोकस विन्दु पर लगा होता है। पैराबोलोइड डिश कलेक्टर की डिश लगभग 6 … होती है। इस डिश को बनाने में लगभग 200 वक्र मिरर सेगमेंट इसकी पैराबोलोइडल सतह पर लगे होते हैं और सौर विकिरण एक विन्दु पर फोकस होता है जहाँ रिसीवर लगा होता है।



चित्र 2.13 पैराबोलाइड डिश

रिसीवर जिंक-क्रोमियम-कॉपर अयस्क के साथ ब्लैक क्रोम की कोटिंग का बना होता है। इसमें दो अक्ष और ट्रैकिंग युक्ति की आवश्यकता होती है। इसका कंसन्ट्रेशन अनुपात 10 से कुछ हजार तक होता है। इस विधि में 3000°C तापमान तक प्राप्त किया जा सकता है।

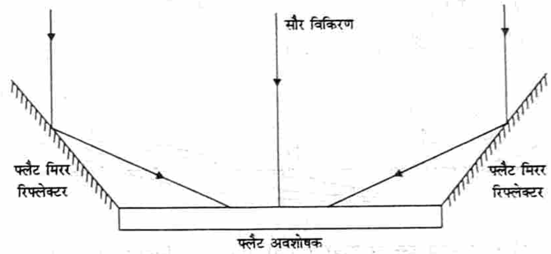
नॉन-फोकसिंग प्रकार कंसन्ट्रेटर (Non-Focusing Type Concentrators)—सामान्यतः दो प्रकार के नॉन-फोकसिंग प्रकार के कंसन्ट्रेटर उपयोग में लाए जाते हैं।

1. प्लेन रिफ्लेक्टर के साथ फ्लैट प्लेट कलेक्टर (Flat plate collector with plane reflector)
2. कम्पाउण्ड पैराबोलिक कंसन्ट्रेटर (Compound parabolic concentrator)

प्लेन रिफ्लेक्टर के साथ फ्लैट प्लेट कलेक्टर (Flat Plate Collector with Plane Reflector)—यह फ्लैट प्लेट संग्राही का आधुनिक रूप है। इसमें फ्लैट प्लेट संग्राही का उपयोग किया जाता है जिसके दोनों किनारों पर प्लेन मिरर

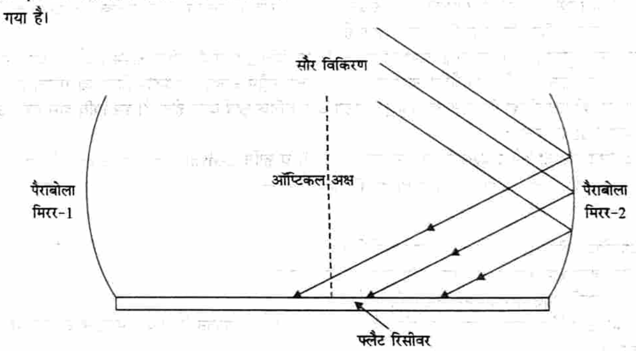
लगाए जाते हैं जिससे और अधिक सौर विकिरण अवशोषक की सतह पर गिर सके। इससे रिसीवर द्वारा प्राप्त विकिरण में वृद्धि होती है। जो मिरर उपयोग किए जाते हैं उन्हें बूस्टर मिरर कहते हैं। प्लेन रिफ्लेक्टर के साथ फ्लैट प्लेट कलेक्टर को चित्र 2.14 में दर्शाया गया है।

उपयोग किए गए मिरर को प्रभावी तरीके से प्रयोग करने के लिए उनके कोण को एडजस्ट किया जाए जैसे-जैसे सूर्य की स्थिति बदले वैसे ही मिरर के कोण भी बदल जाएँ। इससे लगभग 140°C तापमान प्राप्त किया जा सकता है।



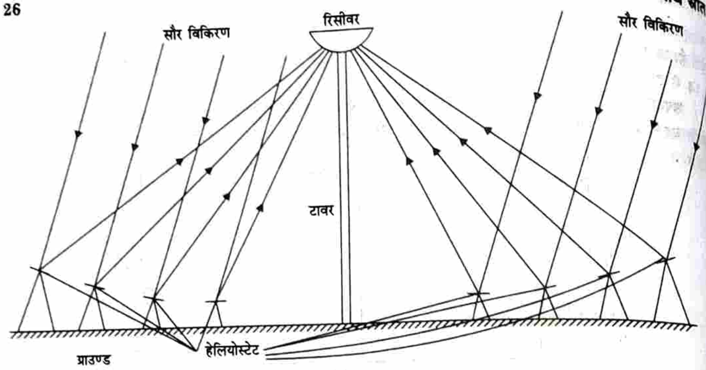
चित्र 2.14 प्लेन रिफ्लेक्टर के साथ फ्लैट प्लेट कलेक्टर।

कम्पाउण्ड पैराबोलिक कंसन्ट्रेटर (Compound Parabolic Concentrator)—कम्पाउण्ड पैराबोलिक कंसन्ट्रेटर एक नॉन-फोकसिंग प्रकार का संग्राही है। यह विन्सटन संग्राही के नाम से भी जाना जाता है। इसको चित्र 2.15 में दर्शाया गया है।



चित्र 2.15

इसमें दो पैराबोला मिरर 1 और 2 फ्लैट रिसीवर से जुड़े होते हैं। यह एक ट्रूफ बनाते हैं। इसमें किसी भी दिशा से आने वाले सौर विकिरण नीचे लगे फ्लैट रिसीवर पर ही गिरते हैं। यह दोनों विकिरण प्रत्यक्ष (direct) और विसरित (diffused) को स्वीकार करते हैं। इसमें कंसन्ट्रेटर अनुपात 3 से 7 तक होता है। इसमें कभी-कभार ही सूर्य की ट्रेकिंग की आवश्यकता होती है। इसमें जो अवशोषक उपयोग में लाया जाता है वह या तो फिन टाइप या ट्यूबलर टाइप का होता है। इसमें 100°C से 150°C तक का तापमान प्राप्त किया जाता है। इसकी क्लेक्शन दक्षता अधिक होती है।



चित्र 2.16

हेलियोस्टेट मिरर के साथ केन्द्रीय टावर रिसीवर (Central Tower Receiver with Heliostat Mirror)—हेलियोस्टेट मिरर के साथ केन्द्रीय टावर रिसीवर को चित्र 2.16 में दर्शाया गया है। इस विधि में केन्द्र में एक टावर होता है जिसके ऊपरी भाग में रिसीवर रखा होता है। इसमें ग्राउण्ड पर बहुत सारे मिरर लगे होते हैं जो केन्द्रीय टावर के आस-पास लगे होते हैं। इन मिरर को ही हेलियोस्टेट कहा जाता है। इन मिरर को इस प्रकार व्यवस्थित किया जाता है कि उन पर गिरने वाली सौर विकिरण परावर्तित होकर टावर के ऊपरी भाग पर रखे रिसीवर पर पड़े तो प्रत्येक हेलियोस्टेट दो दिशाओं में रोटेट कर सकता है जिसे सूर्य ट्रेक किया जा सकता है।

कंसन्ट्रेशन अनुपात 3000 तक प्राप्त किया जा सकता है। इस विधि द्वारा सीधी अधिक तापमान और अधिक दाब वाली भाप उत्पन्न की जा सकती है जिसको वैद्युत उत्पादन करने के लिए स्ट्रीम टरबाइन में प्रयोग किया जा सकता है।

इस प्रकार की प्रणाली को डिजाइन करना बहुत कठिन और अधिक खर्च वाला होता है। इस विधि द्वारा वैद्युत उत्पादन लगभग 5 करोड़/MW आता है।

फ्लैट प्लेट संग्राही की अपेक्षा संकेन्द्री संग्राही के लाभ व हानि (Advantages and disadvantages of Concentrating Collectors Over Flat Plate Collectors)—

लाभ–

1. अवशोषक क्षेत्रफल की कम आवश्यकता होती है।
2. ऊष्मा ह्रास कम होते हैं और कलेक्शन दक्षता अधिक होती है।
3. यह प्रणाली वैद्युत उत्पादन के लिए उपयुक्त होती है।
4. ऊष्मा को स्टोरेज करने में कम खर्च होता है क्योंकि प्रति एकांक आयतन में अधिक मात्रा में ऊष्मा स्टोर की जा सकती है।
5. एकांक क्षेत्रफल के प्रति कंसन्ट्रेटर प्रणाली की कीमत कम होती है।
6. No antifreeze solutions are needed.

हानियाँ

1. प्रणाली में सूर्य को ट्रेकिंग की आवश्यकता होती है। इससे इन्सटॉलेशन खर्च बढ़ जाता है।
2. फोकसिंग टाइप कलेक्टर्स में विसरित सौर विकिरण को कलेक्ट नहीं कर सकते हैं।

3. इसका शुरुआती और मरम्मत खर्च अधिक होता है।

फ्लैट प्लेट संग्राही के अनुप्रयोग (Applications of Flat Plate Collector)—फ्लैट प्लेट संग्राही के निम्नलिखित अनुप्रयोग हैं—

1. सोलर कुकर (Solar Cooker)
2. सोलर वाटर हीटर (Solar Water Heater)
3. सोलर ड्रायर (शोषक) (Solar dryer)
4. सोलर आसन (डिस्टिलेशन) यूनिट (Solar Distillation Unit)

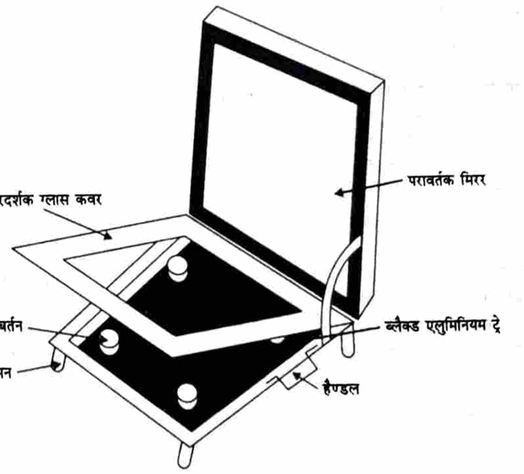
सोलर कुकर (Solar Cooker)

प्रतिदिन खाना बनाने में पूरे संसार में ऊर्जा की बहुत खपत होती है। खाना बनाने में लकड़ी, कोयला, कण्डे, कैरोसिन, कुकिंग गैस आदि ईंधन का उपयोग होता है। खाना बनाने में सौर ऊर्जा का उपयोग किया जाता है जो युक्ति इसमें उपयोग होती है, उसे सोलर कुकर कहते हैं। सोलर कुकर भिन्न-भिन्न डिजाइन में उपलब्ध है उनमें से कुछ वर्णन नीचे किया गया है—

घरेलू सोलर कुकर या बॉक्स टाइप सोलर कुकर (Domestic Solar Cooker)

कुकिंग सौर ऊर्जा की एक महत्त्वपूर्ण अनुप्रयोग है। सोलर कुकर के बहुत डिजाइन उपलब्ध हैं। यहाँ केवल घरेलू सोलर कुकर का ही वर्णन किया गया है। यहाँ हमने बॉक्स टाइप सोलर कुकर को दर्शाया है जिसका आकार 60 सेमी० × 60 सेमी० × 20 सेमी० है और जिसमें चार प्रकार की डिश एक साथ बनाई जा सकती हैं।

यह एक आयताकार होता है जिसमें नीचे तथा साइडों से इन्सुलेशन लगा होता है। ऊपरी सतह ब्लैकड एलुमिनियम शीट का बना होता है जिसमें चार खाली जगह होती हैं जिनमें डिश बनाई जाती है। इसमें एक या दो ग्लास कवर लगे होते हैं। ऊपरी कवर में एक मिरर लगा होता है जो एक साइड से किसी कोण पर लगा होता है। इसको गाइड के द्वारा व्यवस्थित किया जा सकता है।



चित्र 2.17 बाक्स टाइप घरेलू सोलर कुकर।

चित्र 2.18 सोलर कुकर।

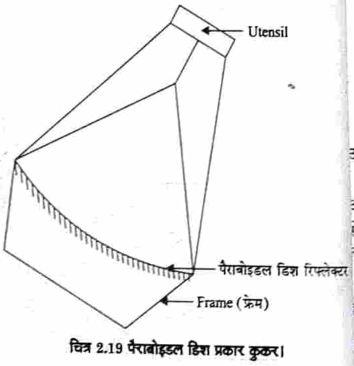
इसमें प्रत्यक्ष विकिरण और मिरर से परावर्तित होकर आने वाली विकिरण बॉक्स के द्वारा रिसीव की जाती है। इसमें ग्री हाउस प्रभाव के कारण ग्लास ऊष्मा को ट्रैप करता है। धूप के दिनों में कुकर के अन्दर की वायु का तापमान 100 से 140°(तक पहुँच जाता है। यह तापमान खाना बनाने के लिए उपयुक्त होता है जिसमें उबलने वाली वस्तु जैसे दाल, चावल, सब्जिय आदि बनाई जाती हैं। यह दो से तीन घण्टों में भोजन बना देता है।

अधिक उपयुक्त सोलर कुकर में साइडों में मिरर लगा कर 15° से 20°C तक का तापमान बढ़ाया जा सकता है औ कुकिंग समय को कम किया जा कसता है।

इन सोलर कुकरों में रोटी और पूरी नहीं बनाई जा सकती है।

पैराबोइडल डिश प्रकार कुकर (Parabiodal Dish Type Cooker)—इस प्रकार के सोलर कुकर को चित्र 2.19 में दर्शाया गया है। इसमें सौर विकिरण डिश कलेक्टर पर गिरती है और परावर्तित होकर वहाँ गिरती है जहाँ पर कुकिंग utensil लगा होता है। Utensil में भोजन रखा होता है जो संकेन्द्री सौर विकिरण प्राप्त कर पक जाता है।

पैराबोइडल रिफ्लेक्टर सूर्य के घूमने पर घूमता है। इस रिफ्लेक्टर से 400°C से 500°C तापमान तक प्राप्त किया जाता है। इतना तापमान भोजन बनने में 20 से 30 मिनट का समय लगता है। मौसम में बदलाव के कारण भोजन बनने का समय बदलता है।

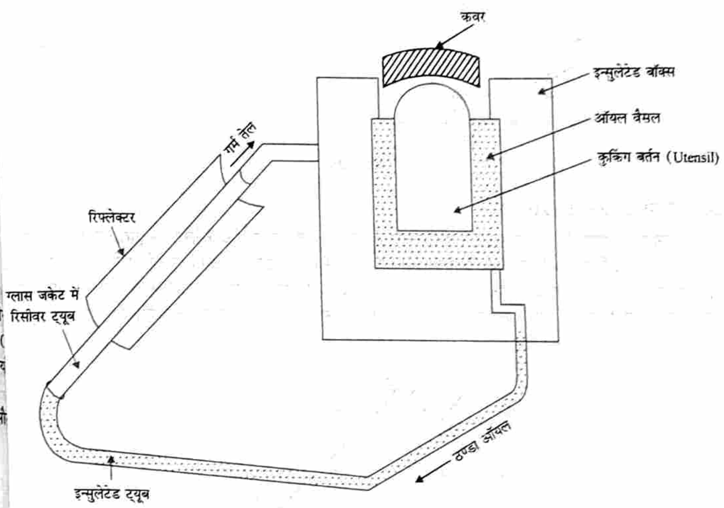


चित्र 2.19 पैराबोइडल डिश प्रकार कुकर।

आधुनिक सोलर कुकर (Advanced Solar Cooker)

फ्लैट प्लेट और डिश प्रकार के कुकरों में खाना बाहर बनाना पड़ता है और उनमें थर्मल ऊर्जा को स्टोर करने का भी कोई प्रावधान नहीं है और बादलों के मौसम और शाम को इन कुकरों से भोजन नहीं बना सकते हैं। इन समस्याओं को दूर करके आधुनिक सोलर कुकर का निर्माण किया गया जिसका चित्र आगे दर्शाया गया है।

यह पैराबोलिक सिलेण्डर रिफ्लेक्टर का बना होता है जोकि सौर विकिरण प्राप्त करने के लिए बाहर लगा होता है। रिसीवर ट्यूब ग्लास जकेट में लगी होती है जिनमें ऑयल प्रवाहित होता है। इन्सुलेटेड बॉक्स को अन्दर रखा जाता है जिसके चारों ओर वैसल ऑयल होता है। इसको रिफ्लेक्टर की तुलना में ऊँचाई पर रखा जाता है।



चित्र 2.20

ऑयल ऊष्मा प्रवाह का माध्यम है। ऑयल सौलर ऊष्मा रिसीव करती है और गर्म ऑयल कम घनत्व के कारण ऊपर उठ जाता है।

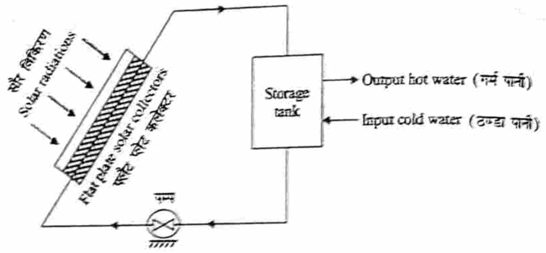
ऑयल वैसल के द्वारा गर्म ऑयल को ठण्डे ऑयल द्वारा बदल दिया जाता है तब नेचुरल संचरण स्थापित होता है। इसमें ऑयल ऊष्मा स्टोरेज माध्यम का कार्य करता है। इसमें ऑयल का तापमान 150°C तक पहुँच जाता है जो रात में भी 100°C से कम नहीं होता है। अधिक ऊष्मा कलेक्शन के लिए, सिलेण्डरिकल रिफ्लेक्टर को ऑटोमैटिक सूर्य ट्रेकर के साथ प्रयोग किया जाता है।

इस प्रकार के कुकर में रोसटिंग और फ्राई के अलावा सभी प्रकार की कुकिंग की जाती है। इन कुकरों की दक्षता अधिक होती है।

सोलर वाटर हीटर (Solar Water Heater)

सोलर वाटर हीटिंग प्रणाली को चित्र 2.21 में दर्शाया गया है—

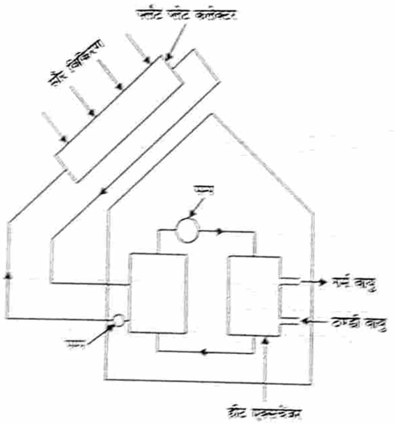
सौर विकिरण फ्लैट प्लेट कलेक्टर के पारदर्शी कवर से गुजरती है और कलेक्टर प्लेट द्वारा अवशोषित कर ली जाती है। कलेक्टर के कान्टक्ट में जो पानी प्रवाहित होता है, वह ऊष्मा पाकर गर्म हो जाता है। ऊष्मा को पानी से निकाल कर उपयोग किया जाता है। पम्प पानी का नियमित चालन रखता है, जो कलेक्टर और स्टोरेज टैंक से गुजरता है।



चित्र 2.21

स्पेस हीटिंग (Space Heating)

स्पेस हीटिंग प्रणाली को चित्र 2.22 में दर्शाया गया है। सौर विकिरण फ्लैट प्लेट कलेक्टर के द्वारा अवशोषित की जाती है। इस ऊष्मा से पानी को गर्म किया जाता है और उसे स्टोरेज टैंक में स्टोर कर लिया जाता है। घर में घूमने वाली हवा को ऊष्मा स्थानान्तरित कर दी जाती है जोकि एक्सचेंजर द्वारा किया जाता है। एक पम्प पानी का सर्कुलेशन कलेक्टर और स्टोरेज टैंक के बीच करता है और दूसरा पम्प स्टोरेज टैंक और हीट एक्सचेंजर के बीच सर्कुलेशन करता है।



चित्र 2.22 स्पेस हीटिंग प्रणाली।

सोलर हीटिंग ऑफ बिल्डिंग (Solar Heating of Building)

स्पेस को सोलर के द्वारा हीटिंग करने के विभिन्न तरीके विकसित किये गये हैं। प्रत्येक विधि में सौर ऊर्जा को एक
और स्टोरेज करके पुनः उन स्थानों को पुनर्वितरित कर दिया जाता है, जिन्हें गर्म करना होता है।

स्पेस हीटिंग प्रणालियों को निम्न प्रकार वर्गीकृत कर सकते हैं—

1. निष्क्रिय प्रणाली (Passive system)
2. सक्रिय प्रणाली (Active system)

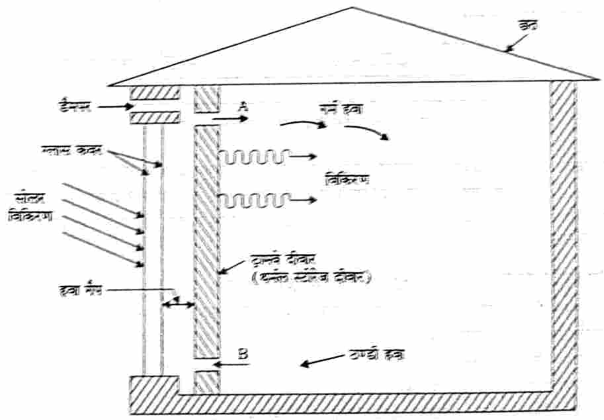
गर्म करने की निष्क्रिय प्रणाली में सौर ऊर्जा को एकत्रित, स्टोरेज और पुनःवितरण तीनों ही कार्य नेचुरल तरीकों (चालन, संवहन, विकिरण) से किया जाता है। इन प्रणालियों में किसी भी प्रकार की वैद्युत या यान्त्रिक शक्ति और ना ही किसी प्रकार का इलेक्ट्रॉनिक नियन्त्रण किया जाता है।

गर्म करने की सक्रिय प्रणाली में सौर ऊर्जा को एकत्रित करने के लिए सौर कलेक्टरों का प्रयोग किया जाता है। इस ऊर्जा को स्टोरेज पदार्थों में स्टोर किया जाता है, तब स्टोरेज ऊर्जा को वैद्युतीय संचालित पम्पों और पंखों की मदद से गर्म करने वाले स्थान तक पहुँचाया जाता है।

सक्रिय स्पेस हीटिंग प्रणाली अधिक महंगी होती है।

निष्क्रिय स्पेस हीटिंग (Passive Space Heating)

एक सोलर निष्क्रिय स्पेस हीटिंग को चित्र 2.34 में दर्शाया गया है जिसे प्रोफेसर ट्रॉम्बे ने डिजाइन किया था जिसमें स्पेस हीटिंग में नेचुरल तरीकों का प्रयोग किया गया। इस प्रणाली में दक्षिण फेसिंग में कंक्रीट या स्टोन या ईंटों की दीवार जिसकी चौड़ाई 10 से 20 सेमी० होती है, बनी होती है जिसे ट्रॉम्बे दीवार कहते हैं। इस दीवार का निर्माण थर्मल स्टोरेज के लिए किया जाता है और इसका बाहरी सतह काली कर दी जाती है जिससे ऊर्जा का अवशोषण बढ़ जाता है। इस पूरी दीवार को एक या दो ग्लास शीट से कवर किया जाता है। दीवार और ग्लास शीट के बीच हवा गैप 10 cm या अधिक होता है। आजकल ग्लास के स्थान पर प्लास्टिक शीट का प्रयोग होता है।



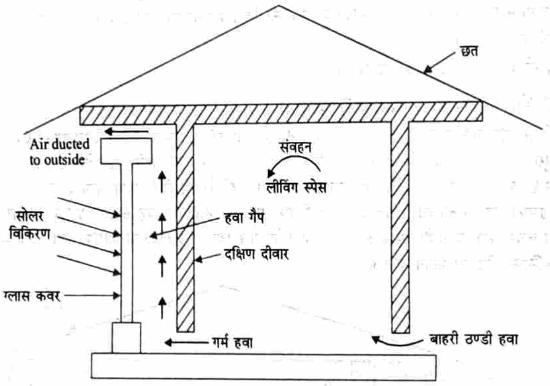
चित्र 2.33 सोलर स्पेस हीटिंग प्रणाली।

लिविंग स्पेस में आने वाली गर्म हवा और जाने वाली ठण्डी हवा के लिए स्टोरेज दीवार में ऊपर A और नीचे B वेन्ट (vents) बनाये जाते हैं।

सोलर विकिरण ग्लास से गुजरने के बाद थर्मल स्टोरेज दीवार द्वारा अवशोषित किया जाता है। इस ऊर्जा से हवा गैप में उपस्थित हवा गर्म हो जाती है जो वेन्ट A से प्रवाहित होती है और ठण्डी हवा लीविंग स्पेस से वेन्ट B से बाहर निकलती है। इस प्रकार संवहन विधि से प्रक्रिया चलती है। लिविंग स्पेस से स्टोरेज दीवार से विकिरण के द्वारा कुछ ऊष्मा प्राप्त होती है।

ग्लास के ऊपरी भाग में डेम्पर लगे होते हैं जिनका प्रयोग अतिरिक्त ऊष्मा को बाहर निकालने में किया जाता है। जब हीटिंग की आवश्यकता नहीं होती है। रात्रि के समय दोनों वेन्ट A और B बन्द कर दिये जाते हैं जिससे ऊर्जा केवल विकिरण के द्वारा स्थानान्तरित होती है।

वेन्टीलेशन के द्वारा निष्क्रिय स्पेस कूलिंग (Passive Space Cooling Through Ventilation)



चित्र 2.24 वेन्टीलेशन के द्वारा निष्क्रिय स्पेस कूलिंग।

ग्लास कवर पर सोलर विकिरण के कारण ग्लास कवर और दक्षिण दीवार के बीच की हवा गर्म हो जाती है। यह गर्म हवा ऊपर उठती है और ग्लास कवर के ऊपर बने डक्ट से बाहर निकल जाती है। इस गर्म हवा को बाहर की ठण्डी हवा से बदला जाता है जो नीचे के एअर वेन्ट A में प्रवेश करती है और जो लीविंग स्पेस के दूसरी तरफ होता है। इससे प्राकृतिक ड्राफ्ट उत्पन्न होता है जैसे चिमनी में।

सक्रिय स्पेस हीटिंग प्रणाली (Active Space Heating System)

सक्रिय स्पेस हीटिंग प्रणाली में निम्न बेसिक कम्पोनेन्टों की आवश्यकता होती है—

1. सोलर विकिरण कलेक्टर (Solar radiation collector)
2. स्टोरेज युक्ति (Storage device)
3. वितरण प्रणाली (Distribution system)

पम्प, फैन, नियन्त्रक, वैद्युत हीटिंग प्रणाली इत्यादि की आवश्यकता होती है।

सोलर विकिरण कलेक्टर जो फ्लूड को गर्म करता है फ्लूड पानी या हवा हो सकता है। यह प्रणाली के अनुप्रयोग तथा डिजाइन पर निर्भर करता है।

स्टोरेज युक्ति की आवश्यकता ऊष्मा को स्टोर करने के लिये किया जाता है जिसे रात्रि या बरसात के दिनों में उपयोग करते हैं।

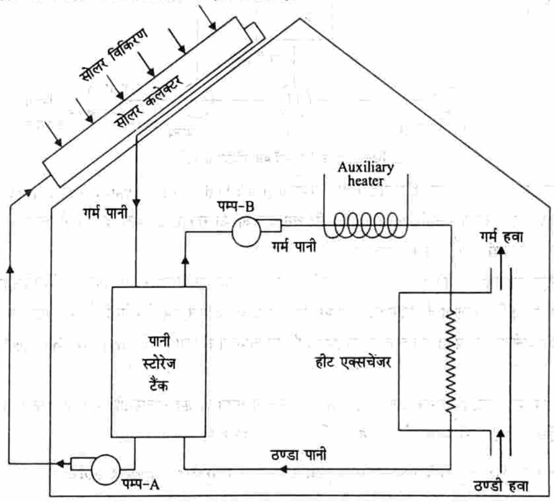
वितरण प्रणाली का प्रयोग ऊष्मा को सप्लाई करने में किया जाता है।

जिन बिल्डिंगों में सक्रिय प्रणाली लगायी जाती है उन प्रणालियों को रेट्रोफीट प्रणाली (Retrofit system) कहते हैं। यदि बिल्डिंग इस प्रकार बनायी जाती है कि सर्दियों में अधिक सौर ऊर्जा प्राप्त हो और गर्मियों में कम सौर ऊर्जा प्राप्त हो तो इस प्रकार की बिल्डिंगों को सोलर हाउस कहते हैं। इस प्रकार की बिल्डिंगों में लगी हीटिंग प्रणाली को कम हीटिंग और कूलिंग लोड की आवश्यकता होती है। इस प्रकार की प्रणाली रेट्रोफीट प्रणाली से किफायती होती है।

सक्रिय स्पेस हीटिंग प्रणाली में सामान्यत: कार्यकारी फ्लूड प्राय: गर्म पानी और हवा का प्रयोग करते हैं।

गर्म पानी स्पेस हीटिंग प्रणाली (Hot Water Space Heating System)

इस प्रकार की प्रणाली को चित्र 2.25 में दर्शाया गया है।



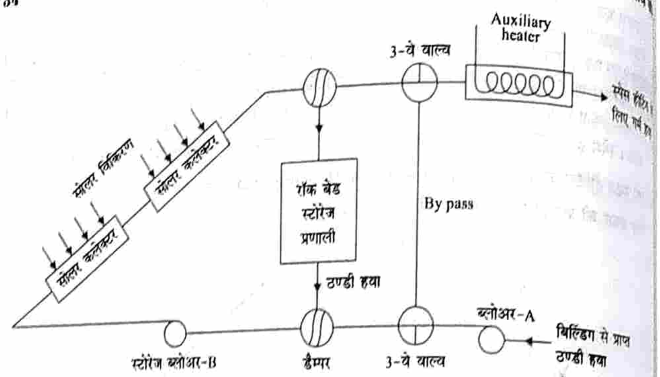
चित्र 2.25 सक्रिय गर्म पानी स्पेस हीटिंग प्रणाली।

पम्प A के द्वारा ठण्डा पानी स्टोरेज टैंक से सोलर कलेक्टर तक पहुँचाया जाता है। जहाँ यह सोलर विकिरण प्राप्त करता है और गर्म पानी स्टोरेज टैंक को वापस आ जाता है।

पम्प B के द्वारा गर्म पानी स्टोरेज टैंक से पम्प करके हीट एक्सचेंजर को दिया जाता है जहाँ यह बिल्डिंग से आने वाली ठण्डी हवा को ऊष्मा स्थानान्तरण किया जाता है। ऊष्मा ट्रांसफर करके ठण्डा होकर स्टोरेज टैंक में वापिस आ जाता है और हीट एक्सचेंजर से प्राप्त गर्म हवा को बिल्डिंग में स्पेस हीटिंग की जाती है अगर बादली मौसम में गर्म पानी का तापमान इच्छित तापमान से कम हो तो उसके लिये Auxiliary heat लगाया जाता है।

सक्रिय गर्म हवा हीटिंग प्रणाली (Active Hot Air Heating System)

सक्रिय गर्म हवा हीटिंग प्रणाली को आगे चित्र 2.26 में दर्शाया गया है।



चित्र 2.26 सक्रिय गर्म हवा हीटिंग प्रणाली।

यह सोलर कलेक्टरों की अरे, रॉक बेड स्टोरेज प्रणाली (rock bed storage system) auxiliary हीटर, ब्लोअर (blowers) और दूसरे नियन्त्रण आदि का बना होता है। थर्मल ऊर्जा को सोलर कलेक्टर के अरे से ब्लोअर से प्राप्त ठण्डी हवा को दी जाती है। गर्म हवा स्टोरेज प्रणाली को दी जाती है।

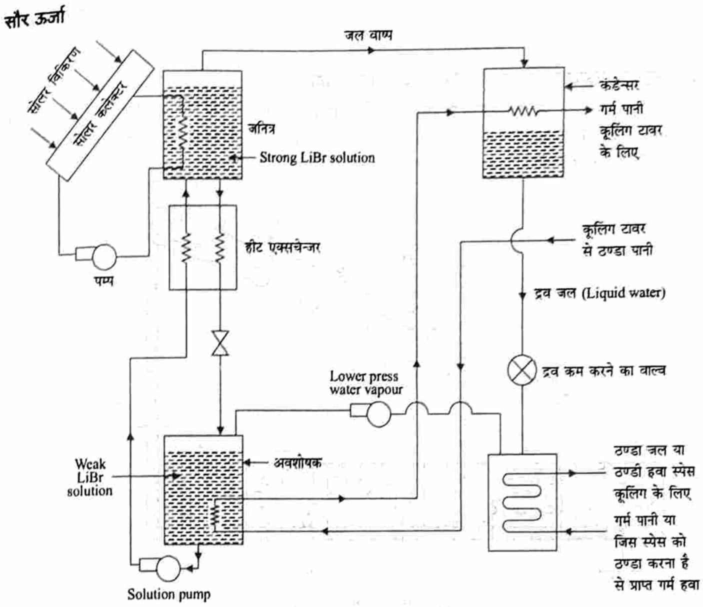
स्टोरेज टैंक को गर्म हवा की अतिरिक्त मात्रा को नियन्त्रित और शेष बची गर्म हवा को बिल्डिंग के स्पेस हीटिंग करने के लिये डैम्पर का प्रयोग किया जाता है। बिल्डिंग से प्राप्त ठण्डी हवा को वापिस गर्म होने के लिये कलेक्टर को दिया जाता है। यदि स्टोरेज और कलेक्टर से प्राप्त गर्म हवा का तापमान निश्चित तापमान से कम हो तो auxiliary heater का प्रयोग किया जाता है।

3-वे वाल्व का उपयोग स्टोरेज टैंक जो By pass करने में करते हैं जब सोलर हीट की मात्रा कम हो। गर्म हवा को कलेक्टर से नीचे बिल्डिंग की स्पेस को हीटिंग के लिये उपयोग करते हैं।

Solar based Li Br-H_2O Vapour Absorption system for Space Cooling

The main components of this system are :

1. Generator (जनित्र)
2. Heat exchanger (हीट एक्सचेंजर)
3. Absorber (अवशोषक)
4. Solution pump
5. Condenser
6. Evaporator



चित्र 2.27 Solar based Li Br-H_2O Vapour Absorption system for space air conditioning.

सोलर शोषक (Solar Dryers)

हमारे देश में सदियों से फसलों को सुखाने में सौर ऊर्जा का प्रयोग किया जाता रहा है। जैसा कि हम सभी लोग जानते हैं कि धान की कटाई के पश्चात् इसको धूप में सुखाते हैं। इसी विधि का निम्न रूपों में उपयोग किया जाता है।

हमारे देश में औसत रूप से लगभग 450 से 800 cal/cm^2 प्रतिदिन की दर से सौर ऊर्जा आती है जबकि गर्मियों के मौसम में लगभग 3000 cal/cm^2 प्राप्त होती है। यदि इस ऊष्मा का स्थानान्तरण किया जाए तो इसके प्रयोग से कई प्रकार के कार्य हो सकते हैं।

सौर ऊर्जा से सुखाने का सिद्धान्त यह है कि गर्म एवं शुष्क वायु को आर्द्र फसलों पर प्रवाहित किया जाए तो यह वायु फसलों में उपस्थित नमी या आर्द्रता को शोषित करके फसलों को शुष्क कर देती है तथा यह नमी वाष्प के रूप में बाहर आ जाती है। वायु के सतत प्रवाह से फसल सूख जाती है। जितनी अधिक वायु गर्म व शुष्क होगी उतनी ही शीघ्र फसल सूख जाएगी।

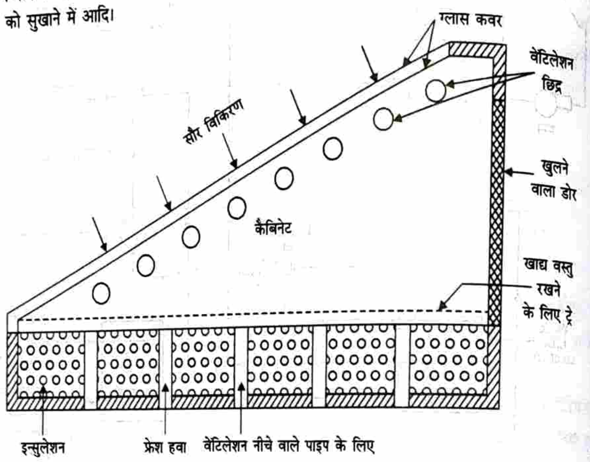
सोलर शोषक के प्रकार (Types of Solar Dryers)—विभिन्न प्रकार के सोलर शोषक निम्न प्रकार हैं—

1. नेचुरल संवहन या प्रत्यक्ष प्रकार सोलर शोषक (कैबिनेट शोषक)
   (Natural convection or direct type solar dryers cabinations)
2. फोर्स सर्कुलेशन सोलर शोषक (Forced circulation solar dryers)
   (a) प्रत्यक्ष गेन टाइप

(b) अप्रत्यक्ष गेन टाइप

नेचुरल संवहन या प्रत्यक्ष प्रकार सोलर शोषक (कैबिनेट शोषक)

ये पेसिव (passive) प्रकार का सोलर शोषक है जिनको पंखा या ब्लोअर चलाने के लिए बाहरी शक्ति का उपयोग न करते हैं। ये कम स्केल पर खाद्य पदार्थों को सुखाने के लिए उपयुक्त होते हैं। जैसे मिर्च को सुखाने, अंगूर को किशमिश बनाने में, खजूर को सुखाने में आदि।



चित्र 2.28 कैबिनेट प्रकार सोलर शोषक।

कैबिनेट शोषक को चित्र 2.28 में दर्शाया गया है।

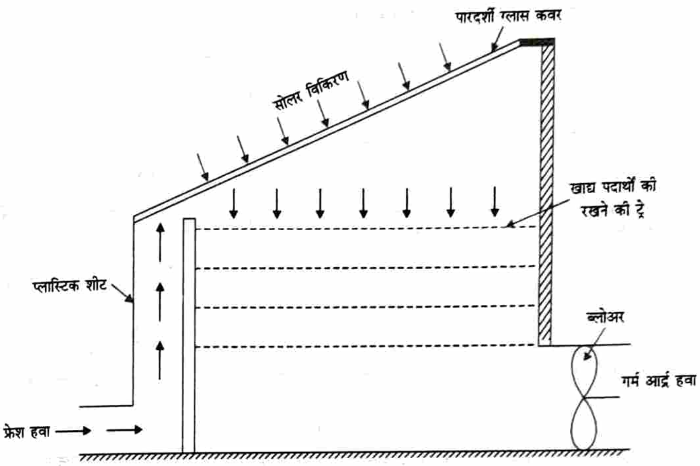
यह बन्द कैबिनेट होता है जिसमें ऊपर की ओर ग्लास कवर और नीचे इन्सुलेशन लगाया जाता है। खाद्य वस्तु रखने के लिए ट्रे भी होती है। कैबिनेट का भीतरी हिस्सा काला किया जाता है और कैबिनेट के पिछले हिस्से में एक दरवाजा होता है। इसमें दो वेंटिलेशन दिए गए हैं। एक नीचे की साइड जिससे ताजी हवा अन्दर जाती है और दूसरी कवर के नीचे जो गर्म आर्द्र हवा को नेचुरल संवहन से बाहर निकालता है।

जब गर्म हवा ऊपरी छिद्र या वेंटिलेशन से निकलती है तो एक आंशिक वैक्यूम बन जाता है। यह नीचे वाले छिद्र से ताजी हवा लेता है। तब नेचुरल संवहन स्थापित होता है।

शोषक में 50°C से 80°C तक का तापमान प्राय: होता है और खाद्य पदार्थों को सुखाने में 2 दिन से 7 दिन तक लगते हैं जो खाद्य पदार्थों पर निर्भर करता है।

फोर्सड सर्कुलेशन प्रकार या फोर्स संवहन सोलर शोषक प्रकार या प्रत्यक्ष गेन प्रकार (Forced Circulation Type) or (Force Convection Solar Dryer Type or Direct Gain Type)—बड़े स्केल पर खाद्य पदार्थों को सुखाने के लिए नेचुरल संवहन सोलर शोषक उपयुक्त नहीं होते हैं। इसलिए उनके स्थान पर फोर्सड सर्कुलेशन सोलर शोषक प्रयोग किए जाते हैं। जिसको आगे चित्र 2.29 में दर्शाया गया है।

सुखाने के लिए खाद्य पदार्थों को रखने के लिए इसमें अधिक संख्या की ट्रे लगी होती है। शोषक की ऊपरी सतह पारदर्शी ग्लास से कवर किया होता है और साइड वाली सतह को प्लास्टिक सीट से कवर किया जाता है जिससे सौर विकिरण गिरता है।



चित्र 2.29 फोर्सड सर्कुलेशन सोलर शोषक-प्रत्यक्ष ग्रेन प्रकार।

इससे उत्पाद को प्रत्यक्ष सौर ऊष्मा मिलती है। इस प्रणाली में एक ब्लोअर लगा होता है जो गर्म आर्द्र हवा को बाहर निकालता है जिससे अन्दर वैक्यूम बन जाता है और फ्रेश हवा अन्दर आती है।

इस प्रकार के शोषक का उपयोग टिम्बर, बाँस और अनाज आदि को सुखाने के लिए किया जाता है।

फोर्सड संवहन सोलर शोषक–अप्रत्यक्ष ग्रेन प्रकार
(Forced Convection Solar Dryer—Indirect Grain Type)

फोर्सड संवहन (अप्रत्यक्ष गेन प्रकार) सोलर शोषक बहुत तेज और दक्ष होते हैं। ये अधिक संख्या के कृषि उत्पाद जैसे अनाज, चाय, कॉफी, तम्बाकू आदि को कम तापमान के साथ-साथ अधिक तापमान पर सुखाने के लिए उपयोग किया जाता है।

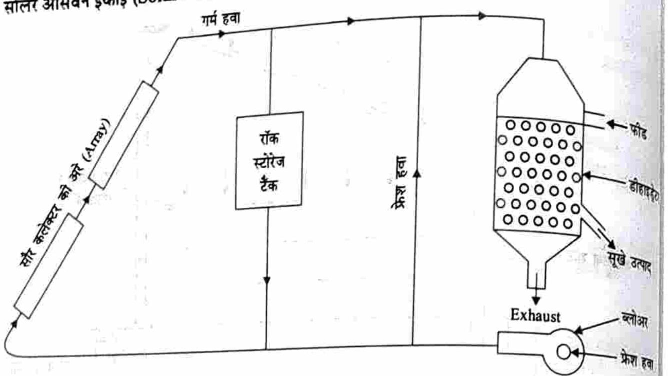
प्रत्यक्ष गेन प्रकार शोषक में उत्पाद के तापमान को नियन्त्रित नहीं किया जा सकता है क्योंकि सौर विकिरण सीधे उत्पाद पर गिरती है।

इसमें तापमान को नियन्त्रित करने के लिए कुछ थर्मल स्टोरेज का उपयोग किया जाता है। इस प्रकार के सोलर शोषक को चित्र 2.30 में दर्शाया गया है।

यह सोलर कलेक्टरों के समूह का बना होता है जिसमें ब्लोअर की सहायता से वातावरण की हवा को बलपूर्वक भेजा जाता है। गर्म हवा को उत्पाद को सुखाने के लिए डीहाइड्रेटर को दिया जाता है। अतिरिक्त गर्म हवा को रॉक स्टोरेज टैंक को दिया जाता है। जहाँ अतिरिक्त सौर विकिरण स्टोर रहती है। डीहाइड्रेटर को दी जाने वाली हवा के तापमान को नियन्त्रित करने के लिए डैम्पर और तापमान नियन्त्रक की सहायता से फ्रेश हवा को डीहाइड्रेटर को दी जाती है।

उत्पाद को सुखाने के बाद गर्म आदि हवा को वातावरण में छोड़ दिया जाता है।

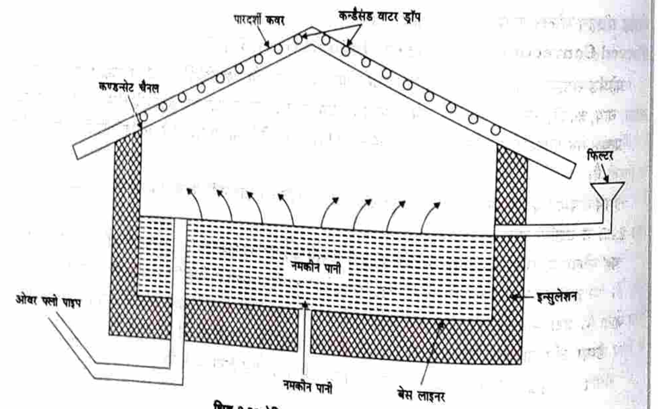
सोलर आसवन इकाई (Solar Distillation Unit)



चित्र 2.30

साफ और ताजा पानी प्रत्येक ह्यूमन जीवन की बेसिक आवश्यकता होती है। साफ और ताजे पानी के स्रोत नदियाँ, ले और तालाब हैं। लेकिन आजकल प्रदूषण के कारण इनका पानी भी शुद्ध नहीं रहा है और समुद्र और महासागरों से जो मिलता है, वह खारा पानी होता है। सोलर ऊर्जा का उपयोग करके नमकीन पानी या खारे पानी को आसवित जल में बदला सकता है। यह पानी पीने के लिए और अन्य अनुप्रयोगों में उपयोग किया जा सकता है।

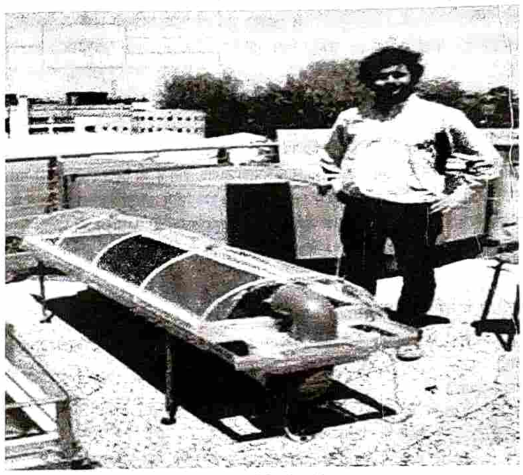
जो युक्ति खारे पानी को शुद्ध पानी में सौर ऊर्जा की मदद से बदलती है, उसे सोलर स्टिल (Solar still) कहा जाता सामान्यत: इसे "बेसिन टाइप सोलर स्टिल" कहा जाता है। इसके चित्र को नीचे दर्शाया गया है।



चित्र 2.31 बेसिन प्रकार सोलर स्टिल।

इसमें ब्लैकड सतह के साथ उथला बेसिन होता है जिसे बेसिन लाइनर कहते हैं। फिल्टर के द्वारा खारे पानी को बेसिन में सप्लाई किया जाता है। अतिरिक्त खारा पानी ओवरफ्लो पाइप के द्वारा बाहर निकल जाता है। बेसिन की ऊपरी सतह हवा बन्द पारदर्शी कवर में ढकी होती है। कवर को ग्लास या प्लास्टिक का बनाया जाता है।

सौर विकिरण ग्लास कवर के द्वारा गुजरती है और बेस लाइनर के द्वारा अवशोषित कर ऊष्मा में बदला जाता है। तब नमकीन पानी गर्म होता है और जल वाष्प सोलर स्टिल के अन्दर उत्पन्न होती है। जल वाष्प ऊपर ठण्डी होकर कन्डेसड हो जाता है। कन्डेसड जल वाष्प कवर के सहारे नीचे प्रवाहित होता है जिसे ट्रे में इकट्ठा कर लिया जाता है। इसको आसवित या डिस्टिल्ड जल कहते हैं।



चित्र 2.32 सोलर डिस्टिलेशन सिस्टम।

संकेन्द्री सोलर संग्राही के अनुप्रयोग (Applications of Concentrating Solar Collector)—

1. सोलर थर्मल पावर प्लांट (Solar Thermal Power Plant)
2. सोलर वाटर हीटिंग (Solar Water Heating)

सोलर थर्मल पावर प्लांट (Solar Thermal Power Plant)—

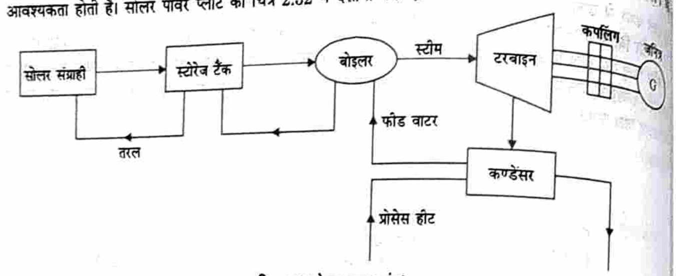
1. सोलर डिस्ट्रीब्यूटेड संग्राही पावर प्लांट
2. सोलर केन्द्रीय रिसीवर पावर प्लांट

सोलर डिस्ट्रीब्यूटेड संग्राही पावर प्लांट (Solar Distributed Collector Power Plant)

इस प्रकार के पावर प्लांट में निम्न प्रकार के संग्राहियों का उपयोग होता है और बहुत अधिक क्षेत्रफल की आवश्यकता होती है—

(a) लाइन फोकस के साथ पैराबोलिक टफ (Parabolic tough unit with line focus)
(b) केन्द्र फोकस के साथ पैराबोइडल डिश (Parabolloidal dishes with centre focus)

पैराबोलिक टफ संग्राही ज्यादा उपयोग किए जाते हैं क्योंकि इनको बनाने में कम खर्च होता है और सूर्य ट्रैकिंग के लिए एक प्लेन प्रयोग होता है। जबकि पैराबोइडल संग्राही की कीमत अधिक और सूर्य को ट्रेक करने के लिए दो प्लेन की आवश्यकता होती है। सोलर पावर प्लांट को चित्र 2.32 में दर्शाया गया है।



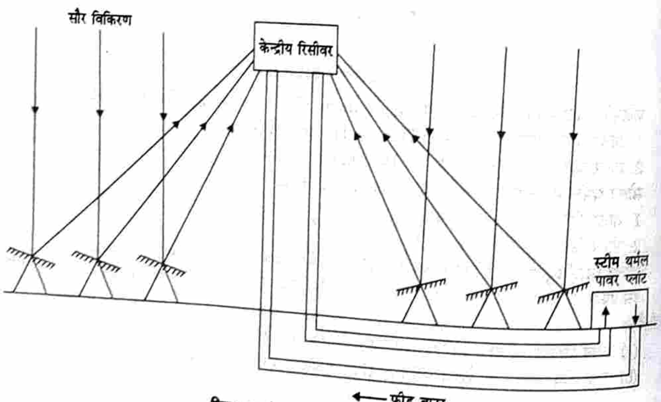
चित्र 2.33 सोलर पावर प्लांट।

सौर ऊर्जा को संग्रहित करने के लिए बड़े पैराबोलिक संग्राही लगाए जाते हैं जो तरल (जल) को गर्म करते हैं। यह ऊष्मा फाइनली फीड वाटर को दी जाती है जिसको स्टीम में बदला जाता है। इस स्टीम को टरबाइन को चलाने में उपयोग किया जाता है और टरबाइन जनित्र के साथ जुड़ी होती है जोकि वैद्युत पावर उत्पन्न करता है। टरबाइन को घुमाने के बाद बची स्टीम को कन्डेन्सर को भेज दिया जाता है जहाँ उसको वाटर में बदल दिया जाता है और इस वाटर को फिर से उपयोग करने के लिए बोइलर में भेज दिया जाता है।

सोलर केन्द्रीय रिसीवर पावर प्लांट (Solar Central Receiver Power Plant)

पावर जनरेशन के बड़ी केन्द्रीय इकाई के अन्तर्गत दो प्रकार का प्रणाली प्रयोग की जाती है।

1. सोलर भट्टी प्रणाली
2. सोलर फार्म प्रणाली



चित्र 2.34 सोलर भट्टी प्रणाली (टावर टाइप)।

सोलर भट्टी प्रणाली सौर विकिरण को परावर्तित करने के लिए बहुत सारे हेलियोस्टेट का प्रयोग किया जाता है जिनका फोकस एक केन्द्रीय रिसीवर पर पड़ता है। जबकि सोलर फार्म प्रणाली में बड़े पाइप पर बहुत सारे लीनियर रिफ्लेक्टर का फोकस पड़ता है और उन पाइपों पर सौर विकिरण पड़ती है।

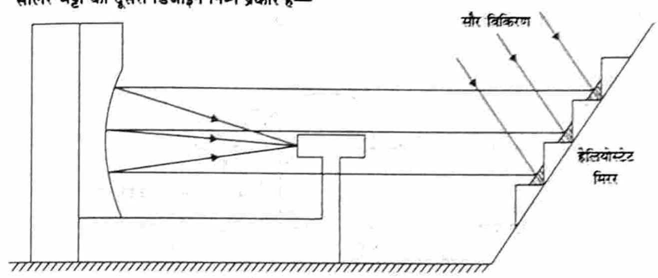
यहाँ सोलर भट्टी प्रणाली के दो डिजाइन दर्शाए गए हैं—

इस प्रणाली में बोइलर टावर की ऊपरी सतह पर लगा होता है और टावर हेलियोस्टेट के केन्द्र में लगाया जाता है। सौर विकिरण हेलियोस्टेट से परावर्तित होकर बोइलर पर फोकस होती है। जहाँ बोइलर स्टीम का उत्पादन करता है और स्टीम को टरबाइन चलाने में उपयोग किया जाता है। स्टीम जनित्र से जुड़ी होती है और जनित्र वैद्युत पावर उत्पन्न करता है। एक 50 kW का पावर प्लांट इस डिजाइन पर आधारित इटली में कार्य कर रहा है।

पूर्ण प्रणाली निम्न सब प्रणाली में बाँटा जाता है। सब प्रणाली में

(a) हेलियोस्टेट (b) रिसीवर या टावर (c) स्टीम टरबाइन और जनित्र (d) कूलिंग टावर (e) स्टोरेज प्रणाली

सोलर भट्टी का दूसरा डिजाइन निम्न प्रकार है—



चित्र 2.35 सोलर भट्टी प्रणाली।

इस प्रकार को प्रणाली में हेलियोस्टेट मिरर की अरे (array) का उपयोग होता है। इन मिरर का फोकस केविटी टाइप बोइलर पर पड़ता है। सौर विकिरण मिरर में रिफलेक्ट होकर पैराबोलिक रिफ्लेक्टर पर पड़ती है। जहाँ से रिफ्लेक्टर होकर बोइलर पर पड़ती है। 1000 किलोवाट का एक पावर प्लांट इस प्रणाली पर आधारित फ्रांस में कार्यरत है।

सोलर फार्म प्रणाली में स्टील पाइप का तार अरे जो पैनल में फैले होते हैं, उन पर सौर विकिरण गिरता है। सौर विकिरण को फोकस करने के लिए सिलिण्डरीकल कॉनकेव मिरर पैराबोला के साथ उपयोग किए जाते हैं। U ट्यूब को मिरर की फोकस लाइन के साथ लगाते हैं। सूर्य को ट्रेक करने के लिए हेलियोस्टेट को 15°C/घण्टा घुमाया जाता है। इस समय ट्यूब फिक्सड रहती है। सिल्वर और सिलिकन के मिश्रण की परत ट्यूब पर की जाती है जिससे अधिक से अधिक ऊर्जा का अवशोषण किया जा सके।

सोलर फोटोवोल्टाइक सिस्टम (Solar Photovoltaic System)

परिचय (Introduction)—सोलर फोटोवोल्टाइक सौर ऊर्जा के उपयोग का ही क्षेत्र है जिसमें सौर विकिरण को सीधे वैद्युत ऊर्जा या वैद्युत में बदला जाता है। जो युक्ति यह कार्य करती है, उसे सोलर सेल (solar cell) या फोटोवोल्टाइक सेल (photovoltaic cell) कहते हैं। सोलर सेल अर्द्धचालक पदार्थों का बना होता है। सोलर सेल सिलिकॉन (Si) या गेलियम आर्सेनाइड (GaAs) का बनाया जाता है। जब सौर विकिरण इन सेलों पर गिरता है तो वैद्युत ऊर्जा उत्पादन होता है। वैद्युत ऊर्जा का उत्पादन, सौर विकिरण, अर्द्धचालक पदार्थ के प्रकार, सोलर सेल के आकार तथा तापमान पर निर्भर करता है।

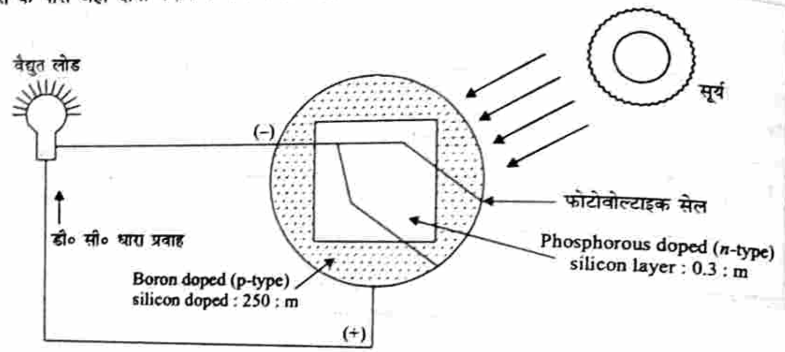
एक सोलर सेल के द्वारा बहुत कम वैद्युत ऊर्जा उत्पादन करता है। अधिक मात्रा में ऊर्जा का उत्पादन करने के लिए सोलर सेल को श्रेणी क्रम और समान्तर क्रम में जोड़ा जाता है। इस संगठन को सोलर मॉड्यूल कहा जाता है। ये मॉड्यूल फिर

श्रेणी और समान्तर क्रम में जोड़ने पर सोलर विन्यास मिलता है जिसको सामान्यत: सोलर फोटोवोल्टाइक प्लांट में उपयो
किया जाता है।

फोटोवोल्टाइक बेसिक (Photovoltaic Basic)

फोटोवोल्टाइक तकनीक (Photovoltaic Technology)—फोटोवोल्टाइक सेल या सोलर सेल को अर्द्धचा
युक्ति भी कहते हैं क्योंकि ये सौर विकिरण को डी० सी० में बदल देते हैं। फोटोवोल्टाइक का ग्रुप मॉड्यूल और विन्या
(array) बनाता है। जो बैटरी को चार्ज करने, मोटर को चलाने और किसी भी वैद्युत लोड को सप्लाई देने में इनका उपयो
किया जाता है। कन्वर्टर का उपयोग करके D.C. सप्लाई को A.C. सप्लाई में बदला जा सकता है।

फोटोवोल्टाइक सेल कैसे कार्य करता है—एक सिलिकान फोटोवोल्टाइक सेल बोरॉन मिली हुई सिलिकान (P-टाइ
की मोटी परत के ऊपर फास्फोरस मिली सिलिकॉन (N-टाइप) की अल्ट्रा पतली परत का बना होता है। वैद्युत क्षेत्र सेल
ऊपरी परत के पास जहाँ दोनों पदार्थ सम्पर्क में होते हैं, वहाँ पर P-N जंक्शन बनता है।



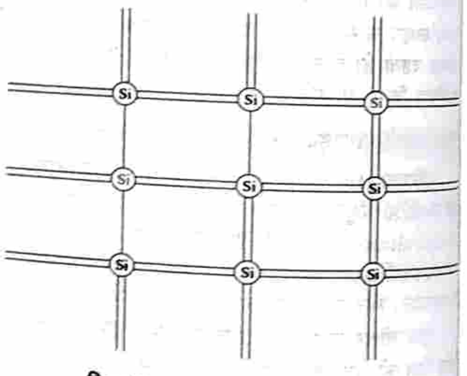
चित्र 2.36

जब सौर विकिरण सोलर सेल पर गिरती है तो वैद्युत क्षेत्र, सेल में उत्पन्न हुए इलेक्ट्रॉनों को संवेग और दिशा देता
यदि सोलर सेल लोड से जुड़ा होता है तो धारा प्रवाहित होती है।

एक सिलिकान फोटोवोल्टाइक सेल लगभग 0.5 से 0.6 वोल्ट उत्पन्न करता है। जब कोई लोड ना लगा
फोटोवोल्टाइक का धारा आउटपुट इसके आकार और दक्षता पर निर्भर करता है और सतह पर गिरने वाली सौर विकिरण के समानुपाती होता है।

सेमीकंडक्टर (Semi-conductors)—

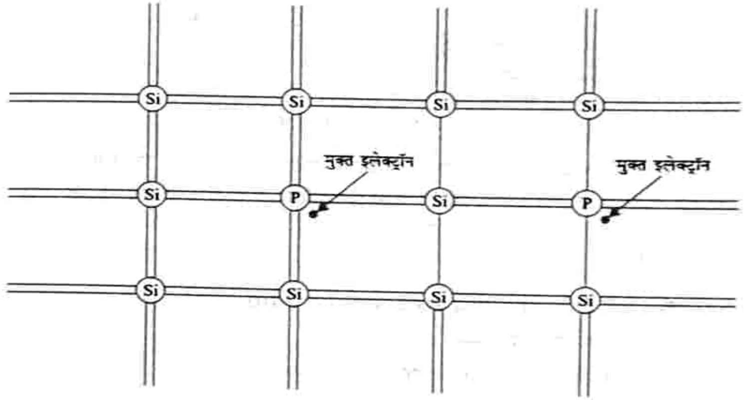
सेमीकंडक्टर चालक और कुचालक के बीच के पदार्थ हैं जिनके आर्बिट में कम मुक्त इलेक्ट्रॉन होते हैं जो बहुत कम विद्युत धारा प्रवाह करता है। जब अर्द्धचालक क्रिस्टल की फॉर्म में होते हैं तो वे विन्यास के आकार में व्यवस्थित होते हैं। इनमें केवल चार या पाँच इलेक्ट्रॉन होते हैं। इनकी चालकता को बढ़ाने के लिए इनमें अशुद्धियाँ मिलाई जाती हैं जिससे इनकी चालकता बढ़ जाती है। चित्र में सिलिकॉन को दर्शाया



चित्र 2.37 सामान्य सिलिकान का विन्यास।

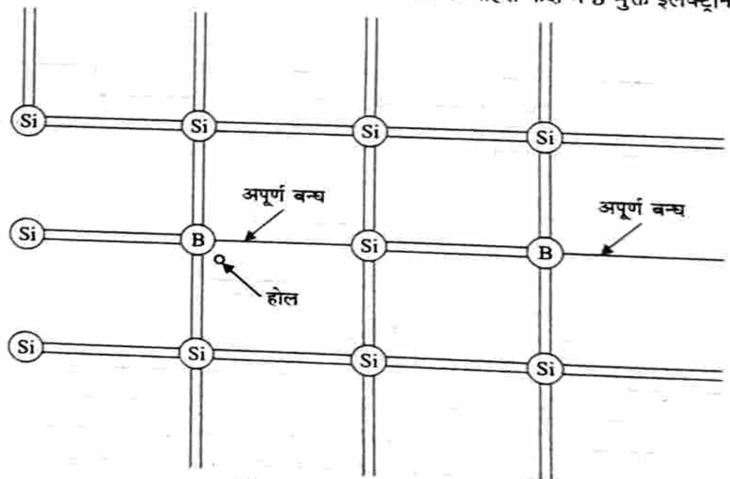
गया है जिसमें चार इलेक्ट्रॉनों को दर्शाया गया है। ये चारों इलेक्ट्रॉन पड़ोसी इलेक्ट्रॉनों से को-वोलेट बन्ध बनाते हैं जिससे वहाँ मुक्त इलेक्ट्रॉन नहीं बचते हैं।

N-डोपड अर्द्धचालक (N-doped Semiconductor)—जब सिलिकॉन फॉस्फोरस के द्वारा डोपड किया जाता है तो वह सभी इलेक्ट्रॉनों की शेयरिंग नहीं होती है क्योंकि फास्फोरस के बाहरी कक्ष में पाँच इलेक्ट्रॉन होते हैं। लेकिन सिलिकॉन के बाहरी कक्ष में चार इलेक्ट्रॉन ही होते हैं। फास्फोरस का पाँचवाँ इलेक्ट्रॉन मुक्त अवस्था में ही रहता है। इस डोपड को डोनर अशुद्धि भी कहा जाता है।



चित्र 2.38 N-डोपड अर्द्धचालक।

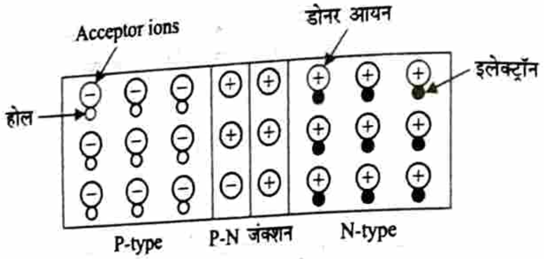
P-डोपड अर्द्धचालक (P-doped Semiconductor)—जब सिलिकॉन बोरॉन के साथ डोपड किया जाता है तो सिलिकॉन का एक इलेक्ट्रॉन बिना बन्ध बनाए रह जाता है क्योंकि बोरॉन के बाहरी कक्ष में 3 मुक्त इलेक्ट्रॉन और सिलिकॉन के



चित्र 2.39 P-डोपड अर्द्धचालक।

बाहरी कक्ष में चार मुक्त इलेक्ट्रॉन होते हैं जिससे वहाँ एक इलेक्ट्रॉन की कमी हो जाती है। इसे निषेधात्मक आवेश बनाया जाता है। इस धनात्मक आवेश को होल (hole) कहा जाता है। इस केस में अशुद्धि को an acceptor impurity कहते हैं।

P-N जंक्शन—



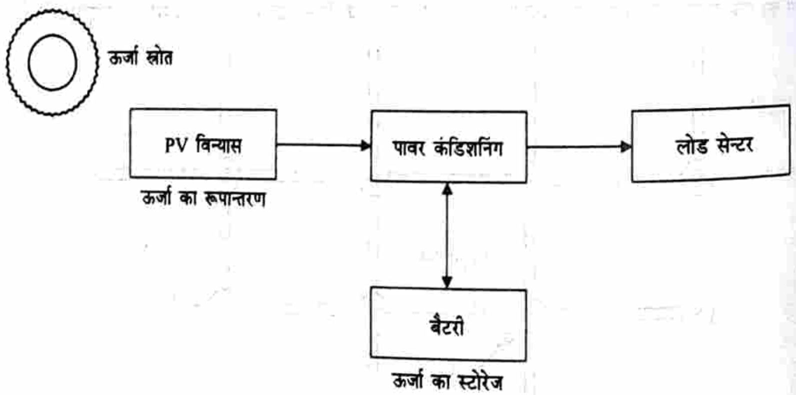
चित्र 2.40 P-N जंक्शन।

जब P-टाइप और N-टाइप अर्द्धचालक को आपस में जोड़ा जाता है तो उनकी बाउंडरी पर P-N जंक्शन बनता है। N-टाइप में इलेक्ट्रॉनों का P-टाइप के होल की ओर आकर्षण के कारण, इलेक्ट्रॉन जंक्शन को क्रॉस कर देते हैं। इसी प्रकार P-टाइप के होल N-टाइप के इलेक्ट्रॉनों के आकर्षण के कारण जंक्शन क्रॉस कर देते हैं। जब यह मूवमेन्ट समाप्त हो जाता है तो P-N जंक्शन बन जाता है।

सोलर फोटोवोल्टाइक प्रणाली (Solar Photovoltaic System)

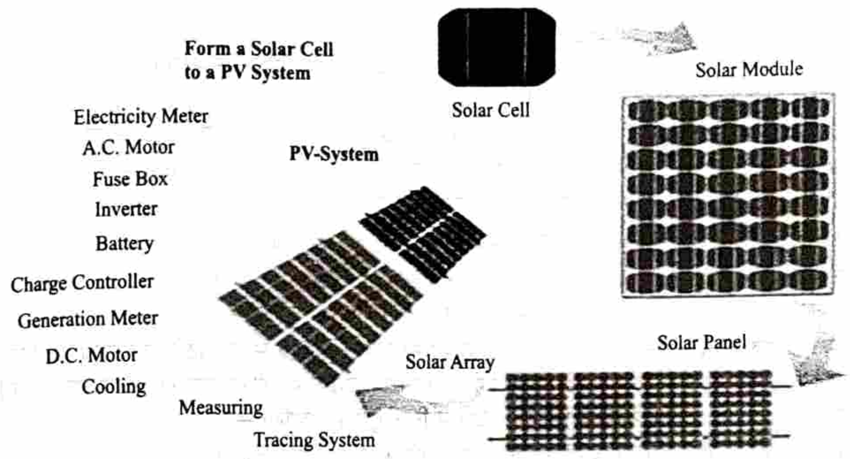
प्रणाली के मुख्य अवयव निम्न प्रकार हैं—

1. फोटोवोल्टाइक विन्यास (Photovoltaic array)
2. इन्वर्टर (Inverter)
3. ऊर्जा स्टोरेज (Energy storage)
4. प्रणाली चार्ज नियन्त्रण (System charge control)
5. प्रणाली के बैलेन्स अवयव (Balance of system components)

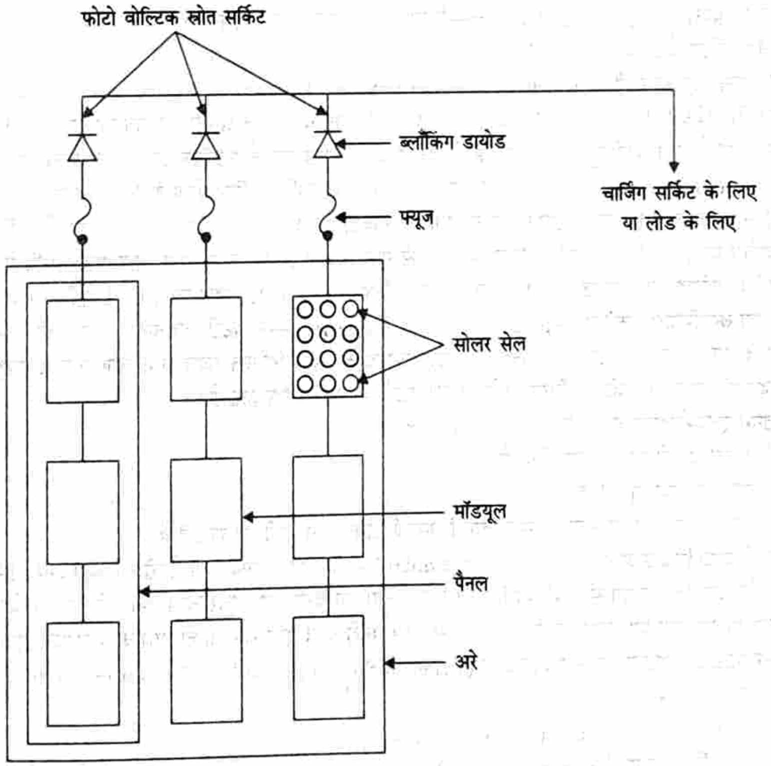


चित्र 2.40

फोटोवोल्टाइक विन्यास (Photovoltaic Array)—यह सोलर सेल का बेसिक अवयव है। जब इस पर प्रकाश गिरता है तो यह वैद्युत ऊर्जा उत्पन्न करता है। एक सिलिकॉन सेल 0.5 V और 6 A तक ऊर्जा उत्पन्न करता है। जोकि 3 वाट पावर के समतुल्य होता है। जब बहुत सारी सेल को जोड़ा जाता है तो एक मॉड्यूल बनता है। जब मॉड्यूल्स को जोड़ा जाता है तो एक पैनल बनता है। पैनल्स को जोड़कर विन्यास बनता है जिसको चित्र 2.42 में दर्शाया गया है।



चित्र 2.42 Connection of PV arrays to circuit.



चित्र 2.43 Connection of PV arrays to circuit.

इन्वर्टर (Inverter)

यह युक्ति वोल्टेज लेवल या वेव फोर्म (wave form) या दोनों को बदलने में प्रयोग की जाती है। इस युक्ति को पावर प्रोसेसिंग इकाई भी कहते हैं। इन्वर्टर डी० सी० इनपुट को ए० सी० आउटपुट में बदलता है। जब इन इन्वर्टरों को बड़े ग्रिड से जुड़ी प्रणाली में प्रयोग करते हैं तो कुछ स्पेशल युक्तियाँ जैसे ट्रांसफार्मर को लगाया जाता है जो आउटपुट को स्टैण्डर्ड विभव और आवृत्ति में बदलता है। इस प्रकार की युक्तियाँ स्टैण्ड एलोन प्रणाली (stand alone system) में आवश्यक नहीं होती। सुरक्षा युक्ति निम्न कार्य को करने के लिए इन्वर्टर पर लगाए जाते हैं—

- यदि विन्यास का विभव बहुत अधिक हो जाए तो वह स्वत: ही बन्द हो जाए।
- जब विभव सामान्य विभव से कम हो जाए तो वह स्वत: ही रि-स्टार्ट हो जाए।
- शार्ट-सर्किट और ओवर लोडिंग के विरुद्ध सुरक्षा प्रदान करती है।

ऊर्जा स्टोरेज (Energy Storage)—सोलर ऊर्जा को स्टोर करने के लिए स्टोरेज बैटरी का उपयोग किया जाता है। फोटोवोल्टाइक प्रणाली का यह अवयव बहुत महत्त्वपूर्ण होता है। फोटोवोल्टाइक प्रणाली की सफलता स्टोरेज प्रणाली पर निर्भर करती है। फोटोवोल्टाइक प्रणाली में उपयोग स्टोरेज बैटरी में निम्न गुण होने चाहिएँ—

- बैटरी में कई चार्ज और डिस्चार्ज चक्र को सहन करने की क्षमता होनी चाहिए।
- स्वयं की डिस्चार्ज दर कम होनी चाहिए।
- बहुत कम या ना के बराबर मरम्मत की आवश्यकता होनी चाहिए।

बैटरी के प्रकार (Types of Batteries)—निम्न दो प्रकार की बैटरी उपयोग में लाई जाती हैं—

1. लैड एसिड बैटरी (Lead acid batteries)
2. निकिल कैडमियम बैटरी (Nickel cadmium batteries)

लैड एसिड बैटरी (Lead Acid Batteries)—ये बैटरी सामान्यत: बहुत अधिक उपयोग की जाती हैं। ये 2 वोल्ट के सेल की बनी होती हैं। जब बैटरी फुल चार्ज होती है तो धनात्मक इलेक्ट्रोड एक लैड ऑक्साइड प्लेट तथा ऋणात्मक इलेक्ट्रोड एक स्पोंजी लैड (spongy lead) होता है। इलेक्ट्रोलाइट डाइल्यूट सल्फ्यूरिक एसिड होता है। डिस्चार्ज के दौरान दोनों प्लेट लैड सल्फेट में बदल जाती हैं। सल्फ्यूरिक एसिड की विशिष्ट ग्रेविटी घटती है। जब यह 1.15 पर पहुँचती है तो डिस्चार्ज रुक जाता है। चार्जिंग के लिए धारा को विपरीत दिशा में बैटरी से गुजारा जाता है जो इलेक्ट्रॉड को शुरुआती स्थिति में ले आती है और सल्फ्यूरिक एसिड की विशिष्ट ग्रेविटी बढ़ती है जब विशिष्ट ग्रेविटी 1.25 पहुंच जाती है तो चार्जिंग रुक जाती है।

निकिल कैडमियम बैटरीज (Nickel Cadmium Batteries)—ये बैटरी लैड एसिड बैटरी की अपेक्षा अधिक महंगी होती हैं। इसमें धनात्मक इलेक्ट्रोड निकिल हाइड्रॉक्साइड के साथ निकिल पैक्ड तथा ऋणात्मक इलेक्ट्रोड एक्यूस पौटेशियम हाइड्रॉक्साइड में डूबी कैडमियम होते हैं। इन बैटरी के निम्न लाभ होते हैं—

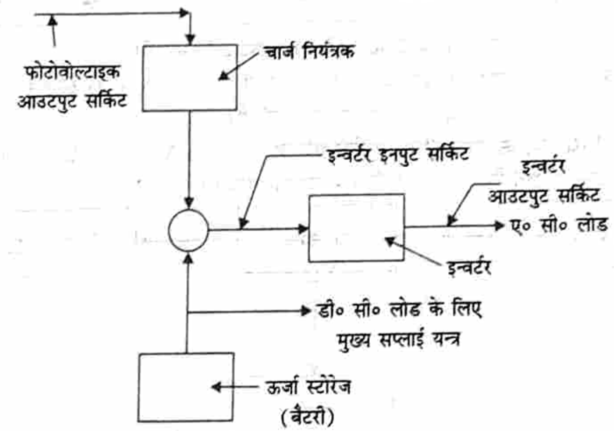
1. इनमें इलेक्ट्रोलाइट की आवश्यकता नहीं होती है।
2. डिस्चार्ज दर से कम संवेदी होती है।
3. तापमान से कम संवेदी होती है।
4. बैटरी चार्जिंग के बिना काफी समय तक डिस्चार्ज अवस्था में रखी जा सकती है।

प्रणाली चार्ज नियन्त्रण (System Charge Control)—इस प्रणाली का कार्य बैटरी को चार्ज और डिस्चार्ज करना है। बिना चार्जिंग और डिस्चार्जिंग सीमाओं को डिस्टर्ब किए बिना। यह बैटरी को ओवर चार्ज नहीं होने देता है। बैटरी को चार्ज करने के लिए अधिक धारा की आवश्यकता होती है। जैसे-जैसे बैटरी चार्ज होती रहती है तो धारा का मान कम होता जाता है।

सोलर फोटोवोल्टाइक प्रणाली के प्रकार (Types of Solar Photovoltaic System)—उपयोग के आधार पर इनको दो भागों में बाँटा गया है—

1. स्टैण्ड एलोन प्रणाली (Stand alone system)
2. ग्रिड कनेक्टिड प्रणाली (Grid connected system)

स्टैण्ड एलोन प्रणाली (Stand Alone System)—स्टैण्ड एलोन प्रणाली का ब्लॉक आरेख चित्र 2.44 में दर्शाया गया है—



चित्र 2.44 स्टैण्ड एलोन प्रणाली।

इस प्रणाली के मुख्य गुण निम्न प्रकार हैं—

1. प्रणाली को सप्लाई रूप से दी जाती है इसमें ग्रिड की आवश्यकता नहीं होती है।
2. यह स्वतन्त्र और स्वत: ही संचालित होता है।
3. यह सामान्यत: बैकअप पावर सप्लाई के लिए उपयोग किया जाता है जहाँ ग्रिड से जुड़ना बहुत महंगा होता है।
4. ऊर्जा का उपयोग कर भी सकता है और नहीं भी।
5. यह डी० सी० लोड को पावर देने के साथ इन्वर्टर की सहायता से ए० सी० लोड के साथ प्रयोग किया जा सकता है।

स्टैण्ड एलोन प्रणाली को निम्न भागों में विभाजित किया जा सकता है—

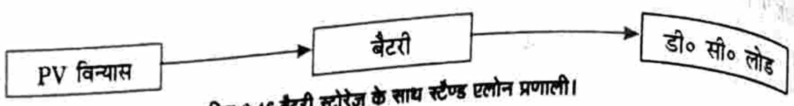
1. प्रत्यक्ष कपल्ड स्टैण्ड एलोन प्रणाली (Direct coupled stand alone system)
2. बैटरी स्टोरेज के साथ स्टैण्ड एलोन प्रणाली (Stand alone system with battery storage)
3. बैटरी और चार्ज नियन्त्रण के साथ स्टैण्ड एलोन प्रणाली (Stand alone system with battery and charge control)
4. ए० सी० और डी० सी० लोड के साथ स्टैण्ड एलोन प्रणाली (Stand alone system with A.C. and D.C. load)
5. हाइब्रिड स्टैण्ड एलोन प्रणाली (Hybrid stand alone system)

प्रत्यक्ष कपल्ड स्टैण्ड एलोन प्रणाली (Direct Coupled Stand Alone System)—ब्लॉक आरेख को चित्र में दर्शाया गया है।

चित्र 2.45 प्रत्यक्ष कपल्ड स्टैण्ड एलोन प्रणाली।

इस प्रणाली में सोलर विन्यास सीधे डी० सी लोड से जुड़ा होता है। इसमें ऊर्जा स्टोरेज की कोई व्यवस्था नहीं होती है। इसलिए इनको जब ही उपयोग किया जाता है तब सूर्य निकला होता है जैसे कृषि में वाटर पम्पिंग में।

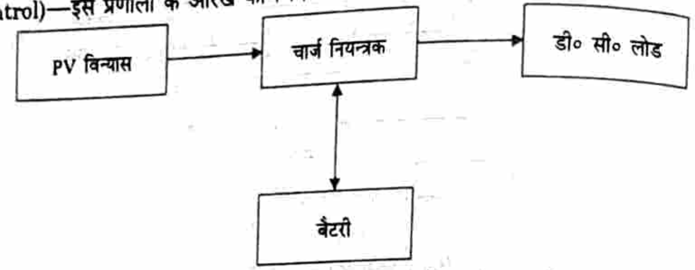
बैटरी स्टोरेज के साथ स्टैण्ड एलोन प्रणाली (Stand Alone System with Battery Storage)—ब्लॉक आरेख को चित्र 2.46 में दर्शाया गया है।



चित्र 2.46 बैटरी स्टोरेज के साथ स्टैण्ड एलोन प्रणाली।

इस प्रणाली में PV विन्यास बैटरी को चार्ज करता है और बैटरी डी० सी० लोड को सप्लाई करती है। यहाँ चार्ज नियन्त्रक नहीं है। इसलिए बैटरी ओवर चार्ज और डिस्चार्ज हो जाती है।

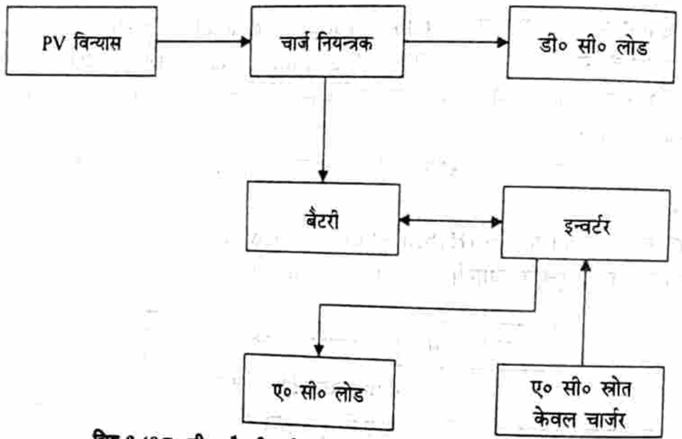
बैटरी और चार्ज नियन्त्रण के साथ स्टैण्ड एलोन प्रणाली (Stand Alone System with Batteries and Charge Control)—इस प्रणाली के आरेख को चित्र में दर्शाया गया है।



चित्र 2.47 बैटरी और चार्ज नियन्त्रण के साथ स्टैण्ड एलोन प्रणाली।

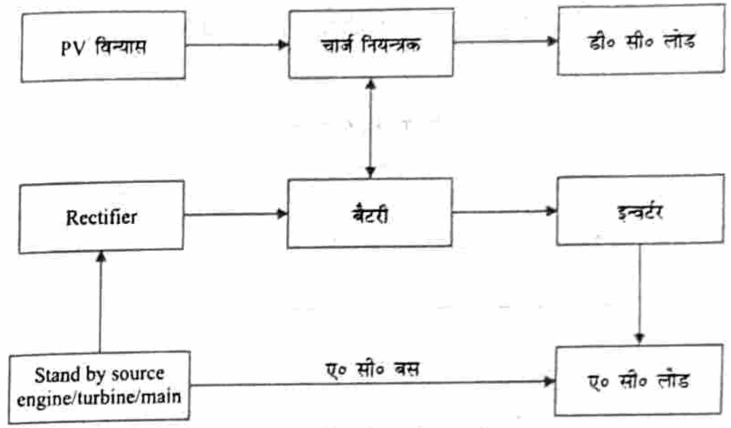
इस प्रणाली में बैटरी के चार्ज और डिस्चार्ज को नियन्त्रण करने के लिए चार्ज नियन्त्रक का प्रयोग किया जाता है। कार्यविधि ऊपर वाली प्रणाली के समान होती है।

ए० सी० और डी० सी० लोड के साथ स्टैण्ड एलोन प्रणाली (Stand Alone System with A.C. and D.C. Loads)—इस प्रणाली को ए० सी० लोड और डी० सी० लोड दोनों के लिए उपयोग किया जा सकता है। इसलिए इस प्रणाली में इन्वर्टर की आवश्यकता भी होती है। ए० सी० सप्लाई को इमरजेन्सी के समय बैटरी को चार्ज करने के लिए उपयोग किया जा सकता है।



चित्र 2.48 ए० सी० और डी० सी० लोड के साथ स्टैण्ड एलोन प्रणाली।

हाइब्रिड स्टैण्ड एलोन प्रणाली (Hybrid Stand Alone System)—इस प्रणाली का आरेख आगे चित्र 2.49 में दर्शाया गया है।

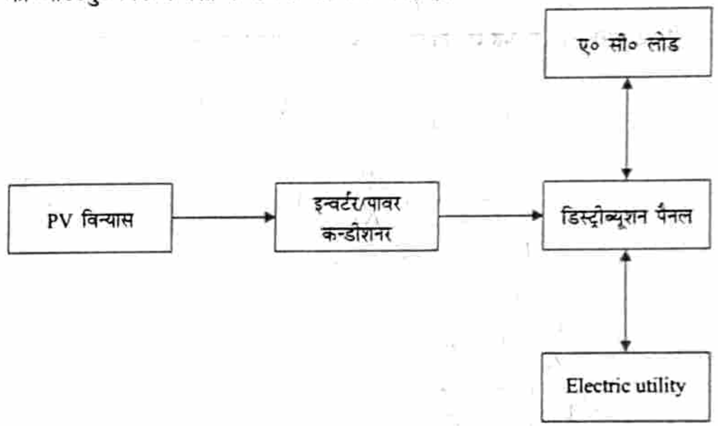


चित्र 2.49 हाइब्रिड स्टैण्ड एलोन प्रणाली।

इस प्रणाली में PV पैनल के साथ-साथ एक या दो स्रोत उपयोग किए जाते हैं। स्रोत जैसे इंजन, टरबाइन, फ्यूल सेल आदि को PV विन्यास के साथ उपयोग करते हैं।

ग्रिड कनेक्टेड प्रणाली (Grid Connected System)—इस प्रणाली के आरेख को चित्र 2.50 में दर्शाया गया है।

इस प्रणाली में PV विन्यास के द्वारा उत्पादित शक्ति ग्रिड को या ए० सी० लोड को दी जाती है। जब उत्पादित शक्ति लोड की आवश्यकता से अधिक होती है तो इसको कमर्शियल ग्रिड को दे दी जाती है। इसलिए इस प्रणाली का नेटवर्क बहुत बड़ा होता है। इन्वर्टर का आउटपुट ग्रिड प्रणाली के स्टैण्ड को मैच करते हैं।

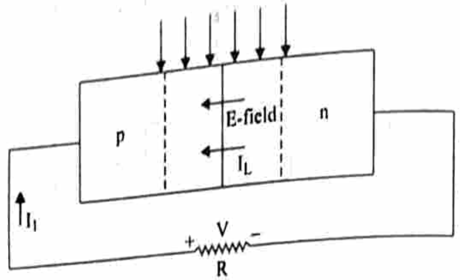


चित्र 2.50 ग्रिड कनेक्टेड प्रणाली।

पावर आउटपुट गणनाएँ (Power Output Calculations)—एक P-N जंक्शन प्रतिरोध लोड के साथ लिया गया है।

जब सोलर सेल पर सूर्य विकिरण गिरती है तो डिपलिशियन लेयर में इलेक्ट्रॉन और होल का एक जोड़ा उत्पन्न होता है। तो उनके कारण रिवर्स बॉयस दिशा में I_L धारा प्रवाहित होता है। फोटोधारा I_L प्रतिरोध से प्रवाहित होने पर वोल्टेज ड्राप होता

है जिससे P-N जंक्शन फॉरवर्ड बॉयस हो जाता है। फॉरवर्ड बॉयस विभव फॉरवर्ड बॉयस धारा I_1 प्रवाह करती है तो
जंक्शन से नेट धारा



चित्र 2.51

$$I = I_L - I_1$$

$$I = I_L - I_0\left[\exp\left(\frac{eV}{KT}\right) - 1\right]$$

जब जंक्शन फॉरवर्ड बॉयस होता है तब डिपलिशियन क्षेत्र में वैद्युत क्षेत्र का आयाम कम होता है लेकिन दिश परिवर्तन नहीं होता है।

जब $R = 0$, तो $V = 0$, तब $I_1 = 0$

इस शर्त को शॉर्ट सर्किट शर्त (condition) कहते हैं। इस शर्त में जो धारा प्रवाहित होती है उसे शॉर्ट सर्किट धारा कहते हैं।

$$I = I_L = I_{sc}$$

जब $R \to \infty$ तो नेट धारा = 0 तब यह शर्त खुला परिपथ के अन्तर्गत आता है। तब समीकरण (1) को इस प्रकार लि जाता है—

$$I = 0 = I_L - I_0\left[\exp\left(\frac{eV_{oc}}{KT}\right) - 1\right]$$

$$I_L = I_0\left[\exp\left(\frac{eV_{oc}}{KT}\right) - 1\right]$$

$$\frac{I_L}{I_0} = \exp\left(\frac{eV_{oc}}{KT}\right) - 1$$

$$\frac{I_L}{I_0} + 1 = \exp\left(\frac{eV_{oc}}{KT}\right)$$

$$\ln\left(1 + \frac{I_L}{I_0}\right) = \frac{eV_{oc}}{KT}$$

$$V_{oc} = \frac{KT}{e}\ln\left(1 + \frac{I_L}{I_0}\right)$$

लोड को दी गई पावर $P = VI$

समीकरण (1) में I के मान को समीकरण (3) में रखने पर,

$$P = V\left[I_L - I_0\left\{\exp\left(\frac{eV}{KT}\right) - 1\right\}\right]$$

$$= VI_L - I_0\left[\exp\left(\frac{eV}{KT}\right) - 1\right]V$$

लोड को दी गई अधिकतम पावर के लिए

$$\frac{dP}{dV} = 0$$

$$= \frac{d}{dV}\left[VI_L - I_0\left[\exp\left(\frac{eV}{KT}\right) - 1\right]V\right]$$

$$= I_L - I_0\left[\exp\left(\frac{eV_{max}}{KT}\right) - 1\right] - I_0V_{max}\left(\frac{e}{KT}\right)\exp\left(\frac{eV_{max}}{KT}\right) = 0$$

$$I_L = I_0\exp\left(\frac{eV_{max}}{KT}\right) - I_0 + I_0V_m\left(\frac{e}{KT}\right)\exp\left(\frac{eV_{max}}{KT}\right)$$

$$\frac{I_L}{I_0} = \exp\left(\frac{eV_{max}}{KT}\right) - 1 + V_{max}\left(\frac{e}{KT}\right)\exp\left(\frac{eV_{max}}{KT}\right)$$

$$\frac{I_L}{I_0} + 1 = \exp\left(\frac{\rho V_{max}}{KT}\right)\left[1 + \frac{eV_{max}}{KT}\right] \quad ...(4)$$

जहाँ V_m अधिकतम पावर उत्पन्न करता है। इसके मान को हीट एण्ड ट्रायल तरीके से निकाला जाता है।

अधिकतम धारा के मान को ज्ञात करने के लिए समीकरण (3) को समीकरण (1) में रखने पर और I_{max} के लिए हल करने पर,

$$I_{max} = \frac{\frac{eV_{max}}{KT}(I_L + I_0)}{1 + \frac{eV_m}{KT}}$$

$$P_{max} = V_{max}I_{max} = \frac{\frac{eV_{max}}{KT}(I_L + I_0)}{1 + \frac{eV_{max}}{KT}} \cdot V_{max}$$

$$\text{दक्षता} = \frac{V_{oc}I_{sc} \cdot F \cdot F}{\text{सोलर सेल का क्षेत्रफल} \times \text{सोलर रेडियेशन}}$$

$$\text{फिल फेक्टर (Fill factor)} = \frac{V_{max}I_{max}}{I_{sc} \cdot V_{oc}}$$

$$P_m = I_{sc} \cdot V_{oc} \times F \cdot F$$

P_{in} = सोलर सेल का क्षेत्रफल × इन्सटैन्ट सोलर विकिरण

$F \cdot F$ का मान 0.7 से 0.8 के बीच होता है।

सोलर ऊर्जा प्रणाली के लाभ

1. इस प्रणाली में ऊर्जा का रूपान्तरण शोर मुक्त और किफायती होता है।
2. मरम्मत खर्च कम होता है।
3. कार्यकारी जीवन अधिक होता है।

4. प्रदूषण मुक्त होता है।
5. किसी ईंधन की आवश्यकता नही होती है।
6. इस प्रकार की प्रणाली गाँवों, रिमोट क्षेत्र और अलग-थलग क्षेत्र के लिए उपयुक्त होती है।

सोलर ऊर्जा प्रणाली की हानियाँ

1. शुरुआती खर्च अधिक होता है।
2. सोलर ऊर्जा की सप्लाई अनियमित होती है।
3. कनवर्जन दक्षता कम होती है।
4. इन पावर प्लांटो को अधिक भूमि की आवश्यकता होती है।
5. बादलों के मौसम में पावर का जनरेशन नहीं होता है।

फोटोवोल्टाइक प्रणाली के अनुप्रयोग

1. सड़को पर लाइटिंग के लिए
2. मोबाइल चार्जिग मे
3. पीने के पानी व सिंचाई में
4. ग्रामीण क्षेत्रों मे
5. कैलकुलेटर, घड़ियों, खिलौने आदि में।

पावर जनरेशन की बेसिक प्रकाश वैद्युत प्रणाली (Basic Photovoltaic System for Power Generation)—

इस प्रणाली के मुख्य भाग निम्न प्रकार हैं—

1. सोलर सेल विन्यास (Solar cell array)
2. ब्लाकिंग डायोड (Blocking diode)
3. इन्वर्टर/कन्वर्टर (Inverter/converter)
4. बैटरी (Battery)
5. स्विच और सर्किट पृथक्कारी (Switches and circuit breaker)

सोलर सेल विन्यास सोलर विकिरण को वैद्युत ऊर्जा (D.C.) में रूपान्तरित करता है और ब्लॉकिंग डायोड इस वैद्युत ऊर्जा को बैटरी या फीडर की ओर प्रवाहित करता है। बैटरी का उपयोग सोलर विन्यास द्वारा उत्पन्न वैद्युत ऊर्जा को स्टोर करना है।

इन्वर्टर कार्य बैटरी की D.C. वोल्टेज को A.C. वोल्टेज में बदलना है जिसकी आवृत्ति और फेज यूटिलिटी ग्रिड की आवृत्ति और फेज के समान हो। इन्वर्टर के आउट को ट्रांसफॉर्मर की मदद से ग्रिड के विभव के बराबर लाया जाता है। पावर फैक्टर और फिलरिंग के लिए करेक्शन सर्किट और पावर कंडीशनिंग के लिए उचित व्यवस्था होती है। इसमें चार्जर नियन्त्रक होता है जो बैटरी के चार्जिग और डिस्चार्जिग को रोकता है।

स्विच और सर्किट ब्रेकर का कार्य प्रणाली के पार्टस को एक-दूसरे से जोड़ना या पृथक् करना है।

फोटोवोल्टाइक प्रणाली का ऑपरेशन और रख-रखाव (Maintenance and Operation of Photovoltaic System)—सैद्धान्तिक तथा प्रायोगिक दृष्टिकोणों के आधार पर यह पाया गया है कि सौर विकिरण के द्वारा जो ऊष्मा मिलती है, उसका पूर्ण रूपान्तरण नहीं हो पाता है। अर्द्धचालकों (सिलिकॉन) में मुक्त इलेक्ट्रॉन और होल (hole) को उत्पन्न करने के लिए निश्चित मात्रा मे ऊर्जा की आवश्यकता होती है। सिलिकॉन में ऊर्जा की न्यूनतम मात्रा 1.1 इलेक्ट्रॉन वोल्ट चाहिए होती है जोकि 1.1 μm की तरंगदैर्घ्य से ही मिल पाती है। सौर विकिरण में प्राप्त ऊष्मा की लगभग 45% ऊष्मा सिलिकॉन सेल में इलेक्ट्रॉन और तोल उत्पन्न करने मे व्यर्थ हो जाती है। सिलिकान सोलर सेल में वैद्युत प्रतिरोध व अन्य हानियाँ होने के कारण

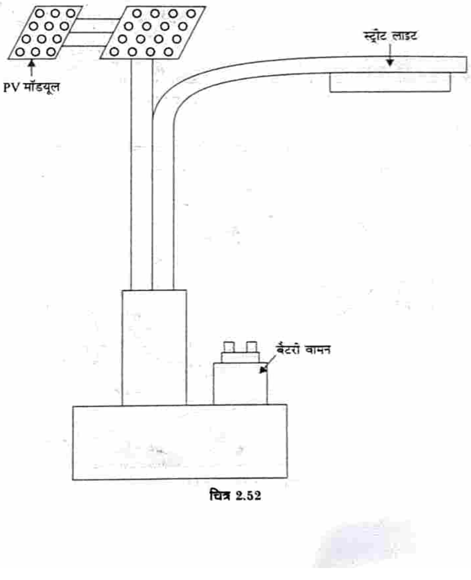
लगभग 20–22% ऊष्मा ही वैद्युत ऊर्जा में रूपान्तरित हो पाती है। लेकिन प्रायोगिक आधार पर सोलर सेलों की दक्षता लगभग 17 से 19% तक होती है।

पावर आउटपुट (वाट) जो किसी प्रकार के वैद्युत जनित्र से प्राप्त होती है। वह वोल्टेज और धारा के गुणनफल के बराबर होती है। फोटोवोल्टाइक सेलों से उत्पन्न होने वाले पावर आउटपुट की गणना भी इसी आधार पर की जाती है। किसी भी सिलिकान सेल की आउटपुट विभव लगभग 0.45 वोल्ट होने पर उसकी अधिकतम शक्ति उत्पन्न होती है। पूर्ण सूर्य प्रकाश की दशा में एक सेल से लगभग 270 एम्पियर धारा प्रति वर्ग मीटर की दर से उसके अनावृत सतह से मिलती है तो इस प्रकार उत्पन्न पावर $P = VI$ या $0.45 \times 270 = 120$ Watts या 0.12 किलोवाट प्रति वर्ग मीटर होती है।

सोलर फोटो वोल्टाइक प्रणाली के अनुप्रयोग (Applications of Solar Photovoltaic System)—सोलर फोटो वोल्टाइक प्रणाली के विभिन्न अनुप्रयोग हैं जिनमें से कुछ अग्रलिखित हैं—

1. सोलर फोटो वोल्टाइक लाइटिंग प्रणाली (Solar Photovoltaic Lighting System)
2. सोलर पावर युक्ति (Solar Powered Drives)
   (a) सोलर वाटर पम्पिंग (Solar Water Pumping System)
   (b) सोलर वाहन (Solar Vehicle)

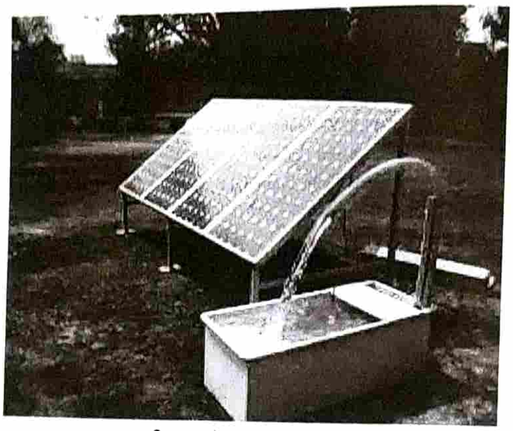
सोलर फोटो वोल्टाइक लाइटिंग प्रणाली (Solar Photo Voltaic Lighting System)—सोलर फोटो वोल्टाइक लाइटिंग प्रणाली एक महत्वपूर्ण अनुप्रयोग है। आजकल रिहाइशी क्षेत्रों या गलियों में सोलर फोटो वोल्टाइक लाइटिंग प्रणाली लगाये जा रहे हैं। यह प्रणाली आकार में छोटी, ज्यादा चलने वाली, अधिक दक्ष और कम मरम्मत की आवश्यकता होती है। इससे क्षेत्र के सौन्दर्य में वृद्धि होती है।



चित्र 2.52

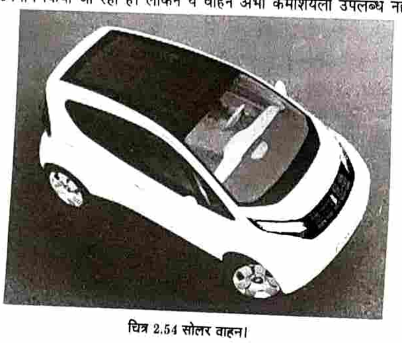
सोलर पावरड ड्राइव (Solar Powered Drives)

(a) सोलर वाटर पम्पिंग प्रणाली (Solar Water Pumping System)—वाटर पम्पिंग सोलर फोटो वोल्टाइक प्रणाली का एक महत्वपूर्ण अनुप्रयोग है, यह प्रणाली ग्रामीण क्षेत्रों में कृषि कार्य के अनुप्रयोगों में उपयोग होती है, जहाँ बिजली आसानी से उपलब्ध नहीं होती है। वहाँ यह अनुप्रयोग ज्यादा कारगर है, यहाँ यह प्रणाली कृषि की रीढ़ की हड्डी कहलाती है। इस प्रणाली की दक्षता बढ़ाने के लिए अधिकतम पावर युक्ति का प्रयोग किया जा सकता है।



चित्र 2.53 सोलर वाटर पम्पिंग प्रणाली।

(b) सोलर वाहन (Solar Vehicles)—आजकल सोलर फोटो वोल्टाइक प्रणाली सोलर वाहनों जैसे—सोलर कार, सोलर स्कूटर आदि मे उपयोग किया जा रहा है। लेकिन ये वाहन अभी कमर्शियली उपलब्ध नहीं हैं।



चित्र 2.54 सोलर वाहन।

Solar Energy Storage : Storage of solar energy in solar system :

(i) Permits solar energy to be captured when isolation is highest and then later uses when the need is the greatest.

(ii) Makes it possible to deliver electrical load power demand during times when isolation is below, normal or non-existed.

(iii) Improve the reliability of solar thermal as well as solar electric system.

The optimum capacity of an energy storage system depends in general on the following factors :

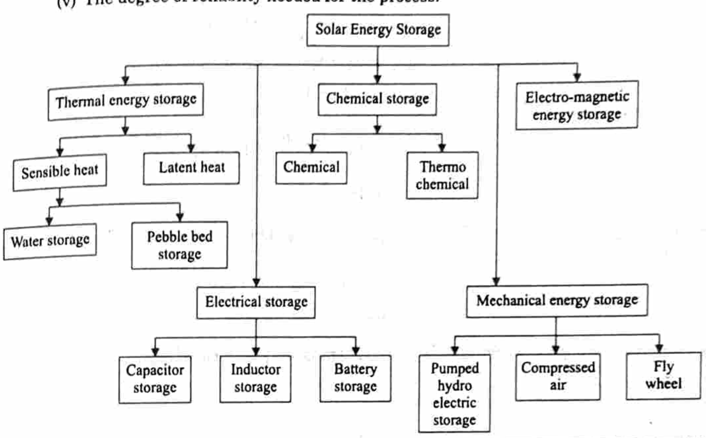
(i) The expected time dependent of solar radiation availability.

(ii) The cost of per kWh of the stored energy.

(iii) The size of solar thermal power system.

(iv) The nature of loads to be expected on the process.

(v) The degree of reliabilty needed for the process.



साधित उदाहरण

■ **उदाहरण 1.** जनवरी के माह में सूर्य का तापमान ज्ञात कीजिए जबकि निम्नलिखित डाटा दिया गया है—

सोलर नियतांक = 1367 w/m^2

सूर्य का व्यास = 1.39×10^9 m

सूर्य-पृथ्वी की दूरी = 1.5×10^{11} m

हल—हम जानते है कि

$$I = \frac{4\pi R^2}{4\pi r^2} H_s$$

$$H_s = \sigma T^4$$

$$I = \frac{4\pi R^2}{4\pi r^2} \times \sigma T^4$$

$$I = 1367\ w/m^2,\ R = 695 \times 10^6$$
$$rR = 1.5 \times 10^{11}\ m,\ \sigma = 5.67 \times 10^{-8}$$
$$1367 = 5.67 \times 10^{-8}\ T^4 \left(\frac{695 \times 10^6}{1.5 \times 10^{11}}\right)^2$$
$$T^4 = \frac{1367}{5.67 \times 10^{-8}} \times \left(\frac{1.5 \times 10^{11}}{695 \times 10^6}\right)^2$$
$$T = 5791.46\ °K$$

■ **उदाहरण 2.** लीप वर्ष में 31 मार्च के लिए declination कोण ज्ञात कीजिए।

हल—Declination कोण $\delta = 23.45 \sin\left[\frac{360}{365}(284 + n)\right]$

n = जनवरी में दिन + फरवरी में दिन + मार्च में दिन

= 31 + 29 + 31

= 91 दिन

$$\delta = 23.45 \sin\left[\frac{360}{365}(284 + 91)\right]$$
$$\delta = 4.016°$$

■ **उदाहरण 3.** 2.30 p.m. पर हॉर कोण (hour angle) की गणना करो।

हल—हॉर कोण, $w = 15\,(ST - 12$ घण्टे)

= 15 (1430 घण्टे – 12 घण्टे)

$w = 37.5°$

■ **उदाहरण 4.** लीप वर्ष के 21 दिसम्बर और 21 जून को दिन के घण्टों की गणना कीजिए।

हल—$\phi = 28°35'$

21 दिसम्बर के लिए,

$$n = 356$$
$$\delta = 23.45 \sin\left[\frac{360}{365}(284 + 356)\right]$$
$$\delta = -23.44°$$
$$N = \frac{2}{15}\cos^{-1}[(-\tan(-23.44°)\tan 28°35')]$$
= 10.18 घण्टे

21 जून के लिए

$$n = 173$$
$$\delta = 23.45 \sin\left[\frac{360}{365}(284 + 173)\right]$$
$$\delta = -23.45°$$

$$N = \frac{2}{15}\cos^{-1}[(-\tan 28.35°.\ \tan 23°45')]$$
$N = 13.82$ घण्टे

प्रश्नावली

1. सौर विकिरण को समझाइए। ये कितने प्रकार के होते हैं?
2. सौर नियतांक क्या है?
3. सोलर संग्राही कितने प्रकार के होते हैं?
4. निम्नलिखित को परिभाषित कीजिए—
   1. अक्षांश कोण 2. उन्नतांश कोण 3. ऑर कोण (Hour angle)
   4. दिक्पात कोण 5. दिगश कोण (Azimuth angle)
   6. जेनिथ कोण (Zenith angle) 7. टिल्ट कोण (Tilt angle)
5. सोलर विकिरण मापन क्या है? सोलर विकिरण मापन करने के लिए कौन-कौन से यन्त्र का प्रयोग किया जाता है?
6. निम्नलिखित पर टिप्पणी कीजिए— ***(UPBTE 2013)***
   1. पाइरोनोमीटर
   2. पाइरोहिलियोमीटर
7. पाइरोहिलियोमीटर कितने प्रकार के होते हैं? सचित्र समझाइए।
8. फ्लैट प्लेट संग्राही की कार्यविधि को सचित्र दर्शाइए।
9. संकेन्द्रित संग्राही की कार्यविधि को सचित्र दर्शाइए।
10. फ्लैट प्लेट संग्राही और संकेन्द्रित संग्राही के अन्तर को स्पष्ट करें।
11. सौर ऊर्जा के अनुप्रयोगों को लिखिए और किसी एक का वर्णन करें।
12. सोलर फोटोवोल्टायी सेल के सिद्धान्त को समझाइए।
13. सोलर फोटोवोल्टायी पावर जनरेशन के सिद्धान्त को समझाइए।
14. निम्न पर टिप्पणी करो—
    1. मिरर स्ट्रिप रिफ्लेक्टर
    2. फ्रेसनल लेन्स कलेक्टर
    3. कम्पाउण्ड पैराबोलिक कंसन्ट्रेटर
    4. सोलर कुक
    5. सोलर वाटर हीटर
15. सोलर वाटर हीटर प्रणाली का वर्णन करो।
16. सोलर थर्मल पावर प्लांट कितने प्रकार के होते हैं? किसी एक पावर प्लांट की कार्यविधि समझाइए।
17. सोलर फोटोवोल्टाइक प्रणाली कितने प्रकार की होती है?
18. निम्न की परिभाषाएँ लिखिए—
    1. ऊँचाई कोण
    2. डिक्लीनेशन कोण

3. झुकाव कोण
4. सौर स्थिरांक

19. सौर संग्राहकों का वर्गीकरण कीजिए। सौर ऊर्जा शुष्कक के सिद्धान्त व मुख्य उपयोगों का वर्णन कीजिए। (UPBTE 201...)

20. चपटी प्लेट संग्राहक क्या होता है? इसका उपयोग करते हुए सौर जल तापक प्रणाली की कार्यविधि समझाइए। (UPBTE 201...)

21. सौर PV प्रणाली के सिद्धान्त का वर्णन कीजिए। सौर ऊर्जा विद्युत उत्पादन प्रणाली के संघटकों के नाम बताइए। ... प्रणाली से उत्पन्न विद्युत शक्ति की गणना विधि समझाइए। (UPBTE 201...)

22. सौर विकिरण पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। (UPBTE 201...)

23. निम्न को समझाइए— (UPBTE 201...)
    (i) अक्षांश (ii) उन्नतांश (iii) दिक्पात कोण

24. फ्लैट-प्लेट सामग्री के लाभ तथा कमियाँ बताइए। (UPBTE 201...)

25. सौर जल हीटर पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। (UPBTE 201...)

26. संकेन्द्रित संग्राही के लाभ तथा हानियाँ बताइए। (UPBTE 201...)

3 बायोमास ऊर्जा (Biomass Energy)

परिचय (Introduction)

आज के युग में जब विश्व ऊर्जा संकट के कारण परम्परागत ऊर्जा स्रोतों के अलावा गैर पम्परागत ऊर्जा के स्रोतों पर ध्यान दे रहा है। तब बायोमास एक अच्छा विकल्प सावित हो सकता है।

- बायोमास अपनी कम कीमत व प्रकृति में वृहद मात्रा में होने के कारण बहुत अधिक उपयोग किया जाता है। एक अनुमान के अनुसार विश्व ऊर्जा खपत का 15% बायोमास ऊर्जा है। मुख्यत: विकासशील देशों में 35% बायोमास ऊर्जा उपयोग की जाती है।
- "बायोमास पादपों, जन्तुओं व सूक्ष्मजीवों द्वारा व्युत्पादित कार्बनिक उत्पाद है।"
- "बायोमास जीवित तथा पूर्व जीवित जीवों द्वारा उत्पन्न कार्बनिक पदार्थ है।"
- "Biomass is an organic matter derived from living or recently living organisms."
- बायोमास ऊर्जा को नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत माना जाता है क्योंकि कार्बनिक पदार्थ प्रतिदिन उत्पादित होते हैं। बायोमास जो ऊर्जा उत्पादन हेतु प्रयोग किए जाते हैं, बायोमास ऊर्जा के स्रोत कहलाते हैं। लकड़ी आज के समय में बायोमास ऊर्जा का सबसे बड़ा स्रोत है। इसके अलावा नगर निगमों द्वारा निकलने वाले अपशिष्ट पदार्थ, वन अवशेष (सूखे पेड़, तने, इत्यादि), फसलों के अवशेष भी बायोमास ऊर्जा के स्रोत हैं। कोयला, पैट्रोलियम पदार्थ, प्राकृतिक गैस बायोमास के अन्तर्गत नहीं आते हैं क्योंकि यह मृत व जले हुए बायोमास को उच्च ताप व दाब पर कई वर्षों तक संघटित करने से प्राप्त होते हैं।
- बायोमास की उत्पत्ति वास्तव में सौर ऊर्जा द्वारा होती है।

प्रकाश संश्लेषण (Photosynthesis)

वह प्रक्रिया है जिसके द्वारा सौर ऊर्जा को बायोमास ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है।

"सजीव कोशिकाओं के द्वारा प्रकाशीय ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित करने की प्रक्रिया को प्रकाश-संश्लेषण (photosynthesis) कहते हैं।"

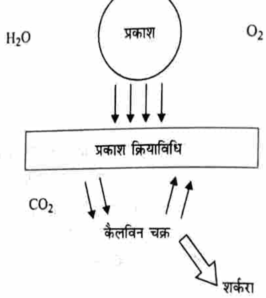
इस प्रक्रिया में पौधे अपने हरे रंग वाले भागों जैसे पत्ती द्वारा सूर्य के प्रकाश की स्थिति में वायु से कार्बन डाई-ऑक्साइड तथा भूमि से जल लेकर जटिल कार्बनिक खाद्य पदार्थों जैसे कार्बोहाइड्रेट्स का निर्माण करते हैं तथा ऑक्सीजन गैस (O_2) बाहर निकालते हैं। प्रकाश-संश्लेषण की प्रक्रिया सबसे महत्त्वपूर्ण जैव रासायनिक अभिक्रियाओं में से एक है। सीधे या परोक्ष रूप से दुनिया के सभी जीव इस पर आश्रित हैं।

रासायनिक समीकरण—

$$6CO_2 + 12H_2O + \text{क्लोरोफिल} \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O + \text{क्लोरोफिल}$$

प्रकाश यहाँ अभिक्रिया में भाग नहीं लेता है बल्कि इस अभिक्रिया के लिए प्रकाश की उपस्थिति आवश्यक है। इस रासायनिक प्रक्रिया में कार्बन डाई-ऑक्साइड के 6 अणुओं और जल के 12 अणुओं के बीच रासायनिक क्रिया होती है जिसके फलस्वरूप ग्लूकोज के एक अणु, जल के 6 अणु तथा ऑक्सीजन के 6 अणु उत्पन्न होते हैं। इस क्रिया में मुख्य उत्पाद ग्लूकोज होता है तथा ऑक्सीजन और जल उप-पदार्थ के रूप में मुक्त होते हैं।

इस प्रक्रिया में उत्पन्न जल कोशिका के द्वारा अवशोषित हो जाता है और पुन: जैव रासायनिक प्रक्रियाओं में ला... मुक्त ऑक्सीजन वातावरण में चली जाती है। इस मुक्त ऑक्सीजन का स्रोत जल के अणु हैं न कि कार्बन डाई-ऑक्सा... अणु। प्रकाश-संश्लेषण में पौधों के द्वारा प्रति वर्ष 100 Tera Watt (टेरावाट) की सौर ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा के... भोज्य पदार्थों के अणुओं में बाँध दिया जाता है। इस ऊर्जा का परिमाण पूरी मानव सभ्यता के वार्षिक ऊर्जा खर्च का... अधिक है। प्रकाश-संश्लेषण की इस प्रक्रिया में चार मुख्य अवयव हैं—जल, कार्बन डाई-ऑक्साइड, प्रकाश व प... (क्लोरोफिल)। इन चारों की उपस्थिति इस क्रिया के लिए अतिआवश्यक है। इनमें से जल एवं कार्बन डाई-ऑक्साइ... प्रकाश-संश्लेषण का कच्चा माल कहते हैं क्योंकि इनके रचनात्मक अवयवों द्वारा ही प्रकाश-संश्लेषण के मुख्य... कार्बोहाइड्रेट की रचना होती है। इन अवयवों को पौधा अपने आस-पास के वातावरण से ग्रहण करता है।



चित्र 3.1

प्रकाश संश्लेषण जल को छोड़कर O_2 निकालता है एवं CO_2 को शर्करा (sugar) में बदल देता है।

प्रभावित करने वाले कारक—इनको दो भागों में विभाजित किया जा सकता है—

1. बाह्य कारक   2. आन्तरिक कारक

बाह्य कारक वे होते हैं जो प्रकृति और पर्यावरण में स्थित होते हुए प्रकाश-संश्लेषण को प्रभावित करते हैं। जैसे-प्रकाश, कार्बन डाई-ऑक्साइड, तापमान, जल।

(a) प्रकाश—सूर्य के प्रकाश से पौधा इस क्रिया के लिए ऊर्जा प्राप्त करता है तथा यह प्रक्रिया अँधेरे में सम्भव नहीं...

(b) कार्बन डाई ऑक्साइड, CO_2—वायुमण्डल में CO_2 की मात्रा बढ़ाने पर प्रकाश-संश्लेषण की दर बढ़ती है।

(c) तापमान—प्रकाश-संश्लेषण हेतु एक निश्चित तापक्रम की आवश्यकता होती है।

(d) जल—पानी फोटोकैमिकल प्रक्रियाओं के लिए अत्यन्त आवश्यक है।

आन्तरिक कारक वे होते हैं जो पत्तियों में स्थित होते हैं जैसे—पर्णहरिम। पत्तियों में रन्ध्रों की संख्या, पत्तियों की ... भोज्य पदार्थ का जमाव आदि।

बायोमास के स्रोत

बायोमास स्रोतों को दो भागों में विभाजित किया जा सकता है—

(a) फसलों पर आधारित (Cultivated crops)

(b) कार्बन अपशिष्ट पदार्थ आधारित

- फसलीय बायोमास (cultivated biomass) के अन्तर्गत गन्ने की खोई, शाकीय फसल (herbaceous crops), अनाज, वनीय फसलें (forest crops), आलू इत्यादि आते हैं।

- कार्बन अपशिष्ट पदार्थों को ग्रामीण अपशिष्ट, औद्योगिक अपशिष्ट, नगरीय अपशिष्ट, ग्रामीण जन्तु अपशिष्ट में विभाजित किया जा सकता है।
- बायोमास को द्रव ईंधन जैसे कि स्प्रिट, एल्कोहल एवं अन्य द्रव में बदलकर इन्हें ईंधन के रूप में प्रयोग कर लेते हैं।

बायोमास ईंधन के गुण (Characteristics of Biomass Fuel)

बायोमास ईंधन मे निम्नलिखित गुण होने चाहिएँ—

(a) आर्द्रता (Moisture)—ईंधन में आर्द्रता की मात्रा कम होनी चाहिए ताकि यह आसानी से जलाया जा सके।

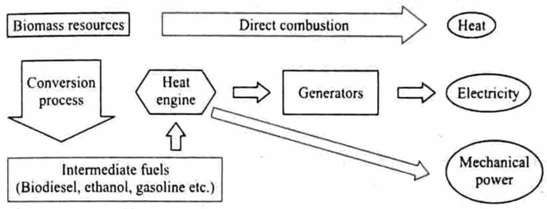
(b) सततता (Consistency)—बायोमास ईंधन पर्याप्त मात्रा में उपलब्ध है। इस कारण ईंधन सप्लाई में सततता बनी रहती है।

(c) प्रदूषण (Contamination or Pollution)—ईंधन कम प्रदूषण फैलाने वाला होना चाहिए। दहन के बाद राख कम निकलनी चाहिए।

(d) वहनता (Affordability)—ईंधन को सभी को निम्न दर पर उपलब्ध होना चाहिए।

बायोमास ऊर्जा का उपयोग उनके लिए प्रयुक्त ईंधन के गुणों पर निर्भर करता है जैसे कि उनका आकार, नाप, भौतिक स्वरूप, आयतन, घनत्व इत्यादि।

जैव मात्रा परिवर्तन तकनीक (Biomass Conversion Technology)



चित्र 3.2 Methods of using biomass for energy

बायोमास से बायो ईंधन बनाने की बहुत सारी तकनीकें उपलब्ध हैं।

बायोमॉस परिवर्तन तकनीकों को मुख्य रूप से दो भागों में बाँटा गया है—

1. तापीय (Thermal) विधि
2. जैवीय (Biological) विधि

तापीय विधि के अन्तर्गत ताप अपघटन (Pyrolysis), गैसीकरण, बायोमास दहन, बायोमास को-फायरिंग (Co-firing) आते हैं।

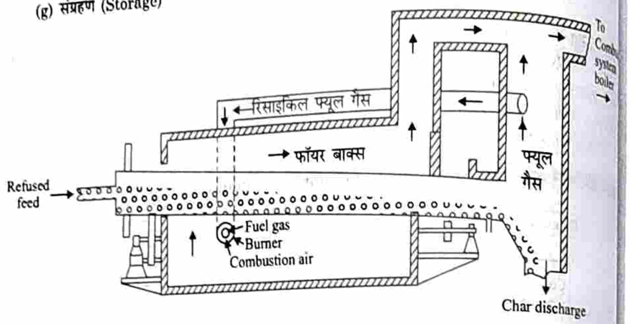
जैवीय विधि के अन्तर्गत किण्वन, पाचन प्रक्रिया आते हैं।

ताप अपघटन (Pyrolysis)—यह एक तापीय रासायनिक परिवर्तन है जोकि ऑक्सीजन (या किसी हैलोजन) की अनुपस्थिति में ऊष्मा द्वारा क्रियान्वित होता है। इस प्रक्रिया के बाद प्राप्त अवशेष ठोस, द्रव, गैस हो सकते हैं जिनमें कार्बन प्रचुर मात्रा में पाया जाता है। वह ताप अपघटन जिसमें मुख्यत: कार्बन प्राप्त होता है, कार्बनीकरण प्रक्रिया कहलाती है।

यह प्रक्रिया मुख्यत: रासायनिक उद्योगों में बहुतायत से प्रयोग होती है। उदाहरण—चारकोल बनाने में, मेथनाल बनाने में, एथिलीन डाइक्लोराइड को विनाइल क्लोराइड में बदलने हेतु, PVC बनाने के लिए, कोयले से कोक बनाने में इत्यादि। अधिकतर तापीय अपघटन में हाइड्रोजन, कार्बन मोनो-ऑक्साइड, कार्बन डाई-ऑक्साड, मीथेन तथा अल्प मात्रा में हाइड्रोकार्बन (C_2H_4, C_2H_6) होती है।

इस प्रक्रिया में पदार्थ निम्नलिखित चरणों से गुजरता है—

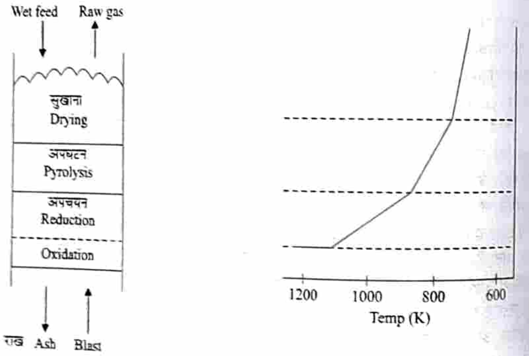
(a) प्राथमिक कटाई-छटाई (Primary Shredding)
(b) सुखाना (Drying)
(c) कार्बनिकों का उन्मूलन (Removal of organics)
(d) उचित माप की कटाई (Shredding in fine sizes)
(e) अपघटन (Pyrolysis)
(f) उत्पादों का शीतलन (Cooling)
(g) संग्रहण (Storage)



चित्र 3.3 Schematic dia. of Rotary Kiln Pyrolyis reactor.

ताप अपघटन दहन से भिन्न है क्योंकि इसमें ऑक्सीजन अनुपस्थित रहती है। हालांकि पूर्णत: ऑक्सीजन मुक्त [illegible] प्राप्त करना मुश्किल है। अत: ऑक्सीजन की कुछ मात्रा उपस्थित रहती है।

इसका मुख्य लाभ संहतता, सरल उपकरण, कम दवाव का प्राचलन तथा अपशिष्ट उत्पाद का कम निकास



चित्र 3.4 गैसीफायर प्रक्रिया तथा तापमान प्रोफाइल (रुपरेखा)।

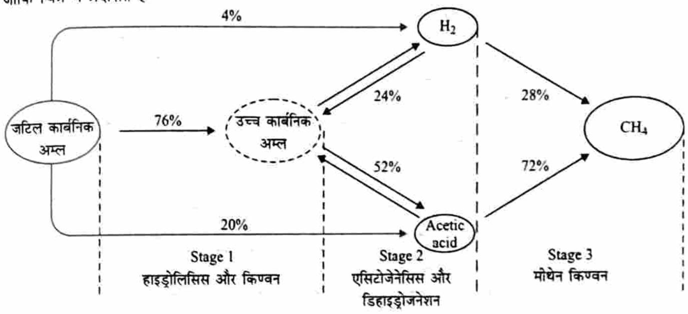
2. गैसीकरण (Gassification)—गैसीकरण बायोमास को ऑक्सीकारकों की उपस्थिति में गैस में परिवर्तित करने की तापीय रासायनिक प्रक्रिया है।

वायु गैसीफायर संरचना में सरल, सस्ते व विश्वसनीय होते हैं। इनका मुख्य दोष यह है कि यह नाइट्रोजन के साथ तनुकृत (diluted) अवस्था में रहते हैं। अत: इनकी कैलोरीफिक मात्रा (calorific value) कम होती है।

3. दहन—बायोमास परिवर्तन के सबसे सामान्य प्रचलित तरीकों में वस्तुओं का सीधा दहन आता है। विकासशील देशों में खाना पकाने के लिए स्टोव का प्रयोग काफी प्रचलित है। इस प्रक्रिया में बायोमास पदार्थों को सीधा जलाकर ऊष्मा प्राप्त की जाती है।

4. किण्वन (Fermentation)—अणु जैविकी द्वारा संयुक्त अणुओं वाले कार्बनिक यौगिकों को सरल कार्बनिक यौगिकों मे बदलने के प्रक्रम को किण्वन (fermentation) कहते हैं। इस प्रक्रम में खमीर, बैक्टीरिया एन्जाइम का प्रयोग होता है। इस प्रक्रिया द्वारा ऐसे पदार्थ जिनमें शर्करा उपस्थित होती है, उनको एथिल एल्कोहल (C_2H_5OH) तथा कार्बन डाई-ऑक्साइड (CO_2) में परिवर्तित कर दिया जाता है। 2.5 गैलन गन्ने के शीरे से या 5.85 kg शर्करा से एक गैलन एल्कोहल (3.79 litre 21257 kcal) प्राप्त किया जा सकता है। अत: किण्वन प्रक्रिया में ऊर्जा क्षय न के बराबर होता है। प्रयोगशाला में सतत किण्वन प्रक्रिया सफलतापूर्वक प्राप्त की जा चुकी है।

5. पाचन (Digestion)—पाचन प्राकृतिक रूप से उपलब्ध सूक्ष्मजीवों द्वारा वायु की अनुपस्थिति में बायोमास के उपचार (treatment) से गैसीय ईंधन मुख्यत: मीथेन, कार्बन डाई-ऑक्साइड तथा अन्य नाइट्रोजन, हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S) प्राप्त करने की प्रक्रिया है। गैसों का यह मिश्रण "बायोगैस" कहलाता है। यह पूरी प्रक्रिया निम्न तीन चरणों में पूर्ण होती है जोकि चित्र में प्रदर्शित है—



चित्र 3.5 पाचन क्रिया चरण रासायनिक ऑक्सीजन माँग (COD) के ऊर्जा प्रवाह सहित।

चारकोल बनाने की विधि (Charcoal Making Process)

चारकोल की प्राप्ति लकड़ी से होती है। लकड़ी को विशेष प्रकार की चारकोल बर्निंग किल्नस (burning kilns) में जलाया जाता है। लकड़ी को तब तक जलाया जाता है जब तक कि उसमे से अशुद्धियाँ बनाने हेतु निम्नलिखित चरण अपनाए जाते हैं—

(a) स्थान का चयन—चारकोल बनाने के लिए ऐसे स्थान का चयन किया जाना चाहिए जिसमें आग लगाई जा सके।

(b) लकड़ियों की छटाई—लकड़ियों को उचित माप के आकार में छाँटा जाना चाहिए जैसी कि आवश्यकता हो।

(c) लकड़ियों का शुष्कीकरण—काष्ठ को अच्छी तरह सुखाया जाना चाहिए ताकि उसमें से नमी, आर्द्रता इत्यादि हटाया जा सके और चारकोल बनाने में कम समय लगे।

- लकड़ियों (काष्ठ) के अच्छी तरह शुष्कीकरण के बाद एक धातु का डिब्बा लेकर उसमें काष्ठ को भर दे। अब काष्ठ से भरे डिब्बे को अलाव (जलती हुई आग) के ऊपर रख दे और 3 घण्टे तक रखा रहने दे। यह समय अधिक हो सकता है। यह लकड़ी की मात्रा पर निर्भर करता है।
- इसके बाद डिब्बे को ठण्डा होने दे और डिब्बे में बन्द काष्ठ जोकि मात्र कार्बन है, चारकोल निकाल लें। चारकोल तैयार है।
- अलाव के स्थान पर भट्टी का प्रयोग भी किया जा सकता है जिसके अन्दर डिब्बे को रख दिया जाए।
- एक आधुनिक चारकोल भट्टी (Kiln) में लगभग 600°C पर लकड़ी को जलाकर 25% से 35% तक शु बायोमास पदार्थ, चारकोल के रूप में प्राप्त होता है।
- परम्परागत तरीकों से मिट्टी से बनी भट्टी में लकड़ी को जलाकर लगभग 10% चारकोल ही प्राप्त होता है क्यों ऐसी भट्टी पर अपेक्षाकृत कम नियन्त्रण होता है।
- चारकोल में 75% से 85% कार्बन का अंश होता है तथा शेष वाष्पशील पदार्थ तथा राख होते हैं। चारकोल के ऊष्मीय मान लगभग 30 MJ/kg होता है। चारकोल में राख की मात्रा अतिसूक्ष्म (2%) होती है और यह गन्ध (sulphur) से मुक्त (free) होता है।

शुष्क लकड़ी से तैयार किया गया चारकोल तथा अन्य पदार्थ

1.	चारकोल	300 kg
2.	गैस (दहन 10469 kJ/m^3)	140 m^2 (NTP)
3.	मेथिल एल्कोहल	141
4.	एसीटिक एसिड	531
5.	इस्टर	81
6.	एसीटोन	31
7.	वुड आयल और लाइट टार	761
8.	क्रियासोट ऑयल	121
9.	पिच	30 kg

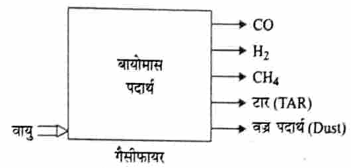
उपर्युक्त आँकड़े 100 kg शुष्क लकड़ी से प्राप्त होते हैं।

गैसीकरण तथा गैसीफायर के प्रकार

बायोमास गैसीकरण से तात्पर्य बायोमास के अपूर्ण दहन से दहनशील गैस प्राप्त करने से है जिसमें कार्बन मोनो-ऑक्साइड (CO), हाइड्रोजन इत्यादि का मिश्रण होता है। इस मिश्रण को प्रोड्यूसर गैस (producer gas) कहते हैं। प्रोड्यूसर गैस का प्रयोग आन्तरिक दहन इंजनों (संपीडन व स्पार्क प्रज्जवलित) (both compression and spark ignition), प्रत्यक्ष ऊष्मा प्रयोग (direct heat application), मेथनॉल उत्पादन आदि में किया जा सकता है। इस प्रक्रिया में कोई भी बायोमास पदार्थ प्रयोग किया जा सकता है। इसलिए यह इथेनॉल उत्पादन व बायोगैस से अधिक आकर्षक है जिनमें

एक ही प्रकार का बायोमास पदार्थ प्रयोग होता है। ऐसी परिस्थितियों में जहाँ पैट्रोलियम पदार्थों की कीमत काफी अधिक हो तथा सप्लाई की अविश्वसनीयता हो वहाँ बायोमास गैसीकरण एक सस्ता व सरल साधन है।

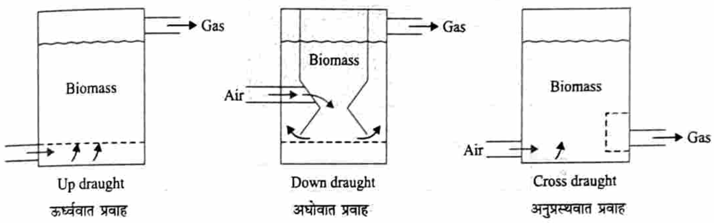
"प्रोड्यूसर गैस उत्पादन प्रक्रिया जो बायोमास पदार्थों के अपूर्ण दहन से होती है, गैसीकरण कहलाती है तथा भट्टी का गैसीफायर कहते हैं।"



चित्र 3.6 गैसीफायर के उत्पाद।

गैसीफायर के प्रकार—चूँकि गैसीफायर में बायोगैस और वायु या ऑक्सीजन का मिश्रण बनता है। इनके मिश्रण बनने की स्थिति अनुसार गैसीफायर के तीन प्रकार हैं—

(a) ऊर्ध्ववात प्रवाह गैसीफायर (Up draught gassifier)
(b) अधोवात प्रवाह गैसीफायर (Down draught gassifier)
(c) अनुप्रस्थवात प्रवाह गैसीफायर (Cross draught gassifier)



चित्र 3.7. Various types of Gassifier.

ऊर्ध्ववात प्रवाह गैसीफायर—इसमें वायु दहन क्षेत्र के नीचे से प्रवाहित होकर उत्पादित गैस के अनुसार ऊपर से निकल जाती है। इस प्रकार की गैसों में कोई भी राख, टार, जलवाष्प नहीं होते। इससे प्रोड्यूसर गैस ही मिलती है।

अधोवात प्रवाह गैसीफायर—इस प्रकार के गैसीफायर में वायु दहन क्षेत्र के अन्दर प्रवेश करती है तथा प्रोड्यूसर गैस दहन कक्ष के नीचे से निकलती है। इस प्रकार से प्रोड्यूसर गैस में जलवाष्प, वाष्पशील पदार्थ, टार आदि मिलने की सम्भावना बढ़ जाती है। इनकी क्षमता 150 kW से अधिक होती है।

अनुप्रस्थवात प्रवाह गैसीफायर—इसमें वायु फायर बॉक्स के मुँह पर लगे ठण्डे नोजल से प्रवेश करती है तथा ऊर्ध्वाधर जाली में होती हुई बायोमास से रासायनिक क्रिया करते हुए प्रोड्यूसर गैस उत्पन्न करती है तथा राख आदि नीचे आ जाती है।

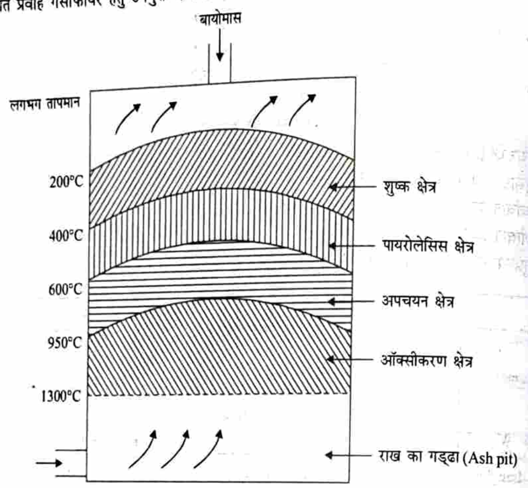
गैसीकरण प्रक्रिया के अन्तर्गत निम्नलिखित चरण होते हैं—

(a) ईंधन का शुष्कीकरण (Drying of fuel)
(b) ताप अपघटन (Pyrolysis)
(c) दहन (Combustion)
(d) अपचयन (Reduction)

उपर्युक्त चरणों के अनुसार गैसीफायर को निम्नलिखित कार्यक्षेत्र (zones) में विभाजित किया जा सकता है :

(a) शुष्क क्षेत्र (Drying zones)
(b) पायरोलिसिस क्षेत्र (Pyrolysis zones)
(c) ऑक्सीकरण क्षेत्र (Oxidation zones)
(d) अपचयन क्षेत्र (Reduction zones)

ऊर्ध्ववात प्रवाह गैसीफायर हेतु उपर्युक्त क्षेत्र निम्न चित्र में प्रदर्शित है।



चित्र 3.8

गैसीफायर के अन्तर्गत ऑक्सीकरण व अपचयन क्षेत्र में निम्न रासायनिक क्रियाएँ होती हैं—

(a) ऑक्सीकरण क्षेत्र—

$$C + O_2 = CO_2 + 393\ \text{MJ/kg mol (दहन)} \quad ...(1)$$

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O - 242\ \text{MJ/kg mol (जल गैस)} \quad ...(2)$$

(b) अपचयन क्षेत्र—

$$C + CO_2 = 2CO - 164.9\ \text{MJ/kg mol} \quad ...(3)$$

$$C + H_2O = CO + H_2 - 122.6\ \text{MJ/kg mol} \quad ...(4)$$

$$CO + H_2O = CO + H_2 + 42\ \text{MJ/kg mol} \quad ...(5)$$

$$C + 2H_2 = CH_4 + 75\ \text{MJ/kg mol} \quad ...(6)$$

$$CO_2 + H_2 = CO + H_2O - 42.31\ \text{kg mol} \quad ...(7)$$

उपर्युक्त अभिक्रियाओं में समीकरण (3) व (4) अपचयन क्षेत्र की मुख्य अभिक्रियाएँ हैं—

ये अभिक्रियाएँ गैस का तापमान कम कर देती है। सामान्यत: अपचयन क्षेत्र का तापमान लगभग 800–1000°C होता है। अपचयन क्षेत्र का तापमान जितना कम होता है, गैस की कैलोरिक मात्रा (calorific value) उतनी ही कम होती है।

सारणी : विभिन्न ईंधनों से प्रोड्यूसर गैस का संवहन

	ईंधन (Fuel)	गैसीफायर	आयतन % (Volume %)					ऊष्मीय मान (Calorific value MJ/m^3)
			CO	H_2	CH_4	CO_2	N_2	
1.	चारकोल	अधोवात (downdraft)	28–31	5–10	1–2	1–2	55–60	4.60–5.65
2.	लकड़ी (12–20% आर्द्रता सहित)	अधोवात	17–22	16–20	2–3	10–15	55–50	5.00–5.86
3.	भूसा (Wheat straw pellets)	अधोवात	14–17	17–19	–	11–14	–	4.50
4.	खोई (Preused sugarcane)	अधोवात	15–18	15–18	–	12–14	–	5.30
5.	रेशम के डंठल (Cotton stalks cubes)	अधोवात	15.7	11.7	3.4	–	–	4.32
6.	चारकोल	ऊर्ध्ववात (updraught)	30	19.7	–	3.6	46	5.98

प्रोड्यूसर गैस का लगभग 50–60% भाग नाइट्रोजन होता है।

काष्ठ गैसीफायर (wood gassifier) की औसत ऊर्जा परिवर्तन दक्षता (average energy conversion efficiency) 60–70% होती है और निम्न प्रकार परिभाषित है—

$$\eta_{gas} = \frac{\text{ईंधन का ऊष्मीयमान गैस/किलोग्राम (Calorific value of gas/ kg of fuel)}}{\text{1 kg ईंधन का औसत ऊष्मीय मान (Average calorific value of 1 kg or fuel)}}$$

उदाहरण—1 kg काष्ठ 1.5 m^3 गैस का उत्पादन करती है जिसका ऊष्मीय मान (calorific value) 5.4 MJ/m^3 है। काष्ठ का औसत ऊष्मीय मान 19.8 MJ/kg है। दक्षता ज्ञात करें।

$$\eta_{gas} = \frac{2.5(m^3) \times 5.4(MJm^3)}{19.80\ (MJ/\ kg) \times 1\ kg} = 68\%$$

गैसीफायर के उपयोग

(i) कृषि के सिंचाई पम्प में।
(ii) विद्युत उत्पादन में।
(iii) चावल मिल में।

(iv) तेल मिल में।

(v) डेरी उद्योग में।

(vi) ईंट के भट्ठों में।

(vii) मेथनॉल, फॉर्मिक अम्ल उत्पादन।

(viii) शीतलन (cooling) इत्यादि।

बायोमास का दहन (Combustion of Biomass)—बायोमास दहन से तात्पर्य कार्बनिक पदार्थों के दहन से है। काफी वर्षों से मनुष्य इस तकनीक का प्रयोग ऊष्मा (heat) प्राप्त करने के लिए करता आ रहा है। काष्ठ का प्रयोग अ... प्रचलित है। यद्यपि अन्य पदार्थों का दक्षतापूर्ण दहन किया जा सकता है।

सामान्यतः दहन (combustion) ईंधन के ऐसे तत्त्वों का ऑक्सीजन रासायनिक संयोग है जो ऊष्मा प्रदान कर सके।

लाभ

(i) यह सस्ता ईंधन स्रोत प्रयोग करता है।

(ii) जीवाश्म ईंधन पर निर्भरता कम होती है।

(iii) आत्मनिर्भरता।

हानियाँ

(i) ईंधन की गुणवत्ता व सतत्ता बदलती रहती है।

(ii) वायु प्रदूषण फैलाता है।

(iii) निरन्तर मरम्मत व देखभाल की आवश्यकता होती है।

(iv) ईंधन भण्डारण में अधिक स्थान की आवश्यकता होती है।

दहन समीकरण—दहन प्रक्रिया में विभिन्न पदार्थों का दहन निम्न समीकरणों के अनुसार होता है—

(क) कार्बन का दहन—

$$C + O_2 = CO_2 \text{ (पूर्ण दहन)}$$

कार्बन का दहन उस समय पूर्ण कहा जाता है जब ऑक्सीजन अधिक मात्रा में दहन के लिए उपलब्ध हो व उत्पाद कार्बन डाई-ऑक्साइड हो।

भारात्मक विश्लेषण—

उपयुक्त समीकरण में,

1 कार्बन + 1 ऑक्सीजन = 1 कार्बन डाई-ऑक्साइड

$$C + O_2 = CO_2$$

$$12 + 32 = 44 \text{ (आणविक भार)}$$

या $$1 + \frac{32}{12} = \frac{44}{12}$$

या $$1\text{ kg} + \frac{8}{3}\text{ kg} = \frac{11}{3}\text{ kg (भारात्मक रूप)} \quad ...(A)$$

अतः 1 किग्रा कार्बन, $\frac{8}{3}$ किग्रा ऑक्सीजन के साथ मिलकर $\frac{11}{3}$ किग्रा CO_2 उत्पादन करता है।

Note : यदि पदार्थों के अणुभारों का ज्ञान हो तो उसके आधार पर ईंधन की दी गई मात्रा के पूर्ण दहन के लि आवश्यक ऑक्सीजन की मात्रा एवं उससे आवश्यक वायु की गणना की जा सकती है। चूँकि रासायनिक प्रक्रिया में भाग ले वाला लघुत्तम भाग अणु (molecule) होता है। अग्र सारणी में कुछ पदार्थ अणुभार सहित दिए गए हैं—

सारणी

क्र० सं०	पदार्थ का नाम	चिह्न	परमाणु भार	अणुभार
1.	कार्बन	C	12	12
2.	हाइड्रोजन	H_2	1	2
3.	गंधक	S	32	32
4.	ऑक्सीजन	O_2	16	32
5.	नाइट्रोजन	N_2	14	28
6.	कार्बन मोनो-ऑक्साइड	CO	–	28
7.	मीथेन	CH_4	–	16
8.	एथीलीन	C_2H_4	–	28
9.	एसीटिलीन	C_2H_2	–	26
10.	सल्फर डाई-ऑक्साइड	SO_2	–	64
11.	जल	H_2O	–	18
12.	अमोनिया	NH_3	–	17
13.	कार्बन डाई-ऑक्साइड	CO_2	–	44

$$2C + O_2 = 2CO \text{ (अपूर्ण दहन)}$$

जब ऑक्सीजन की मात्रा पर्याप्त न हो तो कार्बन के दहन से कार्बन मोनो-ऑक्साइड प्राप्त होती है। यह एक विषैली गैस है।

(i) कार्बन मोनो-ऑक्साइड का दहन—

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

(ii) हाइड्रोजन का दहन—

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

हाइड्रोजन का दहन होने पर ऑक्सीजन के साथ संयोग कर जलवाष्प बनाती है।

(iii) सल्फर का दहन— $S + O_2 = SO_2$

सल्फर ऑक्सीजन के साथ मिलकर सल्फर डाई-ऑक्साइड बनाती है।

$$2S + 3O_2 = 2SO_3 \text{ (सल्फर ट्राई-ऑक्साइड)}$$

(iv) कैल्सियम का दहन—$2Ca + O_2 = 2CaO$ (Calcium oxide)

(v) सोडियम का दहन—$2Na + O_2 = Na_2O_2$

(vi) **मीथेन का दहन**—$CH_4 + 2O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$

1 मीथेन + दो ऑक्सीजन = एक कार्बन डाई-ऑक्साइड + 2 जलवाष्प

आयतनात्मक विश्लेषण (Volumetric Analysis)—

आयतन 1 + 2 आयतन = 1 आयतन + 2 आयतन

1 मी०^3 + 2 मी०^3 = 1 मी०^3 + 2 मी०^3

अर्थात् मीथेन का 1 आयतन ऑक्सीजन के दो आयतन के साथ कार्बन डाई-ऑक्साइड का एक आयतन व 2 जलवाष्प आयतन बनाता है।

(vii) **एथीलीन गैस का दहन**—$C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$

(viii) **एसीटिलीन गैस का दहन**—$2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$

(ix) **अमोनिया का दहन**—$4NH_3 + 3O_2 = 6H_2O + 2N_2$

दहन के लिए आवश्यक न्यून वायु की मात्रा की गणना (Calculation of minimum quantity of air required for combustion)

दहन के लिए साधारणतया वायु का उपयोग किया जाता है जो अपनी ऑक्सीजन देकर दहन की क्रिया में भाग लेती है। अतः दहन के लिए आवश्यक ऑक्सीजन मात्रा ज्ञात होने पर, दहन के लिए आवश्यक वायु की न्यूनतम मात्रा ज्ञात की जा सकती है। वायु में मुख्यतः ऑक्सीजन व नाइट्रोजन गैसें होती हैं। भार के अनुसार वायु में इनका प्रतिशत क्रमशः 23 व 77% है व आयतनानुसार क्रमशः 21 व 79% होता है।

■ **उदाहरण**—1 किग्रा कोयला जिसमें 78% कार्बन, 4.5% हाइड्रोजन, 5.9% ऑक्सीजन, 1.5% नाइट्रोजन, 5% सल्फर, 8% राख (ash), 2.1% जल की मात्रा उपस्थित हो, को जलाने की न्यूनतम वायु की मात्रा की गणना कीजिए।

हल—C = 73%, H = 4.5%, O = 5.9%, N = 1.5%, S = 5%, ash = 8%, water = 2.1%

कार्बन के दहन हेतु आवश्यक ऑक्सीजन—

चूँकि 1 kg कार्बन को जलाने के $\frac{8}{3}$ kg लगता है (पूर्व समीकरण से)

$$C + O_2 = CO_2$$
$$12 + 32 = 44$$
$$1 + \frac{32}{72} = \frac{44}{72}$$
$$1 + \frac{8}{3} = \frac{11}{3}$$
$$C : 0.73 \times \frac{8}{3} = 1.9469 \text{ kg or oxygen}$$

हाइड्रोजन के दहन हेतु

$$0.045 \times 8 - 0.059 = 0.301 \text{ kg } O_6 \text{ oxygen}$$
$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$
$$2 \times 2 + 32 = 2 \times 18$$ (अणु भार रखने पर)
$$1 + 32_{14} = 36_{19}$$
$$1 + 8 = 9 \text{ (kg में)}$$

[1 kg हाइड्रोजन 8 किग्रा ऑक्सीजन शोषित करता है तथा 0.059 किग्रा० ऑक्सीजन कोयले में पहले से उपलब्ध है। अतः इसे आवश्यक ऑक्सीजन की मात्रा से घटाया गया है।]

सल्फर के दहन हेतु आवश्यक ऑक्सीजन

S : 0.05 × 1 kg = 0.05 किग्रा ऑक्सीजन

पूर्ण दहन के आवश्यक ऑक्सीजन = 1.9469 + 0.301 + 0.05

= 2.298 किग्रा०

वायु में ऑक्सीजन व नाइट्रोजन 79 : 21 के अनुपात में उपस्थित है। इसका तात्पर्य यह है कि वायु में ऑक्सीजन का 1 मोल नाइट्रोजन के 3.762 मोल के साथ उपस्थित रहता है। वायु में कुल मोल की संख्या 4.762 है। ऑक्सीजन का 1 किग्रा० 4.32 किग्रा वायु के तुल्य (equivalent) होता है।

$$4.762 \times \frac{29}{32} = 4.3155 = 4.32 \text{ kg}$$

वायु का आणविक भार (molecular weight) 29 होता है व ऑक्सीजन का 32 होता है।

अतः 1 किग्रा कोयले के दहन हेतु आवश्यक वायु की मात्रा = 2.298 × 4.32

= 9.927 किग्रा

उत्तर

ऑक्सीजन व वायु की आवश्यक मात्रा निम्न समीकरण से भी ज्ञात कर सकते हैं—

आवश्यक ऑक्सीजन प्रति किग्रा कोयला (coal) = $\frac{8}{3}C + (H \times 8 - 0) + 5$ kg

अनावश्यक वायु की मात्रा प्रति किग्रा कोयला (per kg coal)

$$= 4.32\left[C \times \frac{8}{3} + (H \times 8 - 0) + 5\right]$$
$$= 11.521C + 34.56H + 4.32\,(5 - 0) \text{ kg}$$

यहाँ C, H, S, 0 1 किग्रा कोयले में उपस्थित भार है।

आयतनात्मक विश्लेषण—आवश्यक वायु आयतन में भी ज्ञात की जा सकती है।

वायु का 1 k mol = 22.4 न्यूटन मी०^3 (Nm^3)

1 किग्रा ऑक्सीजन तुल्य होता है $\frac{1}{32}$ k mol के $= \frac{1}{32} \times 22.4 = 0.7 \text{ Nm}^3$

1 किग्रा कार्बन हेतु आवश्यक ऑक्सीजन $= \frac{32}{12}$ kg ऑक्सीजन $= \frac{33}{12} \times \frac{1}{32} \times 22.4 = 1.886 \text{ Nm}^3$

आवश्यक ऑक्सीजन का आयतन = $(1.866C + 5.56H + 0.75 - 0.70)\text{Nm}^3/\text{kg}$

चूँकि वायु व ऑक्सीजन के आयतनों का अनुपात 1 : 0.21 होता है।

अतः वायु का आयतन $= \frac{\text{ऑक्सीजन का आयतन}}{0.21}$

$$= \frac{1}{0.21}(1.866C + 5.56H + 0.75 - 0.70)\ \text{Nm}^3/\text{kg coal}$$

अतिरिक्त वायु (Excess Air)—आदर्श दहन में ईंधन का प्रत्येक कण वायु के घनिष्ठ सम्पर्क में आ जाता है अर्थात् ईंधन के प्रत्येक कण को ऑक्सीजन प्राप्त हो जाती है। किन्तु सामान्यतः ऐसा नहीं होता। अतः पूर्ण दहन सुनिश्चित करने हेतु वायु की अतिरिक्त मात्रा भेजी जाती है। इसे ही अतिरिक्त वायु कहते है।

वास्तविक आवश्यक वायु (Total Air Required)—दहन के लिए आवश्यक न्यूनतम वायु तथा अतिरिक्त वायु के योग को वास्तविक आवश्यक वायु कहते हैं।

दहन गैसों का विश्लेषण (Analysis of Fire Gases)

ईंधन के दहन के पश्चात् प्राप्त गैसों के मिश्रण को दहन गैस कहते हैं। यह दो प्रकार की होती है—

(क) शुष्क गैस (dry gas) (जिसमें जलवाष्प न हो) (मात्र CO_2, O_2, Nitrogen ही होगी)।

(ख) आर्द्र दहन गैस (wet flue gas) (जिसमें जलवाष्प उपस्थित हो।)

दहन में प्रयुक्त वायु की वास्तविक मात्रा ज्ञात करने के लिए दहन गैसों की संरचना भार या आयतन के आधार पर जाती है। यदि दहन गैसों की भारात्मक संरचना (प्रत्येक भाग का % भार) ज्ञात हो तो उसे आयतनात्मक संरचना (प्रत्येक का % आयतन) में एवोगेड्रो की परिकल्पना (Avogadro's hypothesis) के आधार पर बदला जा सकता है। एवोगेड्रो की परिकल्पना के अनुसार, "सभी गैसों के अणुभार सामान्य तापमान एवं दाब पर बराबर आयतन के होते हैं। भारात्मक विश्लेषण से आयतनात्मक विश्लेषण में परिवर्तन हेतु माना निम्न प्रतिशत संरचना का एक ईंधन लिया गया।

$$CO_2 = P\%, O = Q\%, N_2 = R\%$$

दहन गैसों का भारात्मक से आयतनात्मक विश्लेषण परिवर्तन निम्न तालिका के अनुसार किया जा सकता है—

क्र० सं०	अवयव	% भारात्मक संरचना	अवयव का आणविक भार	अवयव का सापेक्ष आयतन = प्रतिशत भार संरचना ÷ आणविक भार	% आयतनिक संरचना
1.	CO_2	P	44	$\frac{P}{44} = p$	$\frac{p}{p+q+r} \times 100$
2.	O_2	Q	32	$\frac{Q}{32} = q$	$\frac{q}{p+q+r} \times 100$
3.	N_2	R	28	$\frac{R}{28} = r$	$\frac{r}{p+q+r} \times 100$
				$= p+q+r$	$=100$

यदि दहन गैसों का आयतनात्मक विश्लेषण ज्ञात हो तो उसे भारात्मक विश्लेषण मे निम्न आधार पर परिवर्तित किया जा सकता है—

माना दहन गैसों का आयतनात्मक विश्लेषण निम्न है—

$$CO_2 = X\%, O_2 = Y\%, N_2 = Z\%$$

निम्न तालिका का प्रयोग किया जा सकता है—

क्र० सं०	अवयव का नाम	% आयतनात्मक संरचना	अवयव का आणविक भार	सापेक्ष भार = आयतनिक संरचना × आणविक भार	प्रतिशत भार संरचना
1.	CO_2	X	44	$X \times 44 = x$	$\frac{x}{x+y+z} \times 100$
2.	O_2	Y	32	$Y \times 32 = y$	$\frac{y}{x+y+z} \times 100$
3.	N_2	Z	28	$Z \times 28 = z$	$\frac{z}{x+y+z} \times 100$

साधित उदाहरण

■ **उदाहरण 1 :** 1 किग्रा मीथेन के पूर्ण दहन के लिए आवश्यक वायु की गणना करें। मीथेन का संगठन सूत्र CH_4 है।

हल—मीथेन का दहन समीकरण

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

$$(12+4) + 2 \times 32 \longrightarrow 44 + 2 \times 18$$

या $$16 + 64 \longrightarrow 44 + 36$$

या $$1 \text{ किग्रा०} + \frac{64}{16} \text{ किग्रा०} \longrightarrow \frac{44}{16} \text{ किग्रा०} + \frac{36}{16} \text{ किग्रा०}$$

या $$1 \text{ किग्रा०} + 4 \text{ किग्रा०} \longrightarrow \frac{11}{4} \text{ किग्रा०} + \frac{9}{4} \text{ किग्रा०}$$

या 1 किग्रा० मीथेन के पूर्ण दहन के लिए आवश्यक ऑक्सीजन की मात्रा = 4 किग्रा०

या 1 किग्रा० मीथेन के पूर्ण दहन हेतु आवश्यक वायु $= \frac{4 \times 100}{23} = 17.39$ किग्रा०

■ **उदाहरण 2 :** एक बॉयलर को भेजे गए कोयले का विश्लेषण करने पर कार्बन 85%, हाइड्रोजन 5%, गंधक 1% एवं शेष राख भार के आधार पर पाया गया। ईंधन के दहन हेतु आवश्यक न्यूनतम वायु की गणना करे।

हल—कोयले में भार के अनुसार कार्बन 0.85 किग्रा०/किग्रा० कार्बन, 0.05 किग्रा०/किग्रा० हाइड्रोजन एवं 0.01 किग्रा०/किग्रा० गन्धक होगा।

1 किग्रा० कार्बन के दहन से $= \frac{11}{3}$ या 3.66 किग्रा० CO_2 बनता है।

अत: 0.85 किग्रा० कार्बन के दहन से $= 0.8 \times 0.366$

$= 3.111$ किग्रा० कार्बन डाई-ऑक्साइड बनेगा।

1 किग्रा० हाइड्रोजन के दहन से $= 9 \times 0.05 = 0.45$ किग्रा० जलवाष्प बनेगी।

1 किग्रा० गन्धक के दहन से = 2 सल्फर डाई-ऑक्साइड बनती है।

अत: 0.01 किग्रा० गन्धक के दहन से $= 0.01 \times 2 = 0.02$ किग्रा० सल्फर डाई-ऑक्साइड बनेगी।

इस कोयले के 1 किग्रा० के पूर्ण दहन हेतु आवश्यक वायु

$$= 11.6C + 34.8 + 4.35\,(S - 0)$$

$$= 11.6 \times 0.05 + 34.8 \times 0.05 + 4.35(0.01 - 0)$$

$$= 9.86 + 1.74 + 0.0435$$

$= 11.6435$ किग्रा०

■ **उदाहरण 3 :** उपरोक्त उदाहरण में यदि वास्तविक वायु की मात्रा न्यूनतम आवश्यक वायु की मात्रा से 40% अधिक हो तो शुष्क दहन गैस का भार एवं आयतन आधार पर विश्लेषण ज्ञात करे।

हल—वायु की वास्तविक मात्रा 40% अधिक है अत:

वास्तविक वायु $= 1.4 \times 11.6435 = 16.3$ किग्रा०

दहन गैसों में निम्नलिखित गैसें होंगी।

कार्बन डाई-ऑक्साइड = 3.111 kg

जलवाष्प = 0.45 kg

सल्फर डाई-ऑक्साइड = [illegible] kg

ऑक्सीजन (अतिरिक्त वायु में) = 0.4 × 11.6435 × 0.23 = 1.07 kg

नाइट्रोजन (कुल वायु में) = 1.4 × 11.6435 × 0.77 = 12.55 kg

चूंकि शुष्क गैस में सल्फर डाई-ऑक्साइड व अदहनशील सम्मिलित हो जाते हैं, अतः मात्र CO_2, O_2, N_2 ही [illegible]

अतः गैस का भार = $(CO_2 + O_2 + N_2)$ का भार

$= 3.111 + 1.07 + 12.55 = 16.731$ किग्रा

CO_2 का % $= \frac{3.111 \times 100}{16.731} = 18.58\%$

O_2 का % $= \frac{1.07 \times 100}{16.731} = 6.39\%$

N_2 का % $= \frac{12.55 \times 100}{16.731} = 75.01\%$

इस भार विश्लेषण को आयतनिक विश्लेषण में निम्न सारणीनुसार परिवर्तित किया जा सकता है—

क्र० सं०	अवयव	भार के अनुसार संरचना	आणविक भार	अवयव का सापेक्ष आयतन अनुपात = आणविक भार	% आयतन संरचना
1.	CO_2	18.58	44	$\frac{18.58}{44} = 0.422$	$\frac{0.422 \times 100}{3.3} = 12.78$
2.	O_2	6.39	32	$\frac{6.39}{32} = 0.199$	$\frac{0.199 \times 100}{3.3} = 6.03$
3.	N_2	75.01	28	$\frac{75.01}{28} = 2.679$	$\frac{2.679 \times 100}{3.3} = 81.18$
				= 3.3 kg	100

इस प्रकार शुष्क गैस विश्लेषण आयतन के आधार

$CO_2 = 12.78\%$

$O_2 = 6.03\%$

$N_2 = 81.18\%$

■ **उदाहरण 4 :** कोयले के एक नमूने की भार के अनुसार निम्नलिखित संरचना है : $C - 80\%$, $H_2 - 6.[illegible]$ $N_2 - 1.2\%$, $S = 2.2\%$, $O_2 - 7.8\%$ एवं अदहनशील पदार्थ 3.3% है। एक किग्रा० कोयले के पूर्ण दहन के लिए आवश्यक वायु की मात्रा की गणना कीजिए एवं दहन के उत्पादों की किग्रा प्रति किग्रा ईंधन में मात्रा ज्ञात कीजिए।

हल—

अवयव	भार प्रति किग्रा कोयला X	ऑक्सीजन की मात्रा 1 किग्रा० अवयव के लिये Y	ऑक्सीजन की मात्रा प्रति किग्रा ईंधन Z=XY	दहन के उत्पाद किग्रा / प्रति किग्रा कोयले में			
				CO_2	H_2O	SO_2	H_2
C	0.80	8/3	2.13	$\frac{11}{3} \times 0.80$	—	—	—
H_2	0.061	8	0.488	—	9 × 0.061	—	—
N_2	0.012	—	0	—		—	0.012
S	0.022	1	0.022	—		2 × 0.022 = 0.044	—
O_2	0.078	−1	−0.078	—		—	—
ऐश	0.033	—	0	—		—	—
			कुल योग = 2.562 किग्रा०				

अतः आवश्यक वायु की न्यूनतम मात्रा $= 2.562 \times \frac{100}{23}$

= 11.139 किग्रा० प्रति किग्रा कोयला

■ **उदाहरण 5 :** बॉयलर परीक्षण में कोयले का विश्लेषण निम्न है—

$C = 80\%$, $H_2 = 4.5\%$, $O_2 = 8.0\%$, और शेष अदहनीय पदार्थ है। Dry flue gas का विश्लेषण by volume निम्नलिखित है—

$CO_2 = 8.5\%$, $CO = 1.4\%$, $O_2 = 10\%$, $N_2 = 80.8\%$

ज्ञात कीजिए कि—

1. प्रति 1 किग्रा० में प्रदत्त वायु का भार क्या है?
2. अतिरिक्त वायु का प्रतिशत क्या है?

हल—

1. 1 किग्रा० कोयले के दहन के लिए आवश्यक वायु

$= 11.6\,C + 34.8\,H + 4.35\,(S - O)$

$= 11.6 \times 0.80 + 34.8 \times 0.045 + 4.35\,(0 - 0.08)$

$= 9.28 + 1.566 - 0.348$

= 10.498 किग्रा०

2. फ्लू गैसों का आयतनिक विश्लेषण नीचे तालिका द्वारा भार विश्लेषण में बदला जा सकता है।

अवयव गैस	% आयतनिक संरचना X	अणु भार Y	सापेक्ष भार = अणुभार × आयतनिक संरचना Z = X.Y	भार के आधार पर विश्लेषण $R = \frac{Z}{\Sigma Z}$	कार्बन की मात्रा प्रति किग्रा० अवयव में S	शुष्क दहन गैस के प्रति किग्रा० में कार्बन की मात्रा U = R×S
CO_2	8.3	44	365.2	0.1228	12/44	0.03350
CO	1.4	28	39.2	0.0132	$\frac{12}{28}$	0.00566

O_2	10.0	32	320.0	0.1076	—	
N_2	80.3	28	2249	0.756	—	
			ΣZ= 2973.4			ΣU=0.039

1 किग्रा० Dry flue gas में कार्बन की मात्रा = 0.03916 किग्रा०

अत: 0.80 किग्रा० (1 किग्रा० कोयले) द्वारा उत्पन्न शुष्क Flue गैस की मात्रा $= \frac{1 \times 0.80}{0.03910} = 20.46$ किग्रा०

1 किग्रा० कोयले द्वारा उत्पादित जल वाष्प $= 9 \times 0.045 = 0.405$ किग्रा०

अदहनीय पदार्थ $= 1-(0.80+0.045+0.08) = 0.066$ किग्रा०

अत: दी गई वायु का भार $= 20.46+0.405-0.066 = 20.799$ किग्रा०

अतिरिक्त वायु का प्रतिशत $= \frac{(20.799-10.498)\times 100}{10.498} = 98.12\%$

■ **उदाहरण 6 :** एक गैसीय ईंधन के 1 मीटर^2 आयतन के दहन के लिये आवश्यक न्यूनतम वायु की गणना करो जिस
आयतन विश्लेषण निम्नवत है—

हाइड्रोजन —50%
मार्शगैस —25%
कार्बन मोनो ऑक्साइड—10%
नाइट्रोजन—12%
जल वाष्प—3%

हल—ईंधन के 1 मीटर^3 आयतन हेतु आवश्यक वायु निम्न सूत्र द्वारा दी जाती है—

$$\text{आवश्यक वायु} = \frac{100[0.5(H+Co)+2CH_4)}{21} \text{ मीटर}^3 \text{ वायु}$$

यहाँ H= 0.45 मीटर^3, $CH_4 = 0.3$ मीटर^3, Co = 0.1 मीटर^3

$$\text{आवश्यक वायु} = \frac{100[0.5(0.50+0.1)+2\times 0.25]}{21}$$

$$= 3.59 \text{ मीटर}^3$$

एनरोबिक या अवायवीय पाचन की क्रियाविधि (Working of Anaerobic Digester)—अवायवीय पाच
अवायवीय अपघटन की प्राकृतिक क्रियाओं का प्रयोग करता है।

अवायवीय पाचक (digester) एक औद्योगिक तन्त्र है जो इन प्राकृतिक क्रियाओं का प्रयोग कर अपशिष्ट पदार्थों
उपचार, बायोगैस उत्पादन जिससे विद्युत उत्पन्न की जा सकती है, ऊष्मा उत्पादन तथा मृदा उर्वरक उत्पादन में प्रयुक्त होता है।

ऐसीटिक एसिड बनाने वाले बैक्टीरिया (ऐसीटोन), मीथेन बनाने वाले जीव (मीथेनोजेन) तथा अन्य बहुत से सूक्ष्म
इस प्रक्रिया को प्रभावित करते हैं। ये सभी मिलकर बहुत-सी रासायनिक क्रियाओं के फलस्वरूप बायोमास को बायोगैस
परिवर्तन करते हैं।

इस प्रक्रिया के चार मुख्य चरण निम्नलिखित हैं—

(a) हाइड्रोलिसिस (Hydrolysis)
(b) ऐसिटोजेनेसिस (Acetogenesis)
(c) एसिडोजेनेसिस (Acidogenesis)
(d) मीथेनोजेनेसिस (Methanogenesis)

इस सम्पूर्ण क्रिया को निम्न समीकरण से दर्शाया जा सकता है जिसमें ग्लूकोज (कार्बनिक पदार्थ) को अवायवीय सूक्ष्मजीवों द्वारा कार्बन डाई-ऑक्साइड व मीथेन में बदल दिया जाता है।

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 3CO_2 + 3CH_4$$

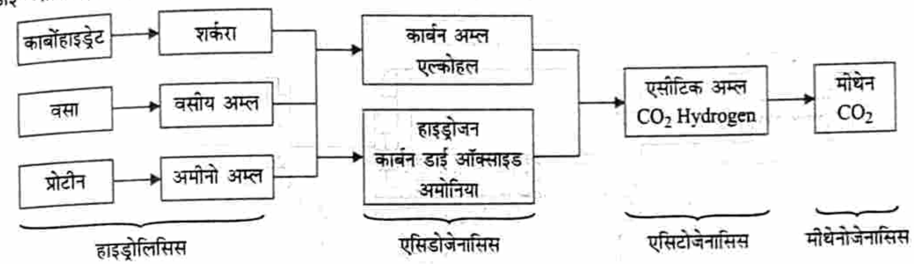
(Amino acid) **(Fatty acid)**

हाइड्रोलिसिस (Hydrolysis)—इसके द्वारा जटिल कार्बन अणुओं को सामान्य शर्करा, एमिनो अम्ल व वसीय अम्ल में विभाजित कर दिया जाता है। प्रथम चरण में उत्पन्न एसीटेट (acetate) व हाइड्रोजन को सीधे मीथेनोजेनेसिस (methanogenesis) को भी दिया जा सकता है।

एसिडोजेनेसिस (Acidogenesis)—इस प्रक्रिया में एसिडोनिक बैक्टीरिया द्वारा वाष्पशील वसीय अम्ल (volatile fatty acids) अमोनिया, कार्बन डाई-ऑक्साइड, हाइड्रोजन सल्फाइड व अन्य पदार्थ प्राप्त होते हैं।

ऐसिटोजेनेसिस (Acetogenesis)—इस प्रक्रिया में एसिडोजेनेसिस चरण में उत्पन्न अणुओं का ऐसीटोजेन (acetogen) के द्वारा ऐसीटिक एसिड, कार्बन डाई-ऑक्साइड व हाइड्रोजन का अधिक मात्रा में उत्पादन होता है।

मीथेनोजेनेसिस (Methanogenesis)—इस प्रक्रिया में उपरोक्त चरणों में उत्पन्न उत्पादों मीथेन, कार्बन डाई-ऑक्साइड व जल इत्यादि में परिवर्तन किया जाता है।



चित्र 3.9

अवायवीय पाचन के लाभ

1. ग्रीन हाउस गैसों का उत्सर्जन कम होता है।
2. पर्यावरण संरक्षण में सहायक।
3. ग्लोबल वार्मिंग (global warming) में कमी।
4. अपशिष्ट जल का BOD कम हो जाता है।
5. मीथेन उत्पादन
6. विद्युत उत्पादन

विभिन्न प्रकार के बायोगैस उत्पादन प्लांट (Different Types of Biogas Generating Plant)

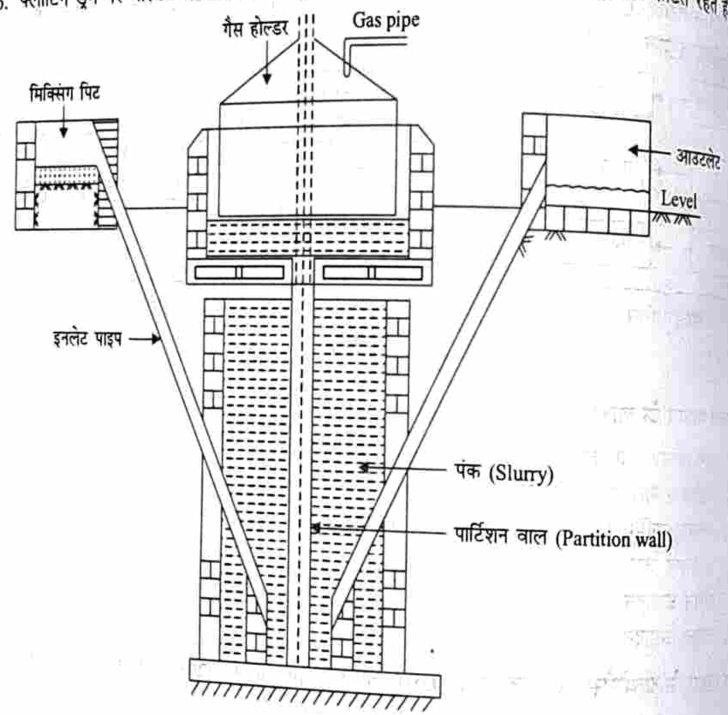
बायोगैस प्लांट के अनेक मॉडल आज उपलब्ध हैं। संरचना तथा क्रियाविधि के अनुसार बायोगैस संयन्त्रों को कई भागों में विभाजित किया गया है। मुख्यत: इनको दो भागों में बाँटा जाता है। प्रथम चल ड्रम टाइप (movable drum type), द्वितीय स्थिर डोम टाइप (fixed dome type)। इनको क्रमश: खादी ग्रामीण उद्योग कमीशन मॉडल या परम्परागत मॉडल तथा जनता मॉडल या दीनबन्धु मॉडल नाम से भी जाना जाता है। इसके अलावा इनको सतत् (continuous type) व बैच टाइप (batch type) में भी विभाजित किया जा सकता है। सतत् (continuous) प्रकार के संयन्त्रों में गैस की सप्लाई निरन्तर होती रहती है।

चल ड्रम टाइप (Movable Drum Type)—इसको फ्लोटिंग डोम टाइप बायोगैस संयन्त्र (Floating Dome Type Biogas Plant) भी कहते हैं। इसमें पाचन क्रिया एक चिनाई वाले कुएं (masonry well) में होती है। इसका ड्रम

तैरने वाला होता है जिसमें गैस एकत्र होती है और इसके शीर्ष से बाहर निकल जाती है। इसका गैस होल्डर M.S. (... Steel) प्लेटों का बना होता है, यदि इसको लगातार लेपित (paint) न किया जाए तो इसका क्षरण (corrosion) ... है। इस समस्या को दूर करने के लिए उच्च घनत्व पॉलिएथिलीन (high density polyethylene), फैरो सीमेन्ट ... किया जा सकता है। इस मॉडल में ड्रम सबसे महँगा कम्पोनेट होता है।

लाभ

1. इसमें मलझाग (scum) बनने से उत्पन्न कठिनाईयाँ कम होती हैं।
2. गैस दाब निरन्तर बना रहता है।
3. गैस के साथ ऑक्सीजन मिलने और विस्फोटक मिश्रण बनने का खतरा कम होता है।
4. गैस लीकेज की समस्या नहीं होती।
5. गैस उत्पादन अधिक होता है।
6. फ्लोटिंग ड्रम पर वेल्डित ब्रेस होते हैं जो घूमती हुई क्रिया करके मलझाग (scum) को काटते रहते हैं।



चित्र 3.10

हानियाँ

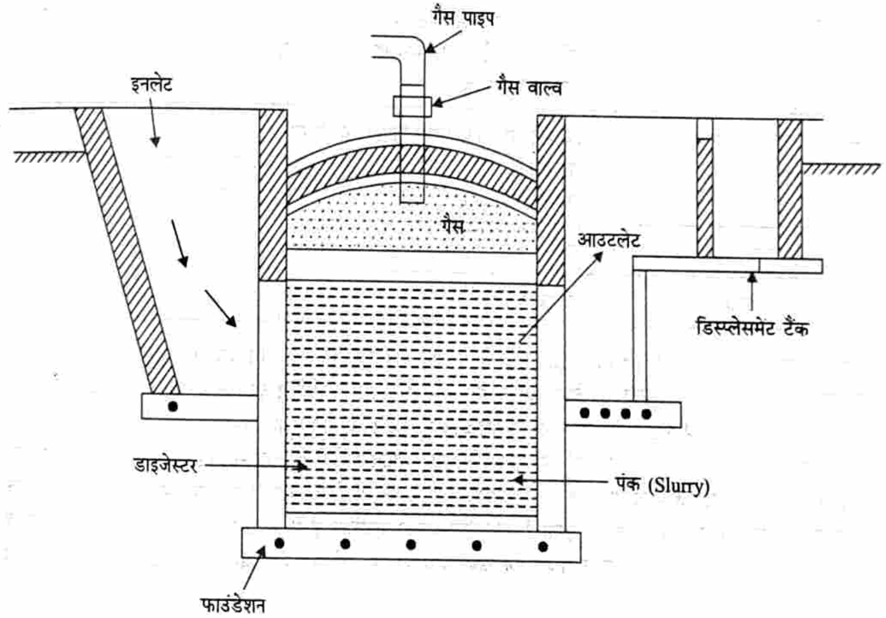
1. अधिक लागत होती है।
2. मरम्मत लागत अधिक होती है।
3. गैस होल्डर के कारण ऊष्मा हानि होती है।
4. फ्लैक्सिबल पाइप जो गैस होल्डर को मेन गैस पाइप से जोड़ती है, अक्सर बदलनी पड़ती है क्योंकि यह ... अल्ट्रावायलेट किरणों से प्रभावित होकर शीघ्र खराब हो जाती है।

फिक्स्ड डोम टाइप बायोगैस संयन्त्र (Fixed Dome Type Biogas Plant)—यह संयन्त्र सर्वप्रथम चाइना में विकसित किया गया था। इसलिए इसे चाइनीज मॉडल भी कहते हैं। इसमें अलग गैस होल्डर की आवश्यकता नहीं होती, कुएँ का ऊपरी भाग ही गैस होल्डर का काम करता है। इस मॉडल में कुएँ में प्राय: (digester) के ऊपर एक मुख्य छिद्र होता है। इनलेट व आउटलेट कुएँ के मध्य भाग से जुड़े होते हैं। कुएँ के ऊपरी भाग में बायोगैस का भण्डारण (storage) होता है। जब गैस उत्पन्न होती है तब कुएँ का उपस्थित द्रव का लेवल गिर जाता है तथा आउटलेट में दाब बढ़ जाता है। आउटलेट व द्रव स्तर में उपर्युक्त ऊँचाई रखकर गैस का दाब एक बड़ी रेंज (range) तक बदला जा सकता है।

इस प्लांट को भारत में वर्ष 1978 में लखनऊ के रिसर्च व एक्शन डिवीजन द्वारा तैयार किया गया। जिसे जनता मॉडल भी कहते हैं।

लाभ

1. अपेक्षाकृत कम लागत होती है क्योंकि केवल सीमेन्ट का प्रयोग होता है स्टील का नहीं।
2. इसकी आयु अधिक होती है।
3. इसमें कोई चल भाग (moving part) नहीं होता। अत: मरम्मत लागत निम्न होती है।
4. फ्लोटिंग डोम से अधिक गैस उत्पादन होता है।
5. क्योंकि यह भूमिगत संयन्त्र है। अत: हीट इन्सुलेशन अच्छा होता है तथा दिन व रात में समान रूप से गैस उत्पादन होता है।



चित्र 3.11 जनता मॉडल (फिक्सड ड्रोम टाइप) बायोगैस संयन्त्र।

हानियाँ

1. दक्ष कारीगरों की आवश्यकता होती है।
2. गैस दाब बदलता रहता है।

3. मलझाग (scum) से समस्याएँ उत्पन्न होती हैं।

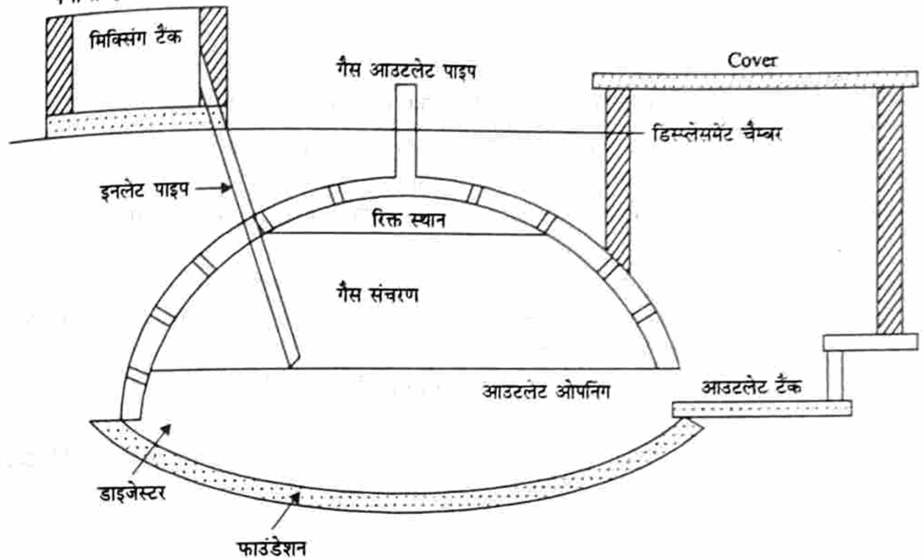
फिक्सड डोम और चल डोम प्रकार के बायोगैस प्लांट में तुलना

S.No.	Aspects	Fixed dome type plant	Movable drum type plant
1.	पदार्थ प्रयोग	ईंट, सीमेण्ट, रेत, स्टील, और लाइम	कंक्रीट, ईंट, रेत, लाइम और स्टील
2.	कास्ट फैक्टर	ईंट और सीमेण्ट	ईंट, सीमेण्ट और स्टील
3.	कीमत	कम कीमती	अधिक कीमती
4.	प्रणाली प्रयोग	रेगुलर फिलिंग और अरेगुलर डिस्चार्ज	रेगुलर फिलिंग और रेगुलर डिस्चार्ज
5.	फीड स्टोक	कृषि waste, दूसरे कार्बनिक पदार्थ, मनुष्यों और पशुओं के waste	मनुष्यों और पशुओं के wastes के (Chopped) कृषि के waste
6.	Digestion period	30-60 दिन	40-60 दिन
7.	गैस टाइटनैस	गैस टाइटनैस के लिये गैस स्टोरेज डोम को स्पेशल ट्रीटमेण्ट की आवश्यकता होती है और समय-समय पर पेन्ट करना पड़ता है।	ऐसी कोई समस्या नहीं आती है।
8.	थर्मल इन्सुलेशन	जमीन के नीचे कन्सट्रक्शन के कारण तापमान और ऊष्मा इन्सुलेशन एक समान होता है।	Digester heat गैस होल्डर से निकलती है इसलिए ठण्डे इलाकों के लिये कम उपयुक्त है।
9.	मरम्मत	कम	अधिक
10.	गैस दाब	वैरियबल	नियत

जनता बायोगैस प्लांट (Janta Biogas Plant)—यह चाइनीज फिक्सड डोम बायोगैस प्लांट का विकसित रूप है। इसे पूर्व चित्र में दर्शाया गया है। इसका डाइजेस्टर बेलनाकार आकार में ईंटों व सीमेन्ट का बना होता है। यह पंक (slurry) को बायोगैस उत्पन्न होने तक रोके रखता है। फलस्वरूप डाइजेटर में पंक से बायोगैस का उत्पादन होता है। डोम की संरचना स्थान से ऊपर होती है। इसके ऊपरी भाग में गैस आउटलेट पाइप फिक्स होती है जहाँ से लाइन को आगे ले जाया जाता है। इनलेट व आउटलेट बड़े साइज के बनाए जाते हैं। यह डाइजेस्टर के प्रत्येक दोनों साइड़ों पर आमने-सामने बने होते हैं। पंक विसर्जन प्लांट के बाहर गैस दाब के कारण होता है जो उसके अन्दर एकत्रित होती है। गैस का संग्रह गैस स्थान में होता है। डोम व डाइजेस्टर के मध्य होता है। इनलैट पोर्शन के ऊपर एक इनलैट मिक्सिंग टैंक बना होता है जिसमें गोबर व जल का मिश्रण तैयार होता है।

दीनबन्धु बायोगैस प्लांट (Deenbandhu Biogas Plant)—यह भी एक फिक्सड डोम टाइप प्लांट है। इसका विकास 1948 में एक्शन फार फूड प्रोडक्शन (AFPRO) नई दिल्ली द्वारा किया गयाा था। यह सभी प्रकार के अपशिष्ट पदार्थों हेतु उपर्युक्त होता है तथा इनलेट चैम्बर से होने वाली बायोगैस हानियों को कम कर देता है। इसकी लागत भी निम्न होती है। यह जनता मॉडल के समान ही होता है किन्तु इसकी इनलैट व डाइजेस्टर बनावट में अन्तर होता है। आजकल इसने जनता मॉडल का स्थान ले लिया है।

- प्लांट की फाउंडेशन एक गोलाकार शेप (spherical shape) के खण्ड (segment) आकार की होती है। इस फाउंडेशन की परिधि पर डोम आकार का डाइजेस्टर बनाते हैं जिसका आधार व्यास उसके बराबर ही होता है।
- पाचन के बाद पंक (slurry) फाउंडेशन के ऊपरी भाग में स्थित आउटलेट पोर्सन में चला जाता है। एस्बेस्टस सीमेन्ट की एक पाइप इनलैट के लिए प्रयोग की जाती है। जोकि आउटलेट ओपनिंग के ठीक सामने संयोजित होती है, जिससे कि फ्रेश मैटीरियल के साथ डाइजेस्टिड स्लरी का टकराव न होने पाए।
- इनलैट पाइप को डाइजेस्टर वाल में ही फिक्स कर दिया जाता है। आउटलेट का आयतन कुछ अधिक रखा जाता है। गैस का दाब जो डिस्प्लेस्ड स्लरी (displaced slurry) के भार पर पड़ता है, इसे आउटलेट में धकेलने के लिए पर्याप्त होता है।



चित्र 3.12 दीनबन्धु मॉडल।

बायोमास के लाभ (Advantages of Biomass)

1. यह एक रियुनेबल (Renewable) ऊर्जा का स्रोत है।
2. इसमें कण्डेन्सड कार्बन, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के अणु होते हैं।
3. Waste से प्राप्त ईथनॉल को बायो फ्यूल के रूप में प्रयोग कर सकते हैं।
4. Waste disposal की समस्या कम होती है।
5. Rural development is encouraged.
6. बायोमास के कम्बशचन (combustion) से प्रदूषण तत्वों का प्राय: कम होता है।
7. Commercial use of biomass may avoid or reduce the problems of waste disposal in other industries.
8. Use of biogas plant, apart from supply of clean gas, also leads to improved sanitation better hygienic condition in rural areas.
9. The varying capacity can be installed and any capacity can be operated.

बायोमास की हानियाँ (Disadvantages of Biomass)

1. दूसरे फोसिल फ्यूल (fossile fuel) की अपेक्षा कम थर्मल कन्टेंट होते हैं।
2. अधिक नमी वाले कन्टेट अधिक होते हैं।
3. इसमें प्राय: कम ऊर्जा घनत्व होता है।
4. सभी स्थानों के लिये उपयुक्त नहीं होते हैं।
5. इसकी क्षमता बायोमास की उपलब्धता पर होती है जो वैरियेबल लोड के लिये उपयुक्त नहीं होती है।
6. ट्रांसपोर्टेशन कीमत अधिक होती है।
7. It is also labour-intensive and the last of collecting large qualities for comme[rcial] application is significant.
8. Feeding difficulty in the system.

बायोमास के पर्यावरणीय प्रभाव (Environmental Impacts of Biomass)

1. To utilize large amount of land and water resources are required.
2. Harnessing biomass causes soil erosion and water run off.
3. Significant nutrient loss will be incurring by harvesting the crop residues for biom[ass] energy.
4. Energy crop plantation will change the habitat and food source of wildlife.
5. Biomass conversion will cause air pollution, organic emissions, water pollut[ion], household hazards (fire), occupational hazards.
6. Shift in employment and increase in health problem and safety.
7. The removal of trees affects wild life generation.
8. The plantation for fast growing trees reduces the diverting of vegetation and habit[at of] many wildlife species.

बायोगैस उत्पादन में प्रयुक्त पदार्थ (Materials used for Biogass Production)

1. पशुओं के उत्सर्जित पदार्थ (Animal waste)—पशुओं का गोबर, मल-मूत्र, बकरी और मुर्ग ड्रापिक्स, स्ल[ॉटर] हाउस वेस्ट, पिगरी लैदर और वुड वेस्ट।

2. मानव उत्सर्जित पदार्थ (Human waste)—कूडा करकट, मल-मूत्र तथा अन्य प्रकार के मानव उत्सर्जित पदा[र्थ]

3. कृषि वेस्ट (Agriculture waste)—जलीय तथा स्थानीय खरपतवार, घास-फूस, जंगली बूटी आदि फल [व] सब्जियों का वेस्ट, फसल की ठूठ, चाय और काफी का वेस्ट आदि।

4. औद्योगिक वेस्ट (Industrial waste)—शूगर फैक्ट्री, पेपर आदि का वेस्ट।

MINISTRY OF NEW AND RENEWABLE ENERGY

(BIO-ENERGY TECHNOLOGY DEVELOPMENT GROUP- BGFP)*******

The first Biogas Bottling Plant towards Commercialization in India – A Success Story

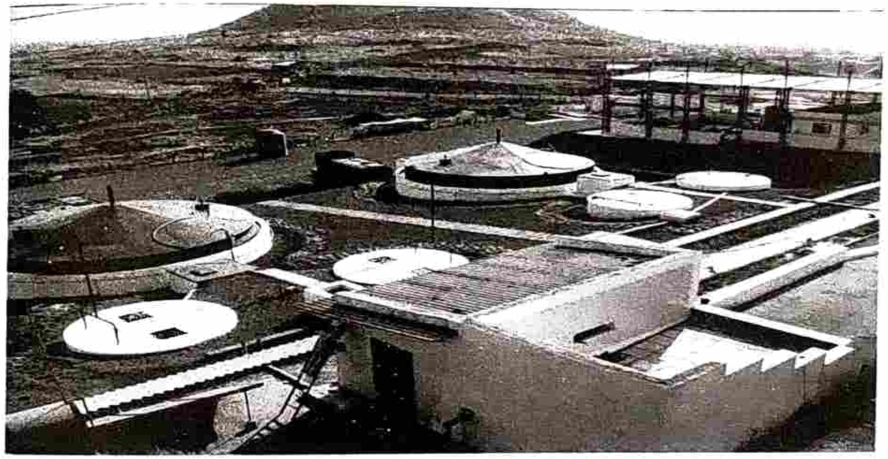
Keeping in view the energy shortage in the country there is a need to tap biomas[s] resources such as cattle dung, kitchen waste, agricultural waste etc for generation of biog[as] through the involvement of entrepreneurs and industries to set up decentralised biogas bas[ed] energy infrastructure in the country, at the potential sites where biomass available is plenty.

Under technology demonstration of new RDD&D Policy of Ministry of New and Renewable Energy (MNRE), the Ministry took up a new initiative for bottling of biogas to demonstrate an Integrated Technology-package in entrepreneurial mode on medium size mixed feed biogas-fertilizer plants (BGFP) for generation, purification/enrichment, bottling and piped distribution of biogas. Installation of such plants aims at meeting stationary and motive power, cooling, refrigeration and electricity needs in addition to cooking and heating requirements. There could be a huge potential of installation of medium size biogas-fertilizer plants in the country. Under the demonstration phase, the Ministry is providing a central financial assistance from 30-50% of the cost (excluding cost of land) for a limited number of such projects for implementation following an entrepreneurial mode on Built, Own and Operate (BOO) and re-imbursement basis.

The proposals are proposed to be evaluated by experts and considered by Technology Demonstration Appraisal Committee of the Ministry. Recommended projects are to be implemented, operated and owned by the concerned industries/entrepreneurs/project developers.

A 500 cum biogas generation per day capacity BGFP project for generation, purification/enrichment, bottling of biogas has sanctioned by the MNRE with Rs. 50 lakh CFA during the year 2009-10 to Ashoka Biogreen Pvt. Ltd. at vill.- Talwade, Dist. – Nasik (Maharashtra).

Accordingly, the first biogas bottling plant under Technology Demonstration of new RDD&D policy of MNRE has been commissioned on 16.03.2011 after obtaining licence for filling and storage of compressed biogas in CNG cylinders from Petroleum & Explosives Safety Organization (PESO).



BGFP Project at Village–Talwade, Taluka–Trimbakeshwar, District–Nasik (Maharashtra).

The biogas generated from the plant at vill.- Talwade, Dist. – Nasik (Maharashtra) by Ashoka Biogreen Pvt. Ltd. have been purified and a purity of 98.4% methane has been achieved through test conducted by Shriram Institute for Industrial Research, Delhi (NABL). The results are given below :

RESULTS

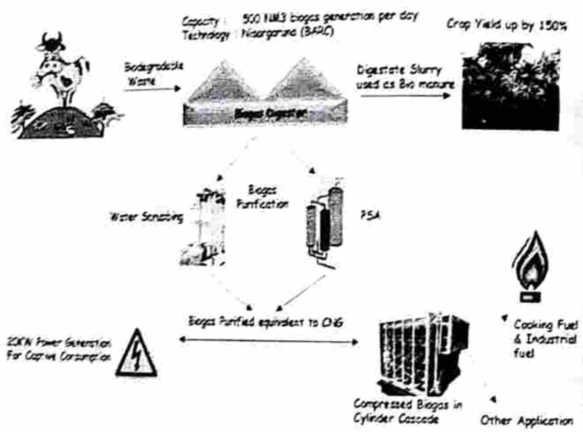
(As on dry basis except moisture)

S. No.	Parameter	Unit	Test Value	Protocol/ Method Followed
1.	Methane (CH_4)	% v/v	98.4	GC-FID
2.	Carbon dioxide	%v/v	1.2	IS: 13270
3.	Oxygen (O_2)	ppmv	50	Oxygen Analyzer
4.	Hydrogen Sulphide (as H_2S)	ppmv	4.3	IS: 11255 (Pt-4)
5.	Nitrogen (N_2) & other gases	%v/v	0.4	By difference (Remainder)
6.	Moisture	ppmv	44	Gravimetric, Ref. IS: 307

The purity of the enriched biogas is continuously monitored by online analyzing system alongwith calibration of analyzers. The purified biogas is equivalent / similar to CNG.

The schematic diagram of the BGFP project is given below:

The biogas generation capacity of the plant is 500 cum per day and based on NISARGRUNA (BARC) Technology. The purity of biogas is about 98% and compressed to 150-bar pressure for filling in cylinders.



Schematic Diagram of BGFP Project Installed at Ashoka Biogreen Private Limited, Village - Talvade, Taluka - Trimbakeshwar, District - Nashik (Maharashtra)

The upgraded biogas is used for power generation, cooking and industrial application. The slurry of biogas plant is being based as an organic fertilizer in their nearby agro fields. The field trials have indicated 150% growth in agro-production and substantial improvements in the quality.

The salient features of BGFP project are given below:

Particulars	Description	Remarks
Quantity processed	12.5 MT	Cow dung, agricultural waste etc.
Biogas generated	500 NM^3	
Purified/Upgraded Biogas	270 NM^3	
Purified Biogas used for captive power generation	81 NM^3	30%
Power generated	160 units	
Purified/Upgraded Biogas Filled in Cylinders at 150 bars	16 Cylinders of 9 kg each filled.	Equivalent to Rs. 5040 of CNG or Rs. 7200 of commercial LPG
Slurry / Manure	20000 Litres/day	Used as liquid fertilizer substituting chemical fertilizer worth Rs. 10000.

(Figures mentioned are on per day basis)

Secretary, MNRE visiting Biogas Purification and Bottling plant (BGFP) at village - Talwada, Taluka - Trimbakeshwar, District - Nasik (Maharashtra)C

*Source : MNRE

प्रश्नावली

1. बायोमास के अर्थ को समझाइए।
2. प्रकाश-संश्लेषण को समझाइए।
3. बायोमास के स्रोत कौन-कौन से है? समझाइए।
4. ताप अपघटन क्या है?
5. चारकोल बनाने की विधि का वर्णन कीजिए।
6. गैसीफायरों का वर्गीकरण किस प्रकार करोगे? और गैसीफायर के लाभ बताइए।
7. गैसीफायरों के अनुप्रयोग लिखो।
8. बायोमास के दहन को समझाइए।
9. एनारोबिक डाइजेशन को समझाइए।
10. बायोगैस पावर प्लांट कितने प्रकार के होते है? उनके नाम लिखिए।
11. फिक्स्ड डोम टाइप बायोगैस संयन्त्र की कार्यविधि को सचित्र लिखो।
12. दीनबन्धु बायोगैस प्लांट की कार्यविधि को समझाइए।
13. बायोमास ऊर्जा को परिभाषित कीजिए। (UPBTE 201
14. चारकोल बनाने की विधि का सचित्र वर्णन कीजिए। (UPBTE 201
15. गैसीफायर के उपयोग बताइए। (UPBTE 201
16. दीन-बन्धु बायोगैस प्लान्ट पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। (UPBTE 201
17. बायो गैस उत्पादन में प्रयुक्त होने वाले पदार्थों की सूची बनाइए। (UPBTE 201

❑

4 पवन ऊर्जा (Wind Energy)

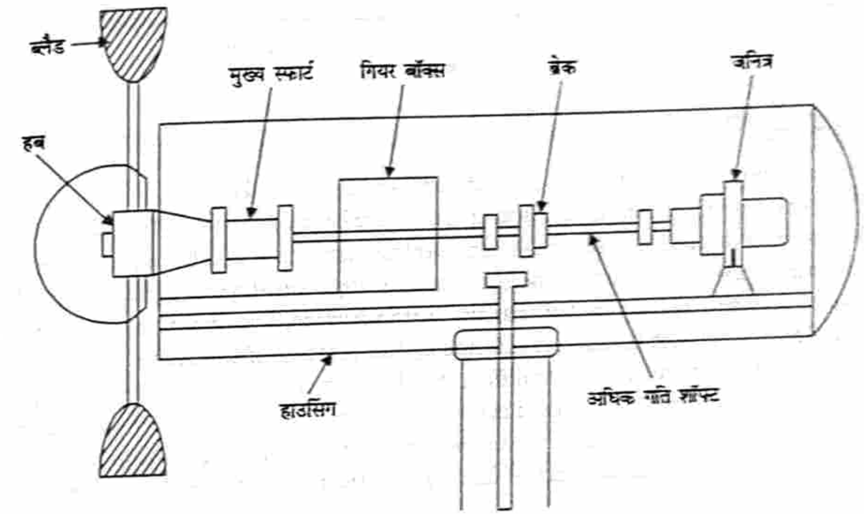
ऊर्जा के अपरम्परागत स्रोतों का एक स्रोत पवन ऊर्जा भी है। पवन ऊर्जा का उपयोग जल उत्थान (water lifting), sail vessels, grinding grain में किया जाता है। आजकल पवन ऊर्जा का उपयोग अधिक मात्रा में वैद्युत ऊर्जा उत्पन्न करने में भी किया जाता है।

पवन ऊर्जा सौर ऊर्जा का अप्रत्यक्ष रूप है जो कि पृथ्वी की सतह पर असमान तापमान के कारण उत्पन्न होती है। हवा के गतिशील रूप को पवन (wind) कहते हैं।

वैद्युत उत्पन्न करने में पवन टरबाइन (wind turbine) का उपयोग होता है जिसको पहले पवन मिल या पवन चक्की (wind mill) कहते थे।

पवन टरबाइन को सिंगल या एक ग्रुप में उपयोग किया जाता है। इनके ग्रुप को पवन फार्म (wind forms) कहते हैं।

पवन टरबाइन पवन की गतिज ऊर्जा का उपयोग करके यान्त्रिक ऊर्जा में परावर्तित करता है और पवन टरबाइन ए०सी० जनित्र से जुड़ा होता है जो वैद्युत का उत्पादन करता है। पवन टरबाइन को चित्र 4.1 में दर्शाया गया है।



चित्र 4.1 पवन टरबाइन

पवन के उत्पन्न होने के कारण

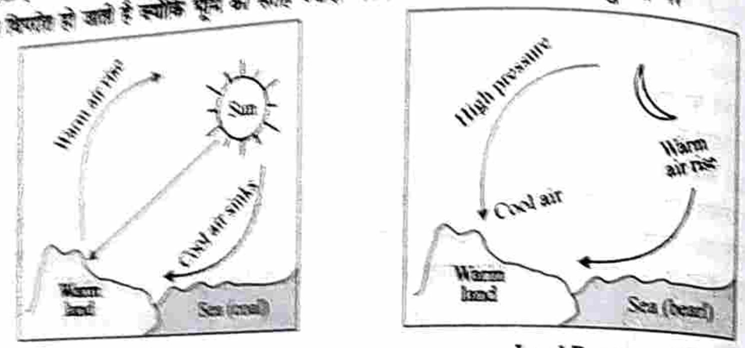
पवन को दो भागों में वर्गीकृत किया जा सकता है—प्लेनेटरी और लोकल पवन।

प्लेनेटरी पवन के उत्पन्न होने का मुख्य कारण सौर ऊर्जा द्वारा पानी की सतह का गर्म होना है। जब पृथ्वी की सतह उत्तरी या दक्षिणी ध्रुव की तुलना में equator पर अधिक गर्म होता है तो प्लेनेटरी पवन उत्पन्न होती है। इसके कारण पूर्वा

दिशा में गर्म हवा equator से ध्रुव की ओर चलती है और ठण्डी हवा पश्चिमी दिशा में ध्रुव से equator की ओर ... इन हवाओं की गति की दिशा पृथ्वी के सापेक्ष, पृथ्वी के घूर्णन से प्रभावित होती है।

लोकल हवा भूमि की अलग-अलग हीटिंग और तटीय क्षेत्रों में पानी की हीटिंग के कारण होती है। सौर विकिरण के कारण भूमि की सतह पानी की अपेक्षा ज्यादा गर्म हो जाती है। इसके कारण भूमि के ऊपर की हवा, पानी की ऊपर की हवा की अपेक्षा ज्यादा गर्म हो जाती है। पानी के ऊपर की हवा बहुत तेजी से गर्म नहीं होती है क्योंकि ऊष्मा का कुछ भाग पानी द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है और कुछ भाग पानी को वाष्पित करने में उपयोग हो जाता है।

भूमि के ऊपर की हल्की गर्म हवा ऊपर उठती है और अधिक घनत्व वाली समुद्री जल के ऊपर की ठण्डी हवा भूमि की ओर चलती है जो गर्म हवा रिप्लेस (replace) कर देती है इस कारण shore breezes बनाता है। रात के समय breeze की दिशा विपरीत हो जाती है क्योंकि भूमि की सतह ज्यादा जल्दी ठण्डी होता है पानी की तुलना में।



Sea Breeze | Land Breeze

चित्र 4.1

Causes of wind

Winds can be broadly classified as planetary and local winds.

1. Planetary winds are caused due to greater solar heating of the earth's surface near the equator as compared to solar heating near the northern or southern poles. It causes hot air to rise from equator to poles in easterly direction and the cold air from poles flows backs westerly to the equator near the earth's surface. The direction of motion of the winds with respect to earth is affected by the rotation of the earth.
2. Local winds are caused due to differential heating of land and water in coastal areas. Due to solar radiations, the land mass surface becomes hotter than the water. It causes the air above the land to heat up and becomes hotter than the air above water since it is not heated fast, because part of heat is absorbed by water and partly to evaporate water.

Lighter hot air above the land rises up and the cooler air of higher density above sea water moves towards the land to replace the hot air. It causes shore breezes. At night the direction of breeze is reversed since the landmass cools to sky more rapidly than the mass of sea water.

पवन शक्ति का सिद्धान्त (Principle of Wind Power)

पवन टरबाइन पवन की गतिज ऊर्जा को यान्त्रिक ऊर्जा में परिवर्तित कर देता है। पवन की सम्पूर्ण शक्ति पवन की गतिज ऊर्जा की दर के समान होती है।

$$\text{गतिज ऊर्जा} = \frac{1}{2} m c_i^2 \qquad ...(1)$$

m = वायु के द्रव्यमान की प्रवाह दर (kg/s)

c_i = वायु की गति (m/s),

v = वेग के साथ,

A क्षेत्रफल से, एकांक समय में प्रवाहित होने वाली वायु $= AV$

द्रव्यमान $\quad m = \rho A c_i \qquad ...(2)$

जहाँ $\quad \rho$ = वायु का घनत्व (kg/m^3)

समीकरण (2) का मान समीकरण (1) में रखने पर

$$\text{गतिज ऊर्जा} = \frac{1}{2}\rho A c_i \times c_i^2$$
$$= \frac{1}{2}\rho A c_i^3$$
$$\text{सम्पूर्ण शक्ति} = \frac{1}{2}\rho A c_i^3 \text{ वाट}$$

सम्पूर्ण शक्ति पवन गति के घनत्व पर निर्भर करती है। अर्थात् पवन गति में थोड़ा बदलाव होने पर सम्पूर्ण शक्ति में बहुत अधिक बदलाव हो जायेगा। किसी निश्चित स्थान पर वायु का घनत्व, वातावरण के दाब और तापमान पर निर्भर करते हैं।

पवन चक्की का रोटर, सामान्यतया वृत्ताकार होता है। जिसका व्यास D (माना) है तो क्षेत्रफल $A = \frac{\pi}{4}D^2$

$$\text{अब सम्पूर्ण शक्ति} = \frac{1}{2}\rho \times \frac{\pi}{4} D^2 \times c_i^3$$
$$= \frac{1}{2}\pi\rho D^2 c_i^2$$

साधित उदाहरण

■ **उदाहरण 1 :** 1 बॉर और 20°C पर पवन वेग 12 m/sec है। गणना करे—

1. पवन प्रवाह में कुल शक्ति घनत्व।
2. अधिकतम शक्ति घनत्व
3. A reasonable obtainable power density.
4. यदि रोटर व्याय 60 मीटर और यह 50 rpm पर चलता है तो कुल उत्पन्न शक्ति ज्ञात कीजिए।
5. अधिकतम दक्षता पर आघूर्ण और अक्षीय थ्रस्ट उत्पन्न (axial thrust produced)।

हल— $P = 1$ बॉर $= 10^5 \text{N/m}^2$

$T = 20°C = 20 + 273 = 293K$

$C_i = 12$ m/sec.

$D = 60$ m

$N = 50$ rpm, $R = 287$

हवा का घनत्व, $\quad P = \frac{P}{RT} = \frac{10^5}{287 \times 293} = 1.1892 \ \text{kg/m}^3$

(i) पवन प्रवाह में कुल शक्ति घनत्व $= \frac{P_t}{A}$

$$P_t = \frac{1}{2}\rho . A C_i^3$$

कुल शक्ति,

$$\text{कुल शक्ति घनत्व} = \frac{P_t}{A} = \frac{1}{A} \times \frac{1}{2} \times \rho \times A \times C_i^3$$

$$= \frac{1}{2}\rho \times C_i^3$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.1892 \times 12^3$$

$$= 1027.5 \text{ W/m}^2$$

(ii) अधिकतम शक्ति घनत्व $= \frac{P_{max}}{A}$

$$= \frac{8}{27} \times \frac{\rho \times A \times C_i^3}{A}$$

$$= \frac{8}{27}\rho C_i^3$$

$$= \frac{8}{27} \times 1.1892 \times 10^3 = 608.9 \text{ W/m}^2$$

(iii) Reasonable obtainable शक्ति घनत्व

माना दक्षता 30%, $\eta = 0.3$

उपलब्ध शक्ति घनत्व $= \eta \times$ कुल शक्ति घनत्व

$$= 0.3 \times 1027.5$$

$$= 308.2 \text{ W/m}^2$$

(iv) कुल शक्ति उत्पन्न, P_t

$$P_t = \frac{1}{2}\rho \times A \times C_i^3$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$D = 60 \text{ m}$$

$$P_t = \frac{1}{2} \times \rho \times \frac{\pi}{4} D^2 \times C_i^3$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.1892 \times \frac{\pi}{4} \times 60 \times 60 \times 12^3$$

$$= 2905.2 \times 10^3 \text{ Watt}$$

(v) अधिकतम आघूर्ण T_{max} और अक्षीय थ्रस्ट $(F_x)_{max}$

$$T_{max} = 60 \times \frac{2}{27} \times \frac{\rho D C_i^3}{N}$$

$$= 60 \times \frac{2}{27} \times \frac{1.1892 \times 60 \times 12^3}{50}$$

$$= 10959.7 \text{ Nm}$$

$$(F_x)_{max} = \frac{\pi}{9}\rho D^2 C_i^3$$

$$= \frac{\pi}{9} \times 1.1892 \times 60^2 \times 12^2$$

$$= 215.19 \times 10^3 \text{N}$$

$$= 215.19 \text{ KN}$$

पवन ऊर्जा के लाभ

पवन शक्ति का उपयोग नलकूप चलाने, बैटरी को चार्ज करने तथा वैद्युत के उत्पादन में किया जाता है। पवन ऊर्जा के निम्नलिखित लाभ हैं—

1. यह मुफ्त में मिलती है।
2. यह कभी समाप्त न होने वाला स्रोत है।
3. इसमें मरम्मत कीमत बहुत कम होती है।
4. वैद्युत शक्ति उत्पादन का खर्च बहुत कम है। लगभग 2.25/kwh।
5. इससे वैद्युत उत्पादन करने में पर्यावरण में प्रदूषण नहीं होता है। जैसा दूसरे तरीकों में होता है। जैसे कोयले से वैद्युत का उत्पादन।
6. इस तरीके से जो क्षेत्र रिमोट में है जहाँ अभी तक बिजली नहीं है वहाँ भी वैद्युत का उत्पादन किया जा सकता है।
7. Wind form लगाने में अधिक भूमि की आवश्यकता होती है। लेकिन हम इस भूमि को सैनानी पार्क के रूप में विकसित कर सकते हैं।

पवन ऊर्जा की हानियाँ

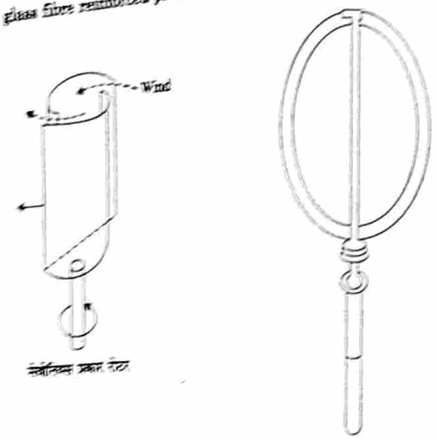
1. शक्ति का यह स्रोत असमान रहता है। कभी वायु का वेग बढ़ता है कभी घटता है तो पवन टरबाइन का आउटपुट भी वेरियेबल होता है।
2. पवन फार्म बनाने के लिए खाली समतल और वन रहित भूमि की आवश्यकता होती है।
3. पवन शक्ति तब ही मिलेगी जब पवन होगी।
4. वर्तमान में कैपिटल कोस्ट (कीमत) (capital cost) अधिक है यह लगभग प्रति मेगावाट 3.5 करोड है।
5. जब पवन चक्की चलती है तो वहाँ पर बहुत शोर होता है।
6. अधिकतम शक्ति $P_{max} = \frac{8}{27}\rho A C_i^3$ होता है जिसकी क्षमता 59.26% होती है। लेकिन वास्तविक में यह क्षमता बहुत कम होती है। लगभग 35% से 40% तक।

Propeller type or multi bladed क्षैतिज अक्ष पवन चक्कियों को चित्र में दर्शाया गया है। इनमें रोटर के अक्ष की दिशा को क्षैतिज अक्ष की दिशा में रखा जाता है और इसको इस प्रकार व्यवस्थित किया जाता है कि पवन की दिशा इस अक्ष के समान्तर पड़े।

सामान्यत: propeller type पवन चक्कियाँ, दो ब्लेड और तीन ब्लेड के साथ सबसे ज्यादा प्रयुक्त की जाती हैं। क्योंकि इस प्रणाली की कीमत बहुत कम होती है। दो ब्लेड प्रणाली कम कीमत की तो होती है लेकिन इसमें कम्पन्न होते हैं जब यह पवन की दिशा में होता है। आजकल यह प्रणाली 2MW to 3MW की क्षमता की भी बनने लगी है। वरना तीन ब्लेड

डिजाइन को पसन्द किया जाता है क्योंकि इसमें रोटर सन्तुलित रहता है। यह 15 kW से लेकर 3 MW तक की क्षमता ... युक्ति तैयार की जाती है।

ब्लेड बनाने में glass fibre reinforced plastic पदार्थ का प्रयोग किया जाता है।



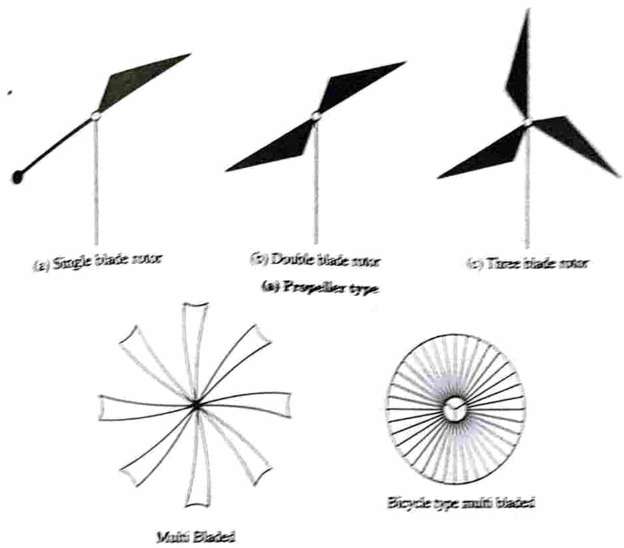
चित्र 4.2 ऊर्ध्व अक्ष पवन टरबाइन

पवन चक्कियों का वर्गीकरण (Classification of Wind Mills)

पवन चक्कियों का निम्न प्रकार वर्गीकरण किया जा सकता है—

1. रोटर की अक्ष की दिशानुसार (According to the direction of rotor axis)
   (a) क्षैतिज अक्ष (Horizontal axis)
   (b) ऊर्ध्व अक्ष (Vertical axis)
2. रोटर के प्रकारानुसार (According to type of rotor)
   (a) Propeller type (Horizontal axis)
   (b) Multiple blade type (Horizontal axis)
   (c) Savonius type (Vertical axis)
   (d) Darrieus type (Vertical axis)
3. साइज के अनुसार (According to Size)
   (a) लघु स्तर (Low level) (2 kW तक)
   (b) मध्यम स्तर (Medium level) (2 से 100 kW तक)
   (c) बृहद् स्तर (High level) (100 kW से अधिक)

विभिन्न प्रकार की पवन टरबाइन (Different types of wind turbine)



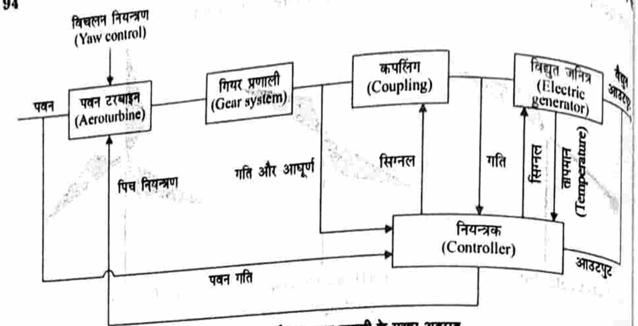
चित्र 4.3

परिभाषाएँ (Basic Definitions)

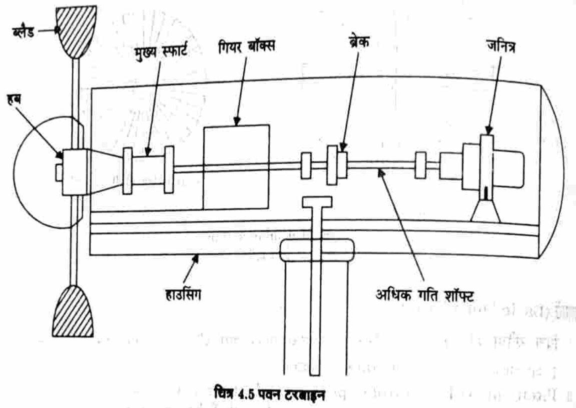
1. **पिच कोण (Pitch Angle) :** Angle between the direction of wind and direction perpendicular to the planes of blades.
2. **Pitch control :** Control of pitch angle by turning the blades.
3. **Tip Speed Ratio :** Tip speed ratio = $\frac{\text{Speed of the rotor tip}}{\text{Speed of the wind}}$
4. **Hub :** Central solid parts of the wheel.
5. **Propeller :** Revolving shaft with blades.
6. **Yaw control :** Control of orienting the axis of wind turbine in the direction of wind.

पवन ऊर्जा रूपान्तरण प्रणाली (Wind Energy Conversion System)

हम जानते हैं कि पवन में ऊर्जा उसकी गति से मिलती है। पवन ऊर्जा रूपान्तरण प्रणाली के अवयवों को हम ब्लॉक आरेख से प्रदर्शित कर सकते हैं।



चित्र 4.4 पवन ऊर्जा रूपान्तरण प्रणाली के मुख्य अवयव



चित्र 4.5 पवन टरबाइन

रोटर (Rotor)—पवन टरबाइन गतिशील पवन की ऊर्जा को यान्त्रिक ऊर्जा में बदलता है। ये टरबाइन सामान्यतः ... संचालन के लिये पिच नियन्त्रण और विचलन नियन्त्रण होती है। जैसे ही पवन की दिशा बदलती है तो टरबाइन भी ... ऊर्ध्वाधर अक्ष या विचलन अक्ष पर घूमती है जिससे टरबाइन ब्लेड पवन में रहे छोटी पवन मशीनों में विचलन नियन्त्रण ... वेन (Tall vane) के द्वारा किया जाता है। जबकि बड़ी मशीनों में यह कार्य सर्वोमकेनिजम जिससे पवन दिशा सेंसर की ... से किया जाता है। नियन्त्रक पवन गति, दिशा शाफ्ट गति और आघूर्ण, वैद्युत शक्ति आउटपुट और वैद्युत जनित्र के तापमान ... सेंस करता है। पवन टरबाइन के इनपुट और जनित्र के आउटपुट की मैचिंग प्रोपर (proper) रहे इनके लिए इन तत्वों ... सेंसिंग की आवश्यकता होती है। विचलन नियन्त्रण केवल क्षैतिज अक्ष मशीनों में ही किया जाता है। गियर प्रणाली और कपलिंग ... का प्रयोग यान्त्रिक ऊर्जा को संचालित करने के लिए किया जाता है।

जनित्र (Generator)—हम जानते हैं कि जनित्र पवन टरबाइन की यान्त्रिक ऊर्जा को वैद्युत ऊर्जा में बदलता है। सामान्यतः इन्डक्शन जनित्र, डी०सी० जनरेटर और तुल्यकारी जनरेटर का प्रयोग करते हैं। जनरेटर का चयन शर्तों पर निर्भर करता है। इन्डकशन जनरेटर का तुल्यकारी जनरेटर की तुलना में संचालन, नियन्त्रण और मरम्मत में आसान होता है। तुल्यकारी जनरेटरों को एल्टरनेटर भी कहते हैं जो बड़े WECS के लिये उपयुक्त होते हैं। ये एक निश्चित विभव और आवृत्ति पर शक्ति का उत्पादन करते हैं। जनरेटर एक नियत गति पर चलते हैं। इस गति को तुल्यकारी गति (Synchronous speed (Ns)) कहते हैं। ये जनरेटर अधिक जटिल होते हैं।

नियन्त्रक (Controller)—बड़े WECS प्रणालियों में रिलायेबल और वर्सेटाइल नियन्त्रण प्रणाली की आवश्यकता निम्न कार्यों के लिये होती है—

1. The orientation of the rotor and control of speed.
2. Start up and cut-in of the equipment.
3. Shut down and cut out of the equipment.

पवन गति जिस पर पवन टरबाइन शॉफ्ट को शक्ति डिलीवर करना प्रारम्भ कर दे उसे cut in speed कहते हैं। प्री० साइस नियन्त्रण के लिये सेंसर, रिले, लॉजिक माड्यूल, एनालोग सर्किट, माइक्रोप्रोसेसर आदि के कम्बिनेशन की आवश्यकता होती है। सेंसर, यान्त्रिक, वैद्युत या pneumatic भी हो सकते हैं।

पवन शक्ति प्लांट के प्रकार
(Types of Wind Power Plants)

सामान्यतः पवन शक्ति प्लांट दो प्रकार के होते हैं—

1. क्षैतिज अक्ष पवन चक्कियाँ।
2. ऊर्ध्व अक्ष पवन चक्कियाँ।

क्षैतिज अक्ष पवन चक्कियों में, इस प्रकार की मशीनों में अक्ष का घूर्णन पवन की दिशा के समान्तर होता है। आजकल दो ब्लेड या तीन ब्लेड वाली रोटर बहुत अधिक प्रयोग किये जाते हैं।

ऊर्ध्व अक्ष पवन चक्कियों में, अक्ष का घूर्णन पवन की दिशा के लम्बवत् होता है। ऊर्ध्व-अक्ष पवन चक्कियों को सस्ती और कम स्ट्रक्चर सपोर्ट की जरूरत होती है। क्योंकि भारी भाग मैदान में लगा होता है इन को क्रास पवन अक्ष मशीन भी कहते हैं।

पवन शक्ति प्लाण्ट को निम्न प्रकार वर्गीकृत किया जा सकता है—

1. लघु पवन शक्ति प्लाण्ट (10–50 kW और रोटर व्यास 1–16 m)
2. माध्यम पवन शक्ति प्लाण्ट (50–500 kW और रोटर व्यास 16–50 m)
3. वृहद् पवन शक्ति प्लाण्ट (500–5000 kW और रोटर व्यास 50–130 m)

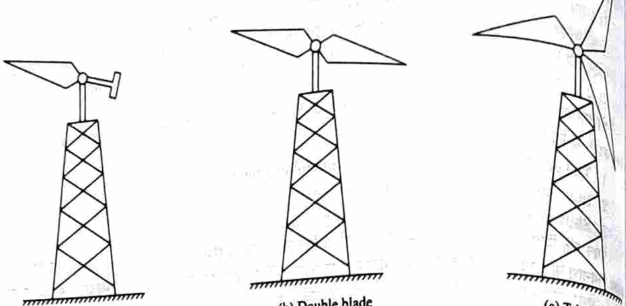
1. क्षैतिज अक्ष पवन टरबाइन जनरेटर (Horizontal axis wind turbine generator)

क्षैतिज अक्ष पवन टरबाइन एकल ब्लेड, द्वि ब्लेड और त्रि-ब्लेड प्रकार की होती हैं। इस प्रकार की क्षैतिज अक्ष पवन टरबाइन को चित्र में दर्शाया गया है।

प्रोपलर दो प्रकार की होती हैं—

1. Up wind type.
2. Down wind type.

एकल ब्लेड पवन टरबाइन का रोटर हल्का होता है और ब्लेड का वजन भी कम होता है और लम्बाई 15 m से 25 m तक होती है। इतने बड़े ब्लेड को ब्लेड करने के लिए काउण्टर वजन का उपयोग किया जाता है। वरना गुरुत्वीय बल के कारण ब्लेड मुड जायेंगे। एकल ब्लेड क्षैतिज अक्ष पवन टरबाइन में और पवन की दिशा में बदलाव downward प्रकार में अधिक उपयोग होती है।

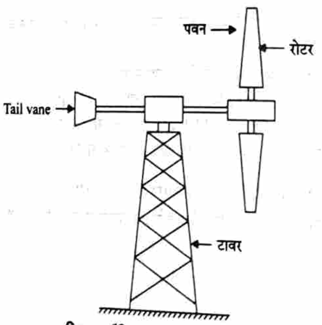


(a) Single blade (b) Double blade (a) Triple blade

चित्र 4.6 क्षैतिज अक्ष प्रोपाइलर टाइप पवन टरबाइन जनित्र यूनिट।

द्वि ब्लेड क्षैतिज अक्ष पवन टरबाइन में दो ब्लेड होते हैं। इस प्रकार के डिजाइन में कम्पन्न की समस्या आती है। अधि तेज हवा में ऊपर वाले ब्लेड पर अधिक बल और नीचे वाले पर कम बल लगता है दोनों ब्लेड पर लगने वाले बल के अन्त के कारण रोटर अत्यधिक कम्पन्न महसूस करता है जो needle की दिशा के दौरान रोटर को घूमने नहीं देता है।

त्रि-ब्लेड क्षैतिज अक्ष पवन टरबाइन में तीन ब्लेड होते हैं। इस प्रणाली में teethering नियन्त्रण की आवश्यकता नहीं होती है। ब्लेड लम्बे और हब पर लगे होते हैं और शाफ्ट बैरिंग पर लगी होती है। जनित्र की गति के समान टरबाइन की गति करने के लिए गियर बॉक्स का प्रयोग किया जाता है। जनित्र टरबाइन बैटिंग इत्यदि nacelle में जुड़े होते हैं। Nacelle की स्थिति पवन की दिशा के अनुसर स्वयं बदल जाती है।



चित्र 4.5 क्षैतिज अक्ष इन्ड टरबाइन।

त्रि-ब्लेड डिजाइन में कम्पन्न की समस्या नहीं होती है। इस प्रकार की क्षैतिज अक्ष पवन टराबाइन छोटे और बड़े आका में बनते हैं।

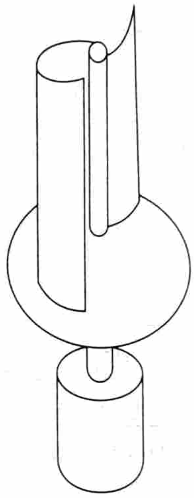
2. ऊर्ध्व अक्ष पवन टरबाइन जनरेटर (Vertical axis wind turbine generator)

इस प्रणाली को क्रॉस पवन अक्ष मशीन भी कहते हैं। यहाँ अक्ष का घूर्णन पवन की दिशा के लम्बवत् होती है। ऊर्ध्व अक्ष पवन टरबाइन वजन में हल्की और कीमत में कम होती हैं। ये एकल दिशीय होती हैं और रोटर को सपोर्ट करने के लिए भारी शॉफ्ट की आवश्यकता नहीं होती है। एकल दिशीय होने के कारण हवा की दिशा में रोटर अक्ष को करने के लिए *Yaw* नियन्त्रण की आवश्यकता नहीं होती है। इस प्रणाली में जनित्र को टॉवर के पास नीचे रखा जाता है। इस प्रणाली में Nacelle की भी आवश्यकता नहीं होती है।

ऊर्ध्व अक्ष पवन टरबाइन दो प्रकार की होती है—

1. सेवोनियस 2. डेरियस।

1. सेवोनियस टरबाइन (Savonius Turbines)—इस प्रकार की टरबाइन को ऊपर से देखने पर यह 'S' आकार की दिखायी देता है। यह एक सरल मशीन है जिसका आविष्कार सन् 1929 में एस०जे० सेवोनियस ने किया तथा यह मशीन कम पवन वेग पर कार्य करती है। लेकिन यह अधिक बल आघूर्ण देता है जिसको चित्र में दर्शाया गया है। यह दो S-आकार की धातु की हवादार फोइल की बनी होती है। जोकि ऊपर और नीचे वृत्तीय प्लेट से जुड़े होते हैं। इस प्रकार की टरबाइन हवा के किसी भी दिशा में चलने पर घूमते हैं। ये स्वत: स्टार्ट, कम गति और कम दक्षता वाले होते हैं। टिप गति और पवन गति का अनुपात 1 से 2 तक होता है। ये Self Start होता है।



चित्र 4.6 सेवोनियस टरबाइन।

लाभ

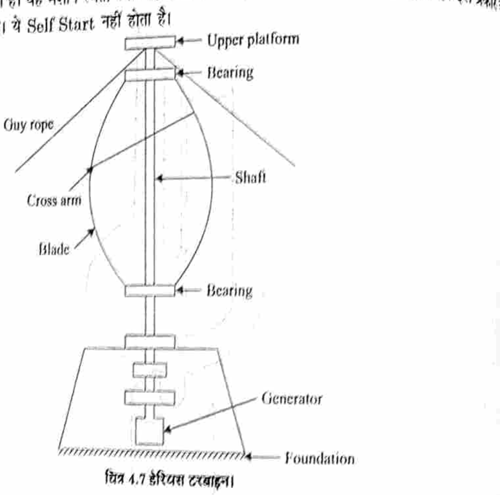
1. पवन की कम गति होने पर भी यह टरबाइन कार्य करती है।
2. Yaw और Pitch नियन्त्रण की आवश्यकता नहीं होती है।

3. जनित्र को जमीन पर ही लगाया जाता है।
4. दूसरे टरबाइन की अपेक्षा इसका वजन कम होता है।
5. कीमत भी कम होती है।

यह grinding grains, pumping water and many other tasks, like winnowers, blowers, bird carvers etc.

डेरियस टरबाइन (Darrieus Turbines)

डेरियस टरबाइन का आविष्कार 1920 में फ्रांस में हुआ था। यह भी ऊर्ध्व अक्ष प्रकार की टरबाइन होती है। इस टरबाइन में ऊर्ध्व ब्लेड होते हैं। यह हवा के अन्दर और बाहर निकलने पर घूमते हैं। ऐरोडायनिमिक लिफ्ट का प्रयोग करने पर टरबाइन अधिक ऊर्जा पकड़ती है। यह प्रोपेलर प्रकार की पवन चक्की है। जिसमें दो या तीन पतले, वक्राकार एअर-फ्याल अनुप्रस्थ काट वाले और स्थाई कार्ड लम्बाई के होते हैं। ये ब्लेड ऊर्ध्वाधर शाफ्ट पर लगे होते हैं और ऊर्ध्वाधर अक्ष पर समान होता है। यह रोटर वक्राकार (egg beater) होते हैं। ऊर्ध्वाधर शाफ्ट खोखली और नीचे एक वाले बैटिंग पर लगी होती है। रोटर का ऊपरी भाग guy cables से सपोर्ट दिया जाता है और केबिल 350 पर लगाया जाता है। पवन के कारण एअर फ्लाड ब्लेड सेन्ट्रल शॉफ्ट पर बल लगाते हैं। यह बल जनित्र पर ट्रांसमिट किया जाता है जिससे वैद्युत शक्ति का उत्पादन किया जाता है। यह मशीन स्वत: स्पर्ट नहीं होती है और इसकी दक्षता 35% तक ही होती है। इस प्रकार के रोटर की कीमत कम होती है। ये Self Start नहीं होता है।



चित्र 4.7 डेरियस टरबाइन।

जनित्र प्रणाली और कम्बाइंड पॉवर प्लाट (Generating System and Combined Power Plant)

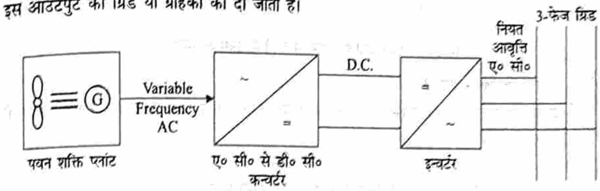
पवन टरबाइन जनरेटर पवन शक्ति को वैद्युत पॉवर में बदलती है। पवन टरबाइन गियर और जनरेटर एक साथ मिलकर एक युक्ति बनाते हैं। पवन फार्म में समान प्रकार की बहुत सारी युक्तियाँ एक साथ लगायी जाती हैं। पवन कार्य के द्वारा उत्पादित कुल शक्ति को डिस्ट्रीब्यूशन नेटवर्क में दिया जाता है। वैद्युत को उत्पादन और नियन्त्रण करने के लिये जनित्र और नियन्त्रण विधियाँ लोड डिमाण्ड, संचालन और पवन शक्ति रेटिंग के अनुसार सलेक्ट की जाती हैं। कम पवन शक्ति रेटिंग के लिये

डी०सी० जनरेटर का उपयोग किया जा सकता है। अधिक पवन शक्ति रेटिंग के लिये इन्डक्शन जनरेटर और तुल्यकारी जनरेटरों का उपयोग किया जाता है। वैद्युत जनरेशन के लिये विभिन्न प्रकार के तरीके उपलब्ध हैं। इन तरीकों को तीन भागों में विभाजित किया जा सकता है।

1. नियत गति-नियत आवृत्ति प्रणाली (Constant-speed-constant frequency system) (CSCF)
2. वेरियबल गति-नियत आवृत्ति प्रणाली (Variable speed-constant frequency system) (VSCF)
3. वेरियबल-गति-वेरियबल आवृत्ति प्रणाली (Variable speed-Variable frequency system) (VSVF)

1. नियत गति-नियत आवृत्ति प्रणाली (Constant-speed-constant frequency system) (CSCF)—नियत गति बड़े जनरेटरों और नियत आवृत्ति प्रणाली पवन कार्य के लिये आवश्यक है। पवन कार्य का आउटपुट ग्रिड या उन ग्राहकों को दिया जाता है जिन्हें नियत आवृत्ति की आवश्यकता होती है।

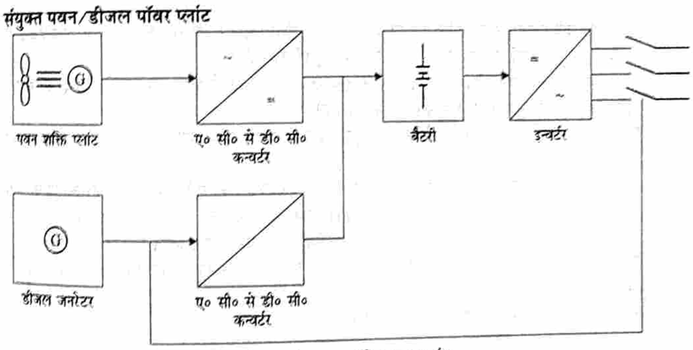
2. वेरियबल गति-नियत आवृत्ति प्रणाली (Variable speed constant frequency system) (VSCF)—वेरियबल गति-नियत आवृत्ति प्रणाली, साधारण पवन टरबाइन जो जनरेटर के साथ जुड़ी हो जिसका आउटपुट वेरियबल आवृत्ति प्राप्त होता है, के लिये आवश्यक है। तीन फेज तुल्यकारी जनरेटर के आउटपुट को रेक्टिफाइड करने के बाद उसे इन्वर्टर की मदद से फिर ए०सी० में बदला जाता है। रेक्टिफायर और इन्वर्टर का संयुक्त रूप नियत आवृत्ति का आउटपुट देता है। तब इस आउटपुट को ग्रिड या ग्राहकों को दी जाती है।



चित्र 4.8 वेरियेबल गति-नियत आवृत्ति प्रणाली।

3. वेरियबल-गति-वेरियबल आवृत्ति प्रणाली (Variable speed-Variable frequency system) (VSVF)—जनरेटर का आउटपुट, वेरियबल गति के द्वारा प्रभावित होता है। उत्पन्न विभव की आवृत्ति, लोड के इम्पिडेन्श और प्राइम मूवर की गति पर निर्भर करता है। वेरियबल विभव को नियत डी०सी० में बदलने के लिये चोपर (choppers) का उपयोग किया जाता है।

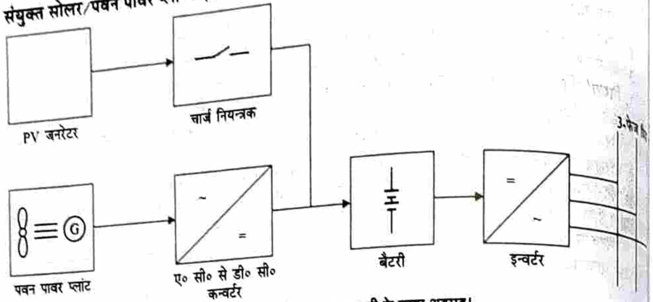
संयुक्त पवन/डीजल पॉवर प्लांट



चित्र 4.9 संयुक्त पवन/डीजल पावर प्लांट।

पवन पॉवर प्लाण्ट और डीजल पॉवर प्लाण्ट का संयुक्त रूप है।

संयुक्त सोलर/पवन पॉवर प्लाण्ट (Combined solar /Wind power plant)



चित्र 4.10 पवन ऊर्जा रूपान्तरण प्रणाली के मुख्य अवयव।

स्थान का चयन (Site Selections)

सौर ऊर्जा के कारण वातावरण के तापमान में अन्तर होने पर पवन उत्पन्न होती है। पवन दो प्रकार होती है–

1. Planetary winds
2. Local winds

चार प्रकार के स्थान पवन ऊर्जा के लिये उपयोगी होते हैं, जो निम्न प्रकार हैं—

1. समतल भूमि स्थान (Plane land sites)
2. पहाड़ी की चोटी का स्थान (Hill tops sites)
3. Sea shore sites.
4. Off-shore shallow water sites.

पवन ऊर्जा की रूपान्तरण प्रणाली में टेक्निकल, आर्थिक, सामाजिक सहूलियत और दूसरी बातों को स्थान चयन करते ध्यान रखा जाता है और कुछ महत्त्वपूर्ण बिन्दु निम्न प्रकार हैं—

1. चयन का स्थान वहाँ पर होना चाहिए जहाँ पर औसतन 6 m/s से 30 m/s की दर से हवा पूरे वर्ष भर प्रवाहित हो रहे क्योंकि उत्पन्न शक्ति हवा के वेग की धन के समानुपाती होती है।
2. पवन ऊर्जा रूपान्तरण प्रणाली (wind energy conversion system) को शहर और वन क्षेत्र से दूर ही बना चाहिए क्योंकि ये पवन की गति में रुकावट उत्पन्न करते हैं।
3. पवन चक्की फार्म समतल खुले क्षेत्र, रेगिस्तान, समुद्र, स्थानों पर बनाने चाहिये क्योंकि इन स्थानों पर पवन का वे अधिक रहता है।
4. जमीन की सतह से कुछ ऊँचाई पर पवन के वेग को मापने में एनीमोमीटर का प्रयोग किया जाता है। ऊँचाई के सा पवन के वेग में वृद्धि होती है। जिसे $C \propto H^{1/7}$ (50 m to 250 m ऊँचाई तक) समीकरण से दर्शाया जाता है।
5. ग्राउण्ड सतह की ऊपरी परत ठोस या मजबूत होनी चाहिए जिससे फाउण्डेशन बनाने में खर्च कम हो।
6. यदि उस स्थान में छोटे पेड़ या सब्जियाँ लगी हुई हो तो टावर की ऊँचाई और अधिक करनी चाहिए। जिससे पवन के वेग में कोई रुकावट नहीं हो।
7. उस स्थान पर जाने के लिए रास्ते (सड़क) होने चाहिए।

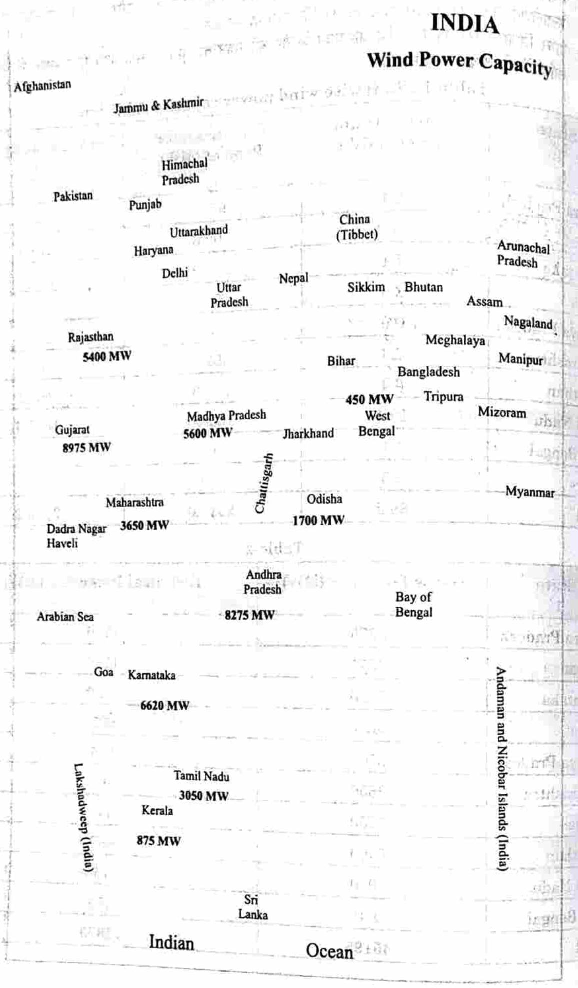
8. स्थान पर चयन करते समय ध्यान रखना चाहिए कि भूमि की कीमत कम हो और लोड सेन्टर नजदीक हो जिससे इन्टालेशन कास्ट (Installation cost) और ट्रांसमिशयन हानि कम हो।
9. टावर डिजाइन इस प्रकार हो कि वह पवन के वेग को सहन कर सके। उसके लिये कुछ सालों में पवन वेग के आँकड़ों को देखा जा सकता है।

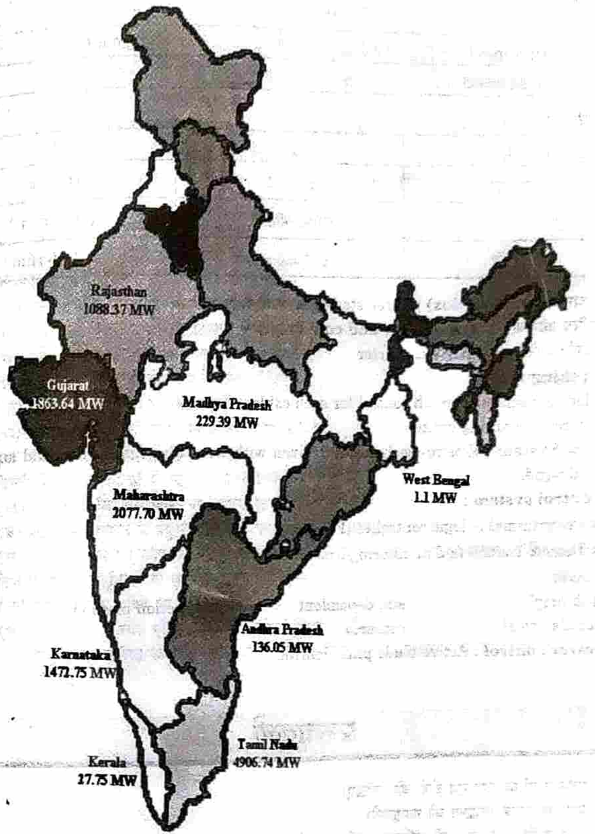
Table-1 : Statewise wind power capacity Addition

State 1.	Demonstration Project (MW) 2.	Private sector Project (MW) 3.	Total Capacity (MW) 4.
Andhra Pradesh	5.4	95.9	101.3
Gujarat	17.3	202.6	219.9
Karnataka	7.1	268.9	276.0
Kerala	2.0	0.0	2.0
Madhya Pradesh	0.6	27.0	27.6
Maharashtra	8.4	402.8	411.2
Rajasthan	6.4	256.8	263.2
Tamil Nadu	19.4	1658.0	1677.4
West Bengal	1.1	0.0	1.1
Others	0.5	0.0	.5
Total	**68.2**	**2912.0**	**2980.2**

Table-2

State 1.	Gross Potential (MW)	Technical Potential (MW)
Andhra Pradesh	8275	1750
Gujarat	9675	1780
Karnataka	6620	1120
Kerala	875	605
Madhya Pradesh	5500	825
Maharashtra	3650	3020
Odisha	1700	680
Rajasthan	5400	895
Tamil Nadu	3050	1750
West Bengal	450	450
Total	**45195**	**12875**


INDIA
Wind Power Capacity
Afghanistan
Jammu & Kashmir
Himachal Pradesh
Pakistan
Punjab
Uttarakhand
Haryana
China (Tibbet)
Arunachal Pradesh
Delhi
Nepal
Uttar Pradesh
Sikkim
Bhutan
Assam
Nagaland
Rajasthan
5400 MW
Meghalaya
Bihar
Manipur
Bangladesh
450 MW
Tripura
West Bengal
Madhya Pradesh
5600 MW
Mizoram
Gujarat
8975 MW
Jharkhand
Chattisgarh
Myanmar
Maharashtra
3650 MW
Odisha
1700 MW
Dadra Nagar Haveli
Andhra Pradesh
8275 MW
Bay of Bengal
Arabian Sea
Goa
Karnataka
6620 MW
Andaman and Nicobar Islands (India)
Lakshadweep (India)
Tamil Nadu
3050 MW
Kerala
875 MW
Sri Lanka
Indian
Ocean


Rajasthan
1088.37 MW
Gujarat
1863.64 MW
Madhya Pradesh
229.39 MW
Maharashtra
2077.70 MW
West Bengal
1.1 MW
Andhra Pradesh
136.05 MW
Karnataka
1472.75 MW
Tamil Nadu
4906.74 MW
Kerala
27.75 MW

2. MW wind Turbine Technical specifications

Operating Data

रेटेड क्षमता (Rated Capacity)	2500 kW	2300 kW
cut in wind speed	3.5 m/s	3.0 m/s
cut out wind speed	25 m/s	25 m/s

रोटर (Rotor)

No. of Blades	3	3
रोटर व्यास	88 मीटर	94 मीटर
Swept Area	6082 मीटर^3	6940 मीटर^3
रोटर गति	5.5 से 6.5 rpm	5–14.9 rpm

गियर बाक्स (Gear Box) : Three steps planetary spur gear system.

जनित्र और कर्वटर (Generator and converter)

ए॰सी॰ जनित्र with IGBT converter

Braking system

Electro-mechanical pitch control for each cables.

Hydraulic parking brake.

Yaw System : Electro-mechanically driven with wind direction sensor and automatic cable and wind.

Control system :

- Programmable logic controller (PLC)
- Remote control and monitoring system.

Tower :

Hub height	site dependent	construction method
Tubular steel	concerts	

Power control : Active blade pitch control.

प्रश्नावली

1. पवन ऊर्जा के गुणों एवं दोषों को लिखिए।
2. पवन शक्ति के सिद्धान्त को समझाइये।
3. सिद्ध कोजिए कि पवन की अधिकतम गतिज ऊर्जा पवन-गति के घन के समानुपाती होती है।
4. पवन चक्कियों का वर्गीकरण कीजिए।
5. पवन शक्ति प्लाण्ट का वर्गीकरण कीजिए।

6. क्षैतिज अक्ष और ऊर्ध्व अक्ष पवन चक्कियों में अन्तर स्पष्ट कीजिए।
7. डेरियस मशीन की कार्यविधि सचित्र समझाइये।
8. पवन ऊर्जा क्या होती है? इसमें—
   (i) विद्युत उत्पादन
   (ii) जल पम्प करने में किस प्रकार उपयोग में लाया जा सकता है? समझाइये। *(UPBTE 2013)*
9. हमारे देश के किन भागों में पवन ऊर्जा की प्रचुर मात्रा में उपलब्धता सम्भावित है? पवन चक्कियों के प्रकार लिखिए व किसी एक प्रकार की कार्यविधि का वर्णन कीजिए। *(UPBTE 2013)*
10. सिद्ध कीजिए कि पवन की अधिकतम गतिज ऊर्जा पवन गति से घन के समानुपाती होती है। *(UPBTE 2015)*
11. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— *(UPBTE 2015)*
    (अ) हमारे देश में प्रयुक्त पारम्परिक ऊर्जा स्रोतों का संक्षेप में वर्णन कीजिए।
    (ब) सौर विकिरण पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।
    (स) निम्न को समझाइये—
    (i) अक्षांश (ii) उन्नतांश (iii) दिक्पात कोण
12. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— *(UPBTE 2015)*
    (अ) फ्लैट-फ्लैट संग्राही के लाभ तथा कमियाँ बताइए।
    (ब) सौर जल हीटर पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।
    (स) संकेन्द्रित संग्राही के लाभ तथा हानियाँ बताइए।
13. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— *(UPBTE 2015)*
    (अ) बायोमास ऊर्जा को परिभाषित कीजिए।
    (ब) चारकोल बनाने की विधि का सचित्र वर्णन कीजिए।
    (स) गैसीफायर के उपयोग बताइए।
14. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— *(UPBTE 2015)*
    (अ) दीन-बन्धु बायोगैस प्लांट पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।
    (ब) बायोगैस उत्पादन में प्रयुक्त होने वाले पदार्थों की सूची बनाइए।
    (स) सिद्ध कीजिए कि पवन की अधिकतम गतिज ऊर्जा पवन गति के घन के समानुपाती होती है।
15. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— *(UPBTE 2015)*
    (अ) ज्वारीय तरंग शक्ति का सिद्धान्त समझाइए।
    (ब) भू-ऊष्मीय से स्पेस हीटिंग करने का संक्षिप्त विवरण दीजिए।
    (स) पशु-शक्ति चालित पम्पों के नाम लिखिए, जो कि सिंचाई में प्रयोग किये जाते हैं। किसी एक का वर्णन कीजिए।

❑

5 भू-तापीय ऊर्जा, ज्वारीय तरंग ऊर्जा या समुद्री ऊर्जा (Geo-Thermal Energy, Tidal Energy and Ocean Energy)

भू-तापीय ऊर्जा

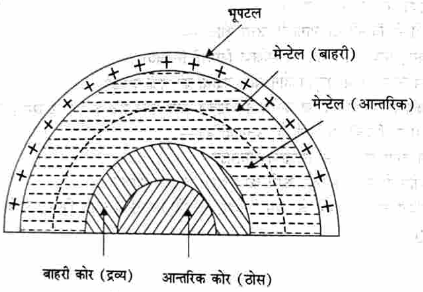
परिचय (Introduction)

भू-तापीय शब्द भू + तापीय शब्द से बना है। भू का अर्थ पृथ्वी और तापीय का अर्थ ऊष्मा से है तो भू + तापीय का अर्थ पृथ्वी की ऊष्मा से है। यह ऊष्मा पृथ्वी की सतह के लगभग 10 km की गहराई तक उपलब्ध होती है। यह ऊर्जा भाप, गर्म पानी, और मोलटन रॉक (molten rock) के रूप में मिलती है। यह ऊर्जा प्राकृतिक रूप से हॉट स्प्रिंगस और ज्वालामुखी के रूप में निकलती है। यह ऊष्मा ऊर्जा पृथ्वी की कोर से उभरकर चट्टानों व दरारों आदि के माध्यम से होकर पृथ्वी के भूपटल (crest) तक जाती है।

पृथ्वी की आन्तरिक संरचना के विभिन्न भाग (Different Parts of Internal Structure of Earth)

पृथ्वी की आन्तरिक भाग निम्न प्रकार हैं—

1. भूपटल (Crust)
2. मेनटेल (Mantle)
3. कोर (Core)



चित्र 5.1 पृथ्वी की आन्तरिक संरचना।

1. भूपटल (Crust)—पृथ्वी की सबसे ऊपरी सतह होती है जो कि पर्वतों व समुद्रों के नीचे भिन्न-भिन्न गहराइयों तक होती है।

पर्वतों के नीचे 70 से 75 km तक तथा समुद्रों के नीचे 5 से 19 km तक भूपटल की गहराईयाँ होती हैं।

2. मेनटेल (Mantle)—यह दूसरी शैल होती है जोकि भूपटल के नीचे पायी जाती है। इस सतह की गहराई भूपटल की गहराई से प्रारम्भ होकर लगभग 2900 km तक होती है। इस सतह को भी दो भागों में विभाजित किया गया है। बाहरी मेन्टेल और आन्तरिक मेन्टेल इन दोनों सतह के बीच बाउण्डरी पृथ्वी सतह से लगभग 900–1000 km नीचे होती है।

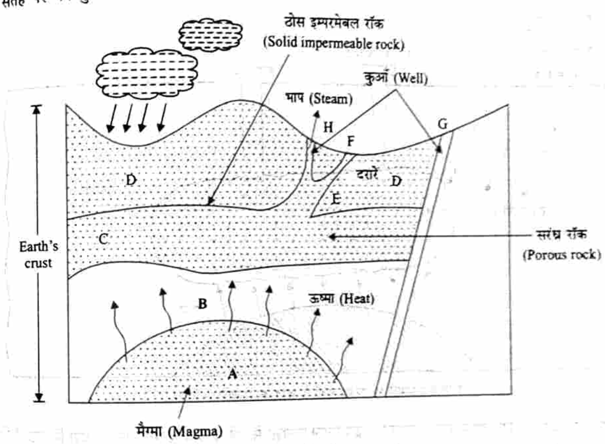
3. कोर (Core)—यह पृथ्वी की सबसे आन्तरिक सतह होती है। इसकी गहराई पृथ्वी की बाहरी सतह से लगभग 2900 km से शुरू होकर लगभग 6380 km तक होती है। इस सतह के भी दो भाग होते हैं—बाहरी कोर और आन्तरिक कोर। बाहरी कोर द्रव अवस्था में तथा आन्तरिक कोर ठोस अवस्था में होती है।

Crust : It is the uppermost shell of the earth that extends to variable depth below mountain and oceans. Under mountain area, the crust, is below to be 70-75 km thick and under ocean area the crust is below to be 5-19 km thick.

Mantle : It is the second shell of the earth which lies under the crust everywhere. It has depth up to 2900 km from the crust. This cell is further divided in two shell upper mantle and lower mantle.

Core : It is the innermost concentric shell of the earth. It extends up to 6380 km. This shell is also divided into two parts outer core and inner core.

भू-तापीय ऊर्जा के प्रकार एवं उद्गम (Origin and types of Geo-thermal energy)—पृथ्वी की सतह के लगभग 30 km के अन्दर की गहराइयों में गरम पिघली चट्टानें होती हैं, जिन्हें मैग्मा (Magma) कहा जाता है। कुछ निश्चित स्थानों पर मैग्मा पृथ्वी की सतह के नजदीक आ जाता है जो दरारों से निकलता है। यह गर्म मैग्मा सक्रिय ज्वालामुखी, हॉट स्प्रिंग ग्लेशियर का कारण बनता है। जहाँ पानी होता है। इन्हीं के कारण वाष्प उत्पन्न होती है। चित्र में A मैग्मा को, B इग्नस रॉक को जो कि ठोस अवस्था में होती है। C सरंध्रराक को D ठोस इम्परमेबल रॉक को, E पृथ्वी सतह में दरारें को तथा G और H पृथ्वी सतह पर बने कुओं को दर्शाते हैं।



चित्र 5.2 भू-तापीय क्षेत्र का प्रकार।

भू-तापीय ऊर्जा के स्रोत के प्रकार (Types of Geo-thermal Resources)—भू-तापीय ऊर्जा स्रोत के निम्न प्रकार हैं—

1. हाइड्रोथर्मल (Hydro-thermal) स्रोत
2. पैट्रो-थर्मल (Petro-thermal) स्रोत
3. भू-दाब (Geo-pressure) स्रोत

4. मैग्मा (Magma Resources) स्रोत
5. ज्वालामुखी (Volcanoes) स्रोत।

The types of geo-thermal energy resources are:

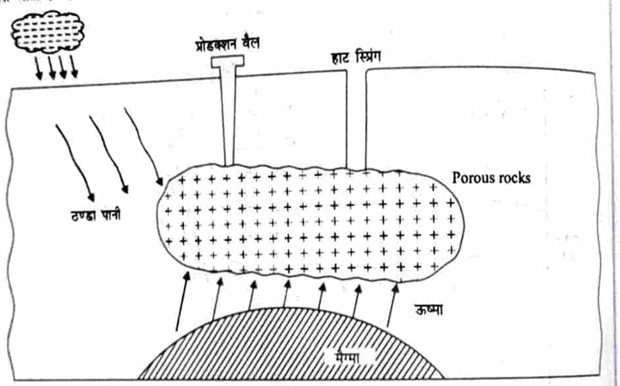
1. Hydro-thermal resources.
2. Petro-thermal resources.
3. Geo-pressure resources.
4. Magma resources.
5. Volcanoes.

Hydro-thermal system are sub-classified as:

(a) Vapour dominated or dry steam field.
(b) Liquid dominated system or wet steam field.
(c) Hot water fields.

हाइड्रो भू-तापीय ऊर्जा के स्रोत (Hydro Geo-thermal Energy Resources)

इन स्रोतों में कम गहराई पर गर्म पानी तथा भाप जमा रहता है। गर्म पानी और भाप को प्रोडेक्शन कुएँ की सहायता से निकाला जाता है। इस प्रणाली को दो भागों में विभाजित किया गया है।



चित्र 5.3 हाइड्रो भू-तापीय ऊर्जा के स्रोत का व्यवस्थित चित्र।

द्रव प्रधान प्रणाली और वाष्प प्रधान प्रणाली में द्रव प्रधान प्रणाली मे गर्म पानी और वाष्प का मिश्रण मिलता है जिसे स्थान को गर्म करने में उपयोग करते हैं और वाष्प प्रधान प्रणाली में भाप और बहुत कम मात्रा में गर्म पानी मिलता है। जिसे वैद्युत ऊर्जा उत्पन्न करने में प्रयोग किया जाता है। जो पानी बारिश और लेक से पृथ्वी की सतह में पहुँचता है वहीं पानी गर्म होकर दरारों से बाहर निकलता है जिससे वहाँ हॉट स्प्रिंग बन जाते हैं।

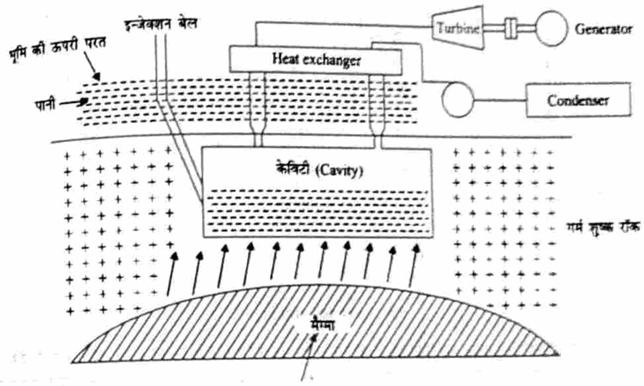
These are deposits of hot water and steam at lesser depths. Hot water and steam can be extracted by help of production well. These systems are classified into two parts :

1. **Liquid dominated system.**

2. **Vapour dominated system** : In liquid dominated system we get a mixture of steam and hot water. In vapour dominated system we get steam and very less amount of hot water. This hot water and steam are used for generation of electricity and space heating.

पैट्रो-जियोथर्मल ऊर्जा स्रोत (Petro-Geothermal Energy Resources)

इन स्रोतों को गर्म शुष्क रॉक (hot dry rock) जियोथर्मल स्रोत भी कहते हैं। इसमें हम गर्म शुष्क रॉक की ऊष्मा का प्रयोग करते हैं जो कि मैग्मा से उत्पन्न ऊष्मा से गर्म हो जाती है। लगभग 3 से 4 किमी० नीचे गर्म शुष्क रॉक का तापमान लगभग 145°C से 290°C तक होता है। जहाँ पर जल नहीं मिलता है वहां केवल ऊष्मा होती है। हम उस गर्म शुष्क रॉक में एक कैविटी (cavity) बनाते हैं जिसमें ठण्डे पानी को इन्जेक्शन वेल कैविटी तक पहुँचाते है जो गर्म होकर वाष्प में बदल जाता है जिसको एक और वेल बनाकर निकाल लेते हैं। फिर इस स्टीम को बिजली उत्पन्न करने में प्रयोग किया जाता है।



चित्र 5.4 पैट्रो जियोथर्मल ऊर्जा स्रोत।

This resources also called the hot dry rock geothermal resources. In this we get heat from the dry rock which is heated by magma. The temperature of hot dry rock at about 3 km in 145° to 290°C where water is not exist only heat are a variable. We create the cavity in hot dry resource and provide the cold water in cavity through the injection well water is heated due to the heat produced by not dry rock. Steam is produced in cavity which is extracted by the production well. This steam is utilized for the production of electricity.

भू-दाब स्रोत (Geo-Pressure Resources)

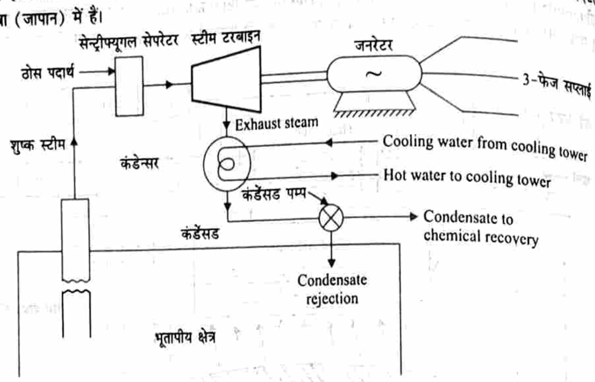
ये स्रोत 3 किमी से 10 किमी से अधिक गहराई पर पाये जाते हैं जहाँ पानी का बहुत अधिक दाब (1400 atm तक) होता है। गहराई में असामान्य अत्यधिक दाब क्षेत्र को भू-दाब स्रोत कहते हैं। भू-दाब स्रोत संख्या में अधिक पाये जाते हैं। इनका उपयोग इलेक्ट्रनिक पॉवर उत्पन्न करने में किया जाता है। इसमें से प्राकृतिक गैस भी निकाली जा सकती है। यदि इसके लिये उपयुक्त प्रौद्योगिकी का विकास कर लिया जाये।

भू-ऊष्मीय ऊर्जा को विद्युत मशीन में रूपान्तरित करना
(Conversion of Geothermal Energy into Electric Power)

मुख्यत: भू-ऊष्मीय ऊर्जा को विद्युत शक्ति में रूपान्तरित करने की दो प्रणाली होती हैं—

1. वाष्प प्रधान प्रणाली (Vapour-dominated system)
2. द्रव प्रधान प्रणाली (Liquid-dominated system)

वाष्प प्रधान प्रणाली में शुष्क वाष्प प्राप्त होती है। इस शुष्क वाष्प का दाब और तापमान लगभग 8 बार और 200 तक होता है। विश्व भर में इस प्रणाली की कुछ ही साइट है जो कैलीफोर्निया (यू०एस०ए०), लार्ड लिरो (इटली) और मतसुकाबा (जापान) में हैं।



चित्र 5.5 वाष्प प्रधान प्रणाली।

चित्र में वाष्प प्रधान पॉवर प्लांट का रेखाचित्र दिखाया गया है। भू-तापीय क्षेत्र से मिलने वाली वाष्प में पानी और ठोस कण भी होते हैं। उनको वाष्प को अलग करने के लिए सेंट्रीफ्यूगल सेपरेटर का प्रयोग किया जाता है। उसके बाद शुद्ध वाष्प सीधे स्टीम टरबाइन को दिया जाता है। जोकि जनित्र से जुड़ी होती है और जनित्र वैद्युत ऊर्जा उत्पन्न करती है। टरबाइन रोटेट कराने के बाद जो वाष्प टरबाइन से निकलती है उस को कन्डसेट से गुजार कर कन्डेंस किया जाता है। वाष्प को कन्डेंस करने में ठण्डे पानी को प्रवाहित कराया जाता है। जो कि कूलिंग टावर से आता है और जो पानी प्रवाहित किया जाता है फिर से कूलिंग टावर में ही भेज दिया जाता है। जो वाष्प कन्डसेट हुई है या तो उसे कैमिकल रिकवरी के लिए भेज दिया जाता है या उसे फिर से भू-तापीय क्षेत्र में प्रवाहित कर देते हैं।

Vapour dominated fields deliver steam with little or no water. The pressure and temperature of the steam from such resources reaching to the surface are limited to a bar pressure and temperature of 200°C.

The sites available in the world are very few. Some of the important vapour dominated geothermal fields are in California (USA), Landrello (Italy), and Mastukawa (Japan). The system using dry steam for generation of electrical power is shown in figure.

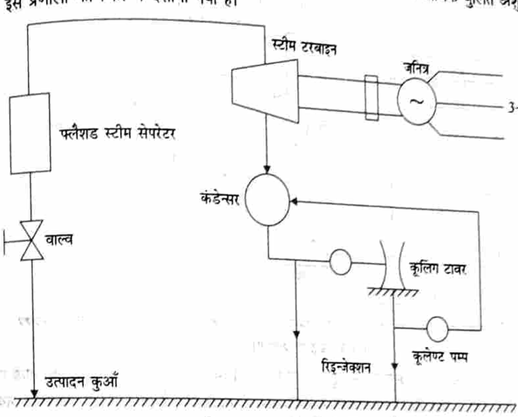
Dry steam extracted from the geothermal field may contain water and solid particles. These are removed in a centrifuged separator. Pure dry steam is then directly supply to a steam turbine. The exhaust steam from the turbine is condensed in the condenser with the help of cooling water circulated. The resultant hot water is returned to the cooling tower. The condensate is either sent to chemical recovery or it is re-injected into hot field with the help of condensate pump.

The problem associated with these plants are the product of co-massive gas and an abrasive materials which cause the environment problem.

द्रव प्रधान प्रणाली (Liquid dominated system)

1. फ्लैशड स्टीम प्रणाली (Flashed steam system)
2. बाइनरी प्रणाली (Binary system)

फ्लैशड प्रणाली भू-तापीय जल और वाष्प के मिश्रण के अधिक तापमान और कम घुलित अशुद्धियों के लिये अधिक उपयोगी हैं। यह द्रव प्रधान प्रणाली होती है। यह प्रणाली 80°C तापमान से कम तथा अधिक घुलित अशुद्धियों के लिए नहीं होती है। इस प्रणाली को चित्र में दर्शाया गया है।



चित्र 5.6 द्रव प्रधानी फ्लैशड स्टीम प्रणाली।

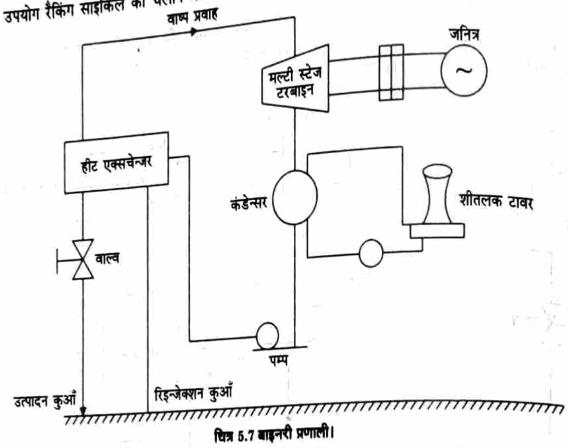
उत्पादन कुएँ से वाष्प और गर्म पानी का मिश्रण मिलता है जिसे फ्लैशड स्टीम सेपरेटर को दिया जाता है। स्टीम सेपरेटर स्टीम और गर्म पानी को अलग कर देता है और स्टीम को स्टीम टरबाइन में पहुँचाया जाता है। जहाँ स्टीम टरबाइन 3-फेज जनरेटर से जुड़ी होती है। जो विद्युत का उत्पादन करता है। स्टीम टरबाइन को रोटेट कराने के बाद बाहर आती है जिसे कंडेन्सर में पहुँचाया जाता है। स्टीम को पानी में बदल कर उसे फिर से रिइंजेक्शन कुएँ में भेज दिया जाता है।

High temperature of steam mixtured and water is suitable for the flashed steam system with low dissolved impurities. For this system temperature of this mixture is more than 180°C. Floated system is not suitable below temperature 180°C and high dissolved impurities.

We get mixture of steam and water from production well. This mixture is delivered to the flash steam separator where steam and water are separated. The steam is delivered to the steam turbine which is coupled with 3-phase generator. Generator produces electricity. The discharge from the steam turbine is delivered to the condenser where steam condense into liquid and liquid re-injected into the ground through re-injection well.

बाइनरी प्रणाली (Binary System)

इस प्रणाली की दक्षता फ्लैश प्रणाली की तुलना में अधिक होती है। इस प्रणाली में दो स्टीम सेपरेटर कार्य करते हैं। एक सेपरेटर अधिक दाब पर तथा दूसरा सेपरेटर कम दाब पर कार्य करता है और इसमें टरबाइन भी मल्टीस्टेज वाली प्रयोग की जाती है। कम तापमान का जल वैद्युत उत्पादन करने के लिए होती है। इसलिए इसे घरेलू और उद्योग प्रक्रिया में ऊष्मा प्राप्त करने के लिए करते हैं। गर्म पानी का उपयोग कार्बनिक फ्लूड जिनका बोइलिंग पाउण्ड कम हो को गर्म करने में किया जाता है। जिसका उपयोग रैंकिंग साइकिल को चलाने में किया जाता है।



चित्र 5.7 बाइनरी प्रणाली।

उत्पादन कुएँ से गर्म पानी को हीट एक्सचेंजर में पहुँचाया जाता है जहाँ वह फ्लूड को गर्म करता है तथा ठण्डे पानी को फिर रिइन्जेक्शन कुएँ में भेज दिया जाता है। हीट एक्सचेंजर में फ्लूड वाष्प में बदल जाता है जिसे टरबाइन में प्रवाह किया जाता है। उसके बाद डिस्चार्ज को कन्डेशन में भेज दिया जाता है जो शीतलन टावर की मदद से ठण्डा करके पम्प की सहायता से हीट एक्सचेंजर में भेज दिया जाता है।

पहली बाइनरी प्रणाली सोवियत यूनियन कमचट का पेनिनसुला में 1967 में लगाया गया था जिसकी क्षमता 68 kW वैद्युत उत्पादन की थी और उसमें कार्यकारी फ्लूड फेरोन-12 उपयोग किया गया है।

The efficiency of Binary system is more than flashed system. In this system two separators and multistage turbines are used. First separator is used for high pressure and other one is used for low pressure. Low temperature water is not suitable for generator of electricity. So it is used for the domestic and intestinal process heater. Water can also be used in heating an organic fluid with low boily point and can be used to run ranking cycle. The working fluid can be Freon ammonia and propane.

The first binary system was installed in Soviet Union Kam Chatka Pen insulation in 1967. It has gross output of 68 kW and un Freon-12 as working fluid.

भू-तापीय ऊर्जा के लाभ (Merits of geothermal energy)

1. यह मौसम के बदलाव से अप्रभावित रहती है।

2. इसमें थर्मल स्टोरेज की आवश्यकता नहीं होती है।
3. बहुत कम भूमि का आवश्यकता होती है।
4. कोई ठोस प्रदूषण करने वाले पदार्थ नहीं बनते हैं।
5. यह नवीनीकरण ऊर्जा का प्रकार है जो निरन्तर ही उपलब्ध होता है।
6. कैपिटल और जनरेशन कीमत कम है, कन्वैनशनल थर्मल पॉवर प्लांट की तुलना में।

1. It is independent of weather condition.
2. No need of thermal storage.
3. Need of very small land.
4. It is renewable source.
5. No solid pollutants.
6. As compared to conventional thermal power plant, capital and generation cost is low.

हानियाँ (Demerits)

1. प्लांट के भागों में जंग लग जाता है जिससे प्लांट की आयु कम होती है।
2. ड्रिलिंग ऑपरेशन ध्वनि उत्पन्न करता है।
3. इसमें लो ग्रेड की ऊष्मा ऊर्जा मिलती है क्योंकि तापमान लगभग 150°C तक सीमित होता है।
4. भाप और गर्म पानी जो पृथ्वी से बाहर निकलते हैं उनमें H_2S, CO_2, NH_3 आदि सम्मिलित होती हैं। यदि इन गैसों को हवा में छोड़ दिया जाये तो इनमें वायु प्रदूषण होने का खतरा बना रहता है।

1. Parts of plants may corrode due to salt so that life of plant is low.
2. Drilling operation produce noise.
3. It is low grade heat energy since the temperature are limited to 150°C.
4. Geothermal fluids also bring in dissolved gear like H_2S, CO_2, NH_3. If these gas discharge directly into air then air pollution will be occurred.

भू-तापीय ऊर्जा के अनुप्रयोग

1. वैद्युत उत्पादन में,
2. बिल्डिंगों में कमरों को गर्म करने में,
3. नमक के उत्पादन में,
4. Industrial process heat.
5. टेक्सटाईल उद्योग में,
6. डाई उद्योग में,
7. टिम्बर सीजनिंग में,
8. मशरूम उत्पादन में,
9. पाउडर काफी उत्पादन में,
10. रासायनिक उद्योगों में,
11. माइनिंग में,
12. ड्राई मिल्क उत्पादन में,
13. कैटल फीड में,
14. फूड प्रासेसिंग में,
15. रोड हीटिंग में,

Comparison between steam power plants and geothermal power plants

S. No.	Geothermal plants	Steam power plants
1.	These are in small size (up to 10 mW).	These are in bigger size (up to 100 mW).
2.	Steam consumption rate kg/kWh is high.	Steam consumption rate by kg/kWh is low.
3.	These are located where geothermal field are a viable.	These plants can be located at any conventient place.
4.	Additional equipment are needed to produce clean steam.	Addition equipments are not needed.

भारत में भू-तापीय के स्रोत (Geothermal Energy Source in India)

1. मनीकरन् (हिमाचल प्रदेश) (Manikaran in Himachal Pradesh)
2. पूगा वैली (जम्मू-कश्मीर) (Puga valley in J&K)
3. सोहना (दिल्ली) (Sohana near Delhi)
4. तूवा (गुजरात) (Tuwa in Gujarat)
5. बकरेश्वर (बिहार) (Bakreswar in Bihar)
6. गोदावरी और महानदी के बेसिन में (Godavari and Mahanadi basin)
7. उनाई और जलगाँव (महाराष्ट्र) (Unai and Jalgaon in Maharashtra)
8. नागा लुशई जियोथर्मल सब प्रोविंस (Naga Lushai geothermal sub province)

समुद्र ताप ऊर्जा

समुद्र की गहराई में तापमान ढाल (temperature gradient) का उपयोग विद्युत शक्ति उत्पन्न करने के लिए किया जा सकता है। इसे महासागरीय तापमान ऊर्जा रूपान्तरण कहा जाता है। चूँकि तापमान अन्तर बहुत कम है, ऐसे प्लांटों में ऊर्जा रूपान्तरण की दक्षता उच्च पूँजी लागत के साथ बहुत कम है।

महासागरीय तापमान ऊर्जा रूपान्तरण का कार्यकारी सिद्धान्त [Working Principle of Ocean Temperature Energy Conversion (OTEC)]

समुद्र, नदी और लेक इत्यादि पर कुल सोलर रेडियेशन का केवल 14% ऊष्मा ही अवशोषित होता है। यह लगभग ... w/m^2 के बराबर होता है। Lambarts Law के अनुसार, समान मोटाई की प्रत्येक परत द्वारा पानी द्वारा सौर ऊर्जा अवशोषण प्रकाश के उसी अंश को अवशोषित करता है जो इसके माध्यम से जाता है। इस नियम के अनुसार

$$I(h) = I_0 \cdot e^{-\mu h}$$

जहाँ I_0 = सतह पर रेडियेशन की तीव्रता जब $h = 0$

$I(h)$ = सतह से h मीटर की गहराई पर रेडियेशन की तीव्रता

μ = अवशोषण गुणांक

h = उप में पानी के सतह की गहराई

μ = 0.05 लगभग, स्वच्छ पानी के लिए

= 0.5 लगभग, बहुत नमकीन पानी के लिए,

= 0.275 लगभग, अशान्त पानी के लिए,

यह समीकरण से स्पष्ट है कि सौर ताप अवशोषण का अधिकांश भाग पानी के ठीक नीचे सतह पर होता है और अधिकांश अवशोषण 6 मीटर गहराई के साथ होता है। जबकि समुद्र से गहरा पानी ठंडा रहता है क्योंकि भारी ठंडे पानी की तुलना में गर्म पानी हल्का होने के कारण कोई संवहन धारा नहीं बनती है। इसकी सतह पर समुद्र के पानी का तापमान उष्णकटिबन्धीय क्षेत्रों में औसतन 25°C है और 1000 मीटर की गहराई पर पानी का तापमान लगभग 5°C होता है। इसलिए गर्म सतह के पानी और ठंडे गहरे पानी के बीच इस तापमान अन्तर का उपयोग किया जा सकता है विद्युत शक्ति का उत्पादन करने के लिए एक जनरेटर के लिए एक हीट इंजन को चलायें। इसमें, गर्म सतह का पानी गर्मी स्रोत के जलाशय के रूप में कार्य करता है और गहराई पर ठंडा पानी हीट सिंक (Heat sink) के जलाशय के रूप में कार्य करता है। समुद्र के पानी के तापमान अन्तर का उपयोग करने वाले प्लान्ट को महासागर थर्मल ऊर्जा रूपान्तरण संयन्त्र कहा जाता है।

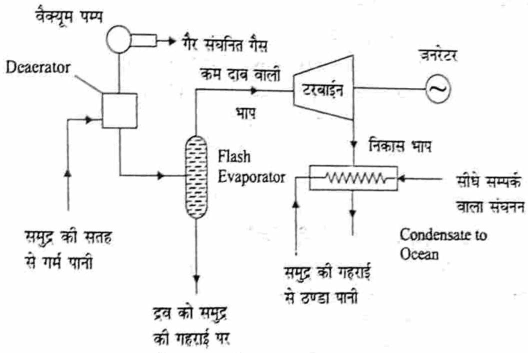
OTEC प्रणाली के प्रकार

OTEC प्रणाली के निम्न दो प्रकार होते हैं—

1. खुला चक्र प्रणाली (Open Cycle System)
2. बन्द चक्र प्रणाली (Closed Cycle System)

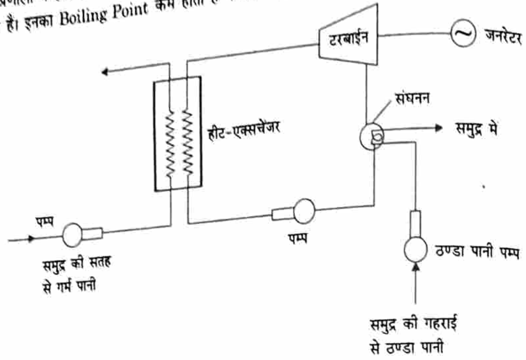
1. खुला चक्र प्रणाली (Open Cycle System)—एक खुला चक्र प्रणाली को चित्र 5.8 में दर्शाया गया है। इस प्रणाली में, समुद्र की सतह से गर्म पानी Deaerator से फ्लैश वाष्पीकरण (Flash evaporation) के माध्यम से प्रवेश करता है जिसे उच्च वैक्यूम के तहत बनाए रखा जाता है। नतीजतन, थ्रॉटलिंग प्रभाव (Throttling effect) के कारण एक कम दबाव वाली भाप उत्पन्न होती है और शेष द्रव को उच्च गहराई पर समुद्र में वापस छोड़ दिया जाता है। डेप्रेटर (Depaerator) भी वाष्पीकरण करने वाले की आपूर्ति करने से पहले पानी में भंग (dissolved) गैर संघनित गैसों को हटा देता है। यह कम दाब वाली भाप बहुत अधिक विशिष्ट आयतन रखती है जिसको टरबाइन पर सप्लाई किया जाता है जहाँ यह फैलती है। इस प्रकार उत्पन्न यान्त्रिक शक्ति को जनरेटर के द्वारा वैद्युत शक्ति में परिवर्तित किया जाता है।

टरबाईन से निकलने वाली भाप को सीधे सम्पर्क वाले हीट एक्सचेंजर से जोड़ा जाता है। इस भाप को ठण्डे पानी जोकि समुद्र की लगभग 1 किलोमीटर की गहराई से निकालकर मिलाया जाता है यह निकास भाप को कन्डेन्स (Condenses) करता है। समुद्र के ठण्डे पानी और कन्डेन्स भाप के मिश्रण को समुद्र में छोड़ दिया जाता है।



चित्र 5.8 : खुला चक्र प्रणाली या Claude चक्र प्रणाली

2. बन्द चक्र प्रणाली (Closed or Anderson Cycle OTEC System)—बन्द चक्र प्रणाली को चित्र में दर्शाया गया है। इस प्रणाली में हीट (Heat) इंजन के लिए काम कर रहे तरल पदार्थ जैसे अमोनिया, फ्रीऑन–12, ब्यूटेन गैस का उपयोग करते हैं। इनका Boiling Point कम होता है क्योंकि समुद्र के पानी का कार्यकारी तापमान कम होता है।



चित्र 5.9 : बन्द चक्र प्रणाली

समुद्र की सतह से गर्म पानी को पम्प के माध्यम से एक हीट एक्सचेंजर में परिचालित किया जाता है जो उच्च दबाव में फ्रीऑन वाष्प उत्पन्न करने के लिए बॉयलर के रूप में कार्य करता है। इस वाष्प का विस्तार टरबाइन में यान्त्रिक ऊर्जा को उत्पन्न करने के लिए किया जाता है। इसका उपयोग विद्युत जनरेटर को चलाने के लिए किया जाता है जो विद्युत ऊर्जा का उत्पादन करता है। कम दाब पर टरबाइन से मुक्त वाष्प को संघनित्र में संघनित करके एक पम्प के माध्यम से समुद्र की गहराई से खींचे गए ठंडे पानी की सहायता से बनाया जाता है। फ्रीऑन कंडेनसेट को फिर से हीट एक्सचेंजर में पम्प किया जाता है। इस तरह के संयन्त्र की समग्र दक्षता केवल 2 से 3% की सीमा में बहुत कम है।

महासागरीय तापमान ऊर्जा रूपान्तरण प्रणाली के लाभ
(Advantages of Ocean Thermal Energy Conversion Systems)

1. इस प्रणाली में निरन्तर ऊर्जा उत्पन्न होती है जो मौसम पर निर्भर नहीं करती है।
2. सीमन के बदलने पर आउटपुट ऊर्जा में बहुत कम बदलता है।
3. यह प्रणाली पारम्परिक बिजली संयन्त्रों का उपयोग करता है जिनके डिजाइन में केवल छोटे बदलाव की आवश्यकता होती है।
4. इस प्रणाली में अलवणीकृत पानी (desalinated water) और पोषक तत्वों का उत्पादन एक साथ किया जाता है।

महासागरीय तापमान ऊर्जा रूपान्तरण प्रणाली की हानियाँ
(Disadvantages of Ocean Thermal Energy Conversion Systems)

1. इस प्रणाली की पूँजी लागत बहुत अधिक होती है।
2. रूपान्तरण की दक्षता बहुत कम होती है।
3. बन्द चक्र प्रणाली में कार्यकारी द्रव की कीमत बहुत अधिक होती है।
4. वैद्युत ऊर्जा उत्पादन की कीमत प्रति किलोवाट घण्टा बहुत अधिक होती है।

ज्वारीय तरंग ऊर्जा

परिचय (Introduction)

ज्वारीय शक्ति एक प्रकार की नवीकरणीय स्रोत है। पृथ्वी के कुल सतह का 70% स्थान समुद्र और नदियों से घिरा हुआ है। समुद्र भी ऊर्जा का भण्डार है। इसमें कई प्रकार की ऊर्जा होती है।

1. ज्वारीय तरंग ऊर्जा (Tidal Energy)
2. समुद्री तरंग ऊर्जा (Ocean Wave Energy)
3. समुद्री ऊष्मा ऊर्जा (Ocean Thermal Energy)

समुद्र में ज्वार का उत्पन्न होना सूर्य और चन्द्रमा के गुरुत्वाकर्षण बल के कारण होता है। पृथ्वी के घूर्णन करने से प्रतिदिन दो ज्वार (high tides) और दो भाटा (low tides) उत्पन्न होते हैं। ज्वार के कारण पानी की स्थितिज ऊर्जा अधिक हो जाती है। यह स्थितिज ऊर्जा ही समुद्री ज्वारीय ऊर्जा कहलाती है। ज्वार तथा भाटा का अन्तर तरंग रेंज कहलाती है।

एक चन्द्र दिवस प्राय: 24.83 घण्टों का होता है। इस समय में पानी दो बार उठता है और दो बार गिरता है।

वर्तमान में केवल दो ज्वार शक्ति प्लांट ही कार्यरत हैं जोकि निम्न प्रकार है—

1. ज्वार शक्ति प्लांट St. Malo (फ्रांस में) जिसका वैद्युत शक्ति आउटपुट 240 MW है और यहाँ ज्वार की ऊँचाई 13 मीटर तक पहुँच जाती है।
2. प्रयोगिक ज्वार शक्ति प्लांट Kislogubsk (रूस में) जिसका वैद्युत शक्ति आउटपुट 800 kW है।

भारत में भी ज्वार ऊर्जा मिलती है। जो साइट निम्न प्रकार है–गल्फ ऑफ कच्छ (गुजरात), सुन्दर वन क्षेत्र (पश्चिम बंगाल)।

Tidal power is another type of renewable energy source. Sea and river cover 70% area of earth surface. Ocean is a source of lot of energy.

1. Tidal energy.
2. Ocean wave energy.
3. Ocean thermal energy.

Tide is formed in sea due to the gravitational field of sun and moon. The earth rotation causes two high tides and two tides due to tide potential energy of water increases. This Potential Energy is called tidal power. The difference between high tide and low tide called range. At present there are two operational tidal power plants in the world.

1. A tidal power plant in St. Malo (France), electric power output 240 MW.
2. An experimental tidal power plant with electric power output 800 kW.

In India potential for tidal energy exists, in addition to Gulf of Kutch (Gujarat) and in Sunderban area of West Bengal.

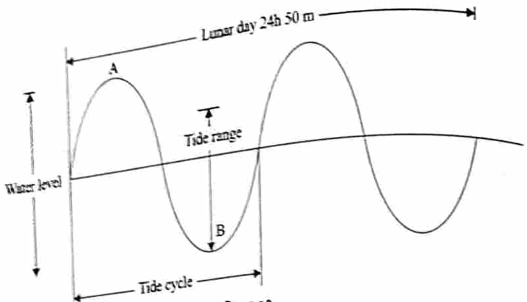
ज्वारीय ऊर्जा (Tidal Energy)

समुद्र में टाइड सूर्य और चन्द्रमा के द्वारा समुद्री जल पर गुरुत्वाकर्षण व पृथ्वी के अपने अक्ष पर घूमने के कारण आते हैं। ज्वार समुद्री जल में प्रत्येक लूनर (Lunar) दिवस में दो बार उठता और गिरता है।

जल के लेवल का उठना और गिरना एक Sinusoidal वक्र के अनुसार करता है जैसा कि चित्र 5.10 में दर्शाया गया है।

बिन्दु A ऊँची ज्वार को दर्शाता है और बिन्दु B कम ज्वार को दर्शाता है। ऊँची ज्वार और कम या नीची ज्वार के अन्तर को रेन्ज कहते हैं।

रेन्ज = ऊँची ज्वार का लेवल – नीची /कम ज्वार का लेवल

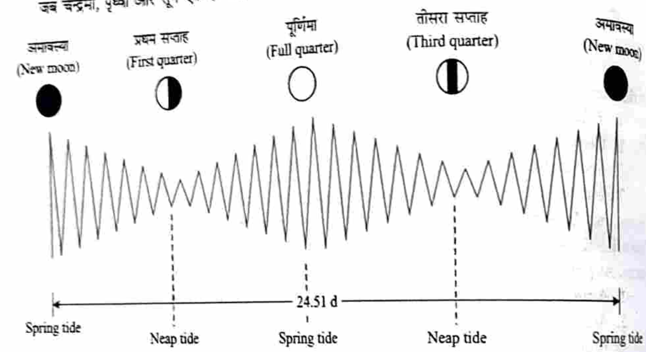


चित्र 5.10

एक लूनर दिवस 24 घण्टे 50 मिनट का होता है और एक लूनर दिवस में दो ऊँची ज्वार और दो नीची (भाटा) आते हैं। ज्वार का उत्पन्न होना न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण थ्योरी पर निर्भर करता है।

$$F = \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

जब चन्द्रमा, पृथ्वी और सूर्य एक ही लाइन में होते हैं तो यह बल सबसे ज्यादा लगता है।



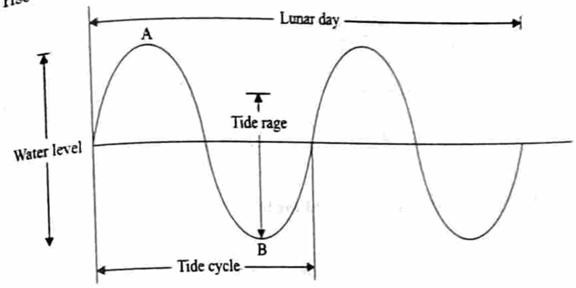
चित्र 5.11

जब सूर्य की अपेक्षा चन्द्रमा पृथ्वी के ज्यादा समीप होता है तो ज्वार उत्पन्न करने में चन्द्रमा का ज्यादा सहयोग होता है। पृथ्वी की जो सतह चन्द्रमा की ओर होती है वहाँ अधिक आकर्षण बल लगता है। चन्द्रमा का आकर्षण बल सूर्य के आकर्षण बल का 2.5 गुना होता है। जिस कारण समुद्र के जल में पृथ्वी से चन्द्रमा की ओर एक बल लगता है जिससे ज्वार उत्पन्न होता है। पृथ्वी की जो सतह चन्द्रमा के समीप होती है वहाँ ज्वार तथा दूसरी ओर भाटा (low tides) उत्पन्न होते हैं। ऐसे दैनिक चक्र (दैनिक प्रवाह) Diurnal ज्वारीय तरंग कहलाते हैं। जब सूर्य, चन्द्रमा और पृथ्वी एक ही लाइन में होते हैं तो समुद्र जल पर लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल का मान बढ़ता है। अमावस्या और पूर्णिमा को ज्वार परास ज्यादा होती है। इसलिए इन ज्वारीय तरंगों को स्प्रिंग टाइड (spring tide) कहते हैं और प्रथम तथा तृतीय सप्ताह में ज्वार प्रसार कम होती है इसलिए इन ज्वारीय तरंगों को नीप टाइड (Neap tide) कहते हैं।

Tides are generated by the action of gravitational forces of the sun and the moon, the oceans, by the spinning of the earth around its axis.

Ocean tides are the periodic rise and fall of ocean water level occurring twice in each lunar day.

The rise and fall of water level follows a sinusoidal curve.



चित्र 5.12

Point A shows the high tide and point B shows the low tide.

The difference between consecutive high tides and low tides is called the tidal range.

Tidal range = high tides level – low tides level.

A Lunar day consists of 24 hr and 50 minute. In a Lunar day two high tides and two low tides occur. Production of tides are based on the Newton's theory of gravitation.

$$F = \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

When the moon is nearer to the earth than the sun, the moon has more contribution in formation of the tides. The surface of the earth facing the moon full the more attraction force as compare the surface of the facing the sun. The attraction force of moon is 2.6 time of sun. Due to which the moon of water shift towards the moon and tides are generated in the ocean. The surface of earth facing moon, that side produces high tides and other side produces low tides. Such daily flows are called the diurnal tides. When moon, earth and sun are in same line than the water peel more alterating source. So that the range of tides increase. When new moon or full moon occur than high tides ocean and these tides called the spring tides. When first and third quarter of moon occur then low tides occur and these tides called the neap tides. Consider the Figure 5.12.

ज्वारीय शक्ति प्लांट (Tidal Power Plant)

ज्वारीय शक्ति प्लांट के मुख्यत: तीन घटक होते हैं—

1. बाँध, 2. जल कपाट मार्ग, 3. पॉवर या शक्ति हाउस।

बाँध का मुख्य कार्य बैरियर बनाने का होता है जो समुद्र और बेसिन के बीच या एक बेसिन से दूसरे बेसिन के बीच बैरियर का कार्य करता है। जल कपाट मार्ग एक नियन्त्रण युक्ति है जो ज्वार के समय बांध में जल भरने तथा भाटा के समय जल निकासी का कार्य करते हैं। पावर शक्ति हाउस में वैद्युत उत्पन्न किया जाता है जिसमें टरबाईन, जनरेटर मुख्य अव्यव होते हैं।

The main components of tidal power plant are as follows :

1. Dam 2. Sluice Ways 3. Power House.

The main function of Dam is to form a barrier between sea and the basin or one basin to another basin.

Sluice ways are the controlled devices. They are used to fill the basin during the high tides or empty the basin during low tides.

In power house electricity produces turbine and generators are main components of power house.

ज्वारीय शक्ति प्लांट के प्रकार (Types of Tidal Plant)

ज्वारीय शक्ति प्लांट दो प्रकार के होते हैं—

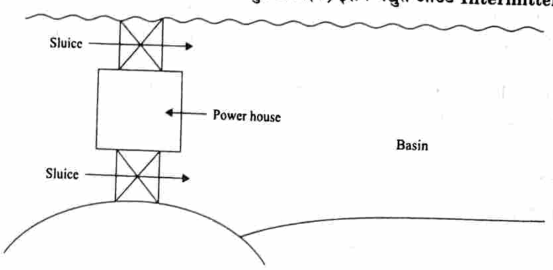
1. एकल बेसिन प्रणाली 2. द्वि-बेसिन प्रणाली।

1. एकल बेसिन प्रणाली (Single Basin system)

इस प्रणाली में एक बेसिन होता है और वैद्युत उत्पादन करने का यह बहुत आसान तरीका है। जब ज्वार आती है तो जल कपाट मार्ग खुलते हैं और बेसिन भर जाता है। टरबाइन जनरेटर बाँध के अन्दर डक्ट (Duct) में लगे होते हैं। एकल बेसिन प्रणाली को पुन: वर्गीकृत किया जा सकता है।

1. एकल भाटा चक्र प्रणाली
2. एकल ज्वार चक्र प्रणाली
3. द्वि-चक्र प्रणाली।

एकल भाटा चक्र प्रणाली—जब ज्वार आती है तो जल कपाट मार्ग खुलते हैं और समुद्र जल बेसिन में आना प्रारम्भ हो जाता है। जब टरबाइन जनरेटर सेट बन्द रहता है तो बेसिन में जल स्तर बढ़ना शुरू हो जाता है और ऊर्जा जल की परास के रूप में संचित हो जाती है और जब भाटा आता है तो बेसिन का जल टरबाइन से होकर समुद्र में चला जाता है जिसे वैद्युत उत्पन्न होता है। (**टरबाइन ⟶ जनरेटर ⟶ वैद्युत उत्पादन**) **इसमें वैद्युत आउट Intermittent होता है।**



चित्र 5.13

एकल ज्वार चक्र प्रणाली—जब ज्वार आते हैं तो जल टरबाइन जनरेटर सेट से होता हुआ बेसिन में जाता है जिससे वैद्युत का उत्पादन होता है। जब ज्वार समाप्त हो जाता है तो बेसिन का जल, जल कपाट मार्ग से समुद्र में छोड़ दिया जाता है। इस प्रणाली में से भी आउटपुट Intermittent होता है।

Tidal power plants are of two types :

1. Single basin system 2. Double basin system.

Single Basin system : In this system, there is one basin and this is the simplest method to produce tidal power. When high tides come then sulice gate open and water full in basin. The turbine generator units are mounted with in the duct inside the barrage.

The single basin system can be further sub-divided as :

1. Single ebb-cycle system.
2. Single tide-cycle system.
3. Double cycle system.

Single ebb-cycle system : When high tides are falling, sluices are opened and permit the sea water to enter the basin. While the turbine sets are shut, the level of the basin starts increasing. The energy is stored in the form of the tidal range. The generation of power takes place with the water. The power output from this system is intermitted in nature and highly variable.

Single tide cycle system : When tides come in ocean, the water of ocean is admitted into the basin over the turbines. As the high tides period is over and sea level start falling again, the generation is stopped. In this system also the power out is intermittent.

द्वि-चक्र प्रणाली (Double Cycle system)

इस प्रणाली में विभिन्न स्तर पर दो लेवल होते हैं और दोनों बेसिन के बीच बांध बनाया जाता है। ऊपर वाले बेसिन में जल स्तर नीचे वाले बेसिन के जल स्तर से अधिक रखा जाता है।

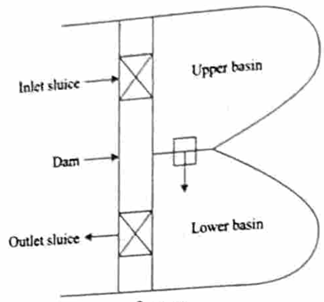
ज्वार के दौरान ऊपर वाले बेसिन में जल भरता है और भाटे के दौरान नीचे वाला बेसिन खाली हो जाता है इसलिए ऊपर वाले बेसिन और नीचे वाले बेसिन के बीच एक स्थायी हैड बनता है।

जब आवश्यक हैड बन जाता है तो पॉवर हाउस की टरबाइन स्टार्ट हो जाती है। पानी ऊपर वाले बेसिन से टरबाइन में होते हुए नीचे वाले बेसिन में जाता है तब वैद्युत पॉवर उत्पन्न होती है। जब ज्वार के दौरान, ऊपर वाले बेसिन में जल स्तर अधिकतम हो जाता है तो इनलेट सुलाइस बन्द हो जाते हैं और नीचे वाले बेसिन में टरबाइन से आने वाले जल से जल स्तर बढ़ना आरम्भ हो जाता है। जब दोनों बेसिन का जल स्तर एक समान हो जाता है, तब आउटलेट सुलाइस को खोल दिया जाता है जब तक नीचे वाले बेसिन में जल स्तर निम्न लेवल पर नहीं पहुँच जाता है। पुनः इनलेट को खोलकर यही प्रक्रिया दोहराई जाती है। इस प्रणाली में पॉवर का जनरेटर डिस्चार्ज और बेसिन के भरने के दौरान दोनों समय होता है। इसलिए इसमें आउटपुट निरन्तर मिलता है।

In this system, there are two basins at different level and a dam is provided in between these two basins.

The water level in upper basin is maintained above the level of water in the lower basin.

The upper basin is filled with water during high tide and lower basin is emptied during the low tide. Therefore a permanent head is created between the upper and lower basin.



चित्र 5.14

When sufficient head is developed, the turbine of the power plant are started. The water flow down from upper basin to the turbine which discharge into the lower basin. Thus the electrical power is generated.

When the water level in upper basin is maximum during high tide the inlet sluice is closed and the level of water in lower basin keeps on rising due to discharge of water by the turbine. When the level of water in lower basin levels during the ebb tide. The outlet sluice is opened it is closed when the water level reaches to its maximum level equal to the level of water in upper basin.

The advantage of this system is that the power can be generated continuously during discharge and filling of basins.

ज्वार शक्ति के लाभ (Advantages of tidal power)

1. ज्वार ऊर्जा मुफ्त में उपलब्ध होती है।
2. ज्वार ऊर्जा प्रदूषण मुफ्त होती है।
3. मानसून के बदलाव का प्रभाव नहीं होता है।
4. पूरे साल पॉवर का उत्पादन होता है जबकि आउटपुट नियत नहीं होता है।
5. कोस्टल क्षेत्र में पॉवर की आवश्यकता को पूरी करता है।

1. Tidal energy is freely available.
2. It is pollution free.
3. It is unaffected by the change of in monsoon.
4. Power is ensured round the year though its operation is intermittent.
5. Power can be used to meet local needs of coastal area.

ज्वार शक्ति के हानियाँ (Disadvantages of Tidal power)

1. प्लांट को बनाने में बहुत अधिक खर्च होता है और बनाने में अधिक समय लगता है।
2. शक्ति का उत्पादन सीमित मात्रा में होता है।
3. समुद्री जीव का जीवन प्रभावित होता है।

4. समुद्री जल मे जंग लगता है।
5. इसका आउटपुट असमान होता है।

1. Cost of plant is high and needs long constructional period.
2. Power developed is on limited scale only.
3. Sea water is corrosive.
4. It has uneven operation.
5. Marine life is affected.

प्रश्नावली

1. भू-तापीय स्रोत क्या है?
2. भू-तापीय स्रोतो का वर्गीकरण कीजिए।
3. वाष्प प्रधान प्रणाली का सचित्र वर्णन कीजिए।
4. द्रव प्रधान प्रणाली का सचित्र वर्णन कीजिए।
5. भू-तापीय ऊर्जा एक रिन्यूवेबल स्रोत है इस कथन को समझाइये।
6. भू-तापीय ऊर्जा में वैद्युत शक्ति उत्पादन की विधि को लिखिए।
7. भू-तापीय ऊर्जा के लाभ और हानि लिखिए।
8. भू-तापीय ऊर्जा के प्रमुख अनुप्रयोग लिखिए।
9. भू-तापीय ऊर्जा के स्पेस हीटिंग करने का संक्षिप्त विवरण दीजिए।
10. भू-तापीय ऊर्जा क्या होती है? एक भू-तापीय ऊर्जा संयन्त्र का संक्षेप में वर्णन कीजिए। ***(UPBTE 2013)***
11. भू-ऊष्मीय से स्पेस हीटिंग करने का संक्षिप्त विवरण दीजिए। ***(UPBTE 2015)***
12. ज्वारीय ऊर्जा किसे कहते हैं? समझाइये।
13. ज्वार कब और कैसे उत्पन्न होते हैं?
14. ज्वारीय शक्ति प्लांट के घटकों के नाम लिखो।
15. ज्वारीय शक्ति प्लांट कितने प्रकार के होते है?
16. ज्वारीय शक्ति के लाभ व हानियाँ लिखो।
17. ज्वार ऊर्जा का आशय स्पष्ट कीजिए। ज्वार से ऊर्जा जनन की द्वि-जलाशय व्यवस्था का संक्षेप में वर्णन कीजिए। ***(UPBTE 2013)***
18. ज्वार से ऊर्जा जनन की एकल-जलाशय व्यवस्था का संक्षेप में वर्णन कीजिए।
19. ज्वारीय तरंग शक्ति का सिद्धान्त समझाइये। ***(UPBTE 2015)***
20. OTEC प्रणाली के लाभ और हानियाँ लिखिए।
21. महासागरीय तापमान ऊर्जा रूपान्तरण के सिद्धान्त को समझाइये।
22. महासागरीय तापमान ऊर्जा रूपान्तरण प्रणाली के खुले चक्र प्रणाली को सचित्र समझाइये।
23. महासागरीय तापमान ऊर्जा रूपान्तरण प्रणाली के बन्द चक्र प्रणाली को सचित्र समझाइये।

❑

6 मैग्नेटो हाइड्रोडायनामिक पावर जनरेशन

(Magneto Hydro Dynamic Power Generation)

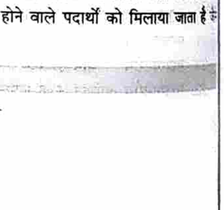
एम० एच० डी० बिजली उत्पादन की अवधारणा माइकल फैराडे द्वारा पहली बार 1832 में रॉयल सोसाइटी को बेकरियन व्याख्यान में पेश की गई थी। उन्होंने वास्तव में ग्रेट ब्रिटेन में वाटरलू ब्रिज पर करंट को मापने के लिए पृथ्वी चुम्बकीय क्षेत्र में टेम्स नदी के प्रवाह से एक प्रयोग किया। इस विषय पर कई शोध कार्य किए गए और बाद में 13 ... 1940 को मैग्नेटो हाइड्रोडायनेमिक पावर उत्पादन की अवधारणा को सबसे व्यापक रूप में स्वीकार किया जोकि ... उप-लिंक के बिना ऊष्मा ऊर्जा का विद्युत ऊर्जा में सीधे रूपान्तरण की प्रक्रिया को दर्शाता है।

एम० एच० डी० जनरेशन का सिद्धान्त

एम० एच० डी० जनरेशन का सिद्धान्त बहुत सरल है और फैराडे के विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियम पर आधारित ... जिसमें कहा गया है कि जब एक कंडक्टर और एक चुम्बकीय क्षेत्र एक दूसरे के सापेक्ष चलते हैं तो कंडक्टर में वोल्टेज ... होता है, जिसके परिणामस्वरूप टर्मिनलों में धारा का प्रवाह होता है।

एम० एच० डी० जनरेशन में, फ्यूल को दहन करने से प्राप्त गर्म दहन गैसों से बिना किसी चलित पार्ट के, सीधे ... ऊर्जा उत्पन्न होती है। एम० एच० डी० जनरेटर एक ऊष्मा इंजन है जो टरबाइन चक्र पर काम करता है और गैस की ... ऊर्जा को सीधे विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करता है इसलिए एक एम० एच० डी० जनरेटर सीधे ईंधन की ऊष्मा ऊर्जा को ... ऊर्जा में परिवर्तित करने के लिए एक उपकरण है, जो पारम्परिक विद्युत जनरेटर के बिना वैद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करता है।

एक एम० एच० डी० जनरेटर में, जब वैद्युत संवाहक गैस को बहुत अधिक तापमान और बहुत अधिक वेग से एक मजबूत चुम्बकीय क्षेत्र के माध्यम से प्रवाह की दिशा में लम्बवत् कोण पर गुजारा जाता है, जिससे वैद्युत ऊर्जा उत्पन्न होती है। वैद्युत ऊर्जा को तब स्थिर इलेक्ट्रोड से एकत्र किया जाता है जो चैनल के विपरीत पक्षों पर रखा जाता है जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है।



चित्र 6.1

इस विधि में गैस को अत्यधिक तापमान पर गर्म करके आयनित गैस उत्पन्न की जाती है। गैस को गर्म करने पर, अणु या परमाणु के बाहरी कक्षा के बाहर चले जाते हैं। कण वैद्युत आवेश को प्राप्त करते हैं और गैस प्लाज्मा स्टेट में पहुँच जाती है। हालांकि, जीवाश्म ईंधन या अन्तर गैसों के दहन के उत्पादों के थर्मल आयनीकरण को प्राप्त करने के लिए, अत्यधिक उच्च तापमान आवश्यक होता है। हवा 5000°C से 6000°C ताप... पर अत्यधिक आयनित हो जाती है। रिजनेबल आयनीकरण के द्वारा 2000°K से 3000°K के आसपास गैसों की रिजने... वैद्युत चालकता प्राप्त की जा सकती है। गैसों के साथ आसानी से आयनीकरण होने वाले पदार्थों को मिलाया जाता है ... सीजियम (Cesium) या पोटेशियन (Potassium)।

एम० एच० डी० प्रणाली (MHD Systems)

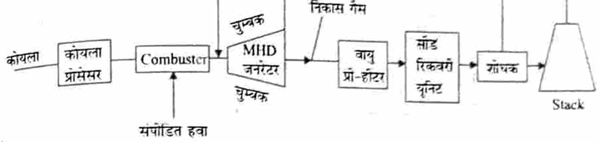
एम० एच० डी० प्रणाली को निम्न प्रकार वर्गीकृत किया जा सकता है—

1. खुला चक्र प्रणाली (Open Cycle Systems)
2. बन्द चक्र प्रणाली (Closed Cycle Systems)

खुला चक्र प्रणाली में, कार्यात्मक द्रव को वैद्युत ऊर्जा उत्पन्न करने के बाद वातावरण में छोड़ दिया जाता है जबकि बन्द चक्र प्रणाली में कार्यात्मक द्रव को बार-बार प्रयोग करके किया जाता है। बन्द चक्र प्रणाली में कार्यात्मक द्रव के रूप में हीलियम या ऑर्गन का प्रयोग किया जाता है।

खुला चक्र प्रणाली (Open Cycle Systems)

खुला चक्र प्रणाली को चित्र 6.2 में दर्शाया गया है जिसमें अत्यधिक दाब, ताप पर दहन गैस को मजबूत चुम्बकीय से गुजारा जाता है। कोयले को कोयला प्रोसेसर में बारीक करने के बाद कम्बस्चर में अत्यधिक तापमान लगभग 2600°C तथा



चित्र 6.2

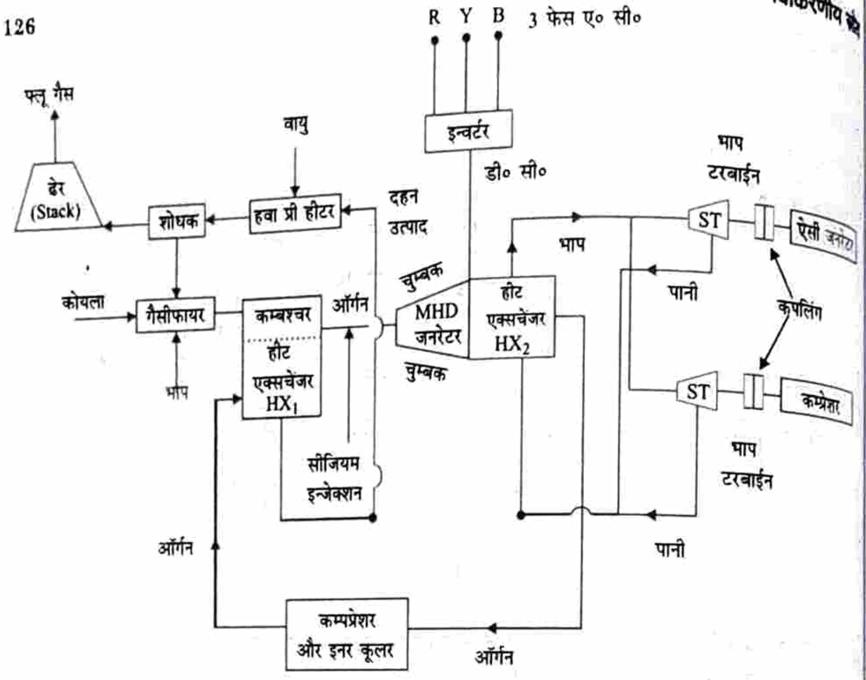
12 वातावरण के दबाव में प्लाज्मा बनाने के लिए पहले से गर्म की हुई वायु के साथ दहन किया जाता है। तब वैद्युत चालकता को बढ़ाने के लिए सीडिंग मैटेरियल जैसे पोटेशियम कार्बोनेट को प्लाज्मा में मिलाया जाता है। परिणामी मिश्रण की वैद्युत चालकता लगभग 10 Siemens/meter होती है और इस मिश्रण को नोजल के द्वारा अधिक वेग पर MHD जनरेटर के अत्यधिक मजबूत चुम्बकीय (लगभग 5–7 Tesla) से गुजारा जाता है। अत्यधिक तापमान पर गैस के फैलाव के दौरान, धनात्मक और ऋणात्मक आयन इलेक्ट्रॉड की तरफ चलते हैं जिससे वैद्युत धारा का प्रवाह होता है। धारा की प्रवृत्ति डी० सी० होती है जिसे इन्वर्टर की सहायता से ए० सी० में बदल दिया जाता है। जनरेटर से निकलने वाली हवा का तापमान भी अधिक होता है जिसे Combuster में प्रयोग होने वाली वायु को प्री-हीट करने के लिए प्रयोग किया जाता है। सीड रिकवरी यूनिट में सीडिंग मैटेरियल को निकाल लिया जाता है और शोधक में नाइट्रोजन और सल्फर को हटाने का कार्य होता है उसके बाद गैस को वातावरण में छोड़ दिया जाता है।

कमर्शियल प्रयोग के लिए एम० एच० डी० प्रणाली का खुला चक्र उपयोगी नहीं है। इस प्रक्रिया को कुशल बनाने के लिए एम० एच० डी० इकाई को भाप टरबाइन जनरेटर इकाई के साथ जोड़ा जाना आवश्यक है। इस प्रणाली में एम० एच० डी० जनरेटर से निकलने वाली गैस की ऊष्मा को भाप बनाने में, जोकि भाप टरबाइन जनरेटर इकाई में अतिरिक्त ऊर्जा उत्पन्न करने में सहायता करेगा। इस भाप का एक भाग एम० एच० डी० चक्र के लिए संकुचित हवा जोकि स्टीम टरबाईन के द्वारा चलित कम्प्रेशर से प्राप्त करने में भी किया जाता है। इस प्रकार के चक्र को हाईब्रिड या बाइनरी एम० एच० डी० स्टीम प्लान्ट चक्र कहते हैं।

बन्द चक्र एम० एच० डी० प्रणाली (Closed Cycle MHD System)

एक बन्द चक्र प्रणली को चित्र 6.3 में दर्शाया गया है।

बन्द चक्र में कार्यात्मक द्रव, बन्द लूप में घूमता है। बन्द चक्र एम० एच० डी० प्रणाली प्लाज्मा कन्वर्टर या द्रव धातु कन्वर्टर हो सकता है। प्लाज्मा कन्वर्टर सीजियम के साथ सीडेड (Seeded) आयनित गैस (हीलियम या ऑर्गन) प्रयोग होता है और द्रव धातु कन्वर्टर में धातु की भाप या द्रव अवस्था में धातु का प्रयोग होता है।



चित्र 6.3

इस सम्पूर्ण प्रणाली में तीन अलग लेकिन इन्टरलॉकिंग लूप होते हैं। कोयले को गैसीकृत (Gasified) करते हैं और गैस को इस प्रकार उत्पन्न करते हैं जिससे गैस का ऊष्मीय मान लगभग 5.35 MJ/kg और तापमान लगभग 520°C हो। यह गैस कम्बश्चर में ऊष्मा (Heat) जनरेट करने के लिए जलायी जाती है। यह ऊष्मा हीट एक्सचेंजर HX_1 में MHD चक्र के कार्यकारी द्रव को ट्रांसफर कर दी जाती है। दहन पदार्थ को हवा प्रीहीटर से गुजारा जाता है उसके बाद शोधक से और उसके बाद वातावरण में छोड़ दिया जाता है। इसे प्रथम लूप और बाहरी हीटिंग लूप कह सकते हैं।

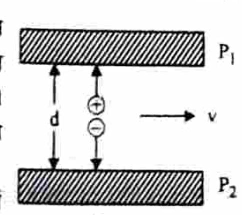
गर्म ऑर्गन गैस जिसमें सीजियम मिला होता है, को MHD जनरेटर से गुजारा जाता है। जोकि वैद्युत ऊर्जा उत्पन्न करता है जिसकी प्रवृत्ति डी० सी० होती है। इस डी० सी० आउटपुट को इन्वर्टर की मदद से ए० सी० में बदल लेते हैं और फिर ग्रिड को सप्लाई कर देते हैं। इसे द्वितीय लूप और MHD लूप कहते हैं।

कार्यकारी द्रव से ऊष्मा की रिकवरी करके भाप का उत्पादन करते हैं जिसके लिए हीट एक्सचेंजर HX_2 का प्रयोग करते हैं जहाँ द्रव की ऊष्मा पानी को दी जाती है और फिर उस पानी से भाप बनायी जाती है। इस भाप का एक भाग कम्प्रेशर के संचालन के लिए और बाकी भाप टरबाइन के लिए जो तीन कलीय जनरेटर को चलाती है कार्यकारी द्रव कम्प्रेशर और इनर कूलर से पास होने के बाद हीट एक्सचेंजर को वापिस कर दिया जाता है। इसे तीसरा लूप और भाप लूप कह सकते हैं।

एम० एच० डी० पावर जनरेशन का कार्यकारी सिद्धान्त (Working Principle of MHD Power Generation)

एम० एच० डी० पावर जनरेशन में रूपान्तरण प्रक्रम फैराडे के वैद्युत चुम्बकीय प्रेरण के नियम पर निर्भर करता है जो कि कहता है जब चालक और चुम्बकीय क्षेत्र एक दूसरे के सापेक्ष घूमते हैं तो चालक में वैद्युत विभव उत्पन्न हो जाता है। यह उत्पन्न विभव धारा को उत्पादित करता है। चालक ठोस, द्रव एवं गैस हो सकता है। एम० एच० डी० जनरेटर में ठोस चालक को गर्म आयनित गैस से परिवर्तित कर दिया जाता है। गर्म आयतित गैस (3000°C) को MHD duct से गुजारा जाता है

जिसमें मजबूत चुम्बकीय क्षेत्र लगा होता है चूँकि गैस गर्म और आयनित होती है तो वे वैद्युतीय चालकता माध्यम बन जाता है जिसे चुम्बकीय क्षेत्र में घुमाया जाता है जिससे विभव उत्पन्न होता है। एम० एच० डी० जनरेटर से जो पावर उत्पन्न होती है उनकी प्रवृत्ति डी० सी० होती है। अब यदि इलेक्ट्रोड को एक उपयुक्त स्थान पर रखा हो तो उत्पादित धारा को लिया जा सकता है।



चित्र 6.4

एक कण को मान लो जोकि q आवेश रखता है ओर दाईं और v वेग से चल रहा है एवं एक लम्बवत् चुम्बकीय क्षेत्र B चुम्बकीय घनत्व के साथ लगाया गया है। एक चुम्बकीय बल F कण पर लगता है जिसे निम्न समीकरण से दिया गया है।

$$\overline{F} = q\,(\overline{V} \times \overline{B}) \qquad ...(1)$$

अब कण को आयनित गैस अणुओं से बदल दिया जाता है जोकि v वेग से चल रही है। धनात्मक आयन प्लेट P_1 की ओर त्वरित होंगे एवं ऋणात्मक आयन प्लेट P_2 की ओर त्वरित होंगे यदि प्लेट किसी प्रतिरोध से जुड़े होंगे तो प्रतिरोध से एक धारा प्रवाहित होगी। इस प्रकार यान्त्रिक ऊर्जा वैद्युत ऊर्जा में परिवर्तित होती है। यदि वैद्युत क्षेत्र E भी उपस्थित हो तब समीकरण (1) इस प्रकार होगी

$$\overline{F} = q\,[\overline{E} \times \overline{\upsilon} \times \overline{B}] \qquad ...(2)$$

एम० एच० डी० जनरेटर में, वेग $\overline{V}$, गैस वेग $\overline{\upsilon}$ और कण के डिरिफ्ट (drift) वेग $\overline{\mu}$ का वेक्टर योग है इसीलिये

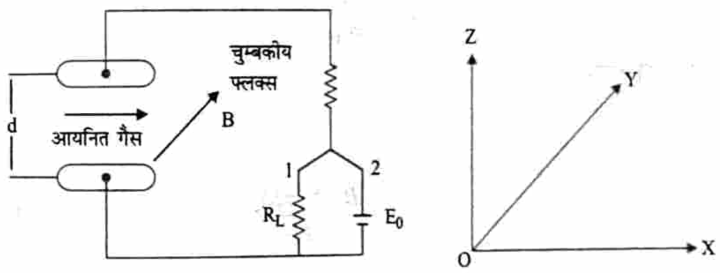
$$\overline{V} = \overline{\upsilon} + \overline{\mu}$$

$$\overline{F} = q\,[\overline{E} + \overline{\upsilon} \times B + \overline{\mu} \times B] \qquad ...(3)$$

Let $\overline{E} + \overline{\upsilon} \times \overline{B} = E'$ तब

$$\overline{F} = q\,[E' + \overline{\mu} \times \overline{B}] \qquad ...(4)$$

चित्र 6.5 को मानते हुए



चित्र 6.5

गैस की गति x -दिशा में, चुम्बकीय क्षेत्र B की y -दिशा में एवं कण की z -दिशा में है जब धारा I लोड प्रतिरोध R_L से प्रवाहित हो रही है। तब प्लेटों के बीच में वैद्युत तीव्रता

$$\overline{E}_z = -\upsilon/d \qquad ...(5)$$

जहाँ

υ = लोड RL के एक्रास विभव

d = प्लेटो के बीच दूरी

कुल वैद्युत क्षेत्र $\qquad \overline{E'_z} = \overline{E}_z + B\overline{\upsilon}$

$$\overline{E_z'} = -\frac{V}{d} + \vec{B}v$$

$$\overline{E_z'} = \frac{1}{d}(Bvd - v) \quad ...(6)$$

चलने वाली गैस पर कार्यरत वैद्युत चुम्बकीय क्षेत्र E_z एवं B आयनों पर समान बल उत्पन्न करते हैं जैसे शून्य औसत वेग के साथ गैस पर वैद्युत चुम्बकीय क्षेत्र E_z' और B उत्पन्न करते हैं।

खुला परिपथ विभव

$$E_0 = Bvd \quad ...(7)$$

यदि जनरेटर का आन्तरिक प्रतिरोध R_g हो तब अधिकतम पावर आउटपुट प्राप्त होगा जब

$$R_g = R_L$$

$$P = E_0 I$$

$$= IR_g I$$

$$= I^2 R_g \quad ...(8)$$

$$I = \frac{E_0}{R_g + R_L}$$

$$P = \left(\frac{E_0}{R_g + R_L}\right)^2 \times R_g$$

$R_g = R_L$ रखने पर

$$P_{max} = \frac{E_0^2}{4R_g} \quad ...(9)$$

$$R_g = \frac{d}{\sigma_A} \quad ...(10)$$

जहाँ σ = गैस की चालकता

A = प्लेट का क्षेत्रफल

समीकरण (7) एवं (10) से

$$P_{max} = \frac{B^2 v^2 \sigma d A}{4} \quad ...(11) \left\{ \begin{array}{l} E_0 = Bvd \\ R_g = \frac{d}{\sigma_A} \end{array} \right.$$

$\therefore$ अधिकतम पावर प्रति एकांक आयतन $= \dfrac{B^2 v^2 \sigma}{4}$ ...(12)

समीकरण (9) में E_0 का मान रखने पर

$$P_{max} = \frac{B^2 v^2 d^2}{4R_g} \quad ...(13)$$

एम० एच० डी० पावर जनरेशन के लाभ

एम० एच० डी० पावर जनरेशन के निम्नलिखित लाभ है—

1. कोई चलित भाग नहीं होने के कारण यह प्रणाली अधिक विश्वसनीय है।
2. थर्मल प्रदूषण कम होता है।

3. चूँकि अधिक तापमान शामिल है इसलिये ऑपरेशन दक्षता अधिक है।
4. वैचारिक रूप से ऐसे जनरेटर सरल होते हैं।
5. डक्ट के आकार की कोई सीमा नहीं है इसलिये अधिक क्षमता के जनरेटर सम्भव हैं।
6. दीवारों को कार्यकारी गैस के तापमान से नीचे ठंडा किया जा सकता है।
7. तुरन्त पूर्ण शक्ति स्तर तक पहुँचने की योग्यता है।
8. सभी प्रकार के हीट स्रोत जैसे कोयला, ऑयल, गैस, सोलर एवं न्यूक्लिर को एम० एच० डी० जनरेटर के साथ प्रयोग किया जा सकता है।
9. एम० एच० डी० जनरेटर तेज स्टार्ट, अधिक शक्ति घनत्व और छोटा आकार रखता है।

प्रश्नावली

1. एम० एच० डी० जनरेशन क्या है? ऐसे जनरेटर के संचालन का सिद्धान्त को समझाइये।
2. एम० एच० डी० पावर जनरेशन टेक्नॉलाजी को समझाइये।
3. एम० एच० डी० जनरेटर की विभव और पावर आउटपुट की समीकरण को प्राप्त करे।
4. एम० एच० डी० प्रणाली के खुले चक्र को चित्र के साथ समझाइये।
5. एम० एच० डी० प्रणाली के बन्द चक्र को चित्र के साथ समझाइये।

❑

7 ईंधन सेल
(Fuel Cell)

ईंधन सेल

उपकरणों के किसी भी वर्ग जो विद्युत रासायनिक प्रतिक्रियाओं द्वारा ईंधन की रासायनिक ऊर्जा को सीधे बिजली में परिवर्तित करते हैं। ईंधन सेल रासायनिक प्रक्रिया द्वारा बिजली उत्पन्न करने वाला एक साधन है। सकारात्मक (कैथोड) और नकारात्मक एनोड ईंधन सेल के दो इलेक्ट्रोड हैं। रासायनिक प्रक्रियाएँ इन इलेक्ट्रोडों में होती है क्योंकि इसमें ईंधन की आपूर्ति बाहर से की जाती है, और सेल के अन्दर ईंधन समाहित नहीं होता, इस प्रकार से यह सूखी सेल से भिन्न होती है।

जब तक ईंधन सेल को हाइड्रोजन और ऑक्सीजन की आपूर्ति मिलती रहती है, यह बिजली पैदा करती रहती है।

हर सेल में इलेक्ट्रोलाइट होती है। यह विद्युत रूप से आवेशित कणों को एक इलेक्ट्रोड से दूसरे इलेक्ट्रोड तक ले जाता है। इलेक्ट्रोड्स पर रासायनिक क्रियाओं में तेजी लाने के लिए उत्प्रेरक भी शामिल किए जाते हैं। यह ईंधन सेल छोटी मात्रा में डायरेक्ट करंट (डी० सी०) भी उत्पन्न करता है। इस कारण से ईंधन कोशिकाओं का उपयोग दशकों से अन्तरिक्ष जाँच, उपग्रह और मानवयुक्त अन्तरिक्ष यान में किया जा रहा है।

एक ईंधन सेल, एक बैटरी की तरह, स्वाभाविक रूप से एक उच्च दक्षता वाला उपकरण है। आन्तरिक-दहन मशीनों के विपरीत, जिसमें ईंधन को जलाया जाता है और काम करने के लिए गैस का विस्तार किया जाता है, ईंधन सेल रासायनिक ऊर्जा को सीधे विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करता है। इस मूलभूत विशेषता के कारण, ईंधन सेल 60 प्रतिशत तक दक्षता में ईंधन को उपयोगी ऊर्जा में परिवर्तित कर सकते है, जबकि आन्तरिक-दहन इंजन 40 प्रतिशत या उससे कम क्षमता के लिए सीमित है। उच्च दक्षता का मतलब है कि एक निश्चित ऊर्जा आवश्यकता के लिए बहुत कम ईंधन और एक छोटे भण्डारण कंटेनर की आवश्यकता होती है। इस कारण से, ईंधन सेल सीमित अवधि के अन्तरिक्ष मिशनों और अन्य स्थितियों के लिए जहाँ ईंधन बहुत महंगा है और आपूर्ति करना मुश्किल है, के लिए एक आकर्षक बिजली आपूर्ति है। वे नाइट्रोजन डाइऑक्साइड जैसी कोई भी जहरीली गैसों का उत्सर्जन नहीं करते हैं और ऑपरेशन के दौरान लगभग कोई शोर नहीं पैदा करते हैं, जिससे वे स्थानीय नगरपालिका बिजली उत्पादन स्टेशनों के लिए दावेदार बन जाते हैं।

ईंधन कोशिकाओं का विकास (Development of Fuel Cell)

ईंधन बैटरी या ईंधन सेल की सामान्य अवधारणा, इलेक्ट्रोकैमिस्ट्री के शुरुआती दिनों की है। ब्रिटिश भौतिक विज्ञानी विलियम ग्रोव ने 1839 में प्लैटिनम इलेक्ट्रोड पर उत्प्रेरित ईंधन के रूप में हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का उपयोग किया था। 1880 के दशक के अन्त में दो ब्रिटिश रसायनज्ञों—कार्ल लैंगर और जर्मन में जन्मे लुडविग मोड ने एक छिद्रयुक्त गैर-संचालक को नियुक्त करके एक लम्बी सेवा जीवन के साथ एक ईंधन सेल विकसित किया। इलेक्ट्रोलाइट—यह बाद में पाया गया कि कार्बन बेस ने बहुत कम प्लैटिनम के उपयोग की अनुमति दी, और जर्मन रसायनज्ञ विल्हेम ओस्टवाल्ड ने प्रस्तावित किया, जो गर्मी-इंजन जनरेटर, विद्युत रासायनिक कोशिकाओं के लिए एक विकल्प के रूप में कार्बन के साथ कार्बन डाइऑक्साइड को ऑक्सीकरण करेगा। 20 वीं शताब्दी के शुरुआती वर्षों के दौरान, जर्मनी में फ्रिट्ज हैबर और वाल्थर एच० नर्नस्ट और फ्रांस में एडमंड बाउर ने एक ठोस इलेक्ट्रोलाइट का उपयोग करके कोशिकाओं के साथ प्रयोग किया। सीमित सफलता और उच्च लागत, सतत विकास प्रयासों के रुचि को दबा दिया।

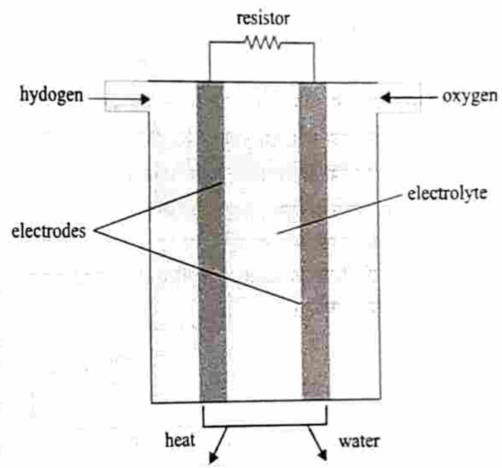
1932 से द्वितीय विश्व युद्ध के बाद तक, कैम्ब्रिज विश्वविद्यालय में ब्रिटिश इंजीनियर फ्रांसिस थॉमस बेकन और उनके सहकर्मियों ने क्षारीय इलेक्ट्रोलाइट के साथ व्यावहारिक हाइड्रोजन-ऑक्सीजन ईंधन कोशिकाओं को बनाने पर काम हुआ। अनुसन्धान के परिणामस्वरूप गैस-प्रसार इलेक्ट्रोड का आविष्कार हुआ जिसमें एक तरफ ईंधन गैस को प्रभावी ढंग से दूसरी

तरफ एक जलीय इलेक्ट्रोलाइट के साथ नियन्त्रिक सम्पर्क में रखा जाता है। मध्य शताब्दी तक ओ० के० सोवियत संघ के डेविटन ने उच्च तापमान वाले ईंधन कोशिकाओं के लिए और उच्च और निम्न तापमान वाले क्षारीय इलेक्ट्रोलाइट हाइड्रोजन-ऑक्सीजन कोशिकाओं के लिए ठोस इलेक्ट्रोलाइट्स पर प्रयोगात्मक कार्य के परिणामों को प्रकाशित किया था।

अन्तरिक्ष उपग्रहों और मानवयुक्त अन्तरिक्ष यान के लिए अत्यधिक कुशल और स्थिर बिजली आपूर्ति की आवश्यकता ने 1950 और 60 के दशक के दौरान ईंधन सेल के विकास के लिए रोमांचक अवसर पैदा किये। इलेक्ट्रोड के खिलाफ दबाये गये मैग्नीशियम ऑक्साइड के साथ पिघला हुआ कार्बोनेट कोशिकाओं का प्रदर्शन जे० ए० ए० केटेलर और जी० एच० जे० नीदरलैण्ड के ब्रोसर, जबकि बहुत पतले टेफ्लान-बंधुआ, कार्बन-मेटल हाइब्रिड इलेक्ट्रोड को अन्य शोधकर्ताओं द्वारा तैयार किया गया था। नई सामग्रियों के विकास सहित कई अन्य तकनीकी विकासों ने आज की व्यावहारिक ईंधन कोशिकाओं के उद्भव में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है। जीवाश्म ईंधन की बढ़ती लागत के साथ, इलेक्ट्रोड सामग्री और निर्माण में और सुधार, ईंधन कोशिकाओं को एक तेजी से आकर्षक वैकल्पिक बिजली स्रोत बनाने की उम्मीद है, विशेष रूप से जापान और अन्य देशों में जिनके पास ऊर्जाहीन ऊर्जा संसाधन हैं। 21वीं सदी की शुरुआत में, कई विद्युत उपकरण निर्माता ईंधन सेल प्रौद्योगिकी पर आधारित बिजली उत्पादन विकसित कर रहे थे।

कार्य करने के निर्धारित तरीके

रासायनिक ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा



चित्र 7.1

एक ईंधन सेल (वास्तव में कोशिकाओं का एक समूह) अनिवार्य रूप से बैटरी के समान प्रकार के घटक हैं। उत्तरार्द्ध की तरह, ईंधन सेल प्रणाली के प्रत्येक सेल में इलेक्ट्रोड की एक मिलान जोड़ी होती है। ये एनोड हैं, जो इलेक्ट्रॉनों की आपूर्ति करते हैं, और कैथोड, जो इलेक्ट्रॉनों को अवशोषित करते हैं। दोनों इलेक्ट्रोड को एक इलेक्ट्रोलाइट द्वारा विसर्जित और अलग किया जाना चाहिए, जो एक तरल या एक ठोस हो सकता है लेकिन जो कि या तो सिस्टम के रसायन विज्ञान को पूरा करने के लिए इलेक्ट्रोड के बीच आयनों का संचालन करना चाहिए। एक ईंधन, जैसे हाइड्रोजन, को एनोड की आपूर्ति की जाती है, जहाँ यह ऑक्सीकरण होता है, हाइड्रोजन आयनों और इलेक्ट्रॉनों का उत्पादन होता है। ऑक्सीजन के रूप में एक ऑक्सीडाइज़र, कैथोड को आपूर्ति की जाती है, जहाँ एनोड से हाइड्रोजन आयन बाद के इलेक्ट्रॉनों को अवशोषित करते हैं और पानी का उत्पादन करने के लिए ऑक्सीजन के साथ प्रतिक्रिया करते हैं। इलेक्ट्रोड (इलेक्ट्रोमोटिव बल) पर सम्बन्धित ऊर्जा स्तरों के बीच का अन्तर वोल्टेज प्रति यूनिट सेल है। उपलब्ध विद्युत प्रवाह की मात्रा बाहरी सर्किट में रासायनिक गतिविधि और ईंधन के रूप में आपूर्ति किए गए पदार्थों की मात्रा पर निर्भर करता है। वर्तमान-उत्पादन प्रक्रिया तब तक जारी रहती है जब तक कि एक नियमित बैटरी में उन लोगों के विपरीत, ईंधन सेल के इलेक्ट्रोड और इलेक्ट्रोलाइट के लिए अभिकारक की आपूर्ति होती है, रासायनिक प्रतिक्रिया से अपरिवर्तित रहने के लिए डिज़ाइन किए गए हैं।

एक व्यावहारिक ईंधन सेल जरूरी एक जटिल प्रणाली है। इसमें ईंधन, पम्प और ब्लोअर, ईंधन-भण्डारण कंटेनर और विभिन्न प्रकार के परिष्कृत सेंसर और नियन्त्रण की गतिविधि को बढ़ावा देने के लिए सुविधाएँ होनी चाहिए, जिनसे सिस्टम के

संचालन की निगरानी और समायोजन किया जा सके। इन सिस्टम डिज़ाइन विशेषताओं में से प्रत्येक की परिचालन क्षमता और जीवनकाल ईंधन सेल के प्रदर्शन को सीमित कर सकता है।

जैसा कि अन्य विद्युत प्रणालियों के मामले में, ईंधन सेल संचालन तापमान पर निर्भर है। ईंधन की रासायनिक गतिविधि और गतिविधि प्रमोटरों या उत्प्रेरक के मूल्य, कम तापमान (जैसे 0 डिग्री सेल्सियस या 32° एफ) से कम हो जाते हैं। दूसरी ओर बहुत अधिक तापमान, गतिविधि कारकों में सुधार करते हैं, लेकिन इलेक्ट्रोड, ब्लोअर, निर्माण सामग्री और सैंसर के कामकाजी जीवनकाल को कम कर सकते हैं। प्रत्येक प्रकार के ईंधन सेल में एक ऑपरेटिंग-तापमान डिज़ाइन रेन्ज होती है और इस रेन्ज से एक महत्वपूर्ण प्रस्थान क्षमता और जीवनकाल दोनों को कम करने की सम्भावना है।

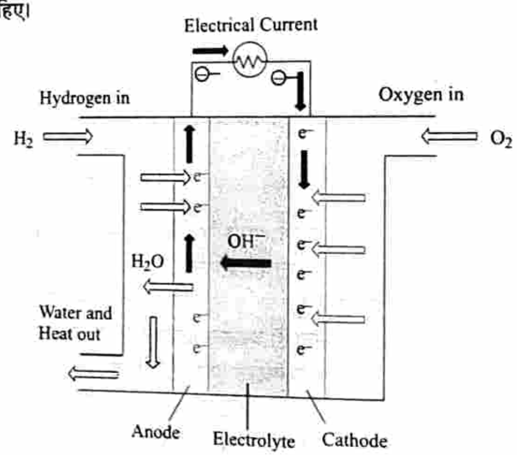
ईंधन कोशिकाओं के प्रकार (Type of Fuel Cell)

विभिन्न प्रकार के ईंधन सेल विकसित किये गये हैं। उन्हें आमतौर पर उपयोग किये जाने वाले इलेक्ट्रोलाइट के आधार पर वर्गीकृत किया जाता है, क्योंकि इलेक्ट्रोलाइट एक सिस्टम के ऑपरेटिंग तापमान को निर्धारित करता है और भाग में जिस तरह का ईंधन नियोजित किया जा सकता है।

1. क्षारीय ईंधन कोशिकाएँ (Alkaline Fuel Cell)

एक क्षारीय ईंधन सेल में एक क्षारीय इलेक्ट्रोलाइट होता है, आमतौर पर पोटेशियम हाइड्रॉक्साइड (KOH), एनोड (नकारात्मक चार्ज इलेक्ट्रोड) और एक कैथोड (सकारात्मक चार्ज इलेक्ट्रोड) के बीच सैंडविच होता है। ईंधन सेल में होने वाली प्रक्रिया निम्नानुसार है—

1. हाइड्रोजन ईंधन को ईंधन प्रवाह सेल के माध्यम से एनोड के माध्यम से ईंधन सेल के एक तरफ एनोड में प्रसारित किया जाता है, जबकि हवा से ऑक्सीजन को दूसरी तरफ कैथोड में भेजा जाता है।
2. एनोड पर, एक प्लैटिनम उत्प्रेरक हाइड्रोजन को सकारात्मक हाइड्रोजन आयन (प्रोटॉन) और नकारात्मक रूप से चार्ज इलेक्ट्रॉनों में विभाजित करने का कारण बनता है।
3. पानी को बनाने के लिए इलेक्ट्रोलाइट में पॉजिटिव हाइड्रोजन आयन (OH^-) आयनों के साथ प्रतिक्रिया करता है।
4. नकारात्मक चार्ज किए गए इलेक्ट्रॉनों को इलेक्ट्रोलाइट के माध्यम से सकारात्मक चार्ज कैथोड तक पहुँचने के लिए प्रवाह नहीं किया जा सकता है, इसलिए उन्हें विद्युत प्रवाह का निर्माण करते हुए, एक बाहरी सर्किट के माध्यम से प्रवाह करना चाहिए।



चित्र 7.2

5. कैथोड पर, इलेक्ट्रॉन्स ऑक्सीजन और पानी के साथ मिलकर हाइड्रॉक्सिल आयन बनाते हैं जो प्रक्रिया को जारी रखने के लिए इलेक्ट्रोलाइट को एनोड की ओर ले जाते हैं।

ईंधन सेल आम तौर पर 100°C (212°F) से कम पर संचालित होते हैं और धातु और कुछ प्लास्टिक से बने होते हैं। इलेक्ट्रोड कार्बन और एक धातु जैसे निकेल से बने होते हैं। पानी, एक प्रतिक्रिया उत्पाद के रूप में, सिस्टम से निकाला जाना चाहिए, आमतौर पर इलेक्ट्रोड से वाष्पीकरण द्वारा या तो इलेक्ट्रोड के माध्यम से या एक अलग वाष्पीकरण में। ईंधन और ऑक्सीकारक के आधार पर और गणना के आधार पर कुल मिलाकर क्षमता 30 से 80 प्रतिशत तक होती है।

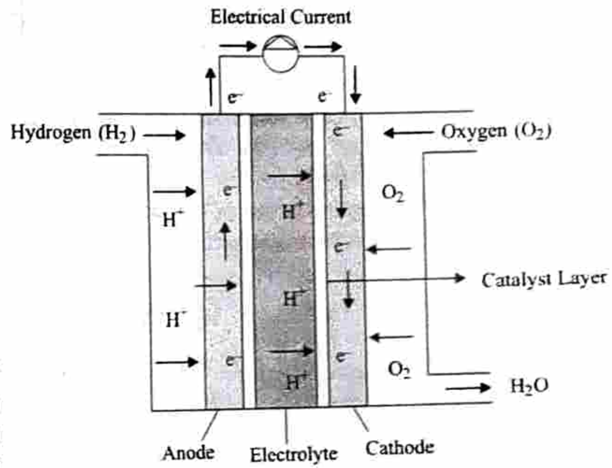
एनोड प्रतिक्रिया $H_2 + 2OH \longrightarrow 2H_2O + 2e^-$

कैथोड प्रतिक्रिया $O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$

कुल मिलाकर सेल प्रतिक्रिया $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

2. फॉस्फोरस एसिड ईंधन सेल (Phosphoric Acid Fuel Cell-PAFC)

फॉस्फोरस एसिड ईंधन सेल (PAFC) को पहली बार 1961 में जी० वी० एलमोर और एच० ए० टान्नर द्वारा डिजाइन और पेश किया गया था। इन कोशिकाओं में फॉस्फोरस एसिड का उपयोग एक गैर-प्रवाहकीय इलेक्ट्रोलाइट के रूप मे किया जाता है ताकि एनोड से कैथोड में सकारात्मक हाइड्रोजन आयनों को पारित किया जा सके। ये कोशिकाएं आमतौर पर 150 से 200 डिग्री सेल्सियस के तापमान में काम करती हैं। यह उच्च तापमान गर्मी और ऊर्जा हानि का कारण होगा यदि गर्मी को हटाया नहीं जाता है और ठीक से उपयोग किया जाता है। इस गर्मी का उपयोग एयर कंडीशनिंग सिस्टम या किसी अन्य थर्मल ऊर्जा खपत प्रणाली के लिए भाप का उत्पादन करने के लिए किया जा सकता है। कोजेनरेशन में इस गर्मी का उपयोग करने से फॉस्फोरिक एसिड ईंधन कोशिकाओं की कार्यक्षमता 40–50% से लगभग 80% तक बढ़ सकती है।



चित्र 7.3

फॉस्फोरिक एसिड, पीएएफसी में इस्तेमाल होने वाला इलेक्ट्रोलाइट, एक गैर-प्रवाहकीय तरल एसिड है जो इलेक्ट्रॉनों को एनोड से कैथोड तक जाने के लिए उपयोग करता है—एक बाहरी विद्युत परिपथ। चूँकि एनोड पर हाइड्रोजन आयन उत्पादन दर छोटा है, प्लेटिनम का उपयोग इस आयनीकरण दर को बढ़ाने के लिए उत्प्रेरक के रूप में किया जाता है। इन कोशिकाओं का एक महत्वपूर्ण नुकसान एक अम्लीय इलेक्ट्रोलाइट का उपयोग है। यह फॉस्फोरिक एसिड के सम्पर्क में आने वाले घटकों के क्षरण या ऑक्सीकरण को बढ़ाता है।

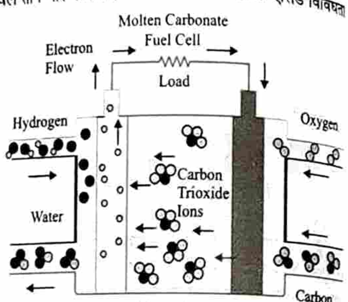
एनोड प्रतिक्रिया : $2H_2\,(g) \longrightarrow 4H^+ + 4e^-$

कैथोड प्रतिक्रिया : $O_2\,(g) + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2O$

कुल मिलाकर सेल प्रतिक्रिया : $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

3. पिघला हुआ कार्बोनेट ईंधन सेल (Molten Carbonate Fuel Cell–MCFC)

इस प्रकार के ईंधन सेल अब तक चर्चा किए गए लोगों से काफी अलग तरीके से काम करते हैं। ईंधन में पानी और एक जीवाश्म ईंधन से उत्पन्न हाइड्रोजन और कार्बन मोनोऑक्साइड का मिश्रण होता है। इलेक्ट्रोलाइट पिघला हुआ पोटेशियम लिथियम कार्बोनेट है, जिसे लगभग 650°C (1,200°F) के ऑपरेटिंग तापमान की आवश्यकता होती है। परिचालन तापमान तक गर्म होने में कई घंटे लग सकते हैं, जिससे ये सेल वाहनों के लिए अनुपयुक्त हो सकते हैं। ज्यादातर मामलों में, इलेक्ट्रोड धातु-आधारित होते हैं, और नियन्त्रण प्रणाली धातुओं और विशेष इंजीनियरिंग प्लास्टिक से बनी होती है। सामग्री के ऐसे संयोजनों को अपेक्षाकृत सस्ती होने का अनुमान है, शायद केवल तीन बार क्षारीय ईंधन सेल और फॉस्फोरिक एसिड विविधता से कम। कोशिकाएँ पहले कार्बोनेट इलेक्ट्रोलाइट के साथ हाइड्रोजन और कार्बन मोनोऑक्साइड को जोड़ती हैं और फिर ऑक्सीजन के साथ ऑक्सीकरण करके जलवाष्प और कार्बन डाइऑक्साइड के एक प्रतिक्रिया उत्पाद का निर्माण करती हैं। पिघला हुआ कार्बोनेट ईंधन कोशिकाओं को स्थानीय और बड़े दोनों पावर स्टेशनों में उपयोगी होने की उम्मीद है। 45 प्रतिशत की दक्षता प्राप्त की जा सकती है जहाँ जीवाश्म ईंधन पहले से ही उपयोग किया जाता है। उच्च तापमान पर ऑपरेशन लम्बे समय तक रहने वाले सिस्टम भागों और जोड़ों के लिए एक डिज़ाइन समस्या पैदा करता है, खासकर अगर कोशिकाओं को अक्सर गर्म और ठण्डा किया जाना चाहिए। विषाक्त ईंधन और उच्च तापमान मिलकर पावर प्लान्ट की सुरक्षा को इंजीनियरिंग डिज़ाइन और परीक्षण के साथ-साथ वाणिज्यिक संचालन में विशेष चिन्ता का क्षेत्र बनाते हैं।



चित्र 7.4

एनोड प्रतिक्रिया : $H_2 + CO_3^{2-} \longrightarrow H_2O + CO_2 + 2e^-$

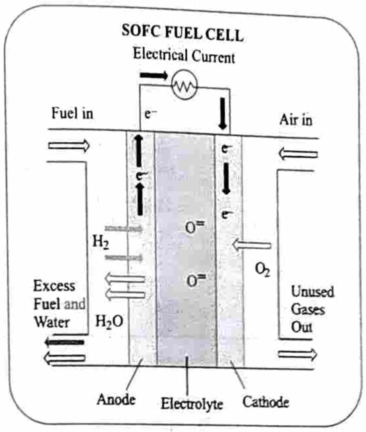
कैथोड प्रतिक्रिया : $\frac{1}{2}O_2 + CO_2 + 2e^- \longrightarrow CO_3^{2-}$

कुल मिलाकर सेल प्रतिक्रिया : $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$

4. ठोस ऑक्साइड ईंधन सेल (Solid Oxide Fuel Cell–SOFC)

कुछ मायनों में ठोस ऑक्साइड ईंधन सेल पिघले हुए कार्बोनेट उपकरणों के समान है। हालांकि, अधिकांश सेल सामग्री, कुछ निकल के साथ विशेष सिरेमिक है। इलेक्ट्रोलाइट एक आयन-चालन ऑक्साइड है जैसे कि ज़िरकोनिया को यिट्रिया के साथ इलाज किया जाता है। इन प्रायोगिक कोशिकाओं के लिए ईंधन को कार्बन मोनोऑक्साइड के साथ संयुक्त रूप से पिघला हुआ कार्बोनेट कोशिकाओं के लिए हाइड्रोजन होने की उम्मीद है। जबकि पथ के सन्दर्भ में आन्तरिक प्रतिक्रियाएँ अलग होंगी, सेल उत्पाद जल वाष्प और कार्बन डाइऑक्साइड होंगे। उच्च आपरेटिंग तापमान (900 से 1,000 डिग्री सेल्सियस, या 1,600 से 1,800 डिग्री फारेनहाइट) के कारण, इलेक्ट्रोड प्रतिक्रियाएँ बहुत आसानी से आगे बढ़ती हैं। पिघला हुआ कार्बोनेट ईंधन सेल के मामले में, कई इंजीनियरिंग चुनौतियाँ हैं जो कोशिकाओं के लिए एक लम्बे समय तक रहने वाली प्रणाली बनाने में शामिल हैं जो इस तरह के उच्च तापमान सीमा पर काम करती है।

ठोस ऑक्साइड ईंधन कोशिकाओं को केन्द्रीय बिजली उत्पादन स्टेशनों में उपयोग के लिए डिज़ाइन किया जाएगा जहाँ तापमान भिन्नता को कुशलता से नियन्त्रित किया जा सकता है और जहाँ जीवाश्म ईंधन उपलब्ध होगा। सिस्टम ज्यादातर मामलों में तथाकथित निचले स्टीम (टरबाइन) चक्र से जुड़ा होगा-यानी, ईंधन सेल के गर्म गैस उत्पाद (1,000 डिग्री सेल्सियस पर)



चित्र 7.5

का उपयोग टरबाइन चलाने के लिए भाप उत्पन्न करने और अधिक शक्ति निकालने के लिए किया जा सकता है। ऊष्मा ऊर्जा से 60 प्रतिशत की कुल क्षमता सम्भव हो सकती है।

एनोड प्रतिक्रिया : $2H_2 + 2O^{2-} \longrightarrow 2H_2O + 4e^-$

कैथोड प्रतिक्रिया : $O_2 + 4e^- \longrightarrow 2O^{2-}$

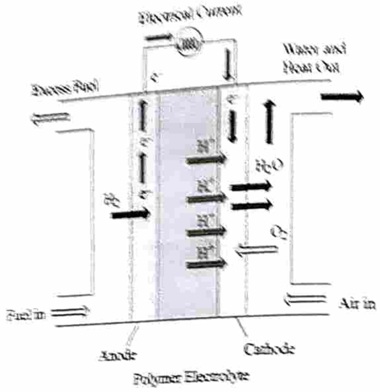
कुल मिलाकर सेल प्रतिक्रिया : $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

5. बहुलक इलेक्ट्रोलाइट ईंधन सेल/प्रोटॉन एक्सचेंज मेम्ब्रेन फ्यूल सेल (Polymer Electrolyte Fuel Cell-PEFC/Proton Exchange Membrane Fuel Cell-PEMFC)

प्रोटॉन एक्सचेंज मेम्ब्रेन फ्यूल सेल आयनों के आदान-प्रदान को सुविधाजनक बनाने वाले दो छिद्रपूर्ण इलेक्ट्रोड के बीच एक ठोस बहुलक इलेक्ट्रोलाइट (टेफ्लॉन जैसी झिल्ली) का उपयोग करता है, जिसमें प्रोटॉन के एक उत्कृष्ट कंडक्टर की दोहरी प्रकृति और इलेक्ट्रॉनों के लिए एक इन्सुलेटर होता है।

प्रोटॉन एक्सचेंज मेम्ब्रेन फ्यूल सेल सेलर अपेक्षाकृत कम तापमान (100 डिग्री सेल्सियस से नीचे) पर काम करते हैं और गतिशील बिजली की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए विद्युत उत्पादन कर सकते हैं। अपेक्षाकृत कम तापमान और कीमती धातु-आधारित इलेक्ट्रोड के उपयोग के कारण, इन कोशिकाओं को शुद्ध हाइड्रोजन पर काम करना चाहिए। PEMFC सेल वर्तमान में हल्के ड्यूटी वाहनों और वाहनों को सम्भालने वाली सामग्री और स्थिर और अन्य अनुप्रयोगों के लिए कुछ हद तक अग्रणी प्रौद्योगिकी है। PEMFC ईंधन सेल को कभी-कभी बहुलक इलेक्ट्रोलाइट झिल्ली ईंधन सेल (PEMFC) भी कहा जाता है। इलेक्ट्रोड उत्प्रेरित कार्बन हैं, और कई निर्माण संरचना सम्भव हैं। ठोस बहुलक इलेक्ट्रोलाइट कोशिकाएँ अच्छी तरह से काम करती हैं।

एनोड प्रतिक्रिया : $H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$



चित्र 7.6

कैथोड अभिक्रिया : $\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow 2H_2O$

कुल मिलाकर सेल अभिक्रिया : $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$

फ्यूल सेल के लिए प्रदर्शन विश्लेषण (Performance Analysis for Fuel Cells)

फ्यूल सेल के अन्दर इलेक्ट्रो-कैमिकल अभिक्रिया के साथ वैद्युत पावर, ऊष्मा और बाई उत्पाद भी बनते हैं। मान लिया जाता है कि अभिकारक नियत तापमान पर सप्लाई किये जाते हैं और स्थितिज और गतिज ऊर्जा में बदलाव को नगण्य मान लिया जाता है। स्थिर प्रवाह ऊर्जा के रूप में लिख सकते हैं—

$$Q - W_{SF} = \Delta H \quad ...(1)$$

(स्थितिज और गतिज ऊर्जा में बदलाव नगण्य मानते हुए)

जहाँ Q = वातावरण से प्रणाली की ओर ऊष्मा स्थानान्तरित

W_{SF} = कार्य आउटपुट

ΔH = तापीय धारिता में बदलाव (उत्पाद और अभिकारक के तापीय धारिता में अन्तर)

थर्मोडायनामिक्स के द्वितीय नियम से,

$$Q = T.\Delta S \quad ...(2)\ (T, \text{ प्रक्रम के तापमान})$$

समीकरण (1) और (2) से,

$$(W_{SF})_{max} = (\Delta H - T.\Delta S) \quad ...(3)$$

गिब्स मुक्त ऊर्जा दी जा सकती है—

$$G = H - TS$$

$$\Delta G = \Delta H - T(\Delta S) \quad ...(4)\ (\because \text{ नियत } T)$$

समीकरण (4) को समीकरण (3) से घटाने पर

$$(W_{SF})_{max} = -\Delta G \quad ...(5)$$

फ्यूल सेल के ऊर्जा रूपान्तरण की दक्षता (η of energy conversion of a fuel cell)

फ्यूल सेल के ऊर्जा रूपान्तरण की दक्षता को इस प्रकार परिभाषित किया जा सकता है। यह कार्य आउटपुट का ऊर्जा इनपुट का अनुपात है—

$$\text{फ्यूल सेल की दक्षता } \eta = \frac{W_{SF}}{-\Delta H}$$

अधिकतम दक्षता,

$$\eta_{max} = \frac{(W_{SF})_{max}}{-\Delta H} = \frac{-\Delta G}{-\Delta H}$$

हाइड्रोजन-ऑक्सीजन फ्यूल सेल के लिए,

$$\Delta G = -237191 \text{ KJ/kg at } 25°C$$

$$\Delta H = -285838 \text{ KJ/kg mol.}$$

हाइड्रोजन-ऑक्सीजन अधिकतम दक्षता

$$\eta_{max} = \frac{237181}{285838} = 0.8298 \text{ या } 83\% \text{ लगभग}$$

विद्युत वाहक बल फ्यूल सेल (E.m.f. Fuel Cell)

इलेक्ट्रो-रासायनिक अभिक्रिया के दौरान गिब्स फ्री ऊर्जा में बदलवा फ्यूल सेल के विद्युत वाहक बल जो बाहरी लोड के द्वारा इलेक्ट्रॉन को चलाता है, के समानुपाती होता है।

$$E = \frac{-\Delta G}{n.F} \quad ...(6)$$

जहाँ E = विद्युत वाहक बल

ΔG = गिब्स फ्री ऊर्जा में बदलाव

η = अभिकारक के इलेक्ट्रॉन प्रति अणु की संख्या

F = फैराडे नियतांक = 96487 कूलॉम/ग्राम मोल

ΔG के मान को समीकरण (5) में रखने पर

$$\eta_{max} = \frac{n.F.E}{-\Delta H} = \frac{I.t.E}{\Delta H}$$

$$\text{कुल हानियाँ} = E - V$$

फ्यूल सेल के लोड विभव से थ्योरिटिकल विभव E के अनुपात को विभव दक्षता कहते हैं।

$$\eta = \frac{V}{E}$$

सेल के अधिकतम पावर आउटपुट के द्वारा दी जा सकती है—

$$P_{max} = \frac{-\Delta G \times m}{\text{फ्यूल के माइनर मास}}$$

m = फ्यूल के मास प्रवाह दर Kg/s

$$\text{वास्तविक पावर} = P_{max} \times \eta_{overall}$$

निकलने वाली ऊष्मा की दर $\quad Q = P_{max} - P$

फ्यूल सेल के लाभ (Advantages of Fuel Cells)

फ्यूल सेल के निम्नलिखित लाभ है—

1. फ्यूल सेल की दक्षता लगभग 90% है।
2. फ्यूल सेल साधारण और सुरक्षित होते है।
3. फ्यूल सेल में कोई चलित भाग नहीं होता है।
4. फ्यूल सेल छोटे और शोर रहित होते हैं।
5. ये प्रदूषण रहित होते हैं।
6. फ्यूल सेल हल्के, छोटे और कम मरम्मत वाले होते है क्योंकि इनमें मैकेनिकल पार्ट नहीं होते है।
7. फ्यूल सेल की जीवन साइकिल लम्बी होती है।
8. वे गृह यूनिट के लिए अच्छे हो सकते हैं।
9. –40°C तापमान पर भी त्वरित स्टार्ट।
10. भिन्न-भिन्न प्रकार के फ्यूल सेल की उपलब्धता है।
11. यह गन्धहीन और उपयोग के लिए शान्त होते हैं।
12. कोई जनरेशन प्लान्ट की आवश्यकता नहीं होती है क्योंकि ये साइट पर ही लगाये जाते हैं।

फ्यूल सेल की हानियाँ (Limitations of Fuel Cells)

1. फ्यूल सेल की विकास की लागत (development cost) बहुत अधिक होती है।
2. फ्यूल सेल कम विभव उत्पन्न करते हैं।
3. उनकी सर्विस लाइफ कम होती है।

फ्यूल सेल के अनुप्रयोग (Applications of Fuel Cells)

फ्यूल सेल गाड़ियों, सबमेरीन, स्पेसक्राफ्ट के लिए पोर्टेबल पावर प्लान्ट, लोकोमोटिव, डिफेन्स और केन्द्रित बेस लोड पावर प्लान्ट में उपयोग किये जाते हैं।

प्रश्नावली

1. फ्यूल सेल क्या है? फ्यूल सेल कितने प्रकार के होते हैं?
2. बैटरी और फ्यूल सेल में क्या अन्तर होता है?
3. फ्यूल सेल के उपयोग को लिखिए।
4. फ्यूल सेल के लाभ को लिखो।
5. फ्यूल सेल क्या है? $H_2 - O_2$ सेल के कार्यकारी सिद्धान्त को समझाइये।
6. निम्न पर छोटे नोट लिखिए—
   (a) मोलटन कार्बोनेट फ्यूल सेल (MCMF)
   (b) सोलिड ऑक्साइड फ्यूल सेल
   (c) मेथानॉल फ्यूल सेल
   (d) फास्फोरिक एसिड फ्यूल सेल।

❑

8 माइक्रो हाइडिल ऊर्जा (सूक्ष्म जल वैद्युत ऊर्जा) (Micro Hydel Energy)

परिचय (Introduction)

हाइड्रो पॉवर एक नवीनीकरणीय प्रदूषण मुक्त और वातावरण अनुकूल ऊर्जा का स्रोत है। हाइड्रो पॉवर एक सरल विचार पर आधारित है। पानी की गतिज ऊर्जा से टरबाइन को घुमाया जाता है। टरबाइन जनरेटर में जुड़ी होने कारण जनरेटर भी घूमता है और वैद्युत शक्ति उत्पन्न करता है। उन्नीसवीं शताब्दी के शुरुआती समय में हाइड्रो टरबाइन के आविष्कार के बाद हाइड्रो पॉवर अधिक प्रचलित हुई।

माइक्रो हाइड्रो पॉवर 20वीं सदी की शुरुआत में वैद्युत उत्पन्न करने का सबसे सामान्य तरीका था। दूर दराज के क्षेत्रों में जहाँ पर सामान्य विधि से वैद्युत का संचरण सम्भव नहीं है वहाँ जल एवं उपयुक्त हैड पर उपस्थित होने से जल वैद्युत ऊर्जा का उत्पादन किया जा सकता है और वहाँ के निवासियों की ऊर्जा की आवश्यकताओं को पूरा किया जा सकता है और उनकी आर्थिक स्थिति को सुधारा जा सकता है।

सूक्ष्म जल वैद्युत परियोजनाओं का वर्गीकरण (Classification of Micro Hydel Plants)

1. माइक्रो हाइड्रो परियोजना 0-100 किलोवाट
2. मिनी हाइड्रो परियोजना 101 किलोवाट से 2000 किलोवाट
3. लघु हाइड्रो परियोजना 2001 किलोवाट से 25000 किलोवाट।

इस वर्गीकरण को अलग आजकल पिको हाइड्रो पिको प्लाण्ट (5 kW से कम) और टिनी हाइड्रो प्लाण्ट (1 kW से कम) भी प्रचलन में हैं।

हम हैड के अनुसार भी सूक्ष्म हाइड्रो प्लांट को वर्गीकरण कर सकते हैं—

प्रकार	हैड रेन्ज
अधिक हैड	100 मीटर और उससे अधिक
मध्यम हैड	30-100 मीटर
कम हैड	2-30 मीटर

विभिन्न प्रकार की स्कीम जो हाइड्रो पॉवर प्लांट में प्रयोग की जाती है।

1. रन ऑफ रिवर स्कीम (run of river scheme)
2. डैम के बेस में स्थित पॉवर हाउस के साथ स्कीम।

अधिकतर सूक्ष्म हाइड्रो पॉवर प्लांट रन ऑफ रिवर स्कीम का प्रयोग करते हैं क्योंकि उनके पास पानी स्टोर करने की क्षमता नहीं होती है।

सूक्ष्म जल वैद्युत प्लांट हेतु स्थान का चयन

सूक्ष्म जल वैद्युत प्लांट की स्थापना हेतु निम्न बातों का ध्यान रखा जाता है—

1. जल की मात्रा।

2. हैड।

इन दोनों बातों का विशेष ध्यान रखा जाता है। आउटपुट पॉवर को निम्न प्रकार दिखाया जाता है—

$$P = 9.81 \times Q \times H \times \eta$$

जहाँ P = आउटपुट पॉवर या उत्पादित पॉवर

Q = जल की मात्रा (मीटर^3/sec)

H = हैड (मीटर में)

η = प्रणाली की दक्षता।

प्रणाली की दक्षता को निम्न प्रकार लिखा जा सकता है :

$$\eta = \eta_T \times \eta_G \times \eta_{gb} \times \eta_{cw} \times \eta_{TD}$$

जहाँ η_T = टरबाइन की दक्षता

η_G = जनित्र की दक्षता

η_{gb} = गियर बॉक्स की दक्षता

η_{cw} = सिविल कार्य की दक्षता

η_{TD} = संचरण व डिस्ट्रिब्यूशन की दक्षता।

सूक्ष्म हाइड्रो पॉवर परियोजनाओं के लिये बहुत कम हैड लगभग (1.5 से 2.0 मीटर) पर भी सफलतापूर्वक कार्य कर रहे हैं। उदाहरण के लिए मेरठ जिले में भोले की झाल पर इस परियोजना द्वारा वैद्युत ऊर्जा का उत्पादन किया जा रहा है।

इन परियोजना में निम्न बातों का स्थान रखना अनिवार्य है—

1. जल की आपूर्ति पूरे वर्ष उपलब्ध हो।
2. यातायात की व्यवस्था अच्छी होनी चाहिए।
3. वातावरण की दृष्टि से स्थान अनुकूल हो।
4. निर्माण कार्य कराने हेतु निर्माण सामग्री की उपलब्धता आसानी से हो जानी चाहिए।
5. ऊर्जा का उपयोग करने के लिए लोड केन्द्र परियोजना से बहुत दूर नहीं होनी चाहिए।
6. भूमि की उपलब्धता आसानी से हो जानी चाहिए।

जल शक्ति में वैद्युत ऊर्जा कैसे उत्पादन होती है? (How is Hydro-electricity generated?)

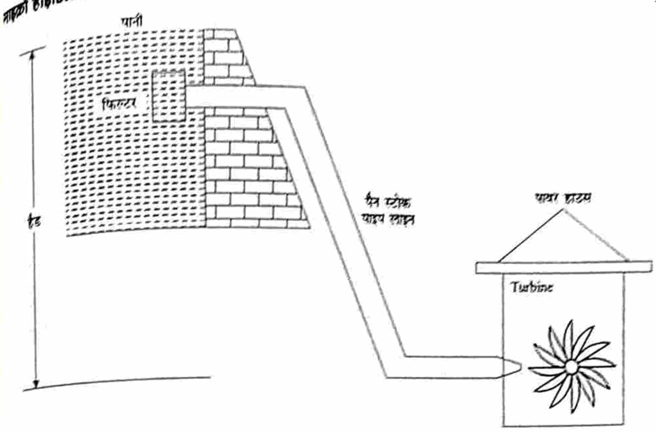
अधिकतर हाइड्रो वैद्युत पॉवर डाम एकत्रित जल की स्थितिज ऊर्जा का उपयोग करके टरबाइन को घुमाया जाता है और टरबाइन जनित्र में जुड़ी होती है जिसे जनित्र रोटेट करता है और वैद्युत शक्ति उत्पन्न करता है। टरबाइन की गति जल के आयतन और कितनी ऊँचाई से गिराया जाता है उस पर निर्भर करती है। अधिक हैड प्राप्त करने के लिए पानी को एक बड़े पाइप में टरबाइन तक भेजा जाता है जिसे पैन स्टोक कहते हैं।

हाइड्रो प्रणाली अवयव (Hydro System Components)

1. इनटेक (Intake)—इनटेक वह बिन्दु है जहाँ से जल धारा से पानी को पाइपलाइन के द्वारा टरबाइन को फीड किया जाता है।

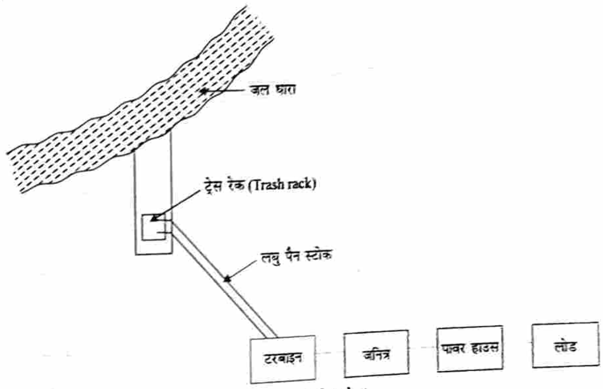
2. पैन स्टोक (Pen Stock)—पैन स्टोक केवल जल को टरबाइन तक ही नहीं पहुँचाता है बल्कि यह हैड दाब भी उत्पन्न करता है।

1. लघु पेन स्टोक (Short Pen stock)
2. मध्य दूरी पेन स्टोक (Mid length Pen stock)
3. दीर्घ दूरी पेन स्टोक (Long distance Pen stock)



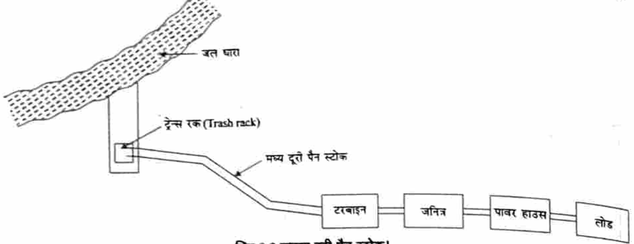
चित्र 8.1 हाइड्रो इलेक्ट्रिक पावर जनरेशन।

लघु पेन स्ट्रोक में पेन स्ट्रोक की लम्बाई तो कम होती है लेकिन चैनल की लम्बाई अधिक होती है। इसमें गन्दगी के कारण रुकावट के अवसर अधिक होते हैं जिससे इनकी मरम्मत में अधिक खर्च जल के मार्ग से होता है। इसको चित्र में दर्शाया गया है।



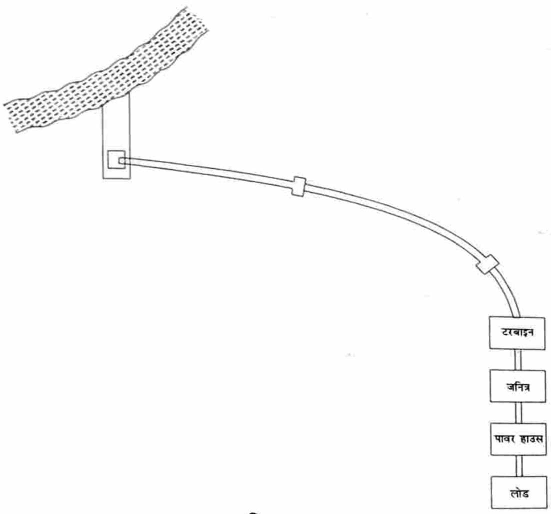
चित्र 8.2 लघु पैन स्टोक।

मध्य दूरी पेन स्टोक में पेन स्टोक की लम्बाई लघु पेन स्टोक से ज्यादा होती है और चैनल छोटा होता है। इसमें गन्दगी के कारण रुकावट के अवसर कम होते हैं। इसकी शुरुआती लागत तो अधिक होती है, परन्तु चैनल पर व्यय कम होता है।



चित्र 8.3 मध्यम दूरी पैन स्टोक।

दीर्घ लम्बाई के पेन स्टोक में पेन स्टोक की लम्बाई अधिक होती है। ये वहाँ उपयोग किये जाते हैं, जहाँ जल धारा बहुत दूर होती है।



चित्र 8.4

टरबाइन (Turbine)

टरबाइन माइक्रो हाइड्रो प्लांट का एक मुख्य अवयव होता है। यह गिरते हुए जल की ऊर्जा को घूर्णन करती हुई शाफ्ट पॉवर में बदलती है। टरबाइन का सलेक्शन निम्न दो बातों पर निर्भर करता है :

1. हैड (Head)
2. प्रवाह (Flow)

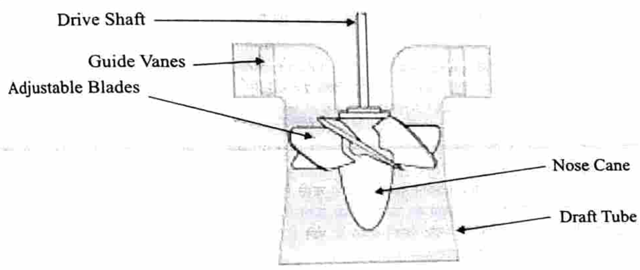
सभी टरबाइन में पॉवर गति अभिलक्षण होता है जो किसी निश्चित गति हैड और प्रवाह पर उपयुक्त संचालन करती है। निम्न प्रकार टरबाइन का वर्गीकरण किया गया है—

टरबाइन	अधिक हैड	मध्यम हैड	लघु हैड
इम्पल्स टरबाइन	पैल्टन टर्गो	क्रास फ्लो, मल्टी जेट पैस्टिन टर्गो	क्राम, फ्लो
डिसेक्शन टरबाइन		फ्रांसिस	प्रोपलर, कप्लान

इम्पल्स टरबाइन—इम्पल्स टरबाइन रिऐक्शन टरबाइन की अपेक्षा माइक्रो हाइड्रो अनुप्रयोग में ज्यादा उपयोग की जाती है क्योंकि इनका डिजाइन सरल होता है। अनुरक्षण आसान होता है।

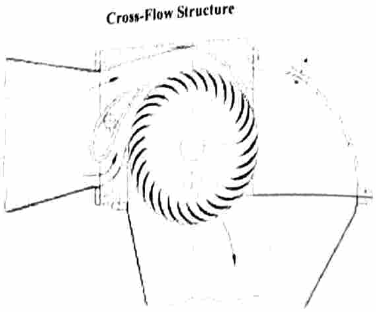
इम्पल्स टरबाइन लघु हैड के लिए उपयुक्त नहीं होती है क्योंकि उनकी विशिष्ट गति कम होती है। मल्टी जेट पैल्टन, क्रास फ्लो और टर्गो टरबाइन मध्यम हैड के लिये उपयुक्त होती है।

प्रोपेलर टरबाइन



चित्र 5.5

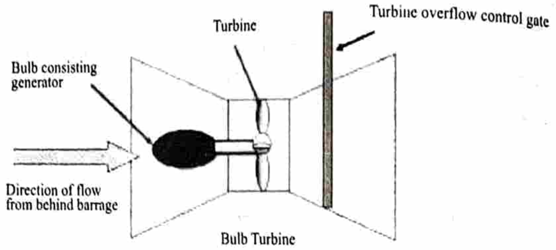
क्रास फ्लो टरबाइन



चित्र 8.6

बल्ब टरबाइन

Water flow around the turbine. If maintenance is required then the water must be stopped which causes a problem and is time-consuming with possible loss of generation.



चित्र 8.7

प्रश्नावली

1. माइक्रो हाइडिल ऊर्जा क्या है?
2. सूक्ष्म जल वैद्युत योजना हेतु स्थान का चयन कैसे करते हैं?
3. सूक्ष्म जल वैद्युत प्लांट में वैद्युत का उत्पादन कैसे करते हैं?
4. सूक्ष्म जल वैद्युत योजना में प्लांट कितने प्रकार के होते है?
5. निम्नलिखित पर टिप्पणी लिखिए—
   1. पेन स्टोक 2. हैड 3. टरबाइन
6. माइक्रो हाइड्रो ऊर्जा क्या है? समझाइये। माइक्रो हाइड्रो विद्युत केन्द्र में विद्युत उत्पादन की विधियों के नाम लिखिए। *(UPBTE 2013)*

9 अनुकूल प्रौद्योगिकी (Appropriate Technology)

टेक्नोलॉजी या प्रौद्योगिकी का अर्थ है कि काम करने वाले व्यक्ति के भार को कम और आसान बनाना। हम प्रौद्योगिकी को किसी भी मशीन या किसी भी कार्य को करने में प्रयुक्त प्रक्रिया में प्रयोग होते हुए देख सकते हैं। किसी भी टेक्नोलॉजी में हार्डवेयर और साफ्टवेयर दोनों का ही उपयोग किया जाता है लेकिन आजकल प्रौद्योगिकी में इन दोनों घटकों के साथ आर्थिक, सामाजिक और सांस्कृतिक आदि घटकों का भी समावेश किया गया है।

प्रौद्योगिकी का ऐसा स्वरूप जिसमें उत्पादन के घटकों के साथ-साथ आर्थिक, सामाजिक और सांस्कृतिक घटकों का समावेश भी हो तो इस प्रकार की प्रौद्योगिकी को अनुकूल प्रौद्योगिकी कहते हैं। अनुकूल प्रौद्योगिकी का उपयोग सबसे ज्यादा ग्रामीण क्षेत्रों में किया जाता है जिससे उनमें जीवन के स्तर में सुधार लाये जा सके। इस कार्य के लिये भारत में इस प्रौद्योगिकी पर अनुसंधान तथा सर्वेक्षण कार्य किये जा रहे हैं। उत्तर प्रदेश में यह कार्य अनुकूल प्रौद्योगिकी विकास संगठन के द्वारा किया जाता है।

अनुकूल प्रौद्योगिकी की अवधारणा (Concept of Appropriate Technology)

अनुकूल प्रौद्योगिकी की अवधारणा को हम निम्न उदाहरणों से समझ सकते हैं—

उदाहरण–1—पत्ता दोना, पत्तल (Leaf cup, plates) **बनाने की प्रौद्योगिकी**—पत्तों से बने दोनों और पत्तलों का प्रचलन अभी भी ग्रामीण क्षेत्रों में किया जाता है। दोने और पत्तलों का उपयोग गांवों में शादी और कार्यक्रमों में तथा मिठाई वाले, गोल गप्पों वाले, चाट-पकोड़ी वाले इनका प्रयोग करते हैं। इनको बनाने में ढ़ाक के पेड़ के पत्तों का उपयोग किया जाता है। ये पेड़ जंगल में बहुत अधिक संख्या में मिलते हैं। जो लोग इन उद्योग में लगे होते हैं उनको प्रतिदिन 10 से 20 रुपये तक ही आमदनी होती है। इसमें अनुकूल प्रौद्योगिकी का उपयोग करके इनकी आमदनी को बढ़ाया जा सकता है।

यह कार्य आसान और कम समय में करने के लिये केन्द्रीय खाद्य प्रौद्योगिकी अनुसंधान संस्थान मैसूर द्वारा एक पैडल परिचालित मशीन का आविष्कार किया गया है। इसको चलाने के लिए बहुत अधिक दक्षता की आवश्यकता नहीं होती है। इस मशीन में मरम्मत की आवश्यकता बहुत कम होती है। इसको चलाने के लिये बहुत कम वैद्युत शक्ति का प्रयोग किया जाता है लेकिन वैद्युत शक्ति उपलब्ध नहीं हो तो करोसिन से भी कार्य किया जा सकता है। इस मशीन में पेंच और डाई होती है। डाई पैडल परिचालित होती है। डाई और पेंच को गर्म करने के लिए वैद्युत शक्ति या कैरोसिन का प्रयोग किया जाता है। इस मशीन का प्रयोग करके उत्पादन बढ़ता है जिससे आमदनी बढ़ती है।

उदाहरण 2—रुई कताई तकनीक (Cotton spinning technology)—भारतवर्ष में तीव्र सर्दी के मौसम को ध्यान में रखकर पहाड़ों में रहने वाले अधिकांश लोग रुई की कताई और बुनाई का कार्य करते हैं। इस कार्य में वे लोग अपनी जरूरतों के अनुसार कपड़े बनाकर तथा कुछ और उत्पादन करके अपनी जीविका को चलाते हैं। इस कार्य में जो मशीनरी की आवश्यकता होती है, वह तकली और चरखा है। ये युक्ति बहुत प्राचीन काल में उपयोग में हैं। लेकिन इनका उत्पादन बहुत कम है जिससे इन लोगों की आमदनी बहुत कम होती है।

अनुकूल प्रौद्योगिकी विकास संगठन ने प्राचीन चरखे में कुछ बदलाव किये जिससे इनके उत्पादन में वृद्धि हुई। पहले वही चरखा 8 घण्टे में 250 ग्राम रुई कातता था वहीं अब 8 घण्टे में 1 किलो रुई कातता है जिससे उनकी आमदनी में वृद्धि हुई और जीवन शैली में बदलाव आया है।

इस प्रकार हमने देखा कि स्थानीय और क्षेत्रीय आवश्यकता को पूरा करने में अनुकूल प्रौद्योगिकी बहुत मदद करती है।

1. यह प्रौद्योगिकी मानव समाज पर निर्भर करती है।
2. यह प्रौद्योगिकी सरल और कम जटिल होती है।
3. यह निम्न पैमाने की होने के कारण पदार्थों की आवश्यकता और सामाजिक दायित्वों में कोई रुकावट प्रस्तुत नहीं करती है।

अनुकुल प्रौद्योगिकी के लाभ व गुण (Advantages and Property of Appropriate Technology)

अनुकूल प्रौद्योगिकी के लाभ निम्नलिखित हैं—

1. अनुकूल प्रौद्योगिकी को उपयोग करने से व्यापारिक कम्पीटीशन ना होकर सहयोग की भावना बढ़ती है।
2. इसमें शोषण के स्थान पर सबका हित होता है।
3. इसमें समाज में जो असंतुलन को दूर कर सबको बराकर में लाने की भावना विकसित होती है।
4. इसमें कार्य शान्तिपूर्ण, कार्य दर धीमी और तनावमुक्त कार्य होता है।
5. इस प्रौद्योगिक में प्रदूषण बहुत कम होता है।
6. इसमें प्रकृति की सम्पदा की रक्षा होती है। जैसे दूसरी प्रौद्योगिकी में प्राकृतिक सम्पदा का नुकसान होता है।

अनुकूल प्रौद्योगिकी द्वारा ग्रामीण विकास (Rural Development by Appropriate Technology)

अनुकूल प्रौद्योगिकी का भारत में ग्रामीण क्षेत्रों में विकास के उद्देश्य को ध्यान में रखकर प्रयोग किया गया है जिससे ग्रामीण क्षेत्रों में तो व्याप्त समस्याओं का समाधान किया जा सके। ग्रामीण क्षेत्रों में खास तौर पर जो दुर्बल आय और निम्न वर्ग के लोगों के साथ-साथ सब का सर्वांगीण विकास हो तथा उनके रोजगार, स्वास्थ्य, शिक्षा, रहन-सहन, सामाजिक जीवन के स्तर में सुधार किया जा सके।

पिछले एक दशक में इस दिशा में काफी प्रयास किये गये हैं। इस प्रकार लघु, सस्ती, और सरल प्रौद्योगिकी की पहचान और उनका विकास किया जाये जिससे निम्न वर्ग के लोगों की कुछ मदद और उनको आर्थिक तौर पर सुदृढ़ किया जा सके। अनुकूल प्रौद्योगिकी आज की आधुनिक प्रौद्योगिकी से सर्वथा विपरीत व भिन्न है। इसलिए जरूरी है कि आधुनिक प्रौद्योगिकी के साथ-साथ प्रौद्योगिकी का विकास किया जाये जिससे हम अपने समाज के पिछड़े वर्ग का विकास कर सके।

आधुनिक प्रौद्योगिकी और अनुकूल प्रौद्योगिकी की तुलना (Comparison between Modern Technology & Appropriate Technology)

इन दोनों प्रौद्योगिकी की तुलना हम निम्न बिन्दु को ध्यान में रखकर कर सकते हैं—

1. **विकास क्षेत्र** (Development field)—आधुनिक प्रौद्योगिकी में विकास क्षेत्र राष्ट्रीय स्तर पर होता है जबकि अनुकूल प्रौद्योगिकी में स्थानीय तथा क्षेत्रीय स्तर पर विकास होता है।

2. **विकास दर** (Rate of development)—आधुनिक प्रौद्योगिकी में विकास दर बहुत तीव्र होती है जबकि अनुकूल प्रौद्योगिकी में विकास दर धीमी होती है।

3. **प्रारम्भिक लागत** (Initial cost)—आधुनिक प्रौद्योगिकी को अपना कर किसी भी उद्योग को लगाने में प्रारम्भिक लागत अधिक लगती है जबकि अनुकूल प्रौद्योगिकी में प्रारम्भिक लागत कम होती है।

4. **कम्पीटिशन** (Competition)—आधुनिक प्रौद्योगिकी में कम्पीटीशन को प्राथमिकता दी जाती है जबकि अनुकूल प्रौद्योगिकी में कम्पीटिशन के स्थान पर सहयोग को प्राथमिकता दी जाती है।

5. **आर्थिक सुदृढ़ता**—आधुनिक प्रौद्योगिकी में राष्ट्रीय स्तर का आर्थिक उत्थान होता है जबकि अनुकूल प्रौद्योगिकी में ग्रामीण स्तर का आर्थिक उत्थान होता है।

6. **शोषण**—इसमें व्यक्तियों का शोषण होता है जबकि अनुकूल प्रौद्योगिकी में शोषण नहीं होता है।

7. **तनाव**—आधुनिक प्रौद्योगिकी में जिन्दगी तनावपूर्ण होती है जबकि अनुकूल प्रौद्योगिकी में जिन्दगी तनावमुक्त होती है।

8. **प्रदूषण**—आधुनिक प्रौद्योगिकी के उपयोग से वातावरण प्रदूषित होता है जबकि अनुकूल प्रौद्योगिकी मे वातावरण प्रदूषण रहित होता है।

9. **औद्योगीकरण** —आधुनिक प्रौद्योगिकी में राष्ट्रीय क्षेत्र की आवश्यकताओं के लिये अनुकूल होतो है जबकि अनुकूल प्रौद्योगिकी मे क्षेत्रीय और स्थानीय आवश्यकताओं का ध्यान रखा जाता है।

11. **सामाजिक और सांस्कृतिक मूल्य**—इसमें समाज के सीमित जनसंख्या को लाभ होता है और सीमित लोगों के ही जीवन स्तर में सुधार होता है जबकि अनुकूल प्रौद्योगिकी में बड़ी जनसंख्या को तथा बड़े समूह के लोगों का जीवन स्तर और रहन-सहन सुधारता है।

अनुकूल प्रौद्योगिकी की आवश्यकता (Need of Appropriate Technology)

अनुकूल प्रौद्योगिकी की आवश्यकता को निम्नलिखित बिन्दुओं से स्पष्ट किया जा सकता है—

1. निम्न वर्ग के समाज को आय के साधन उपलब्ध कराना।
2. निम्न वर्ग के लोगों को अपने पैरों पर खड़ा करना।
3. निम्न वर्ग के लोगों को आय के साधन उपलब्ध कराना जिससे उनके जीवन स्तर को सुधारा जा सके।
4. खाली समय का सदुपयोग करना।
5. ग्रामीण क्षेत्रों की आवश्यकताओं की पूर्ति करना।
6. कार्य को आसान व उपयोगी बनान।
7. लागत लगाकर इसको स्टार्ट किया जा सकता है।

परम्परागत प्रौद्योगिकी तथा सम्भावित सुधार (Traditional Technology and Possible Modifications)

मुख्यत: सभी क्षेत्रों में परम्परागत प्रौद्योगिकी का उपयोग होता है। परम्परागत या अनुकूल प्रौद्योगिकी में कुछ बदलाव करके दक्षता को बढ़ाया जा सकता है। इस प्रकार की प्रौद्योगिकी में प्रयोग होने वाले औजारों आदि में कुछ बदलाव करके हम प्रणाली के उत्पादन में वृद्धि कर सकते हैं।

हम यहाँ पर परम्परागत प्रौद्योगिकी तथा उनमें सम्भावित सुधारों के कुछ उदाहरण प्रस्तुत कर रहे हैं—

उदाहरण 1–धान रोपाई मशीन—धान की फसल में रोपाई करने में मजदूरों की आवश्यकता होती है लेकिन मजदूरों की उपलब्धता उस समय एक समस्या बन जाती है। यदि रोपाई किसी बहुत बड़े खेत में करनी हो तो बहुत अधिक मजदूरों की जरूरत पड़ती है। अगर मजदूर न मिले तो रोपाई नहीं हो सकती है या खेत का कुछ हिस्स बिना बुआई के रह जाता है। इस समस्या को दूर करने के लिए धान रोपाई मशीन का प्रयोग किया जाता है जिससे कम मजदूरों की सहायता से अधिक क्षेत्र में रोपाई की जाती है और उत्पादन को बढ़ाया जा सकता है। धान रोपाई मशीन एक दिन में एक एकड़ भूमि में एक समान दूरी पर धान की रोपाई करती है। मशीन को उपयोग करने में श्रम और समय की बचत होती है।

उदाहरण 2–हस्त चालित औजार (Hand operated tools)—हमारे देश में कृषि क्षेत्र में हस्त चालित औजार का उपयोग होता है। हमारे देश में विभिन्न प्रकार के हस्त चालित औजारों का उपयोग प्रचलित है। हस्त चालित औजारों को मानव के द्वारा चलाया जाता है जिसको चलाने में शक्ति लगायी जाती है। इस शक्ति का उपयोग प्रत्यक्ष रूप में जैसे चलने, खींचने ढकेलने में किया जाता है।

विभिन्न प्रकार के हस्त चालित औजार निम्न प्रकार हैं—

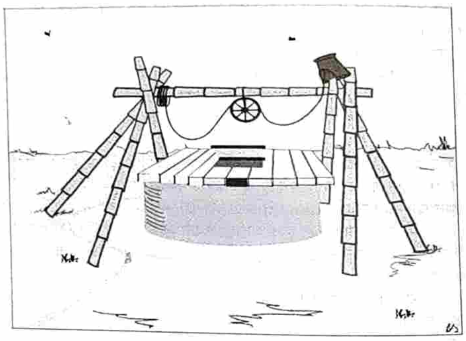
1. फसल कटाई के औजार,
2. भुट्टा छीलने का औजार,
3. मूंगफली का दाना निकालने वाला यन्त्र,
4. कोनोवीडर,
5. आलू खोदने का यन्त्र।

जल उठाने के यन्त्र (Water lifting devices)—जल उठाने के यन्त्र जल को ऊँचाई पर उठाने के लिये प्रयोग किये जाते हैं। किसान खेतों में पानी को गहराई से उठाने के लिये विभिन्न यन्त्रों का प्रयोग करते हैं। जल उठाने के यन्त्र, जमीन के अन्दर के जल को, बरसात के दिनों में गहराई में इकट्ठा हुये पानी को उठाने में तथा नदी के पानी को खेतों तक पहुँचाने में इन युक्तियों का प्रयोग करते हैं।

जल उठाने में निम्नलिखित यन्त्रों का प्रयोग किया जाता है—

1. रस्सी और बाल्टी से (पुली का प्रयोग करके) या चरसा,
2. रोप पम्प (Rope pump),
3. बक्ट पम्प (Bucket pump),
4. डायरेक्ट ऐक्शन पम्प (Direct action pump),
5. डीप-वेल पिस्टन पम्प (Deep-well piston pump),
6. डीप-वेल डायफ्राम पम्प (Deep-well diaphragm pump),
7. अपकेन्द्री पम्प (Centrifugal pump),
8. वैद्युत निमज्जक पम्प (Electrical submersible pump),
9. अक्षीय प्रवाह पम्प (Axial flow pump),
10. हाइड्रोलिक रैम पम्प (Hydraulic ram pump)।

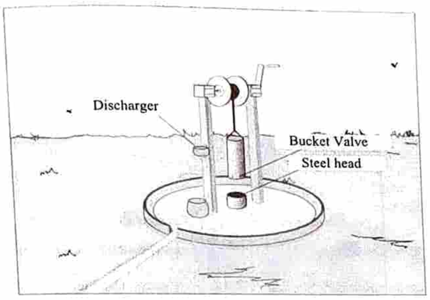
2. रोप और बक्ट (Rope and bucket)—इस प्रकार की युक्ति में कुंओं से हाथों के द्वारा पानी निकाला जाता है। रस्सी के सिरे पर बाल्टी को बांधा जाता है और रस्सी की सहायता से कुएँ में गिराया जाता है। जब बाल्टी पानी से भर जाती है तो उसे ऊपर खींच लिया जाता है। लेकिन इस में बहुत ताकत लगती है। इसमें कुछ बदलाव किया गया और इसमें एक पुली का प्रयोग किया गया जिससे कम ताकत लगाकर पानी निकाल लिया जाता है। दो रस्सी को एक दो बाल्टी या ज्यादा को खींचने में पशुओं का प्रयोग भी किया जाता है। इस प्रणाली की प्रारम्भिक लागत बहुत कम होती है। इस प्रणाली में लगभग 10 मीटर की गहराई से पानी निकाला जाता है। भारत के अति पिछड़े क्षेत्रों में इस प्रणाली का उपयोग किया जाता है।



चित्र 9.1

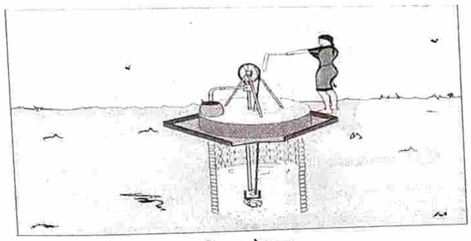
3. बक्ट पम्प (Bucket pump)—बक्ट पम्प का उपयोग ड्रिल्ड कुंओं से पानी निकालने में किया जाता है। यह एक पी०वी०सी० पाइप की बनी होती है जिसमें एक संकीर्ण बाल्टी, जिसकी तली में एक वाल्व लगा होता है उस पाइप के अन्दर जाती है। जैसे ही बाल्टी पानी की सतह को छूती है तो वाल्व खुल जाता है और पानी बाल्टी में भर जाता है। जब बाल्टी को

खींचा जाता है तो बाल्व बन्द हो जाता है और पानी बाल्टी में ही रह जाता है। पानी निकालने के लिये पम्प ऑपरेटर बाल्टी से रिसेट कर देता है। पानी डिस्चार्जर में निकल जाता है। यह 0 से 15 मीटर की गहराई से पानी निकालने के लिये उपयुक्त होता है। इसको जिम्बाबवे में सबसे ज्यादा प्रयोग किया जाता है।



चित्र 9.2 बक्ट पम्प

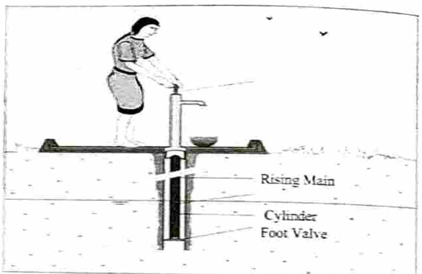
रोप पम्प (Rope pump)—इस प्रणाली का मुख्य अवयव कुएँ के ऊपर लगा पुली व्हील होता है। इस पुली से एक पाइप जुड़ा होता है जो पानी के स्तर के अन्दर तक जाता है। इस पाइप से रस्सी पानी के अन्दर तक जाती है। जैसे ही पानी पाइप के अन्दर आता है तो वाशर (washer) ऊपर की ओर घूमता है जिसमें पाइप में भरा पानी ऊपर चढ़ता है। दूसरा महत्त्वपूर्ण भाग इस प्रणाली का यह है कि पानी के नीचे रस्सी यह निर्देशित करती है कि रस्सी और वाशर वापस पाइप में ही जाये और पुली व्हील को फ्रेम कर ले। ग्रामीण क्षेत्रों में रोप पम्प को लकड़ी, रस्सी और पी० वी० सी० ट्यूबिंग से बनाया जाता है।



चित्र 9.3 रोप पम्प

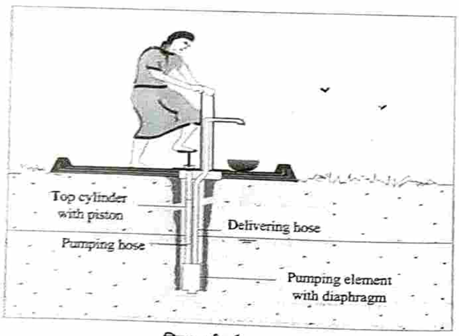
डायरेक्ट एक्शन हैण्ड पम्प (Direct action hand pump)—इस प्रकार के हैड पम्प प्राय: पी०बी०सी० और इमरी प्लास्टिक के बने होते हैं जो कि सीमित गहराई के बोर होल के लिये बनाये जाते हैं। पम्प रोड के नीचे भाग के साथ एक प्लेंगर

को जोड़ा जाता है जो जमीन के नीचे पानी में स्वसन करता है। उपभोक्ता ऊ-वाट हैंडल के साथ पम्प रोड को ऊपर नीचे चलाया जाता है। जब पम्प को ऊपर उठाया जाता है तो प्लैंगर मेन पाइप में पानी को उठाता है और पुन: वाल्व के द्वारा रिप्लेसमेन्ट वाटर को सिलेण्डर में डाला जाता है। जब पम्प को नीचे ले जाया जाता है तो फुट वाल्व बन्द हो जाता है और पानी एक वाल्व के द्वारा प्लैंगर से होकर जाता है जो अगले अपस्ट्रोक को उठाता है। इस प्रकार की प्रणाली को 0 से 12 मीटर की गहराई के लिये उपयोग किया जाता है।



चित्र 9.4 डायरेक्ट एक्शन हैण्ड पम्प

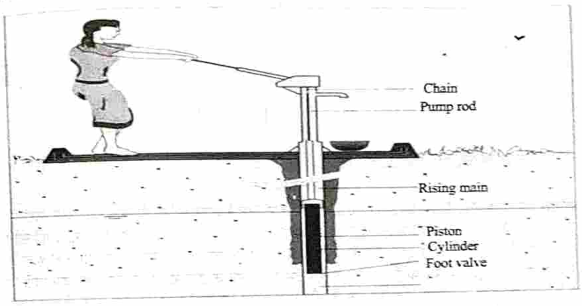
डीप वेल डायफ्राम पम्प (Deep-well diaphragm pump)—इस प्रणाली में सिलेण्डरिकल पम्प बाड़ी कुएं के निचले भाग में एक फ्लेमेबिल डायफ्राम लगा होता है। जो एक ट्यूब आकार के बैलून में सिकुड़ता और खुलता है जिसमें पानी



चित्र 9.5 डीप वैल डायफ्राम पम्प

आता है और बाहर निकलता है। सिलेण्डरिकल पम्प एक फ्लेमेबिल (Flammable) के होस से जुड़ा होता है, जो पानी को सतह पर लेकर आता है।

डीप वेल पिस्टन हैंड पम्प (Deep well piston hand pump)—इस प्रणाली में पिस्टन को पानी की सतह के नीचे सिलेण्डर में लगाया जाता है जो ग्राउण्ड से लगभग 15-45 मीटर नीचे होता है। उपभोक्ता जब पम्प को गति देता है तो पम्प हैंड श्रेणीक्रम में जुड़े पम्प का रोड जो राइजिंग मेन से जुड़ी होती है, को स्थानान्तरित कर देता है। अब स्ट्रोक करने पर प्लैंगर राइजिंग मेन में पानी उठता है। पानी प्लेंगर से गुजरता है और अगले अपस्टोक में पानी उठता है। पम्पिंग की ऊँचाई सतह से सीमित होती है।

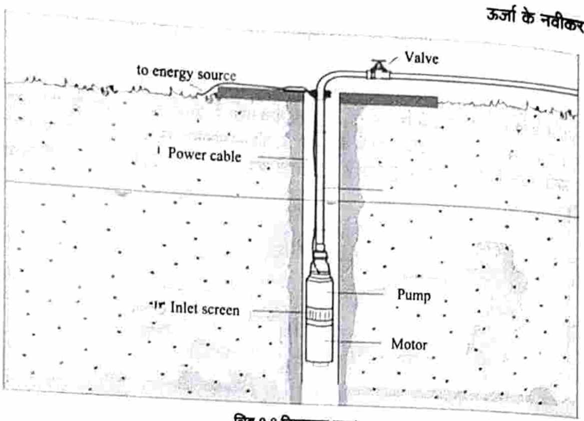


चित्र 9.6 डीप वेल पिस्टन हैण्ड पम्प।

अपकेन्द्री पम्प (Centrifugal pump)—अपकेन्द्री पम्प के मुख्य अवयव तेजी से गति करता हुआ इम्पैलर (Impeller) और केसिंग होता है। पानी इम्पैलर की केन्द्रीय आंख में प्रवाह होता है जहाँ अपकेन्द्र बल इस पानी को केसिंग से बाहर निकालता है। पानी का गतिज ऊर्जा का कुछ भाग उपयोगी दाब में परिवर्तित होता है जो पानी को डिलीवरी पाइप में भेजता है। जब पानी इम्पैलर के केन्द्र में पानी निकलता है तो वहां सक्शन उत्पन्न होता है जो स्रोत से पम्प में पानी को खींचता है। इम्पैलर और केसिंग को सैक्शन के मैचिंग को स्टेज (stage) कहते हैं। एक पाइप में दाब को बढ़ाने के लिये बहुत सारी स्टेज को एक साथ जोड़ा जाता है। पानी जिस स्टेज से गुजरता है तो उसका दाब बढ़ता जाता है।

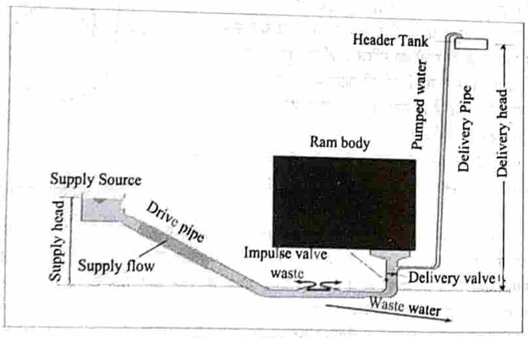
चित्र 9.7 अपकेन्द्रीय पम्प।

वैद्युत निमज्जक पम्प (Electrical submersible pump)—अधिक गहराई वाले कुएँ से पानी निकालने के लिये निमज्जक पम्प का उपयोग किया जाता है। इसमें अपकेन्द्रीय पम्प को वैद्युत मोटर के साथ लगाया जाता है। इसमें प्राय: मल्टी स्टेज पम्प का उपयोग किया जाता है। मल्टी स्टेज पम्प को प्राय: मोटर से ऊपर और चैक बाल्व से नीचे लगाया जाता है। निमज्जक पम्प स्वयं चलते हैं। इनको सूखी अवस्था में नहीं चलाते हैं। मोटर अवस्था में ना पहुँचे इसलिये पानी के लेवल का ध्यान रखा जाता है। यदि पानी का लेवल कम हो जाये तो पम्पिग का कार्य नहीं करते हैं। मोटर को चलाने के लिये सप्लाई एक इन्सुलेटेड केबिल के द्वारा दी जाती है।



चित्र 9.8 निमज्जक पम्प।

हाइड्रोलिक रैम पम्प (Hydraulic ram pump)—हाइड्रोलिक रैम वह युक्ति है पानी को पम्प करने में उपयोग किया जाता है। इसे पानी के प्रवाह की ऊर्जा को अवशोषित करके पानी को पम्प किया जाता है। यह पानी स्रोत की सतह से नीचे लेवल पर लगाया जाता है। प्रारम्भिक पम्प साइकिल में, पानी स्रोत से प्रवाहित होता है जो किसी कोण पर बना होता है, जो दृढ़ ड्राईव पाइप से होता हुआ हाइड्रोलिक रैम बाड़ी में आता है और इम्पल्स वाल्व के द्वारा बाहर निकलता है। जब पानी पर्याप्त वेग प्राप्त कर लेता है इम्पल्स वाल्व अचानक बन्द कर देता है और पानी ड्राइव पाइप में अचानक रुक जाता है। जो पानी में लहर को उत्पन्न करता है। जो पानी काट एक दाब लगाता है, जो डिलवरी वाल्व के द्वारा एयर चैम्बर में लगाता है। एक छोटे वाल्व इनलेट से पम्प बाड़ी में हवा दी जाती है।



चित्र 9.9 हाइड्रोलिक रैम पम्प।

प्रश्नावली

1. अनुकूल प्रौद्योगिकी के अर्थ को समझाइये।
2. अनुकूल प्रौद्योगिकी की आवश्यकता क्यों होती है?
3. अनुकूल प्रौद्योगिकी के लाभ व हानि को लिखिए।
4. अनुकूल प्रौद्योगिकी और आधुनिक प्रौद्योगिकी में क्या अन्तर है? समझाइये।
5. कृषि पर आधारित परम्परागत प्रौद्योगिकी में सुधार करने के उपाय समझाइये।
6. पानी को उठाने की विभिन्न विधियों को समझाइये।
7. अनुकूल प्रौद्योगिकी की अवधारणा स्पष्ट कीजिए। इसके दो उदाहरणों से समझाइये। *(UPBTE 2013)*

❑

10

बायो डीजल

(Bio Diesel)

परिचय (Introduction)

बायो डीजल पैट्रो डीजल के समान ही एक ईंधन है जोकि बायोलॉजीकल स्रोतों से बनाया जाता है। आजकल अधिकांश विकसित और विकासशील देश बायो डीजल को सम्पीड़न प्रज्वलन (compression ignition) इंजनों में प्रयोग करने लगे है। इसे वैकल्पिक ईंधन के रूप में अपनाने वाले देश में, अमेरिका, जर्मनी, इटली, मलेशिया, आस्ट्रेलिया तथा एशियन देश शामिल हैं। बायो डीजल, नॉन टाक्सी और टिनीयेबल दोनों का उत्पादन पेड़ पौधों से होता है। बायो डीजल के स्रोतों में मुख्यतः सोयाबीन ऑयल है लेकिन कनोला (Canola), पॉम (Palm), काटन शीड (Cotton seed), सूरजमुखी (Sunflower) और मूंगफली आदि के तेल भी स्रोतों में शामिल हैं। बायो ईंधन का प्रयोग डीजल इंजनों में ईंधन के रूप में किया जा सकता है। इसका निर्माण बायो डीजल और पेट्रो डीजल के मिश्रण से किया जाता है। जैसे—B5, B20 या B100 आदि। B20 का अर्थ है कि 20% बायो डीजल की मिलावट वाला डीजल तेल है। बायो डीजल का उत्पादन करने वाले व उसका प्रयोग करने वाले भारत में मुख्य अधिष्ठान निम्न हैं—

1. नॉन-कनवेंशनल ऊर्जा स्रोत मंत्रालय (Ministry of Non-conventional energy)
2. भारतीय तेल कम्पनी (Indian oil company)
3. महेन्द्रा एण्ड महेन्द्रा (Mahindra & Mahindra)

बायो डीजल के उत्पादन में जैटरोफा कारकॉस (Jatropha karkas) तेल जोकि रानजोत वृक्ष से प्राप्त होता है, एक उपयुक्त व सस्ता फीड स्टाक है।

बायो डीजल के गुण (Characteristics of Bio diesel)

बायो डीजल पेट्रो डीजल के समान ही एक वैकल्पिक ईंधन है, जो वृक्षों से प्राप्त किया जाता है। इसके गुण पेट्रो डीजल के समान ही होते हैं। बायो डीजल के गुण निम्न प्रकार हैं—

1. यह प्रदूषण मुक्त ईंधन होता है।
2. यह वातावरण अनुकूल होता है।
3. इसके प्रज्वलन से सल्फर का उत्सर्जन नहीं होता है।
4. यह बायो डिग्रेडेबल भी होता है।

बायो डीजल ईंधन को अधिक प्रदूषित शहरों या क्षेत्रों में एक अच्छे ईंधन के रूप में प्रयोग किया जा सकता है। बायो डीजल ईंधन का उत्पादन निम्न वृक्षों के तेल से किया जा सकता है—

1. जेटरोफा कारकस (Jotropha karkas)
2. सूरजमुखी (Sunflower)
3. खजूर (Palm)
4. तोरी का बीज (Rapeseed) आदि।

जैटरोफा कारकस (Jotropha karkas)—जैटरोफा कारकॉस एक रसीला, सरस व गूदेदार वृक्ष होता है। यह एक झाड़ी के रूप में होता है। जैटरोफा कारकॉस के वृक्ष बहुतायत मात्रा में अफ्रीका, उत्तरी अमेरिका और कैरीबियन में पाये जाते हैं।

बायो डीजल

जैटरोफा कारकॉस, जिसे औषधि फल भी कहते हैं, जैटरोफा तेल बनाने के काम आता है जो खाने के योग्य नहीं होता है। इसका प्रयोग मोमबत्ती तथा साबुन बनाने मे किया जाता है तथा इसका प्रयोग बायो डीजल बनाने में किया जाता है। तेल निकालने के बाद जो बचता है उसका प्रयोग खाद बनाने में तथा कुकिंग में उपयोग किया जाता है।

बायोडीजल के भौतिक गुण (Physical Characteristics of Bio diesel)

क्रम सं०	गुण	मात्रा
1.	विशिष्ट गुरुत्व	0.87 से 0.89
2.	गतिज श्यानता 40°C	3.7 से 5.8
3.	सिटेन नम्बर	46 से 70
4.	उच्च ऊष्मक मान	16928 से 17996
5.	सल्फर भार	0.0 से 0.0024
6.	क्लाउड प्वाइंट	–11 से 16
7.	पोर प्वाइंट	–15 से 13

बायो डीजल फीड स्टॉक्स (Bio-diesel feed stocks)—विभिन्न प्रकार के आयल का उपयोग बायो डीजल को बनाने में किया जाता है। जो निम्न प्रकार है—

1. **विर्जिन आयल फीड स्टाक**—तोरी का बीज और सोयाबीन ऑयल अधिकतर प्रयोग में आने वाले तेल हैं। यू०एस० उत्पादन का आधा भाग सोयाबीन से बनता है। बायो डीजल, सरसों, खजूर, सूरजमुखी, नारियल, काई (algae) भाग का पौधा (hemp) आदि का उपयोग किया जाता है।
2. वेस्ट वेजिटेबल ऑयल (WVO)
3. पशु चर्बी जैसे लार्ड और पीली ग्रीस।
4. न खाये जाने वाले तेल जैसे—जैटरोफा, नीम तेल, केस्टर आयल आदि।

बायो डीजल उत्पादन (Bio-diesel Production)

बायो डीजल का उत्पादन घरेलू व औद्योगिकी दोनों ही परिस्थितियों में किया जा सकता है। दोनों ही परिस्थितियों में प्रक्रिया एक समान होती है। प्रक्रिया में जो पद (step) उपयोग किये जाते हैं वह निम्न प्रकार हैं—

1. प्रक्रिया के पद (Step in the process)
2. उत्पादन तरीके/विधियाँ (Production method)
3. तेल बनाने की प्रक्रिया (Oil preparation)
4. प्रतिक्रिया (Reaction)
5. क्षारक उत्प्रेरित यन्त्रावली (Base catalysed mechanism)
6. प्रक्रिया (Process)

प्रक्रिया में मुख्य पद इस प्रकार होते हैं—

1. जैव वसा को साफ करना।
2. वेस्ट वेजिटेबल आयल का टाइट्रेशन करना।
3. उत्प्रेरक को सही-सही मात्रा में मिलाना।
4. 50°C तापमान पर जैव वसा में मिथेनामाइड मिलाना।
5. बायो डीजल से ग्लिसरीन और एल्कोहल को अलग करना।
6. बायो डीजल को साफ करना।

7. व्यर्थ पदार्थ को पृथक करना।

बायो डीजल को बनाना (Making of Bio-diesel)

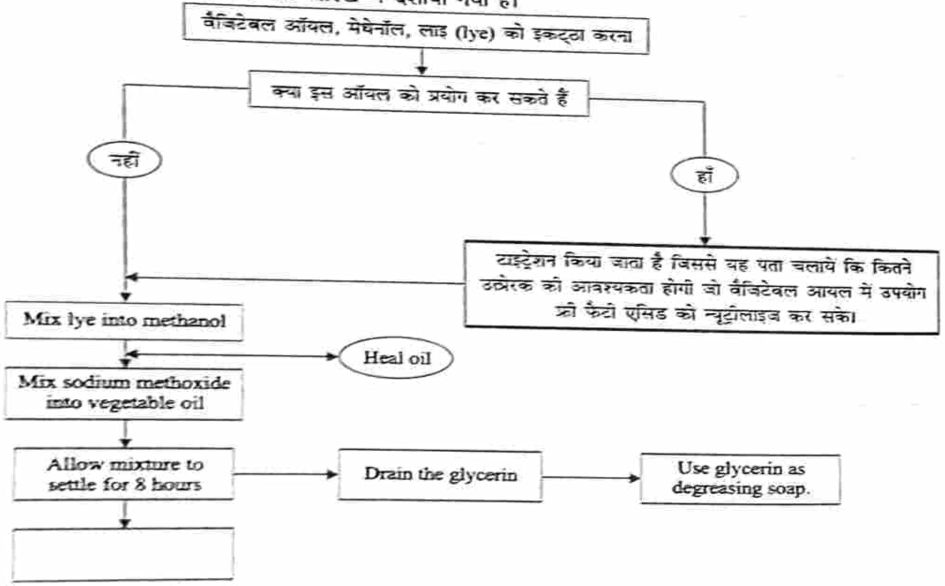
आधुनिक डीजल इंजन के लिये बायो डीजल बनाने की मुख्य तीन विधियाँ हैं। वेजिटेबल आयल को किसी और फ्यूल के साथ मिलाकर और सीधे वेजिटेबल आयल का उपयोग करके और कुकिंग ग्रीस को बदल कर बायो डीजल बनाया जा सकता है।

पहली च्वाइस, वैजिटेबल ऑयल को किसी अन्य फ्यूल के साथ मिलाना। लेकिन यह कोई सरल नहीं है। आयल को मिश्रित करने का उद्देश्य श्यानता (या गाढ़ेपन) को कम करना है जिससे ऑयल पतला हो सके और वह फ्यूल प्रणाली से सरलतापूर्वक प्रवाह कर सके। मिश्रण इस बात पर निर्भर करता है कि हमें कितना फाजिल (fossil) फ्यूल बचाना है। इसलिए वैजिटेबल आयल और अन्य फ्यूल आयल का संयुक्त मिश्रण अलग-अलग प्रक्रिया में अलग हो सकता है।

दूसरी विधि में सीधे वैजिटेबल ऑयल का उपयोग करके बायो डीजल बनाया जाता है। इसमें हम एक टैंक SVO (straight vegetable oil) प्रणाली लेते हैं। उससे इन्जेक्टर और ग्लोप्लग को निकालकर, फ्यूल हीटिंग लगाया जाता है। इसमें दो टैंक प्रणाली का उपयोग भी होता है जिसमें एक आयल को प्री-घेट करके पतला बनाया जाता है। इस प्रणाली में गाड़ी को स्पर्ट और बन्द डीजल की रेगुलर सप्लाई से किया जाता है और स्पर्ट होने के बाद SVO जब वह पर्याप्त गर्म होता है तब ट्रांसफर कर दिया जाता है।

तीसरी विधि में कुकिंग ग्रीस को बदलकर बायो डीजल बनाया जा सकता है। कुकिंग ग्रीस को इकट्ठा करके प्रोसेसिंग इकाई में रखते हैं। ग्रीस को किलिंसिंग इकाई में रखते हैं। जहाँ इसको गर्म किया जाता है और आयल में व्यर्थ पदार्थों को अलग कर दिया जाता है। एक बार ग्रीस को साफ कर लिया जाता है और कुछ रसायन मिलाते हैं जिससे फाइली बायो डीजल प्रक्रिया पूरी होती है और उत्पाद के रूप में बायो डीजल मिलता है।

बायो डीजल बनाने के पदों को आरेख में दर्शाया गया है।



चित्र 10.1

लाभ—बायो डीजल के लाभ निम्न प्रकार हैं—

1. B100 कार्बन डाई आक्साइड के उत्सर्जन को 78% तक कम कर देता है।
2. बायो डीजल, कन्वशनल डीजल की अपेक्षा 4 गुना तेजी से डीग्रेड होता है।
3. इसको उपयोग करके ऊर्जा सुरक्षा बढ़ती है।

प्रश्नावली

1. बायो डीजल का अर्थ समझाइये।
2. बायो डीजल बनाने की विधियो का वर्णन कीजिए।
3. बायो डीजल के गुण को लिखिए।
4. बायो डीजल को बनाने में किन-किन आयलों का उपयोग किया जाता है?
5. बायो डीजल को बनाने में किन-किन वृक्षों का आवश्यकता होती है?
6. बायो डीजल के भौतिक गुणों को लिखिए।
7. निम्नलिखित पर टिप्पणी कीजिए—
   (i) जैटरोफा कारकॉस,
   (ii) जैव वसा।
8. पशु शक्ति चालित पम्पों के नाम लिखिए, जोकि सिंचाई में प्रयोग किये जाते हैं। किसी एक का वर्णन कीजिए। *(UPBTE 2015)*

महत्वपूर्ण सूत्र

(Important Formulae)

Conversion Factors and Standards

मूल मात्रक

लम्बाई (Length)

1 मीटर $= 10^{10}$ एंग्सट्राम $= 10^{10}$ Å
$= 10^{6}$ माइक्रोमीटर $= 10^{6}\,\mu m$
= 1000 मीटर = 1000 mm
= 100 सेंटीमीटर

द्रव्यमान (Mass)

1 किलोग्राम = 1000 ग्राम $= 6.022 \times 10^{26}$ atomic mass unit

तापमान (Temperature)

Normal Scales

डिग्री सेल्सियस (°C) = (°F − 32)/1.8
डिग्री फाहरेनहाइट (°F) = 1.8°C + 32

Absolute scale

डिग्री केल्विन = °C + 273.16 = 1.8°R
डिग्री रेनकाइन = °F + 459.67 = K/1.8

समय

1 सेकेण्ड $= \frac{1}{3600}$ घण्टे
$= \frac{1}{86,400}$ दिन $= \frac{1}{31,536,000}$ वर्ष

वैद्युत और चुम्बकीय मात्रक

1 एम्पीयर (A) = 1 watt/volt
= 1 कूलॉम/सेकेण्ड
1 वोल्ट (V) = 1 वाट/एम्पियर
= 1 जूल/कूलॉम
= 1 एम्पियर ओम
1 ओम (Ω) = 1 वोल्ट/एम्पियर
1 फैरड (F) = 1 कूलाम/वोल्ट
= 1 एम्पियर सेकेण्ड/वोल्ट
1 हेनरी (H) = 1 वोल्ट.सेकेण्ड/एम्पियर
1 बेबर = 1 वोल्ट.सेकेण्ड
1 बेबर/मी = 1 टेसला

= 1 न्यूटन/एम्पियर.मीटर $= 10^{4}$ गॉस

ऊर्जा (Energy)

1 जूल = 1 वाट.सेकेण्ड = 1 न्यूटन मीटर $= 2\ kg - m^2/s^2$
$= 6.242 \times 10^{18}$ इलेक्ट्रॉन वोल्ट (eV)
$= 10^{7}$ अर्ग
$= 3.725 \times 10^{-7}$ हार्स पॉवर घण्टे (horse power-hour)

बल

1 न्यूटन (1N) $= 1 kg.m/s^2$

ऊष्मा फ्लक्स (Heat flux)

$1 w/m^2 = 1 N/(S.M.)$

शक्ति

1 watt = 1 जूल/सेकेण्ड
= 1 न्यूटन मीटर/ सेकेण्ड
= 1 किलोग्राम मीटर^2/सेकेण्ड^3
= .001 किलोवाट = 0.001341 hp

Generation Rate

1 watt/ cubic meter $= (1W/m^3) = 1J/(s.m^3) = 1kg\,(m.s^3)$

दाब (Pressure)

1 पास्कल = 1 न्यूटन/ मीटर^2
= 1kg (मीटर^2 × सेकेण्ड^2) $= 10^{-5}$ बार

Absolute pressure = Gauge pressure + Atmospheric pressure
= Atmospheric pressure − Vacuum pressure

विशिष्ट ऊष्मा (Specific Heat (C)

1 joule / kilogram-°C = 1 J/(kg.°C)
$= 1\ m^2/(s^2\ .°C)$

विशिष्ट ऊष्मा (Specific Power)

1 किलोवाट / किलोग्राम = 1 kw/kg $= 1000\ m^2/s^3$

Surface conductance

$= 1\ w/(m^2.°C) = 1\ J/(s.m^2.°C)$
$= 1\ kg/s^2 °C$

वेग (Velocity)

1 metre / second = 1 m/s

श्यानता (Viscosity)

1-points = 100 centipose = 0.1 kg/(s.m)

आयतन (Volume)

1 meter$^3 = 10^6\ cm^3$
$= 10^3$ liter (l)
= 264.2 U.S. gal

❑

ODD SEMESTER EXAMINATION (U.P.), DECEMBER-2019

ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोत

(Renewable Sources of Energy)

Code : 0031

[Fifth Semester]

Time : 2.30 Hours] **[Maximum Marks : 50**

Notes :

(i) Attempt all questions.

(ii) Students are advised to specially check the Numerical Data of question paper in both versions. If there is any difference in Hindi translation of any question, the students should answer the question according to the English version.

(iii) Use of Pager and Mobile Phone by the students is not allowed.

1. निम्न में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए। [2 × 5 = 10]

(अ) नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों से आप क्या समझते हैं? नवीकरणीय ऊर्जा के स्रोतों के महत्व की चर्चा कीजिए।

(ब) विद्युत उत्पादन के लौकिक विधियों के विभिन्न नाम दीजिए। ऊर्जा के लिए विकल्प स्रोतों की क्या आवश्यकता है?

(स) समतल संग्रहक की तुलना सान्द्रण संग्रहक से दीजिए।

2. निम्न में से किन्हीं चार भागों के उत्तर दीजिए। [4 × 3 = 12]

(अ) सौरविकिरण को नापने की किसी एक विधि की व्याख्या कीजिए।

(ब) सौर कूकर के मूल सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।

(स) सीधी एवं विसरित सौर विकिरण में अन्तर कीजिए।

(द) पी० वी० सेल के कार्य सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।

(इ) बायो-डीजल पर टिप्पणी लिखिए।

3. निम्न में से किन्हीं तीन भागों के उत्तर दीजिए। [3 × 4 = 12]

(अ) फ्लोटिंग डोम बायोगैस प्रकार के विद्युत् उत्पादन प्लांट की संरचना एवं कार्य-विधि का वर्णन कीजिये।

(ब) बायोमास पाइरोलाइसेस क्या है? व्याख्या कीजिए।

(स) भिन्न-भिन्न प्रकार के वायु मिलों के नाम लिखिये एवं उनमे से किसी एक की कार्य-विधि की व्याख्या कीजिए।

(द) विंड-पावर प्लांट की स्थापना के लिए क्या-क्या मूल आवश्यकतायें हैं? प्लांट की साईज़ पर कौन-कौन से घटक प्रभाव डालते हैं।

4. निम्न में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए। [2 × 4 = 8]

(अ) माइक्रो हायडल पावर से आप क्या समझते हैं?

(ब) समुद्री लहरों से पावर जनरेशन के किसी एक विधि की व्याख्या कीजिए।

(स) जीयो थर्मल ऊर्जा के विभिन्न अनुप्रयोग दीजिये।

5. निम्न में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए। [2 × 4 = 8]

(अ) अनुकूल प्रौद्योगिकी (Appropriate Technology) से आप क्या समझते हैं? ग्रामीण विकास में इसकी आवश्यकता की विवेचना कीजिए।

(ब) वाटर पम्पिंग विंड मिलों का संक्षिप्त वर्णन दीजिये।

(स) चित्रों की सहायता से (i) डायफ्राम पम्प एवं (ii) रहट की कार्य-विधि की व्याख्या कीजिए।

❑