الفصل الأول

الجيولوجيا والجيولوجيا الهندسية

مقدمة

إن كلمة جيولوجي (Geology) كلمة لاتينية مكونة من مقطعين (Geo) أرض و (Logy) علم وبذلك يضم علم الجيولوجيا أو علم دراسة الأرض كل الدراسات التي تخص الأرض ، بما فيها تركيب المواد المكونة للأرض وخواصها الكيمياوية والميكانيكية وعلاقتها ببعضها البعض إضافة الى القوى التي تحاول تغيير شكل الأرض والمواد المكونة لها . ويشمل أيضاً دراسة كيفية نشوء الحياة على سطح الارض وتطورها خلال العصور الجيولوجية .

ان موضوعاً واسعاً كعلم دراسة الارض له علاقة بعلوم كثيرة أخرى كعلم الفلك والحيوان والفيزياء والكيمياء والجغرافيا والرياضيات والاقتصاد وقد أدى التوسع الكبير الذي حصل في علم الجيولوجي نتيجة البحث العلمي المتواصل الى ضرورة تقسيمه الى عدد كبير من الفروع المتشعبة نعرّف أهمها فيما يلي : -

علم المعادن (Mineralogy)

ويعنى هذا الفرع بدراسة المعادن وتركيبها الكيمياوي وخواصها الفيزياوية المختلفة وطرق تكونها وأماكن وجودها والمبادىء الأساسية لتصنيفها .

علم الصخور (Petrology)

وهو علم دراسة الصخور من حيث تركيبها الكيمياوي والمعدني وطرق تكونها وتغيرها .

الجيولوجيا الفيزياوية (Physical Geology)

ويشمل هذا الفرع دراسة العمليات الجيولوجية التي أثرت ولا زالت تؤثر على سطح الارض كعمليات التجوية (Weathering) والإزاحة (Erosion) بواسطة المياه والرياح واختلاف درجات الحرارة والكائنات الحية ، وكذلك عمليات ترسيب المواد الناتجة من عمليات التجوية والنحت في البحار والبحيرات والانهار وفي الصحارى .

علم الحفريات أو الاحافير (Palaeontology)

يبحث في دراسة بقايا الحيوانات والنباتات التي عاشت على سطح الارض ولفترات مختلفة بأنواعها الكبيرة منها والدقيقة والمحفوظة في الصخور كما ويشمل دراسة البيئة التي

عاشت فيها هذه الحفريات .

علم الطبقات (Stratigraphy)

يختص بدراسة طبقات الصخور الرسوبية والمترسبة على هيئة طبقات متعاقبة والتتابع الزمني لهذه الطبقات ومقارنتها ببعضها البعض .

علم المثالج (Glacial Geology)

يشمل دراسة حركة المثالج (Glaciers) وعمليات النحت الناتجة من هذه الحركة وكذلك دراسة انواع الترسبات والمظاهر الحديثة والقديمة التي تتركها المثالج بعد انحسارها عن منطقة ما نتيجة الذوبان .

الجيوكيمياء (Geochemistry)

دراسة التركيب الكيمياوي للمعادن والصخور المكونة للقشرة الارضية .

الجيوفيزياء (Geophysics)

يختص هذا العلم باستخدام الخواص الفيزياوية لصخور القشرة الارضية في الدراسات الجيولوجية وتستخدم الان بعض الخواص المهمة للصخور كالمغناطيسية والجاذبية والكهربائية والزلزالية في عمليات الاستكشاف لكل من النفط والمياه الجوفية اضافة الى كافة الدراسات تحت السطحية للمواقع المختارة للمنشآت الهندسية الكبيرة كالسدود والخزانات والانفاق .

جيولوجيا المياه (Hydrogeology)

تختص بدراسة المياه السطحية والجوفية وطرق البحث عن المياه الجوفية وتعيين اتجاهات حركتها وكمياتها وكيفية استغلالها .

جيولوجيا النفط (Petroleum Geology)

وتشمل دراسة تكوينات النفط والغاز الطبيعي، وطرق التنقيب والكشف عنهما واستخراجهما .

جيولوجيا التعدين (Mining Geology)

وتشمل دراسة اماكن وجود واستخراج الخامات ذات الاهمية الاقتصادية بما فيها الفحم والاحجار الكريمة .

الجيولوجيا التركيبية (Structural Geology)

وتشمل دراسة كافة المؤثرات المختلفة على التراكيب الارضية والطبقات اضافة الى الحركات الارضية الكبيرة وتأثيرها على الصخور المختلفة .

الجيولوجيا الهندسية (Engineering Geology)

العلم الذي يشكّل حلقة وصل بين علم الجيولوجيا والهندسة المدنية والذي يختص بتطبيق مبادىء علم الجيولوجيا للتقليل من المشاكل الهندسية الناجمة عن عدم تحمل المواد الجيولوجية كالتربة والصخور للمنشآت الثقيلة التي تقام عليها .

جيولوجيا البيئة Environmental Geology

فرع جديد من فروع علم الجيولوجيا يختص بدراسة مشاكل البيئة الناجمة عن بعض العمليات الجيولوجية كالهزات الأرضية والبراكين وتعرية التربة ومن استعمال الانسان المتزايد للارض ومواردها الطبيعية كالماء والنفط وبقية المعادن ، مثل الانحسار المستمر لمساحة الأراضي الصالحة للبناء ومواد البناء الأولية والفيضانات وهبوط مستوى سطح الارض كنتيجة لاستخراج الماء والنفط والمعادن الاخرى الموجودة في باطن الارض . كما ويشمل دراسة تلوث مياه الأنهار والبحار والمحيطات نتيجة للاستعمال الخاطيء لهذه الاماكن كمحطات لرمي الفضلات المختلفة وتأثير هذا التلوث على نوعية الترسبات الحديثة اضافة الى تأثيره المباشر على البيئة نفسها .

العلاقة بين علم الجيولوجيا والهندسة المدنية :

مع التباين الواضح بين علم الجيولوجيا والهندسة المدنية فان الترابط بينهما قد بدأ منذ أن بدأ الانسان بتشييد أبنيته على سطح الأرض وما تبع ذلك من تأثير على المواد الجيولوجية من تربة وصخور وكذلك تأثير الأخيرة على توازن المنشآت الهندسية وادامتها ومن الواضح ان تطبيق المبادىء الجيولوجية في الاستكشافات الهندسية تعود بالنفع على العلوم الهندسية كما وان الأعمال الهندسية كحفر الآبار الاستكشافية وحفر الأسس تعود بالنفع على العلوم الجيولوجية ، حيث ان المعلومات التي تتوفر خلال عمليات الحفر تبرهن أو تدحض الافتراضات التي يضعها الجيولوجي خلال مرحلة التحقق من صلاحية موقع البناء (Site Investigation) وبالتالي تؤدي الى تقدم العلوم الجيولوجية . والجدير بالذكر ان عدم تطبيق المبادىء الجيولوجية بالنسبة للمنشآت الهندسية الكبيرة قد يؤدي الى مشاكل لم يكن ليتوقعها المهندس المدني ، والتي يمكن أن تضيف أموالاً طائلة الى الكلفة

المقررة للمنشىء كما يمكن أن تؤدي الى إزهاق بعض الأرواح . وهنالك أمثلة عديدة في هذا المجال منها انهيار سد القديس فرنسيس في جنوب كاليفورنيا عام 1928 م لأسباب جيولوجية بحتة كما تجدر الإشارة الى أحد الامثلة المحلية المتمثل بانهيار أحد المساكن المشيدة على منحدر فوق صخور جبسية في منطقة حي الثورة في مدينة الموصل سنة 1969 م (لاحظ شكل رقم 1-1) .

لقد اشتمل التطبيق الأولي للمبادىء الجيولوجية في الهندسة المدنية في بدايته على دراسة الصخور وخاصة خلال الاستكشافات الخاصة بالمناجم والأنفاق للبحث عن المواد الانشائية الطبيعية وكذلك المواد الأولية المستخدمة في إنتاج المواد الانشائية المصنعة وقد ازدادت الحاجة الى تطبيق الدراسات الجيولوجية الاولية في بداية الاعمال الهندسية الانشائية مع زيادة عدد وحجم المنشآت الهندسية وكذلك زيادة عدد حالات الانهيارات التي أصابت بعض هذه المنشآت نتيجة لعدم إلمام المهندس المدني آنذاك بأنواع الطبقات والتراكيب الجيولوجية التي يمكن تواجدها تحت سطح الأرض حيث تقام المنشآت الهندسية وعدم استشارة الجيولوجيين في هذه الأمور .

وقد أثمر التعاون الايجابي بين الجيولوجيين والمهندسين المدنيين في ميلاد علم ميكانيك التربة (Soil Mechanics) في نهاية العقد الثالث من القرن الحالي . ويختص هذا العلم بدراسة الخواص الهندسية للمواد الطبيعية « غير المترابطة » (Loose Deposits) كالرمل والحصى والطين . ومع نمو وتقدم علم ميكانيك التربة ثبت للمهندس ان دراسة نتائج الفحوصات الهندسية للتربة لا تكتمل الا بعد فهم عملية تكوين هذه التربة في الطبيعة بالاضافة الى ان الإلمام بأنواع وخواص المعادن المكونة للتربة يساعد بدرجة كبيرة في فهم بعض التصرفات الهندسية الغريبة لبعض أنواع التربة .

ومما تجدر الاشارة اليه ان نتائج بعض الفحوصات الهندسية للتربة قد تساعد على حلّ بعض المعضلات الجيولوجية الأكاديمية وتساهم في تطور علم الجيولوجيا النظرية .

ان فحص المواقع المختارة للمنشآت (Site Investigation) يشكل الحقل الرئيس في ممارسة الجيولوجيا الهندسية ويشتمل عادة على دراسة جيولوجية حقلية ومختبرية دقيقة بالإضافة الى دراسة الخواص الهندسية للتربة والصخور لبيان مدى قوة تحمل هذه المواد للثقل الذي سيصيبها من الوزن الكلي للمنشأة التي ستقام عليها .

ان المهندس المدني غير مؤهل للقيام بدراسة جيولوجية متكاملة وفي الوقت نفسه فان أكثر الجيولوجيين لا يتمكنون من تطبيق المبادىء الجيولوجية في حل المشاكل الهندسية . ان هذا الفراغ بين المهندس المدني والجيولوجي يملؤه الآن ما يسمى بالمهندس الجيولوجي

والذي يكون عادة جيولوجياً ذا إلمام بمبادىء الهندسة المدنية . ولكن مع وجود المهندس الجيولوجي فإن المهندس المدني لا يمكنه الاستغناء عن الإلمام بالمبادىء العامة لعلم الجيولوجيا والجيولوجيا الهندسية للأسباب التالية :

أ- يقيم المهندس المدني كل منشآته على أو تحت سطح الأرض ولذا يجب أن يكون ملماً بالمواد والتراكيب الجيولوجية الموجودة تحت سطح الأرض . وتجدر الاشارة هنا الى ان الاسباب الرئيسة لأكثر مشاكل الاسس البنائية هي أسباب جيولوجية .

ب- يحتاج المهندس المدني الى معلومات أساسية عن أنواع وخواص وأماكن وجود مواد البناء الطبيعية .

جـ- بإمكان المهندس المدني تخطيط وتنفيذ عمليات الحفر بطرق أكثر أماناً وأقلّ كلفة اذا كان ملماً بأنواع وتراكيب المواد التي يتوجب حفرها .

د- ان الدراسة الأكاديمية عن المياه الجوفية وأماكن تواجدها ونوعيتها ذات فائدة كبيرة للمهندس المدني عندما يمارس اختصاصات كالهندسة الصحية والري والبزل والبحث عن مصادر المياه او عندما يجابه بمشاكل كالسيطرة على عمليات الحفر وتوازن المنحدرات واتجاه حركة المياه الجوفية داخل الطبقات الصخرية وغيرها من الأعمال الهندسية الاخرى .

ناهيك عن أن المعلومات الأكاديمية عن المياه السطحية وطرق النحت ونقل المواد وترسيبها بواسطة هذه المياه ضرورية بالنسبة للمهندس الذي يعمل في مشاريع السيطرة على الفيضانات والحفاظ على التربة وانشاء وصيانة الموانىء والمنشآت الساحلية الأخرى .

هـ- يساعد فهم الخرائط الجيولوجية والطوبوغرافية في التخطيط السليم للمشاريع الانشائية . وتجدر الاشارة هنا الى ان الإلمام بمبادىء علم الجيولوجيا والفهم الصحيح للغة العلمية الجيولوجية والخرائط الجيولوجية ضروري في تفهم التقارير الجيولوجية .

و- بعد دراسة أكاديمية لمبادىء علم الجيولوجيا يكتسب المهندس المدني قابلية أفضل للتعرف على المشاكل الجيولوجية خلال ممارسته لعمله الهندسي ولمعرفة متى يتوجب عليه استشارة المهندس الجيولوجي .

الفصل الثاني

تركيب الأرض (Structure of the Earth)

من الممكن تقسيم الأَرض الى خمسة أَغلفة متسلسلة على النحو التالي :

1- الغلاف الهوائي (Atmosphere)

والذي يحيط بكتلة الأَرض ويتكون من غازات مختلفة أَهمها الاوكسجين والنيتروجين وثاني اوكسيد الكاربون وبخار الماء اضافة الى بعض الغازات الأُخرى.

2- الغلاف المائي (Hydrosphere)

والذي يشكل قرابة ثلاثة أَرباع السطح الخارجي للارض ويتكون من مواد صلبة وهي الثلوج والجليد ومواد سائلة هي المياه بنوعيها العذب والمالح .

3- الغلاف اليابس (Lithosphere)

ويتكون هذا الغلاف من مواد صخرية صلبة التكوين يؤلف غالبيتها معادن سيليكية التركيب .

4- الغلاف الحيوي (Biosphere)

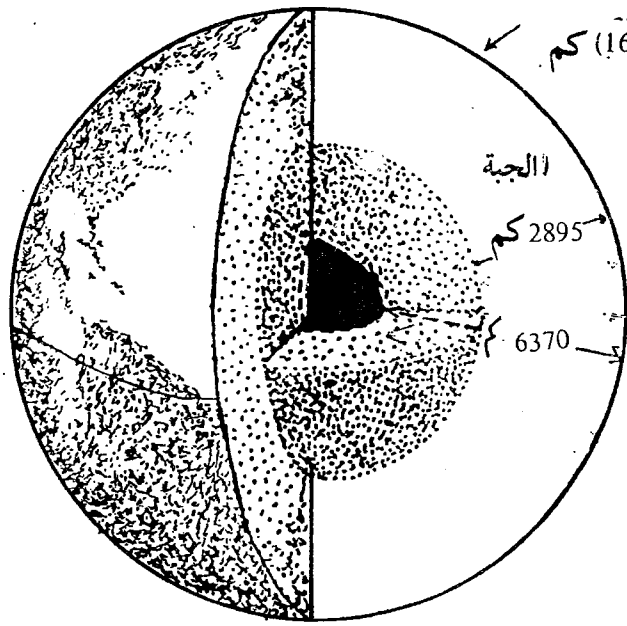
ويتكون هذا الغلاف من الكائنات الحية المختلفة الحيوانية منها والنباتية المتواجدة فوق الكرة الأَرضية .

5- باطن أَو جوف الأَرض (Interior of the Earth)

ويتكون هذا الجزء من المواد الموجودة تحت القشرة الأَرضية والتي تتألف من جزأين ، هما الجبة (Mantle) واللب (Core) ، ويوضح الشكل التالي (شكل 2-1) مواقع الجبة واللب في تركيب الأَرض .

لقد تمت معرفة التركيب الداخلي للأَرض بواسطة الدراسات الحديثة للهزات الأَرضية (الزلازل) اعتماداً على حقيقة واضحة وهي ان الزلازل حين تكوينها يصدر عنها أَمواج مختلفة ومن خاصتها أَنها تكتسب سرعة متباينة أَثناء مرورها خلال صخور ذات صفات مختلفة .

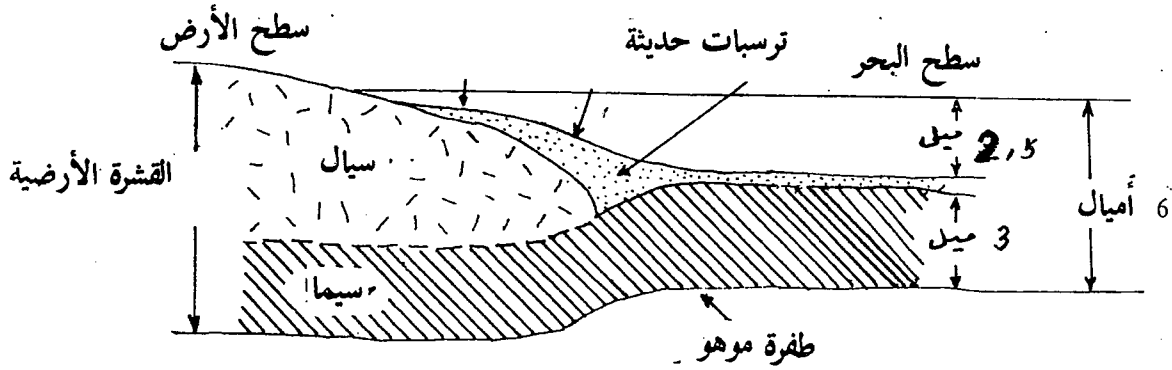
يتبين لنا مما تقدم ان أَهم جزء من الأَرض بالنسبة للجيولوجيين هو الغلاف اليابس ويليه بالأَهمية مكونات باطن الأَرض ، ولو حاولنا معرفة المكونات المهمة للغلاف اليابس لوجدنا أَنه يتألف من قسمين رئيسيين قسم علوي وهو القشرة العليا سيال (★SIAL) متمثلة بأَرض القارات والتي تتكون من مواد جرانيتية (Granitic) فاتحة اللون وطبقات رسوبية



شكل (1-2)

التركيب الداخلي للكرة الأرضية

ذات وزن نوعي بحدود 2.65 ، اما القشرة السفلى سيما ($SIMA^+$) فتقع تحت ارض القارات والمحيطات وتتركب من مواد بازلتية (Basaltic) كثيفة ذات لون غامق ووزنها النوعي بحدود 3 ، ويوضح الشكل (2-2) علاقة القشرة العليا بالقشرة السفلى بالتفصيل .



شكل 2-2

علاقة القشرة العليا (السيال) بالقشرة السفلى (السيما) .

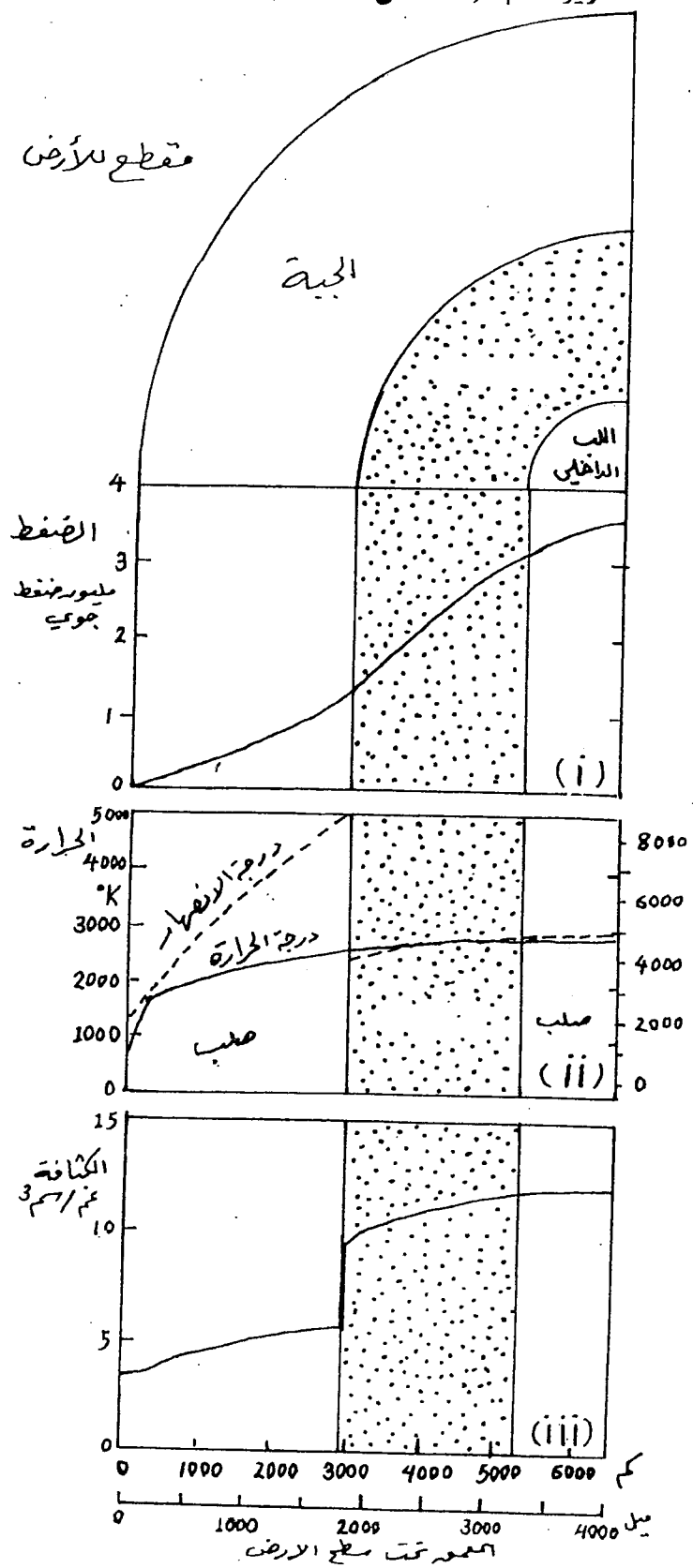
اما باطن الأرض فيتكون من الجبة (Mantle) والتي تأتي في ترتيبها تحت القشرة ومفصولة عنها بقاطع واضح يدعى قاطع موهو (Moho Discontinuity) والجبة ذات كثافة اعلى بكثير من كثافة القشرة ومعدل كثافة الجبة هو 4-5 غم/سم^3 . ويلي الجبة عادة لب الأرض (Core) ويحتوي على جزأين رئيسيين ، الجزء الخارجي والمتكون

★ مأخوذة من الحروف الأولية من Silica and Alumina لتوضح ان هذه الأكاسيد هي السائدة .

+ مأخوذة من الحروف الأولية من Silica and Magnesia . لتوضح أن هذه الأ كاسيد هي السائدة .

من مواد منصهرة والجزء الثاني وهو الجزء الداخلي والذي يكون صلب التكوين ، وبما ان متوسط الوزن النوعي للأرض باكملها حوالي 5.5 فان الوزن النوعي لنواة الأرض يكون والحالة هذه حوالي (10) .

ويوضح (الشكل 3-2) الكثير من التفاصيل عن التركيب الداخلي للأرض



شكل 3-2

الظروف الفيزيائية في باطن الأرض
(i) زيادة الضغط مع زيادة العمق .
(ii) زيادة درجة الحرارة مع زيادة العمق .
(iii) زيادة الكثافة مع زيادة العمق .

ان طبقات الأرض المختلفة تكونت على الأكثر عندما كانت الأرض في حالة انتقال من الحالة الأصلية السائلة الى الحالة الصلبة مروراً باحتمالات أخرى مقترحة ، فمادة الجرانيت الحامضية كانت ترتفع للأعلى لخفتها في حين ان المواد الثقيلة كانت تغوص للداخل ، مما أدى الى حدوث الطبقات المختلفة هذا وعلى الأرجح فان نسبة الحديد والمعادن الثقيلة تزداد بازدياد العمق حتى النواة .

بعض المعلومات الأساسية عن الارض.

الشكل والمقاييس

قطر الأرض عند خط الاستواء	12755.7 كم
قطر الارض عند القطبين	12714 كم
معدل قطر الأرض	12742 كم
محيط الأرض عند خط الاستواء	40077 كم
محيط الأرض عند القطبين	40400 كم

المساحة

مساحة البحار والمحيطات	361 مليون كم مربع (ونسبة البحار والمحيطات ٪70.78
مساحة اليابسة	149 مليون كم مربع (ونسبة اليابسة ٪29.22
مساحة اليابسة مضاف اليها الجرف القاري	177.4 مليون كم مربع
مساحة البحار والمحيطات (ماعدا الجرف القاري)	332.6 مليون كم مربع
المساحة الكلية للأرض (اليابسة والماء)	510 مليون كم مربع

المرتفعات والاعماق

اعلى ارتفاع على سطح الأرض (قمة افرست)	8848 متراً
متوسط ارتفاع الأرض	840 متراً
متوسط عمق البحار	3808 متراً
اعمق عمق بحري معروف (سوبر ديب)	11035 متراً

الحجم والكثافة والكتلة

	معدل الثخن أو نصف قطر (كم)	الحجم (×10 كم^2)	معدل الكثافة غم/سم^3	الكتلة (×10^{24} غم)
الغلاف الهوائي				0·005
البحار والمحيطات	3·8	1370	1·03	1·41
الجليد والثلاجات	1·6	25	0·٩٢	0·023
القشرة القارية مع الجرف القاري	35	6210	2·8	17·39
القشرة المائية عدا الجرف القاري	8	2660	2·9	7·71
الجبة	2881	898000	4·5	4·68
اللب	3473	175500	10·٧٢	1881
الأرض برمتها	6371	1083230	5·517	5976

جمعت هذه المعلومات من كتاب مبادىء الجيولوجيا الفيزياوية للمؤلف ارثر هولز 1966 (راجع المصادر)