

النمذجة المكانية لخصائص الأحواض المغذية لبحيرة سد الموصل بالاعتماد  
على أدوات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

أ.د. نبراس عباس ياس

[nibras\\_yaas@aliraqia.edu.iq](mailto:nibras_yaas@aliraqia.edu.iq)

م.م. دعاء محمد طعمة

[doaa.m.taumah@aliraqia.edu.iq](mailto:doaa.m.taumah@aliraqia.edu.iq)

الجامعة العراقية/كلية الآداب



*Assessment of the Ecosystem in Diyala Governorate Using Spectral Indices*

*Nibras ABAS YAS  
Duaa Mohammed Taumaa  
University of Iraqi*



## المستخلص

يهدف البحث الى دراسة النمذجة المكانية للخصائص المورفومترية للأحواض المغذية لحوض لبحيرة سد الموصل، والتي تقع في المنطقة المتموجة وشبه الجبلية من شمال وغرب العراق ضمن محافظة نينوى، ويشغل حوض منطقة الدراسة مساحة كلية بلغت (١٥٥٩.٦٨ كم<sup>٢</sup>). في هذا البحث تم التعرف على المقومات الجغرافية الطبيعية المتمثلة بالتكوينات الجيولوجية، المناخ، التربة، والنبات الطبيعي، وسير العمليات الجيومورفولوجية في حوض بحيرة سد الموصل، وخصائص الشبكة النهرية. وقد تبين تأثير هذه العوامل في جيومورفولوجية وخصائص الأحواض، إذ كان للبنية الجيولوجية وما يرتبط بها من تنوع صخري كما في تكوين عقرة، بخمة الذي يتسم ب (القابلية للإذابة)، وتكوين شيرانش، والتربة المتبقية الحاوية على الجبس والكاربونات، الأثر البالغ في تباين الاستجابة لعوامل التجوية الكيميائية والإذابة، فضلاً عن التشوهات البنوية التي تعرضت لها منطقة البحث من طيات وفواصل أثرت بشكل مباشر في توجيه شبكة التصريف. وايضا تم التعرف على خصائص الشبكة النهرية للأحواض الفرعية والمتمثلة بالخصائص المساحية التي تراوحت أطوال الأحواض بين (١١.١٦ - ٩٦.٣٤) كم، وتراوح متوسط عرضها بين (٢.٠٨ - ٨.٦) كم، والشكلية حيث تراوحت نسبة الاستدارة بين (٠.٠٦ - ٠.٤٣) ، ونسبة الاستطالة بين (٠.٢٤ - ٠.٦٦) والخصائص التضاريسية وتراوحت نسبة التضرس بين (٦.١ - ١٣١). أما الخصائص المورفومترية لشبكة حوض الصرف المائي الكلي فقد سجلت معدل نسبة تشعب (٩.٢٤) ، وكثافة تصريفية (٠.٢١)، وتكرار نهري بلغ (٣.٠٠٤) ، مما يعكس سيطرة التكوينات ذات النفاذية العالية التي تعزز التسرب العميق وتنشط العمليات الكارستية تحت السطحية.

كلمات مفتاحية: لنمذجة المكانية - لأحواض المغذية - بحيرة سد الموصل - نظم المعلومات الجغرافية (GIS) .

## Abstract

*The research aims to study the spatial modeling of the morphometric characteristics of the basins feeding the Mosul Dam Lake, which is located in the undulating and semi-mountainous region of northern and northwestern Iraq within Nineveh Governorate. The study area basin occupies a total area of (1559.68 km<sup>2</sup>). In this research, the natural geographical elements represented by geological formations, climate, soil, and natural vegetation, as well as the course of geomorphological processes and the characteristics of the drainage network in the Mosul Dam Lake basin, were identified. The impact of these factors on the geomorphology and characteristics of the basins varied. The geological structure and its associated lithological diversity, such as the AqraK, Bekhme formation, characterized by its (solubility), the Shiranish formation, and residual soils containing gypsum and carbonates—had a profound effect on the varied response to chemical weathering and dissolution factors. This is in addition to the structural deformations the study area was subjected to, including folds and joints, which directly influenced the direction of the drainage network. Furthermore, the characteristics of the drainage network for the sub-basins were identified, represented by spatial characteristics, where the lengths of the basins ranged between (11.16 - 96.34) km, and the average width ranged between (2.08 - 8.6) km; shape characteristics, where the circularity ratio ranged between (0.06 - 0.43) and the elongation ratio between (0.24 - 0.66); and relief characteristics, with the relief ratio ranging between (6.1 - 131). As for the morphometric characteristics of the total drainage basin network, it recorded a mean bifurcation ratio of (9.24), a drainage density of (0.21), and a stream frequency of (0.043) streams/km<sup>2</sup>. This reflects the dominance of highly ermeable formations that enhance deep infiltration and activate subsurface karst processes.*

**Keywords:** Spatial Modeling - Watersheds - Mosul Dam Lake - Geographic Information Systems (GIS)

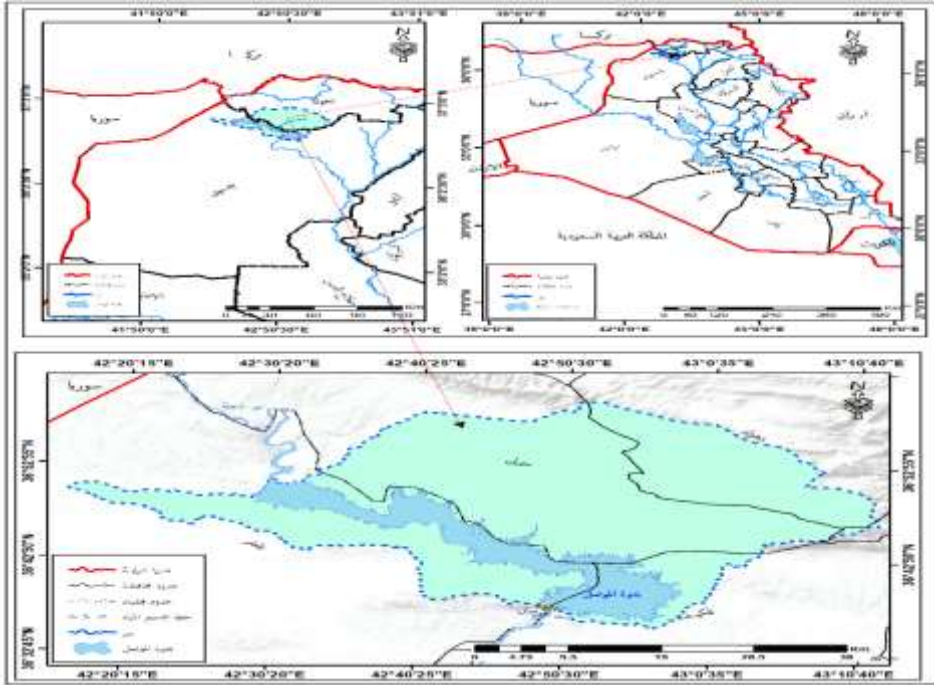
## بسم الله الرحمن الرحيم

### المقدمة

تعد الدراسات المورفومترية احد الاتجاهات الحديثة لدراسة الأحواض النهرية، لذا يمثل حوض الصرف النهري الوحدة الأساسية لإجراء البحوث الرياضية الكمية لأحواض الأنهار. ويعد قياس الصفات الطبيعية للنظم النهرية أو الأودية من التطورات الحديثة في حقل الجيومورفولوجيا الكمية التي تعتمد على التحليل الإحصائي والرياضي والنمذجة المكانية لوصف الأشكال الأرضية (البيواني، ١٩٩٥، ٦١). ولتحديد وقياس السمات المورفومترية في الأحواض المغذية لبحيرة سد الموصل، تم الاعتماد على معطيات نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وبرامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وتحديدًا برنامج (ArcGIS 10.4.1)، لاستخلاص وتحليل الخصائص المورفومترية لأحواض منطقة الدراسة بدقة عالية.

**موقع منطقة الدراسة:** تمتد منطقة الدراسة فلكياً بين خطي طول  $٤٢^\circ ٢٠' ١٥''$  و  $٤٣^\circ ١٠' ٤٠''$  شرقاً، وبين دائرتي عرض  $٣٦^\circ ٣٢' ٤٥''$  و  $٣٦^\circ ٥٢' ٥٥''$  شمالاً. وتقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي من العراق، وتحديدًا ضمن الحدود الإدارية لمحافظة نينوى ودهوك، مشكلةً جزءاً من قضاء تكليف في محافظة نينوى وقضاء دهوك في محافظة دهوك. تشغل المنطقة مساحة واسعة تتركز حول بحيرة سد الموصل، وتتسم بخصائص المنطقة المتموجة وشبه الجبلية. يلاحظ خريطة (١).

## خريطة (١) موقع منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على: جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق الإدارية، نينوى. معطيات أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تمييز مكاني (٣٠ متراً) والمأخوذة من موقع المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS).

### مشكلة البحث :

تتبلور مشكلة البحث في طرح الآتية:

١- ما هي طبيعة الخصائص المورفومترية (المساحية، الشكلية، والتضاريسية)

وشبكة التصريف للأحواض المغذية لبحيرة سد الموصل؟

٢- كيف يمكن توظيف أدوات النمذجة المكانية ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)

في استخلاص هذه الخصائص بدقة؟

٣- ما هو الدور الذي تلعبه هذه الخصائص المورفومترية في تحديد طبيعة السلوك

الهيدرولوجي (الجريان السطحي مقابل التسرب العميق) في منطقة الدراسة؟

## فرضية البحث:

تتعلق فرضية البحث من إجابات أولية وتوقعات علمية لتساؤلات المشكلة وتتمثل في:

- 1- هناك وجود تباين مكاني واضح في الخصائص المساحية والشكلية والتضاريسية للأحواض الفرعية المغذية للبحيرة نتيجة للتدخل التكتوني والتباين الصخري.
- 2- تفترض الدراسة أن أدوات التحليل المكاني في بيئة (GIS) بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) تمتلك كفاءة عالية في نمذجة الخصائص المورفومترية واستخلاص شبكات التصريف بدقة تفوق الطرق التقليدية.
- 3- تفترض الدراسة أن التحليل المورفومتري لشبكة التصريف سيسجل قيماً منخفضة في مؤشرات (الكثافة التصريفية والتكرار النهري)، مما يعكس سيطرة التكوينات ذات النفاذية العالية، وبالتالي تغليب التسرب العميق (الذي ينشط الإذابة الكارستية) على حساب الجريان السطحي السريع.

## اهمية البحث:

تتمثل اهمية البحث في ان المنطقة لم تدرس سابقا من الناحية المورفومترية وبذلك يعد هذا البحث الاول من نوعه في هذه منطقة الدراسة.

## 1- الخصائص الطبيعية لمنطقة البحث:

تعد المقومات الجغرافية الطبيعية وسط ديناميكي لاي منطقة وتتحكم في نوع العمليات الجيومورفولوجية السائدة ومدى شدة او ضعف هذه العمليات ،فالعمليات تكتمل بفعل عوامل جيومورفولوجية معينة،حيث تصبح العملية الجيومورفولوجية مؤثرة بفعلة ومؤدية الى حدوث تغير في اشكال سطح الارض ومن خلال التأثير في الخصائص الجيومورفولوجية للحوض والتحكم في نشوء الاشكال الارضية.

## ١.١ جيولوجية منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة من الناحية التكتونية ضمن نطاق الطيات الواطئة اذا يمتاز هذا النطاق بالتواءاته المتعددة المحدبة منها والمقعرة وكثرة التراكيب الجيولوجية (خصباك، ١٩٧٣، ١١). ويمتاز هذا النطاق بتأثرة بشكل كبيرة بعوامل التعرية والتجوية لاسيما الكيميائية منها. فعندما تهطل الامطار او عند جريان المسيلات المائية السطحية فانها تتخذ من الشقوق والصدوع والفواصل مسارات للتوغل والتسرب باعتبارها مناطق ضعف نسبية (العمرى، ١٩٧٣، ١٧).

ومن الناحية التركيبية تعرضت منطقة الدراسة للدراسة لتشوهات بنيوية وطييات وفواصل اثرت بشكل مباشر في توجيه شبكة التصريف المائي وتحديد مساراتها وهو ما انعكس بوضوح على الخصائص المورفومترية للاحواض الفرعية وان منطقة الدراسة تتميز بوجود (٩) طيات وهي طيات محدبة غالبا سطحية وتحت سطحية ومنها، طيات محدبة تحت سطحية في الغطاء الرسوبي والقاعدي وهي كل من طية (كره بت، دهوك، دهكان، دجلة، الناصر، زمار، جم نايف، وطية عين زالة). وطية محدبة تحت سطحية في الغطاء الرسوبي وهي (طية ميرك) خريطة (٢). اما من ناحية التراكيب الخطية لمنطقة الدراسة تبيين الخريطة (٣) والجدول (١) ان التراكيب الخطية في حوض بحيرة سد الموصل تتسم بتباين واضح، حيث سيطرت فئة الكثافة القليلة جداً (٠ - ٧٨.٥ تركيبة/كم<sup>٢</sup>) على النسبة الأكبر وشغلت مساحة (١٠٩١.٤ كم<sup>٢</sup>) بنسبة (٧٠٪) من المساحة الكلية. في المقابل، اقتصررت فئة الكثافة العالية جداً (٣١٣.٩ - ٣٩٢.٣ تركيبة/كم<sup>٢</sup>) على مساحة ضئيلة بلغت (٠.٨ كم<sup>٢</sup>) بنسبة (٠.١٪). ومن خلال مخططات الوردية، تبين أن الاتجاه العام لهذه التراكيب يتركز بالاتجاهين (الشمالي -

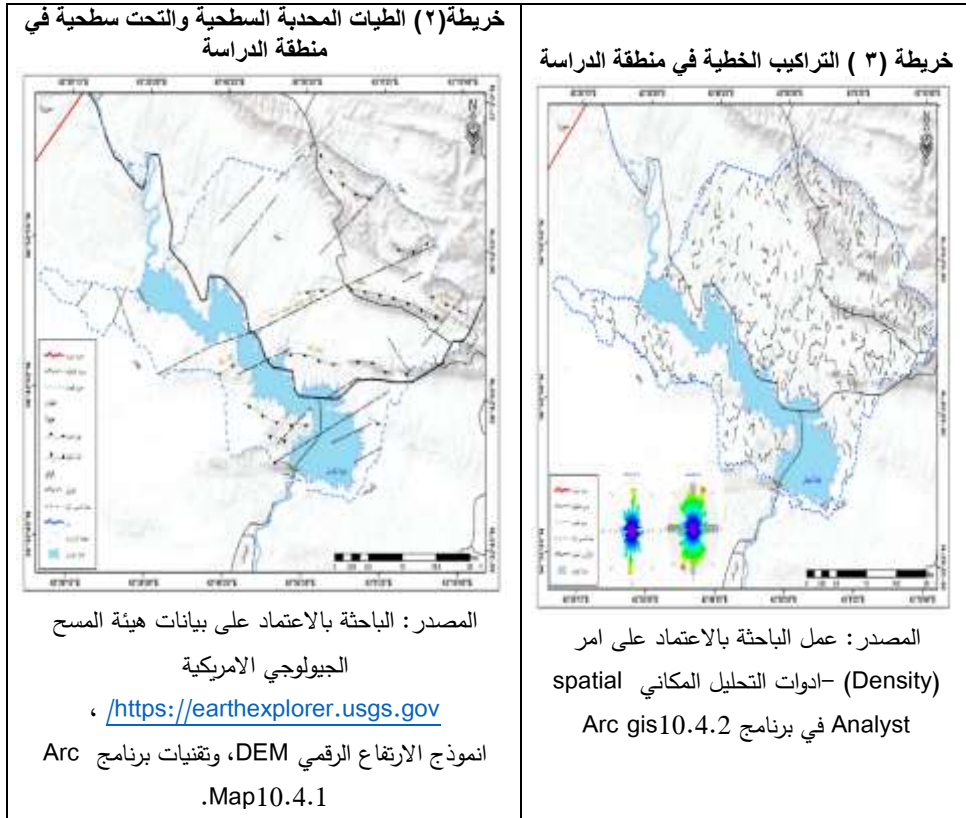
الجنوبي) و(الشمالي الشرقي - الجنوبي الغربي)، مما يعكس طبيعة الضغوط التكتونية التي أسهمت في توجيه شبكات التصريف وتنشيط التسرب العميق في المنطقة.

الجدول ( ١ ) كثافة التراكمات الخطية في منطقة الدراسة

الفئة	عدد التراكمات/ كم <sup>٢</sup>	المساحة/ كم <sup>٢</sup>	النسبة المئوية %
١	٧٨.٥ - ٠	١٠٩١.٤	٧.٠
٢	١٥٦.٩ - ٧٨.٦	٤١٠.٩	٢٦.٣
٣	٢٣٥.٤ - ١٥٧	٤٩.١	٣.١
٤	٣١٣.٨ - ٢٣٥.٥	٧.٤	٠.٥
٥	٣٩٢.٣ - ٣١٣.٩	٠.٨	٠.١
	المجموع	١٥٥٩.٦٨	١٠٠

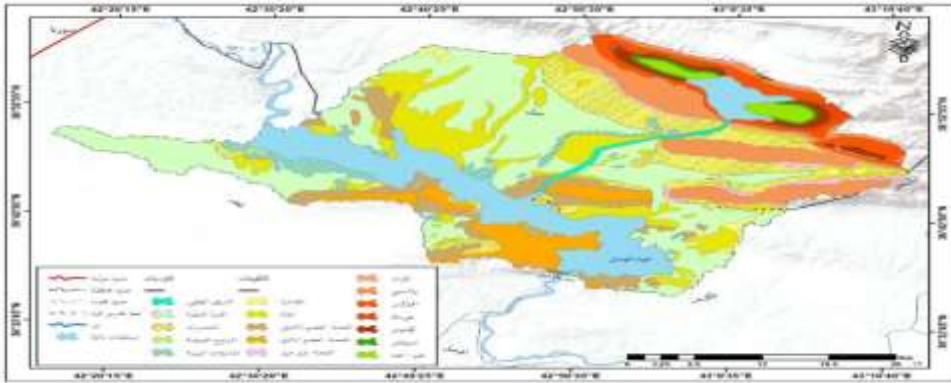
المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على امر (Density) - أدوات التحليل المكاني spatial Analyst

في برنامج Arc gis10.4.2



اما من الناحية الصخرية الليثولوجية، فان الطبقات الصخرية للحوض تعود في نشأتها الى حقبة العصر الكريتاسي، وصولاً الى عصر الهولوسين من الزمن الرباعي. وتمثل جيولوجية المنطقة بتنوع صخري شديد الحساسية لعوامل الازابة ويبرز منها تكوين عقرة-بخمة وتكوين شيرانش بالإضافة الى التكوينات الكربوناتيّة والجبسية مثل تكوين الفتحة والترسبات الحديثة. ويعد التكوين الليثولوجي ذو المسامية والنفاذية العالية المحرك الاساسي لضعف كثافة التصريف السطحية وتنشيط العمليات الكارستية في حوض بحيرة سد الموصل خريطة (٤).

خريطة (٢) التتابع الطبقي لمنطقة الدراسة



المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية <https://earthexplorer.usgs.gov> ،  
انموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map10.4.1

## ٢.١. مناخ منطقة الدراسة:

أن للمناخ دوراً فعالاً ومهم في تشكيل العديد من المظاهر الجيومورفولوجية ، لان عمليات التجوية و التعرية تعتمد إلى حد كبير على طبيعة المناخ ، كما انه يؤثر في مدى وجود وانتشار النباتات الطبيعية التي تؤثر بدورها في الإبطاء أو الإسراع في العمليات المذكورة (الايوب، ٢٠٠١، ٢٤) ، حيث تعمل عناصر المناخ المتمثلة بدرجات الحرارة والرياح والأمطار والرطوبة والتبخر على تطوير الأشكال الأرضية وذلك بحسب

طبيعة الصخور ومدى استجابتها (الديزي، ٢٠١٣، ١٩٢). أظهرت بيانات وكالة (NASA) للمدة (١٩٨٦-٢٠٢٤) تبايناً فصلياً ومكانياً واضحاً في معدلات السطوح الشمسي ضمن حوض بحيرة سد الموصل. سجلت محطات الدراسة (زمار، ألقوش، زاويته، باتيل) أعلى معدلاتها خلال فصل الصيف، إذ بلغت ذروتها في شهر حزيران (٧٩٨.٦٧ ملي واط/سم<sup>٢</sup>/يوم) في محطة (ألقوش)، مما ينشط من معدلات التبخر والتجوية الفيزيائية. في المقابل، تنخفض هذه القيم بوضوح في فصل الشتاء لتسجل أدنى مستوياتها في شهر كانون الأول (٢٢٣.٤ ملي واط/سم<sup>٢</sup>/يوم) في محطة (زاويته) لتقليل زاوية سقوط أشعة الشمس. وقد تراوح المعدل السنوي العام بين (٤٨١.٦٣) في محطة زاويته و(٥٠٨.١٨ ملي واط/سم<sup>٢</sup>/يوم) في محطة زمار، وهذا التباين يلعب دوراً حاسماً في التأثير على الميزانية المائية وعمليات التجوية للحوض. يبين لنا التحليل المناخي أن المدى الحراري السنوي في منطقة الدراسة يتراوح بين (١٦.٨ م) في محطة زاويته و(١٧.٣ م) في باتيل، ويبلغ أقصى اتساع له صيفاً بحدود (٢٠.١ م) في محطة زمار خلال شهر حزيران، بينما يضيق شتاءً. هذا التذبذب الحراري الواضح يلعب دوراً جيومورفولوجياً فعالاً ومؤثراً في تنشيط عمليات التجوية الفيزيائية (الميكانيكية) وتفكك التكوينات الصخرية في حوض سد الموصل). أما من حيث الأمطار فتتباين معدلات الأمطار مكانياً وزمانياً، حيث سجلت محطة زاويته أعلى معدل عام (٥٤.٢ ملم) بينما سجلت محطة زمار أدنى معدل (٣٢.٥٢ ملم). ويتركز الهطول بشكل رئيسي خلال فصلي الشتاء والربيع وينعدم تماماً في الصيف، وهذا التذبذب الموسمي العالي والتباين المكاني يمثل المحرك الأساسي لعمليات التعرية المائية، وتنشيط التجوية الكيميائية (الإذابة الكارستية)، فضلاً عن تحديد حجم الجريان السطحي في الأحواض المغذية لبحيرة سد الموصل. وبينت البيانات المناخية تقارباً

في معدلات سرعة الرياح السنوية، إذ سجلت محطة زمار أعلى معدل عام بـ (٣.٢١ م/ثا)، في حين سجلت ألقوش أدنى معدل (٢.٩٢ م/ثا). وتبلغ سرعة الرياح ذروتها خلال أشهر الصيف لتصل إلى (٣.٩٥ م/ثا) في زمار خلال شهر حزيران، وهذا النشاط الصيفي للرياح يتزامن مع ارتفاع درجات الحرارة، مما يضاعف من معدلات التبخر ويسهم في تنشيط التعرية الريحية والإزالة الجزئية لنواتج التجوية من المكاشف الصخرية في الحوض يلاحظ الجدول (٣).

جدول (٣) الخلاصة السنوية للعناصر المناخية في محطات منطقة الدراسة للمدة (١٩٨٦-٢٠٢٤)

(٢٠٢٤)

المحطة المناخية	المعدل السنوي للحرارة العظمى (م)	المعدل السنوي للحرارة الصغرى (م)	المجموع السنوي للأمطار (مم)	المعدل السنوي لسرعة الرياح (م/ثا)
باتيل	٢٧,٨	١٠,٥	٤٣,٩٢	٣,١٣
زاوية	٢٤,٨	٨,٠	٥٤,٢٠	٢,٩٦
ألقوش	٢٨,٤	١١,٣	٤٠,٤٦	٢,٩٢
زمار	٢٩,٠	١١,٨	٣٢,٥٢	٣,٢١

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على بيانات وكالة ناسا الفضائية (NASA POWER).

### ٣.١. تربة منطقة الدراسة:

تم تصنيف التربة في منطقة الدراسة اعتماداً على نظام تصنيف التربة الدولي World Reference Base For Soil، وتم مراجعته في المؤتمر الثامن عشر لاتحاد العالمي لعلوم التربة (IUSS / ISSS). أذ صدرت الطبعة الأخيرة من نظام WRB مترجمة إلى ١٣ لغة، لتصبح المرجع الرسمي لتصنيف التربة في معظم دول العالم (IUSS Working Group WRB, 2015).

١- ترب غير متطورة المقطع **Regosols**: وهي تربة ضحلة وضعيفة التطور تقتقر الى الافق (B Horizon) المميز. وتتألف عادة من افق سطحي عضوي او معدني يقع مباشر فوق افق مادة غير متماسكة او صخر اصلي متجو. وغالبا ما ترتبط تربة الريغوسول بالتضاريس ذات الانحدار او المناطق المعرضة لمعدلات عالية من التعرية المائية والريحية (IUSS Working Group WRB, 2015). .. تنتشر هذه الترب في منطقة الدراسة في الشمال الشرقي والجنوب الغربي بمساحة بلغت (٢٣٨٩.١ كم<sup>٢</sup>) ونسبة مئوية (٢٥٪). يلاحظ خريطة (٥) وجدول (٤).

٢- ترب كربونات الكالسيوم **Calcisols**: وتظهر خصوبة معتدلة وقدرة إنتاجية متوسطة. ومن ملاحظة خريطة (٥) وجدول (٤) نجد ان تربة الكالسيوم هي الصنف السائد في منطقة الدراسة حيث بلغت مساحتها (٢٨٥٦.٠٧ كم<sup>٢</sup>) ونسبة بلغت (٥٤.٩٪). وهذه التربة تتكون نتيجة لعملية التكلس (Calcification)، حيث تقوم المياه المترشحة بحمل كربونات الكالسيوم الذائبة الى الاسفل وعندما يقل التبخر يتراكم الكالسيوم ويترسب على شكل عقيدات او طبقات متصلبة .

٣- تربة متوسطة التطور: تمتاز بخصوبة معتدلة، واستقرار نسبي أعلى من الترب غير المتطورة، تشير مساحتها الصغيرة والبالغة (٢٤٦.١٦ كم<sup>٢</sup>)، الى ان الظروف البيئية السائدة (المناخ شبة الجاف والتعرية) تحد من تطورها وتسمح بظهورها فقط في مناطق محددة ذات استقرار (عمليات التعرية بطيئة للغاية) ورطوبة اعلى نسبيا .

٤- ترب حديثة التطور: **Leptosols** ويؤكد نظام WRB أن هذه الترب تتميز بضعف التطور البيدوجيني وبقابليتها للتأثر السريع بحالات التشبع بسبب ضحالتها وارتفاع محتوى الحصى. وتشير النسبة الضئيلة لليبتوسول (٢٠.٨٥ كم<sup>٢</sup>) في المنطقة الى

وجودها يقتصر على مناطق محددة (الجزء الشرقي) وهي مناطق ذات انحدار شديد أو تضاريس قريبة جدا من الصخور الأصلية الصلبة.

٥- **ترب عالية القواعد مع طين Luvisols** : تمثل الندرية الشديدة لتربة اللوفيسول في منطقة الدراسة حيث يقتصر وجودها في أقصى الشرق بمساحة صغيرة جدا بلغت (٠.٠٧ كم<sup>٢</sup>)، وهي ذات ظروف موضعية استثنائية سمحت بتطورها على عكس المناخ شبه الجاف السائد حيث تمثل منطقة وجودها الأكثر رطوبة محليا حيث تستقبل كميات أعلى من المياه المرشحة بسبب قربها من تضاريس مرتفعة أو وقوعها في مسار تصريف محدد.

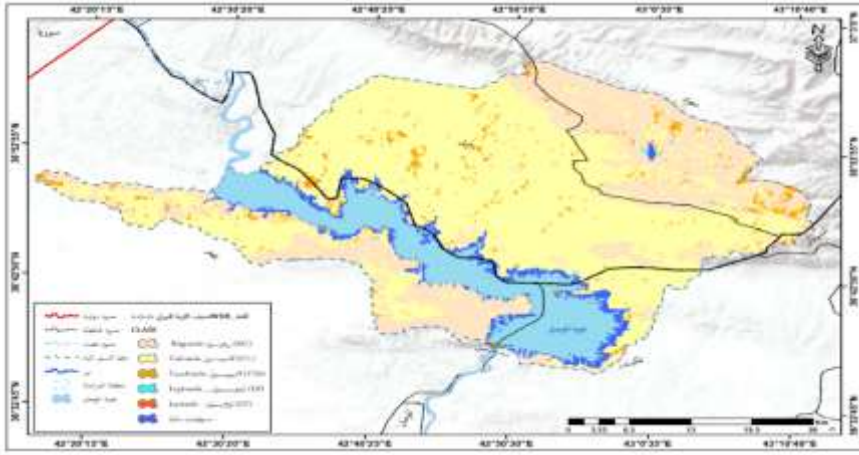
٦- **المسطحات المائية (ترب مشبعة)**: تشغل هذه الفئة نسبة كبيرة (١٧.١%) من منطقة الدراسة وهي نسبة تعكس بشكل رئيسي مساحة البحيرة ذاتها وتذبذب مستوياتها. وتشمل الأجزاء العميقة من البحيرة التي تغطيها المياه بشكل دائم والتي لا تعد تربة بل قاع بحيرة أو نهر. أو مناطق الغمر الموسمي التي تتكشف في موسم الجفاف وتنغمر في موسم الفيضان

الجدول (٤) مساحة ونسبة اصناف التربة حسب نظام تصنيف التربة الدولي ت.ت.د. WRB\_soil في منطقة الدراسة

النسبة %	المساحة / كم <sup>٢</sup>	الصنف
٢٥	٣٨٩.١٤	Regosols - ريغوسول (RG)
٥٤.٩	٨٥٦.٠٧	Calcisols - كالميسول (CL)
٢.٩٦	٤٦.١٦	Cambisols - كامبيوسول (CM)
٠.٠٥٤٥	٠.٨٥	Leptosols - لبيتوسول (LP)
٠.٠٠٤٧٤	٠.٠٧	Luvisols - لوفيسول (LV)
١٧.١	٢٦٧.٣٨	مسطحات مائية (ترب مشبعة)
١٠٠	١٥٥٩.٦٨	المساحة الكلية

Van Breemen, N., Buurman, P., & Jongmans, A. G. (2011). *Lessivage as a major process of soil formation*. Geoderma, 161(3-4), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.03.012>

خريطة (تصنيف التربة الدولي ت.ت.د. w.r.b.)



المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية <https://earthexplorer.usgs.gov> ،  
نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map10.4.1

## ٢- الخصائص المورفومترية لمنطقة الدراسة:

### الخصائص المساحية والشكلية لأحواض منطقة الدراسة:

تظهر أهمية دراسة الخصائص المساحية من خلال ارتباطها المباشر بالعوامل الطبيعية المتمثلة بالبنية الجيولوجية وطبيعة الصخور ونوع المناخ وان الأحواض النهرية التي تتشابه في خصائصها الشكلية لا بد من انها تتشابه في خصائصها الجيومورفولوجية، لان هذا التشابه ينتج عن العمليات الجيومورفولوجية نفسها (سلامة، ١٩٨٢، ٦). وتضم الدراسة الخصائص المساحية والشكلية لحوض بحيرة سد الموصل وكالاتي:

### ٢-١- الخصائص المساحية:

تعد المساحة ذات أهمية بالغة في دراسة السيول فكلما اتسعت مساحة الحوض كلما ازدادت كمية المياه التي يستقبلها وازدادت حملته على افتراض ثبات بقية المتغيرات الأخرى كنوع الصخور وكمية المياه والانحدار (محسوب، ٢٠٠٦، ٢٧)، وتوجد أيضا علاقة طردية بين مساحة الحوض وكمية الفاقد، اذا تؤثر مساحة الحوض على حجم

ومقدار الفيضان فكلما زادت المساحات ازدادت المدة الزمنية للتصريف في الحوض، وكلما ازدادت المساحة قلت شدة الفيضان اذا ان نسبة الفاقد تزداد كلما زادت المساحة (الخالدي، ٣٠٢). تظهر بيانات الجدول (٥)، تبايناً كبيراً في مساحات الأحواض، ويمكن تقسيمها جيومورفولوجياً إلى فئتين: -الأحواض الكبرى: يتصدر حوض وادي بفاق بقية الأحواض بمساحة قدرها (٤٣٠.٥٨ كم<sup>2</sup>)، ويليه حوض وادي نهر دهوك بمساحة (٤١٦.٩٦ كم) يشكل هذان الحوضان المغذي الرئيس لبحيرة سد الموصل، حيث تزيد مساحة كل منهما عن (٤٠٠ كم<sup>2</sup>)، مما يعني قدرة عالية على تجميع مياه الأمطار وتوليد تصريف مياه مستمر أو شبه مستمر، كما أنها تمثل مناطق تركز للانجراف التربوي بسبب اتساع مساحات التجميع فيها، أي انها مناطق نفوذ مائي ورسوبي واسعة تزداد فيها الرسوبيات نتيجة اتساع مساحة التعرض لعوامل التعرية، مما يجعلها المصدر الرئيس للطمى الذي يهدد لسعة التخزينية للبحيرة بمرور الزمن. الأحواض الصغيرة والمتوسطة: تتراوح بين اصغرها بمساحة (٢٣.٢٣ كم<sup>2</sup>) في حوض وادي الجحش وحوض وادي بزلة بمساحة (٥٠٠.٩٠ كم<sup>2</sup>)، وصولاً إلى (١٤٥.٣٤، ١٣٦.٢٠ كم<sup>2</sup>) في حوض وادي سيد ظاهر وكورجوة. هذه الأحواض، رغم صغر مساحتها إلا أنها تتميز بسرعة الاستجابة الهيدرولوجية ( Time of Concentration) نظراً لقصر مساراتها المائية مقارنة بالأحواض الكبرى. نجد ان الأحواض الصغرى كحوض (وادي الجحش)، تعمل كأنظمة محدودة التأثير مساحياً، ولكنها تساهم بتركيزات رسوبية محلية.

## ٢-٢- الطول الحقيقي: (Stream Length)

يعد الطول الحقيقي للمجرى المائي المتغير الأساسي في حساب زمن التركيز الهيدرولوجي فكلما زاد طول المسار الفعلي للمياه، زادت فرص الاحتكاك بالقاع

والجوانب مما يؤدي إلى تقليل طاقة التدفق وزيادة الترسيب قبل الوصول إلى المصب، ويمثل طول الحوض المسافة التي يمكن قياسها من خلال المراتب النهرية ضمن الحوض الواحد والتي تقاس من بداية المصب إلى أقصى نقطة فية محيط الحوض (kafaija,11,2018). ونلاحظ في الجدول (٥) تباين أطوال أحواض منطقة الدراسة حيث أن حوض وادي بقاق يمتلك أطول مسار مائي حيث بلغت (٩٦.٣٤ كم)، ويأتي بعده حوض وادي دهوك بطول حقيقي بلغ (٤٢.٤٢ كم)، وهو ما يعني أن الرواسب الناتجة عن التعرية في المنابع الجبلية تقطع رحلة طويلة قبل استقرارها في بحيرة سد الموصل ، هذا الطول يساهم في صقل الحبيبات الرسوبية وتصغير حجمها بفعل الاحتكاك المستمر، لذا نتوقع أن تكون الرواسب القادمة من هذه الوديان أكثر نعومة. أما في الأحواض ذات المسارات القصيرة مثل حوض وادي الجحش (١١.١٦ كم) وحوض وادي بزلة (١٢.٢٢ كم)، تندفع المياه من المنبع إلى المصب بحيرة سد الموصل في وقت قياسي. هذا يعني أن هذه الأودية لا تتيح وقتاً كافياً لترشيح المياه في باطن الأرض، مما يجعلها (أودية ذات استجابة سريعة) للأمطار الغزيرة وتؤثر بشكل مباشر على جودة المياه قرب ضفاف البحيرة بسبب العكارة الفجائية. من حيث التضرس، نلاحظ توافقاً بين الأطوال الطويلة والتضرس العالي الذي حللناه سابقاً فالأودية التي تبدأ من مناطق شاهقة مثل (دهوك وبقاق) احتاجت لمسارات أطول لتجاوز العوائق التكتونية والبنوية، مما جعل شبكة تصريفها أكثر تعقيداً ونضجاً.

### ٣-٢- تضاريس الاحواض Basin Relief:

يمثل تضرس الحوض الفرق الرأسي بين أعلى نقطة في منبع الحوض وأدنى نقطة عند مصبه، وهو المتغير الحاكم لدرجة انحدار الأسطح والمجاري المائية. من الناحية العلمية، يعد التضرس (المخزون الحركي) للحوض، بحيث تتحول الطاقة الكامنة

الناتجة عن الارتفاع إلى طاقة حركية (Kinetic Energy) تقود عمليات النحت والنقل (الدليمي، ٧٩). يبين الجدول (٥) تبايناً واضحاً في قيم التضرس وانعكاساتها؛ إذ تتميز الأحواض شديدة التضرس التي تتجاوز (٧٠٠ م)، مثل أحواض سيد ظاهر وكواشة (٩٦٠ م) وبقاق (٩٠٠ م) و(دهوك)، بطاقة نحتية رأسية هائلة وميول حادة تقلل من فرص الترشيح. هذا النشاط الجيومورفولوجي يجعلها مسؤولة عن تعميق الأودية ونقل الرواسب وتشكيل موجات الفيضان السريعة نحو بحيرة سد الموصل. في المقابل، تمثل الأحواض منخفضة التضرس، مثل وادي طلك (٢٤٠ م) وكري قندي (١٥٠ م) وصولاً إلى أديها في كولوند (٦٠ م)، أنظمة مستقرة تضاريسياً تميل للترسيب الجانبي بدلاً من النحت الرأسي، وتتسم ببطء الجريان وزيادة الترشيح العميق، مما يحد بشكل كبير من مساهمتها في الفيضانات المفاجئة.

#### ٤-٢- الخصائص القياسية (المحيط، القطر) :

يعد المحيط (طول خط تقسيم المياه) والقطر (أقصى امتداد طولي) مؤشرين لتحديد الهيكل الهندسي للحوض (الدليمي، ١٩٩٤، جودة، ١٩٩٧). يُظهر الجدول تبايناً واضحاً إذ يتصدر حوض وادي بقاق أكبر محيط (٣٠٢.٦٥ كم) وأطول قطر (٩٦.٣٤ كم)، يليه (نهر دهوك) بمحيط (١٥٢.٣٠ كم)، مما يعكس اتساع جبهة استقبال الأمطار وزيادة (زمن التركيز)، وهو ما يقلل من احتمالية الفيضانات المفاجئة، لكنه يرفع طاقة النحت الطولي وينقل رواسب بعيدة المصدر (غرين ناعم). في المقابل، تسجل الأحواض المحدودة ك (وادي الجحش ٣٥.٠٥ كم) و(وادي بزلة ٣٨.٣٩ كم) نظاماً هيدرولوجية بسيطة بمسارات قصيرة تنقل رواسب محلية خشنة. تبرز الخطورة القصوى في الأحواض التي تتقارب فيها النسب الهندسية لتميل نحو الشكل الدائري (المكنتز)، مثل حوض (وادي طلك: قطره ٢٢.٣٠ كم

ومحيطه ٧٠.٠٦ كم) وحوض (سيد ظاهر: قطره ٢٨.٠١ كم ومحيطه ٨٨.٠٠ كم). في هذه الأنظمة، تصل مياه الأمطار من كافة الأجزاء إلى المصب في وقت متزامن تقريباً، مسببة ذروة فيضانية حادة ومفاجئة تتدفع بقوة نحو بحيرة سد الموصل.

**٥-٢- متوسط عرض الحوض:** يمثل متوسط عرض الحوض مؤشراً مورفومترياً مهماً يعكس مدى اتساع المساحة الجانبية المغذية للمجرى الرئيسي (المسلاوي، ١٩٨٩، ١٠٣). ويظهر التحليل تبايناً واضحاً الجدول (٥) إذ سجل حوض وادي نهر دهوك أقصى اتساع بمتوسط (٨.٦٠ كم)، مما يمنحه جبهة عريضة لاستقبال مياه الأمطار وزيادة هائلة في حجم التصريف المائي المندفح نحو البحيرة. في المقابل، اتسمت الأحواض الضيقة مثل وادي الجحش (٢.٠٨ كم) وادي كواشه (٣.٠٣ كم) بشكلها الشريطي، وهذا الامتداد الضيق يجعل وصول الموجات المائية إلى المصب متبايناً وموزعاً في الزمن، مما يقلل من عنف وحدة الذروة الفيضانية السريعة مقارنة بالأحواض العريضة.

**٦- مساحة دائرة يساوي محيطها محيط الحوض/كم<sup>٢</sup>:** يعد هذا المتغير أساساً رياضياً لتقييم مدى انحراف شكل الحوض عن الشكل الدائري المنتظم (Miller, 1953, 102). وتظهر النتائج تفاوتاً كبيراً حيث سجل حوض وادي بقاق مساحة افتراضية ضخمة بلغت (٧٢٩٩.٦ كم<sup>٢</sup>)، يليه

نهر دهوك ب (١٨٤٥.٧) كم<sup>٢</sup>، مما يؤكد التدرج الشديد والامتداد الطولي لخطوط تقسيم المياه في هذه الأحواض وابتعادها عن الانتظام الشكلي. في حين سجلت الأحواض ذات المحيطات الأقصر، مثل وادي الجحش (٩٧.٧ كم<sup>٢</sup>) ووادي بزلة (١١٧.٣ كم<sup>٢</sup>)، قيمةً متدنيةً وهذا التباين الهندسي ينعكس مباشرة على (زمن التركيز)

وسرعة الاستجابة الهيدرولوجية للعواصف المطرية المتجهة نحو حوض سد الموصل.

### جدول (٥) الخصائص المساحية لبحوض منطقة الدراسة

مساحة دائرة	يساوي محيطها	متوسط العرض/كم	الطول الحقيقي/كم	المحيط/كم	القطر/كم	تضاريس الحوض/م	المساحة/كم <sup>٢</sup>	البحوض
7299.6	4.47	96.34	302.65	96.34	900	430.58	وادي بفاق	
1845.7	8.60	48.48	152.30	48.48	780	416.96	وادي نهر دهوك	
616.4	5.19	28.01	88.00	28.01	960	145.34	وادي سيد ظاهر	
244.6	3.03	17.64	55.42	17.64	960	53.52	وادي كواشه	
390.5	5.05	22.30	70.06	22.30	240	112.55	وادي تلك	
618.8	4.85	28.07	88.18	28.07	210	136.20	وادي كور جوه	
448.3	4.11	23.90	75.07	23.90	60	98.27	وادي كولوند	
474.2	3.75	24.56	77.17	24.56	150	92.14	وادي كره قندي	
117.3	4.17	12.22	38.39	12.22	180	50.90	وادي بزله	
97.7	2.08	11.16	35.05	11.16	180	23.23	وادي الجحش	

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد

على مخرجات برنامج Arc gis 10.4.1.

### ٣- الخصائص الشكلية:

تعد الدراسة التطبيقية المورفومترية لصفات شكل الحوض لها أهميتها ، لأنها تقيد في قياس معدلات الحصص المائية ، ومعرفة كمية المياه المؤثرة في تجهيز الماء إلى المجرى الرئيس ، وتحكمه بذروة التصريف المائي ، ودلالة خطر الفيضان وتأثيراتها المتفاوتة في الأشكال الأرضية الناتجة ، ومساحة أحواضها ( M.G ) (Anderson,1988,100). توجد عدة طرائق لقياس شكل الحوض ، على الرغم من أن الكثير منها يؤدي إلى المدلول الجيومورفولوجي أو الهيدرولوجي نفسه ، فهناك نسبة تماسك المساحة ، ونسبة تماسك المحيط ، ومعدل الاستطالة وجميعها تشير إلى

مدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض عن الشكل الدائري. أما معامل شكل الحوض فهو يشير إلى مدى اقتراب أو ابتعاد الحوض من الشكل المثلث (سلامة، ١٩٨٠، ٩٩).

### ٣-١- معامل الاستطالة: Elongation Ratio

ان هذا المؤشر يعد دليلاً على شكل الحوض وتأثره بالعمليات التكتونية (سلامة، ٢٠٠٤، ١٠٠). و الجدول (٦)، يبين سيادة الشكل (الطولي) على أغلب أحواض الدراسة بقيم منخفضة (أقل من ٠.٦)، فسجل (وادي بقاق) اقل قيمة استطالة (٠.٢٤)، تليه أحواض (دهوك، كواشة، كورجوه و كولوند ب ٠.٤٧). وهذه القيم تعكس شكلاً طويلاً خاضعاً لتحكم بنيوي وتكتوني. حيث تمثل هذه الاستطالة ميزة حماية لبحيرة سد الموصل لكونها تطيل (زمن التركيز) وتوزع وصول المياه، مما يقلل من خطورة الذروة الفيضانية. في المقابل سجل وادي بزلة أعلى قيمة (٠.٦٥) ليميل نحو الشكل شبه البيضوي، مما يجعله الأسرع استجابةً في تجميع وتصريف مياهه نحو المصب.

### ٣-٢- الاستدارة: Circularity

من خلال نتائج الجدول (٦)، نلاحظ انخفاضاً واضحاً في قيم الاستدارة لجميع الأحواض لتتراوح بين (٠.٠٥٩ - ٠.٤٣٥)، مما يدل على ابتعادها التام عن الشكل الدائري. وقد سجل حوض (وادي بقاق) أدنى قيمة (٠.٠٥٩) مثبتاً استطالته الشديدة وعلى العكس منه سجل حوض (وادي بزلة) أعلى قيمة (٠.٤٣٥). تؤكد هذه القيم المتدنية قوة التحكم البنيوي في المنطقة، وتعد مؤشراً إيجابياً لسلامة بحيرة سد الموصل لكونها تزيد من (زمن التركيز) وتشتت وصول الموجات المائية، مما يقلل من خطورة التدفق الفيضاني المفاجئ.

### ٣-٣-٣- معامل الشكل: Shape Factor

وهو مؤشر لمدى اقتراب او ابتعاد الحوض من الشكل المستطيل يمثل هذا المعامل مؤشراً للتنبؤ بطبيعة التدفق المائي وسرعة الاستجابة الهيدرولوجية (العذاري، ٢٠٠٥، ١٣٨)، وقد سجل حوض (وادي بقاق) أدنى قيمة (٠.٠٤٦) مثبِتاً شكله المستطيل الذي يشتمل الطاقة المائية ويؤخر وصول الفيضان، في حين سجل حوض (وادي بزلة) أعلى قيمة (٠.٣٤١) ليميل للشكل شبه المروحي الأسرع استجابةً. وتجانست قيم أغلب الأحواض بين (٠.١٧ - ٠.١٨) بفعل التحكم البنوي الذي يحد من التوسع العرضي. تمثل قيم الجدول (٦) هذه الأحواض المستطيلة نواقل عالية الكفاءة تسمح بـ (الفرز الرسوبي)، حيث ترسب المواد الخشنة في أعالي الأودية وتصل الرواسب الناعمة الى بحيرة سد الموصل، مما يخفف من مخاطر الصدمات الفيضانية المفاجئة.

### ٣-٤-٣- تحليل معدل التضرس: Mean Relief

يعدمؤشراً حيويًا لمتوسط الانحدار وتأثيره في سرعة الجريان ونشاط التعرية (أبو العينين، ١٩٩٣). يُظهر التحليل تبايناً تكتونياً واضحاً سجل حوض كواشه اعلى معدل (١٣١.٠) يليه حوض سيد ظاهر (٧٩.٦)، مما يدل على مرحلة نحت نشطة واستجابة فيضانية سريعة وعنيفة نحو بحيرة سد الموصل لقلّة زمن التركيز. في المقابل، تقاربت أحواض (بقاق، دهوك و الجحش) بين (٣٧.٣ - ٤٣.٤) لتشكل أنظمة نقل رسوبي مستقرة نسبياً. بينما سجل حوض كولوند الاقل (٦.١) ليعكس الترسيب البطيء والاستواء التضاريسي والأقل تأثيراً رفد بالرواسب الخشنة.

### ٣-٥ المعامل الهيبسومتري: Hypsometric Integral

يعد مؤشراً لدرجة التطور الجيومورفولوجي ومقدار النحت التضاريسي للحوض (أبو العينين، ١٠٠، ١٩٩٣). أظهرت النتائج تبايناً حاداً؛ إذ سجلت أحواض (سيد ظاهر وكواشة ١.٠٠)، (بقاق ٠.٩٤)، و(دهوك ٠.٨١) قيمة مرتفعة تعكس مرحلة (الشباب) ونشاطاً تكتونياً حديثاً لتشكل (مصانع للرواسب) تضخ المواد بطاقة تدفق خطيرة نحو بحيرة سد الموصل. في المقابل سجلت أحواض كولوند (٠.٠٦)، كري قندي (٠.١٦)، بزلة والجحش (٠.١٩)، و(ذلك ٠.٢٥) قيمةً متدنية، مما يشير لبلوغها مرحلة الشيخوخة وتحولها لأسطح شبه سهلية تتسم بالاستقرار الهيدرولوجي والضعف الرسوبي.

الجدول (٦) الخصائص المورفومترية

المعامل الهيبسومتري HI	معدل التضرس MRn	الاستدارة Rc	الاستطالة Re	معامل الشكل Ff	الحوض
0.94	43.4	0.059	0.24	0.046	وادي بقاق
0.81	38.2	0.225	0.47	0.177	وادي نهر دهوك
1.00	79.6	0.236	0.49	0.185	وادي سيد ظاهر
1.00	131.0	0.219	0.47	0.172	وادي كواشه
0.25	22.6	0.288	0.54	0.226	وادي تلك
0.22	18.0	0.220	0.47	0.173	وادي كور جوه
0.06	6.1	0.219	0.47	0.172	وادي كولوند
0.16	15.6	0.195	0.45	0.153	وادي كري قندي
0.19	25.2	0.435	0.66	0.341	وادي بزلة
0.19	37.3	0.238	0.49	0.187	وادي الجحش

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على مخرجات برنامج Arc gis 10.4.1.

#### ٤- خصائص الشبكة النهرية: Drainage Network Characteristics:

الأمطار هي المحرك الأساسي للجريان السطحي ونشأة المجاري المائية وبمجرد وصول تربة المنبع لمرحلة التشبع. في ظل ضعف الغطاء النباتي يتحول التساقط إلى جريان قنوي متهيج يبدأ بالتعرية التناثرية والطبقية وصولاً إلى الحفر العميق وإزالة المواد الصخرية، مما يؤسس لشبكة تصريف مائي ذات خصائص مورفومترية وهيدرولوجية محددة سيتم تحليل متغيراتها تباعاً (سلامة، ٢٠٠٤).

#### ٤-١- الرتب النهرية: River Orders and Numbers

تمثل دراسة خصائص شبكة التصريف حبر الزاوية في التحليل المورفومتري للأحواض المائية لأنها تعكس هندسة الشبكة وكثافتها التفاعل المعقد بين البنية الجيولوجية، والليثولوجيا، والظروف المناخية الهيدرولوجية السائدة. وقد تم الاعتماد في هذا التحليل على نظام (Strahler) لتصنيف المراتب النهرية، بناءً على مخرجات (DEM) ومعالجة نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS). ويبين لنا الجدول (٧) توزيع المراتب النهرية ضمن منطقة الدراسة، حيث تم تحديد ثلاث مراتب نهريّة رئيسية الخريطة (٦) وبلغ مجموع الروافد النهرية المحددة (٦٨) رافداً، وتتنوع كالآتي:

**المرتبة الأولى:** تسيطر المراتب النهرية الأولى بشكل مطلق على بنية شبكة التصريف، حيث بلغ عددها (٥٢) رافداً، مشكلة نسبة مرتفعة جداً تصل إلى (٧٦.٤٧٪) من إجمالي عدد الروافد. وهذا العدد الهائل للمراتب الأولى يدل على كفاءة عالية وتوزيع مكثف لقنوات الجريان الأولى على المنحدرات الجبلية، مما يدل على أن الشبكة لا تزال في مرحلة الشباب وتخضع لظروف تضرس شديدة تمنع اندماج الروافد بسرعة. وهذه النسبة العالية تعني أن معظم المياه القادمة للأحواض تتجمع بسرعة عبر هذه الروافد

الأولية الصغيرة، مما يزيد من احتمالية حدوث استجابة فيضانانية سريعة وقوية ابان العواصف المطرية.

**المرتبة الثانية:** نلاحظ التناقص الحاد والسريع في عدد الروافد مع زيادة المرتبة، حيث يقل العدد إلى (١٥) رافداً فقط، مشكلة نسبة (٢٢.٠٥٪) هذا التناقص يتوافق تماماً مع قوانين هورتن للمورفومترية (Horton's Laws of Stream Numbers)، ويشير إلى حدوث اندماج كثيف للروافد الأولى لتكوين روافد أطول وأكثر استقراراً.

**المرتبة الثالثة:** تمثل المرتبة النهائية والجذع الرئيسي للشبكة في هذه المرحلة من التحليل، حيث سجلت (١) رافد فقط مشكلة نسبة (١.٤٨٪) وهذا يعكس وجود رافد واحد من المرتبة الثالثة شبكة تصريف غير معقدة جداً، ولكنها فعالة في تجميع المياه بحيرة سد الموصل (المصب النهائي). نلاحظ أن توزيع الأعداد يتوافق مع العلاقة العكسية بين المرتبة وعدد المجاري اي علاقة ارتباط سالبة قوية، مما يؤكد النضج النسبي لهندسة الشبكة في اتباع السلوك المورفومتري الطبيعي.

#### ٤-٢ أطوال المراتب النهرية Horton's Law of Stream Lengths:

من حيث الأطوال، فقد سجلت المراتب النهرية إجمالي طول قدره (٣٢٦.٣٤ كم) وسجلت بقية المراتب النهرية اطوال مختلفة وكالتالي:

المرتبة الأولى: سجلت إجمالي طول بلغ (١٧٢.٠٦) كم. وبالرغم من أن طول الرافد الواحد فيها قصير، إلا أن مجموع أطوالها الكبير يعكس المساحة الواسعة التي تغطيها لتجميع المياه.

**المرتبة الثانية:** سجلت طولاً إجمالياً بلغ (١٢٧.٠٢) كم. يلاحظ أن الروافد أصبحت أطول بشكل ملحوظ مقارنة بالمرتبة الأولى  
( $Lm2=8.47$  كم مقابل  $Lm1=3.31$  كم).

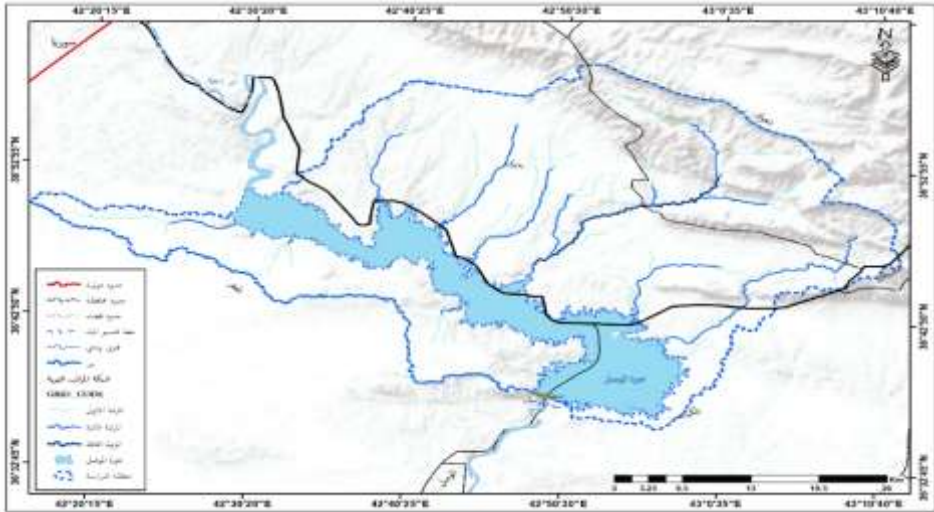
المرتبة الثالثة: سجلت طولاً إجمالياً للرافد الوحيد بلغ (27.26 كم)، وخلال حساب معدل طول الرافد لكل مرتبة (Lm)، نلاحظ زيادة مطردة في معدل الطول مع زيادة المرتبة (Lm1=3.31 كم، Lm2=8.47 كم، Lm3=27.26 كم). يتطابق هذا السلوك تماماً مع قانون هورتن لأطوال المجاري ( Horton's Law of Stream Lengths)، مما يثبت أن الشبكة في منطقة الدراسة تتبع نمطاً مورفومترياً نظامياً يعكس تطوراً طبيعياً عبر الزمن الجيولوجي.

### الجدول (٧) المراتب النهرية في منطقة الدراسة

المرتبة	العدد	النسبة %	الطول/ كم
المرتبة الاولى	٥٢	٧٦.٤٧	١٧٢.٠٦
المرتبة الثانية	١٥	٢٢.٠٥	١٢٧.٠٢
المرتبة الثالثة	١	١.٤٨	٢٧.٢٦
المجموع	٦٨	%١٠٠	٣٢٦.٣٤

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على DEM ومخرجات برنامج Arc gis 10.4.1.

### خريطة (٦) شبكة المراتب النهرية في منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على DEM ومخرجات برنامج Arc gis 10.4.1.

#### ٤-٣- كثافة التصريف Drainage Density - Dd

تمثل الكثافة التصريفية، التي استنبطها هورتن (Horton,1945,370)، من أهم المعاملات المورفومترية التي تعكس طبيعة التفاعل بين المناخ (كمية التساقط) والغطاء النباتي والخصائص الليثولوجية (نفاذية الصخور ،مساميتها) في منطقة الدراسة. وتستخرج من خلال قسمة مجموع أطوال المجاري ( $\sum L$ ) النهرية بكافة مراتبها على المساحة الكلية للحوض (A) وبتطبيق المعادلة الرياضية على منطقة الدراسة، حيث بلغ مجموع أطوال المجاري النهرية ٣٢٦.٣٤ كم، الجدول (١) موزعة على مساحة إجمالية قدرها (١٥٥٩.٦٨ كم<sup>2</sup>)، سجلت منطقة الدراسة كثافة تصريفية بلغت (٠.٢١ كم/كم<sup>2</sup>).

مجموع اطوال المجاري النهرية  $\sum L = 326.34$  كم.

مساحة منطقة الدراسة الكلية A (١٥٥٩.٦٨) كم<sup>2</sup>

وبتطبيق معادلة هورتن:

$$Dd = \frac{\sum L}{A}$$

$$\frac{326.34}{1559.68} = 0.21 = (Dd) \text{ الكثافة التصريفية}$$

ويمكن تحليل الدلالات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية لهذه القيمة وفقاً للآتي:

١- الليثولوجية -نفاذية التكوينات الصخرية: ان تسجيل الكثافة التصريفية لقيمة منخفضة جداً تبلغ (٠.٢١ كم/كم<sup>2</sup>) دليلاً قاطعاً على سيطرة التكوينات الصخرية ذات المسامية والنفاذية العالية، كالتكوينات الكربوناتيية (عقرة - بخمة) والجبسية التي تتسم بقابليتها للإذابة. وهذا يسمح للتركيب الليثولوجي بتسرب مياه الأمطار وتغلغلها عبر

الفواصل والشقوق لتنشيط الإذابة وتشكيل شبكات تصريف كارستية جوفية، وذلك على حساب ضعف كثافة المجاري النهرية السطحية.

- المورفوديناميكية (العلاقة بالتعرية والإذابة): انخفاض الكثافة التصريفية السطحية يقلل من التعرية الأخدودية المباشرة لكنه يعد مؤشراً جيومورفولوجياً خطيراً لتنشيط التعرية الكيميائية (الإذابة الكارستية). فالمياه المتسربة تعمل على توسيع الفجوات الجوفية وإضعاف البنية الميكانيكية للسفوح، مما يخلق بيئة عالية الهشاشة ومثالية للانزلاقات الأرضية والانهيارات الخسفية عند التشبع، وهو ما يشكل تهديداً مباشراً وحقيقياً لاستقرار المنحدرات المحيطة ببحيرة سد الموصل.

#### ٤-٤- التكرار النهري - Stream Frequency - Fs

التكرار النهري هو المؤشر الرديف والمكمل للكثافة التصريفية في التحليل المورفومتري، حيث يعبر عن عدد المجاري النهرية (بكافة مراتبها) في وحدة المساحة. ويستعمل هذا المؤشر كدليل كمي لتقييم مدى تقطع السطح بفعل المجاري المائية، ومدى استجابة الغطاء الصخري لعمليات الجريان السطحي. وقد تم حساب هذا المعامل بتطبيق معادلة هورتن (Horton، 1945، 275)، كالآتي:

$$Fs = \frac{\sum N}{A}$$

وبالتطبيق:  $Fs = \frac{68}{1559.68}$

وبهذا الناتج يكون: 0.043 كم<sup>2</sup>

$\sum N$  = عدد المجاري الكلي (68)، مجرى

$A$  = المساحة الكلية لمنطقة الدراسة (1559.68 كم<sup>2</sup>)

وبهذا انتجت العملية الحسابية عن تسجيل قيمة تكرار نهري بلغت (0.043 مجرى/كم<sup>2</sup>).

وبهذا فان التفسير الجيومورفولوجي والهيدرولوجي لحوض بحيرة سد الموصل كالاتي اسفر عن الدلالات الاتية:

- المورفومترية، التتابق مع الكثافة التصريفية: تمثل قيمة (٠.٠٤٣) قيمة منخفضة جداً وتصنف ضمن فئة التكرار النهري الضعيف. وهذا الانخفاض الحاد يتتابق بشكل مثالي مع الانخفاض الذي سجلته الكثافة التصريفية (٠.٢١ كم/كم<sup>2</sup>). ويعد هذا التتابق الإيجابي بين المؤشرين يثبت أن قلة أطوال المجاري تقابلها أيضاً قلة في أعدادها، مما يعكس ضعفاً عاماً في طاقة الجريان السطحي القادر على شق قنوات جديدة.

- الليثولوجي (تأكيد النفاذية والإذابة): يمثل هذا التكرار المنخفض دليل قاطعاً إضافياً على طبيعة الخصائص الصخرية لحوض سد الموصل. فالأمطار الساقطة على منطقة الدراسة لا تجد الفرصة الكافية للتجمع وتشكيل شبكة معقدة وكثيفة من المسيلات السطحية، بل تتسرب بسرعة عبر التكوينات الكربوناتيية والجبسية (ذات المسامية والنفاذية العالية). هذا التسرب العميق هو المحرك الأساسي لعمليات التجوية الكيميائية والإذابة، التي تعمل بصمت تحت السطح لتوسيع الفجوات وتكوين المظاهر الكارستية المخفية، والتي تتمثل بالتهديد الجيولوجي الأكبر لاستقرار المنحدرات المحيطة بالبحيرة ولأساسات السد نفسه (Horton, 1945, 189).

#### ٤-٥- نسبة التشعب النهري: Bifurcation Ratio - Rb

تمثل (Rb) التي وضع أساسها العالم هورتن (Horton, 1945, 189)، من أهم المؤشرات المورفومترية التي تعكس مدى استجابة شبكة التصريف للخصائص الليثولوجية (الصخرية) والضوابط البنيوية (التكتونية) في الحوض، فضلاً عن دورها الحاسم في تفسير السلوك الهيدرولوجي لشكل المنحنى المائي وأوقات ذروة

الفيضان. ومن خلال الاطلاع معطيات الجدول (٨) الخاص بنسبة التشعب في منطقة الدراسة، يتضح وجود تباين ملحوظ يعكس تعقيداً في التطور الجيومورفولوجي للشبكة، ويمكن تفسيره وفقاً للآتي:

- نسبة التشعب بين المرتبتين (الأولى والثانية): بلغت قيمة (Rb) بين المراتب الأولى والثانية (٣.٤٧). تعد هذه القيمة طبيعية ومثالية، وتقع ضمن المدى القياسي (٣ - ٥). هذا الرقم يشير أن الروافد الأولية، التي تتبع من أعالي السفوح تتطور في بيئة ذات تجانس صخري نسبي، حيث لا توجد فوالق أو انكسارات تكتونية حادة تعيق اندماجها الطبيعي لتكوين المراتب الثانية، مما يعكس تطوراً طبيعياً لشبكة التصريف في بداياتها.

- نسبة التشعب الشاذة بين المرتبتين (الثانية والثالثة): تمثل قيمة نسبة التشعب (١٥.٠٠) طفرة مورفومترية شاذة تعكس تحكماً بنيوياً وتكتونياً شديداً (Strahler, 1964) لان النقاء (١٥) رافداً من المرتبة الثانية بمجرى رئيسي واحد المرتبة (الثالثة) نتيجة مروره بصدع او وادٍ خانقي. هذا الالتقاء المفاجئ والمباشر يؤدي إلى تجميع المياه في وقت قياسي لتشكيل ذروة فيضانية حادة وسريعة، مما يضاعف الطاقة الحركية للمياه ويزيد من شراسة التعرية الرأسية وقابلية نقل المفتتات الصخرية لرميها مباشرة كرسوبيات في بحيرة سد الموصل.

- متوسط نسبة التشعب (Mean Rb): وهو معدل مرتفع يشير (٩.٢٤) الى أن الأحواض المغذية لبحيرة سد الموصل تتسم بالاستطالة الشديدة، والسيطرة التركيبية العالية، وسرعة الاستجابة الهيدرولوجية للعواصف المطرية، مما يفاقم من المخاطر الجيومورفولوجية (التعرية والانزلاقات) التي سيتم تحليلها في الفصول اللاحقة.

لجدول (٨) نسبة التشعب في منطقة الدراسة

المرتبة	عدد المجاري	نسبة التشعب Rb
الأولى → الثانية	52 → 15	3.47
الثانية → الثالثة	15 → 1	15.00
متوسط نسبة التشعب	—	9.24

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على DEM ومخرجات برنامج Arc gis 10.4.1. الرقم العالي لنسبة التشعب (١٥) هو انعكاس للواقع الجيولوجي لحوض سد الموصل المليء بالطيات المحدبة والفتوالق، هذه الطيات تجبر الأودية على الانحدار السريع والالتقاء بمجرى واحد رئيسي محكوم بالشقوق، وهذا هو سبب كثرة الرواسب اللي توصل للبحيرة بشكل مفاجئ وقت السيول.

### الاستنتاجات Conclusions

- ١- أثبتت النمذجة في بيئة (GIS) سيطرة التراكيب الخطية الممتدة، شمال-جنوب وشمال شرق-جنوب غرب على التوجيه المورفولوجي لشبكات التصريف، مما يعكس نشاط تكتوني حديث يتحكم بديناميكية حوض سد الموصل.
- ٢- تسود الاستطالة الشكلية في أغلب الأحواض كحوض بفاق بمعامل (٠.٢٤)، مما يسهم في إطالة (زمن التركيز) وتشتيت الذروة الفيضانية، بعكس الأحواض المكتنزة هندسياً كحوضي بزلة وطلبك التي تمثل بؤراً خطرة للتدفق المائي الفجائي.
- ٣- يفرز التباين الهيسومتري أحواضاً في مرحلة الشباب المورفولوجي كحوض (سيد ظاهر وكواشة بقيمة ١.٠٠) تعمل كمصانع رسوبية ذات نحت رأسي عنيفتعمل على تغذية خزان البحيرة بالمفتتات بشكل مباشر، مقابل أنظمة هرمة ومستقرة كحوض (كولوند).

٤- التدني الشاذ للكثافة التصريفية (٠.٢١) يمثل دليلاً قاطعاً على سيادة التكوينات الكربونانية والجبسية، مما يقلل الجريان السطحي لصالح التسرب العميق، منشط الإذابة الكارستية ومهدجاً استقرار السفوح بمخاطر الانهيارات الخسفية.

٥- يعكس الارتفاع الحاد في نسبة التشعب (١٥.٠٠) تحكماً بنويماً خانقاً يجبر الروافد على الالتقاء المفاجئ، مما يسرع من تجمع التصريف في زمن قياسي، مؤلداً ذروة فيضانية، تضاعف من طاقة النحت الرأسي ومعدلات الإرساب داخل البحيرة.

### التوصيات Recommendations

١- اخضاع المنحدرات المشكلة من التكوينات القابلة للإذابة خاصة عقرة - بخمة للمراقبة الجيوتقنية بتقنية الرادار الأرضي (GPR)، لرصد الفجوات المجهرية استباقياً قبل تطورها لانهيارات خسفية تهدد استقرار بحيرة السد.

٢- انشاء سدود تعويقية ومصائد رواسب في الأحواض المكتنزة وسريعة الاستجابة مثل وادي (بزلة، طلك) بهدف تشتيت الطاقة الحركية، والعمل على اطالة (زمن التركيز)، ومنع الموجات الفيضانية العنيفة.

٣- التدخل الجيومورفولوجي والبيئي العاجل في الأحواض الشابة كوادي (سيد ظاهر، كواشة) عبر برامج التشجير وتثبيت السفوح، لتقليل التعرية الأخدودية واطالة العمر التصميمي لخزان البحيرة.

٤- انشاء قاعدة بيانات ديناميكية معتمدة على التحديث الدوري لمرئيات الأقمار الصناعية ونماذج (DEM)، لمراقبة نشاط التراكم الخطية والتغيرات المورفومترية المرتبطة بالتكتونية الحديثة.

**المصادر باللغة العربية:**

- ١- حسن رمضان سلامة، اصول الجيومورفولوجيا، طب ١، دار الميسرة للنشر عمان، ٢٠٠٤، ص ٤٥٧.
- ٢- حسن سيد ابو العينين، اصول الجغرافية المناخية، مطبعة دار الكتب، دمشق، ٢٠٠٥، ص ١٣٢.
- ٣- سالار علي الديزي، مناخ العراق القديم والمعاصر، دار الشؤون الثقافية العامة، بغداد، ٢٠١٣، ص ١٩٢.
- ٤- شاكر خصبك، العراق الشمالي (دراسة لنواحي الطبيعية والبشرية) مطبعة شفيق، بغداد، ١٩٧٣.
- ٥- فاروق صنع الله العمري، علي صادق، جيولوجيا شمال العراق، دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل، ١٩٧٧، ص ١٧.
- ٦- محمد مهدي الصحاف، التصريف النهري والعوامل المؤثرة فيه، مجلة الجمعية الجغرافية، العراقية، مجلد ١٩٧٠، ٦، ص ٣١.
- ٧- تقرير المسح الجيولوجي لمحافظة نينوى، العراق، سنة ٢٠١٤.

**References in English**

- 1- Kafaija Ahmad Mays, the Assessment of Environmental change and Sustainable Development Using Gis on Southern of Iraq Marshes, University of Bucharest 2018 Faizalhakim, A.S.1, Nurhidayu, S.1,2, Norizah, K.1 Shamsuddin, I.1, Hakeem, K.R.3 & Ismail, A: (2016). CURVE NUMBER DETERMINATION FOR KELANTAN RIVER BASIN. Proceedings of the International Conference on Sustainable Forest Development in view of Climate Change (SFDCC2016) 8-11th August 2016, Hotel Bangi-Putrajaya, Malaysia.
- 2- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, 56(3), 275-37
- 3- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, 56(3), 275-370.
- 4- Miller, V. C. (1953). A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee. Technical Report No. 3, Department of Geology, Columbia University, New York.

5-Miller, V. C. (1953). *A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee. Technical Report No. 3, Department of Geology, Columbia University, New York.*

6-Strahler, A. N. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In V. T. Chow (Ed.), Handbook of Applied Hydrology (pp. 4-39 to 4-76). McGraw-Hill, New York*

### **Data Sources and Information Network**

1-Worldwide Energy Resources (POWER) Data Access Viewer: Climatology/Meteorology data for Mosul Dam Lake area (1994-2024). Retrieved from <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

2-IUSS Working Group WRB. (2015). *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. Retrieved from: <http://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf>*

3-Van Breemen, N., Buurman, P., & Jongmans, A. G. (2011). Lessivage as a major process of soil formation. *Geoderma*, 161(3-4), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.03.012>