

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 116 (1990)
Heft: 18

Artikel: Le glissement de Campo Vallemaggia: Phénomènes artesiens et présence de gas en milieu cristallin
Autor: Bonzanigo, Luca
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-77308>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

REPARTITION ET CARTOGRAPHIE DES RISQUES DE CRUES ET DE GLISSEMENTS DE TERRAIN, DANS LA PERSPECTIVE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

LE GLISSEMENT DE CAMPO VALLEMAGGIA: PHENOMENES ARTESIENS ET PRESENCE DE GAS EN MILIEU CRISTALLIN

LUCA BONZANIGO

Géologue conseil SIA, CH-Bellinzona

RESUME. Le glissement de Campo Vallemaggia est situé dans le val Rovana, dans les nappes penniques. Il est constitué de grands panneaux de roches cristallines métamorphiques, dissociées de la roche en place, fortement altérées. Le glissement s'étend sur environ 5 km carrés, et comporte une épaisseur comprise entre 100 et 200 m. Un système tectonique complexe intéresse les formations roches en place, et alimente le glissement en surpressions hydrauliques artésiennes qui sont, de l'avis de l'auteur, la cause primaire du phénomène d'instabilité. Les eaux artésiennes, captées dans différents forages sont accompagnées de gaz comprenant des taux très élevés en hydrogène, dont l'origine n'est pas encore éclaircie.

INTRODUCTION

Le glissement de Campo Vallemaggia est un des phénomènes d'instabilité les plus vastes de Suisse, sinon d'Europe. Il est constitué d'environ un demi-milliard de mètres cubes de roches cristallines dissociées et altérées. Son mécanisme n'est pas encore entièrement élucidé, mais une image réaliste est maintenant disponible, grâce aux nombreuses campagnes de recherche déjà effectuées et en cours. Des panneaux de roche d'épaisseur décimétrique et de dimensions hectométriques ont glissé les uns sur les autres le long de surfaces de glissement, contrôlées principalement par la schistosité et par la tectonique en place. La

ségrégation des parties facilement altérables de celles plus massives a été facilitée par la grande variété lithologique.

CONTEXTE GEOLOGIQUE ET TECTONIQUE

Le glissement est situé dans les nappes penniques lépontiennes, à la limite entre la nappe d'Orsalia-Antigorio et celle de Bosco, elle-même associée d'après certains auteurs, à la nappe du Lebendum. Ces éléments tectoniques, affectés de métamorphisme alpin de faciès amphibolitique, appartiennent au cœur de l'édifice pennique.

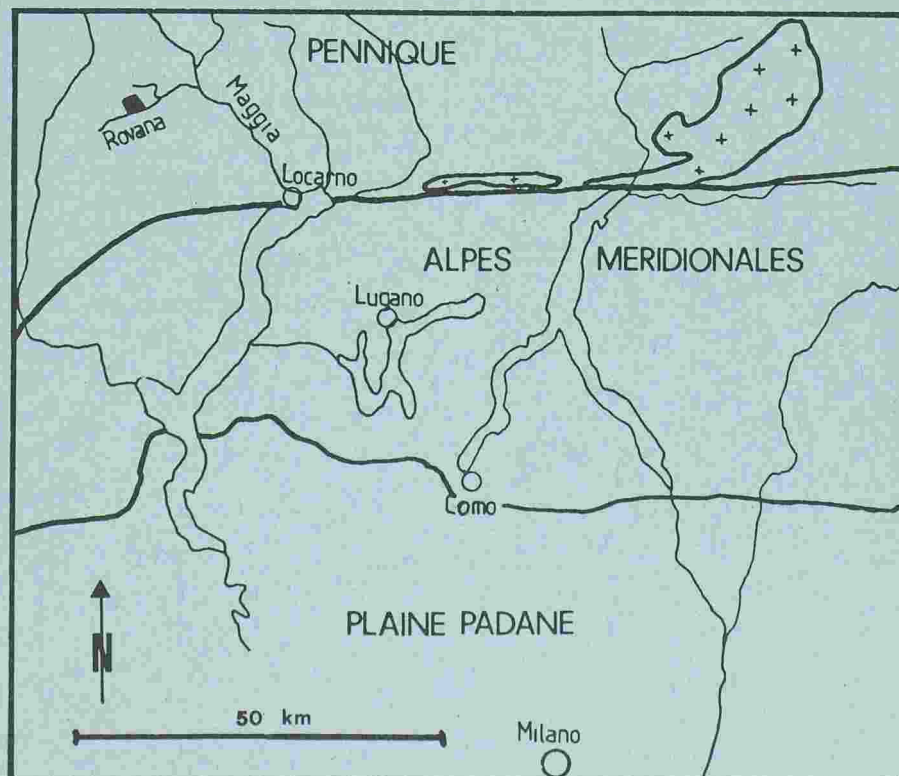


Fig. 1 Situation géographique et contexte tectonique.

Les roches présentes sont :

- Gneiss œuillés à linéation très pénétrative.
- Gneiss schisteux micacés.
- Gneiss leucocrates.
- Gneiss schisteux amphibolitiques et chloritiques.
- Schistes à aluminosilicates et carbonates comprenant :
- Schistes métamorphiques à grenats type «schistes lustrés»
- Schistes à phlogopite.
- Marbres gréseux à textures fluidales.
- Gneiss mélanocrates très riches en biotite.
- Ultramafites métamorphiques: pyroxénites, hornblendites, talc-péridotites, actinotites, etc., réunies sous le terme de «métaperidotites».

Le pendage de la schistosité, de type isoclinale, est régulier et plonge de 30-40 degrés vers le SSE. Quelques anomalies s'observent au voisinage de grandes failles à mécanisme partiellement plastique, orientées NNO-SSE. Un système parallèle au précédent, à mécanisme rigide, détermine un intense système de diaclase, concentré le long des failles.

D'autres failles, de deuxième et troisième ordre, sont aussi observables en surface, accompagnées par leur systèmes de diaclase. Une intense fracturation de relaxation postglaciaire, subverticale et parallèle à l'axe de la vallée, vient compléter le tableau.

DEPLACEMENTS

Des mesures de déplacements, effectuées déjà à partir de la fin du siècle passé, ont permis de mettre en évidence des mouvements moyens de quelques cm/année. A intervalles de quelques dizaines d'années, des accélérations successives à des périodes d'intense précipitation, ont atteint env. 2 m/année et même quelques cm/jour. L'accélération la plus récente a eu lieu entre 1986 et 1988, et a induit les autorités à installer un dispositif de mesure géodésique automatique d'alarme, qui effectue plusieurs mesures par jour.

Les vecteurs de déplacement montrent une division nette entre les parties orientale et occidentale du glissement. La partie orientale se déplace dans le sens de la pente, alors que la partie occidentale se déplace vers le SE. Il est vraisemblable que la partie orientale constitue un appui à la partie occidentale. En période d'accélération cette dernière tend à se mettre en mouvement après la première.

MECANISME DU GLISSEMENT

Le contexte géologique et tectonique particulier est responsable de la dissociation de grands panneaux de roche, vraisemblablement en période interglaciaire. Les définitions de Riss et de Würm sont quelque peu

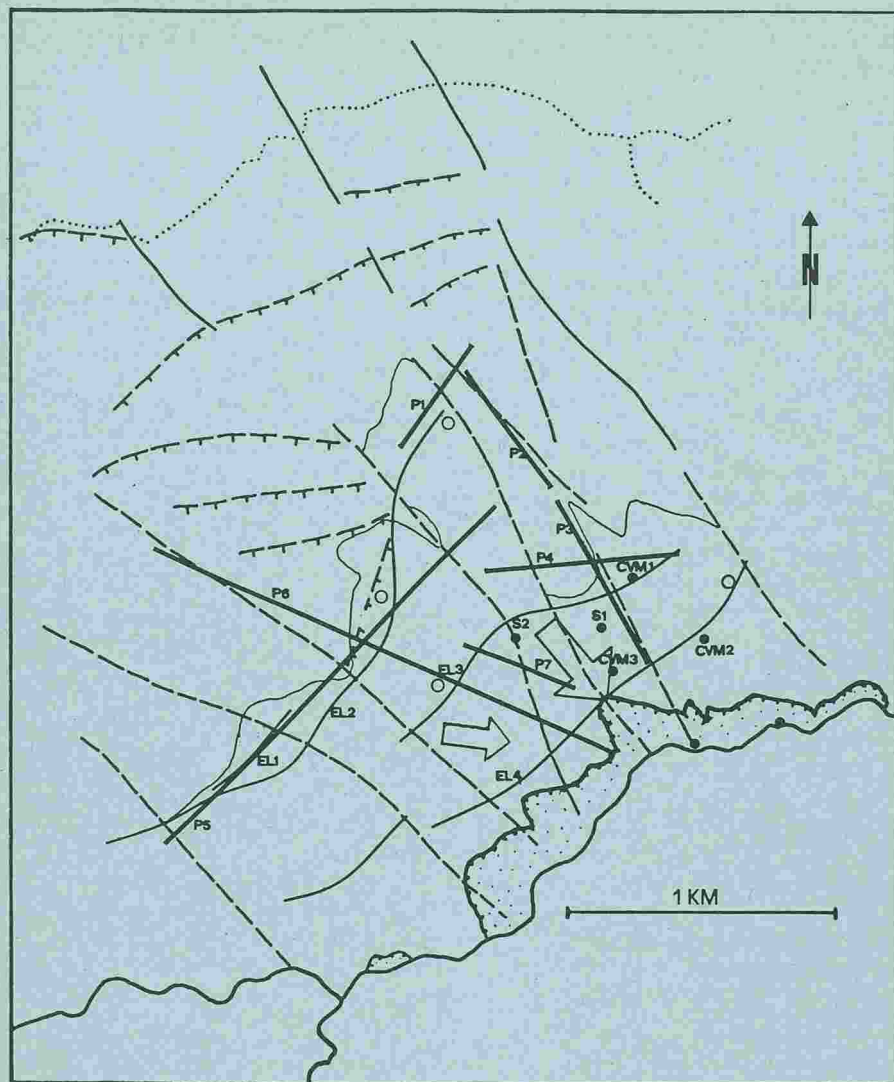


Fig. 2 Esquisse montrant la structure en tranches longitudinales et les sondages effectués

S: Sondages 1962

CVM: Forages 1987

EL: Trainés géoélectriques

P1-P4: Sismique réfraction 1986

P5-P7: Sismique réfraction 1988

Tendances des déplacements.

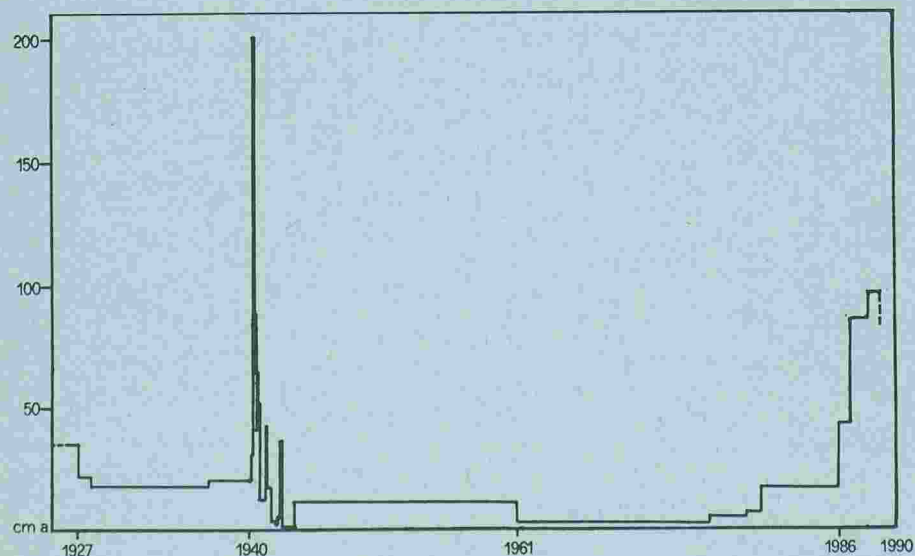


Fig. 3 Déplacements de la partie orientale; les lignes horizontales indiquent les périodes sans mesures.

audacieuses dans le sud des Alpes; nous nous abstenons donc de situer le phénomène par rapport à ces périodes.

Les matériaux en glissement sont constitués de roches cristallines fortement altérées. Les gneiss schisteux, et en particulier ceux riches en biotites, sont fortement saussuritisés et ne conservent que leur squelette de minéraux peu hydrolysables. Il en résulte des terrains comportant de très hautes teneurs en micas plus ou moins moulus et de quartz à l'état limoneux. Les successions lithologiques sont par contre conservées, trahissant le mécanisme décrit plus haut.

Les terrains en glissement sont recouverts d'un manteau morainique d'épaisseur variable, appartenant sans doute à la dernière glaciation (env 12000 ans?).

Le glissement est divisé en «tranches» longitudinales, séparées par des surfaces de cisaillement subverticales, elles-mêmes contrôlées par les failles préexistantes (voir schéma).

SURPRESSIONS ARTESIENNES

La présence de surpressions avait déjà été pressentie par Albert Heim en 1892, et a été confirmée en 1962 lors des premiers sondages. Ces surpressions artésiennes atteignent alors 13 bars en surface, et sont sans aucun doute responsables du phénomène d'instabilité. Les forages ont démontré que ces surpressions proviennent de la roche en place sous le glissement, et sont concentrées dans les diaclases. Elles alimentent les surfaces de glissement de base et subverticales, leur conférant des résistances au cisaillement très basses.

PRESENCE DE GAZ DANS LES EAUX ARTESIENNES

Les travaux de forages de 1987, qui avaient comme but l'installation de tubes inclinométriques pour le repérage des surfaces de glissement, ont hélas coïncidé avec une accélération du mouvement. Ils n'ont pas été mesurés à temps et les précieuses informations sur la position des surfaces de glissement ont été perdues. Ils ont tout de même conduit à une découverte qui, si elle se confirme, est du plus haut intérêt. L'auteur du présent article a observé des venues de gaz dans les boues de forage.

L'appui du Musée Cantonal d'Histoire Naturelle en a permis l'analyse, qui a révélé de très hautes teneurs en hydrogène. Des gaz provenant de sources à caractère artésien contiennent aussi de l'hydrogène, bien qu'en moindre quantité.

Résultat de l'analyse chimique des gaz captés:

Prélèvement: novembre 1987

Forage CVM3	source artésienne
H ₂ 87.0%	H ₂ 2.6%
O ₂ 1.2%	O ₂ 12.6%
N ₂ 11.8%	N ₂ 83.8%
	CO ₂ 1.0%

L'origine de cet hydrogène est encore mystérieuse. Des analyses hydrochimiques et isotopiques sont en cours pour élucider le phénomène. Ces analyses poursuivent le but de reconnaître l'âge des eaux et leur profondeur d'enracinement. Les éventuel-

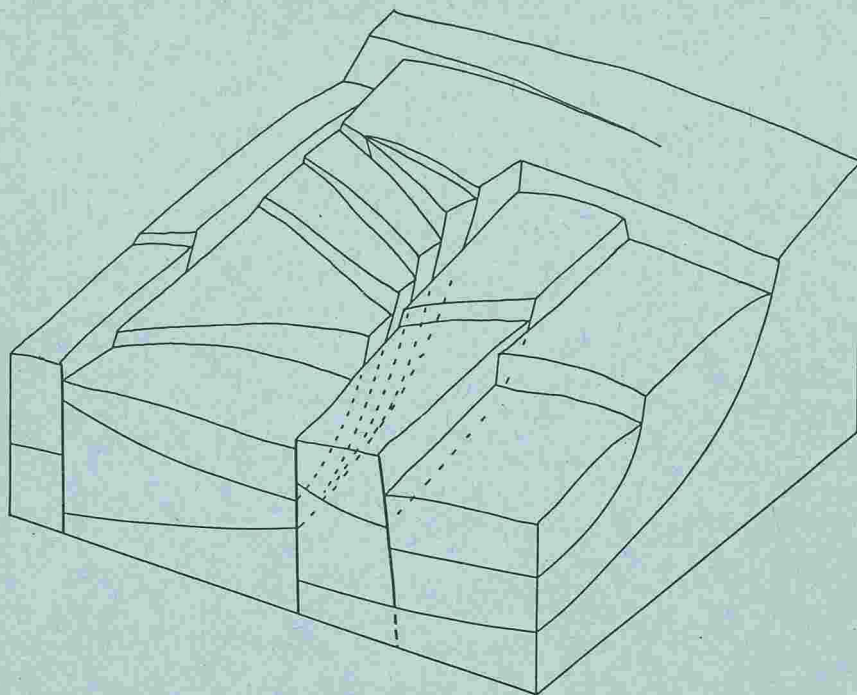


Fig. 4 Modèle tridimensionnel du glissement.

les origines « banales », tels que les effets d'hydrolyse sur les métaux pendant les forages, sont aussi recherchées.

Les premiers résultats obtenus indiquent pour l'hydrogène une forte carence en deuterium, qui pourrait être reliée à des réactions en milieux basique, à des profondeurs de l'ordre de quelques kilomètres (NEAL C., STANGER G., 1983). Ces résultats sont encore partiels et ne permettent pas de tirer des conclusions définitives.

Ces phénomènes ont été l'objet d'une communication à l'occasion de la récente réunion annuelle de l'association suisse des géologues et ingénieurs du pétrole.

EROSION DU PIED DU GLISSEMENT

Le pied du glissement est affecté d'une intense érosion, qui se manifeste de façon spectaculaire par des parois dénudées atteignant 150 m de hauteur.

La rivière Rovana est torrentielle, avec un régime de l'ordre de quelques mc/s en temps normal et d'étiage, et atteignant 300 mc/s en crue.

Des évaluations erronées ont conduit à supposer un surcreusement du lit de la rivière dû à l'érosion de l'ordre de la centaine de mètre. Cette valeur est exagérée au vu des points fixes repérables en amont du glissement. Néanmoins, un surcreusement de trente à quarante mètres a effectivement eu lieu en un siècle. Le caractère catastrophique de cette érosion a été imputé aux travaux de flottage du bois du siècle passé, mais il est probable que le phénomène aurait atteint l'état actuel même si le flottage n'avait jamais été pratiqué. Nous savons tous que la nature humaine conduit à rechercher des coupables, surtout si ils ne sont plus là pour être punis. La nature, la vraie, suit son cours en se moquant de ces facéties.

STRATEGIES D'ASSAINISSEMENT

Les effets de l'érosion représentent un danger visible pour toute la Vallée de la Maggia, jusqu'à Locarno et Ascona, alors que les surpressions, moins évidentes pour les populations, sont les causes réelles de l'avancement du pied, successivement érodé.

L'ampleur de l'érosion et l'impact psychologique qui en découle a détourné l'attention des concepts d'assainissement. La dualité entre l'érosion et les surpressions, comme causes du glissement, a conduit à diviser les stratégies en deux camps apparemment opposés :

- Protection du pied contre l'érosion au moyen d'un tunnel de déviation chargé d'éloigner les crues, creuse dans le flanc sud de la vallée.
- Rabattement des surpressions artésiennes au moyen d'un tunnel de drainage dans la roche en place sous le glissement. Des puits de drainage verticaux ont aussi été conseillés à l'époque où le traitement de l'érosion semblait prioritaire, mais récemment l'idée d'un tunnel de drainage, déjà proposé il y a quelques décennies, est redevenu d'actualité.

Des calculs de stabilité exécutés sur des modèles de type déterministe (équilibre limite) ont indiqué une grande influence des surpressions. La quantité de terrains emportés par l'érosion en un siècle, bien qu'atteignant plusieurs millions de mètres cubes, n'exerce qu'une faible influence sur le facteur de sécurité à l'équilibre limite. Les modèles déterministes sont bien sûr criticables pour un cas de cette ampleur, opposés à des modèles probabilistes basés sur la rhéologie (viscosité, plasticité). Néanmoins ces résultats constituent une base de travail utile à l'établissement des stratégies d'assainissement.

Sondaggio 1 1962 Campo Vallemaggia

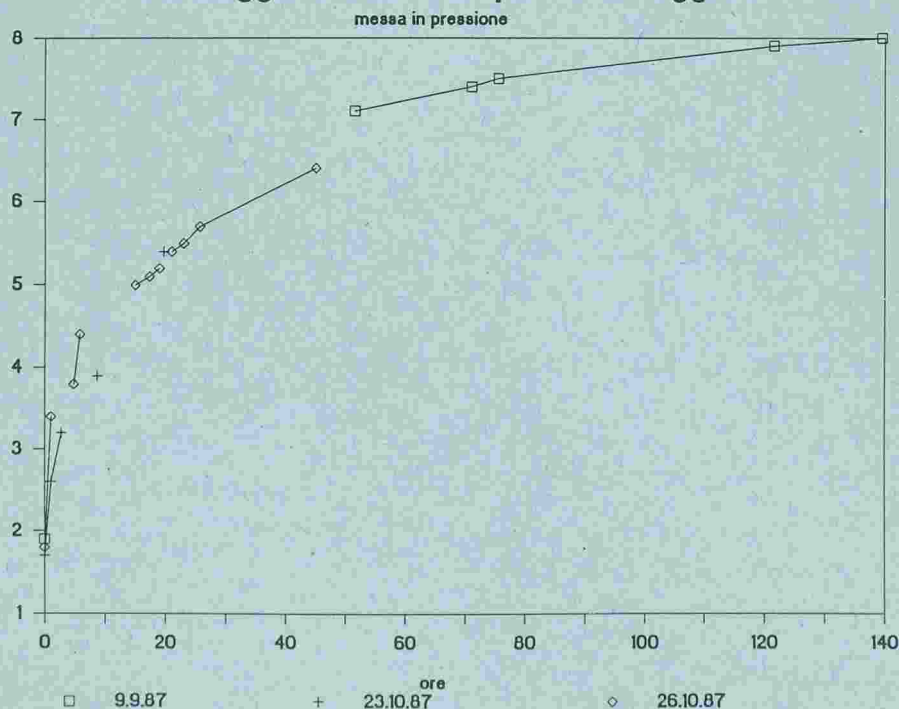


Fig. 5 Evolution de la pression dans la diaclase à la fermeture du manomètre en tête de puits sur le sondage S1. En bars/heures.

BIBLIOGRAPHIE

- BONZANIGO, L. (1988) Etude des mécanismes d'un grand glissement en terrain Cristallin: Campo Vallemaggia. *Proceedings of the 5th symp.int. on Landslides*, Lausanne, p. 1313-1316. Balkema.
- BONZANIGO, L. (A paraître 1991) Lo slittamento di Campo Vallemaggia; fenomeni

artesiani e presenza di gas in ambiente cristallino.

Bulletin de l'Association Suisse des géologues et ingénieurs du Pétrole.

GRÜTTER O. (1929) Petrographische und geologische Untersuchung in der Region von Bosco (Valle Maggia). *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel*, 40/1, 1928-29 p. 78-152.

HEIM A. (1898) Die Bodenbewegungen von Campo im Maggiathale. *Beiblatt zur Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.*

LEHMANN O. (1934) Hat die Rovana im Zerstörungsbereich von Campo ihr Tal innerhalb des Zeitraumes von 1858-1892 um rund 70m vertieft?. *Der Schweizer Geograph*, 1934/3 p. 58-67.

NEAL, C. & STANGER, G. (1983) Hydrogen generation from mantle source rocks in Oman. *Earth and Planetary Sciences Letters*, 66, 1983 p. 315-320. Elsevier.

VOVK I.F. (1987) Radiolytic salt enrichment and brines in crystalline basement of the east european platform. *Geological Association of Canada Special Paper 33*, 1987 p. 197-210.